

2ej 125



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

UTILIZACION DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

EDUARDO STEVENS AVILA

SAMUEL ROBERTO MORALES LAU

JOEL SOLIS ASCENCIO

SALVADOR TERRONES FONSECA

MEXICO, D. F.

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UTILIZACION DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO

I N D I C E

			Pág.
	INTRODUCCION		
CAPITULO	I. EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO	...	1
	1.1 Definición	...	3
	1.2 Dimensiones	...	4
	1.3 Evolución Histórica	...	9
	1.4 Cronología del desarrollo y de su aprovechamiento	...	21
CAPITULO	II. EL ESPECTRO RADIOELECTRICO	...	31
	2.1 El espectro y las radiocomunicaciones	...	33
	2.2 Definición	...	36
	2.3 Dimensiones	...	36
	2.4 Características generales	...	39
	2.5 División y Clasificación	...	41
CAPITULO	III. LA UTILIZACION DEL ESPECTRO DE RADIO	...	45
	3.1 División en servicios	...	47
	3.2 Cuadro de Distribución de bandas de frecuencias	...	49
	3.3 Ocupación de las ondas	...	69

	Pág.
3.4 Factores técnicos que influyen en la utilización: ...	73
a) Características de los Sistemas y Señales de Transmisión ...	76
— Denominación y clases de las emisiones ...	77
— Anchura de banda utilizable ...	85
— Anchura de banda de las emisiones ...	86
— Radiaciones no esenciales ...	87
— Estabilidad y tolerancia de frecuencia de los transmisores ...	89
— Potencia de los transmisores ...	90
— El ruido y la interferencia ...	91
b) Características de los Sistemas de Recepción ...	93
— Selectividad ...	95
— Estabilidad ...	96
— Antenas ...	96
 CAPITULO IV. PROPAGACION DE LAS ONDAS ...	 99
4.1 Introducción ...	101
4.2 Propagación en medios no ionizados ...	105
a) Propagación de la onda terrestre ...	105
b) Propagación de onda directa ...	108
c) Ondas reflejadas ...	110
d) Ondas difractadas ...	114

	Pág.
e) La Tropósfera y la Estratósfera	... 118
f) Propagación troposférica	... 119
g) Refracción	... 120
h) Centelleo	... 122
i) Dispersión troposférica	... 124
j) Absorción	... 125
4.3 Propagación Ionosférica	... 126
a) La Ionósfera	... 126
b) Reflexión y Refracción ionosféricas	... 131
c) Altura virtual y máxima frecuencia utilizable	... 136
d) Angulo de radiación	... 141
e) Variaciones regulares e irregulares de la Ionósfera	... 143
f) Propagación por dispersión ionosférica	... 146
g) Propagación por dispersión en rastros meteóricos	... 147
h) Absorción en la ionósfera	... 149
4.4 Resumen de Propagación de ondas por bandas de frecuencias	... 150
a) El espectro de 3 a 300 KHz	... 150
b) El espectro de 300 a 3000 KHz	... 151
c) El espectro de 3 a 30 MHz	... 151
d) El espectro de 30 a 1000 MHz	... 152
e) El espectro de 1 a 10 GHz	... 153
f) El espectro de 10 a 40 GHz	... 155
g) El espectro por encima de 40 GHz	... 155

	Pág.
CAPITULO V. LOS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES	... 159
5.1 Servicio móvil marítimo	... 161
5.2 Servicio móvil marítimo por Satélite	... 169
5.3 Servicio fijo	... 173
5.4 Servicio de Radiocomunicaciones espaciales	... 190
5.5 Servicio de Radiodifusión	... 213
5.6 Servicio de Radiodifusión por Satélite	... 232
5.7 Servicio de Radiodeterminación	... 236
5.8 Servicio móvil terrestre	... 265
5.9 Servicio de ayudas a la Meteorología	... 295
5.10 Servicio móvil aeronáutico	... 300
5.11 Servicio de frecuencias patrón	... 306
5.12 Servicio de aficionados	... 311
5.13 Servicio de aficionados por Satélite	... 328
 CAPITULO VI. LA ADMINISTRACION DEL ESPECTRO	 ... 331
— La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)	... 333
— Junta Internacional de Registros de Frecuencias (IFRB)	... 342
— Comités Consultivos Internacionales (CCI'S)	... 345
 BIBLIOGRAFIA	 ... 349

INTRODUCCION

La existencia de la raza humana por milenios ha dependido de su éxito en la explotación de los recursos naturales de la Tierra (el suelo, los bosques, el agua, los minerales, las fuentes de energía almacenada).

Hace poco más de un siglo el hombre descubrió y avanzó rápidamente en la utilización de un nuevo recurso natural, el Espectro Electromagnético, menos tangible y aparentemente más misterioso.

En un principio, el escaso conocimiento de los mecanismos básicos del nuevo recurso limitaron nuestra visión acerca de sus potenciales, pero con el paso del tiempo los trabajos de investigación y desarrollo han generado beneficios sin precedente para la humanidad.

Hoy en día las radiocomunicaciones, apoyadas en el espectro de radio, han contribuido en forma que a veces se antoja prodigiosa, para cubrir la imperiosa necesidad del hombre de comunicarse.

Los Continentes están enlazados por sistemas que funcionan admirablemente, con enlaces de banda ancha que pueden transmitir, a un precio razonable, señales de telegrafía, telex, telefonía, radiodifusión, televisión, facsímil, datos, telemedidas, telemandos, etc.

Las industrias que se basan en el espectro radioeléctrico, han crecido hasta el punto de significar un importante porcentaje en el producto anual bruto de cada nación y los países del mundo siguen ampliando el uso del espectro para

satisfacer las necesidades de su población.

Los sistemas existentes de radionavegación marítima y aeronáutica por satélite o por sistemas terrestres de baja frecuencia, la exploración de los recursos naturales de la tierra y la meteorología por satélite, la radiodifusión directa por satélite y los trabajos de sondeo de Marte, Júpiter y Saturno, bastan como muestra para comprender la magnitud de la revolución tecnológica de las radiocomunicaciones y los progresos previsibles de la humanidad.

Sin embargo, la enorme expansión en el empleo de las radiocomunicaciones en los últimos decenios (los indicadores muestran que las líneas de telecomunicaciones se duplican cada siete años), ha tenido como consecuencia la sobrecarga de las porciones utilizadas del espectro, que junto a la creciente demanda del recurso, presentan problemas cada vez más complejos para encontrar nuevas porciones de espectro y para explotar racionalmente las bandas ya utilizadas.

Aunque el espectro no es finito, hasta el presente se tienen dos importantes limitaciones, la primera es que las frecuencias atribuidas, y prácticamente utilizables, comienzan en 10 KHz, y la segunda debida a la gran atenuación que existe sobre las transmisiones a partir de unos 10 GHz, así que el recurso del que depende la radio y que es capaz de limitar los usos a los que éste sea aplicado, es el espectro de electromagnético que en ningún modo se puede ampliar.

El espectro radioeléctrico es un recurso natural y como todo recurso natural, puede utilizarse de manera que contribuya a la prosperidad y al bienestar social de un país; al igual que los demás recursos naturales puede desperdiciarse.

se. Una planificación inadecuada, el empleo de equipos deficientes, la utilización de potencias excesivas de transmisión y la irresponsabilidad de los usuarios, pueden anular en gran medida los beneficios que ofrece el espectro. En cambio, una planificación esmerada con normas y políticas inteligentes y una utilización responsable, permitirá que el recurso satisfaga las necesidades presentes y futuras de cada país en materia de frecuencias radioeléctricas.

La intención principal de este trabajo, es exponer la situación existente e interesar a los usuarios u otras personas, en los aspectos relacionados con este vasto campo de la tecnología. Como pudimos comprobar, la información acerca del espectro es sumamente escasa y sólo se le puede encontrar dispersa en libros de ingeniería, documentos gubernamentales y artículos científicos.

CAPITULO I - EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

- 1.1 - Definición.
- 1.2 - Dimensiones.
- 1.3 - Evolución Histórica.
- 1.4 - Cronología de su desarrollo
y aprovechamiento.

EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

1.1 - DEFINICION

Se puede definir en forma general al Espectro Electromagnético (EEM); como un modelo de la distribución del conjunto de las radiaciones -- electromagnéticas, caracterizado a partir de alguno de sus parámetros con el que pudiera desplegarse toda la gama de energía electromagnética.

Comúnmente, cualquier porción de este análisis suele especificarse por medio de una banda de frecuencias; sin embargo, por las relaciones que existen entre la frecuencia, la longitud de onda y la energía cuántica (en cuyo caso se le conoce como el espectro energético), la aplicación de alguno de estos parámetros depende principalmente de la conveniencia de manejo y del rango a tratar.

Así pues, por ejemplo: las ondas de radio son identificadas por su frecuencia en Hertz (ciclos por segundo) y sus múltiplos (Kilohertz, 1 KHz = 10^3 Hz, Megahertz 1 MHz = 10^6 Hz, Gigahertz 1 GHz = 10^9 Hz, Terahertz 1 THz = 10^{12} Hz, etc.), en tanto que las radiaciones infrarrojas, del rango óptico y ultravioleta son dadas en longitudes de onda del orden de milímetros, micras ($1 \mu = 10^{-6}$ m) o Angstroms ($1 A = 10^{-10}$ m). Las radiaciones de las porciones superiores, más -- allá de los rayos X, cuya observación se logra -- mediante la detección de un fotón individual, comúnmente son descritas por su energía en electron volts (ev).

1.2 - DIMENSIONES

El EEM es un "continuum" de ondas ilimitado, que se extiende teóricamente hasta extremos indefinibles, tanto hacia la frecuencia infinita -- (longitud de onda tendiente a cero), como hacia la longitud de onda infinita (frecuencia tendiente a cero).

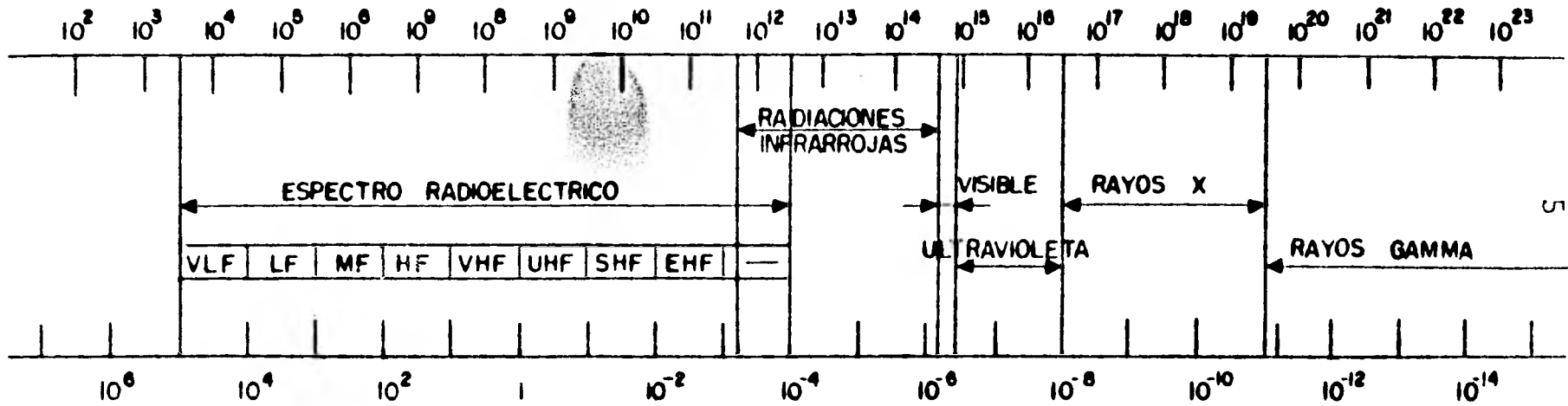
A lo largo de él, las radiaciones van adoptando las cualidades peculiares que las caracterizan; no sólo en cuanto a sus parámetros físicos, sino también respecto a su comportamiento, la forma de su generación, detección, etc. Estas cualidades son compartidas en proporción gradual entre las ondas de frecuencias contiguas, que van conformando las diferentes gamas de frecuencias conocidas y cuyos límites de separación no están claramente delimitados.

Sin embargo, en realidad el espectro está limitado; primeramente por nuestra capacidad de detección, que a su vez depende de nuestro nivel tecnológico; y más estrechamente, por las aplicaciones que pueden existir para las ondas de determinados rangos de frecuencia.

Así, nuestras fronteras se llaman actualmente: radiaciones muy bajas (desde 3 KHz; VLF, por siglas en inglés que da la Unión Internacional de Telecomunicaciones: "very low frequency") en la parte inferior y las radiaciones gamma (frecuencia alrededor de 1×10^{23} Hz) en la porción superior.

Entre estos "límites" se extiende un vasto conjunto de radiaciones, representado en la fig. 1.1 del que destacamos las siguientes regiones:

FRECUENCIA EN CICLOS / SEG.



LONGITUD DE ONDA EN METROS

FIG. 1-1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

a) Radiaciones de Radiofrecuencia o Espectro Radioeléctrico

Comprende la porción inferior del EEM, que se utiliza principalmente con propósitos de comunicación. La fig. 1.1 muestra la pequeña fracción del EEM denominada Espectro Radioeléctrico o Espectro de Radiofrecuencias.

Debe destacarse que la escala de la fig. 1.1 es logarítmica. Si esta gráfica se hubiese dibujado a escala lineal, y la región del EEM utilizado hoy en día para las radiocomunicaciones ocupara el ancho de esta hoja, la parte del EEM conocido y todavía no utilizado, requeriría para ser graficada, una hoja que se extendiera desde la tierra, hasta un punto que estuviese al doble de la distancia hasta el sol.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones establece que, actualmente, el Espectro Radioeléctrico comprende las ondas de frecuencias de 3 KHz a 3 THz.

En los siguientes capítulos, se abordará este tema con mayor detalle.

b) Radiaciones infrarrojas

Son las radiaciones electromagnéticas, comprendidas entre las longitudes de onda de 1000μ a 0.7μ y que son comúnmente emitidas por los cuerpos calientes. Los rayos de calor radiante tienen todas las propiedades generales conocidas de los rayos luminosos, pero a diferencia de éstos son invisibles para el ojo humano.

Las radiaciones infrarrojas pueden ser captadas mediante termopares, termómetros, radiómetros, termistores y procesos fotoquímicos.

Sus aplicaciones más frecuentes son: uso común como calor radiante, fotografía infrarroja, espectroscopía, óptica electrónica (detección de fuentes lejanas de emisión infrarroja).

c) Radiaciones visibles

Son radiaciones electromagnéticas de una banda angosta, formada por las longitudes de onda, a las cuales nuestra retina es sensible. Las radiaciones visibles están comprendidas entre las longitudes de onda de 0.4μ a 0.7μ aproximadamente.

Las ondas de luz son emitidas por materiales fluorescentes, fotofosforescentes e incandescentes y pueden ser detectadas por medio de fotconductores y procesos fotoquímicos.

d) Radiaciones ultravioleta

Son radiaciones electromagnéticas que se extienden desde el extremo violeta de la luz visible de 4000 \AA , hasta el principio de los rayos X (arbitrariamente dispuesto en 100 \AA).

- El espectro ultravioleta se divide en:

Ultravioleta cercano de 4000 \AA a 3000 \AA ; presente en la luz solar produce importantes efectos biológicos

Ultravioleta medio (también denominado ultravioleta lejano) de 3000 \AA a 2000 \AA ; no presente en la luz solar cuando ésta llega a la tierra, pero se transmite bien por el aire.

Ultravioleta extremo (abreviado xuv) de 2000 \AA a 100 \AA , que no se transmite por el aire.

Las radiaciones ultravioleta provenientes del sol, interactúan con los átomos de la alta atmósfera, produciendo la ionización que permite la reflexión de las ondas de radio.

Las ondas ultravioleta son producidas por chispas, arcos, descargas de gases y gran cantidad de fuentes de luz.

La detección de las radiaciones ultravioleta se puede realizar por los efectos producidos cuando estas radiaciones son absorbidas por la materia, por ejemplo: fluorescencia de radiación en longitudes de ondas mayores, reacciones químicas en sólidos, disociación de moléculas en gases, ionización de gases, etc.

Las aplicaciones presentes de las radiaciones ultravioleta comprenden: Microscopía, Espectroscopía, exploración espacial, fotoquímica, fotoelectricidad y uso bactericida.

e) Rayos X

Los Rayos X, son otra forma de radiación electromagnética que se produce por la descarga de electrones en un blanco.

El blanco es excitado por un bombardeo de electrones para emitir longitudes de onda que son características de los átomos.

Las propiedades útiles e importantes de los rayos X son: penetrar en la materia sólida, ionizar los átomos y afectar a una placa fotográfica.

Los rayos X han permitido la exploración de las estructuras de los átomos y representan una de las herramientas principales en la investigación científica y tecnológica.

La región de los rayos X, puede decirse, empieza en las longitudes de onda de aproximadamente 100 Å y se extiende a menos de 0.1 Å cuando son generados en un tubo ordinario de rayos X y equipos de alta tensión, debajo de 0.006 Å cuando se generan con tubos de rayos X a 2 millones de volts y hasta 0.0012 Å cuando se producen en un Betatrón a 100 millones de volts.

Las longitudes de onda usadas para exámenes de diagnóstico del cuerpo humano son del orden de 0.02×10^{-8} cm. a 0.1×10^{-8} cm.

Las aplicaciones más importantes de los rayos X se extienden a los siguientes campos: Espectrometría de emisión, Radiología, Fluoroscopia, Química, Biología, Física de las radiaciones, Radiografía, análisis de difracción de estructuras y textura de los materiales.

f) Rayos gamma

Son radiaciones electromagnéticas de muy alta frecuencia emitidas por cuerpos radioactivos. Entre las ondas electromagnéticas éstas son similares o tienen las mismas propiedades que los rayos X, excepto que tienden a más altas frecuencias. Con longitudes de onda menores a 0.1 Å, son emitidas en las reacciones nucleares por los elementos radioactivos (se cree que se producen por la transición de un nucleón desde un estado de energía a otro dentro del núcleo).

1.3 - EVOLUCION HISTORICA

TEORIA DE LA ONDA ACERCA DE LA LUZ

En 1665 Roberto Hooke, científico Británico,

desarrolló la teoría de que, la luz se originaba como un movimiento vibratorio y se transmitía como perturbaciones en forma de onda. Introdujo también el concepto de frente de onda, y encontró que la luz, no viajaba en línea perfectamente recta en el contorno de un objeto colocado en su camino; este descubrimiento, fue anticipado por el físico Italiano Francisco María Grimaldi, quien llamó a este fenómeno difracción.

La teoría de la onda, sin embargo, se atribuye más justificadamente al científico Christian Huygens, quien explicó la reflexión y la refracción en términos de su principio publicado en 1690, en el que considera que todos los puntos de un frente de onda, actúan como centros emisores de ondas esféricas secundarias, y que después de un determinado tiempo, la nueva posición del frente de onda será la superficie tangencial a esas ondas secundarias. Esta teoría supone que la luz es un fenómeno ondulatorio y no una corriente de partículas, y durante muchos años fue muy útil en la experimentación y la pedagogía.

Durante los siglos XVII y XVIII, las observaciones más sobresalientes acerca de la luz, se debieron al físico Danés Erasmo Bartolini y al célebre físico Inglés Isaac Newton.

Bartolini descubrió la doble refracción de un rayo de luz que emergía de un cristal de calcita. Newton investigó la naturaleza compuesta de la luz blanca; desplegó por primera vez esta luz en un espectro de colores y desarrolló una teoría completa del color. Newton era, con "serias dudas", partidario de la teoría corpuscular.

Para principios del siglo XIX, la teoría de las ondas tuvo un avance significativo, como re-

sultado de los **trabajos** de los físicos Thomas - Young de Inglaterra y Augusto J. Fresnel de Francia.

La principal contribución de Young fue el principio de interferencia, la descripción de una propiedad que había de ser una firme base experimental de la teoría ondulatoria; Young midió longitudes de onda de distintos colores de luz, así como de la luz solar.

Fresnel explicó la difracción sobre bordes rectos y obstáculos, por una combinación de los principios de Young y Huygens.

A sugerencia de Young, de que la luz era una onda transversal, desarrolló una teoría completa de la propagación de la luz, basándose en las propiedades de un medio elástico, el éter. Fresnel propuso además, un experimento para distinguir en forma decisiva la teoría de ondas de la hipótesis corpuscular de la luz; este experimento se basaba en la comparación de la diferencia de velocidad de la luz en el aire y en el agua, pero no pareció crucial en su época. Casi todas las contribuciones de Fresnel a la teoría de la radiación, sobrevivieron a la transición de la propagación de campos electromagnéticos en el espacio libre en lugar del éter como sólido elástico, en el que la luz se concebía como una onda mecánica.

RELACION ENTRE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

Desde las observaciones de Tales de Mileto, 600 A.C. y los antiguos conocimientos del magnetismo natural; las ciencias de la electricidad y el magnetismo fueron consideradas como entes independientes que evolucionaron hasta principios

del siglo XVIII. (*)

Fue hasta el invierno de 1819-20, que el físico Danés Hans Christian Oersted encontró una conexión entre la electricidad y el magnetismo; por sus conocidas observaciones del efecto de una corriente sobre una aguja magnética.

Por las noticias de este descubrimiento, algunos científicos comenzaron a realizar investigaciones a este respecto; entre ellos, el físico Francés André Marie Ampere, que ha sido llamado el padre de la electrodinámica, y a quien se debe la formulación de la ley que relaciona cuantitativamente la corriente eléctrica y el campo magnético.

En 1831, el descubrimiento de la inducción electromagnética, realizado por Michael Faraday (y casi simultáneamente por Joseph Henry), vino a coronar un siglo de investigaciones (de Coulomb, Oersted, Ampere y otros), acerca de la electricidad y su relación con el magnetismo, al completarse con esta aportación el conjunto de las cuatro leyes fundamentales del electromagnetismo, que más tarde serían desarrolladas y puestas en forma matemática por James Clerk Maxwell.

A diferencia de la idea general de su época que admitía el efecto de acción a distancia (por analogía con la gravedad), Faraday concibió, como líneas de fuerza magnética (líneas de inducción) y líneas de fuerza eléctrica, el influjo que ejercían la electricidad y el magnetismo a través del espacio.

(*) En 1802, el Jurista Italiano Gian Domenico Romagnoni publicó en un oscuro periódico, la observación que realizó del efecto magnético de una corriente.

Esta idea sobre líneas de fuerza y la concepción de un "campo", estimularon a Maxwell a investigar el electromagnetismo.

Maxwell, brillante físico y matemático, desarrolló modelos hidrodinámicos que explicaban por analogías, los hechos conocidos del electromagnetismo. Sus curiosos modelos y sus tratamientos matemáticos, maravillaron a Faraday, quien lo alentó a proseguir la generalización de sus trabajos.

Faraday, entre sus experimentos, había encontrado un hecho curioso; se trataba de las diferentes capacidades de los condensadores de admitir, o retener carga, al estar contruidos con diferentes aislantes.

Este fenómeno era difícilmente comprensible, si todos los aislantes fueran igualmente impermeables a una corriente eléctrica.

Maxwell, con ayuda de sus modelos propuso una hipótesis audaz. Aunque se sabía que en los dieléctricos, las partículas eléctricas eran incapaces de moverse libremente (por lo que no podía haber corriente alguna); sabía que en los aisladores se producían "fenómenos eléctricos localizados". Sugirió que estos fenómenos eran un tipo de corriente especial y las llamó "corrientes de desplazamiento", pues asociaba un desplazamiento a las partículas de un aislante al que había sometido a una fuerza eléctrica. El desplazamiento de las partículas estaba limitado por una fuerza de oposición, que en su modelo residía en la resistencia de unos cilindros elásticos (hoy fuerzas de ligadura de las partículas).

Cuando la fuerza de arrastre deja de actuar, las partículas vuelven a su lugar de origen; en

realidad se pasan de su lugar y oscilan alrededor de una porción fija. La oscilación es transmitida a través de los aisladores como una onda.

De esta forma, por un breve instante fluye una corriente de desplazamiento, pues la onda es la corriente. Si la fuerza eléctrica varía continuamente, producirá una onda de desplazamiento que variará continuamente.

En este punto, Maxwell llegó a una cuestión de suma importancia: ¿Cuál sería la velocidad de desplazamiento de esa onda o corriente?

Como punto de partida, se refirió a los resultados de un trabajo anterior (1856), realizado por los Físicos Alemanes W. Weber y F. Kohlrauch, acerca de la relación entre las fuerzas electrostáticas y las electrodinámicas.

Con el fin de comparar la repulsión entre cargas estáticas con la repulsión entre dos alambres que conducen una corriente, Weber y Kohlrauch habían tenido que introducir un factor de proporcionalidad; debido a que las unidades de cada una de dichas fuerzas es diferente. Este factor introducido resultó ser una velocidad. De esta manera, Weber y Kohlrauch habían hallado que la velocidad de propagación de una perturbación eléctrica en un conductor, era de 3×10^8 m/seg., lo cual resultaba coincidir sorprendentemente con la velocidad de la luz determinada pocos años antes.

Al seguir la pista de esta coincidencia, Maxwell confirmó los resultados de Weber y Kohlrauch y calculó casi simultáneamente la velocidad de las corrientes de desplazamiento en un dieléctrico. Los valores resultantes en los tres casos venían a coincidir aproximadamente.

Es decir, las corrientes en un alambre, las corrientes de desplazamiento en un dieléctrico y la velocidad de la luz en el espacio vacío (que por supuesto es un dieléctrico), se propagaban - las tres a la misma velocidad.

A la luz de este hecho, Maxwell no dudó en afirmar la identidad de los dos fenómenos: perturbaciones eléctricas y luz. Concluyó pues, - que la luz consistía en ondulaciones transversales del mismo medio que causaba los fenómenos - eléctricos y magnéticos.

Así, el descubrimiento de que la velocidad de la luz podía calcularse a partir de cantidades puramente electromagnéticas reveló, no sólo a la óptica como una rama del electromagnetismo, sino que condujo directamente al concepto de EEM, al identificar a la luz como parte de un vasto y continuo espectro de radiaciones electromagnéticas.

A mediados de 1860, Maxwell hace la generalización de la Ley de Ampere, para hacerla congruente con el principio de la conservación de la carga; después relacionando esta ecuación con la ley de inducción de Faraday, llega a las ecuaciones de onda, las cuales en 1864, le permiten predecir la propagación de las ondas EM en su obra "Una teoría dinámica del campo electromagnético".

El desarrollo matemático de las cuatro ecuaciones fundamentales del electromagnetismo, se publicó en su forma más acabada en 1873, con el nombre de "Tratado sobre la electricidad y el magnetismo".

LOS EXPERIMENTOS DE HERTZ

En los años que siguieron a la divulgación de la teoría de Maxwell, ocurrió un cierto escepticismo por la falta de comprensión de los postulados de la nueva teoría y su interpretación de la luz.

Había por tanto una gran necesidad de pruebas experimentales que apoyaran la validez de la obra de Maxwell. Consciente de esto, el Físico Alemán H.L.F. VON HELMHOLTZ, hizo del electromagnetismo, sujeto de competencia entre sus estudiantes, con el fin de comprobar las predicciones Maxwellianas.

Uno de sus más brillantes alumnos HELMHOLTZ RUDOLPH HERTZ ganó la competencia en 1886.

El primer paso de Hertz, en el estudio de las ondas de Maxwell, consistió en diseñar algo, lo suficientemente rápido, para efectuar mediciones de velocidad, a la velocidad de la luz. Requería, además un método para separar las ondas EM en los conductores, con el fin de propiciar su radiación.

Diseñó un circuito (oscilador de Hertz) que generaba una chispa oscilatoria, para la descarga de un condensador en el hueco entre dos varillas metálicas alineadas.

Usó como receptor un circuito similar, con un hueco entre las varillas mucho más pequeño que el del transmisor.

Con este dispositivo, Hertz pudo efectuar una serie de experimentos que reforzaron las predicciones de Maxwell.

Su primer experiencia, señaló el hecho de que las ondas generadas eran transversales.

Hertz podía detectar una chispa, cuando las varillas del receptor tenían su eje paralelo a las varillas del oscilador, no así cuando los ejes de las varillas del transmisor y receptor eran perpendiculares entre sí. Esto era congruente con las predicciones de Maxwell.

Colgó una lámina de zinc en una esquina del lugar en que trabajaba y recibió por reflexión las ondas enviadas por su oscilador. Dependiendo de la distancia de su receptor a la lámina, las ondas se reforzaban o cancelaban (trabajaba con 100 MHz; $\lambda = 3$ m).

En otros brillantes experimentos, Hertz comprobó la refracción, polarización, interferencia y la velocidad de las ondas con instrumentos más perfeccionados.

Concluyó que, el dominio de las ondas electromagnéticas no se limitaba a las frecuencias ópticas con longitudes de pequeñas fracciones de milímetros, sino que se extendía a ondas que se podían medir en decímetros, metros y kilómetros; reconociendo así la existencia del EEM.

En la época de los experimentos de Hertz, los físicos conocían una octava de las frecuencias más altas de la región ultravioleta y cuatro o cinco octavas de la región más baja llamada infrarroja.

El infrarrojo desaparecía gradualmente en los instrumentos de detección de esa época, porque los átomos o moléculas en los cuerpos calientes radían menor energía a frecuencias menores.

Hertz extendió, con sus experimentos el espectro, 18 octavas debajo del rojo y 4 ó 5 octavas arriba de esta marca. Consiguió ondas hasta los 10 metros de longitud, pero en su intuición llegó mucho más lejos pues, al hablar de ondas con longitud de kilómetros, estaba prediciendo la existencia de otras 7 u 8 octavas de espectro. Hertz inició sus experimentos con 6 MHz (5 m) y luego por razones prácticas cambió a 1 GHz (30 m); no superó 20 m de distancia.

Después de Hertz, las propiedades de las ondas EM fueron estudiadas por muchos investigadores.

En 1892, William Crookes de Inglaterra, propuso la utilización de las ondas eléctricas, como medio de transmitir las señales telegráficas a través del espacio.

Inspirado en la idea de Crookes, en 1894 Oliver Lodge desarrolló el primer sistema de comunicación que tuvo éxito en la recepción de señales, a una distancia de 90 metros, con ayuda de circuitos de sintonía, inventados por él mismo dos años antes.

Sin embargo, Lodge falló en las aplicaciones prácticas del experimento.

Fue un ingeniero Italiano, Guillermo Marconi entre 1894 a 1896, quien logró operar con equipo mejorado a un rango de varios kilómetros. Su equipo consistía en un oscilador de Hertz como transmisor, un receptor sintonizable con detector muy sensible. Después de sus primeras transmisiones de corta distancia, Marconi fue desafiado a transmitir más allá del horizonte, pues se pensaba que las ondas al viajar en línea recta se perderían en el espacio a esa distancia.

Marconi tras una laboriosa experimentación, descubrió que si aterrizaba una de las terminales - del transmisor y la otra la conectaba a un alambre suspendido a considerable altura y paralelo a la superficie de la tierra, hacía que las ondas aparecieran como guiadas alrededor de la tierra. De esta manera, pudieron lograrse comunicaciones a distancias transhorizonte.

El trabajo de Marconi alcanzó su culminación en 1901, cuando la letra "S" del Código Morse cruzó el Atlántico por primera vez.

Esto ocurrió entre Poldhu, Irlanda y St. John, Nueva Escocia con un transmisor de 10 Kw y 75 KHz de frecuencia. En posteriores experimentos, Marconi realizó transmisiones entre barcos y la costa de Poldhu y observó la diferencia de alcance entre sus transmisiones en el día y la noche. Notó que esta diferencia se reducía al disminuir frecuencia, durante este período de trabajo, hasta 30 KHz.

En 1903, Oliver Heaviside y Arthur E. Kennelly postularon que en la región superior de la atmósfera (llamada por ellos ionósfera), se reflejaban las ondas de gran longitud.

En 1906, Lee De Forest descubrió el tubo de vacío de tres elementos y la acción de realimentación y posteriormente en 1912, De Forest y Armstrong lograron el oscilador de tubo al vacío.

Estos desarrollos permitieron a Carson hacer el primer análisis de modulación de las ondas, el cual mostró la necesidad de estudiar el ancho de banda de las transmisiones.

En 1920, los aficionados comenzaron una serie de experimentos de telegrafía trasatlántica

a 1500 KHz (200 m), pero sólo tuvieron éxito durante la noche.

Marconi tuvo éxito en subsecuentes experimentos a 3000 KHz, 21 KHz y 12 KHz y continuando sus experimentos hizo en 1924, transmisiones de 9.4 MHz sobre distancias de 2400 millas, logrando así la recepción por medio de ondas reflejadas en la ionósfera.

Aunque sus transmisiones en este rango resultaron un desastre económico (sólo funcionó 3 meses después de los cuales las condiciones atmosféricas variaron y destruyeron su frágil enlace ionosférico), su aportación concedió valiosos conocimientos sobre las bandas de mayor frecuencia. En 1932, Marconi ya trabajaba con 600 MHz.

1.4 - CRONOLOGIA DEL DESARROLLO Y DE SU APROVECHAMIENTO

- AC 600 Tales de Mileto estudia la atracción eléctrica.
- AC 300 Euclides, Filósofo Griego, propone la ley de reflexión.
- 1621 W. Van Roijen Snell, Matemático Alemán, formula la ley de refracción.
- 1675 Olaf Romer, Astrónomo Danés, demuestra que la luz tiene velocidad finita, por la observación de los eclipses de los satélites de Júpiter (su primera medición dio 200 000 Km/seg.).
- 1690 Christian Huygens, Científico Holandés, publica sus principios (de Huygens), que explica la reflexión y la refracción, asumiendo que cada punto en el frente de onda, puede considerarse como fuente de nuevas perturbaciones, que se extienden esféricamente.
- 1785 C.A. Coulomb, midió por primera vez las atracciones y repulsiones eléctricas y dedujo la ley que las rige.
- 1800 Sir William Herschel descubre las radiaciones infrarrojas.
- 1801 J.W. Ritter reporta por primera vez las radiaciones ultravioletas.
- 1819 H.C. Oersted propone la relación entre electricidad y magnetismo.

- 1826 Ohms formula su ley de voltaje, corriente-resistencia.
- 1831 M. Faraday descubre la inducción magnética.
- 1834 H.F.E. Lenz deduce la ley que lleva su nombre, postulando que la corriente inducida está en dirección opuesta al cambio que la produce.
- 1842 C. Doppler (1803-1853) señala el efecto Doppler, sobre la variación de frecuencia de una fuente en movimiento respecto a un receptor estacionario; J. Henry produce la primera oscilación electromagnética.
- 1844 S. Morse instala un sistema telegráfico de 40 millas entre Baltimore y Washington.
- 1845 M. Faraday descubre la conexión entre luz y magnetismo.
- 1851 Es inaugurado en México, el primer circuito telegráfico de 188 Kilómetros, entre Naucalpan, Puebla y la Capital. Enunciación de las leyes de Topología eléctrica de Kirchoff.
- 1853 Introducción del telégrafo en México por Juan de la Granja.
- 1857 Feddersen demostró que al descargar un condensador eléctrico, en un inductor se originan chispas intermitentes.
- 1860 En esta época es usada una velocidad telegráfica aproximada de 15 bit. por segundo (30 palabras por minuto).

- 1864 J.C. Maxwell predice la existencia de ondas electromagnéticas por medio de cálculos puramente matemáticos.
- 1865 Ocorre el primer convenio Internacional en materia de telecomunicaciones, entre 20 países Europeos reunidos en París, que adoptan el primer reglamento telegráfico, creándose la UTI (Unión Telegráfica Internacional).
- 1867 L.V. Lorentz, Físico Danés, introduce el concepto de potenciales retardados.
- 1873 J.C. Maxwell, unificó la electricidad y el magnetismo al introducir sus ecuaciones, y ligó estas áreas con la óptica; Willoughby Smith descubre los principios de fotorresistencia, para aplicarlos en transductores.
- 1874 Badout inventa un sistema multiplexador de 6 canales, logrando velocidades de 90 bit. por segundo.
- 1876 A.G. Bell patentó el teléfono.
- 1879 D.E. Hugbes experimenta con señalamientos electromagnéticos.
- 1883 T.A. Edison descubre el efecto que lleva su nombre, la emisión termoiónica en el vacío.
- 1884 J.H. Poynting enuncia el teorema general relativo al flujo electromagnético en un punto.

- 1885 Conferencia en Berlín, donde se toman las primeras disposiciones sobre el servicio telefónico Internacional.
- 1887 H. Hertz descubre el efecto fotoeléctrico.
- 1888 H. Hertz demuestra la existencia de las ondas electromagnéticas, al producir artificialmente las radiaciones electromagnéticas, y probó que podían reflejarse, refractarse, polarizarse e interferirse, lo que refuerza su naturaleza ondulatoria.
- 1890 O. Lodge describe el principio de sintonización, y la resonancia.
- 1892 W. Crookes predice el uso de ondas electromagnéticas para telegrafía inalámbrica.
- 1894 O. Lodge demostró el señalamiento sobre distancia de aproximadamente 56.6 m., pero le falta la visión para la implementación práctica.
G. Marconi empieza sus experimentos en Italia, y logró la recepción de una señal a 100 metros del emisor.
- 1895 A. Popov usa receptores de radio y antenas elevadas para el registro de relámpagos.
W.C. Roentgen, descubre los rayos X.
- 1896 G. Marconi obtiene la primera patente para telegrafía inalámbrica.
- 1897 G. Marconi forma "The Wireless Telegraph - Signal Co." y establece la primera estación permanente para barcos en Needle, Isla de Wight.

- 1898 O.J. Lodge patenta la primera bobina de inducción ajustable destinada a sintoniza---ción.
- 1899 G. Marconi realiza el primer radio-mensaje Internacional entre Wimereux (Francis) y - South Foreland (Inglaterra) en una distan-
cia aproximada de 6 kilómetros, a través -
del Canal de la Mancha.
- 1901 G. Marconi realiza la primera transmisión de señales de radio a través del Atlántico desde Poldhu Cornwall a Signal Hill, New - Foudland, a 200 KHz.
- 1902 Primer ensayo de transmisión de radio en - México, entre Cabo Hornos, Son. y Santa Ro-
salía, B.C.; F.A. Fessenden describe el --
principio de heterodinación; Heaviside y -
Kennelly postulan la existencia de capas -
ionosféricas reflectivas.
- 1903 Nichols y Hull en EE.UU. y Fedew en URSS, realizaron la primera medición de la pre-
sión de radiación electromagnética.
- 1904 A. Fleming patentó el detector de diodo -
termoiónico.
- 1905 Se realiza en Berlín la primera conferen-
cia de Radiotelegrafía Internacional.
H.J. Roind demuestra las propiedades direc-
tivas de las antenas de cuadro; A. Eins---
tein publica su teoría especial de la rela-
tividad.
- 1906 Durante la primera Conferencia Radiotele-
gráfica Internacional de Berlín, se adopta-
ron las primeras reglamentaciones concer-
nientes al uso de radiofrecuencias, las -

cuales surtieron efecto desde 1908; L. De Forest patentó el bulbo triodo; R.A. Fe---ssenden realiza la primera radiodifusión de música y palabras usando transmisores y alternadores de alta frecuencia; H. Dunwoody inventa el detector de cristal.

- 1907 Se establece el primer radio-servicio comercial a través del Atlántico; Boris Ro--sing sugiere el uso de rayos catódicos para recepción de T.V.
- 1908 A. Campbell y Swinton proponen la exploración electrónica total para televisión.
- 1913 Armstrong, Langmuir, De Forest, Fransklin y Meissner desarrollaron el oscilador de bulbo y el receptor regenerativo.
- 1915 Primera transmisión experimental de radiotelefonía a través del Atlántico de Arlington a París, con 11 Kw y a 50 KHz.
- 1916 Primera transmisión radiotelefónica a un avión; Einstein publica la teoría general de la relatividad, derivó la ecuación de relación entre energía y materia, introdujo el concepto de emisión estimulada.
- 1918 Primera radiocomunicación entre Europa y Austria a 21 KHz con 200 Kw; se introdujo la técnica de portadora en multiplexaje de frecuencia (MDF) en circuitos alámbricos.
- 1919 Armstrong describe el circuito supereterodino; primera transmisión de radiodifusión en México de la CYB (hoy XEB).

- 1920 KDKA de Pittsburgh se convierte en la primera estación de radiodifusión regular; ya se utilizaban estaciones de 12 KHz para largas distancias.
- 1921 Primer contacto trasatlántico en dos sentidos por radioaficionados en la banda de aproximadamente 100 metros.
- 1924 Contacto en 2 sentidos entre Reino Unido y Nueva Zelandia.
L.V.B. Broglie (Francia) propuso la extensión de la naturaleza dual onda-partícula a la materia.
Primer envío de mensaje de llamada al espacio en busca de civilizaciones estelares.
- 1925 La Oficina Postal Británica construye una estación radiotelegráfica para la comunicación global en Rugby, que opera en los 16 KHz.
- 1926 J.L. Baird y Jenkins demuestran la formación de la T.V. de baja definición (30 líneas, 5 campos); Sir Edward Appleton confirma la existencia de capas ionosféricas.
- 1927 Empieza la utilización de la modulación de banda lateral única; se inaugura el servicio trasatlántico de radiotelefonía entre los 50 y 70 KHz; primera atribución de frecuencias por la UIT; fue observada la difracción del electrón.
- 1928 J.L. Baird demuestra el primer Televisor a color de baja definición.
- 1929 V. Zworykin y Farnswortle demuestran la formación electrónica de imagen mediante la cámara ionoscópica de TV; K.G. Jansky

identifica señales de radiofrecuencia procedentes del espacio exterior; la BBC de Gran Bretaña, inicia las transmisiones de TV de baja definición; es inaugurada la radiotelefonía en HF entre Nueva York e Inglaterra.

- 1931 Es demostrado el primer enlace telefónico de microondas (1.6 GHz) en Inglaterra; se inicia el servicio de Telex.
- 1932 La BBC empieza el servicio regular de radiodifusión por HF; la UTI (Unión Telegráfica Internacional) adopta el nombre de UIT (Unión Internacional de Comunicaciones).
- 1935 Sir R. Watson Watt demuestra exitosamente el seguimiento de aviones por radar.
- 1936 La BBC ofrece el primer servicio público de TV de alta definición, usando el sistema EMI-Marconi (405 líneas) y Buird (240 líneas); Armstrong propone la radio de FM.
- 1937 G. Reber (EE.UU.) constituye el primer radiotelescopio direccionable; A. Reeves concibe el PCM.
- 1940 Boot y Randall de la Universidad de Birmingham inventa el magnetrón de Cavidad, lo que hace posible el radar de microondas de alta potencia.
- 1944 La Armada de Gran Bretaña, usa un sistema de comunicación multicanal de microondas; introducción del cable coaxial.
- 1945 Es inaugurado el primer sistema de radioenlace de relevadores de microondas entre

- Nueva York y Filadelfia; A. Clarke sugiere el uso de satélite en órbita terrestre para sistema de comunicación mundial.
- 1947 J. Sargrove sugiere la idea de circuitos impresos; la UIT se convierte en Agencia Especializada de la ONU.
- 1948 J. Bardeen y W. Brattain describen el transistor de punto de contacto; Shannon publica la teoría matemática de la comunicación; la UIT cambia su sede de Berna, Suiza a Ginebra, Suiza.
- 1949 W. Shockley describe el transistor de juntura.
- 1950 Se aplica TDM en la telefonía.
- 1953 C. Townes desarrolla el maser de gas de amoníaco.
- 1954 Empieza el servicio regular de TV cromática NTSC en EE.UU.
- 1956 Sale al mercado el radio-receptor transistorizado portátil; se puso en servicio el primer cable telefónico submarino trasatlántico.
- 1957 Se terminó de construir el radiotelescopio de 250 pulgadas de diámetro de Jodrell Bank, totalmente direccionable.
- 1958 La Armada de EE.UU. lanzó el "SCORE" primer satélite experimental de comunicación; se generó por medio de Klystron y multiplicador una radiación de aproximadamente 545 GHz; Leo Esaki reporta el descubrimiento del diodo túnel.

- 1959 Sucede en Ginebra, Suiza la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (CAMR), donde se revisó el cuadro de atribución del espectro.
- 1960 T.H. Maninman demostró el laser de rubí.
- 1961 Se inicia la transmisión de radiodifusión de FM estereofónica con tono piloto; empieza la producción comercial de circuitos integrados.
- 1962 Se pone en funcionamiento el primer radio-relevador trasatlántico vía el satélite pasivo TELSTAR; se inventa el laser de semiconductor.
- 1963 Se lanza el Syncom II, primer satélite de órbita geoestacionaria (síncrono) de comunicación; Gunn perfecciona el oscilador de microonda de estado sólido.
- 1965 El satélite activo síncrono "Early Bird" proporciona el primer servicio de transmisión trasatlántica de telefonía y TV; el Mariner IV transmite fotografías desde Marte; se reúne en Montreaux, Suiza la Conferencia de Plenipotenciarios.

CAPITULO II - EL ESPECTRO RADIOELECTRICO

- 2.1 - El espectro y las radiocomu
nicaciones.
- 2.2 - Definición.
- 2.3 - Dimensiones.
- 2.4 - Características generales.
- 2.5 - División y Clasificación.

EL ESPECTRO RADIOELECTRICO

2.1 - EL ESPECTRO Y LAS RADIOCOMUNICACIONES

El término comunicación ha sido definido de diversas maneras, pues la comunicación es manejada a diferentes niveles (individual, social, internacional, etc.) y en distintos campos científicos (Biología, Psicología, Ingeniería, etc.). Desde el punto de vista de la Ingeniería, se puede decir que la "comunicación es cualquier transporte de información desde su fuente hasta su destino; comprendidos un transmisor, un medio de transmisión y un receptor".

Las radiocomunicaciones no son otra cosa que una extensión de las comunicaciones eléctricas. Mientras que en estas últimas la señal viaja gracias a la circulación de corriente eléctrica por un conductor de material sólido, en las primeras se explota la propagación de un campo electromagnético vibratorio, el cual conduce la información sin el beneficio de una línea física, a través del espacio.

Justamente, es esta propiedad de conducir las señales en la ausencia de un medio material, lo que confiere a las radiocomunicaciones sus excepcionales ventajas y lo que representó una verdadera revolución en el progreso de las comunicaciones humanas a finales del siglo XIX.

Utilizando el espectro, las radiocomunicaciones hacen posible la transmisión casi instantánea de voz, música, imágenes, datos o cualquier otro tipo de información que pueda ser superimpuesta (modulada) en una onda radioeléctrica, para enlazar cualquier punto del globo terrestre.

De esta forma, el espectro brinda al hombre una herramienta rápida, flexible y económica; lo cual ha contraído su mundo y le ha proporcionado progreso social y económico.

Por ejemplo: el radio y el radar aumentan - la rapidez y seguridad de los viajes por aire, - mar y tierra.

El Comercio y la Industria (de la construcción, minera, pesquera, petrolera y otras), utilizan las frecuencias de comunicación para dar - agilidad a sus negocios y al procedimiento y distribución de sus materiales y servicios.

Las comunicaciones telegráficas y telefónicas a gran distancia, por lo general han de ser conducidas por sistemas radioeléctricos en gran parte de sus trayectos.

La salud, la seguridad pública y nacional - dependen en gran medida del radio.

El desarrollo de los programas espaciales - hubiera sido imposible sin el uso de las técnicas más sofisticadas de radiocomunicación, seguimiento y telemando espacial.

Gracias al uso del espectro, la televisión y la radiodifusión sonora han contribuido a la - difusión de ideas, noticias, ciencia y cultura, incrementando la eficiencia de la educación y - proporcionando entretenimiento en forma verdaderamente masiva.

Desde su nacimiento, las radiocomunicaciones se manifestaron como el medio naturalmente - adoptado para las comunicaciones internacionales.

A diferencia de lo que sucede con los hilos

telegráficos y telefónicos, las ondas electromagnéticas no reconocen fronteras políticas, regionales e ignoran en muchos casos las barreras naturales; por consiguiente, las emisiones efectuadas en un país, pueden frecuentemente recibirse en otro u otros países.

Esta característica destaca la naturaleza internacional del espectro y explica la necesidad de su reglamentación sobre una base mundial.

De la necesidad de una normalización y coordinación mundial para la administración racional del espectro, nació la Unión Internacional de Telecomunicaciones (U.I.T.), que es una asociación voluntaria de países independientes (una de las primeras organizaciones de las Naciones Unidas), cuyos representantes se reúnen a intervalos frecuentes en conferencias administrativas mundiales de Radiocomunicaciones en las que se elaboran, revisan y actualizan las disposiciones y reglamentos que rigen las telecomunicaciones y la utilización del espectro.

En el trabajo de la UIT y sus instituciones especializadas (la Junta Internacional de Registro de Frecuencias IFRB, el Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones CCIR, etc.), tuvo origen el Reglamento de Radiocomunicaciones, que es un amplio tratado que reúne una serie de reglas sobre la generación y utilización de las ondas radioeléctricas.

Los gobiernos, por medio de las Administraciones Nacionales de Telecomunicaciones (en México la Dirección General de Telecomunicaciones), dan fuerza dentro de sus propios territorios a los acuerdos, en materias tales como: distintos tipos de llamada para identificación, atribución de frecuencias a propósitos específicos, limita-

ciones sobre los tipos de emisión, anchuras de bandas, potencias que pueden emplearse, etc.

Aunque en la perspectiva de la historia humana el uso del espectro como medio de comunicación es un hecho relativamente reciente, ello ha alterado la existencia del hombre y las relaciones entre los países en una forma considerable.

A lo largo de apenas un siglo, las sociedades (hombres e instituciones) se han vuelto cada vez más dependientes de él, hasta el grado de considerarlo como el "sexto recurso natural".

Así pues, como tal, es obvio que requiere de una administración inteligente que controle su explotación en busca de la utilización óptima que reporte el máximo beneficio al mayor número de usuarios.

2.2 - DEFINICION

El Espectro de Frecuencias Radioeléctricas (EFRE) o Espectro de Radiofrecuencias (ERF), puede considerarse; es la región inferior del EEM, en la que se realizan las radiocomunicaciones y otras aplicaciones que utilizan las radiaciones de radiofrecuencia.

2.3 - DIMENSIONES

Los dominios del EFRE son más bien arbitrarios en su cuantificación, ya que sus fronteras han sido establecidas, por convención internacional (según el Reglamento de Radiocomunicaciones) y están determinadas por el avance tecnológico en el aprovechamiento de las ondas de distintas frecuencias, así como por la necesidad de suplir

la creciente demanda de espectro. Debido a esto, los límites del EFRE han sufrido sucesivos desplazamientos, aumentando así el espectro considerado útil para propósitos de radiocomunicación.

De aquí que, la definición oficial del EFRE no está basada en conceptos puristas o académicos, sino que aparece en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, y resulta flexible al requerir de una revisión y actualización constante.

Según el reglamento en vigor, el EFRE comprende de los 3 KHz a los 3 THz, del cual se han atribuido de los 10 KHz a los 275 GHz. Sin embargo, en un principio; cuando se realizó la primera distribución del espectro entre los diferentes servicios de radiocomunicaciones en 1927, durante la Conferencia Internacional de Radiocomunicaciones de Washington, el espectro abordado apenas cubría hasta 30 MHz.

Posteriormente en 1932, debido a los avances en la utilización de las radiofrecuencias, el límite de 30 MHz tuvo que ser removido y el espectro atribuido se extendió hasta los 60 MHz, pero para 1938 esta frontera ya era insuficiente, así que el límite debió ser de nuevo desplazado en la Conferencia de El Cairo, a 200 MHz.

La Segunda Guerra Mundial era inminente y con ella se dieron grandes avances en el uso de las radiocomunicaciones. Para 1947, el espectro atribuido hasta 200 MHz era ya anacrónico, así que en una reunión realizada en Atlantic City, EUA, el límite fue pospuesto a los 300 GHz, con bandas atribuidas hasta los 10.5 GHz.

Doce años después (1959), en la Conferencia de Plenipotenciarios de Ginebra, Suiza, las atribuidas

buciones de frecuencia incluían hasta los 40 GHz y con cautela se dispuso que el límite superior fuese esta vez de 3 THz. Sin embargo, para 1971 en la conferencia dedicada a las comunicaciones espaciales en Ginebra, fue necesario revisar de nuevo el Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias, para adecuar el espectro a la era de las aplicaciones espaciales, en la que las altas frecuencias son idóneas; en esta ocasión las frecuencias atribuídas llegaron a los 275 GHz.

Aunque la frontera de los 3 THz parecía ser un tope razonable, puesto que ya nos encontramos en los dominios de las radiaciones infrarrojas -lejanas que supuestamente (según algunos autores) inician sus manifestaciones en las proximidades de los 150 GHz, nadie puede por ahora predecir - hasta dónde abarcará el crecimiento.

Por lo pronto, el espectro infrarrojo es una "tierra de nadie" en donde aún cuando existen características de radiofrecuencia, ha resultado complicado y por ende costoso manejar las radiaciones.

A la porción del espectro que comprende desde los 275 GHz (y longitudes de onda de 1 mm) en adelante, frecuentemente se le ha denominado región experimental.

Por las condiciones actuales, parece probable que la tecnología de comunicaciones saltará gran parte de la región inferior milimétrica y submilimétrica, para pasar directamente a la región óptica.

En las últimas décadas, se han desarrollado toda una familia de dispositivos electromagnéticos que operan a escala molecular, entre los que destacan los Lasers y Masers que amplifican y -

controlan radiaciones de frecuencias del rango óptico; que por sus cualidades (de capacidad -- principalmente), parecen tener un futuro prometedor en el campo de las telecomunicaciones.

El laser ya demostró sus posibilidades en frecuencias superiores a los 865 THz y si se aplicara en Telecomunicaciones, podría ampliar en 8 octavas el límite de la definición actual del EFRE, dándole una disposición de atribución desde los 10 KHz hasta más de 36 octavas, al abarcar desde la banda 4 hasta la banda 15 (aún anónima).

Pudiera pensarse que este "paseo espectral", quizá sea detenido en la banda 16, ya del dominio de los rayos X que son altamente nocivos para los seres vivos.

Sin embargo, hoy en día, después de tantas hazañas del Homo Sapiens, quién se atreve a dudar que tal desventaja pueda ser compensada en el uso de frecuencias tan altas, para el beneficio de las comunicaciones humanas.

2.4 - CARACTERISTICAS GENERALES

En un breve resumen de las características más generales del EFRE, podemos señalar:

1) Es un recurso ubicuo, intangible, pero medurable en base a sus parámetros: longitud de onda (frecuencia), energía, fase, polarización, forma de onda (duración, posición, etc.), que son portadores potenciales de información para propósitos de telecomunicación.

2) Es un recurso que no se agota ni se consume por el uso; de hecho, como el tiempo, puede

desperdiciarse si no se utiliza o si se utiliza ineficientemente.

Por supuesto, se requiere atribuirlo de forma que permita la creación de equipos y técnicas para los servicios a que cada segmento de espectro se quiera destinar. Sin embargo, es necesario proyectar su aprovechamiento futuro, para que en lo posible admita las modificaciones necesarias para adecuarlo a los avances de la tecnología y al aumento en la demanda.

3) El espectro se puede compartir y reutilizar de distintas maneras, apoyándose en sus dimensiones de frecuencia, espacio y tiempo, de manera que su potencial se ve acrecentado en proporción a la eficacia del uso que se le da.

4) La capacidad del espectro de conducir información, depende del ancho de la banda y éste aumenta conforme se asciende en frecuencia, así; entre más alto nos situamos en el espectro, más abundante se vuelve en posibilidades para la comunicación.

5) El espectro es un recurso "limitado" que a diferencia de otros, es cuantitativamente constante y no puede ampliarse mediante prospección.

6) Al igual que otros recursos naturales, el espectro es susceptible de contaminarse, el uso de potencias excesivas, equipos poco convenientes y mal ajustados, procedimientos de asignación deficientes que permitan proliferar las interferencias o el uso irrestricto, pueden provocar su saturación y la disminución de sus posibilidades.

7) El principal valor económico del espectro de radio descansa en su uso para conducir in

formación de gran variedad de tipos, a distintas velocidades y a diferentes distancias.

Aunque es un bien de gran valor social y económico, las consideraciones económicas de mercado no juegan ningún papel en su atribución. No se paga por el uso del espectro, aunque enormes inversiones públicas y privadas están basadas en su utilización.

8) El espectro es un recurso del que todos pueden disfrutar, pero su empleo requiere ser cuidadosamente controlado para que pueda aprovecharse eficientemente.

9) Como hemos mencionado, las radiaciones del espectro se propagan por igual en cualquier región, aún a pesar de las fronteras entre los países, por lo que son consideradas como un patrimonio internacional.

2.5 - DIVISION Y CLASIFICACION

La subdivisión del EFRE es una consecuencia que la misma naturaleza ha propiciado, ya que se pueden observar claras diferencias en el comportamiento de las radiaciones que pertenecen a las distintas regiones del espectro.

No obstante, los límites que determinan tales diferencias no se presentan como divisiones claras o bien definidas, sino que van apareciendo en forma gradual en los diferentes rangos de frecuencias. Es por esto, que avalada por la comodidad se vio la necesidad de aplicar una división ordenada y precisa que permitiera situar fácilmente cualquier banda mencionada.

En la época en que se comenzaron a utilizar

las radiaciones del EFRE, las señales eran denominadas según la magnitud relativa de la longitud de onda; así surgieron calificativos como los de ondas largas, medias y cortas. Posteriormente, aparecieron denominaciones basadas en el sistema métrico decimal, como los de ondas métricas, kilométricas, centimétricas, etc.

En los documentos oficiales de la UIT, las unidades de frecuencia en términos de Hertz (ciclos/seg.) y sus múltiplos, han tenido mayor aceptación, aunque los nombres anteriores han quedado arraigados.

El artículo 2º del Reglamento de Radiocomunicaciones vigente, dispone que los 2.999×10^{12} Hz del espectro de radio actual esté subdividido en nueve bandas de frecuencias que se designan por números enteros en orden creciente, de acuerdo con el cuadro siguiente:

NUMERO DE LA BANDA	GAMA DE FRECUENCIAS (EXCLUUIDO EL LIMITE INFERIOR PERO INFLUIDO EL LIMITE SUPERIOR)	SUBDIVISION METRICA CORRESPONDIENTE
4	3 a 30 KHz	Ondas miriamétricas
5	30 a 300 KHz	Ondas kilométricas
6	300 a 3000 KHz	Ondas hectométricas
7	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas
8	30 a 300 MHz	Ondas métricas
9	300 a 3000 MHz	Ondas decimétricas
10	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas
11	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas
12	300 a 3000 GHz o 3 THz	Ondas decimilimétricas

En el que la banda "N", se extiende de 0.3×10^N a 3×10^N Hz.

El reglamento establece además, las siguientes abreviaturas calificativas que también pueden servir para designar las bandas:

- 4 = VLF (Abreviatura del inglés: very low frequencies o frecuencias muy bajas)
- 5 = LF (Frecuencias bajas)
- 6 = MF (Frecuencias medias)
- 7 = HF (Frecuencias altas)
- 8 = VHF (Frecuencias muy altas)
- 9 = UHF (Frecuencias ultra altas)
- 10 = SHF (Frecuencias super altas)
- 11 = EHF (Frecuencias extremadamente altas)

Las propiedades físicas de las bandas en las que se divide el espectro, las hacen más o menos apropiadas para unos propósitos que para otros, por ejemplo:

Las ondas de radio de frecuencias menores (bandas 4 y 5), ofrecen una amplia cobertura sobre grandes distancias con señales muy estables que viajan por el suelo o la superficie del agua, adoptando la curvatura terrestre. De aquí que sean especialmente adecuadas para sistemas de radionavegación, señales horarias y frecuencias patrón, radiodifusión, etc.

Las señales de frecuencias intermedias (bandas 6 y 7), también pueden cubrir grandes distancias por medio de la reflexión ionosférica, especialmente de noche; se les utiliza para comunicaciones con barcos en altamar, radiodifusión de amplitud modulada normal e internacional, comunicaciones de aficionados, etc.

En frecuencias mayores (bandas 8 y 9), las radiaciones se propagan en forma de línea de vista a distancias un poco mayores que las del horizonte, su generación requiere menores potencias y los circuitos electrónicos pueden tener dimensiones reducidas, es por esto que las señales de este rango son apropiadas para comunicaciones móviles, radiodifusión de frecuencia modulada, comunicaciones aeronáuticas, etc.

Las bandas de frecuencias más altas (bandas 10 y 11), se propagan casi en línea recta. Por su gran capacidad de conducir información, son - aptas para sistemas de portadora común por relevadores radioelétricos, servicios espaciales, - etc.

CAPITULO III - UTILIZACION DEL ESPECTRO

- 3.1 División en Servicios
- 3.2 Cuadro de distribución de bandas de frecuencias
- 3.3 Ocupación de las ondas
- 3.4 Factores técnicos que influyen - en la utilización
 - a) Características de los Sistemas y señales de Transmisión
 - Denominación y clases de - emisiones
 - Anchura de banda utilizable
 - Anchura de banda de las emi siones
 - Radiaciones no esenciales
 - Estabilidad y tolerancia de frecuencia de los transmisores
 - Potencia de los transmiso-- res
 - El ruido y la interferencia
 - b) Características de los Sistemas de Recepción
 - Sensibilidad, Selectividad y Estabilidad
 - Antenas.

3.1 - DIVISION EN SERVICIOS

El estudio de la utilización del EFRE es, básicamente, el estudio de la forma como están atribuidas las bandas de frecuencia del espectro a las diferentes aplicaciones.

La atribución de radiofrecuencias consiste en dividir el espectro en un determinado número de segmentos o bandas, reservando cada una para un uso o usos específicos.

Para lograr una utilización racional y ordenada del EFRE, las conferencias administrativas de la UIT, han reagrupado en forma de "Servicios de radiocomunicación" las transmisiones que tienen características de emisión o de recepción comparables, reduciendo así los riesgos de interferencia.

Los servicios de Radiocomunicación definidos por la UIT que se enlistan en el Capítulo I del Reglamento de Radiocomunicación, son:

- Servicio fijo
- Servicio fijo aeronáutico
- Servicio de Radiodifusión
- Servicio móvil
- Servicio móvil aeronáutico
- Servicio móvil marítimo
- Servicio de operaciones portuarias
- Servicio de movimiento de barcos
- Servicio móvil terrestre
- Servicio de Radiodeterminación
- Servicio de Radionavegación
- Servicio de Radionavegación aeronáutica
- Servicio de Radionavegación marítima
- Servicio de Radiolocalización
- Servicio de seguridad
- Servicio de Radioastronomía

- Servicio de ayudas a la Meteorología
- Servicio de aficionados
- Servicio de frecuencias patrón
- Servicio de señales horarias
- Servicio espacial
- Servicio fijo por satélite
- Servicio móvil por satélite
- Servicio móvil aeronáutico por satélite
- Servicio móvil marítimo por satélite
- Servicio móvil terrestre por satélite
- Servicio de Radiodifusión por satélite
- Servicio de Radiodeterminación por satélite
- Servicio de Radionavegación por satélite
- Servicio de Radionavegación aeronáutica por satélite
- Servicio de Radionavegación marítima por sa
télite
- Servicio de exploración de la tierra por sa
télite
- Servicio de meteorología por satélite
- Servicio de aficionados por satélite
- Servicio de frecuencias patrón por satélite
- Servicio de señales horarias por satélite
- Servicio de investigación espacial
- Servicio de operaciones espaciales
- Servicio entre satélites
- Servicio especial

Las definiciones de cada servicio, se dan - en el Capítulo I del Reglamento de Radiocomunica - ciones (y se reproducen en este trabajo en la - parte correspondiente a servicios) y han sido - cuidadosamente elaboradas por las Conferencias - de la UIT, tomando en cuenta el tipo de opera - ción efectuada y no en función del material que los sistemas pueden conducir.

Como puede verse, las aplicaciones de las - telecomunicaciones se han multiplicado prodigio -

samente en todas sus formas, en cuanto al tipo - de servicio prestado, las distancias salvadas, - la información transmitida, etc. Cada servicio enlistado incluye toda una gama de usos específi - cos que van desde los más tradicionales hasta - los más revolucionarios, como: sistemas de radio - difusión por satélite (que permite la recepción - directa del público de programas sin necesidad - de estaciones terrenas con grandes antenas para - bólicas), sistemas de comunicaciones con submari - nos sumergidos o sistemas de radionavegación por satélite.

3.2 - EL CUADRO DE DISTRIBUCION DE BANDAS DE FRECUENCIAS

Las necesidades en materia de frecuencias - de cada uno de los servicios de radiocomunicacio - nes, figuran entre las diferentes partes del -- "Cuadro de Distribución de Bandas de Frecuencias" (CDBF) de la UIT, en el que cada servicio tiene atribuídas bandas de frecuencias con carácter ex - clusivo o en compartición con otros servicios.

Toda Transmisión de ondas de radio debe -- efectuarse en alguna de las bandas atribuídas en este cuadro, para que sea conforme al Convenio - Internacional de Telecomunicaciones y al Regla - mento de Radiocomunicaciones de la UIT.

El CDBF, es una representación completa y - detallada del espectro radioelétrico, en la que aparecen claramente acotados los límites de las bandas de frecuencias, los nombres de los servi - cios a que tales bandas están atribuídas y las - categorías de atribución.

El CDBF, es el elemento fundamental de la - administración del espectro, pues sirve como ba -

se para discutir y establecer las disposiciones destinadas a lograr y mantener la utilización me
tódica del recurso en todo el mundo.

El cuadro en sí, ocupa una quinta parte del Reglamento de Radiocomunicaciones, con 400 notas al pie con más de 300 disposiciones conexas de un total de 1600 relativas a la utilización de frecuencias, está destinado a regular las relaciones entre países; los cuales sin embargo pueden, dentro de su territorio, adoptar disposicio
nes más detalladas o incluso aplicar cambios que permitan cubrir en mejor forma sus necesidades de frecuencias. Tales modificaciones no obstante ser de carácter nacional, deben ajustarse a los lineamientos de la reglamentación internacio
nal.

Algunas administraciones publican regularmente el CDBF de la UIT, junto a un cuadro análo
go de uso puramente nacional.

La primera clasificación del CDBF divide al mundo en tres regiones, desde el punto de vista de la atribución (véase figura No. 3.1).

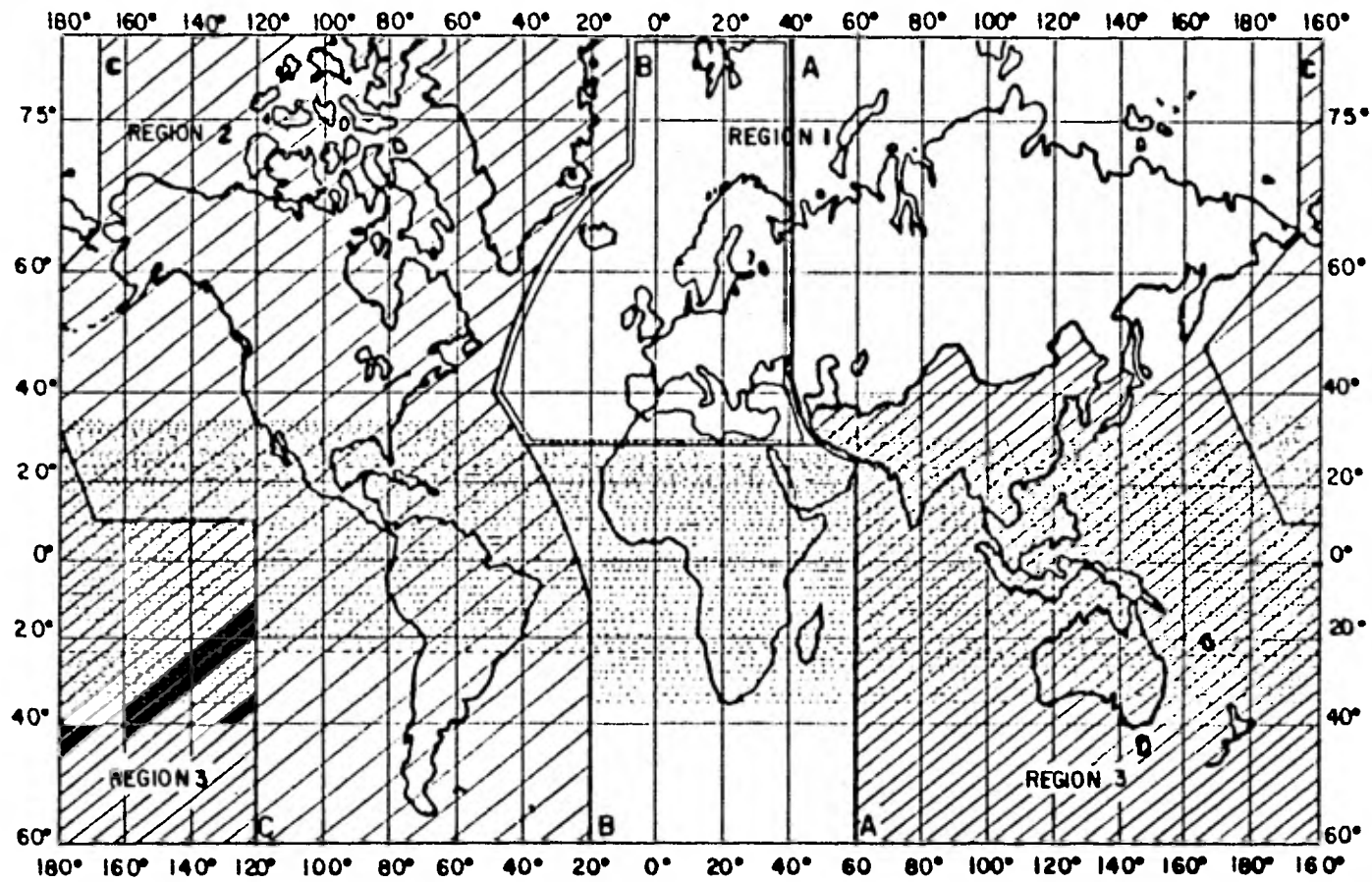
La región 1 comprende Africa y Europa, incluyendo Turquía, la Unión Soviética y la República Popular de Mongolia.

La región 2 comprende todo el Continente Americano.

La región 3 comprende Asia (exceptuando la U.R.S.S., la República Popular de Mongolia y Asia Menor) y Australasia.

La clasificación por regiones es especialmente importante para bandas de frecuencias inferiores a unos 4 MHz, debido a los grandes alcan-

MAPA DE LAS REGIONES DEFINIDAS EN EL CUADRO DE DISTRIBUCION DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS.



ZONA TROPICAL



ZONA EUROPEA DE RADIODIFUSION



FIG. 3 -1

ces de las ondas de ese rango.

En frecuencias entre 4 y 27.5 MHz generalmente se atribuyen los mismos servicios en las tres regiones, debido a que las ondas en este rango también se pueden propagar a grandes distancias como consecuencia de la reflexión ionosférica.


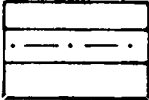



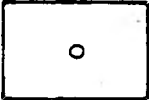
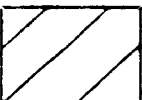


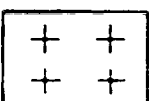
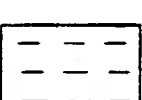

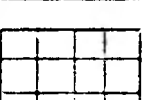

Por encima de unos 27.5 MHz las atribuciones pueden ser de carácter regional, ya que las ondas de la banda 8 y de frecuencias superiores, suelen tener alcances reducidos y las frecuencias pueden ser reutilizadas por estaciones separadas por pocos cientos de kilómetros.

En el número 133 del Reglamento de Radiocomunicaciones, se define la "Zona europea de Radiodifusión" (marcada en la fig. 3.1), que incluye algunos territorios del Norte de Africa y otros del Cercano Oriente.

Aunque estos territorios se hallan fuera de Europa; la razón de incluirlos estriba, en la conveniencia de establecer en ellos planes de frecuencias similares a los de Europa; teniendo en cuenta la presencia de fenómenos naturales (en los límites Sur y Sudeste) en forma de desierto, que crean un efecto de pantalla en la propagación.

Los números 135 y 136 del Reglamento de Radiocomunicaciones definen además la "Zona Tropical"; que como se muestra en la figura 3.1, forma una especie de faja que se extiende alrededor de la tierra siguiendo el Ecuador y por consiguiente, atraviesa las tres regiones de la UIT.

En el número 137 del Reglamento de Radiocomunicaciones, se definen tres categorías para

	FIJO		FRECUENCIA PATRON
	MOVIL.		AYUDAS A LA METEOROLOGIA.
	RADIONAVEGACION.		INVESTIGACION ESPACIAL.
	RADIOLOCALIZACION.		ENTRE SATELITES.
	RADIODIFUSION.		EXPLORACION DE LA TIERRA.
	RADIOASTRONOMIA.		OPERACIONES ESPACIALES.
	AFICIONA AOS		NO ATRIBUIDA.

ABREVIATURAS.

T	TERRESTRE .	G	RESERVADA PARA SERVICIOS GUBERNAMENTALES.
M	MARITIMAS .	X	GUBERNAMENTALES, ESTATALES, PRIVADOS, - - SEGURIDAD, AERONAUTICO, DESCENTRALIZADOS MARITIMOS, MILITARES Y EXPERIMENTACION.
A	AERONAUTICAS .		
EXA	EXCEPTO AERONAUTICA .		
S	SATELITES .		
ET	ESPACIO - TIERRA .	EM	ENLACES MULTICANAL.
TE	TIERRA - ESPACIO .	BC	BANDA CIVIL
L	ESPACIO LEJANO .	LP	LOCALIZACION DE PERSONAS .
SL	SOCORRO Y LLAMADA .		

los servicios de Radiocomunicaciones.

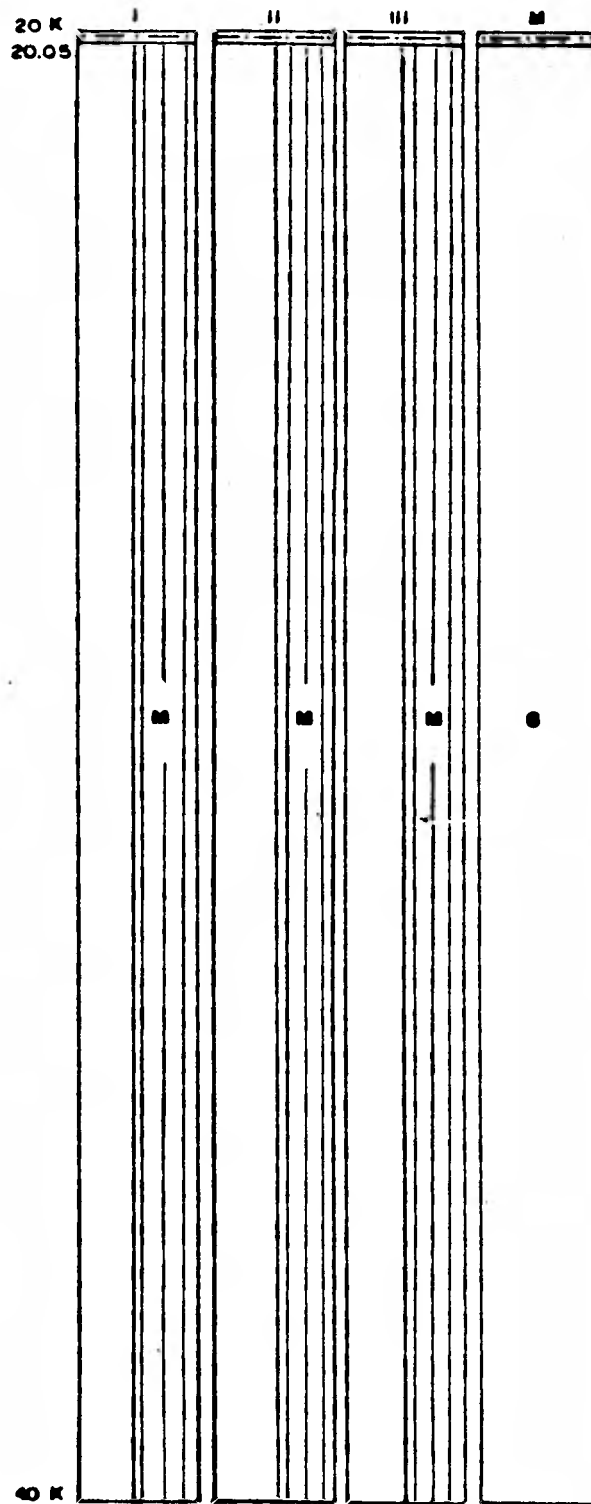
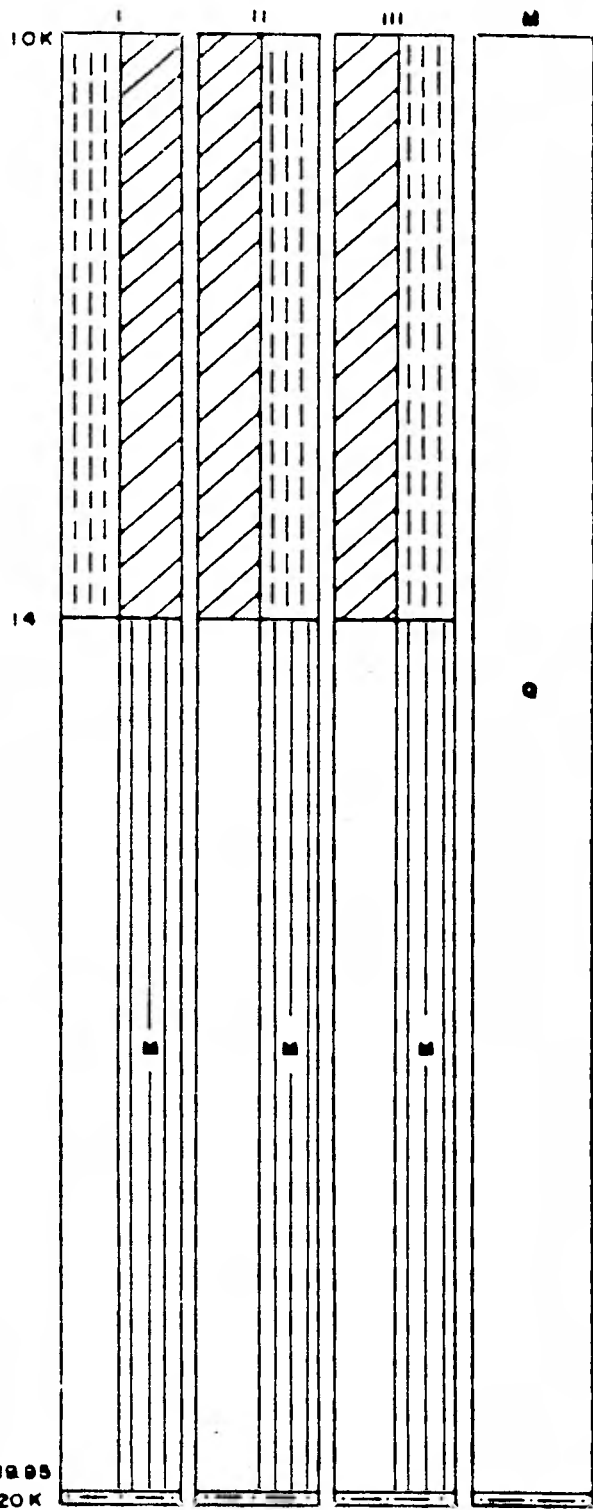
Servicios Primarios, Servicios Permitidos y Servicios Secundarios.

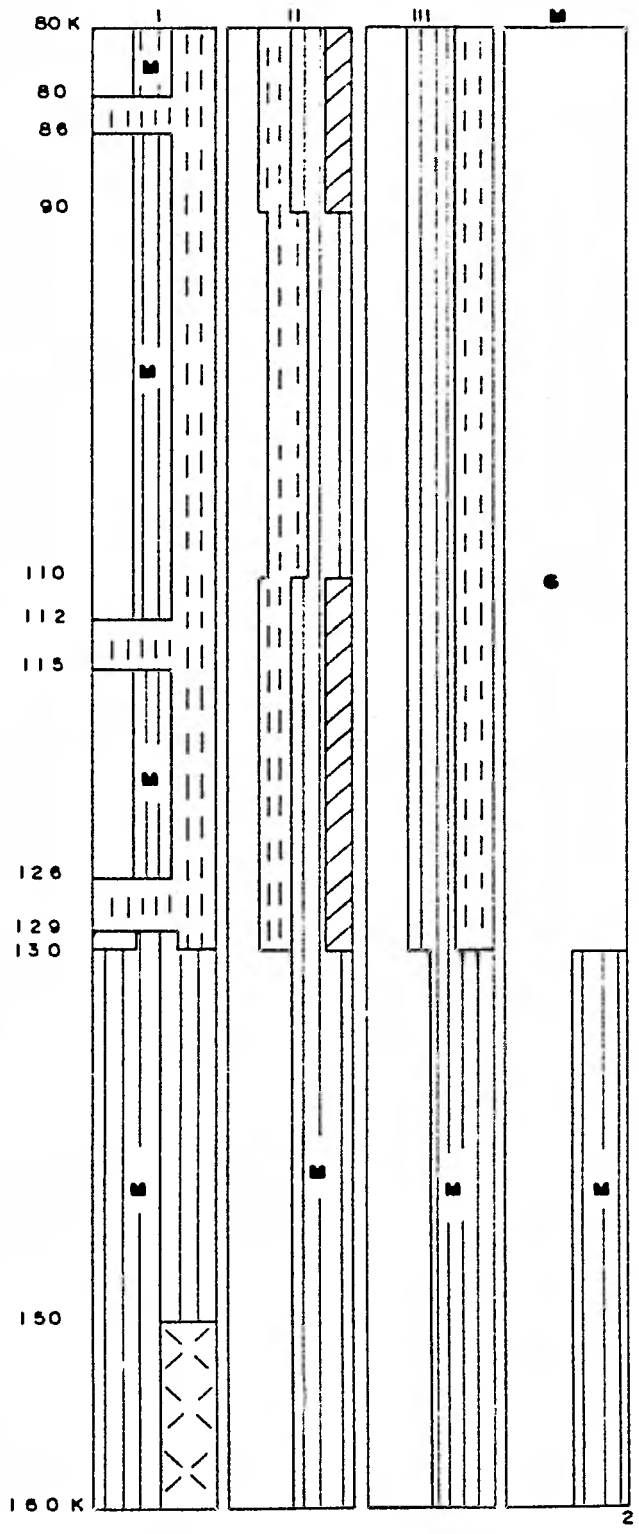
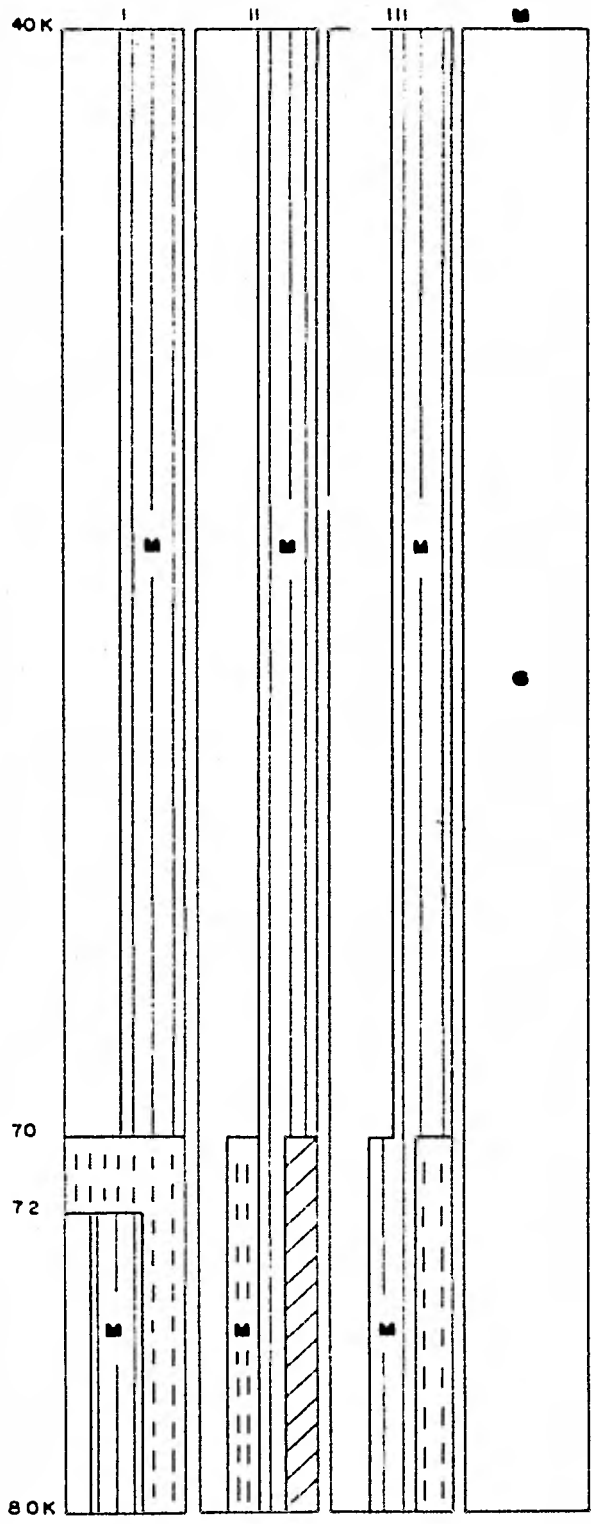
Los dos primeros poseen igualdad de derechos e importancia, salvo en el caso de preparación de planes de frecuencias, en el que los servicios primarios tienen prioridad ante los permitidos en la elección de bandas.

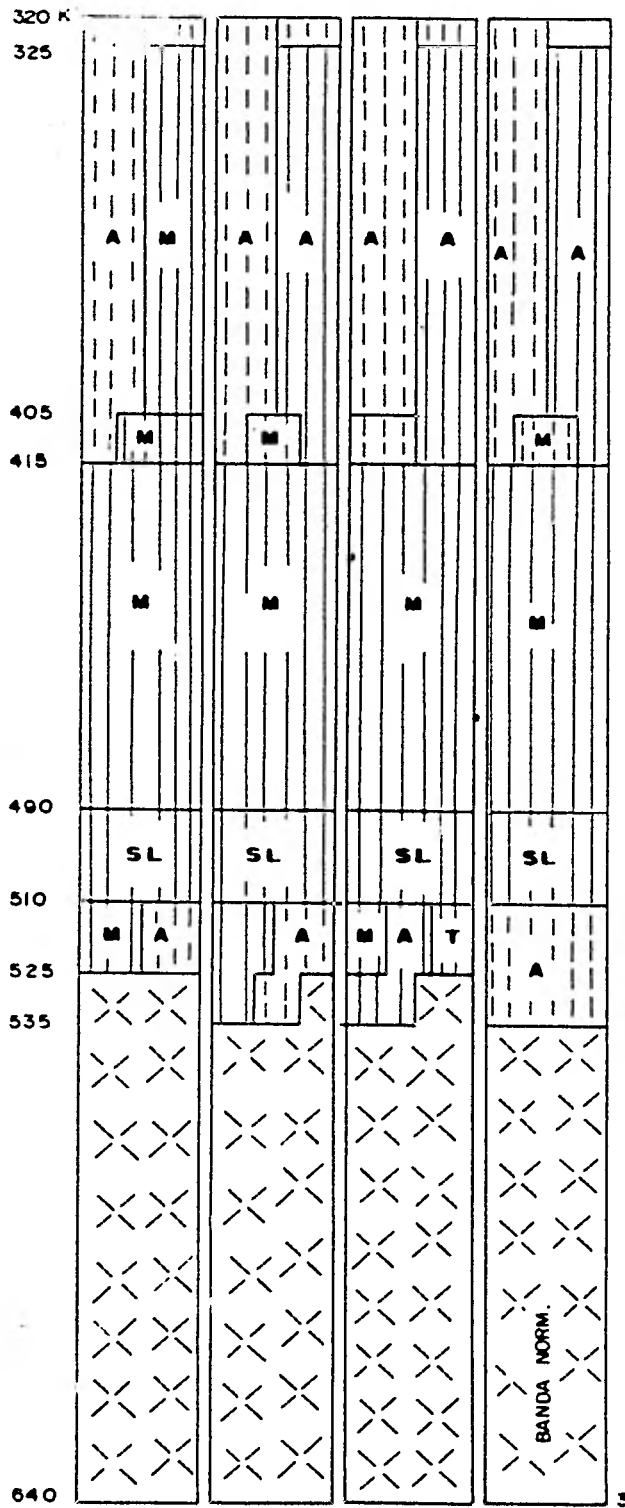
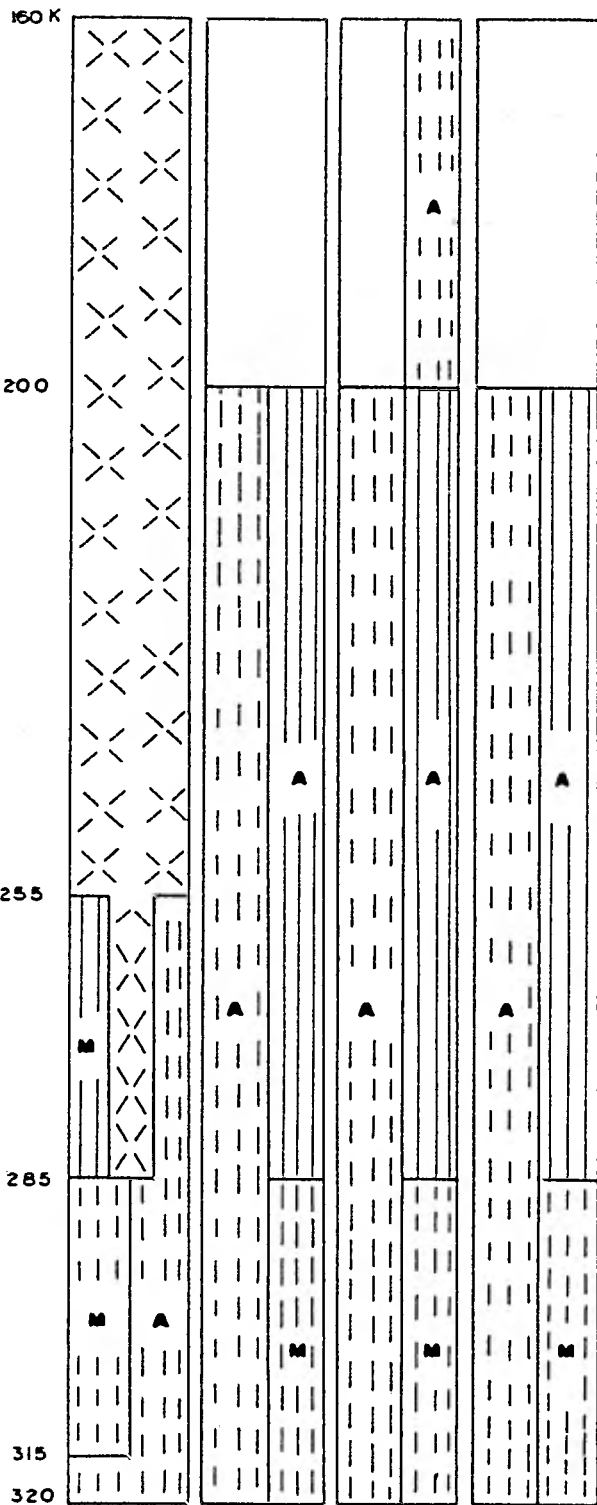
Los servicios secundarios están obligados a no causar interferencias perjudiciales a los servicios primarios y permitidos, no pudiendo además, reclamar protección contra interferencias de aquéllos.

Los servicios secundarios pueden reclamar protección contra interferencias perjudiciales, causadas por estaciones del mismo servicio o de otros servicios secundarios a los que se les -- asignen frecuencias ulteriormente.

Se ha previsto, que en lo posible, los servicios con características muy diferentes operen en bandas de frecuencias separadas entre sí. -- Idealmente sería deseable que cada servicio gozara del uso de bandas exclusivas, pero desgraciadamente esto significaría una explotación muy -- ineficaz del espectro, cuyas bandas por razones prácticas y regionales han de compartirse y re-- utilizarse entre los distintos servicios y en -- los diferentes territorios.

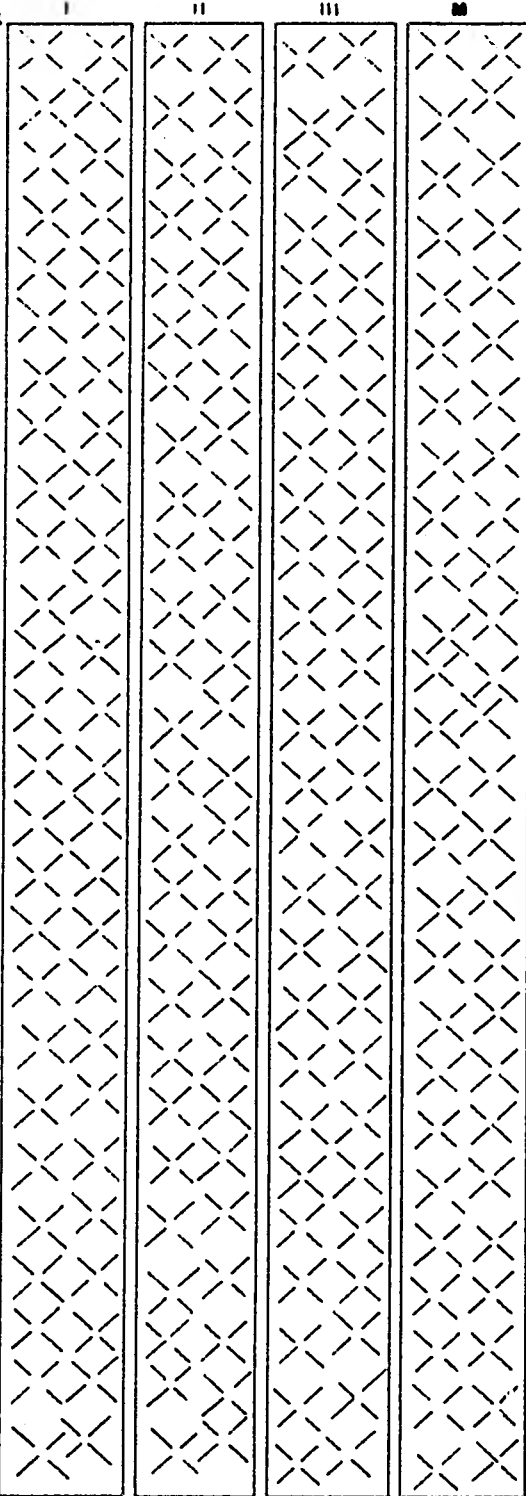






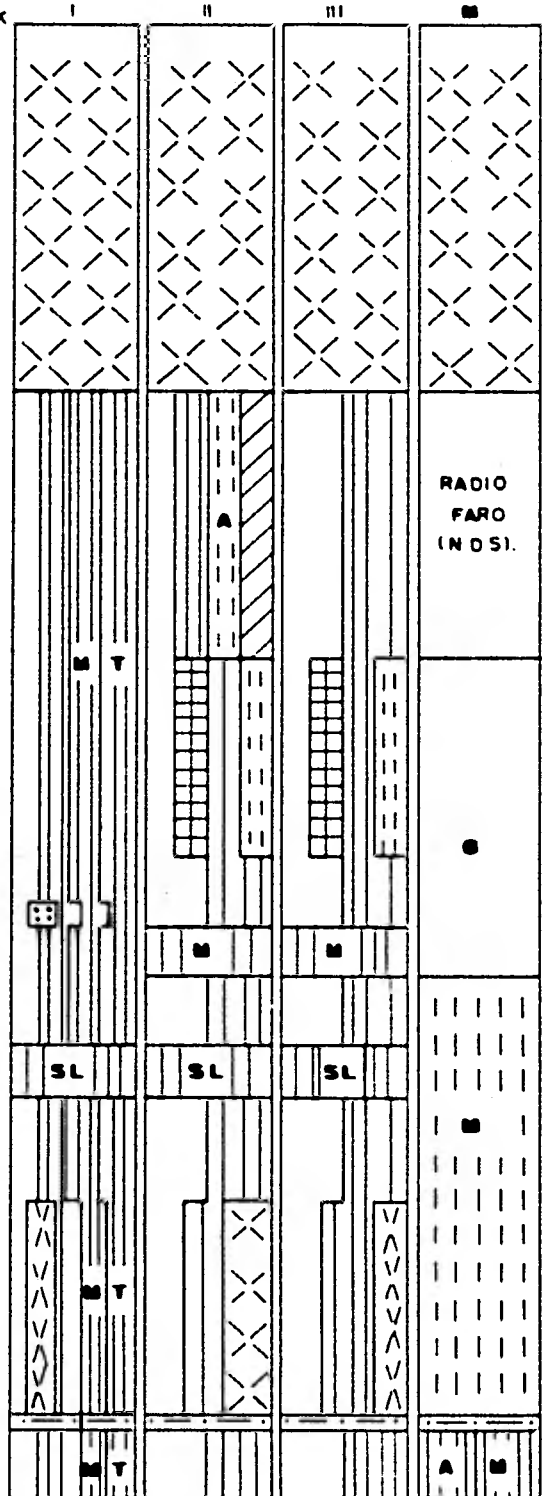
BANDA NORM.

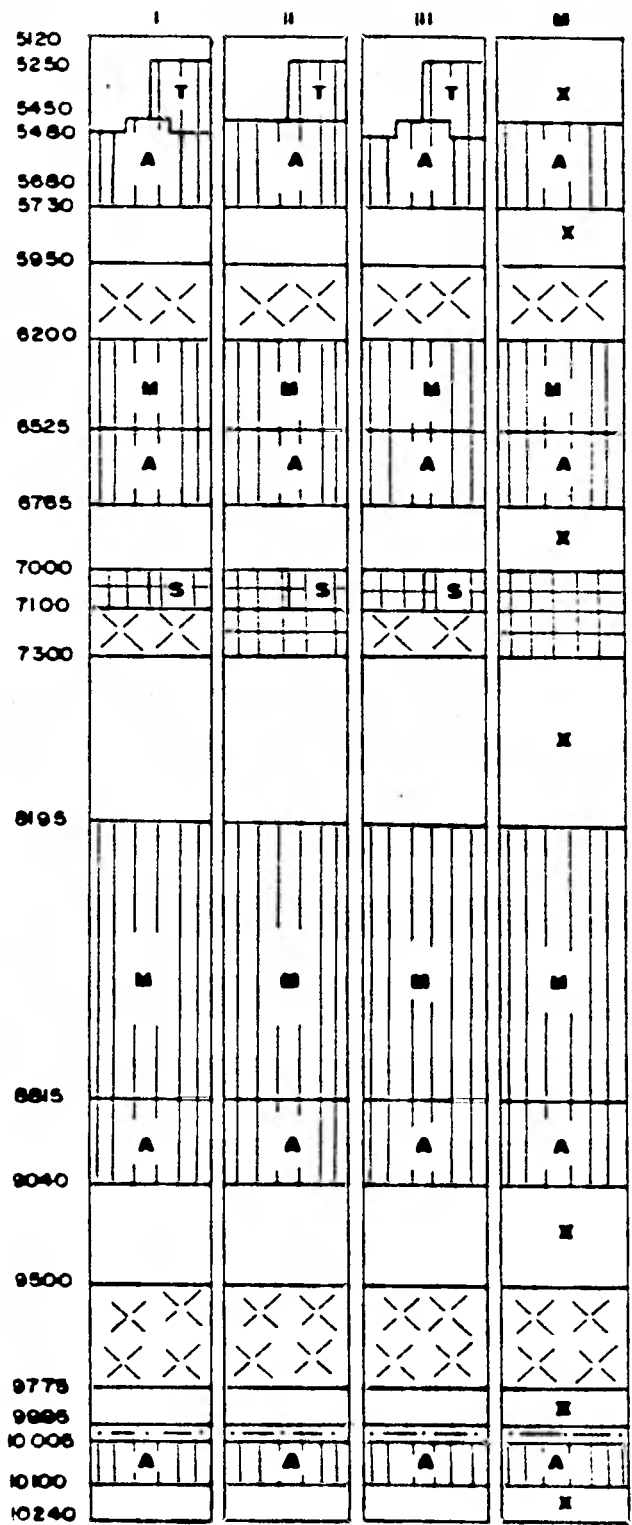
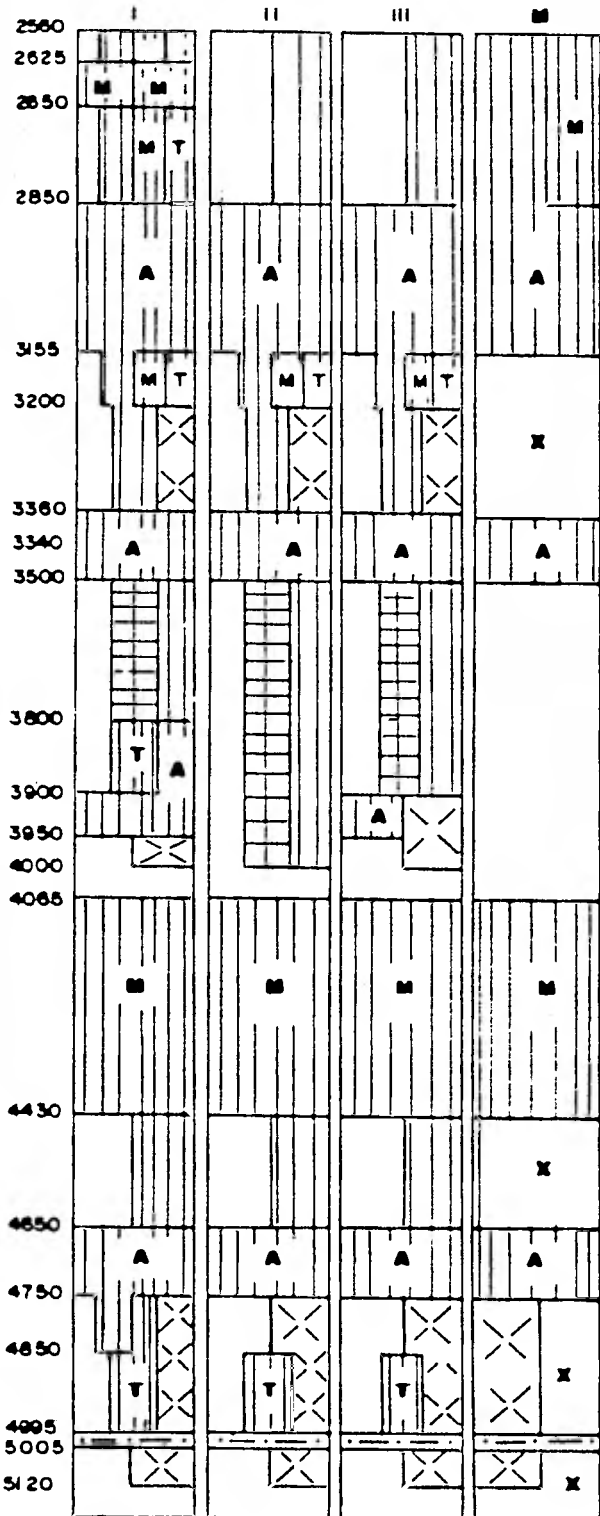
640K



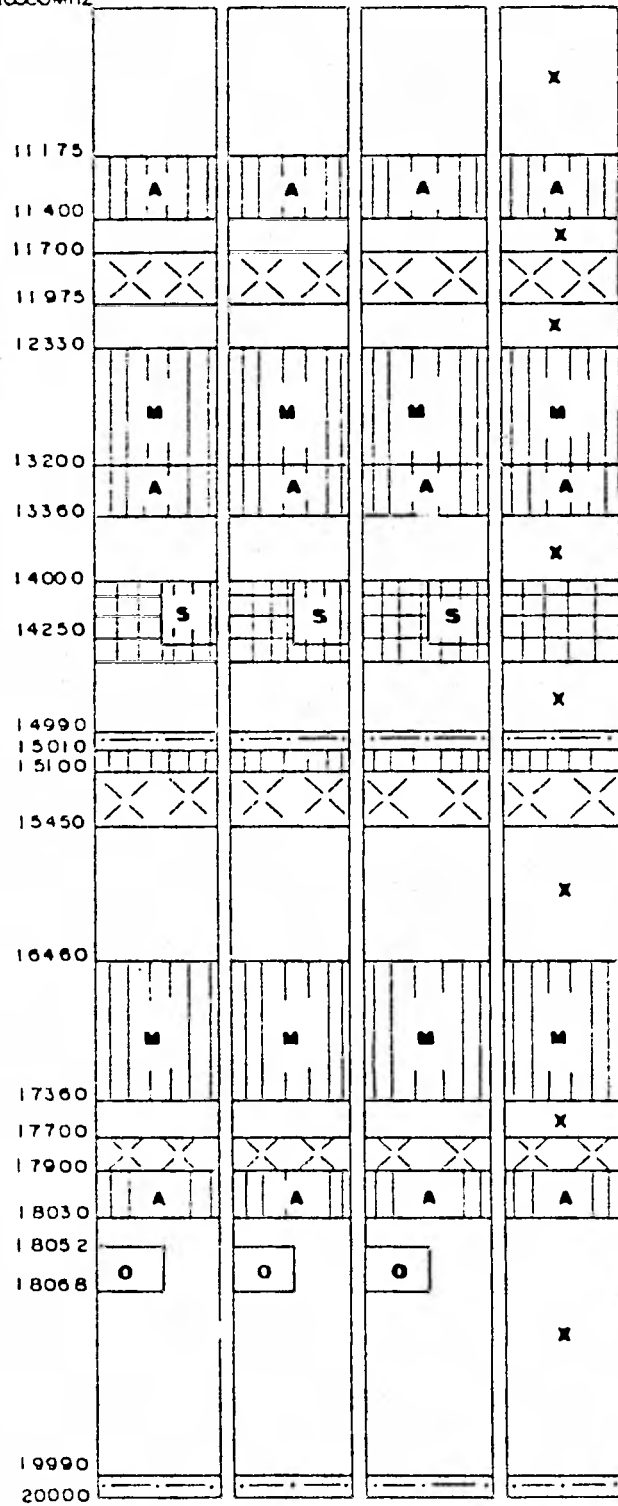
1280 K

1280 K

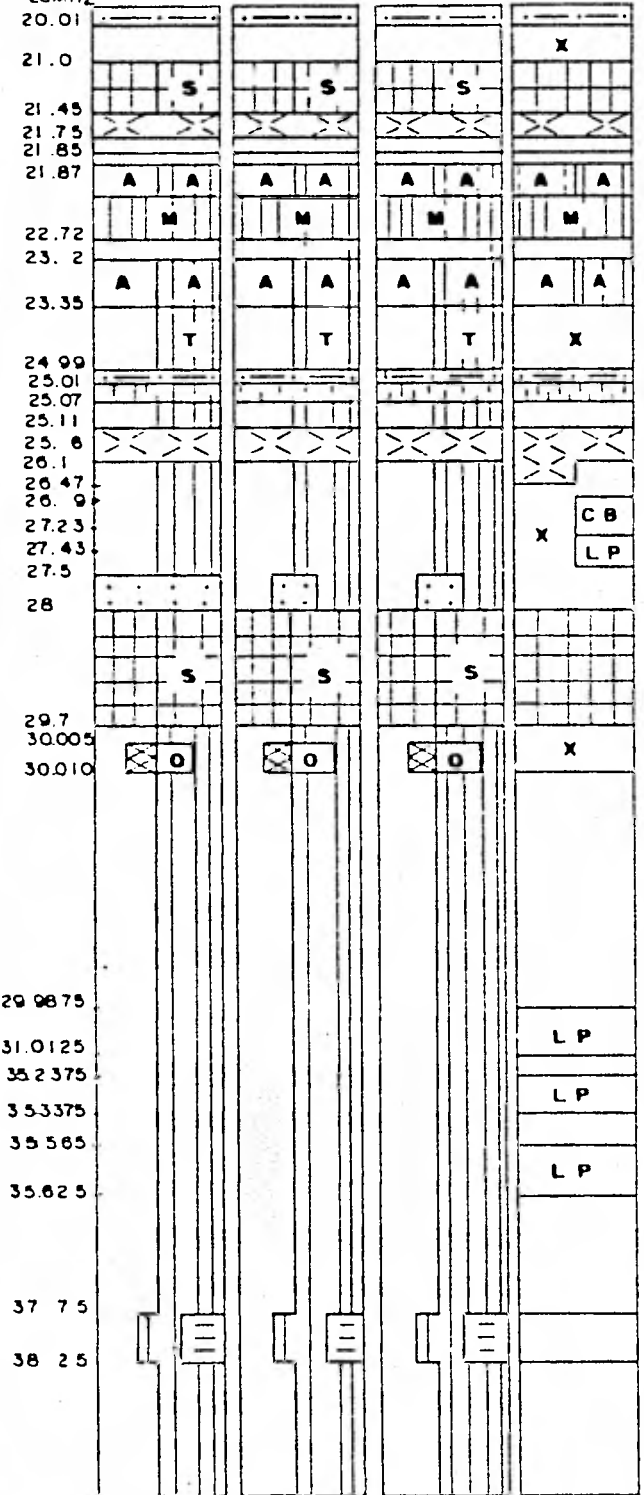


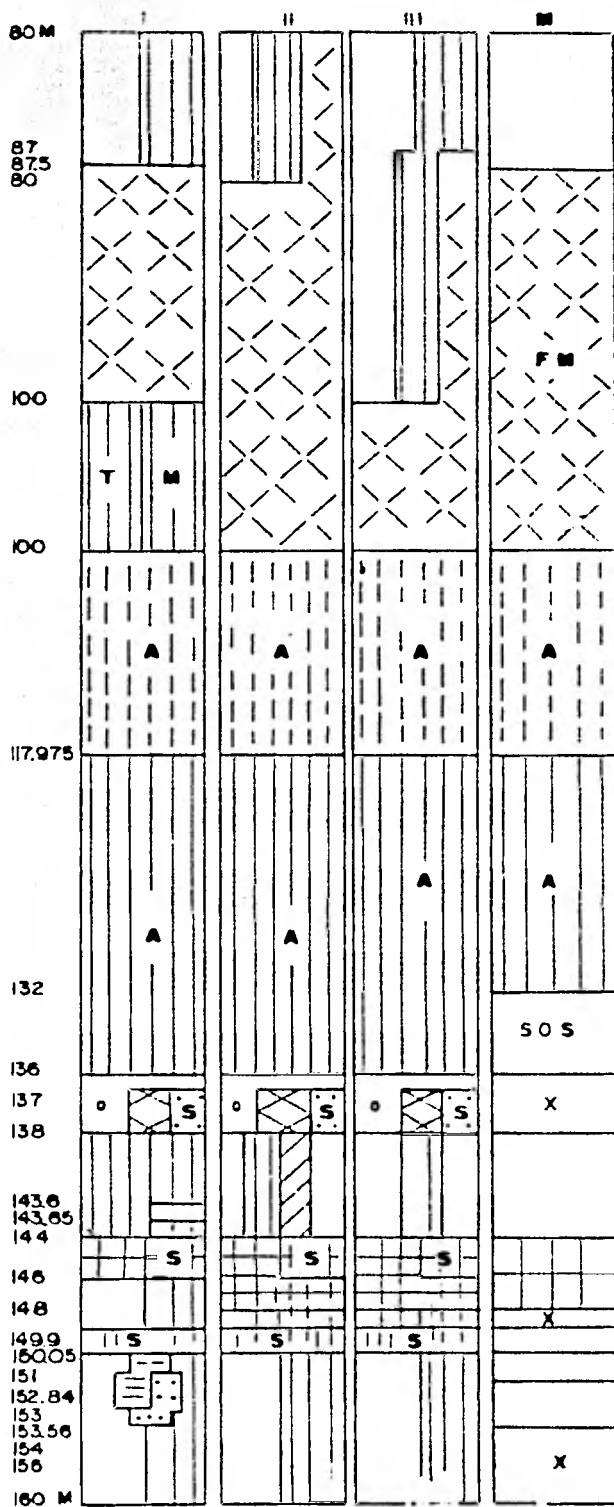
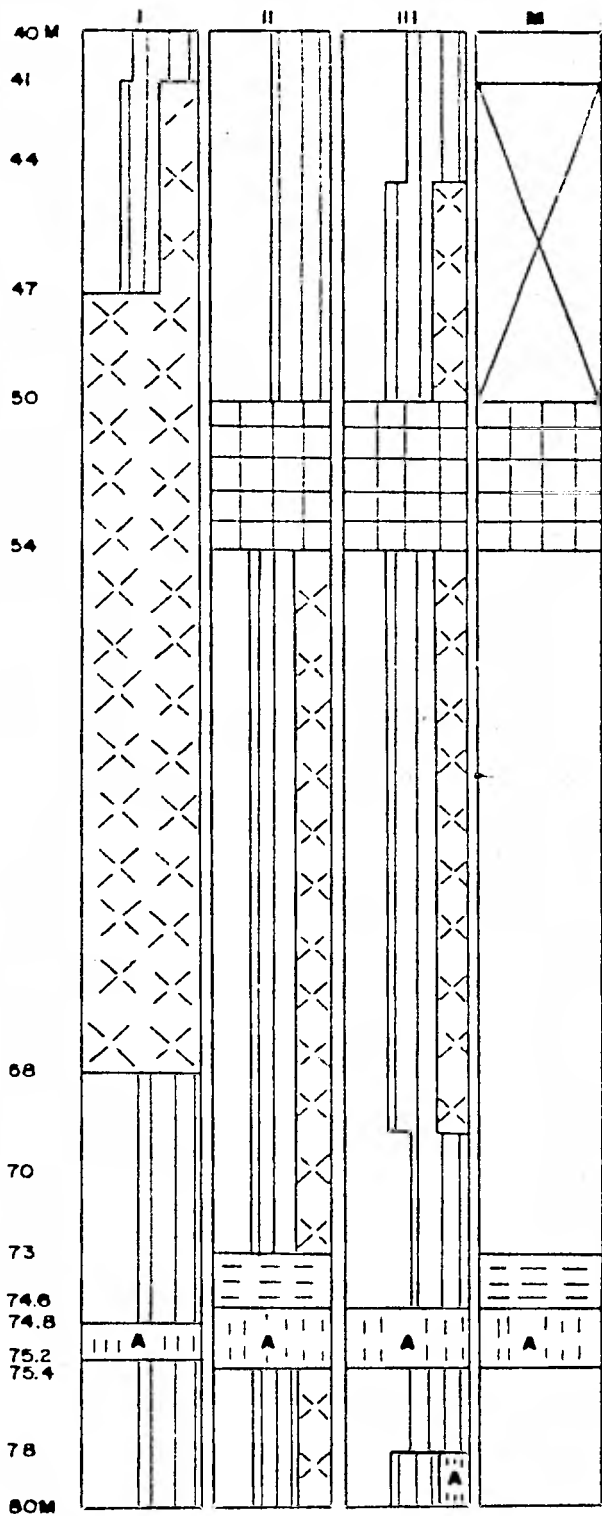


10000MHZ

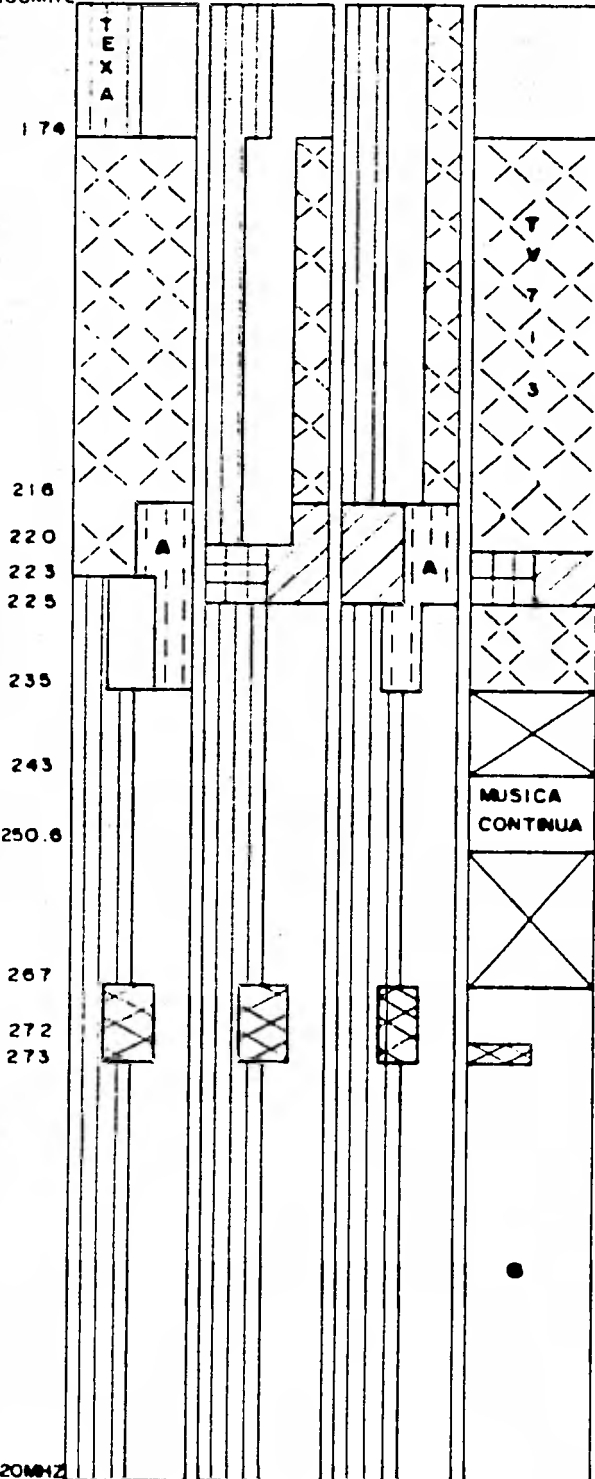


20MHZ

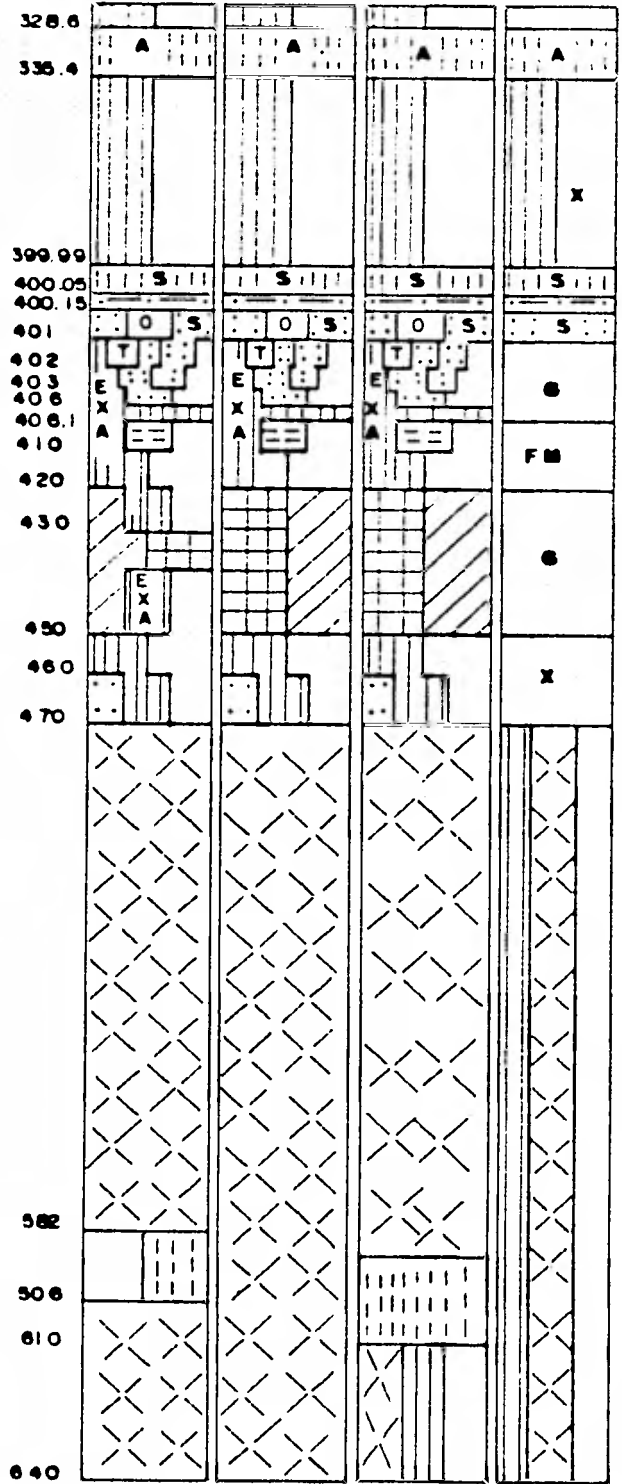


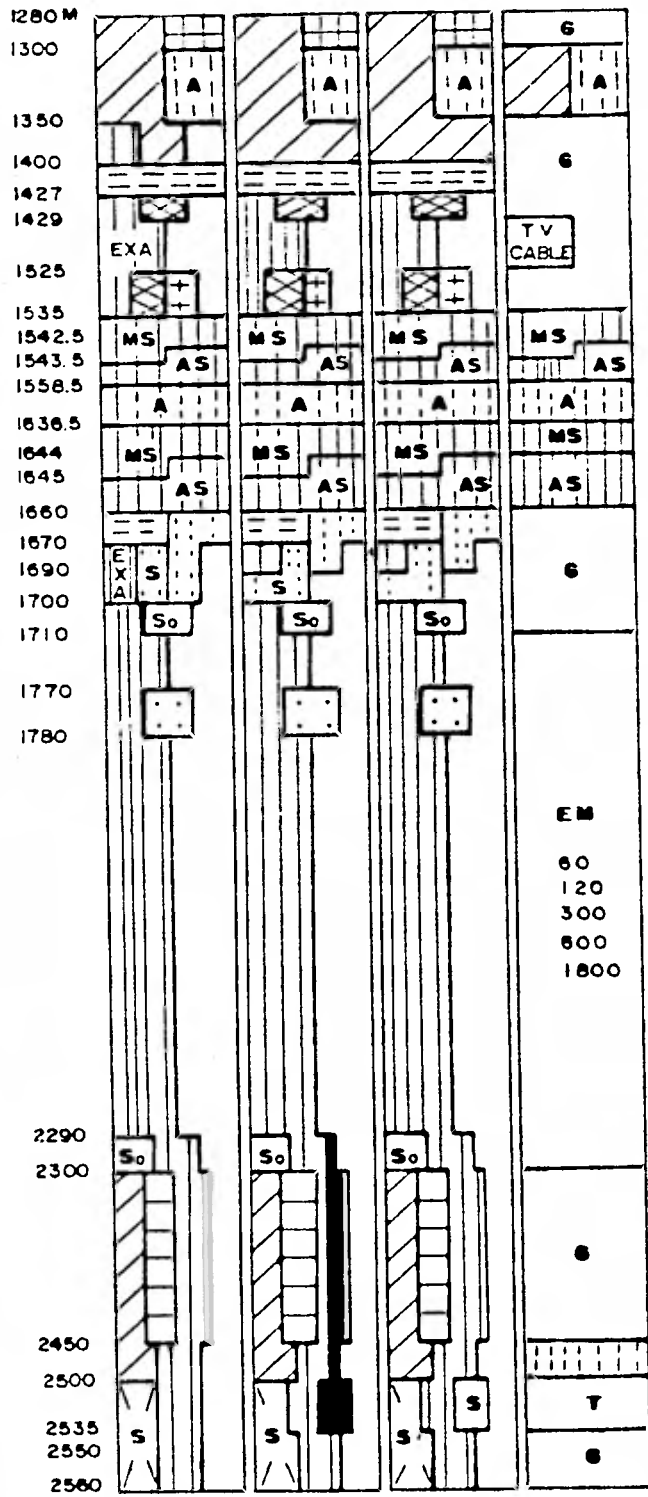
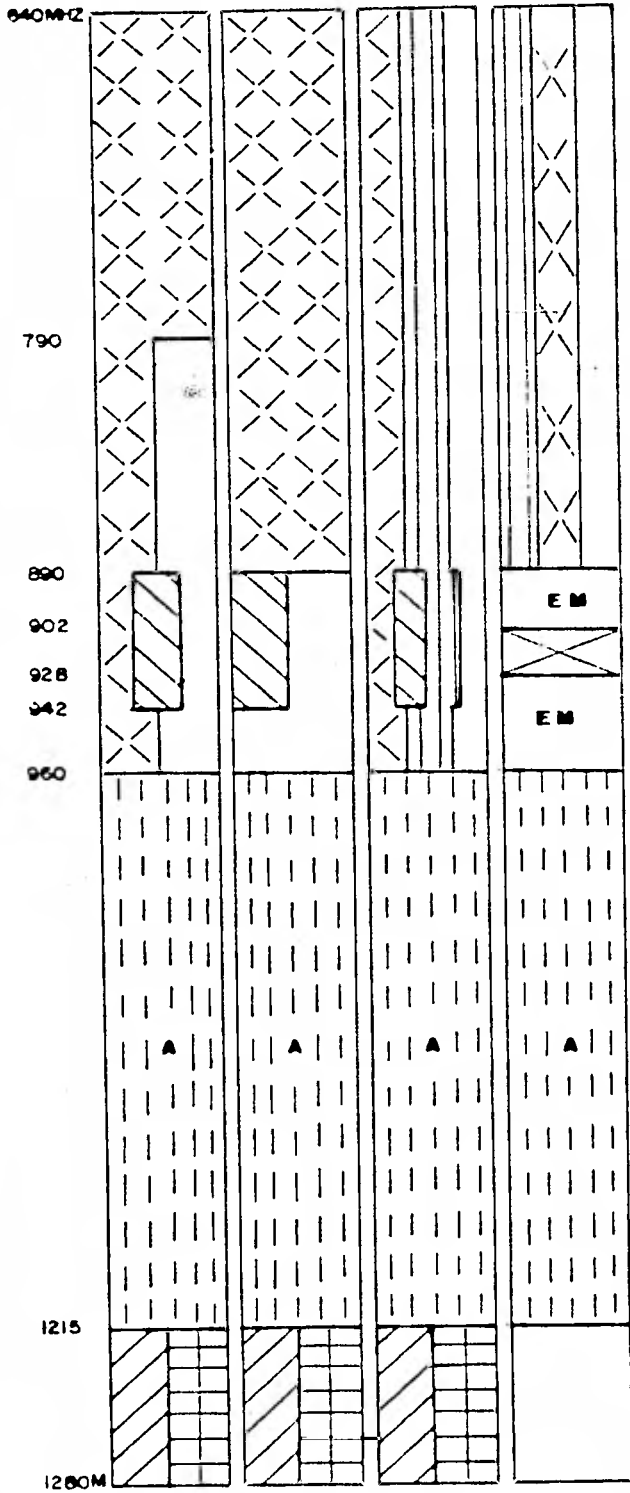


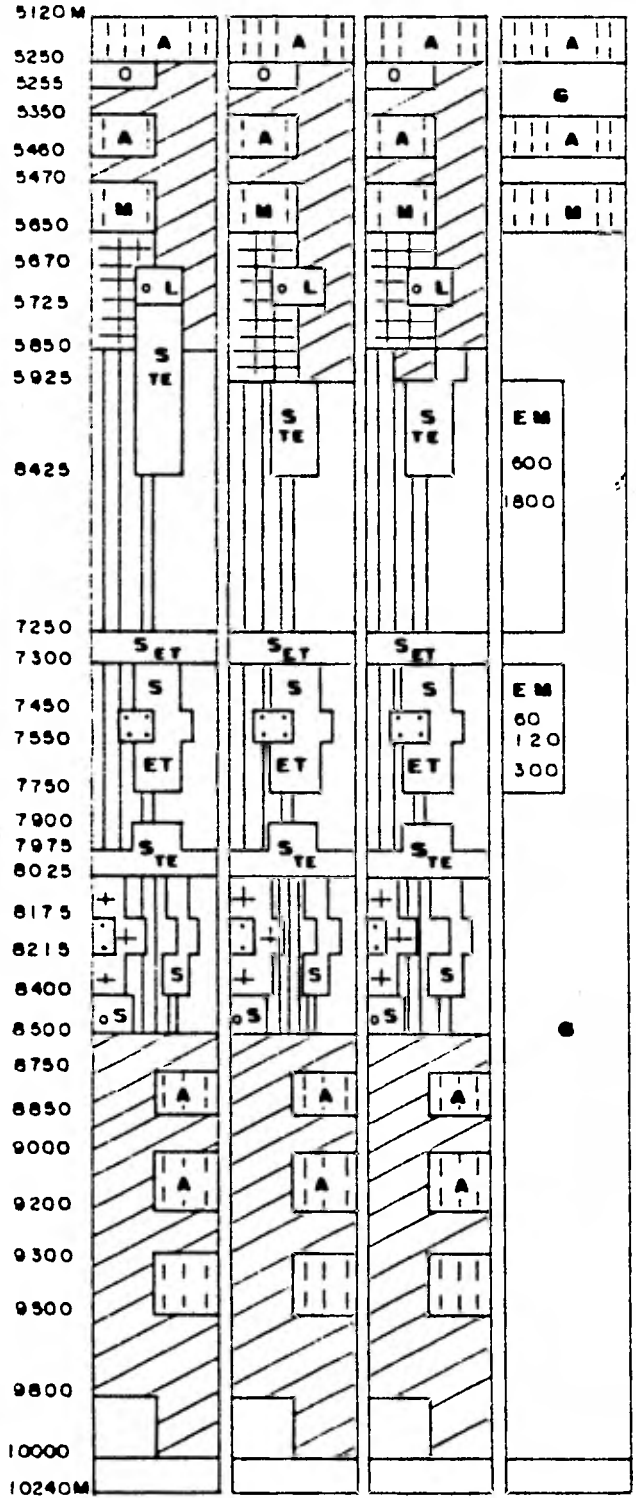
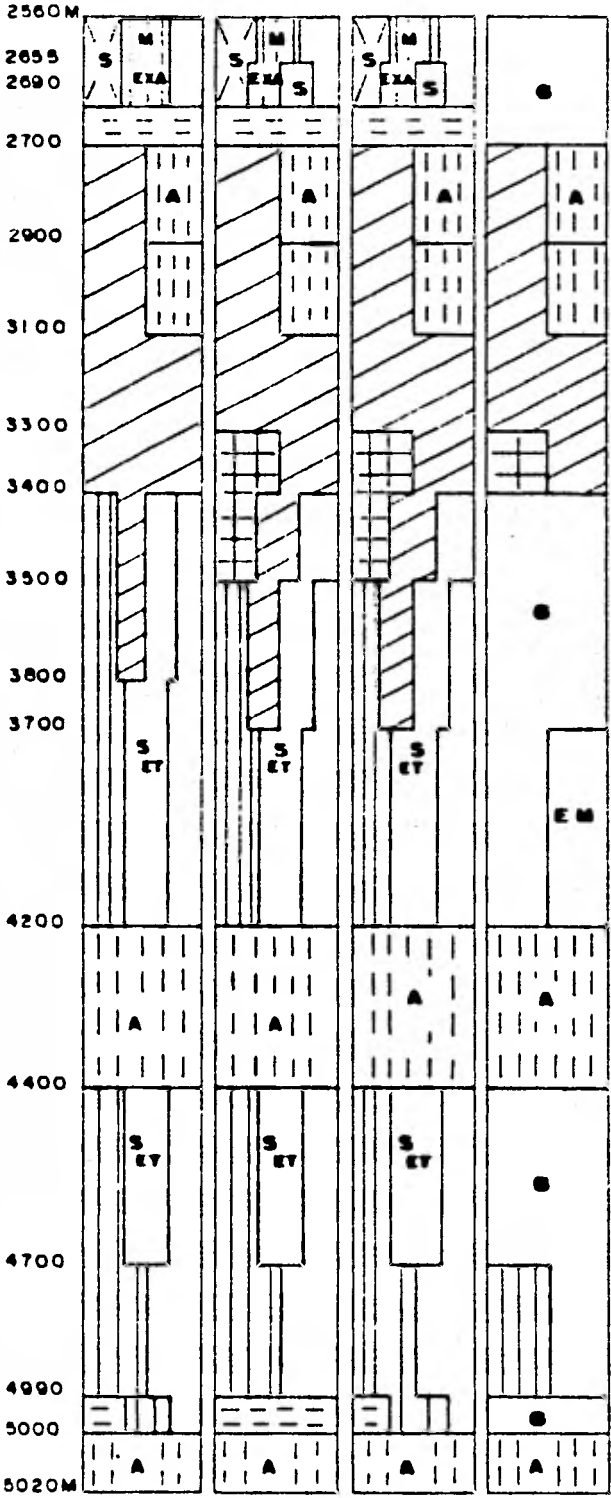
160MHz

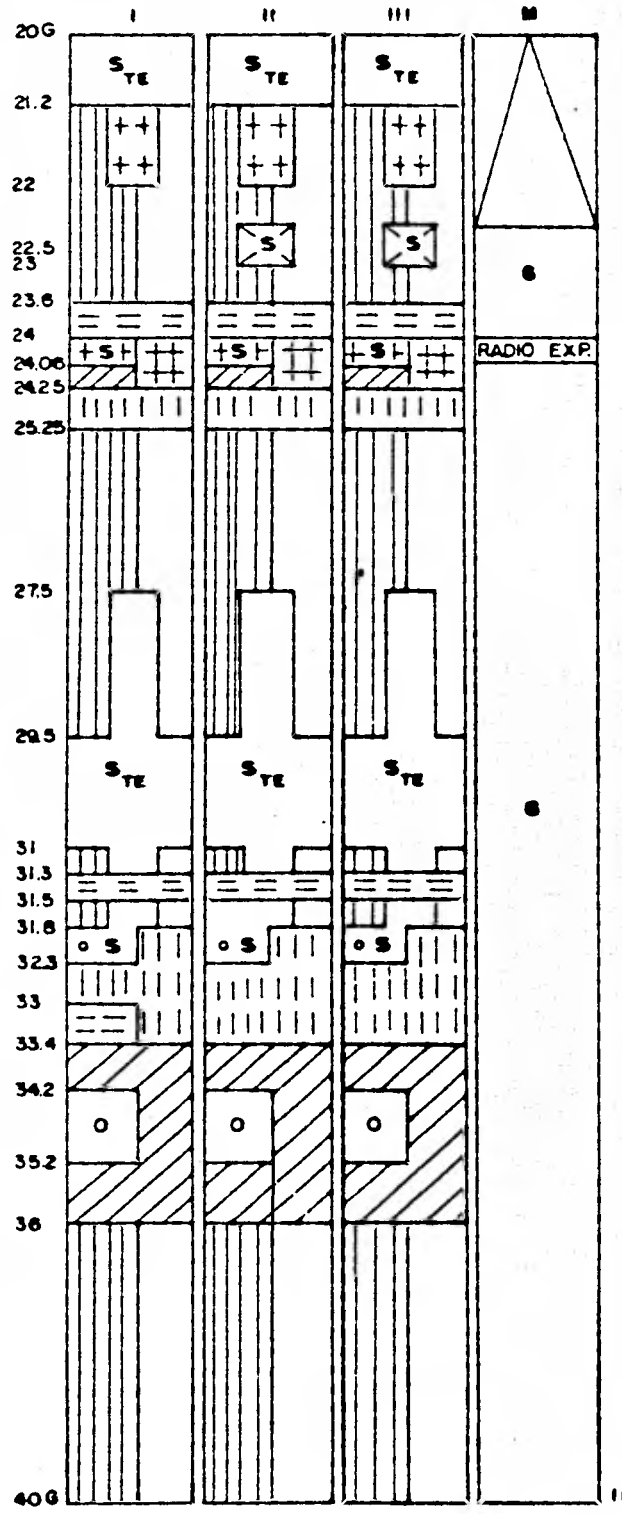
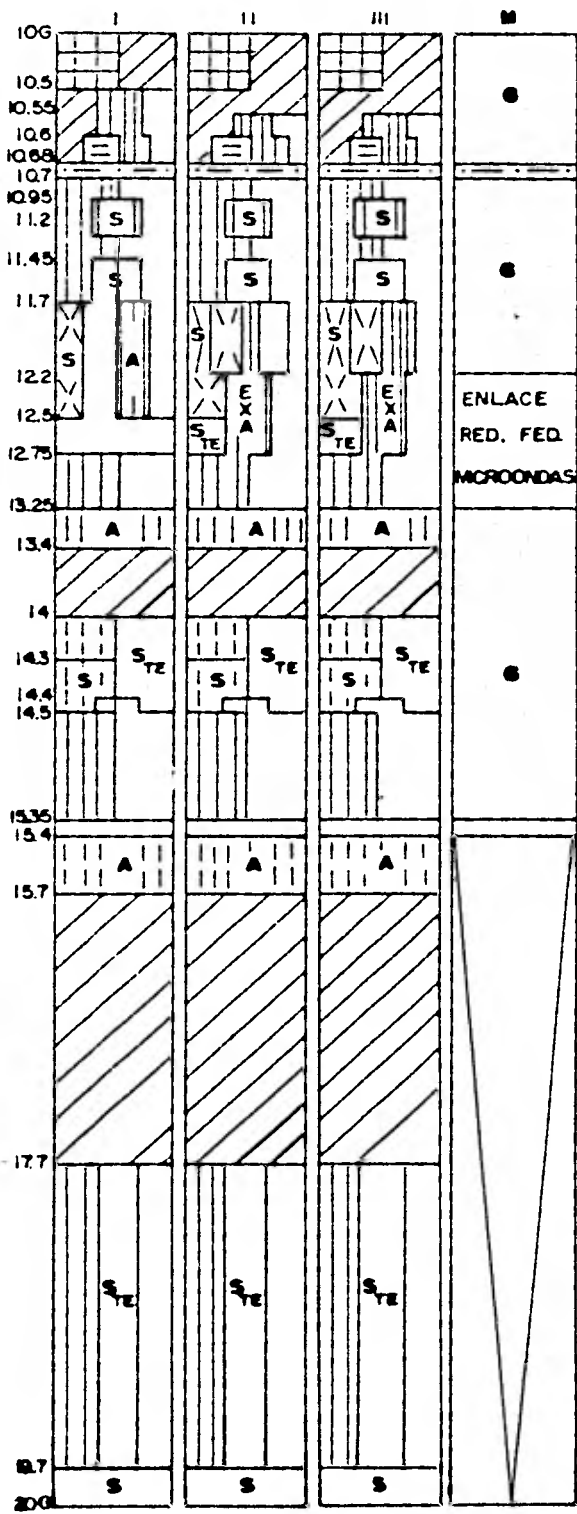


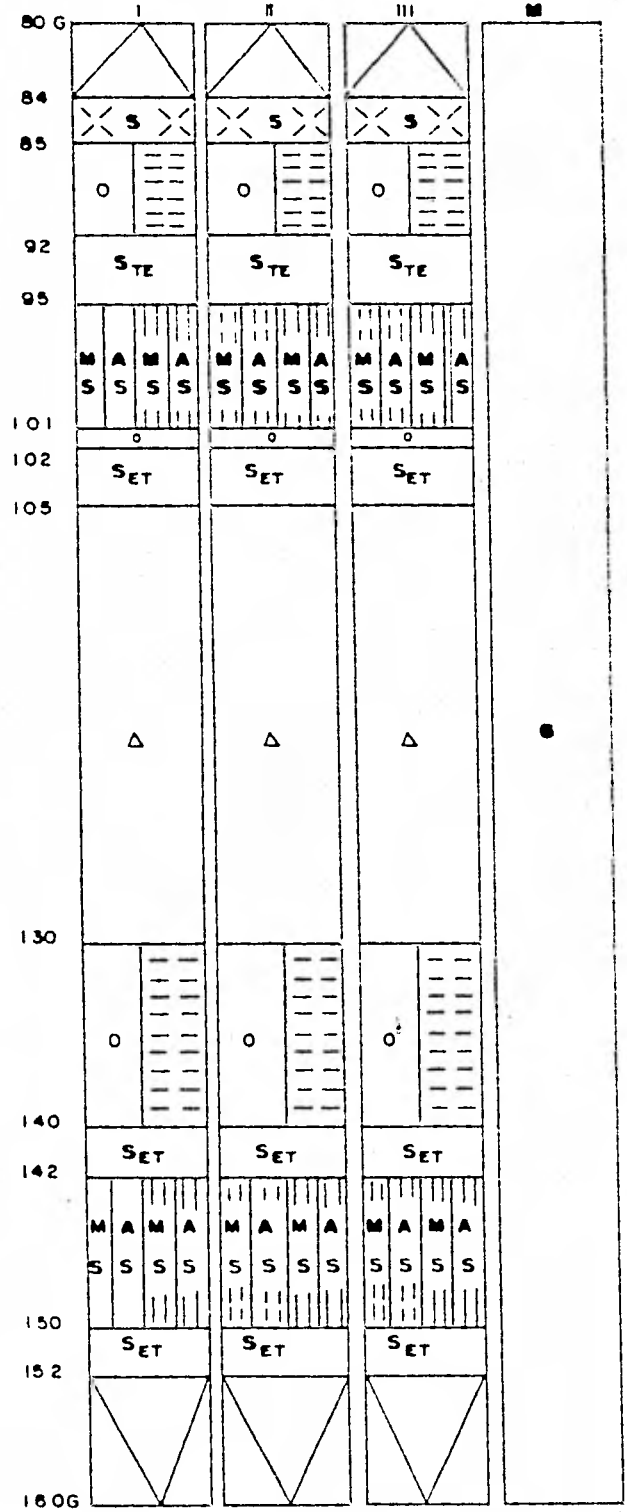
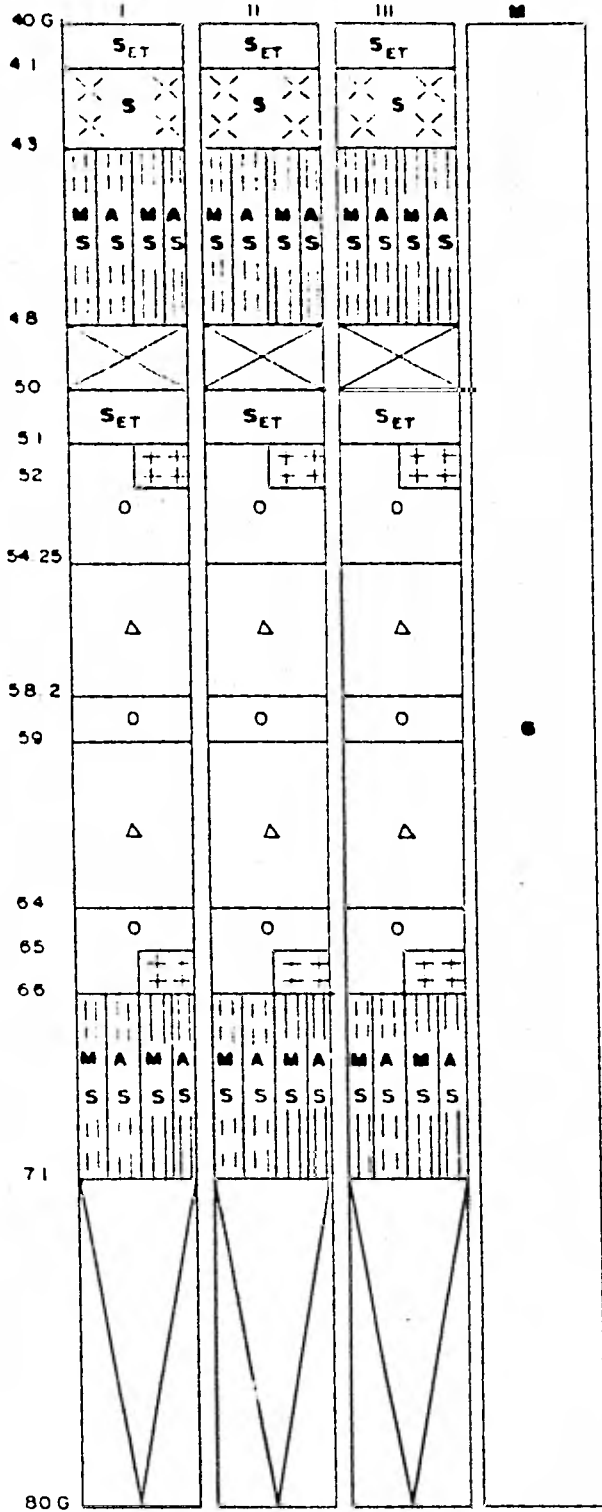
320MHz











160 G	I	II	III	M
170				
182	Δ	Δ	Δ	
185	o	o	o	
190	Δ	Δ	Δ	
200				
220				
230	S	S	S	
240				
250				
265	S	S	S	
275				

--	--	--	--

3.3 - OCUPACION DE LAS ONDAS

El simple hecho de que el espectro esté físicamente disponible, no significa que sea "ipso facto" utilizable.

La utilización efectiva del espectro está limitada por la interferencia perjudicial y las características de propagación a diferentes frecuencias entre otros factores.

Consideremos la limitación por interferencia. Se define como interferencia perjudicial a toda emisión, radiación o inducción que comprometa el funcionamiento o cause una grave disminución de la calidad de un servicio de radiocomunicación o bien, que lo obstruya o interrumpa repetidamente.

Normalmente, ningún enlace de comunicación se puede realizar satisfactoriamente cuando sufre de interferencias y aunque los efectos de éstas pueden ser muy variados, pueden llegar a hacer en muchos casos a las señales ininteligibles en la recepción.

Cuando una señal es radiada, ocupa no una, sino un grupo de frecuencias adyacentes (banda de frecuencias) y un volumen geográfico en el momento de la transmisión.

Las bandas ocupadas por las diferentes emisiones de las estaciones transmisoras, se sitúan unas junto a otras (en ocasiones separando bloques de bandas con bandas angostas de guarda) en una "multicanalización por división de frecuencias".

Este término puede ser fácilmente concebido, si recordamos la disposición de canales en un re

ceptor de radiodifusión de amplitud modulada.

En la práctica de la Ingeniería de radiocomunicaciones para identificar las tres dimensiones abarcadas por las ondas radiadas (frecuencia, tiempo y espacio), se aplica el término de "ocupación de las ondas de radio".

El volumen geográfico ocupado puede estar - constituido por: un patrón de radiación omnidireccional o por un patrón de radiación direccional. En el primero la radiación se extiende de igual manera en todas direcciones, en el segundo, la radiación es dirigida a una zona en especial (fig. 3.2).

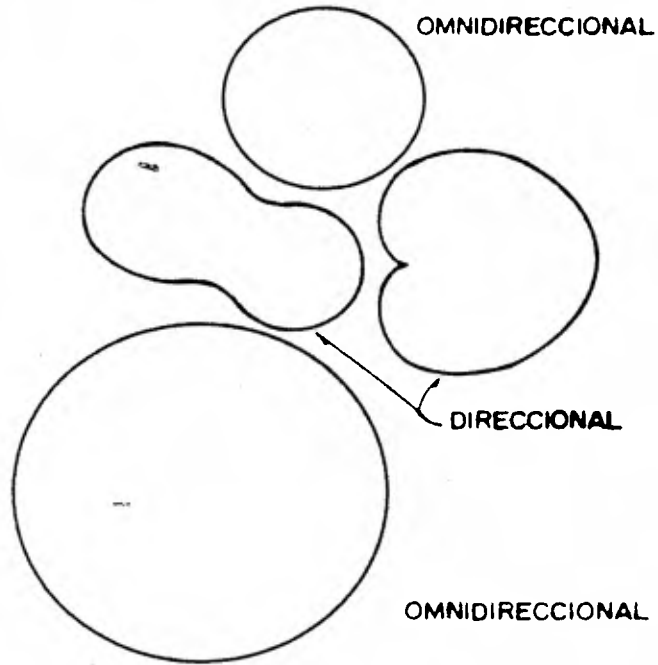
En relación a estas dimensiones espectrales, se produce interferencia cuando dos o más enlaces tienen iguales parámetros de frecuencia, tiempo y volumen geográfico cubierto.

Por ejemplo:

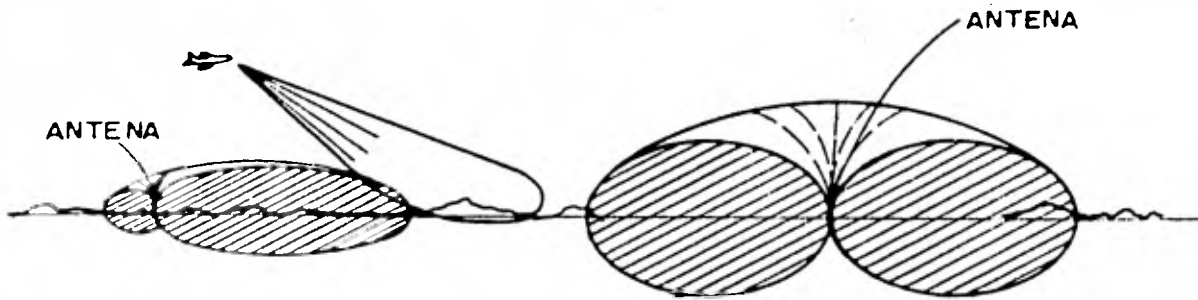
Muchas estaciones pueden operar en diferentes frecuencias en una misma área geográfica, al mismo tiempo; pero solamente una estación puede operar sin interferencia en cada frecuencia en un área determinada.

Similarmente, dos o más estaciones pueden operar en la misma frecuencia, si la separación geográfica entre ellas es suficientemente grande para que no se produzca interferencia o se produzca un nivel de interferencia aceptable.

Aunque teóricamente las ondas radiadas por una antena se propagan hasta el infinito, en la práctica su intensidad disminuye conforme aumenta la distancia al elemento radiador. Por otro lado, los receptores están limitados en su sensi



PATRONES VISTOS DE PLANTA



PATRON DE ANTENA DIRECCIONAL

PATRON DE ANTENA OMNIDIRECCIONAL

FIG. 3-2

bilidad; esto es, en su aptitud para recibir señales débiles y reproducirlas con la intensidad y calidad necesarias.

Así, la distancia suficientemente grande para que no se produzca interferencia, es aquella a la cual, las señales de las estaciones de la misma frecuencia que la de interés, tienen niveles inferiores al umbral de sensibilidad del receptor o son suficientemente pequeñas en torno al mismo para permitir que predomine la señal de interés.

El volumen (o el área de cobertura cuando no se considera la altura) de cobertura está determinado por las características de la antena, del terreno y la potencia de la estación.

La reutilización del espectro puede también realizarse en base al tiempo (compartición del tiempo), es decir, con las estaciones operando en la misma frecuencia, en la misma zona, pero alternativamente.

En cuanto a la separación de frecuencias debe mencionarse que los receptores están también limitados en su aptitud, para separar las señales que están cercanas en frecuencia (selectividad), el grado de separación necesario entre las bandas de frecuencia ocupadas por las estaciones (canal asignado), depende de varios factores (tales como tipo de emisión, características del receptor, nivel de radiaciones no esenciales, etc.) y es de gran importancia en el uso eficaz del espectro, por lo que lo trataremos con más detalle posteriormente.

En conclusión, se tiene que con el estado actual de la tecnología, existe un límite práctico del número de estaciones que pueden operar

sin crear entre sí, condiciones de interferencia intolerable.

La congestión debida a que siempre es mayor la demanda de frecuencias que la oferta, hace necesario adoptar medios para aprovechar al máximo el uso de las bandas de frecuencias disponibles, asignando un solo canal (banda asignada para el uso de una estación) para usos simultáneos en diferentes lugares y obligando a las estaciones a que compartan sus frecuencias con otras para tomar ventaja de las diferencias de tiempo en el tráfico manejado.

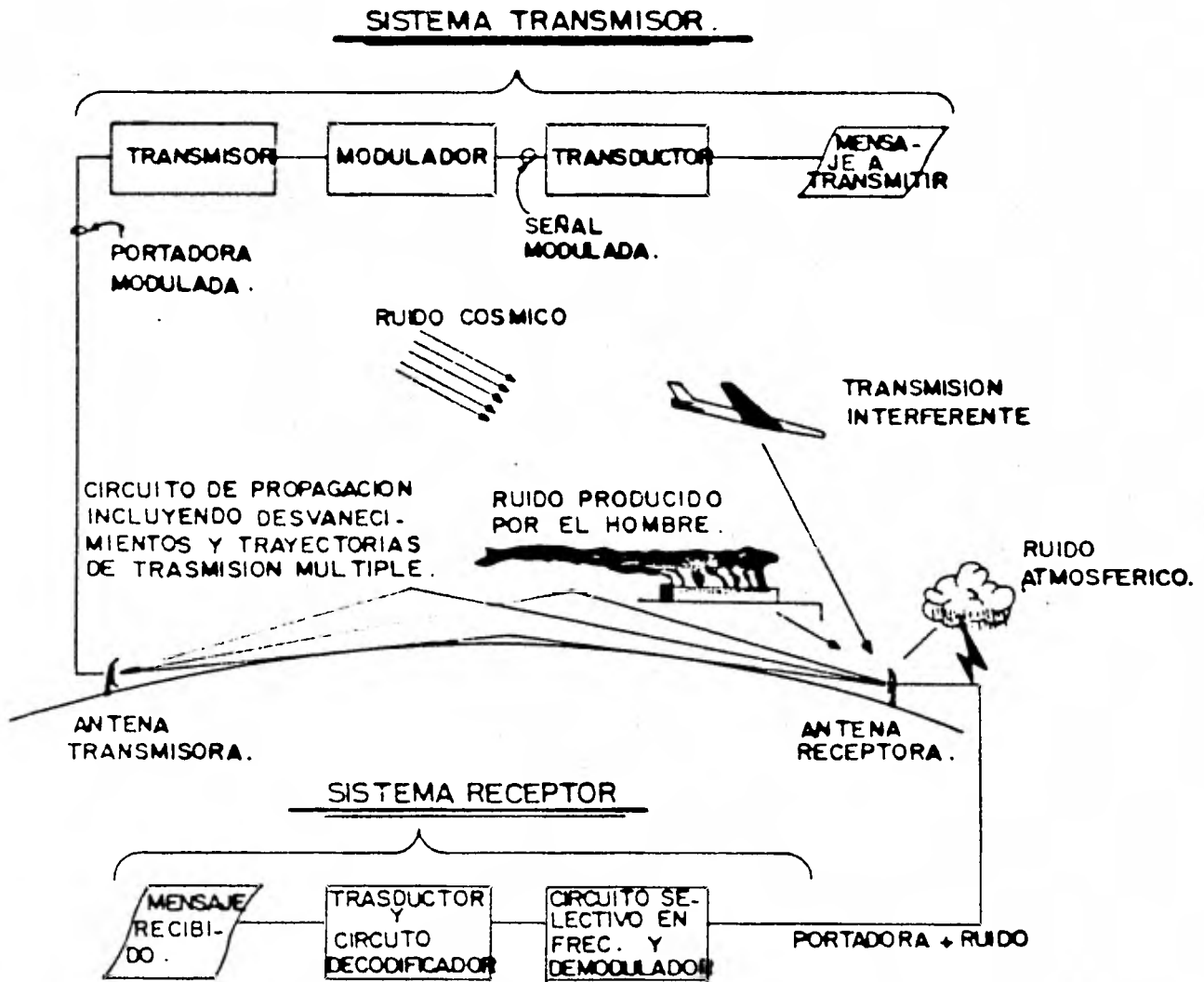
Por largo tiempo el papel principal del avance tecnológico en telecomunicaciones, ha sido el de tratar de facilitar la realización de un creciente volumen de transmisiones libres de interferencias.

3.4 - FACTORES TECNICOS QUE INFLUYEN EN LA UTILIZACION DEL ESPECTRO

La función básica de un circuito de Radiocomunicación es la de transmitir información de uno a otro lugar. La medida de qué tan bien funciona el circuito, involucra tanto el volumen de información que puede ser transmitida durante un período de tiempo, así como la exactitud y fidelidad de reproducción a la salida del sistema.

La fig. 3.3 muestra el concepto de un circuito de comunicación incluyendo la vía de propagación. El mensaje original es insertado en el sistema de transmisión, en el cual se vuelve parte de la modulación de una onda de radiofrecuencia radiada por la antena transmisora.

La antena receptora recoge sólo una canti-



CONCEPTO DE UN CIRCUITO DE RADIOCOMUNICACION.

FIG. 3-3

dad infinitesimal de la potencia emitida, así como una gran cantidad de radiaciones indeseadas de muchas fuentes de interferencia.

La relación de la potencia de entrada en la antena transmisora a la potencia de la señal resultante disponible en la antena receptora; se conoce como pérdidas del sistema.

En la entrada del receptor la señal portadora de la información deseada debe tener suficiente potencia en relación a todas las señales indeseadas y al ruido combinados, para proporcionar la posibilidad de una reproducción con fidelidad suficiente del mensaje original. Se puede ver de la fig. 3.3, que existen muchas fuentes de ruido e interferencia de radiofrecuencia (el receptor mismo contribuye con una cierta cantidad de ruido térmico).

Algunas son en cierta forma controlables desde el punto de vista de un diseño adecuado y localización del receptor otras, sin embargo, están presentes en todos los casos.

Una vez asignadas las pérdidas de propagación, debe usarse suficiente potencia de transmisión para cubrir el efecto combinado de todas las fuentes de interferencia de radiofrecuencia en el receptor.

También es necesario tomar en cuenta las características de desvanecimientos de la señal recibida y sus variaciones tanto en períodos cortos de tiempo (desde fracciones de segundo hasta horas), como en períodos largos que obedezcan a los cambios del medio de propagación.

Los factores técnicos involucrados en la utilización del espectro de radio para los fines de las telecomunicaciones son muy numerosos; en

este trabajo sólo consideraremos algunos de los más sobresalientes, divididos en la forma siguiente:

- 1) Factores técnicos del sistema y las señales de transmisión.
- 2) Factores técnicos del sistema de recepción.
- 3) Factores técnicos del medio de propagación.

Los factores concernientes al medio de propagación, serán tratados en el capítulo IV sobre la Propagación.

a) CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS Y SEÑALES DE TRANSMISION

Las características de transmisión de los sistemas de radiocomunicación, son un factor de gran importancia en la utilización eficiente del espectro de radio.

Para transmitir información, es necesario modular la onda de frecuencias fundamental del transmisor. Cualquiera que sea la señal modulada (digital o analógica) y sea cual fuera el tipo de modulación empleado (en amplitud, frecuencia, fase u otros), la señal resultante contendrá muchos componentes de frecuencia distintos de la fundamental.

Para la asignación de un ancho de banda a un servicio de radiocomunicación, es esencial conocer el ancho de banda necesario de emisión. Las emisiones fuera del ancho de banda (emisiones espurias), pueden producir interferencia en otros canales resultando en una degradación de funcionamiento o en la necesidad de usar bandas de guarda, lo cual resulta en un uso ineficiente

del espectro.

Se requiere dar la forma correcta a la señal moduladora para minimizar las radiaciones espurias y filtrar la salida del transmisor para reducir las emisiones que estén fuera del ancho de banda necesario para lograr una utilización óptima del canal.

Ya que la potencia transmitida para un diseño de transmisor dado, determina el nivel de potencia de las señales espurias, idealmente la potencia no debería ser mayor que la requerida para proporcionar un grado de servicio establecido para el circuito particular de radiocomunicación.

Dada su importancia para el uso eficaz del espectro, las características de las radiaciones han sido estudiadas profundamente por la Comisión de estudio 1 del CCIR, la cual ha publicado en forma de recomendaciones, los criterios que generalmente adopta la UIT en relación a puntos como: Denominación y clases de las emisiones, espectros y anchura de banda de las mismas, radiaciones no esenciales, estabilidad y tolerancia de frecuencia, potencia de transmisión, etc.

Exponemos a continuación algunos de tales criterios.

— Denominación y clases de las emisiones.

En el artículo 2º del Reglamento de Radiocomunicaciones, se determina la clasificación y la denominación de las emisiones corrientemente empleadas no sólo por las organizaciones internacionales, sino también por las administraciones nacionales.

Las emisiones se clasifican y simbolizan con arreglo a las características siguientes:

- 1) Tipos de modulación de la portadora principal.
- 2) Tipos de transmisión.
- 3) Características suplementarias.

- 1) Tipos de modulación de la portadora principal:

	Símbolo
a) Amplitud	A
b) Frecuencia (o fase)	F
c) Impulso	P

- 2) Tipos de transmisión:

a) Ausencia de toda modulación destinada a transmitir información	0
b) Telegrafía sin modulación por - audiofrecuencia	1
c) Telegrafía con manipulación por interrupción (señal o nada) de una o más audiofrecuencias de - modulación, o con manipulación por interrupción modulada (caso particular: emisión no manipulada, modulada en amplitud)	2
d) Telefonía (radiodifusión sonora inclusive)	3

Símbolo

e) Facsímil (con modulación de la - portadora principal, ya directa- mente, ya por medio de una sub-- portadora modulada en frecuencia)	4
f) Televisión (imagen solamente)	5
g) Telegrafía diplex de cuatro fre- cuencias	6
h) Telegrafía multicanal de frecuen <u>u</u> cias vocales	7
i) Casos no comprendidos en esta - clasificación	9

3) Características suplementarias:

a) Doble banda lateral	ninguno
b) Banda lateral única	
- portadora reducida	A
- portadora completa	H
- portadora suprimida	J
c) Dos bandas laterales independien <u>u</u> tes	B
d) Banda lateral residual	C
e) Impulso:	
- modulado en amplitud	D
- modulado en anchura (o en dura <u>u</u> ción)	E
- modulado en fase (o en posi--- ción)	F
- modulado en código	G

En los cuadros siguientes, se detalla la --
clasificación de las emisiones típicas:

Tipo de modulación de la portadora principal	Tipo de transmisión	Características suplementarias	Símbolo
Modulación de amplitud	Ausencia de toda modulación	—	A0
	Telegrafía sin modulación por audiofrecuencia (manipulación por interrupción de portadora)	—	A1
	Telegrafía con manipulación por interrupción de una o más audiofrecuencias de modulación, o con manipulación por interrupción de la emisión modulada (caso particular: emisión no manipulada, modulada en amplitud)	—	A2
	Telefonía	Doble banda lateral	A3
		Banda lateral única, portadora reducida	A3A
		Banda lateral única, portadora suprimida	A3J
		Dos bandas laterales independientes	A3B
	Facsímil (con modulación de la portadora principal, ya directamente, ya por modulación en frecuencia)	—	A4
		Banda lateral única, portadora reducida	A4A
	Televisión	Banda lateral residual	A5C
	Telegrafía multicanal de frecuencias vocales	Banda lateral única, portadora reducida	A7A
	Casos no previstos anteriormente, por ejemplo, combinación de telefonía y telegrafía	Dos bandas laterales independientes	A9B

Tipo de modulación de la portadora principal	Tipo de transmisión	Características suplementarias	Símbolo
Modulación de frecuencia (o de fase)	Telegrafía con manipulación por desviación de frecuencia, sin modulación por una audiofrecuencia; se emite siempre una de las dos frecuencias	—	F1
	Telegrafía con manipulación por interrupción de una audiofrecuencia o con manipulación por interrupción de la emisión modulada en frecuencia (caso particular: emisión no manipulada, modulada en frecuencia)	—	F2
	Telefonía	—	F3
	Facsímil por modulación directa, en frecuencia, de la portadora	—	F4
	Televisión	—	F5
	Telegrafía diplex de cuatro frecuencias	—	F6
	Casos no previstos anteriormente, en los que la portadora principal está modulada en frecuencia	—	F9

Tipo de modulación de la portadora principal	Tipo de transmisión	Características suplementarias	Símbolo
Modulación - por impulsos	Portadora transmitida por - impulsos, sin modulación alguna destinada a transmitir información (por ejemplo, - radar)	—	PO
	Telegrafía con manipulación por interrupción de una portadora transmitida por impulsos, sin modulación por una audiofrecuencia	—	PID
	Telegrafía con manipulación por interrupción de una o más audiofrecuencias de modulación o con manipulación por interrupción de una portadora de impulsos modulados (caso particular: portadora de impulsos modulados no manipulada)	Audiofrecuencia o audiofrecuencias que modulan la amplitud de los impulsos	P2D
		Audiofrecuencia o audiofrecuencias que modulan la anchura (o la duración) de los impulsos	P2E
		Audiofrecuencia o audiofrecuencias que modulan la fase (o la posición de los impulsos)	P2F

Tipo de modulación de la portadora principal	Tipo de transmisión	Características suplementarias	Símbolo
Modulación - por impulsos	Telefonía Casos no previstos anteriormente en los cuales la portadora principal es modulada - por impulsos	Impulsos modulados en amplitud	P3D
		Impulsos modulados en anchura (o duración)	P3E
		Impulsos modulados en fase (o posición)	P3F
		Impulsos modulados en código - (después de -- muestreo y evaluación)	P3G
		—	P9

— Anchura de banda utilizable

En lo que respecta a la anchura de banda, la mayoría de los dispositivos resonantes y medios, presentan características uniformes y pre-
visibles sólo en torno a una pequeña fracción de la frecuencia central de resonancia o de la banda, según el caso. Por consiguiente, cuanto más baja sea la frecuencia de transmisión, más estrecha será la anchura de la banda utilizable con dispositivos resonantes o en la que se pueden compensar las variaciones del medio. Inversamente, cuanto más elevada sea la frecuencia, mayor será la anchura de banda. En las frecuencias más elevadas, en la gama de los gigahertz, pueden conseguirse anchuras de banda muy amplias (por ejemplo, 500 MHz). Por consiguiente, las frecuencias bajas se utilizan para tipos de servicios con tráficos poco densos y de baja velocidad que requieren pequeñas anchuras de banda, mientras que en las bandas de VHF, UHF y SHF se disponen servicios o tipos de comunicación que requieran anchuras de banda superiores.

La anchura de banda utilizable, sin embargo, puede ser limitada por los fenómenos de propagación. La propagación ionosférica, la dispersión y las variaciones del índice de refracción son ejemplo de ello. En el espectro del VLF la anchura de banda utilizable puede ser de sólo unos pocos kilohertz; en HF (con propagación ionosférica) es posible llegar a unos 12 KHz según la estabilidad de las condiciones de propagación; en VHF y en la parte inferior de UHF, se pueden tener hasta unos pocos MHz (como en el caso de la televisión). En la porción superior de UHF y en SHF, las anchuras de banda utilizables se pueden extender hasta varios cientos de MHz, como ocurre en los sistemas de telecomunicaciones espaciales o en los enlaces de microondas de alta capacidad.

— Anchura de banda de las emisiones

Para utilizar económicamente el espectro de frecuencias, es preciso reducir todo lo posible la anchura de banda ocupada por cada emisión.

Para la asignación de bandas de frecuencia a un determinado servicio de radiocomunicación, debe establecerse el "ancho de banda necesario" del tipo de emisión que se vaya a emplear.

Por lo tanto, para el uso y el control del espectro es preciso especificar las características de la banda ocupada por una emisión determinada. El Reglamento de Radiocomunicaciones y la Recomendación 328-4 del CCIR de 1978, proporciona las definiciones siguientes:

Anchura de banda ocupada: Es la anchura de banda tal que, por debajo de su frecuencia límite inferior y por encima de su frecuencia límite superior, se emitan potencias medias iguales a un porcentaje de 0.5% de la potencia total emitida.

Anchura de banda necesaria: Para una clase de emisión dada, es el valor mínimo de la anchura de banda de frecuencias que es suficiente para asegurar la transmisión de información a la velocidad y con la calidad requeridas, en condiciones especificadas.

La anchura de banda necesaria se fija en el valor mínimo posible en función de la técnica de modulación, siempre que incluya las componentes del espectro útiles para que un buen receptor asegure la comunicación con la calidad exigida por ambos corresponsables (por ejemplo, manteniendo la calidad radiotelefónica estipulada o la proporción de errores admitida en telegrafía).

El apéndice 5 del Reglamento de Radiocomunicaciones, establece las fórmulas necesarias para determinar la anchura de banda necesaria para cada tipo de emisión.

— Radiaciones no esenciales

Por definición, las radiaciones fuera de banda, se producen en una parte del espectro que se halla a proximidad de los límites de la banda necesaria de una emisión. Por radiaciones no esenciales se entiende, las que se producen en una o varias de las frecuencias situadas fuera de la banda necesaria y cuyo nivel puede reducirse sin afectar la transmisión de la información correspondiente.

Entre las radiaciones no esenciales, se pueden citar las radiaciones armónicas, las radiaciones parásitas y los productos de intermodulación alejados de la banda necesaria.

El nivel máximo de las radiaciones no esenciales de los transmisores que funcionan en frecuencias de hasta 235 MHz, se define en el apéndice 4 del Reglamento de Radiocomunicaciones con el siguiente cuadro.

La recomendación 329-1 del CCIR indica las normas recomendadas para las radiaciones no esenciales en la gama de frecuencias comprendida entre 235 y 960 MHz, así como los métodos de medición de estas radiaciones.

Las tolerancias en los niveles de las radiaciones no esenciales, se expresan con arreglo a la potencia media de estas radiaciones, medidas en la línea de alimentación de la antena.

<p style="text-align: center;">Bandas de frecuencias fundamentales</p>	<p>La potencia media de toda radiación no esencial suministrada a la línea de transmisión de la antena no deberá rebasar las tolerancias especificadas en las columnas A y B</p>	
	A	B
	<p>Tolerancias aplicables hasta el 1º de enero de 1970 a los transmisores actualmente en servicio y a los que se instalen antes del 1º de enero de 1964</p>	<p>Tolerancias aplicables a todos los transmisores instalados después del 1º de enero de 1964, y a todos los transmisores a partir del 1º de enero de 1970</p>
<p>Inferiores a 30 MHz</p>	<p>40 decibelios por debajo de la potencia media en la frecuencia fundamental, sin exceder la potencia de 200 milivatios.</p>	<p>40 decibelios por debajo de la potencia media en la frecuencia fundamental, sin exceder el valor de 50 milivatios ^{1,2,3}</p>
<p>De 30 MHz a 235 MHz: para los transmisores cuya potencia media en la frecuencia fundamental es:</p> <p>—Superior a 25 vatios</p> <p>—Igual o inferior a 25 vatios</p>		<p>60 decibelios por debajo de la potencia media en la frecuencia fundamental, sin exceder de 1 milivatio⁴</p> <p>40 decibelios por debajo de la potencia media en la frecuencia fundamental, sin exceder de 25 microvatios y sin necesidad de reducir este valor por debajo de 10 microvatios⁴</p>

— Estabilidad y Tolerancia de Frecuencia de los Transmisores

La anchura de banda asignada es igual a la anchura de banda necesaria, más el doble del valor absoluto de la tolerancia de frecuencia.

Es indispensable una gran estabilidad de la frecuencia de un transmisor, no sólo desde el punto de vista de la economía del espectro, sino también para lograr buenas condiciones de explotación de los sistemas radioeléctricos y para reducir las interferencias mutuas entre los servicios de radiocomunicación.

El CCIR establece en su informe 181-3, que la primera condición para el empleo racional del espectro radioeléctrico es que la parte del espectro que no pueda usarse debido a inestabilidad, represente sólo una pequeña parte de la anchura de banda necesaria utilizada por la comunicación y toma a título de ejemplo de un valor de tolerancia de frecuencia aceptable el $\pm 1\%$ de la anchura de banda representativa de una clase de emisión.

Los criterios de establecimiento de tolerancia de frecuencia varían de acuerdo al tipo de servicio y emisión de que se trate.

Por ejemplo, en radiodifusión A3 y en las demás categorías de emisiones de clase A3, la tolerancia debe ser lo bastante pequeña para que se reduzcan las interferencias cocanal causadas por el batido entre portadoras fuera de frecuencia.

La tolerancia correspondiente a transmisiones de banda lateral única, efectuadas por varias estaciones en una frecuencia única, debe ser, su-

ficientemente pequeña para que pueda suprimirse la portadora y asegurarse al mismo tiempo la inteligibilidad satisfactoria de las señales telefónicas sin necesidad de reajustar los receptores.

Existen incluso determinadas categorías de estaciones, como por ejemplo las estaciones móviles de radar, en las que por razones de explotación y administrativas no se exigen tolerancias estrictas.

El principal obstáculo que se tiene en la adopción de tolerancias más estrictas, es siempre el problema económico que plantean los numerosos transmisores en servicio construidos en función de las tolerancias antes permitidas. Así que el establecimiento de nuevas tolerancias, se asume tomando en cuenta la sustitución gradual de los equipos. El CCIR establece además tolerancias que pueden lograrse en futuros próximos, para que sirvan de orientación a los constructores de equipo radioeléctrico.

El apéndice 3 del Reglamento de Radiocomunicaciones indica las tolerancias de frecuencia comprendidas entre 10 KHz y 40 GHz, para los diferentes tipos de estaciones.

— Potencia de los Transmisores

La potencia radiada por un transmisor es un factor importante que se tiene que tomar en cuenta en los cálculos de la propagación de ondas, en la separación entre las frecuencias asignadas y en las relaciones señal/interferencia y señal/ruido. El Reglamento de Radiocomunicaciones dispone (número 694), que la potencia radiada debe limitarse al mínimo necesario para asegurar un -

servicio satisfactorio.

La potencia de un transmisor radioeléctrico puede expresarse en potencia en la cresta de la envolvente, potencia media o en potencia de la onda portadora. La recomendación 326-3 del CCIR, define las relaciones entre las diferentes potencias y describe los métodos que permiten determinar y medir las potencias de los transmisores, las distorsiones de intermodulación y las relaciones existentes entre estas magnitudes.

Con carácter puramente informativo, se pueden mencionar algunos ejemplos de las potencias que utilizan algunos sistemas de comunicación. Una estación típica del servicio móvil terrestre, explotada en la banda de ondas métricas, puede transmitir con una potencia de 5 a 20 watts; una estación típica de ondas decamétricas de banda lateral única, para un enlace privado de distancia media, puede hacerlo con 100 watts de potencia de cresta; la potencia de cresta de un enlace de larga distancia del servicio público, en ondas decamétricas, puede ser de 20 kw; una estación de radar puede transmitir con 100 kw de potencia de cresta; una terminal de microondas de alta capacidad con 1 a 5 watts; una estación terrena con 5 kw; una estación de televisión con 10 kw y una estación del servicio privado en ondas centimétricas, con sólo unos cuantos miliwatts.

— El Ruido y la Interferencia

El ruido y la interferencia, son factores de gran importancia en la utilización del espectro radioeléctrico.

El ruido, en general, se puede clasificar -

en dos tipos: El ruido interno del sistema y el ruido externo natural. El primero puede predecirse, tiene una distribución de frecuencia uniforme y es inevitable por debajo de un cierto nivel térmico. El segundo depende de la frecuencia en que se trabaje, la anchura de banda de la emisión y es muy difícil de precisar.

La interferencia (se ha dado ya la definición que establece la UIT), es una de las razones principales por las que es necesario coordinar y reglamentar el uso del espectro.

La atribución de determinadas bandas de frecuencias a diferentes servicios, el establecimiento de restricciones en el uso de frecuencias, la introducción de un Registro Internacional de Frecuencias, la creación de planes de utilización de bandas, etc., no son sino medidas lógicas para tratar de prevenir las interferencias. Sería difícil y muy extenso el poder tratar cuando menor someramente acerca de la interferencia. Este problema, junto con el del ruido, han sido objeto de profundos estudios del CCIR y han dado lugar a muchos informes y recomendaciones. La Junta de Registro Internacional de Frecuencias (IFRB), proporciona en sus normas datos e informaciones pertinentes. Para cada tipo de servicio existe información sobre la protección necesaria contra el ruido para asegurar una calidad satisfactoria. Se construyen cuadros de niveles de ruidos a diferentes frecuencias con su distribución geográfica, estacional y en función de la actividad solar. Se dan también las intensidades mínimas de campo necesarias para diferentes tipos de servicio y gran cantidad de datos necesarios para evaluar las interferencias.

Existen procedimientos bien definidos para resolver los problemas desde los puntos de vista

técnico, legal, de explotación y administrativo.

b) CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS DE RECEPCION

A diferencia de los factores técnicos de -
utilización del espectro para la transmisión, en
los cuales es necesario considerar que las carac-
terísticas de la emisión pueden crear interfere
ncias. En el uso de los receptores no hay nada -
semejante, porque sólo el oscilador local puede
crear pequeñas perturbaciones de las que el usuar
io es a menudo la primera víctima.

El receptor no sólo debe recibir la señal -
deseada, sino también poder trabajar todo el --
tiempo que se desee sin perturbaciones proceden-
tes, por ejemplo, de señales de frecuencia cerca
na. En otros términos, el receptor es un elemento
fundamental del enlace radioeléctrico y con--
tribuye por ello a la calidad de servicio reque-
rido.

Los receptores se caracterizan ante todo -
por tres propiedades fundamentales: sensibili--
dad, selectividad y estabilidad.

Sensibilidad de un receptor es, su aptitud
para recibir señales débiles y suministrar a la
salida señales de intensidad utilizable y de ca-
lidad aceptable. Esto equivale a decir que a men
udo será necesario considerar el equipo recep--
tor en su conjunto, esto es, con los aparatos -
que facilitan la información en forma auditiva,
visual o impresa.

Para economizar la potencia transmitida a -
menudo es conveniente aumentar la sensibilidad -
en la medida que lo permitan las consideraciones
de carácter económico y técnico y lo justifique

el nivel de ruidos exteriores.

Las condiciones de una buena sensibilidad, se consideran conjuntamente con las condiciones necesarias para asegurar una buena protección - contra las señales interferentes.

La comisión de estudio 2 del CCIR, ha estudiado conceptos en relación con la sensibilidad de los receptores tales como: La sensibilidad máxima utilizable, factores de ruido, sensibilidad de referencia, etc. y ha desarrollado y publicado normas técnicas para medir y obtener los valores óptimos en cada caso.

Para presentar de una manera uniforme los cuadros de datos relativos a la sensibilidad para cada servicio, el CCIR ha uniformado los parámetros que intervienen en el cálculo de la medida de la sensibilidad del receptor.

Para cada servicio se fija la anchura de banda equivalente de ruido, la resistencia de la fuente, la relación señal/ruido a la salida, el porcentaje de modulación y la excursión máxima - en el caso de modulación de frecuencia.

Aún resumiéndolos, es inútil citar los valores de la sensibilidad de los receptores. Sin embargo, se puede indicar que los receptores más sensibles, salvo los de las estaciones terrenas, son los del servicio fijo en los que se obtienen valores de -10 dB (con relación a 1 microvolt) - para la radiotelegrafía (y hasta -15 dB en clase F₁) y de 10 dB para la radiotelefonía. Los servicios móviles funcionan corrientemente con tensiones de 0 dB.

En cambio, en radiodifusión, los valores son sensiblemente más elevados, del orden de 30

dB en ondas kilométricas y hectométricas, 20 dB en ondas decamétricas y 15 dB con modulación en frecuencia en radiodifusión de ondas métricas. - En televisión, la sensibilidad apenas baja de unos 50 dB. -

— Selectividad

La selectividad de un receptor es su aptitud para recibir una señal determinada en la que que está sintonizado, con exclusión de las emisiones en otras frecuencias.

La manera más fácil para concebir selectividad, es estudiar la atenuación del receptor para una señal de frecuencia variable con relación a la respuesta en la frecuencia más favorecida.

Así se define la banda de paso, que es la banda limitada por las dos frecuencias en las que la atenuación, con relación a la frecuencia más favorecida tiene un valor determinado. En general, éste es de 6 dB, excepto en los receptores radiotelefónicos de alta calidad en los cuales es de 2 dB.

Para definir completamente la reacción del receptor en la proximidad de la sintonización, se tiene el concepto de caída en los límites, que se obtiene por la relación entre:

La diferencia de atenuación obtenida para dos frecuencias situadas fuera de la banda de paso y la diferencia entre esas frecuencias.

La buena utilización del espectro de radio impone, por supuesto, la máxima selectividad compatible con las condiciones técnicas y económicas correspondientes al tipo particular de receptor.

Los valores óptimos para los diferentes ser
vicios, se pueden consultar en la recomendación
332-1 del CCIR.

— Estabilidad

La estabilidad de un receptor es su aptitud para permanecer sintonizado en una señal deseada determinada. Se obtiene una buena estabilidad de un receptor empleando filtros estables a pesar de las variaciones de humedad y de temperatura, y gracias a la utilización de elementos que fijan la frecuencia con una gran estabilidad.

La estabilidad requerida de un receptor varía enormemente según los casos.

Los efectos de la inestabilidad de frecuencia de los receptores son: la reducción de la protección contra las transmisiones en los canales adyacentes, y la alteración de la reproducción de la modulación de la señal deseada.

La comisión de estudio 2 del CCIR ha formulado informes y recomendaciones acerca de la estabilidad en la recepción, ha evaluado la inestabilidad aceptable (informe 191) y los criterios de sintonía para los diversos tipos de emisión y servicio.

— Antenas

Un elemento de los sistemas de radiocomunicación que no hemos mencionado, es el sistema ra
diador; sin embargo, su importancia en la atribución y utilización de frecuencias es fundamental.

Las antenas pueden ser el principal factor

técnico y económico en el diseño de un sistema de radiocomunicación.

Para muchos tipos de servicio, el número de usuarios que pueden ocupar una banda atribuída - es, al menos en parte, dependiente de las características de las antenas utilizadas.

Las antenas tienen la función de enlazar la energía electromagnética radiada al espacio con los componentes electrónicos del circuito y desde el punto de vista de la utilización del espectro tienen dos propiedades importantes:

1) Pueden controlar la dirección y magnitud de la energía de radiofrecuencia radiada.

2) Pueden mejorar la relación de señal a interferencia en el sistema de recepción por discriminación en su respuesta de las señales deseadas e interferentes.

El uso de las características de ganancia de las antenas, puede ayudar a reducir la potencia de transmisión para un grado de servicio dato; al mismo tiempo que se reduce la interferencia a otros servicios.

Al considerarse la atribución y asignación de frecuencias para los servicios de radiocomunicación, se toman en cuenta las capacidades de discriminación de las antenas direccionales, más aún, el uso de diferentes polarizaciones también permite discriminar señales indeseadas en cierto grado.

CAPITULO IV - PROPAGACION DE LAS ONDAS

4.1 Introducción

4.2 Propagación en medios no ionizados

- a) Propagación de la onda terrestre
- b) Ondas de superficie
- c) Propagación de onda directa
- d) Ondas reflejadas
- e) Ondas difractadas
- f) La Troposfera y la Estratosfera
- g) Propagación troposférica
- h) Refracción
- i) Centelleo
- j) Dispersión troposférica
- k) Absorción

4.3 Propagación Ionosférica

- a) La Ionosfera
- b) Reflexión y Refracción ionosféricas
- c) Altura virtual y máxima frecuencia utilizable
- d) Angulo de radiación
- e) Variaciones regulares e irregulares de la Ionosfera
- f) Propagación por dispersión ionosférica

g) Propagación por dispersión en rastros meteóricos

h) Absorción en la Ionosfera

4.4 Resumen de propagación

a) El espectro de 3 a 300 KHz

b) El espectro de 300 a 3000 KHz

c) El espectro de 3 a 30 MHz

d) El espectro de 30 a 1000 MHz

e) El espectro de 1 a 10 GHz

f) El espectro de 10 a 40 GHz

g) El espectro por encima de 40 GHz

4.1 - INTRODUCCION

Las ondas de radio se pueden propagar del punto de generación al de recepción a lo largo de distintas trayectorias, algunas de las cuales se muestran en la fig. 4.1.

Las señales pueden viajar a través de la tierra a lo largo de su superficie, a través de la atmósfera, por reflexión o dispersión en la ionosfera o en reflectores naturales o artificiales en la atmósfera o encima de ella.

En relación al medio de propagación, las ondas de radio se pueden clasificar en tres tipos principales: ionosféricas, troposféricas y terrestres.

Las ondas ionosféricas (1 en la fig.), que llegan a un receptor, son parte de la radiación que sale de la antena transmisora con un ángulo apenas superior a la horizontal y sufren la reflexión o dispersión en la ionosfera que las devuelve a la tierra.

Las ondas troposféricas (2 en la fig.), son aquellas que se curvan por reflexión o dispersión en la región más baja de la atmósfera denominada troposfera.

Las ondas terrestres están constituidas por la parte de la radiación que viaja por trayectos cercanos a la superficie terrestre. Esta señal suele considerarse compuesta por una onda de superficie (3 en la fig.), que viaja guiada por la tierra y una onda espacial.

La onda espacial a su vez, está formada por dos componentes: la onda directa (4 en la fig.), que sigue un trayecto directo de transmisor a recep-

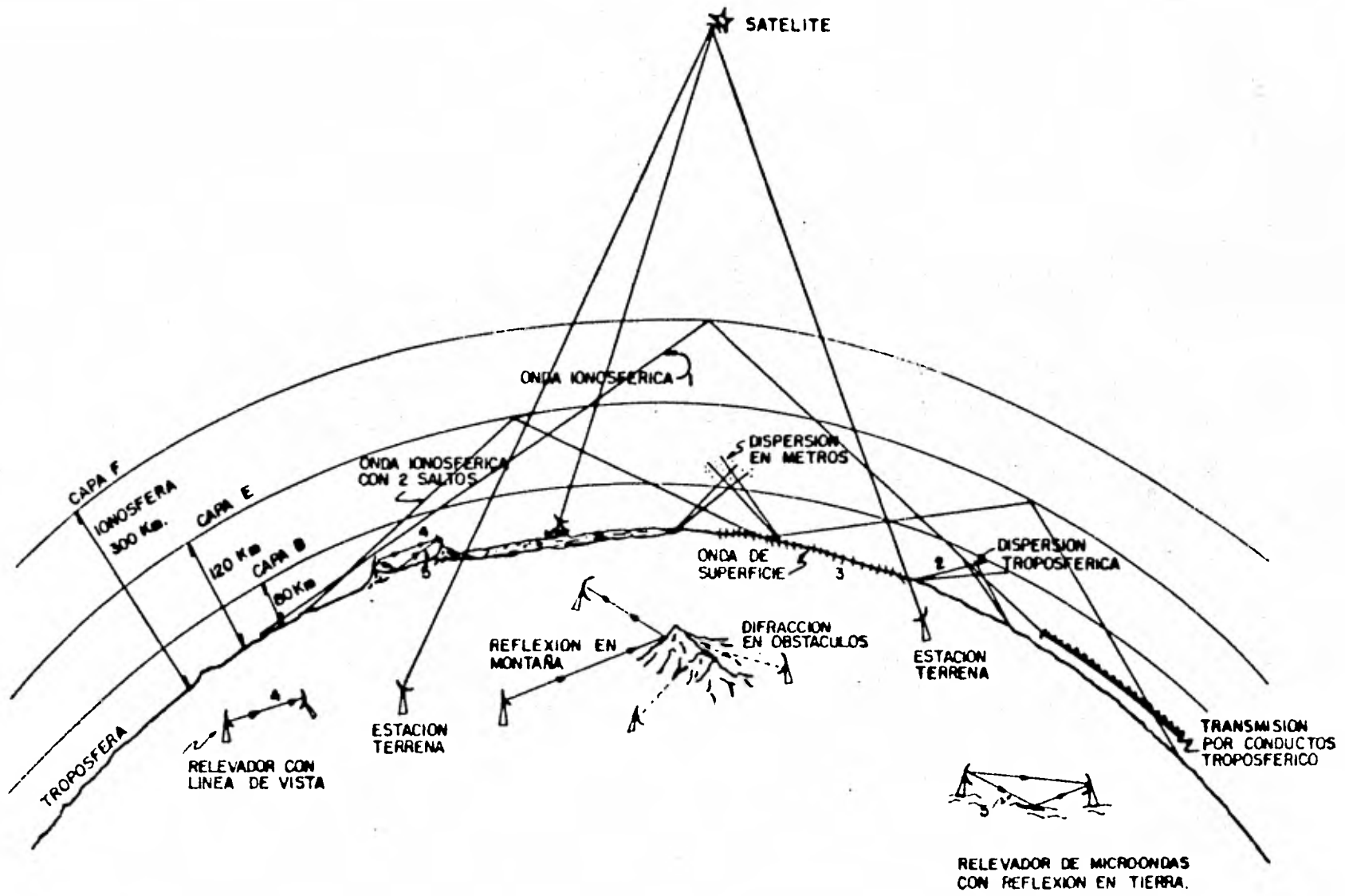


FIG.4-1 TRAYECTORIAS DE PROPAGACION

tor y la onda reflejada en la tierra (5 en la fig.), que llega al receptor después de reflejarse en la superficie terrestre.

Los diferentes sistemas de radiocomunicación pueden emplear en especial alguno o una combinación de varios de los modos de propagación antes mencionados, la existencia y la mayor o menor importancia de cualquiera de estos mecanismos sobre los demás, depende principalmente de la frecuencia de transmisión.

A su vez, el mecanismo particular de propagación a ser usado por un sistema de radiocomunicación, depende de muchos factores, tales como: el tipo de servicio que se vaya a prestar, la clase de información que se va a transmitir, la cobertura o grado de servicio que el sistema deba proporcionar, consideraciones geográficas, económicas y disponibilidad de frecuencias.

Desde el punto de vista de la administración de frecuencias, existe una diferencia fundamental entre la utilización de frecuencias superiores a unos 30 MHz y la de las frecuencias inferiores.

Las disposiciones reglamentarias de la UIT para el uso de frecuencias, difieren substancialmente para ondas por encima de unos 30 MHz de las ondas de frecuencias por debajo de esta marca. Sin embargo, en lo que respecta a los fenómenos naturales de la propagación, los cambios no se presentan en forma brusca.

Las diferencias se observan a partir de unos 20 MHz y van aumentando gradualmente hasta unos 70 ó 100 MHz.

Por debajo de unos 30 MHz, la propagación

de ondas se efectúa principalmente por medio de ondas ionosféricas y ondas de superficie. La propagación en esta gama está sujeta a variaciones diurnas y estacionales, así como variaciones a largo plazo causadas por la fluctuación de la actividad solar de la que depende también la altura y la densidad de las capas ionizadas.

La reflexión ionosférica es el modo fundamental para las comunicaciones de larga distancia. Aunque este mecanismo es inestable como consecuencia de las variaciones naturales mencionadas, los efectos tienen una periodicidad sistemática, de manera que se pueden establecer circuitos de radio confiables, tomando en cuenta las variaciones.

En frecuencias por encima de unos 30 MHz, la situación es diferente.

La onda de superficie sufre una gran atenuación y los modos de reflexión ionosférica, van perdiendo importancia a medida que se aumenta la frecuencia.

La propagación se efectúa por ondas directas, reflejadas en tierra u obstáculos, difractadas, refractadas, etc.

En esta zona del espectro deben considerarse las influencias de la baja atmósfera, con cambios más bien aleatorios aunque menos severos de las condiciones de propagación.

Los enlaces de frecuencias elevadas son más confiables, aunque de menor alcance y están sujetos a un índice menor de ruido, tanto natural como producido por el hombre.

Por otro lado, a medida que las frecuencias

son más elevadas, los obstáculos en todo tipo de trayecto son más grandes en comparación con la longitud de onda. En consecuencia, la calidad de los enlaces puede verse afectada por reflexiones, refracciones, o simplemente por atenuación debida a la presencia de dichos obstáculos.

En las zonas del espectro de frecuencias más elevadas digamos (UHF, SHF, etc.), el comportamiento de las ondas es de naturaleza cuasi óptica.

4.2 - PROPAGACION EN MEDIOS NO IONIZADOS

a) PROPAGACION DE LA ONDA TERRESTRE

La onda de superficie es el mecanismo principal de propagación para las bandas 4, 5 y 6 del espectro (frecuencias menores de 3 MHz), a distancias cortas del transmisor.

En frecuencias muy bajas (banda 4), las ondas de superficie se pueden propagar aceptablemente con bajas pérdidas de propagación a distancias de miles de kilómetros.

En este rango de frecuencias y en distancias cercanas al transmisor, la intensidad de la onda de superficie varía en forma inversamente proporcional a la distancia. Los modelos de intensidad de Sommerfeld y Norton que pueden consultarse en las referencias, permiten establecer más exactamente las características y limitaciones de esta dependencia.

Las señales de esta porción del espectro (y en frecuencias más bajas), tienen un importante poder de penetración, que ha sido aprovechado -

por algunos sistemas de radiocomunicación subterráneos y submarinos.

A medida que aumenta la frecuencia, las pérdidas que sufre la onda de superficie van en aumento, estas pérdidas dependen principalmente de las características eléctricas del suelo.

Las propiedades eléctricas de las capas superficiales de la tierra pueden describirse en términos de la permitividad relativa ϵ_r .

$$\text{La ecuación } \epsilon_r = \epsilon' - j \frac{1800 T}{f}$$

en la que ϵ' es la parte real de la permitividad o constante dieléctrica, T es la conductividad en siemens/metro, y f es la frecuencia en MHz, expresada tales propiedades; y es ampliamente aplicada en los modelos de cálculo de pérdidas de propagación para onda de superficie.

El hecho de que un medio dado se comporte como un dieléctrico (con pérdidas de grado variable) o como un conductor (imperfecto en un grado variable), depende de las magnitudes relativas de ϵ' y $1800 T/f$. En los casos obviamente importantes de la tierra "promedio" y el agua de mar, se ha visto que por debajo de 0.1 MHz la tierra puede considerarse como conductor y en frecuencias por arriba de 10 MHz como dieléctrico; existiendo entre estas dos marcas una compleja gama de transición.

El caso de mínimas pérdidas se tiene para vías de alta conductividad como el agua de mar (y el agua dulce también), para una gran gama de frecuencias.

Otros factores que influyen en la propagación de la onda de superficie, son: la polariza

ción; el relieve terrestre, incluyendo los accidentes orográficos, hidrográficos; las masas oceánicas y la curvatura terrestre.

En los rangos de bajas frecuencias (bandas 5 y 6), el comportamiento de la onda de superficie difiere mucho para las ondas polarizadas vertical y horizontalmente. Las ondas polarizadas horizontalmente son fuertemente atenuadas, por lo que la propagación para servicios que hacen uso de la onda de superficie en estos rangos (por ejemplo radiodifusión), está limitada a señales polarizadas verticalmente.

En las bandas de frecuencias medias y altas (bandas 6 y 7), suele ocurrir que, a cierta distancia del transmisor, las amplitudes de la onda terrestre e ionosférica sean equivalentes. Los cambios alternativos de las señales continuamente las colocan en fuera de fase, cuando las señales tienen amplitudes aproximadas y fases opuestas ocurren fuertes desvanecimientos en la recepción.

La curvatura de la tierra impide que la onda de superficie alcance directamente en línea recta el punto de recepción; es por difracción alrededor del contorno terrestre en la baja atmósfera, como la onda de superficie puede llegar al receptor.

Por arriba de la banda 7 (HF), la propagación de la onda de superficie usualmente tiene poca importancia, por las limitaciones impuestas por las pérdidas en el suelo (las señales de onda de tierra sólo pueden recibirse a pocos cientos de Km.), en este rango la onda espacial se hace predominante.

b) PROPAGACION DE ONDA DIRECTA

Un buen ejemplo de condiciones de propagación en el espacio libre, es el trayecto directo entre el transmisor y receptor, cuando ambos se encuentran a bordo de vehículos espaciales. En este caso, la onda se desplaza en el vacío y la atenuación de la energía de la onda es proporcional al cuadrado de la distancia. Sin embargo, en ciertas condiciones de la atmósfera pueden producirse condiciones de propagación prácticamente similares a las del espacio libre, si la atmósfera es "transparente" a una onda determinada, y ningún objeto obstaculiza el trayecto o da lugar a reflexiones.

En un caso práctico de transmisión terrestre, podría considerarse que se tiene una trayectoria de propagación en el espacio libre si se reúnen los siguientes requisitos:

- 1) Que las ondas directas se propaguen bien de la antena transmisora a la receptora y la pérdida de difracción sobre los obstáculos que existan entre los dos obstáculos sea casi nula.
- 2) Que el coeficiente de reflexión equivalente, de la superficie de reflexión sea pequeño y la interferencia entre las ondas directas y reflejadas sea casi nula.
- 3) Que la condición de la atmósfera sea normal, es decir, que en toda la trayectoria K sea igual a $4/3$ (K es el coeficiente equivalente de radio de la tierra; ver refracción).
- 4) Que la absorción y atenuación originadas por la lluvia, la neblina, nubes, etc., sea casi nula.

- 5) Que no existan ondas reflejadas múltiples y ondas difractadas anormales.
- 6) Que se utilicen antenas de directividad aguda y se puedan reducir las ondas reflejadas.

PERDIDAS BASICAS DE TRANSMISION

La pérdida de transmisión básica o de referencia, puede definirse como: la atenuación que sufre la energía transmitida, debida al medio de propagación entre dos radiadores isótropos (antena ideal, no directiva, de ganancia 0 dB).

Por ejemplo, la pérdida de transmisión de referencia en el espacio libre calculada en decibelios es:

$$L_{bf} = 20 (\log_{10} f_{\text{MHz}} + \log_{10} d_{\text{km}}) + 32.45 \quad \boxed{\text{dB}}$$

donde:

f_{MHz} es la frecuencia en MHz

d Km es la distancia en línea recta, en Km.

La pérdida de transmisión de referencia, para otras condiciones de propagación puede obtenerse añadiendo a la pérdida de referencia en el espacio libre los factores de atenuación apropiados. Prácticamente esto significa que la pérdida de transmisión de referencia es siempre mayor en la atmósfera que en el espacio libre.

En algunos casos, sin embargo, dicha pérdida puede ser menor que la del espacio libre si en el punto de recepción se suman "en fase" las ondas propagadas por distintos trayectos.

PERDIDA DE TRANSMISION

Para calcular la potencia P_r a la entrada del receptor, es necesario considerar la pérdida de transmisión L .

$$L = l_{bf} - G_T - G_r \quad \boxed{\text{dB}}$$

donde:

G_T y G_r son las ganancias de antena de transmisión y recepción en dB respectivamente, con relación a la ganancia de un radiador isótropo.

En consecuencia,

$$P_r = P_t - L \quad \text{dBW}$$

donde:

P_t es la potencia, en dB por watt suministrada a la entrada de la antena transmisora.

La presencia de la atmósfera terrestre y la interacción con las ondas reflejadas en obstáculos naturales y artificiales en la superficie de la tierra, influyen poderosamente en la pérdida de transmisión.

c) ONDAS REFLEJADAS

La onda reflejada es importante en frecuencias elevadas. Como se ha mencionado, es la onda que se refleja (en el suelo, en la superficie del agua, en las paredes verticales de montañas o en edificios a lo largo del trayecto) antes de llegar al receptor.

Dependiendo del ángulo de incidencia de las ondas con respecto a la superficie reflectora y de la naturaleza de ésta, pueden reflejarse en la dirección del receptor cantidades considerables de energía.

Si se considera un circuito radioeléctrico elemental, como el de la fig. 4.2; que contenga una trayectoria de línea de vista por medio de una onda directa y una onda reflejada, libre de obstáculos entre antenas elevadas en tierra; se tendrá que la señal recibida, está determinada esencialmente por las amplitudes relativas de las intensidades de campo de la onda directa y reflejada y su relación de fase en el punto de recepción.

El vector de intensidad de campo resultante de la suma vectorial de los campos de las ondas directa y reflejada, puede variar entre un máximo y un mínimo, dependiendo de la diferencia de fases. Si ambas ondas son de magnitud comparable, pero de fase opuesta, la onda reflejada disminuirá a la onda directa y se producirá un desvanecimiento de la señal. Si por el contrario, las ondas llegan a la antena receptora "en fase" la onda reflejada reforzará a la onda directa.

En general, cuando una onda se refleja en el suelo, sufre una atenuación y su fase se ve deslizada.

Entre las causas de esta atenuación, se pueden considerar:

- 1) Divergencia: Debido a que la superficie de la tierra es esférica, la intensidad de las ondas reflejadas en el suelo sufre una mayor atenuación que la que ocurriría en una tierra plana por el efecto de divergencia.

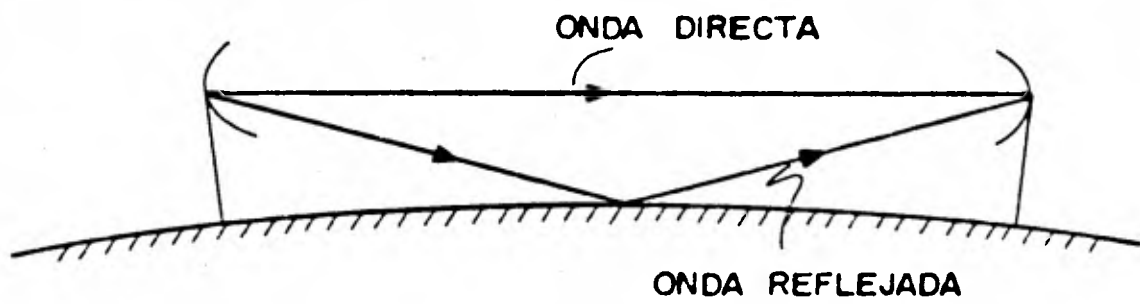


FIG. 4-2 CIRCUITO RADIOELECTRICO CON REFLEXION

- 2) **Dispersión:** La reflexión de la onda puede - ocurrir en una superficie lisa (como el hielo, terreno arenoso o agua tranquila), en - una superficie rugosa de la tierra o en la vegetación; en las dos últimas, la onda reflejada tenderá a dispersarse atenuando su valor de intensidad.

Las características de la reflexión se resumen en el denominado coeficiente de reflexión - (definido como la proporción de intensidad entre la onda incidente y la onda reflejada en tierra), cuya magnitud depende de las propiedades eléctricas del suelo (permitividad, conductividad), la longitud de onda, la polarización y del ángulo - adyacente a la tierra (ángulo de reflexión medido desde la superficie de la tierra).

El deslizamiento de la fase de la onda reflejada, se representa por un ángulo denominado: fase del coeficiente de reflexión.

El deslizamiento de fase de la onda reflejada en tierra, difiere para las polarizaciones horizontal y vertical.

Cuando la onda incidente tiene una polarización horizontal (el vector de campo eléctrico es paralelo a la superficie reflectora), la onda reflejada sufre un cambio de fase de 180 grados - respecto a la onda incidente para todos los ángulos de incidencia.

Para el caso de una onda incidente con polarización vertical (vector campo eléctrico perpendicular a la superficie reflectora), el defasaje de la onda reflejada, después de la reflexión en tierra depende del ángulo de incidencia.

Si el ángulo de incidencia es pequeño (onda

casi rasante a la superficie terrestre), la onda reflejada se defasa 180 grados respecto a la incidente.

A medida que aumenta el ángulo de la onda incidente, la fase de la onda reflejada disminuye rápidamente hasta un mínimo de menos 90 grados.

Para ángulo de incidencia superiores al ángulo que produce el mínimo de menos 90 grados, la diferencia de fase entre las ondas incidentes y reflejadas tiende a 0.

En los circuitos prácticos es poco probable que exista un solo punto de reflexión entre transmisor y receptor, como se muestra en la fig. 4.2.

Por el contrario; las ondas reflejadas suelen recibirse por diferentes trayectos, proviniendo de varias superficies reflectoras combinándose en el receptor con la onda directa, como se muestra en la fig. 4.3.

d) ONDA DIFRACTADA

Cuando las ondas radioeléctricas tropiezan con un obstáculo, se difractan alrededor de sus bordes, de la misma forma en que se difractan las ondas luminosas al pasar por el borde de un prisma o una arista aguda.

Las señales se difractan en las colinas, crestas de montañas, en las azoteas de las casas, alrededor de edificios, en el borde del horizonte, etc.

Según sea la composición y la configuración

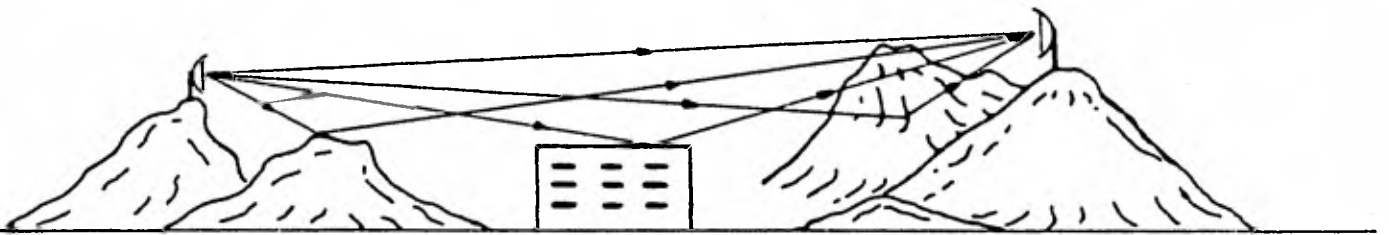


FIG. 4-3 CIRCUITO 12 RADIOELECTRICO CON VARIAS REFLEXIONES.

del obstáculo puede radiarse hacia adelante una cantidad importante de energía.

La difracción inmediatamente detrás de los obstáculos ha resultado tan eficaz para mejorar el alcance, que en ocasiones se han mejorado los obstáculos naturales con "difractores artificiales" que han sustituido a los repetidores activos.

El mejor difractor es el que está aislado y elevado con aristas rectas y afiladas que corten por la mitad el trayecto de transmisión con un ángulo de 90 grados.

Con buenos difractores, las mediciones de intensidad de campo denotan índices de atenuación en función de la distancia tan bajos, que se aproximan a los valores de propagación en el espacio libre, es más; en ocasiones adicionan lo que se denomina una ganancia de obstáculo.

El aprovechamiento de la difracción en cumbres de montañas es de gran utilidad en frecuencias elevadas, pues reduce el efecto de pantalla que podría esperarse detrás de ellas.

En terrenos montañosos, es considerable el número de trayectos por los que puede transmitirse con ayuda de la difracción. Para los circuitos de este tipo es necesario ubicar las terminales, de forma que aprovechen al máximo las características de la cresta que se piensa utilizar.

El efecto de incluir la difracción en el circuito radioeléctrico fundamental de la fig. 4.2, es dividirlo en dos partes (fig. 4.4). Como resultado de ello, la onda reflejada llega a la arista difractora; se aleja de ella y llega al receptor con un ángulo mayor, con relación a la

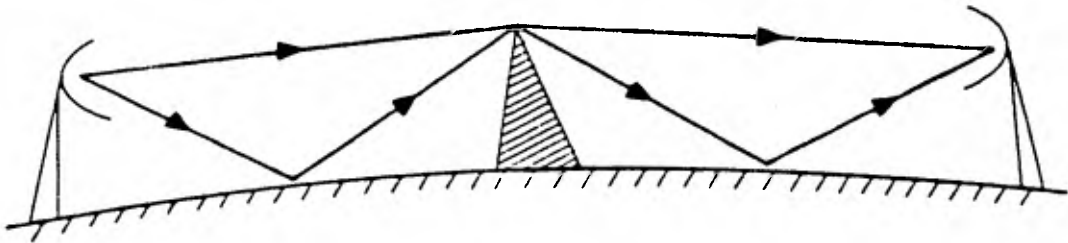


FIG. 4-4 TRAYECTORIA CON DIFRACCION

onda directa (en este caso onda difractada), del que hubiese tenido de no haber existido una arista en el trayecto.

La señal reflejada se atenúa mucho, debido a que la energía difractada disminuye bruscamente cuando aumenta el ángulo de difracción de la onda reflejada. Como consecuencia de esto, los trayectos de difracción tienen menores desvanecimientos por interferencia de onda reflejada que los trayectos sin difracción.

Las radiaciones de VHF y UHF son las más apropiadas para aplicar la difracción, pues los campos pierden estabilidad cuando pasan a la gama de SHF.

e) LA TROPOSFERA Y LA ESTRATOSFERA

La región más baja de la atmósfera, es el medio principal de propagación de las ondas de radio a frecuencias por encima de unos 30 MHz (banda 8 y superiores).

La troposfera, la capa inferior de la atmósfera, se extiende desde la superficie de la tierra hasta unos 13 Km. de altura. Está constituida por los gases atmosféricos más pesados y en la mayor proporción (78% Nitrógeno, 21% Oxígeno, 0.94% Argón, 0.035% Dióxido de Carbono, etc.); contiene prácticamente todo el vapor de agua del aire en cantidades que varían del 0 al 4%, dependiendo del lugar y concentra cerca del 80% de toda la masa gaseosa que envuelve la tierra.

En la troposfera, la temperatura desciende constantemente a razón de 6.5°C por kilómetro conforme se incrementa la altura, hasta su límite superior en donde alcanza unos -63°C (210.16°K).

La troposfera es la capa atmosférica responsable del estado de tiempo, en ella se presenta la interfase de tres medios con comportamientos muy distintos: aire, agua y tierra, cuya combinación produce gradientes de presión, que ponen en funcionamiento a la poderosa máquina térmica natural, que es la atmósfera. Las turbulencias - que esto produce pueden originar los meteoros de precipitación, suspensión o depósito de partículas sólidas, líquidas o gaseosas como nieve, granizo, lluvia, niebla o manifestaciones óptico---eléctricas como relámpagos, coronas, halos, auroras boreales, etc., que afectan a las radiaciones electromagnéticas y crean condiciones inestables e imprevisibles durante la propagación.

La estratosfera es la capa que cubre la tropósfera y se extiende hasta unos 70 u 80 Km. de altitud, en esta zona cesa la disminución de la temperatura, lo que implica condiciones más estables con poca influencia en las radiaciones de radiofrecuencia.

Esta capa suele considerarse dividida en dos subcapas: la estratosfera propiamente dicha hasta una altura de unos 30 Km. y la mesósfera - hasta los 80 Km.

f) PROPAGACION EN LA TROPOSFERA

La propagación de las ondas de frecuencia mayores de unos 30 MHz está fuertemente influenciada por la troposfera y las características del terreno.

Los componentes de la Troposfera pueden afectar e incluso absorber las radiaciones que por ella se propagan, la importancia relativa de cada una de estas componentes depende de la fre-

cuencia de transmisión, el estado del tiempo, la temperatura, la humedad, etc.

Las irregularidades del terreno, la turbulencia atmosférica y la absorción debida a la presencia de zonas arboladas y densamente edificadas, juegan papeles importantes en la determinación de la intensidad y en las propiedades de desvanecimiento de las señales troposféricas.

Los mecanismos de propagación en la troposfera, frecuentemente denominados "mecanismos de volumen", se deben a la dispersión de la estructura fina de la tropósfera. En este grupo se pueden clasificar: la refracción troposférica, la dispersión troposférica y el centelleo troposférico.

g) REFRACCION

Cuando una señal radioeléctrica viaja a través de la baja atmósfera, su velocidad de propagación sufre pequeñas variaciones a medida que la onda avanza en la altura por entre las capas de distinta densidad del aire.

Las variaciones de velocidad, que son debidas a los cambios de permitividad del medio de propagación, producen desviaciones en la señal que se traducen en un curvamiento de las trayectorias descritas. Esto constituye el fenómeno de la refracción, el cual permite a los rayos directos de las ondas que viajan horizontalmente sobre la tierra, compensar parcialmente la pérdida de señal debida a la curvatura terrestre y alcanzar puntos más lejanos que el del horizonte visual.

La relación de velocidades y/o direcciones

de un rayo que pasa por medios con distinta permitividad, se denomina índice de refracción. Este índice, que se obtiene a partir de la ley de Snell sobre la refracción, es el factor principal que afecta las características de propagación de la troposfera; su valor puede variar en el tiempo y en el espacio, dependiendo de la temperatura, la densidad del aire y el contenido de vapor de agua.

Bajo condiciones normales de propagación, el índice de refracción de la troposfera disminuye con la altura, esto origina que los rayos transmitidos sobre el horizonte se curven hacia abajo. Este modo de transmisión, que se conoce comunmente como curva troposférica, es muy natural en VHF y frecuencias superiores y su efecto, es el de aumentar la intensidad de las comunicaciones sobre los rangos de cobertura normales, posibilitando el enlace con estaciones que de otro modo no podrían recibirse.

Aunque el valor del índice de refracción (1.0003 aproximadamente) nunca se aparta mucho de la unidad, las variaciones atmosféricas pueden producir distribuciones anormales de su gradiente de altura. Esto propicia la existencia de trayectorias de propagación anormales con formas de refracción ascendente, irregulares descendentes o en ductos. Este último caso se presenta cuando el índice de refracción es lo bastante grande para que los rayos sean curvados de manera que se reflejen en la tierra. Así, el rayo parece como atrapado en un ducto entre la tierra y la máxima altura de la trayectoria.

Este fenómeno puede incrementar grandemente el alcance de la transmisión o producir una extinción casi completa de la señal, al conducir la energía lejos de la antena receptora.

La figura 4.5 muestra lo que sucede cuando el rayo se curva en un circuito radioeléctrico, la línea $K=1$ representa el rayo cuando el índice de refracción no cambia con la altura, es decir, no se produce curvatura.

Cuando el índice de refracción aumenta con la altura el rayo se curva hacia arriba, como lo indica la línea $K=2/3$, cuando el índice disminuye con la altura, el rayo se curva hacia abajo e incluso puede desplazarse paralelamente a la superficie terrestre.

La línea $K=4/3$ representa un valor intermedio llamado "atmósfera estándar", porque es el más frecuente que cabe esperar, al menos en horas diurnas.

Ya que la refracción no sólo ocurre a las ondas directas, sino también a las reflejadas y difractadas y las curvas descritas cambian el margen de altura del trayecto (por ejemplo la curva $K=2/3$ lo reduce y la curva $K=\infty$ lo aumenta), la evaluación de las condiciones de propagación se complica enormemente debido a la refracción.

K es el coeficiente de radio equivalente de la tierra.

h) CENTELLEO

El centelleo troposférico es la fluctuación en la amplitud y la dirección de llegada de la señal, en función del tiempo, que se produce cuando el índice de refracción presenta heterogeneidades que varían en función del tiempo. En estas condiciones, la coherencia de fase puede ser afectada, cuando el trayecto de propagación tenga un ángulo de elevación muy bajo con relación

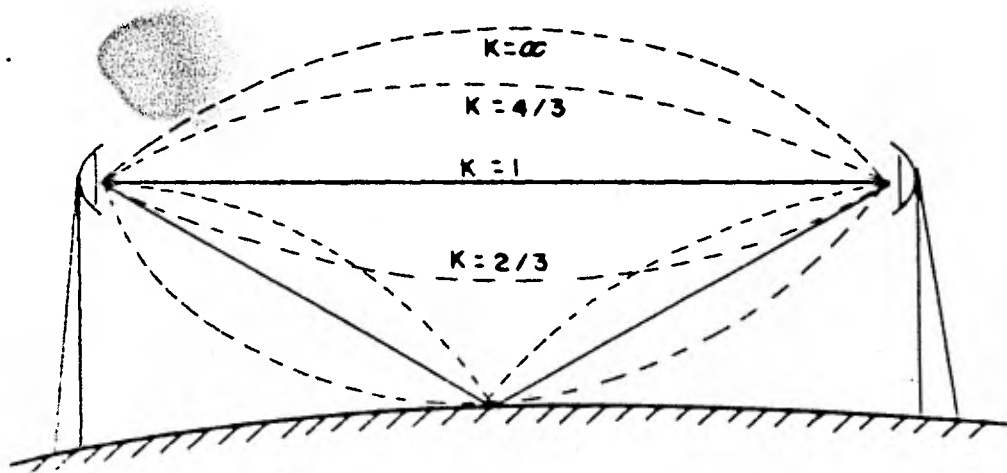


FIG. 4-5 TRAYECTORIAS CON DIFERENTES INDICES DE REFRACCION .

a la superficie de la tierra.

i) DISPERSION TROPOSFERICA

En el rango de las ondas métricas (VHF) y en frecuencias más altas, la influencia de la troposfera es preponderante sobre casi todos los factores que afectan la propagación. La intensidad de las señales que se transmiten más allá del horizonte, se atenúan más lentamente al aumentar la distancia, de lo que podría esperarse por la difracción alrededor de la tierra.

Esta señal intensificada se debe al mecanismo denominado propagación por dispersión troposférica, el cual se caracteriza por la presencia de desvanecimientos lentos y rápidos de la señal recibida.

Aunque existen varias explicaciones del mecanismo de propagación por dispersión troposférica, en general se acepta que las turbulencias de la tropósfera producen, en forma de capas, fluctuaciones del índice de refracción que actúan como focos de dispersión. La señal dispersada es más fuerte en la dirección de propagación, pero aún es eficaz en direcciones distintas de la de propagación.

Las fluctuaciones lentas con períodos de horas y hasta días, obedecen a los cambios del índice de refracción. Los desvanecimientos rápidos se cree, ocurren por la presencia de pequeñas capas de dispersión que aparecen y desaparecen de tiempo en tiempo.

En razón de la debilidad de la señal dispersada que se puede obtener en tierra, el uso de este mecanismo hace necesario utilizar gran po-

tencia radiada (alrededor de 10 Kw.), grandes antenas (muy directivas) y receptores sensibles.

En la práctica, la propagación por dispersión troposférica permite realizar enlaces de punto a punto, particularmente en las bandas VHF y UHF para distancias hasta de unos 1000 Km., con anchos de banda desde unos 100 KHz a unos 2 MHz.

En la actualidad, la predicción de la calidad del funcionamiento de estos enlaces, se basa en gran medida en datos empíricos provenientes de extensas observaciones, de las intensidades, de las señales registradas en diversas condiciones climáticas.

j) ABSORCION

Las nubes y precipitaciones afectan la propagación radioeléctrica, al absorber parte de la energía que pasa a través de ellas. Estos efectos comienzan a ser apreciables a partir de unos 3 GHz y aumentan de importancia al incrementarse la frecuencia de transmisión.

La absorción se debe principalmente a la presencia de oxígeno, vapor de agua y agua en estado líquido en la atmósfera. La absorción debida al vapor de agua, se debe a que la molécula de agua tiene un momento de dipolo eléctrico permanente, que produce un espectro de absorción, algunas de cuyas rayas (una centrada en 22 GHz y otra que afecta frecuencias mayores de 180 GHz), caen en la gama de frecuencias que interesa a las radiocomunicaciones.

La absorción debida al oxígeno se debe a la interacción entre el momento magnético de su mo-

lécua y el campo de radiofrecuencia, su efecto comienza a ser apreciable en frecuencias por encima de los 10 GHz.

Se presentan dos rayas de absorción, una en 60 y otra en 120 GHz.

4.3 - PROPAGACION IONOSFERICA

a) LA IONOSFERA

La ionosfera o termosfera, es la tercera gran capa de la atmósfera que se extiende sobre la tropósfera y la estratosfera de los 50 a los 600 Km. aproximadamente.

Esta capa es de especial interés para las radiocomunicaciones, ya que hace posible establecer enlaces radioelétricos sobre grandes distancias al reflejar las señales a puntos mucho más distantes de los que permitiría alcanzar la difracción alrededor de la tierra.

La ionosfera puede influir en la propagación de gran parte de toda la gama de frecuencias del espectro radioelétrico, aunque de una manera y en un grado de importancia distintos en cada porción.

En relación con las radiocomunicaciones de mayor aplicación práctica, se consideran importantes sus efectos en las bandas VLF, LF, MF, HF y al menos en una parte de VHF.

Los gases constitutivos de la ionosfera están intensamente ionizados por la acción, sobre sus moléculas, de la radiación electromagnética solar (en especial de rayos X y ultravioleta).

La ionización ocurre cuando un átomo neutro absorbe suficiente energía para llevarlo a un estado de excitación, con los electrones extremos lejos del núcleo, al grado de que puedan removerse con facilidad, convirtiéndolos en electrones libres (iones negativos) y dejando al átomo con una carga positiva (ion positivo).

Los iones contrarios en esta situación de -desequilibrio de carga, tienen una gran afinidad para recombinarse y retornar a su estado básico de neutralidad.

La recombinación es una función de la velocidad relativa de movimiento de los iones (la --cual depende de la temperatura) y de la densidad del gas. La mayor densidad y velocidad relativa de iones facilita el encuentro y captura de iones contrarios y viceversa.

Es por esto que las zonas más altas (las --más enrarecidas) que poseen velocidades menores de recombinación, son las que prevalecen por más tiempo.

En la ionósfera, la concentración iónica aumenta con la altura a partir de unos 50 Km, como se muestra en la figura 4.6; hasta un máximo --aproximadamente a los 300 Km.; desde ese punto, la densidad de iones disminuye al aumentar la altura; persistiendo sin embargo alguna ionización hasta grandes alturas en la exosfera.

Como se puede apreciar en la figura 4.6, en realidad aparecen varios "máximos" o regiones -con densidades de ionización comparativamente altas dentro de la ionosfera. Estas regiones o --"capas ionosféricas", han sido designadas según alturas y densidades de ionización crecientes -con las letras C, D, E y F.

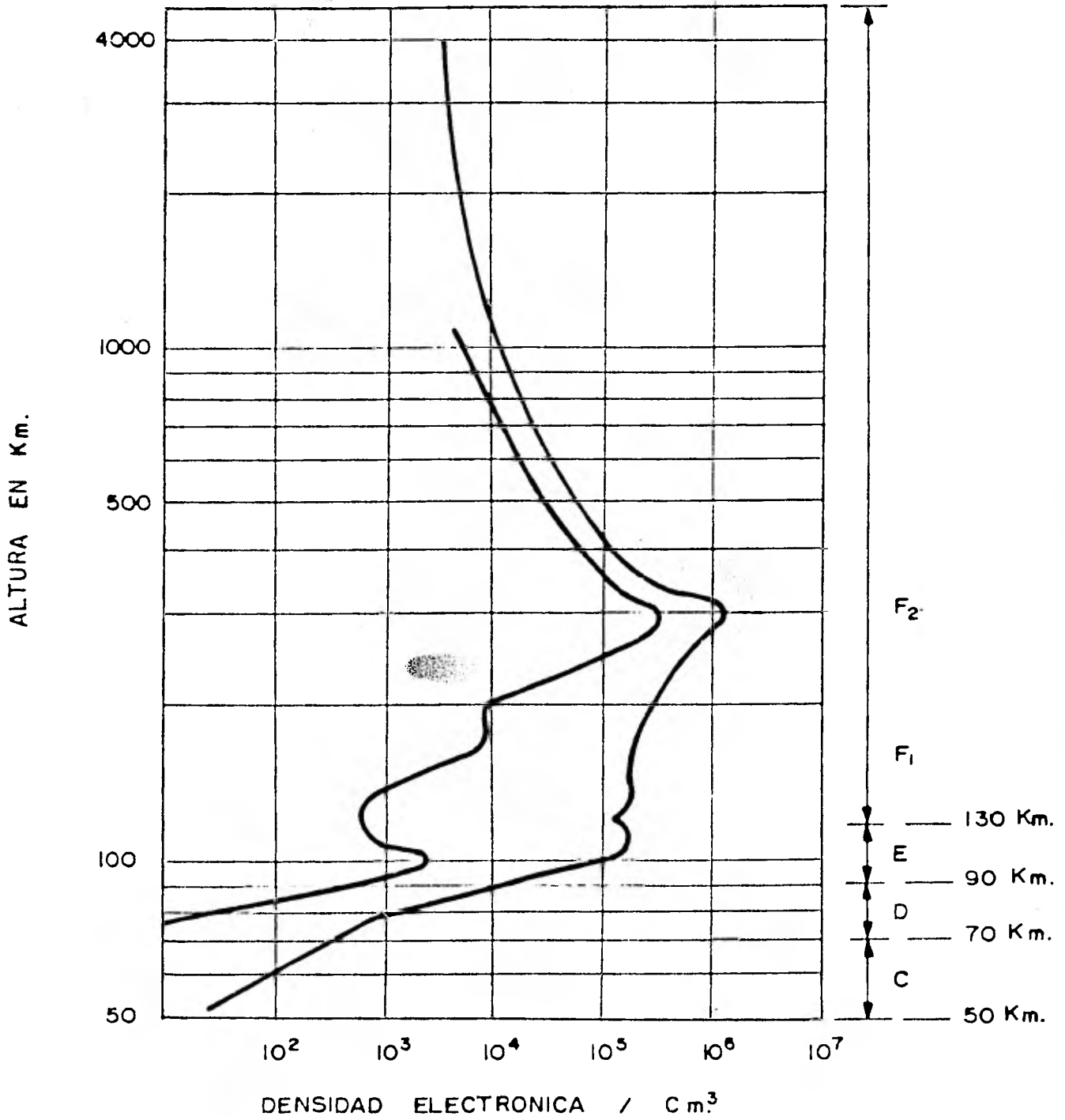


FIG.4-6 DENSIDAD ELECTRONICA TIPICA DE LA IONOSFERA.

La formación de capas de distinta densidad de ionización, se debe a que la gama de frecuencias de la radiación solar es amplia; y también a que cada porción del espectro solar tiene diferente poder de penetración en los gases atmosféricos. Las radiaciones solares de menor frecuencia (por ejemplo: los rayos ultravioleta cercanos), producen las capas ionizadas superiores digamos F, en cambio las de frecuencias mayores, más penetrantes (por ejemplo rayos X, gama y cósmicos) son las responsables de la ionización de las capas inferiores.

Debido a que las características de la ionosfera dependen de la magnitud de la radiación solar incidente (y de los vientos a esa altura - en cualquier parte del globo), la presencia, altura y densidad de ionización de las capas cambiarán con la altura, con la hora del día o de la noche, la estación del año, la latitud y el año (en relación con el ciclo solar de once años).

Cabe destacar que la gráfica de la figura 4.6 es una representación de la concentración electrónica típica en función de la altura para el mediodía y la media noche de verano en una latitud media, en ella se puede apreciar que la capa F durante el día se desdobra en dos capas distintas F_1 y F_2 , existiendo durante la noche solamente la capa F_2 .

Las capas D, E, F_1 y F_2 son las que revisten mayor interés en el contexto de radiocomunicaciones que nos ocupa.

La capa C, en el margen de 50 a 70 Km aproximadamente, se cree es producida por los rayos cósmicos, pero su influencia es de poca importancia en comunicaciones.

Las capas E, F₁ y F₂ son principalmente reflectoras de las ondas de radio, mientras que la capa D es una región de absorción que reduce la intensidad de las señales que pasan a través de ella y que son reflejadas por las capas más altas. Esta capa, que se localiza debajo de la capa E entre los 70 y los 90 Km. aproximadamente, tiene una gran densidad molecular que propicia una rápida recombinación y una existencia exclusivamente diurna (en épocas de poca actividad solar, incluso puede no llegar a formarse).

La capa E (entre 110 y 120 Km) es la región útil más baja, su densidad atmosférica es lo suficientemente grande como para impedir que los electrones libres viajen mucho antes de recombinarse y formar partículas neutras; así, esta capa sólo es capaz de mantener su poder de reflexión en presencia de radiación continua del sol, siendo mayor la ionización alrededor del mediodía y desapareciendo casi totalmente después del ocaso.

La capa F, anteriormente conocida como capa Appleton, es de máxima importancia desde el punto de vista de las radiocomunicaciones a larga distancia.

Dada su altura entre los 200 y 400 Km, contiene una densidad atmosférica inferior que la de las capas más bajas, por lo que la recombinación ocurre más lentamente y la ionización persiste por un tiempo mayor.

La ionización en la capa F disminuye lentamente después del ocaso y alcanza un mínimo poco antes del amanecer, lo que permite su utilización nocturna.

Como se ha mencionado, la capa F durante el

día tiende a separarse en las subcapas F_1 y F_2 .

La F_1 se sitúa entre los 140 y 225 Km. y se eleva por la noche para fundirse con la capa F_2 (que existe tanto de día como de noche), que a su vez desciende de los 320 Km a unos 300 Km -- aproximadamente, donde se sitúa la capa F nocturna.

b) REFLEXION Y REFRACCION IONOSFERICAS

El efecto de una capa ionizada sobre una transmisión de radio, se puede describir de varias maneras.

Se puede considerar por ejemplo, un rayo directo como el de la figura 4.7, que incide en la parte inferior de una capa atmosférica.

A medida que la onda avanza va produciendo una vibración sistemática de la masa de los electrones, haciéndoles oscilar bajo la influencia del campo de la onda incidente. Este fenómeno absorbe energía de la onda, produciendo una disminución en las componentes originales de los campos eléctrico y magnético.

Sin embargo, cada electrón en movimiento reradía; y el efecto acumulativo de toda la reradiación contribuye a la formación de nuevos componentes de campo eléctrico y magnético, en una dirección distinta que la del campo incidente.

El resultado es, que la dirección de cada rayo es alterada gradualmente hasta que éste toma finalmente una dirección horizontal y después retorna a la tierra.

El trayecto de la señal, puede trazarse en forma continua, aplicando la ley de Snell para -

la refracción, y la ec. que describe el índice de refracción en la ionósfera.

La ley de Snell, define el índice de refracción para un rayo que pasa entre dos dieléctricos con distinta permitividad. Para el caso de que uno de los medios sea el espacio libre, el índice de refracción está dado por la ec.:

$$\eta = \frac{c}{v} = \frac{\text{sen } Q_i}{\text{sen } Q_r} \quad \dots\dots 1$$

en la cual:

- η = índice de refracción
- c = velocidad de la luz en el vacío
- v = velocidad de fase en el otro medio
- Q_i = ángulo de incidencia
- Q_r = ángulo de refracción

Por otro lado, el índice de refracción en la ionósfera puede derivarse en la ec. 1 en términos de las características eléctricas de la misma por medio de la ec. siguiente:

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{AN}{f^2}} \quad \text{o} \quad \eta^2 = 1 - \frac{81 N}{f^2} \quad \dots\dots 2$$

En la que: $A = \frac{e^2}{4\pi^2 \epsilon_0 m} = 81$ es una constante que depende de e , la carga del electrón en coulombs, su masa m en kg y la permitividad en el vacío ϵ_0 , en farads/metro.

Al penetrar en la capa, con un ángulo de incidencia Q_i , el rayo de la figura 4.7 no sufre en principio reflexión debido al escaso número de iones presente. Sin embargo, conforme la on-

da progresa la densidad iónica N va siendo mayor y el índice de refracción η , en virtud de la ec. 2, disminuye.

De la ec. 1, se tendrá que la disminución de η produce paralelamente un crecimiento del ángulo de refracción Q_r , hasta el punto en el que Q_r alcance un valor muy cercano a los 90° , con el cual la trayectoria será horizontal. En este punto (en el que $\eta = 0$ debido a que $AN = f^2$), la ionósfera ya no podrá refractar más el rayo y ocurrirá una reflexión interna total.

La reflexión interna total se debe a que la onda al viajar con un gran ángulo respecto a la normal a la capa, ha rebasado un cierto ángulo crítico, arriba de cuyo valor ya no puede existir refracción.

De aquí que la onda será devuelta a la tierra describiendo una curva de refracción, imagen de la anterior.

La ley de Snell demuestra, que cuanto más oblicuo sea el ángulo de incidencia de la onda en la ionósfera, mayor será la frecuencia de la onda que pueda reflejarse.

Inversamente, si se incrementa la verticalidad del ángulo de incidencia, será mayor la densidad iónica necesaria para la reflexión.

Aumentar la frecuencia de transmisión tiene el mismo efecto que incrementar la verticalidad, si la frecuencia es tan alta que el índice de refracción η no pueda disminuir a cero, siquiera en N máxima, la onda penetrará en la ionósfera y no habrá reflexión hacia el suelo.

La refracción gradual o curvamiento de las

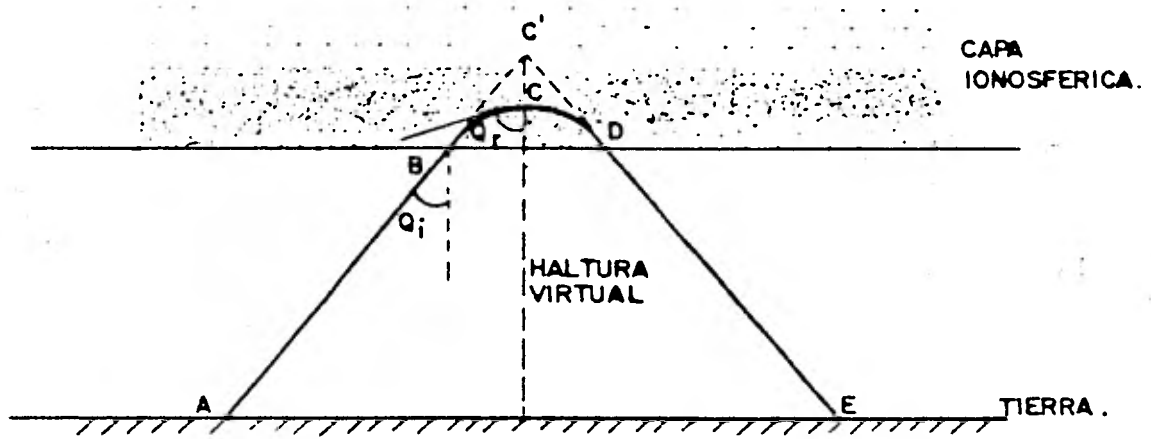


FIG. 4-7 CURVAMIENTO DE UNA ONDA IONOSFERICA.

ondas, también se puede explicar en términos de frentes de onda, como sigue:

Considerando el rayo de la fig. 4.7 de nuevo, se tiene que la parte superior de la onda viaja un poco más rápidamente que la parte inferior, causando así que el frente de onda gire gradualmente hacia abajo.

Realmente la velocidad de fase de la onda en todos los puntos en los que existen electrones libres, excede la velocidad que se puede obtener en el espacio vacío. Este proceso de aumento de velocidad es mayor en las zonas en las que la densidad promedio de electrones libres es mayor (menor índice de refracción).

Esto se debe a que como n varía con la frecuencia, la ionósfera es un medio dispersor para el cual el índice de refracción es siempre menor o igual a la unidad, de modo que:

Velocidad de fase $V_F = \frac{c}{n}$; para $n \leq 1$ se tendrá $V_F \geq c$

Esto no significa que se pueda enviar por ejemplo un pulso telegráfico a través de un medio a una velocidad medible mayor que la de la luz; por el contrario, la velocidad de grupo de la señal puede ser mucho menor que la velocidad en el espacio libre.

De hecho, el tiempo requerido para recorrer la trayectoria BCD es el mismo tiempo que se requeriría para recorrer la trayectoria más larga BC'D de la figura 4.7 en un espacio que no contenga electrones libres.

c) ALTURA VIRTUAL Y MAXIMA FRECUENCIA UTILIZABLE

Aunque una capa ionizada es una zona de un espesor considerable, para fines prácticos es conveniente asignarle una altura finita, desde la cual una reflexión única producirá el mismo efecto (observado desde la tierra) que la refracción gradual que en realidad ocurre.

A esta altura se le conoce como altura virtual o altura de grupo.

Para determinar la altura virtual de una capa ionosférica, se transmite verticalmente una señal de pulsos de radiofrecuencia de corta duración.

El receptor próximo al transmisor recoge tanto la señal directa del transmisor como la señal reflejada en la ionósfera. La diferencia de tiempo entre los pulsos directos y reflejados en la pantalla de un osciloscopio da una medida de la altura virtual de la capa.

A medida que se aumenta la frecuencia del transmisor de sondeo, la altura virtual aumenta lentamente, indicando que la señal se está reflejando en un nivel cada vez más alto de la capa.

Si se sigue aumentando la frecuencia gradualmente, se llegará a un valor en el que la altura virtual aumenta repentinamente, hasta un nuevo valor en el cual la variación de altura vuelve a ser proporcional al incremento de frecuencia.

Esto indica que en tal momento la onda ha penetrado en la primera capa y comienza a reflejarse en una segunda capa ionosférica más alta.

La figura 4.8 es una gráfica de la altura virtual en función de la frecuencia.

La frecuencia de una onda que incide verticalmente ($Q_i = 0^\circ$) y se refleja a una altura, en la que la densidad de ionización es N ; está dada por:

$$f = \sqrt{AN} = \sqrt{\frac{e^2 N}{4\pi^2 m \epsilon_0}} = 9 \times 10^{-6} \sqrt{N}$$

En donde N está en electrones/metro cúbico y f en MHz.

La frecuencia más alta que se puede reflejar para una incidencia vertical en una capa particular, se denomina frecuencia crítica de la capa y está dada por la ecuación

$$f_{cr} = 9 \times 10^{-6} \sqrt{N_{max}}$$

donde N_{max} es la máxima densidad de ionización de la capa y f_{cr} está en MHz.

La máxima frecuencia que se puede reflejar en una capa ionosférica para la comunicación entre dos puntos, depende del ángulo de incidencia en la ionósfera y se denomina máxima frecuencia utilizable (MUF). La MUF está dada por la ecuación:

$$MUF = f_{cr} \text{SEC } Q_i$$

donde Q_i es el ángulo de incidencia y f_{cr} es la frecuencia crítica de la capa para una incidencia vertical.

Debido a las curvaturas de la tierra y la -

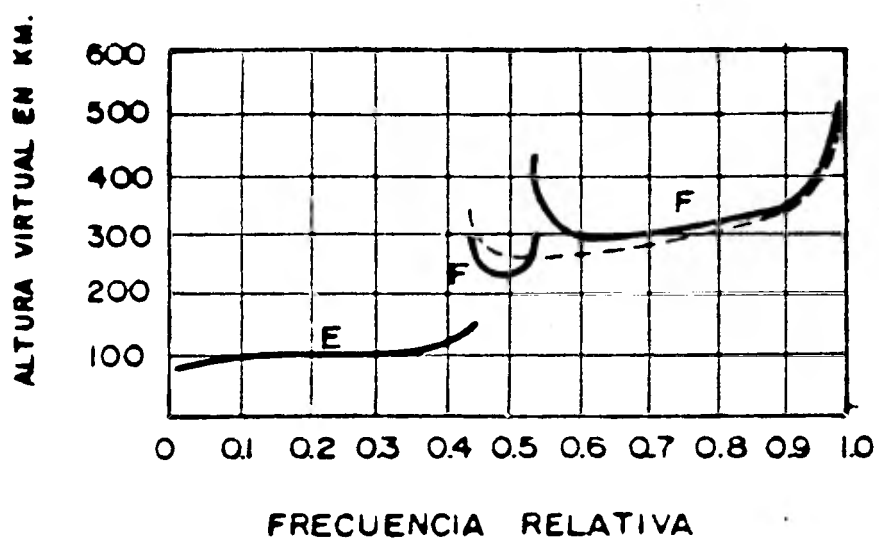


FIG.4-8 ALTURA VIRTUAL DE LA CAPAS IONIZADAS

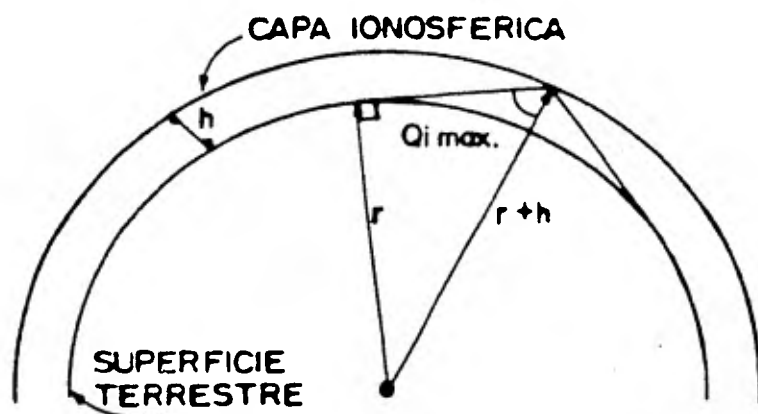


FIG.4-9 ANGULO DE INCIDENCIA MAXIMA.

ionosfera, la distancia máxima que se puede cubrir con un solo salto por reflexión en la capa F, es de alrededor de 3500 Km. Esta distancia se obtiene con el máximo ángulo de incidencia posible que es de unos 74° el cual, a su vez, ocurre cuando el rayo que sale es rasante con el horizonte.

De la fig. 4.9 tenemos:

$$Q_i (\text{max.}) = \text{sen}^{-1} \frac{r}{r+h} = \text{sen}^{-1} \frac{6378}{6378+300} = 74^\circ$$

La máxima frecuencia utilizable para este ángulo, está relacionada con la frecuencia crítica por la expresión:

$$\text{MUF} (\text{max}) = \text{fcr} \text{SEC } 74^\circ \doteq 3.6 \text{ fcr}$$

Para la capa E la distancia de salto máxima es de alrededor de 2000 Km. y la relación entre la MUF y la frecuencia crítica, es que la primera es 5 veces mayor que la segunda.

Por medio de la ecuación de MUF, puede establecerse una serie de valores de máximas frecuencias utilizables, para distancias seleccionadas dependiendo de la densidad de ionización (la cual determina la frecuencia crítica de la capa).

La fig. 4.10 es una muestra de las curvas de máximas frecuencias utilizables, para diferentes distancias en un período de máxima actividad solar, publicada por un observatorio de predicciones ionosféricas.

En general, la MUF es la frecuencia a la cual se obtienen las señales más fuertes. Sin embargo, al seleccionar una frecuencia apropiada de operación, es deseable dejar un margen que cu

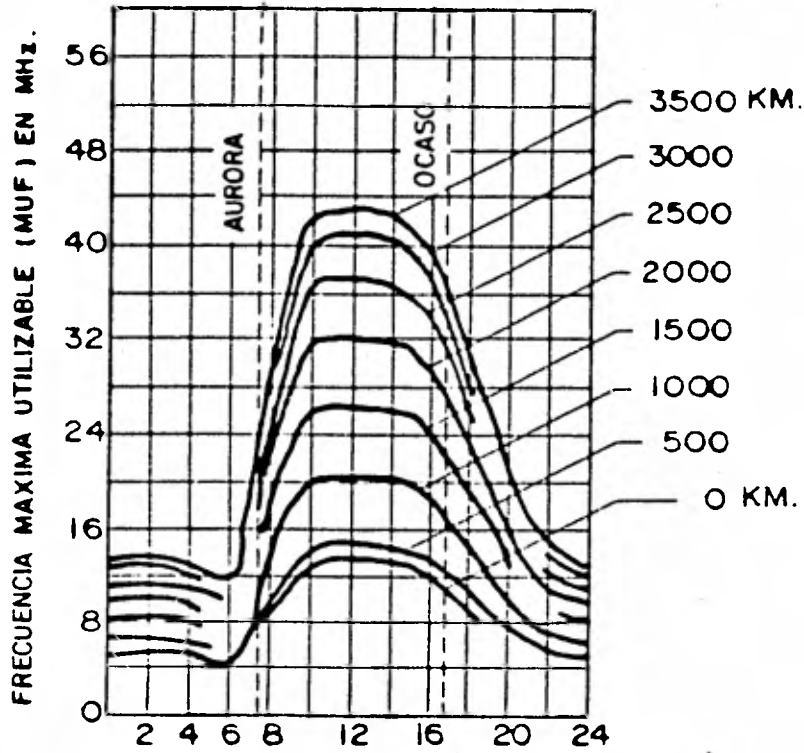


FIG. 4-10 VALORES TIPICOS DE MAXIMAS FRECUENCIAS UTILIZABLES.

bra las variaciones de la ionosfera.

Es costumbre reducir un 15% la frecuencia de transmisión de la máxima utilizable, para tomar en cuenta tales variaciones. Además ocurre, en general, que la absorción excesiva en HF evita comunicaciones confiables en frecuencias menores del 50% de la MUF.

Aunque este límite inferior, denominado mínima alta frecuencia útil (LUHF) puede variar ampliamente con la ruta geográfica, el período solar, la potencia de transmisión y otros factores; permite establecer una frecuencia óptima para cada transmisión entre el 50% y el 85% de la MUF.

d) ANGULO DE RADIACION

En la práctica de las comunicaciones, se sabe que los rayos transmitidos con bajo ángulo de radiación (digamos menos de 15°), son por lo general los más adecuados para comunicación a grandes distancias, ya que con ellos el haz zigzaguea a la distancia del receptor con el menor número de saltos, evitando así pérdidas repetidas debido a un número excesivo de reflexiones entre la tierra y la ionósfera.

A una elevación de 3° por ejemplo, la distancia de salto (por reflexión en la capa F), es de alrededor de 3500 Km, las distancias mayores se dividen automáticamente en unidades que no exceden los 3500 Km. Angulos menores que 3° , normalmente sólo refuerzan la onda de tierra, ángulos un poco mayores proporcionan distancias de salto menores.

Frecuentemente la antena transmisora radía un ancho patrón vertical, o radía en todos los -

ángulos verticales. De cualquier modo, se puede considerar que el rayo más útil sigue el comportamiento del ángulo de radiación descrito anteriormente. La fig. 4.11 muestra algunos de los efectos del ángulo de radiación.

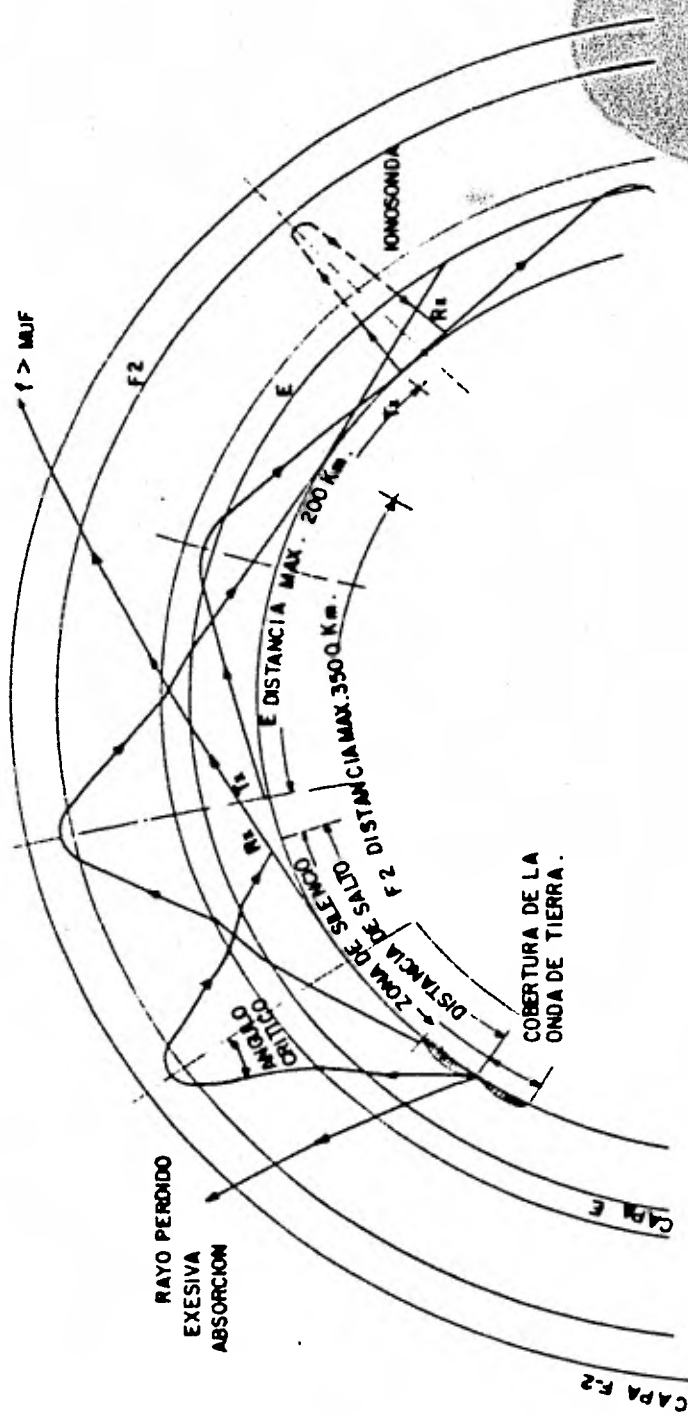


FIG. 4-II EFECTOS DEL ANGULO DE RADIACION .

e) VARIACIONES REGULARES E IRREGULARES DE LA IONOSFERA

Las principales características de la ionosfera, dependen como se ha visto, de la ionización producida por la radiación solar y el rango de recombinación de iones.

Las condiciones existentes a lo largo del día, siguen en una forma directa la variación del ángulo del sol sobre el horizonte. Además de las variaciones diarias, la ionosfera cambia en una forma bastante regular, con la estación del año y la fase del ciclo de marchas solares.

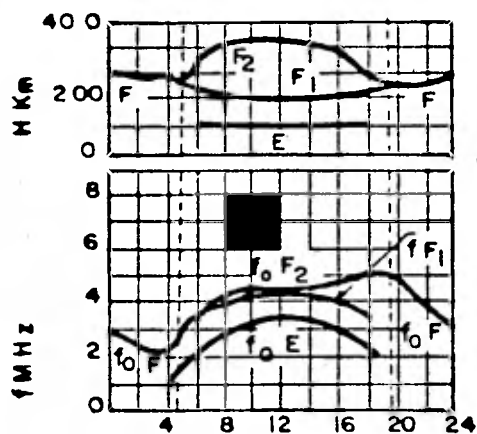
Esto permite que el estado de la ionosfera pueda ser pronosticado con anticipación y las informaciones recabadas puedan utilizarse en la elección de frecuencias óptimas de transmisión.

La fig. 4.12 muestra algunas de las curvas típicas que dan las alturas virtuales y las frecuencias críticas para el verano y el invierno en una latitud media.

Las gráficas de altura virtual muestran el desdoblamiento de la capa F, en las capas F₁ y F₂ durante el día y la existencia exclusivamente diurna de la capa E.

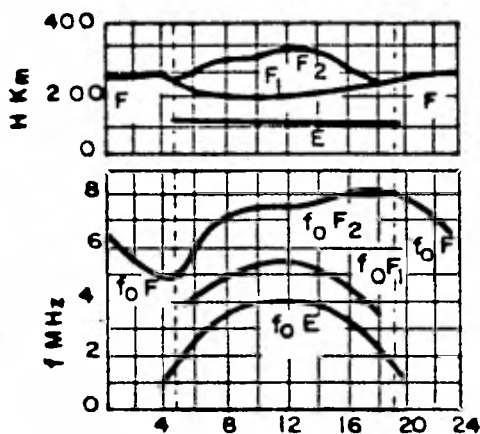
En las gráficas de frecuencia crítica se puede ver, el aumento de las frecuencias críticas de las capas al mediodía, cuando la radiación ionizante es máxima.

Las figuras a y c, representan condiciones imperantes en un año cercano a un mínimo de manchas solares; las figuras b y d las existentes en un máximo. Como puede apreciarse, las frecuencias críticas son considerablemente mayores



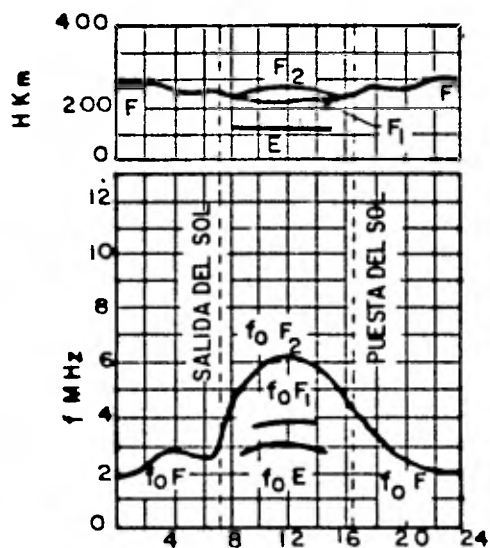
VERANO CON POCAS MANCHAS SOLARES.

(a)



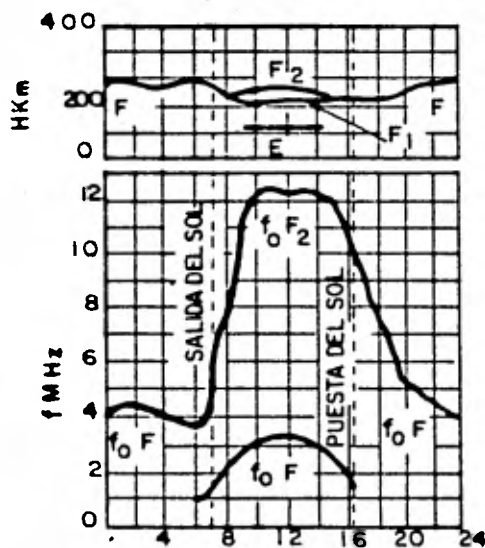
VERANO CON MUCHAS MANCHAS SOLARES.

(b)



INVIERNO CON POCAS MANCHAS

(c)



INVIERNO CON MUCHAS MANCHAS

(d)

FIG. 4-12 VARIACIONES DE LA ALTURA VIRTUAL Y LA FRECUENCIA CRITICA DE LAS CAPAS IONOSFERICAS.

en un año cercano a un máximo de actividad solar.

Además de las variaciones regulares, la ionosfera está sujeta a cambios irregulares de ionización, asociados a perturbaciones solares que afectan seriamente la propagación.

Los disturbios conocidos más importantes, son los debidos a las llamaradas solares y las tormentas magnéticas. Una llamarada solar, es una emisión excesiva de rayos ultravioleta de un pequeño punto en el sol, que puede producir un repentino aumento del nivel de ionización en las capas bajas de la ionosfera, particularmente en la capa D.

La gran producción de iones en la capa D, da lugar a un gran incremento de la absorción de la señal, y una completa anulación de las reflexiones de las ondas de alta frecuencia, en el lado iluminado de la tierra.

Sin embargo, las ondas de frecuencias menores que normalmente se reflejan en las capas más bajas sufren un aumento de intensidad.

Afortunadamente el "efecto Dillinger", como también se conoce a este tipo de perturbación, tiene por lo general una duración de unos cuantos minutos. En ocasiones un fenómeno parecido al anterior, suele producir una anulación gradual y menos grave que las transmisiones por períodos que pueden durar varias horas.

Las tormentas magnéticas son otra forma irregular de variación ionosférica, que están constituidas por un bombardeo de partículas cargadas del sol. La lluvia de protones y electrones, en violento movimiento, rompe la estratificación normal de la ionosfera, haciendo errática

la propagación de las ondas y causando la interrupción de las comunicaciones en las frecuencias más altas.

Aunque los efectos de las tormentas magnéticas no son tan severos como los del efecto Dyllinger (la comunicación normalmente se puede mantener usando una frecuencia más baja), sus consecuencias pueden perdurar hasta por varios días después de que han cesado los bombardeos; después de los cuales, se registran las densidades de ionización, anormalmente bajas.

f) PROPAGACION POR DISPERSION IONOSFERICA

Las capas ionosféricas no son en ningún modo perfectamente regulares y homogéneas, en ellas aparecen frecuentes fluctuaciones e irregularidades de concentración de iones, debido a los movimientos turbulentos de la ionósfera. Estas irregularidades dispersan las ondas que pasan por ellas, produciendo un esparcimiento de los rayos y causando refracciones y reflexiones parciales.

Las ondas dispersadas, a pesar de sufrir grandes pérdidas de transmisión comparadas con las de los circuitos de reflexión ionosférica, presentan variaciones mucho menores de tales pérdidas, un funcionamiento más predecible y una gran inmunidad a los disturbios solares.

La dispersión ionosférica, es un mecanismo de propagación que permite establecer circuitos de comunicación, por medio de señales débiles, pero confiables hasta distancias de 2000 Km. aproximadamente.

Aunque se sabe que las irregularidades de

ionización, de las que se cree depende este tipo de propagación, pueden situarse a cualquier altitud en la ionósfera, los sistemas que las han aprovechado, se han basado en las existentes, entre la capa D y la capa E a unos 85 Km. de altura.

Debido a las dimensiones de las fluctuaciones, comparadas con la longitud de onda, la dispersión ionosférica se realiza principalmente en frecuencias de la porción inferior de la banda de VHF (de 30 a poco más de 60 MHz).

En la actualidad, el empleo de los sistemas de dispersión ionosférica es poco frecuente, ya que su uso implica altas potencias de transmisión (10 a 60 KW), grandes antenas direccionales, receptores sensibles pero sobre todo, debido a los estrechos anchos de banda utilizables (por lo regular menores a 10 KHz).

Al igual que los enlaces por tropodispersión, estos sistemas se consideran aceptables como enlaces alternativos de radiocomunicación, o propios para regiones aurorales, en las que los sistemas convencionales de HF por reflexión ionosférica, sufren frecuentes interrupciones por fenómenos solares.

g) PROPAGACION POR DISPERSION EN RASTROS METEORICOS

Día y noche la atmósfera de la tierra es bombardeada por meteoros invisibles y partículas de polvo meteórico, en cantidades suficientes para mantener un modo de radiocomunicación que aprovecha el efecto de dispersión de las ondas, en los rastros ionizados que los meteoros dejan a su paso.

Las variaciones en la concentración electrónica debidas a meteoros, son mucho mayores que las debidas a la turbulencia normal de la ionósfera, por lo que este mecanismo de propagación proporciona señales más fuertes que el mecanismo de dispersión ionosférica, aunque obviamente intermitentes.

Como los rastros meteóricos duran sólo unos cuantos segundos, los mensajes deben prepararse con anticipación y deben utilizarse sistemas de manejo de datos de alta velocidad.

Las trayectorias de reflexión se establecen automáticamente con la ocurrencia de un rastro meteórico, se realiza primero un intercambio instantáneo de señales de disparo, entre las dos estaciones involucradas y después, la transmisión del mensaje. Cuando la intensidad de la señal recibida, cae por debajo de un nivel predeterminado, la comunicación se interrumpe de manera que ningún mensaje se pierda. La transmisión se reinicia automáticamente con la ocurrencia de un nuevo rastro meteórico.

Los sistemas que aprovechan la dispersión meteórica lo hacen en alturas similares a las de la capa D, los rangos de frecuencia utilizados van de unos 50 a 80 MHz aproximadamente y las distancias que se pueden cubrir van de unos 800 a 2000 Km.

Por su naturaleza intermitente, este tipo de enlace es más adecuado para telegrafía u otros tipos de comunicación que puedan tolerar retardos en ocasiones del orden de minutos. Al igual que los sistemas de dispersión ionosférica, los sistemas que funcionan por medio de dispersión meteórica, son poco afectados por los disturbios solares.

h) ABSORCION EN LA IONOSFERA

La absorción de la energía de una onda que viaja en la ionosfera, resulta de las colisiones entre los constituyentes ionizados y los constituyentes neutros de la atmósfera y tiende a ser mayor en las capas más bajas, en las que la atmósfera es más densa.

La absorción en la ionosfera se produce -- principalmente durante el día en la capa D y parte de la E.

Durante la noche, la capa D prácticamente no existe y la absorción existente está limitada a lo que queda de la capa E.

La absorción es pues, mucho mayor durante el día que durante la noche y dado que depende del rango de recombinación y el nivel de ionización tiene (en la capa D), una variación que sigue la altura del sol sobre el horizonte. La absorción en la capa es máxima al mediodía y mínima poco después de la puesta del sol.

Otro tipo de absorción en la ionosfera, denominado absorción por desviación, se presenta en la región en la que se curva el rayo de una trayectoria de reflexión.

La magnitud de esta absorción por desviación es muy pequeña comparada con la absorción en la capa D, excepto para valores de frecuencia muy cercanos a la frecuencia crítica de la capa en que se refleja la onda.

4.4 RESUMEN DE PROPAGACION DE ONDAS POR BANDAS DE FRECUENCIAS

a) EL ESPECTRO DE 3 A 300 KHz (VLF y LF)

El empleo de las bandas de 3 a 300 KHz entraña ciertas desventajas, tales como un alto nivel de ruido natural o atmosférico (estática), el cual varía inversamente con la distancia a partir del Ecuador. Las enormes longitudes de onda (1500 a 30000 metros) en esta parte el espectro requieren de estructuras de antena muy grandes (del orden de 300 metros), si se pretende tener eficiencia. Además, el ancho de banda disponible es relativamente reducido en comparación con otras porciones del espectro. Esto, por supuesto, está en desacuerdo con las tendencias modernas de tener alta capacidad de información, ya que los circuitos que operan en frecuencias de este orden no pueden conmutarse entre estados de encendido y apagado en períodos cortos de tiempo.

Las ventajas de la porción baja del EFRE son: amplia cobertura geográfica, baja atenuación, reducidos efectos de desvanecimiento y una gran inmunidad a las llamaradas solares.

En estas frecuencias no ocurren los saltos a grandes distancias y tampoco los fenómenos ionosféricos de las frecuencias más altas.

Este rango puede ser utilizado para comunicaciones con puntos de recepción bajo el agua y si se emplea alta potencia, las señales pueden llegar a 3000 kilómetros de su punto de origen.

b) EL ESPECTRO ENTRE 300 Y 3000 KHz (MF)

La banda entre 300 y 3000 KHz está apoyada de una buena propagación de onda de tierra, las frecuencias más bajas de este rango tienen relativamente poca atenuación. De noche, la onda de cielo alcanza grandes distancias, sobre todo en frecuencias de la parte alta de este rango, siendo fuente de interferencia a otros servicios que dependen de la propagación de la onda de superficie, durante el día el alcance de las ondas de MF es más restringido.

c) EL ESPECTRO ENTRE 3 Y 30 MHz (HF)

La región del espectro entre 3 y 30 MHz o banda de alta frecuencia (HF), tiene gran demanda para los propósitos de radiocomunicación.

En virtud de la reflexión ionosférica, la banda de HF, permite la comunicación tanto de corta, como de larga distancia con transmisores menos potentes y sistemas de antena mucho más baratos que en los rangos de LF y MF. Esto junto con el mayor espacio disponible, condujeron a una rápida expansión en su uso, especialmente para el servicio fijo de gran alcance y el servicio móvil marítimo.

Sin embargo, el uso del espectro de HF también tiene sus desventajas.

Debido a las variaciones en las características de la ionosfera con las horas del día, las estaciones del año y la fase del ciclo solar de once años, muchas veces se requiere el uso de más de una frecuencia para cada circuito en HF, incluso en ocasiones se necesitan cuatro o cinco frecuencias para mantener la comunicación.

La actividad solar afecta a los circuitos de gran distancia, de hecho, reduce el espectro útil de HF hasta en un 50%, haciendo confiable sólo de los 3 a los 15 MHz aproximadamente, en los períodos de baja actividad solar, para enlaces que usan la reflexión ionosférica.

Los circuitos en HF son propensos a desvanecimientos sobre todo al desvanecimiento selectivo que es causado por reflexiones múltiples en la ionosfera. Además, las tormentas ionosféricas y fenómenos atmosféricos afectan a las transmisiones en este rango.

La importancia del espectro de HF es incuestionable, sus transmisiones son básicas para el comercio internacional, la seguridad en el aire, la tierra y el mar, la industria, etc.

La demanda de frecuencias en esta porción es tal, que la selección de una frecuencia útil requiere de un estudio experto de todos los factores importantes, así como de la información más reciente del monitoreo diario de la ocupación.

d) EL ESPECTRO DE 30 A 1000 MHz (VHF Y PARTE DE UHF)

En muchos aspectos, ésta es una región del espectro en la cual los fenómenos de propagación ionosférica disminuyen y los mecanismos de la troposfera y la penetración de la ionosfera predominan. La importancia de la onda de tierra es escasa.

La difracción y elementos en la propagación como la rugosidad del terreno, el índice de refracción y la turbulencia atmosférica, van co---

brando importancia.

En frecuencias del extremo inferior de esta banda, se pueden tener todavía interferencias como resultado de la reflexión ionosférica y hasta unos 60 MHz, la dispersión ionosférica sobre rangos específicos de frecuencia puede ser de gran utilidad.

Excepto quizá en el caso de la dispersión troposférica, todos los modos de propagación en medios no ionizados son capaces de soportar algunos megahertz de ancho de banda de información y de aquí que, desde el punto de vista de la propagación se puedan acomodar servicios de banda ancha que serían imprácticos en las regiones de frecuencias mayores.

En comparación con las bandas de frecuencias más altas, este rango es ventajoso en satisfacer necesidades para sistemas de baja capacidad, en los que se desean antenas simples o en los que van a efectuarse servicios omnidireccionales o multidireccionales. Esto difiere de la operación de punto a punto, tal como en el caso de sistemas relevadores de radio, en los que la ganancia de antena es acrecentada más que lo necesario para compensar el incremento de las pérdidas de propagación a medida que se eleva la frecuencia.

e) EL ESPECTRO DE 1 A 10 GHz (PARTE UHF y SHF)

La naturaleza de la propagación en esta parte del espectro es básicamente del tipo de línea de vista, con un bajo nivel de ruido y zonas espectrales identificadas de máxima absorción.

Las frecuencias en este rango pueden condu-

cir grandes cantidades de información utilizando bajas potencias, por lo que los transmisores que operan simultáneamente en canales de la misma frecuencia pueden estar situados a distancias comparativamente cortas sin que se interfieran unos con otros.

En esta gama de frecuencias, los efectos de las precipitaciones, las irregularidades del terreno, la turbulencia atmosférica y la presencia de obstáculos naturales (tales como zonas densamente arboladas o colinas) o construídos por el hombre, juegan papeles importantes en la determinación de la intensidad de la señal y las propiedades de desvanecimiento de la misma.

Para los servicios espaciales, la banda de 1 a 10 GHz es de gran importancia, debido a sus características de propagación y el gran ancho de banda disponible.

Además de la propagación de línea de vista, existe un cierto número de sistemas que utilizan la dispersión troposférica en la parte baja de esta banda (hasta unos 2000 MHz). Esta técnica es atractiva cuando se requieren transmisiones de banda ancha (hasta unos 2 MHz) a distancias mayores que las del horizonte radioeléctrico, particularmente sobre terrenos inaccesibles o grandes cuerpos de agua.

Para los servicios espaciales, la banda de 1 a 10 GHz es de gran importancia, debido a sus características de propagación y el gran ancho de banda disponible.

Todas las comunicaciones entre la tierra y los vehículos en el espacio, deben pasar a través de la atmósfera de la tierra, que es selectiva en frecuencia, pues permite fácilmente el pa-

so de las ondas de ciertos rangos de frecuencias mientras que en otros produce una severa atenuación. Los rangos de frecuencias, en los cuales las ondas penetran sin grave atenuación se llaman comunmente "ventanas".

La banda de 1 a 10 GHz está situada en la parte superior de una de las ventanas más importantes del espectro (10 MHz a 10 GHz), por lo que resulta la porción más práctica para las comunicaciones espaciales.

f) EL ESPECTRO DE 10 A 40 GHz (PARTE DEL SHF y EHF)

Las propiedades físicas de propagación en la banda de 10 a 40 GHz, limitan a los sistemas a la operación de tipo de línea de vista. Las pérdidas de la trayectoria dependen en parte de la frecuencia, resultando ser mayores que en las bandas de frecuencias más bajas. Además, la propagación de tales frecuencias puede ser seriamente afectada por la atenuación producida por las precipitaciones. Sin embargo, en esta área del espectro se pueden utilizar altas ganancias de antena, lo cual tiende a compensar las grandes pérdidas de la trayectoria.

g) EL ESPECTRO POR ENCIMA DE UNOS 40 GHz (EHF Y FRECUENCIAS SUPERIORES)

La atenuación de las ondas de radio por la atmósfera en frecuencias por encima de unos 40 GHz, es (según el informe 664 del CCIR 1978), un fenómeno que tiene una estructura bien definida.

La absorción atmosférica aumenta considerablemente con la frecuencia por encima de los 40

GHz, alcanza un valor máximo alrededor de los 3000 GHz y es función decreciente de la frecuencia por encima de los 3000 GHz; como puede verse en la fig. 4.13, que es una curva teórica de atenuación atmosférica dada por el informe 664 del CCIR.

La atenuación de estas frecuencias, que se debe a la energía cuántica del oxígeno y el vapor de agua; resulta generalmente muy elevada en comparación a los niveles que se obtienen en frecuencias inferiores.

Por encima de 40 GHz, se pueden encontrar atenuaciones máximas de más de 10 000 dB/Km y mínimas de 0.03 dB/Km; como puede verse, la curva presenta grandes fluctuaciones.

Los efectos de los hidro meteoros son importantes en frecuencias superiores a 40 GHz.

La fig. 4.13 contiene los valores de atenuación debida a la lluvia, las nubes y la niebla.

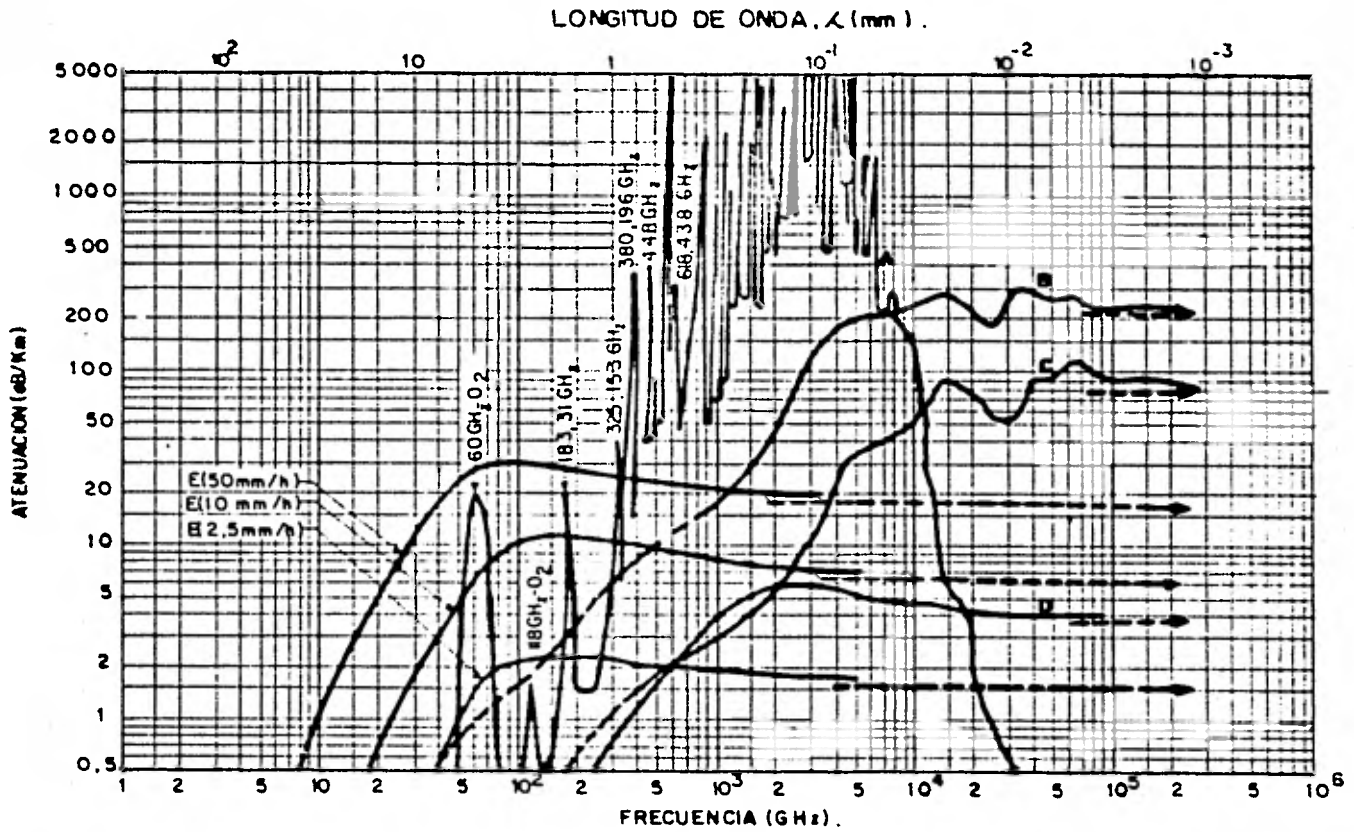


FIG. 4 -13 RESUMEN DE LA ATENUACION ATMOSFERICA AL NIV. DEL MAR.

- A: ATMOSFERA DESPEJADA
- B: NUBE DE ESTRATOS DENSOS
- C: CUMULOS: BUEN TIEMPO
- D: GOTAS DE AGUA GRANDES; COMPONENTE DE NIMBOESTRATOS
- E: LLUVIA.

CAPITULO V - LOS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES

- 5.1 Servicio Móvil Marítimo
- 5.2 Servicio Móvil Marítimo por Satélite
- 5.3 Servicio Fijo
- 5.4 Servicio de Radiocomunicaciones Espaciales
- 5.5 Servicio de Radiodifusión
- 5.6 Servicio de Radiodifusión por Satélite
- 5.7 Servicio de Radiodeterminación
- 5.8 Servicio Móvil Terrestre
- 5.9 Servicio de Ayudas a la Meteorología-
- 5.10 Servicio Móvil Aeronáutico
- 5.11 Servicio de Frecuencias Patrón
- 5.12 Servicio de Aficionados
- 5.13 Servicio de Aficionados por Satélite

5.1 - SERVICIO MOVIL MARITIMO

El servicio móvil marítimo (SMM) es el servicio móvil entre estaciones costeras y estaciones de barco o entre estaciones de barco; en el que pueden participar también las estaciones de embarcaciones y dispositivos de salvamento.

Tradicionalmente este servicio usa dos tipos de comunicaciones, la radiotelegrafía y la radiotelefonía; que cumplen funciones principales de socorro, seguridad y correspondencia pública.

La importancia de este servicio es evidente, ya que la seguridad de la vida humana en el mar depende, en buena parte, de la utilización eficaz de los medios de radiocomunicación. Sin embargo, este hecho no siempre fue bien considerado, aún cuando fue precisamente en la Marina, en donde se encontraron las primeras aplicaciones prácticas de las radiocomunicaciones a principios de siglo.

Hubo de producirse la catástrofe del "Titanic", acaecida el 14 de abril de 1912, que causó la muerte de centenares de personas, para que los gobiernos formaran una reglamentación adecuada de radiocomunicaciones, que protegiera la vida del hombre en el mar.

Hoy en día, la reglamentación Internacional a cargo de la UIT, reserva un lugar muy importante a las radiocomunicaciones marinas, y se han creado acuerdos a nivel mundial que son revisados y mantenidos al día por la propia UIT y otros organismos; como la Organización Consultiva Marítima Internacional (O.C.M.I.)

Desde la conferencia de 1959, en que se re-

visaron las disposiciones del Servicio Móvil Marítimo, la situación de la marina, ha tenido serias transformaciones. Debido al ágil transporte aéreo, ha disminuido el número de barcos de pasaje, en tanto que los barcos de carga son más numerosos.

Las flotas pesqueras que utilizan principalmente radiotelefonía, también han sufrido cambios. Sobre todo en lo referente a modificaciones técnicas como la adopción de radiobalizas de localización de siniestros, dispositivos de llamadas selectivas, transmisiones de datos oceanográficos, los sistemas de telegrafía de impresión directa, etc.

En 1967, se reunió una conferencia especial que modificó la disposición de bandas para radio telegrafía y radiotelefonía entre los 4000 y 28000 KHz, para dar más facilidades a la última, a expensas de la primera; asimismo, se destinaron canales para transmisiones de datos oceánicos y bandas a la radiotelegrafía de impresión directa y automática (TELEX), que sustituye al código Morse que requiere de operadores especializados.

En dicha conferencia, se estableció un plan para el establecimiento de la Banda Lateral Unida (BLU) para radiotelefonía (de 1605 a 28000 KHz), y la separación entre canales se redujo de 50 a 25 KHz en VHF; se asignaron códigos de identificación de 5 cifras para sistema de llamada selectiva y se fijaron las características de radiobalizas de localización de siniestros a bordo de barcos y aeronaves de socorro de tripulación de barcos.

Siete años más tarde, la Conferencia Marítima de 1974, modificó nuevamente la subdivisión -

de las bandas atribuidas exclusivamente al servicio móvil marítimo entre 4 y 28 MHz. Esto permitió un aumento mayor a la porción de espectro atribuido para radiotelefonía y telegrafía de impresión directa, a costa del espectro antes atribuido a telegrafía manual. También se redujo a un valor uniforme de 3.1 KHz la separación entre canales radiotelefónicos en ondas decamétricas.

En el campo de la radiotelefonía se decidió limitar a 10 Kw la potencia de cresta máxima que utilicen las estaciones costeras entre 4 y 23 MHz y a 1.5 Kw la potencia máxima que utilicen las estaciones de barco en el mismo rango de frecuencias.

LAS BANDAS DE FRECUENCIA

El servicio móvil marítimo tiene atribuidas bandas de frecuencia en distintas partes del espectro: desde los 14 KHz a los 25.11 MHz, sin contar el servicio móvil marítimo por satélite.

Entre 14 y 4000 KHz la mayor parte de las bandas están compartidas con otros servicios, en especial con el fijo, y entre 4 y 25.11 MHz las bandas son por lo general exclusivas, y están atribuidas en relación armónica en las tres regiones.

Por arriba de 25.11 MHz, el servicio móvil marítimo no cuenta con bandas atribuidas exclusivas, pero en algunas bandas de servicios móviles en general goza de prioridades.

BANDAS DE 14 A 4000 KHz

Las atribuciones suelen corresponder, de -

los 14 a los 535 KHz a radiotelefonía y de 1605 a 4000 KHz a radiotelefonía (las bandas atribuidas al servicio móvil en general, pueden ser utilizadas por el servicio móvil marítimo como las de 1605 a 2170 KHz).

En general, las bandas inferiores de 14 a 160 KHz tienen ya una importancia reducida para este servicio, por la extensa utilización que se realiza de las ondas decamétricas; son pocos los barcos que en la actualidad tienen equipos en esas frecuencias.

Algunas disposiciones sobre las bandas son:

- | | |
|------------------|--|
| De 14 a 110 KHz | Limitada a estaciones costeras radiotelegráficas con tipos de emisión AI y FI. |
| De 110 a 160 KHz | Sólo radiotelegrafía emisiones AI, FI, AM, FM y A7J. |
| De 130 a 150 KHz | En región 1, está limitada a estaciones de barco, salvo la banda 140 a 146 KHz, que puede usarse para estaciones costeras. |
| De 415 a 490 KHz | Sólo se usa radiotelegrafía. |

Los equipos en frecuencias medias (300 a 3000 KHz), permiten las comunicaciones a distancias cortas y medias, por lo que son usadas con fines de seguridad y frecuentemente en los barcos pesqueros complementados con radiogonómetros, que facilitan la captura y traslado de productos a tierra.

La frecuencia de 500 KHz es la frecuencia internacional de socorro radiotelegráfico, que

se puede utilizar en estaciones de barco, aeronaves y embarcaciones de salvamento. Estas frecuencias se pueden emplear para la llamada y respuesta de barcos y estaciones pesqueras, siempre que no esté cursando algún tráfico de socorro. - La frecuencia de 512 KHz, se puede emplear como frecuencia de llamada suplementaria cuando la de 500 KHz se use con fines de socorro.

La llamada de socorro radiotelegráfico es la conocida palabra SOS: de tres puntos, tres rayas, tres puntos; pero puede utilizarse también una señal de alarma de doce rayas, de cuatro segundos de duración cada una, transmitidas en un minuto.

Esta señal de alarma está destinada a hacer funcionar los receptores automáticos de alarma que se conectan a la antena de los barcos, cuando los operadores no están en servicio.

La frecuencia de 2181 KHz es la frecuencia internacional de socorro radiotelegráfico, que también puede utilizarse en llamada y respuesta para las señales de las radiobalizas de localización de siniestros, para la llamada selectiva de las estaciones de barco (por parte de las estaciones costeras), y en las operaciones de búsqueda (además de otras 6 frecuencias) y salvamento de los vehículos espaciales tripulados.

La señal radiotelefónica de alarma es una sucesión de señales senoidales de 2200 y 1300 KHz, cada una de 250 milisegundos de duración y están destinadas a atraer la atención de las personas encargadas a la escucha o hacer funcionar dispositivos automáticos de alarma que activan un altavoz para la recepción del mensaje. Se ha elegido a esta señal, porque puede ser percibida por el operador aún en presencia de fuerte interferencia.

BANDAS DE 4 A 25.11 MHz

Las atribuciones del servicio móvil marítimo en esta parte del espectro tienen una gran cantidad de aplicaciones: como radiotelefonía en simplex, duplex, telegrafía de impresión directa (TELEX), transmisión de datos, telegrafía de banda ancha, facsímil, transmisión de datos oceanográficos, transmisión de llamada selectiva, etc.

La propiedad de las bandas de alta frecuencia (HF) de propagarse a grandes distancias, permite que las comunicaciones puedan realizarse incluso en el mundo entero (dependiendo de las condiciones de propagación), haciendo más económica la explotación de los barcos al permitir a los armadores comunicarse y dar instrucciones a estaciones lejanas.

La radiotelefonía, que ha adquirido considerable importancia no sólo permite la celebración de conferencias entre los pasajeros y los abonados en tierra; sino que tiene la ventaja de no requerir un operador tan especializado como en la radiotelegrafía.

La introducción de los equipos de banda lateral única mejoró notablemente las comunicaciones de las bandas, desde 1605 a 28000 KHz y permitió alguna descongestión del espectro en este ramo.

Las bandas del servicio móvil marítimo de 4 a 25.11 MHz están aplicadas desde el 1o. de Enero de 1978, como sigue:

Para estaciones de barco, telefonía duplex (canales de dos frecuencias).

4063-4143.6	KHz
6200-6218.6	KHz
8195-8291.1	KHz
12 330-12429.2	KHz
16 460-16 587.1	KHz
22 000-22 124	KHz

Para estaciones costeras, telefonía en duplex (canales de dos frecuencias).

4	357.4- 4438	KHz
6	506.4- 6525	KHz
8	718.9- 8815	KHz
13	100.8-13 200	KHz
17	232.9-17 360	KHz
22	596 - 22 720	KHz

Estaciones de barco y estaciones costeras, telefonía en simplex (canales de una frecuencia) y comunicaciones entre barcos en bandas cruzadas.

4	139.6 - 4	146.6	KHz
6	218.6 - 6	224.6	KHz
8	291.1 - 8	297.3	KHz
12	429.2 -12	439.5	KHz
16	587.1 -16	596.4	KHz
22	124 -22	139.5	KHz

Estaciones de barco, telegrafía de banda ancha, facsímil y Sistemas especiales de transmisión.

4	146.6 - 4	162.5	KHz
6	166.5 - 4	170	KHz
6	224.6 - 6	244.5	KHz
6	248 - 6	256	KHz
8	300 - 8	328	KHz
8	331 - 8	343.5	KHz
12	439.5 - 12	479.5	KHz
12	483 - 12	491	KHz
16	596.4 - 16	636.5	KHz
22	139.5 - 22	160	KHz
16	640 - 16	660	KHz
22	164 - 22	192	KHz

Estaciones de barco, -
transmisión de datos -
oceanográficos.

4	162.5-	4	166	KHz
6	244.5-	6	248	KHz
8	328	- 8	331.5	KHz
12	479.5-	12	483	KHz
16	636.5-	16	640	KHz
22	160.5-	22	164	KHz

Estaciones de barco, -
sistemas de banda estre-
cha de impresión direc-
ta y transmisión de da-
tos.

4	170	- 4	177.25	KHz
6	256	- 6	267.75	KHz
8	343.5-	8	357.25	KHz
12	491	-12	519.75	KHz
16	660	-16	694.75	KHz
22	192	-22	225.75	KHz

Estaciones de barco te-
legrafía Morse de cla-
se AI, y llamada.

4	179.75-	4	187.2	KHz
6	269.75-	6	280.8	KHz
8	359.75-	8	374.4	KHz
12	539.6	-12	561.6	KHz
16	719.8	-16	748.8	KHz
22	227	-22	247	KHz
25	070	-25	076	KHz

FRECUENCIAS SUPERIORES A 28 MHz

Por encima de los 25.11 MHz, el servicio mó-
vil marítimo no tiene bandas atribuidas. Pero -
puede hacer uso de las bandas del servicio móvil
y tiene prioridades en algunas.

La frecuencia de 156.8 MHz es la frecuencia
internacional de socorro y llamada utilizada en
ondas métricas, y además puede utilizarse para -
la llamada selectiva de estaciones de barco.

Los equipos de VHF (30 a 300 MHz), permiten la comunicación a distancias cortas, con lo que se facilitan las comunicaciones de puente a puente, el control de tráfico de barcos y el acceso de éstos a los servicios portuarios.

Los canales en ondas métricas se usan asimismo, para la correspondencia pública en radiotelefonía, el gran volumen de tráfico en estas bandas, ha inducido a la reducción de la separación entre canales de 50 KHz a 25 KHz, con lo que se ha duplicado el número de canales existentes.

Parece ser que por su eficacia, la radiocomunicación en VHF es la forma más atractiva para los próximos años en este servicio.

5.2 - SERVICIO MOVIL MARITIMO POR SATELITE

El servicio móvil marítimo por satélite nació a partir de la conferencia administrativa de telecomunicaciones de 1971, con la creación de su definición y la atribución de las primeras bandas de frecuencia entre 1535 y 1660 MHz.

El servicio móvil marítimo por satélite está definido como el servicio móvil en el que las estaciones terrenas móviles están situadas a bordo de barcos. Aunque también pueden considerarse incluidas las estaciones de embarcaciones de salvamento y las radiobalizas de localización de siniestros.

El primer sistema comercial de satélites marítimos es el denominado MARISAT y funciona desde 1976, con un transponder arrendado al gobierno de los EE.UU. y un transponder civil. El sistema tiene tres satélites en órbita que pueden -

cubrir los océanos Atlántico, Pacífico y recientemente el Océano Indico, con ayuda de la estación terrena en Japón.

Este sistema ha demostrado de manera concluyente la posibilidad de las comunicaciones marítimas por satélite; por lo que OCMI (Organización Consultiva Marítima Intergubernamental), ha procedido a dar los primeros pasos para la creación de la Organización Internacional de Telecomunicaciones Marítimas por Satélite (INMARSAT).

Inmarsat se dice, aportará las bases para que las comunicaciones marítimas por satélite sean económicamente viables y obligatorias, como elemento de socorro en el futuro.

Los satélites marítimos son de potencia limitada, debido a las dimensiones reducidas de la antena que debe usarse en los barcos. Su capacidad y número de circuitos es muy inferior que la de los satélites del servicio fijo, por lo que el costo de cada circuito es comparativamente muy elevado.

Los satélites y terminales del INMARSAT, se prevé, tendrán características similares a los del MARISAT, que en su segunda generación tendrán cerca de 30 canales telefónicos.

Los enlaces satélite-barco del sistema MARI SAT actual, funcionan en frecuencias de las bandas de 1600 MHz, y los enlaces de estación terrena satélite en bandas de 4 y 6 GHz.

Las terminales de barco requerirán un paraboloide de 1.2 M. que pueda seguir al satélite, y estará estabilizado para hacer frente a los movimientos del barco en el mar.

Las primeras generaciones utilizarán circuitos de portadora monocal, con modulación de frecuencia para telefonía y para Telex se empleará una portadora con multiplexaje en tiempo en la dirección costa-barco, pero de acceso múltiple por distribución en el tiempo en la dirección barco-costa.

Además de las comunicaciones convencionales, se prevén servicios de radiodeterminación y la posibilidad de incluir una facilidad para radiobalizas de localización de siniestros en la banda compartida entre el SMM por satélite y el servicio móvil aeronáutico por satélite cercano a los 1600 MHz.

FRECUENCIAS ATRIBUIDAS DEL SHM

REG 1				REG 2				REG 3			
Banda	RA	T	R	Banda	RA	T	R	Banda	RA	T	R
14 - 19.95	KHz	C	158	14 - 19.95	KHz	C	158	14 - 19.95	KHz	C	158
20.05 - 70	"	"	"	20.05 - 70	"	"	"	20.05 - 70	"	"	"
72 - 84	"	"	"	70 - 90	"	"	"	70 - 90	"	"	"
86 - 90	"	"	"								
90 - 110	"	"	158 167	90 - 110	"	"	158 167	90 - 110	"	"	158 167
110 - 112	"	"	167	110 - 130	"	"	167	110 - 130	"	"	167
115 - 126	"	"	167								
129 - 130	"	"	167								
130 - 150	"	"	172 167	130 - 150	"	"	167	130 - 150	"	"	167
150 - 160	"	"	167 174	150 - 160	"	"	"	150 - 160	"	"	"
255 - 285	"	"	174								
415 - 490	"	E	186	415 - 490	"	E	186	415 - 490	"	E	186
490 - 510	"	MG	187 (SyLL)	490 - 510	"	MG	187 (SyLL)	490 - 510	"	MG	187 (SyLL)
510 - 525	KHz	C	186					510 - 525	KHz	C	
				2065-2107	KHz	E		2065-2107	"	E	
2170-2194	"	MG	201 SyLL 201A	2170-2194	"	MG	201 SyLL 201A	2170-2194	"	MG	201 SyLL 201A
2625-2650	KHz	C	175								
4063-4438	"	E		4063-4438	KHz	E		4063-4438	KHz	E	
6200-6525	"	E		6200-6525	"	E		6200-6525	"	E	
8195-8815	"	E	201A	8195-8815	"	E	201A	8195-8815	"	E	201A
12330-13200	"	E		12330-13200	"	E		12330-13200	"	E	
16460-17320	"	E		16460-17320	"	E		16460-17320	"	E	
22000-22720	"	E		22000-22720	"	E		22000-22720	"	E	
25070-25110	"	E	224	25070-25110	"	E	224	25070-25110	"	E	224
SERVICIO MOVIL MARITIMO POR SATELITE											
1535 - 1542.5	MHz	E	352E	1535 - 1542.5	MHz	E	352E	1535 - 1542.5	MHz	E	352E
1542.5 - 1543.5	"	C	352F	1542.5 - 1543.5	"	C	352F	1542.5 - 1543.5	"	C	352F
1636.5 - 1644	"	E	352H	1636.5 - 1644	"	E	352H	1636.5 - 1644	"	E	352H
1644 - 1645	"	C	352J	1644 - 1645	"	C	352J	1644 - 1645	"	C	352J
43 - 48	GHz	C		43 - 48	GHz	C		43 - 48	GHz	C	
66 - 71	"	"		66 - 71	"	"		66 - 71	"	"	
95 - 101	"	"		95 - 101	"	"		95 - 101	"	"	
142 - 150	"	"		142 - 150	"	"		142 - 150	"	"	
190 - 200	"	"		190 - 200	"	"		190 - 200	"	"	
250 - 265	"	"		250 - 265	"	"		250 - 265	"	"	

RA = RANGO DE FRECUENCIA

R = RESTRICCION DEL RRC

T = TITULO COMPARTIDO, EXCLUSIVO, ETC.

MG = MOVIL EN GENERAL (SyLL)

5.3 - SERVICIO FIJO

El servicio fijo está definido, como el servicio de radiocomunicación, entre puntos fijos -determinados.

Se incluyen en esta definición una variedad muy amplia de radiocomunicaciones, como son:

- a) Telefónicas, con conexiones de un solo ca--nal con estaciones individuales o comunica--ción multicanal entre estaciones terminales.
- b) Telegráficas, normalmente por canales tele--fónicos.
- c) Numéricas (digitales) o transmisiones codi--ficadas que son cada día más utilizadas; incluyen transmisiones de datos, señales de -seguimientos y control, por lo general se -usan también canales telefónicos.
- d) Transmisiones de facsímil.
- e) Intercambio de programas de radiodifusión -entre estudios, fuentes de programas y plantas transmisoras.
- f) Comunicaciones de estaciones agrícolas y forestales, de policía, servicios médicos, meteorológicos, suministro de agua y energía eléctrica, empresas industriales, de nego--cios, instalaciones petrolíferas, gasoduc--tos, estaciones ferroviarias, compañías de transportes, residencias de funcionarios públicos, casas particulares y toda una gama de circuitos que pueden ser independientes o constituir redes con puntos comunes de -conmutación.

Este servicio cuenta con: 134 bandas de frecuencia de carácter primario atribuidas en la región 1, 129 en la región 2 y 132 bandas en la región 3, distribuidas en el espectro de radio desde los 14 KHz hasta los 275 GHz, estas últimas - utilizadas en sistemas espaciales en las tres regiones.

Los sistemas de comunicaciones de banda ancha entre puntos fijos pueden clasificarse en tres categorías:

- 1) Aquellos dispuestos sobre rutas terrestres, en las cuales, por medio de una serie de enlaces a corta distancia utilizados como puntos de relevo, se comunica a las estaciones terminales.
- 2) Aquellos que se utilizan para cubrir grandes distancias, tales como desiertos u océanos, en los que no existe una ruta terrestre accesible.
- 3) Un tercer grupo de sistemas de comunicación que pertenecen al servicio fijo, sería entonces el tipo de enlaces de banda angosta, con conexión de punto a punto (directo entre usuarios), sin necesidad de relevos.

La razón de esta clasificación es fácilmente comprensible:

En primer lugar, los sistemas de los tipos 1 y 2 se usan, a diferencia del tercer tipo, para manejar grandes niveles de tráfico de llamadas como son: los enlaces telefónicos, numéricos, telegráficos y en muchos casos para la conducción de señales de televisión, lo que requiere sistemas como ya dijimos de banda ancha, más elaborados y costosos.

El tercer tipo, en cambio, maneja niveles de tráfico de llamadas por sistema considerablemente menor, como son los ejemplos e y f antes mencionados, de ahí que se les clasifique también como sistemas de banda angosta.

Otra ventaja que ofrece la clasificación anterior, es la de poder ubicar en ella a los sistemas que utilizan líneas físicas y que, aún cuando no pertenecen al servicio fijo (puesto que la clasificación de servicios de radiocomunicación sólo se refiere a sistemas que utilizan la propagación de las ondas electromagnéticas en el espacio), cabe mencionarlos para efectos de comparación como sistemas alternativos de comunicación entre puntos fijos.

Esto es importante, ya que los sistemas por líneas físicas, ofrecen la posibilidad de eliminar la ocupación del espectro de radio, al conducir las ondas electromagnéticas a través de conductores con la consiguiente ventaja de poder usar el espectro así ahorrado, para servicios que dependan completamente de la propagación por el espacio.

Una vez aclarado el punto anterior, podemos establecer los sistemas que se usan en cada categoría:

SHF

Sistemas de comunicaciones sobre vías terrestres que utilizan relevos a corta distancia.

- a) Relevadores de microondas
- b) Sistemas de cables coaxiales
- c) Guías de ondas SHF, fibras ópticas
- d) Sistemas "Carrier" (portadora) que aprovechan las líneas de alta tensión.

Sistemas sobre grandes distancias sin rutas terrestres disponibles.

Sistemas en ondas HF.

Sistemas radioeléctricos transhorizonte.

Sistemas que usan la reflexión en meteoros, Satélites artificiales, Cables submarinos.

SISTEMAS DE COMUNICACIONES SOBRE VIAS TERRESTRES CON RELEVOS A CORTA DISTANCIA

SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELECTRICOS DE BAJA CAPACIDAD

Uno de los empleos más frecuentes de estos sistemas (de 1 a 24 canales), es el que se realiza para conectar pequeñas centrales telefónicas rurales a la red nacional de telecomunicación. A veces también se conecta a los abonados rurales, con la central telefónica más próxima utilizando equipo radioeléctrico de un solo canal.

Las frecuencias utilizadas en el servicio fijo para estos enlaces varían entre 68 y 1690 MHz, se prefieren para los casos de equipo de un solo canal las bandas entre 68 y 470 MHz, siendo las frecuencias más bajas mejores para las regiones montañosas y las más altas preferibles para grandes localidades.

Las antenas son del tipo Yagi para frecuencias por debajo de 470 MHz; un sistema de dipolos, una antena helicoidal o un reflector diedro es apropiado para la banda de 400 MHz, y antena

parabólica para 900 MHz y frecuencias superiores. En algunos casos el empleo de la misma antena para transmisión y recepción brinda ventajas económicas, pero en tal caso se tiene que adoptar -- cierta separación de frecuencias para evitar el bloqueo del receptor.

SISTEMAS RELEVADORES RADIOELECTRICOS DE ALTA CAPACIDAD

Los sistemas de relevadores radioelétricos de microondas, operan principalmente en las bandas 2, 4 y 6 GHz (algunos países como México, -- también utilizan las bandas 7, 8, 10 y 12 GHz).

Las características de propagación en estas bandas están limitadas al tipo de vista directa, y permiten enlaces de 18 a 50 Km., dependiendo -- de la altura disponible para las antenas y la topografía involucrada.

Se usan antenas altamente directivas y de -- alta ganancia (40 a 50 dB), con transmisores de baja potencia (alrededor de 10 Watts), con modulación en frecuencia (aunque los sistemas PCM digitales se están extendiendo con algunas ventajas sobre los sistemas analógicos para uso telefónico o de transmisión de datos). Ocupan anchuras de banda desde 200 hasta 1000 MHz, y pueden conducir hasta 2700 canales telefónicos (4 KHz -- c/u.) o un canal de TV por canal de RF.

Frecuencia central - preferida.	Anchura de la banda de radiofrecuencias ocupada.	Capacidad máxima de cada portadora de radiofrecuencia (canales telefónicos o su equivalente)
(MHz)	(MHz)	
1808		
2000	200	60/120
2203		
1903		
2101 (1)	400 (1)	300/1800
4003,5)		
6175	500	600/1800
6770	680	960/2700
7575	300	60/120/300
8350 (2)	300 (2)	300/960 (2)
11200	1000	960

(1) En gran parte de la región 2, y en otras zonas, se utiliza una frecuencia de referencia de 3700 MHz en el borde inferior de una banda de 500 MHz.

(2) En algunos países puede utilizarse una capacidad máxima de 1800 canales telefónicos, o su equivalente, en cada portadora de radiofrecuencia, con una frecuencia central preferida de 8000 MHz. La anchura de la banda de radiofrecuencia ocupada es de 500 MHz.

Se usan tres tipos de repetidores, que son:

El heterodino, el de banda base y el de transferencia.

El repetidor heterodino traslada la señal de entrada a una frecuencia intermedia (por ejemplo 70 MHz), la amplifica y la convierte después a microondas; para transmitirla a continuación a

la siguiente estación relevadora.

El repetidor de banda base demodula la señal recibida para obtener la señal de banda base en el receptor, y la modula nuevamente en el transmisor de cada repetidor, de suerte que la distorsión de modulación y demodulación se acumula en cada estación repetidora.

Este tipo de repetidor se utiliza principalmente en las estaciones repetidoras, en las que se derivan canales telefónicos; mientras que el heterodino se emplea en las estaciones sin derivaciones en los sistemas de gran longitud.

El repetidor de transferencia amplifica directamente la señal de entrada mediante un tubo de ondas progresivas, sin pasar por una frecuencia intermedia, y se utiliza en sistemas de banda muy ancha.

Los relevadores de microondas, por su propagación cuasi-óptica, están sujetos a algunas variaciones, debido a gradientes de temperatura cerca de la tierra, que resultan de los cambios, en los índices refractivos y de desvanecimientos por propagación en multivías. Sin embargo, estos efectos son suficientemente pequeños como para permitir un funcionamiento aceptable, con el empleo de transmisión de diversidad espacial o de frecuencia, con combinadores de señal en los receptores (véase transmisión por diversidad servicio móvil terrestre).

A continuación, se exponen posibilidades que ofrecen las distintas bandas de frecuencias atribuidas al servicio fijo en la gama de más de 30 MHz:

- 30- 470 MHz En esta gama se utilizan relevadores con línea de vista, así como enlaces por dispersión ionosférica y troposférica, y (rara vez) por dispersión meteórica; se obtiene un máximo de 60 canales, se usa equipo relativamente sencillo con antenas de poca ganancia y gran directividad.
- En algunos casos se utilizan frecuencias cercanas a 470 MHz para telemetría y telemando.
- 610- 960 MHz En esta región se obtienen 60 ó 120 subcanales telefónicos o un canal de televisión.
- Se usan enlaces con línea de vista y circuitos que aprovechan la dispersión troposférica.
- 1350-1690 MHz Idem anterior.
- 1690-2690 MHz Puede lograrse una capacidad de 300 canales telefónicos.
- 3400-4200 MHz Esta gama presenta buenas condiciones para circuitos de gran longitud.
- 4400-5000 MHz La capacidad puede ser de 300 a 1800 canales telefónicos.
- 5850-8500 MHz La parte inferior de esta gama se emplea para radioenlaces de hasta 1800 canales telefónicos, y la superior para circuitos de baja capacidad.

9.8 - 13.5 GHz Estas son las frecuencias más altas en las que es posible el explotación radioenlaces. Los efectos altamente perturbadores de las precipitaciones impiden un funcionamiento estable de esta banda, lo que empeora a mayores frecuencias.

ALTERNATIVAS

El segundo tipo de sistema de las comunicaciones sobre vías terrestres, es el cable coaxial o tubos de pares coaxiales.

Estos sistemas pueden transmitir hasta 10800 canales de audio de 4 KHz a una distancia máxima de 6000 Km, usando repetidores (amplificadores) como relevo, que compensan la atenuación de la línea.

Los tubos coaxiales utilizan un par en la dirección de "ida" y un par en la dirección de "regreso", y en el centro conducen la alimentación de DC para los repetidores, a partir de las estaciones terminales.

Los sistemas que recomienda la UIT, para interconexión internacional son de dos diámetros: 4.4 y 9.5 mm. y son capaces de conducir 12 y 60 MHz de ancho de banda con 2700 y 10800 circuitos de voz respectivamente. De hecho, la capacidad de conducción de los cables es mucho mayor que la de los sistemas de microondas, pues al formar grupos compuestos por 18 tubos, pueden establecer cerca de 100 000 circuitos de voz.

La conveniencia de utilización de uno de los dos sistemas, en lugar del otro, depende de

la longitud del circuito, el número de canales - que se requiera, así como de factores económicos y geográficos.

Para conexiones de baja y media capacidad - suele ser más conveniente el uso de las microondas; mientras que para sistemas de alta capacidad como solución a largo plazo, resulta más beneficioso el cable.

Una tercera alternativa entre las comunicaciones sobre vías terrestres, es la técnica de - las guías de ondas milimétricas, que son capaces de conducir simultáneamente un cuarto de millón de conversaciones de voz en dos sentidos. Son - potencialmente mucho más económicos que los cables coaxiales y por lo tanto, mucho más atractivas como sustituto para el recurso del espectro.

Las guías de onda ya han sido usadas desde hace varios años en los equipos de microondas y el desarrollo de redes troncales ya se realizado en algunos países.

Estos sistemas trabajan generalmente basados en el uso de una guía circular tipo helix - (hélice), de 5 cm de diámetro, operando en la - banda entre 30 y 100 GHz, con pérdidas del orden de 2 dB por kilómetro.

El espaciamiento entre repetidores, depende no sólo de las pérdidas de la guía utilizada, sino de las curvas horizontales y verticales que - ésta tome a lo largo de la ruta, las cuales agregan una mayor atenuación en el circuito.

Por lo tanto, la planeación de rutas para - guías de ondas SHF considera siempre la cantidad y forma de las curvas en el trayecto, teniéndose en general los repetidores espaciados entre 16 y

30 kilómetros.

COMUNICACIONES SOBRE GRANDES DISTANCIAS SIN RUTAS TERRESTRES DISPONIBLES

El más antiguo de los sistemas de comunicación de la segunda categoría es, seguramente, el cable telegráfico submarino. El primero de estos cables fue tendido a través del Atlántico en 1866, y para finales de ese siglo ya existía una red mundial de comunicación.

Sin embargo, la capacidad de acarreo de información era muy limitada (el equivalente a dos teleimpresores en cada punta), lo cual los encarecía enormemente; así que fue abandonada su explotación principalmente por razones económicas. Posteriormente, a mediados de los años treinta, surgió la radio HF; en la banda de 3 a 30 MHz como una nueva forma de establecer comunicaciones fijas para operación comercial, inicialmente sólo con la transmisión de la palabra escrita (clave Morse), pero después de la segunda guerra mundial, también con la transmisión de voz.

La confiabilidad de esos sistemas era muy escasa, pero gracias a los progresos en el conocimiento de la ionósfera y en general del medio de propagación, los sistemas de radio de HF de la actualidad pueden proporcionar cuatro canales de voz de 3 KHz a cualquier distancia en la tierra con una confiabilidad de un 90%. Esto, acoplado con la flexibilidad y el bajo costo del sistema, han hecho que aún en esta época de cables coaxiales y satélites artificiales, el radio HF se use en toda su capacidad. La distancia "óptima" de estos enlaces con ondas HF, que aprovechan las propiedades de reflexión en la ionósfera y la tierra es aproximadamente 1500---

2500 Km, pero los enlaces más cortos se utilizan para transmisión de mensajes telegráficos y con menor frecuencia telefónicos y de datos.

Las condiciones de funcionamiento de los circuitos del servicio fijo de ondas HF, están determinadas por las condiciones ionosféricas y por el número de señales de estaciones interferentes en esa gama. En los últimos veinte años, se han utilizado extensamente métodos de predicción de las condiciones de propagación ionosférica, que permiten elegir las frecuencias óptimas para enlaces de gran longitud. Se ha señalado además, la ventaja de utilizar emisiones de BLU en lugar de DBL, ya que esta medida suele ir acompañada con factores como la disminución en la banda de paso en los receptores, mayor estabilidad en los osciladores y un aumento en la selectividad de las antenas; todo lo cual permite elevar la insensibilidad de los enlaces cuando existen altos niveles de ruido. Una posibilidad más que se tiene con el uso de BLU, es la de duplicar la información (telegráfica) transmitida, para ello; por uno o dos canales de las bandas laterales superior o inferior se transmite la misma información y en la recepción se efectúa la selección automática de la señal. Este procedimiento es útil en circuitos en los cuales la interferencia es elevada.

SISTEMAS RADIOELECTRICOS TRANSHORIZONTE

Cuando una comunicación tiene que efectuarse a través de terrenos de difícil acceso, se tiene que salvar montañas, cruzar desiertos o el mar, se puede recurrir a sistemas de ondas decamétricas; o en su defecto, a sistemas de frecuencias más elevadas con potencias suficientes (1 a 10 Kw) para cubrir grandes distancias (100 a 1000 Km).

Estos sistemas, que con frecuencia se combinan con las redes de microondas, son llamados sistemas relevadores transhorizonte, y pueden ser de dos tipos: Sistemas por dispersión Troposférica y Sistemas que utilizan la difracción en montañas.

SISTEMAS POR DISPERSION TROPOSFERICA

Los sistemas de dispersión troposférica, aprovechan las irregularidades y discontinuidades de la tropósfera y pueden conducir entre 12 y 300 canales telefónicos o una transmisión de TV utilizando bandas en 900, 2000 y 5000 MHz principalmente.

En la propagación por dispersión troposférica se producen desvanecimientos selectivos, y cuando se utiliza para comunicaciones de banda ancha, las características de fase y amplitud se deterioran, lo que limita la anchura de banda utilizable.

Cuanto mayor es la distancia, mayor es el volumen de dispersión y en consecuencia, más reducida es la anchura de banda. Si en transmisión y recepción se utilizan antenas de haz estrecho y elevada ganancia, de forma que la onda pase por la parte central únicamente del volumen de dispersión; se reduce la diferencia de longitud entre el trayecto más largo y el más corto y se mejora la transmisión de banda ancha.

En general, se utilizan grandes antenas (20 x 20 m.) y frecuencias bajas para enlaces largos, mientras que para enlaces más cortos son más apropiadas antenas más pequeñas y frecuencias más altas.

Por las elevadas potencias y los receptores de bajo nivel de ruido que utilizan los sistemas relevadores transhorizonte, son susceptibles de causar fuertes interferencias; y al mismo tiempo son vulnerables a éstas, así que la planeación - que se hace de la ubicación de las estaciones - tanto como de la asignación de frecuencias, debe ser muy cuidadosa.

ENLACES POR REFLEXION EN METEOROS

La reflexión en estelas de meteoros, es un tipo de comunicación en ondas métricas que permite una conexión intermitente a grandes distancias.

En los últimos tiempos, con la ayuda de dispositivos de memoria, se han establecido circuitos más o menos confiables en distancias de 1500 a 2000 Km, mediante la transmisión intermitente de información; cuando en el centro del trayecto a una altura de unos 100 Km se forman estelas métricas suficientemente densas (polvo meteórico).

Los períodos de funcionamiento, que corresponden a la presencia de una estela meteórica, - representan el 5% del tiempo total, por lo cual la velocidad de transmisión no deberá ser inferior a 20 veces la velocidad telegráfica media. En las comunicaciones por reflexión en meteoros, la intensidad de campo en el punto de recepción es considerablemente mayor (de 60-80 dB) que en los enlaces que utilizan la dispersión ionosférica, lo que permite utilizar en estos circuitos - transmisores mucho menos potentes y antenas más sencillas.

Además, estos sistemas producen menos interferencias, pues las señales transmitidas son di-

fíciles de captar en puntos algo alejados del lugar en que se encuentre el equipo receptor.

ENLACES POR DISPERSION IONOSFERICA

Este tipo de transmisión permite comunicación en el rango entre 30 y 60 MHz y sobre distancias entre 1000 y 2500 Km. Su confiabilidad es aproximadamente 98%.

Se cree que este tipo de propagación se debe a la dispersión de la parte inferior de la capa D de la ionósfera, y que el ancho de banda útil está restringido a menos de 10 KHz.

El uso más común para estos enlaces ha sido el de canales telegráficos impresos; particularmente en las regiones de aurora boreal, en las que la transmisión convencional de alta frecuencia nunca es confiable.

La atenuación media sobre trayectorias entre 1200 y 1700 Km a 30 MHz, está alrededor de los 80 dB arriba de la atenuación en el espacio libre.

La flexibilidad de estos enlaces es relativamente reducida como consecuencia de las características especiales de las antenas.

El monopolio que la radio de HF tuvo por muchos años de las comunicaciones de larga distancia, se debilitó grandemente con el advenimiento de los satélites y los cables intercontinentales.

Las ondas decamétricas hoy en día sólo pueden transportar una pequeña fracción del tráfico, y cualquiera de los dos sistemas mencionados puede conducir anchos de banda de 30 MHz; igual al

total del espectro de HF.

En efecto, la gran mayoría de la carga de - comunicaciones a gran distancia, actualmente se efectúa por cables coaxiales submarinos o satélites.

El primer cable submarino fue tendido a través del Atlántico Norte hace más de 20 años, y conducía 36 canales de voz de 4 KHz con un total de 144 KHz de ancho de banda en cada dirección. Este sistema operaba con repetidores colocados - cada 57 Km y tuvo un gran éxito, por lo que se redujo a 3 KHz el ancho de banda de cada canal - sin una degradación apreciable en la calidad, obteniendo así un total de 48 canales de voz.

Una mejora posterior a este sistema, fue conocido como método t.a.s.i. (time assignment -- speech interpolation); que trabajaba bajo el -- principio de que, en cualquier conversación de -- dos direcciones, una persona está escuchando --- mientras otro habla así, usando circuitos de -- switcheo, el canal vacío del escucha podía ser - usado por otro abonado para hablar, de esta manera la capacidad de los cables aumentó a 88 canales.

El desarrollo de los cables submarinos continuó con el tiempo, se redujo la atenuación en un tercio y se incorporaron filtros direccionales en los repetidores. Hoy en día estos cables son capaces de transportar 5 500 circuitos de - voz, con ancho de banda total de 45 MHz, y están diseñados para operar por un período de 20 a 25 años libres de fallas.

TENDENCIAS FUTURAS DEL SERVICIO FIJO

Con el rápido aumento de la demanda de servicios telefónicos y de televisión, y con la introducción de nuevos servicios de transmisión de datos y de videoteléfono, es natural que las técnicas de telecomunicación tiendan al desarrollo de sistemas de transmisión de bandas más anchas para las redes nacionales e internacionales.

Sin duda una gran parte de este nuevo tráfico se cursará por líneas físicas, tales como sistemas de cables coaxiales, cables submarinos, etc. No obstante los sistemas relevadores de microondas y los sistemas de telecomunicación por satélite, desempeñarán un papel importante frente a este constante aumento del tráfico, compartiendo las bandas de frecuencias atribuidas al servicio fijo. Para ello, es natural que se tienda a utilizar de la manera más eficaz posible las bandas de frecuencias de que se dispone, aprovechando al máximo la capacidad de las mismas. Las bandas más altas por arriba de los 12 GHz, habrán de ser explotadas gradualmente al perfeccionarse los conocimientos de la relación entre las precipitaciones y la atenuación posiblemente por medios estadísticos.

Para lograr esto, los sistemas de relevadores existentes tienden a ser optimizados por la implantación de técnicas como la modulación por impulsos codificados (MIC), que es insensible a las interferencias radioeléctricas y requiere poca potencia de transmisión.

El sistema de MIC puede compensar la atenuación por la absorción por precipitaciones en frecuencias altas (alrededor de 15 GHz) y permite que los puntos de relevo estén más separados.

Su desventaja principal es el gran ancho de banda que requiere, pero se ha supuesto que posiblemente el empleo de polarización cruzada pueda compensar en parte este inconveniente; además, - la modulación por impulsos codificados es adecuada para efectuar la compartición con otros sistemas de relevadores radioeléctricos o con sistemas de telecomunicación por satélite, lográndose así una economía general en la utilización del espectro.

5.4 - SERVICIO DE RADIOCOMUNICACIONES ESPACIALES

RESUMEN HISTORICO DE LOS SATELITES

Aunque el origen de la idea general de las telecomunicaciones por satélite se ha perdido en el tiempo, se sabe que el primer satélite síncrono, o geostacionario, fue propuesto por primera vez por Arthur C. Clark en el Wireless World con el título de "Relevadores Extraterrestres" hace más de 32 años. Posteriormente, la reflexión lunar por Radar con propósitos de comunicación, fue repetidamente demostrada a finales de los años 40 y principios de los 50. En julio de 1954, la marina de EE.UU. transmitió el primer mensaje vocal sobre la trayectoria tierra-luna y en 1956, se estableció el primer servicio de "relevadores lunares" entre Washington y Hawaii, que operó hasta 1962, ofreciendo confiable comunicación con 100 Kw en 430 MHz, limitado sólo por la disponibilidad de la luna (a línea de vista).

En un esfuerzo aparte para relevar señales desde las alturas en 1960, el experimento con el globo metalizado Echo, constituyó el primer satélite

lite pasivo construido en la tierra, este satélite viajaba a una altitud de 1500 Km y dispersaba las ondas incidentes de 960 y 2290 MHz, con el grave inconveniente de su ineficiencia (un satélite pasivo sólo devuelve una 10^{-8} parte de la potencia transmitida).

El primer satélite activo de comunicación fue el SCORE, lanzado en 1958 y transmitía un mensaje de navidad del presidente Eisenhower al mundo, con una potencia de 8 W en 122 MHz de frecuencia, en realidad éste fue el primer satélite de radiodifusión y funcionó 12 días al agotarse sus baterías.

Junto con los primeros satélites de experimentación tales como: Sputnik, Explorer y Vanguard, los pasos más importantes en la tecnología de satélites activos de comunicación, fueron los proyectos Relay, Syncom y Telestar. Este último fue posiblemente el mejor conocido por ser el primero en poder relevar programas de TV a través del Atlántico; en 1962, los Telestar II y III muy similares, tenían una potencia de 2.25 W con un ancho de banda de 50 MHz, en 5 y 4 GHz, su capacidad total era de 600 canales de voz o un canal de TV. Los satélites Telestar fueron diseñados como experimento sin pretensiones comerciales.

Tres años después, en 1965, las comunicaciones comerciales por satélite comenzaron oficialmente con el Intelsat I (conocido como pájaro ma drugador), que fue puesto en órbita geoestacionaria ecuatorial en posición longitudinal 30° Oeste, para operación transatlántica y que era capaz de relevar 120 circuitos de voz o un canal de TV.

El Intelsat I fue, con algunas excepciones, un satélite aún experimental por dos razones principalmente:

Primero, para comprobar que se podía mantener una comunicación confiable, a pesar de una vía con 200 dB de atenuación; y segundo, comprobar que el retraso de transmisión tierra-satélite-tierra era aceptable. El resultado de estos experimentos fue un éxito, el primero, por el empleo de las estaciones en tierra con las conocidas antenas parabólicas de 30 metros de diámetro y amplificadores de bajo nivel de ruido de enfriamiento criogénico y el segundo, por la ejecución de un retraso de 250 milisegundos (ms) que estaba dentro del límite aceptado para comunicación telefónica.

Una decisión aún más importante fue la que se tomó para continuar con los satélites de órbita geoestacionaria, que es el tipo usado en todos los satélites de propiedad internacional hasta hoy en día.

Es quizá paradójico, que tal decisión asegurara el futuro requerimiento de los cables coaxiales submarinos. Ya que todos los circuitos intercontinentales, entre puntos que no estén servidos por un mismo satélite, tienen que ser completados por cables submarinos, puesto que un doble enlace por satélite resultaría en un retraso inaceptablemente grande de más de 500 ms.

Desde que el primer satélite fue lanzado en 1965 han habido grandes avances; no sólo en los circuitos electrónicos, sino también en balística, control telemétrico, etc.

La cuarta generación de satélites Intelsat (IV), tiene una masa de 730 Kg, una potencia primaria de 569 W; veinte transponders y una capacidad de alrededor de 1827 circuitos de voz o 12 canales de TV a color al mismo tiempo.

Los cinco satélites Intelsat IV están equipados con 13 diferentes antenas, y pueden cubrir selectivamente rutas de tráfico denso; con haces de cobertura angosta de 4.5° o dar cobertura amplia en Europa, Norte y Sud América con haces de 17.3° .

En la actualidad, existen más de 42 sistemas de comunicación por satélite, que cubren toda una serie de propósitos, además de comunicaciones para el servicio fijo.

Como ejemplos de estos sistemas, los más importantes son los siguientes:

- I) Los sistemas internacionales de telecomunicaciones como el Intelsat, el Statsionar.
- II) Los sistemas regionales y domésticos principalmente usados para comunicación civil y ocasionalmente para distribución de programas de TV como el Anik, Westar, Statcom, Comstar, Palapa y Molniya.
- III) Los de propósitos de comunicación militar como el Nato, Skynet, DSCS y el Fltstatcom.
- IV) Los de radiocomunicación como el sistema JAPAN-BROADCAST que entró en operación en 1978.
- V) Los satélites de experimentación o con fines de investigación, como los sistemas: Marots, Marisat, Aerosat, etc.

Los programas experimentales cubren un amplio campo de propósitos, entre los que se encuentran los sistemas de frecuencias superiores a los 12 GHz, como los sistemas ATS-6, Canadian Technology Satellite, The Japanese Communication

Satellite, la serie Lincoln Laboratories, Symphonie y Sirio.

RADIOCOMUNICACION ESPACIAL

El Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT en su número 21 C, define a la Radiocomunicación espacial, como: toda radiocomunicación que utilice una o varias estaciones espaciales, uno o varios satélites pasivos o cualquier otro objeto situado en el espacio. Por supuesto, esta definición incluye al servicio fijo por satélite - que es, según el Reglamento, el servicio de radiocomunicación.

- Entre estaciones terrenas situadas en puntos fijos determinados, cuando se utilizan uno o más satélites; en algunos casos, este servicio incluye enlaces entre satélites que pueden realizarse también dentro del servicio entre satélites.

- O que establece el enlace entre una o varias estaciones terrenas situadas en puntos fijos determinados y satélites utilizados por un servicio diferente del servicio fijo por satélite (por ejemplo, el servicio móvil por satélite, el servicio de radiodifusión por satélite, etc.)

El primer reconocimiento oficial, en el ámbito internacional, de la necesidad de atribuir determinadas partes del espectro de frecuencias a los servicios de radiocomunicaciones por satélite, ocurrió en la Conferencia Administrativa Ordinaria de Ginebra en 1959.

El primer problema con que se enfrentaron las radiocomunicaciones por satélite, en aquellos días; fue que su advenimiento sucedió cuan-

do la porción del espectro apropiado para la utilización de los satélites, estaba ya atribuido y en uso, en su totalidad; o en gran parte, por el servicio fijo terrestre, en general con sistemas relevadores de visibilidad directa.

El estudio de la compartición de bandas de frecuencias entre los servicios espaciales y los servicios terrenales, comenzó con la X Asamblea Plenaria del CCIR (Ginebra, 1963), en la que se formularon recomendaciones técnicas importantes al respecto.

Esto permitió a la Conferencia Administrativa Extraordinaria de Radiocomunicaciones Espaciales (Ginebra, fines de 1963), fijar los criterios técnicos y reglamentar la utilización de las dos categorías de servicios con igualdad de derechos.

Desde entonces y hasta la fecha, el estudio de la mejor utilización del espectro por los servicios espaciales ha continuado con importantes consecuencias, por ejemplo: en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones Espaciales de Ginebra (1971) se tomó, entre otras, la decisión de ampliar de 40 GHz a 275 GHz (se multiplicó prácticamente por 7) la porción del espectro radioeléctrico, cuya utilización está reglamentada.

La inmensa expansión que trajeron a las telecomunicaciones, las radiocomunicaciones por satélite; es de todos bien conocida, daremos a continuación algunos aspectos de ellas.

— Tipos de Orbita

Existen, en forma general, dos tipos de sa-

télites de comunicaciones atendiendo a su órbita: Los satélites elípticos y los satélites sincrónos y geoestacionarios.

Los primeros giran en torno a la tierra, describiendo una elipse en trayectoria de gran excentricidad en planos inclinados y proporcionan un servicio discontinuo en cada punto de recepción; tienen la ventaja de la sencillez en su lanzamiento y la posibilidad de dar servicio a zonas polares.

Los satélites sincrónos en cambio, giran al rededor de la tierra en trayectorias más o menos circulares, con un período orbital de 23 horas - 56 minutos, que es exactamente igual al período de revolución de la tierra y que corresponde a una altura de 35900 Km. Por lo tanto, este tipo de satélite permanece fijo en latitud y longitud respecto a la tierra y proporciona un servicio permanente.

Además, cuando el plano orbital del satélite coincide con el plano del Ecuador, se hablará de un satélite ecuatorial, que puede cubrir un 42% de la superficie terrestre en forma de casquete esférico de 18000 Km².

En cuanto a las características de comunicación de estos dos tipos de satélite, las principales son:

- 1) El satélite geoestacionario requiere una sola antena en la estación terrestre, sin costosos mecanismos de seguimiento, por lo que es una solución económica y más confiable. Sin embargo existe, debido al trayecto de gran altitud, una pérdida de transmisión de unos 200 dB por enlace y un largo tiempo de propagación, que provoca un retraso de apro

ximadamente 250 milisegundos (ms), que es con todo operacionalmente aceptable en telefonía. Es significativo mencionar, que el límite máximo aceptado internacionalmente para este retraso es de 300 ms, ya que un retraso mayor puede interferir de una manera subjetiva en la fluidez de una conversación telefónica.

En realidad, en algunos casos, el trayecto abonado-estación-satélite-estación-abonado, se ha demorado más de 556 ms y aunque éste es ya un retraso excesivo, se ha podido comprobar que sólo afecta a las personas de réplica rápida; que es un 10% del total.

Estos retrasos por supuesto, no afectan las transmisiones en un solo sentido, tales como televisión o datos.

- II) El satélite de órbita elíptica tiene las ventajas de que puede reducir los retrasos de transmisión, pero es una solución que significa la necesidad de usar un mayor número de satélites, para una misma zona, un complicado sistema de rastreo y al menos dos antenas para cada estación.

Tiene casi los mismos inconvenientes de propagación que el geostacionario y además, el problema de distorsión por efecto Doppler.

SATELITE RELEVADOR DE PUNTO A PUNTO

Estos satélites trabajan en forma de línea de vista entre dos estaciones terrestres, relevando grupos de señales multiplexadas, comúnmente por división de frecuencia de alta capacidad

entre esos puntos.

Los satélites proporcionan enlace de dos - sentidos que puede transportar televisión, datos, voz o cualquier otra señal que se pueda introducir en el ancho de banda, multiplexado de igual manera que se hace en tierra.

Por lo tanto, el enlace por satélite puede considerarse como parte de los servicios de portadora común de tierra.

Los primeros satélites que se tuvieron, tenían dimensiones reducidas y poca potencia, por lo que las estaciones terrestres debían tener - grandes antenas, y varios pasos para minimizar - el ruido térmico en los circuitos (el ruido térmico generado en la transmisión es proporcional a la temperatura absoluta, de manera que los circuitos en la estación transmisora son enfriados por helio líquido), lo cual hacía que estas estaciones fueran extremadamente costosas, y a los satélites un medio competitivo sólo para distancias muy grandes.

A medida que se incrementa la potencia del satélite, el costo de las estaciones disminuye - en buena parte por el uso de antenas más pequeñas (en la actualidad se ha llegado al límite de poder utilizar pequeñas antenas de disco sobre las casas, para recibir señales directas de televisión por satélite) y receptores sin enfriamiento criogénico, esto aunado con el aumento en la capacidad de los satélites, les permite cada día ser más rentables sobre cortas distancias.

El aumento de potencia, sin embargo, está - comprometido (hasta la fecha), por condiciones - de tamaño en el vehículo lanzador; y los criterios técnicos de compartición de frecuencias con

los sistemas relevadores radioeléctricos de tierra (esta última condición admite algunas exclusiones al servicio de radiodifusión por satélite).

Otro factor importante en la transmisión por satélite es el rango de frecuencias que utiliza, el cual determina el ancho de banda o la capacidad de acarreo de señales y la angostura de los haces radiados, lo que a su vez determina el número máximo de satélites que pueden ser puestos en órbita.

EL MULTIPLEXAJE

El multiplexaje es, a grosso modo, un proceso que permite combinar un cierto número de señales dentro de una sola banda de transmisión.

Como ya dijimos, el tipo de multiplexaje más comúnmente usado en los satélites de comunicaciones es el multiplexaje por división de frecuencia, aunque teóricamente, casi cualquier tipo de multiplexaje y modulación de portadora que se usa en los sistemas terrestres, se puede aplicar en satélites.

Algunos sistemas como el Intelsat y el Telesat utilizan AM de banda lateral única, multiplexaje por división de frecuencia en tierra y FM en el satélite.

Otros sistemas aplican multiplexaje por división de tiempo, y modulaciones digitales, como: modulación de pulsos codificados (PCM), modulación delta (MD), modulación por duración de pulsos (PDM), modulación por amplitud de pulsos (PAM), modulación por desviación de fase (PSK) y otras.

EL ACCESO MULTIPLE

El acceso múltiple es un conjunto de técnicas, que permiten explotar las amplias cualidades de conmutación de los satélites, y su gran campo de visibilidad.

El tipo más empleado de acceso múltiple es el de división de frecuencia (FDMA), que básicamente consiste en usar señales portadoras para cada estación terrestre.

Esta técnica permite que varias estaciones terrestres utilicen el mismo transponder.

Se pueden multiplexar muchos canales en cada portadora que es transmitida a través del satélite, o usar diferente portadora por cada canal telefónico o banda base dentro del satélite.

Otros métodos son el acceso múltiple por división de espacio (SDMA), que usa diferentes haces de antena y distintos amplificadores dentro del satélite, para cada estación terrestre; o el acceso múltiple por división de tiempo, en el que a cada estación terrena, le es asignada una fracción de tiempo para su transmisión; y todas las estaciones terrestres usan la misma frecuencia portadora dentro de cada transponder; o el acceso múltiple por división de código (CDMA) -- con la cual, la transmisión de cada estación terrestre se combina con un código, ocupando todo el ancho de banda del transponder. Posteriormente, cada estación terrena que recibe la señal, puede extraer la transmisión deseada (por medio de técnicas de correlación y teniendo un duplicado de ese código) de "entre" las muchas transmisiones de otras estaciones terrenas.

— Sobre las transmisiones espaciales

Un sistema relevador por satélite, comprende dos circuitos electromagnéticos principales: El enlace tierra-satélite y el enlace satélite-tierra.

En el primero el sistema toma ventaja de las potentes estaciones terrestres, antenas parabólicas de alta ganancia y haces angostos con pequeña a ninguna interferencia con los servicios terrestres.

Por otro lado, el enlace satélite-tierra está severamente limitado en potencia, debido al tamaño del satélite y a la posibilidad de interferencia con los servicios terrestres. Esta etapa de hecho es la que limita la calidad del sistema.

— Seguimiento, Telemando y Telemida de mantenimiento

Por razones de seguridad, comúnmente se dispone de una señal sencilla y muy segura, emitida por los satélites. Esta señal permite la determinación de la órbita, la velocidad o posición instantánea por medio de la radiodeterminación (con exclusión del radar primario).

Para lograr el seguimiento desde tierra, la estación espacial está provista de un radiofaro que transmite datos de identificación a poca velocidad.

El enlace de Telemando espacial tiene el fin de iniciar, modificar o interrumpir el funcionamiento de los aparatos instalados en el satélite, lo que permite ajustar la posición de la órbita y la actitud del satélite, accionar los sistemas de

comunicación, etc. Generalmente, el seguimiento y el telemando se efectúan desde tierra, a través de un centro de análisis y reducción de datos, - que por medio de computadoras electrónicas determina las condiciones del satélite y engendra las señales de mando en forma de señales numéricas - de impulsos codificados.

El enlace de telemedida y mantenimiento espacial tiene por objeto, la transmisión desde el - satélite de informaciones sobre las condiciones electrónicas y mecánicas de funcionamiento del - mismo, además de datos sobre su equipo y sobre - las condiciones del medio ambiente que rodea al vehículo espacial.

— Problemas de las trayectorias

La atenuación de las transmisiones en las - comunicaciones por satélite, es uno de los problemas más importantes para este servicio.

La atenuación se debe básicamente a dos factores:

- 1) La absorción de energía de la onda, por el momento eléctrico permanente de los dipolos de las moléculas de agua y oxígeno.
- 2) A la dispersión debido a las precipitaciones.

La magnitud de la atenuación varía con el clima del área en la que se efectúa la comunicación, así como con el ángulo con que la señal - transmitida deja la superficie del planeta (el - cual determina la distancia que la señal debe - viajar a través de la atmósfera). Debido a la - naturaleza resonante de la absorción por precipi

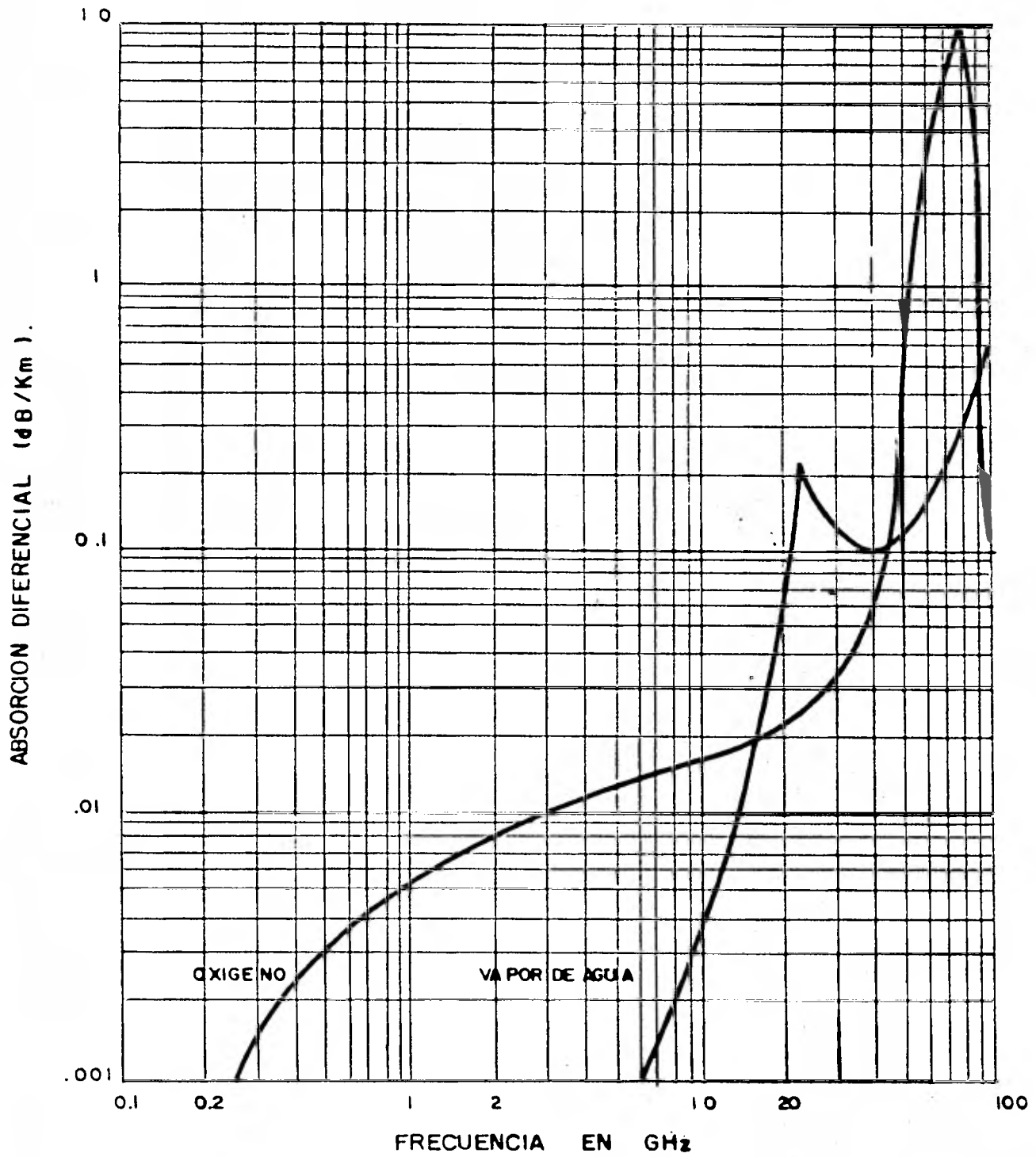


FIG. 5-1 ABSORCIÓN DEBIDA AL OXIGENO Y AL VAPOR DE AGUA.

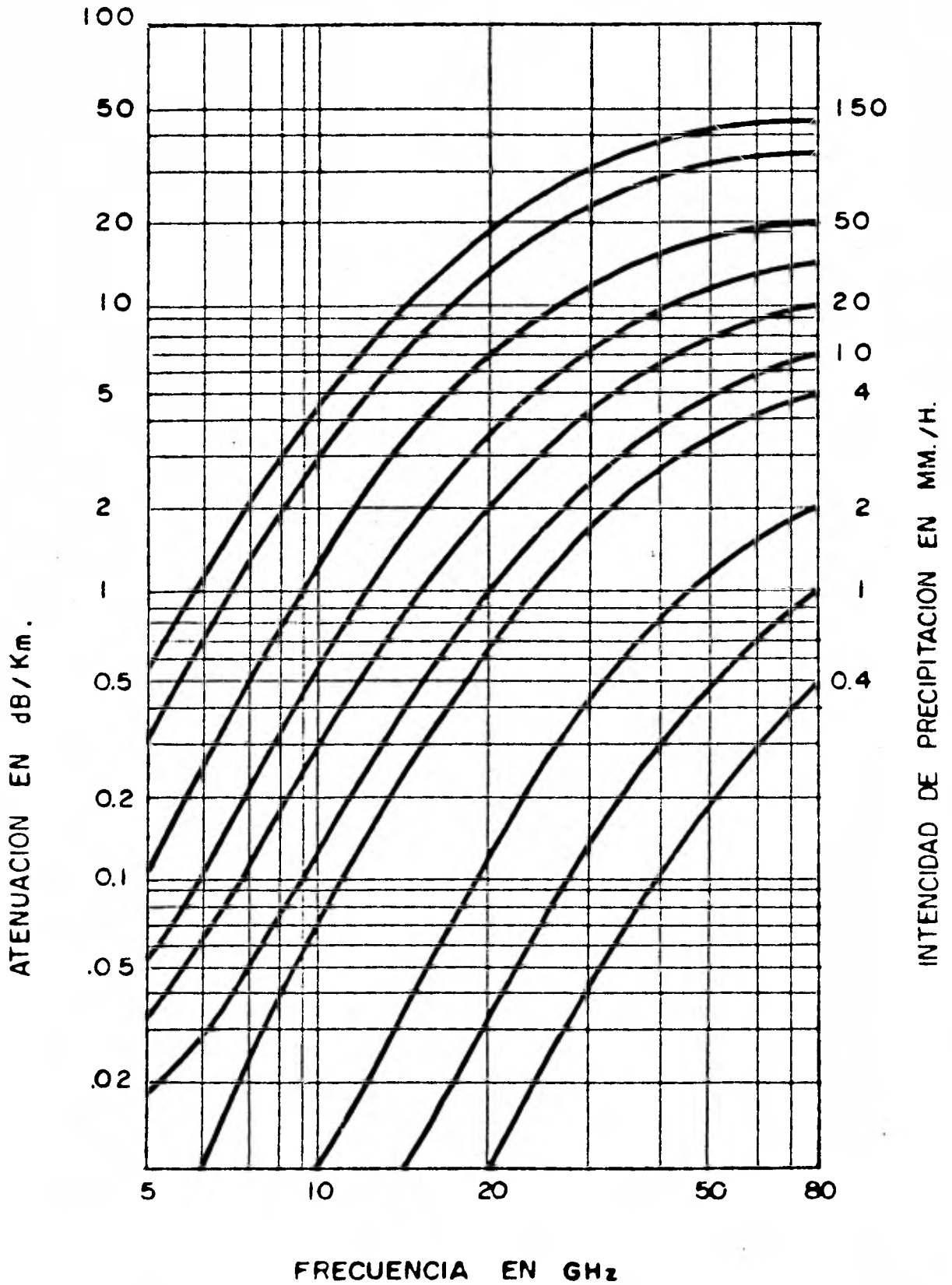


FIG. 5-2 ATENUACION CAUSADA POR LA LLUVIA

taciones; la atenuación es fuertemente dependiente de la frecuencia en forma directa en frecuencias inferiores a 65 GHz (a mayor frecuencia mayor atenuación, y viceversa). Es por esto que en frecuencias dentro de este rango, la frecuencia menor de las asignadas se usa para el enlace satélite-tierra y la mayor para el enlace tierra-satélite.

En frecuencias superiores a 65 GHz, la atenuación se reduce ligeramente a altas frecuencias, lo cual explica el porqué se asigna en estos rangos, la frecuencia más alta para el enlace de bajada; a través de la mayor parte de la región de las ondas milimétricas.

Otro problema que existe en las comunicaciones por satélite es el ruido de propagación, tanto el galáctico como el producido por el hombre; estos dos tipos de ruido son minimizados al seleccionar la banda de frecuencia de cada sistema.

FRECUENCIAS PARA COMUNICACION POR SATELITE ABAJO DE 10 GHz

Después de su lanzamiento, los satélites son totalmente inaccesibles y dependientes del uso de radiofrecuencias, su estado operacional es telemedido y sus posiciones controladas desde la tierra.

Por la excesiva distancia, las señales sufren gran atenuación y la atmósfera ejerce una acción selectiva sobre ellas; existe lo que se llama las "ventanas" de frecuencias que son rangos, en los que la atenuación debida a la absorción es relativamente pequeña.

Una de tales ventanas se extiende desde los

10 a 10000 MHz aproximadamente (otras existen en la región óptica e infrarroja del espectro entre 10^6 y 10^9 MHz).

Dentro de la ventana de 10 MHz a 10 GHz, - las comunicaciones del servicio fijo por satélite, operan en una importante banda entre 1 y 10 GHz, que está limitada en su parte inferior por el ruido galáctico y en su parte superior por la absorción atmosférica y la atenuación debida a las precipitaciones.

Esta es, de hecho, la ventana más adecuada para comunicaciones por satélite, sin que esto - signifique que las comunicaciones por satélite - no puedan efectuarse en otras bandas más altas, es sólo que en esta región, las pérdidas son muy pequeñas, en relación a las que se obtienen en - frecuencias mayores.

Además, para el servicio fijo, por el gran ancho de banda requerido; para acomodar un gran número de canales y a la vez obtener la relación señal a ruido necesario, las "ventanas" inferiores a 1 GHz quedan excluidas.

Las bandas de frecuencias atribuidas para - el servicio fijo por satélite por debajo de 10 - GHz, son las siguientes:

REG. 1		REG. 2		REG. 3	
3400-3600 MHz.	E-T	3400-3500 MHz.	E-T	3400-3500 MHz.	E-T
3600-4200 "	E-T	3500-3700 "	E-T	3500-3700 "	E-T
4400-4700 "	E-T	3700-4200 "	E-T	3700-4200 "	E-T
5725-5850 "	T-T	4400-4700 "	T-E	4400-4700 "	T-E
5850-5925 "	T-E	5925-6425 "	T-E	5850-5925 "	T-E
7250-7300 "	E-T	7250-7300 "	E-T	7250-7300 "	E-T
7300-7450 "	E-T	7300-7450 "	E-T	7300-7450 "	E-T
7450-7550 "	E-T	7450-7550 "	E-T	7450-7550 "	E-T
7550-7750 "	E-T	7550-7750 "	E-T	7550-7750 "	E-T
7900-7975 "	T-E	7900-7975 "	T-E	7900-7975 "	T-E
7975-8025 "	T-E	7975-8025 "	T-E	7975-8025 "	T-E
8025-8175 "	T-E	8025-8175 "	T-E	8025-8175 "	T-E
8175-8215 "	T-E	8175-8215 "	T-E	8125-8215 "	T-E
8215-8400 "	T-E	8215-8400 "	T-E	8215-8400 "	T-E

Estas bandas representan el 10% del espectro SHF, y hasta el presente conducen la mayor parte de la carga de llamadas telefónicas intercontinentales.

Al menos 20 de los 22 sistemas de satélite que efectúan comunicaciones del servicio fijo, operan en estas frecuencias.

En el presente, varias de estas bandas están ya en uso activo; los sistemas ESA, SBS, Japan Communication en 11/14, 12/14, 20/30 GHz, y los experimentales SIRIO y CTS en 11/18, 12/14 GHz, son ejemplos de ello.

Estas frecuencias aumentan considerablemente la capacidad de canales conducidos y proveen haces más angostos, permitiendo una reutilización mayor de las mismas frecuencias.

La banda 20/30 GHz, contiene un ancho de bandas 7 veces superior a la banda 11/14 GHz y representa al menos un incremento de 10 en el número de canales accesibles, respecto a la banda 4/6 GHz.

El problema más importante de las altas frecuencias, es el gran incremento en la atenuación de la señal cuando el satélite penetra en una zona de lluvias.

A 11 GHz, la atenuación debida a la absorción atmosférica alcanza valores del orden de 40 a 50 veces el nivel de atenuación que existe en la banda de 4 GHz; y a 20 GHz, la atenuación llega a ser 100 veces mayor.

Un factor parcial de compensación es que, a mayores frecuencias, la antena transmisora del satélite produce un rayo más angosto, haciendo que la potencia efectiva de la señal radiada, se incremente con el cuadrado de la frecuencia; pero este incremento de ganancia es pequeño, en comparación con las pérdidas de la señal durante una fuerte tormenta de lluvia.

En las zonas geográficas en las que la lluvia es rara, o en las aplicaciones en las que no se requiere un servicio continuo, las altas frecuencias no tienen gran problema, pero para la mayoría de los casos es necesario que al utilizar estas altas frecuencias, cada estación terrestre esté equipada con dos antenas separadas de 8 a 16 Km, en forma de sistema de diversidad espacial; la interconexión de esas dos antenas,

se debe realizar por un enlace de microondas con fiable que incrementa el costo del sistema.

CRITERIOS TECNICOS DE COMPARTICION DE FRECUENCIAS CON LOS SERVICIOS RELEVADORES TERRESTRES

Ya que la mayor parte de las bandas de frecuencia en la gama de 1 - 30 GHz, están compartidas entre sistemas de relevadores radioeléctricos y sistemas por satélite, la conferencia administrativa Mundial de Telecomunicaciones Espaciales de 1971, impuso ciertos límites a las características de radiación de ambos sistemas, de manera que estos servicios puedan funcionar con un nivel admisible de interferencias recíprocas.

Para los servicios terrestres que comparten bandas de frecuencia con servicios espaciales, se limitó la potencia isotrópica radiada efectiva (PIRE máxima) a 55 dBW, y la potencia suministrada a la antena hasta 13 dBW, en frecuencias de hasta 10 GHz y 10 dBW en frecuencias superiores a 10 GHz.

Se impusieron condiciones mínimas para el ángulo de separación (2°) de la radiación principal, de las antenas de servicios terrestres que operan en frecuencias de hasta 15 GHz; con la dirección de la órbita de los satélites geoestacionarios.

Respecto a los servicios espaciales, se limitó también en potencia isotrópica radiada efectiva (40 dBW) de las estaciones terrenas en dirección del horizonte; limitando también el ángulo mínimo de elevación (3°) para antenas transmisoras.

La densidad máxima de flujo de potencia, -

producida en la tierra por emisiones de satélites también se limitó, dependiendo estos límites del ángulo de llegada de las ondas y de la banda de frecuencias empleadas.

— Los satélites en ondas EHF (30 - 300 GHz)

Por encima de los 30 GHz, existe un vasto campo en el espectro, atribuido para el servicio fijo por satélite (ver el cuadro siguiente). Estas 14 bandas, que incluyen la posibilidad de enlace entre satélites, permiten prever un amplio desarrollo para los satélites de comunicaciones.

Como es de suponerse, los anchos de banda disponibles en EHF, son mucho mayores que los de las bandas inferiores; por lo que los satélites en esta gama pueden tener mayor capacidad.

Los haces enviados desde los satélites pueden ser más angostos, lo que significa que la señal recibida puede ser más intensa (sin tomar en cuenta la mayor atenuación), y que la misma frecuencia puede ser reutilizada por estaciones terrestres más cercanas.

Asimismo, el número de satélites en órbita que sirven una determinada región, también puede ser mayor.

Sin embargo, la gran desventaja de las ondas en frecuencias superiores a unos 30 GHz, es que son atenuadas en forma muy severa por la absorción y la dispersión, además de que la temperatura de ruido se incrementa al aumentar la frecuencia.

Debido a la atenuación, los satélites que funcionan en EHF requieren mayor potencia, lo

cual puede aumentar el riesgo de interferencia - con otros servicios, pero esta medida hasta el - presente aparece como la principal posibilidad - para compensar las grandes atenuaciones y lograr obtener estaciones terrestres de bajo costo.

BANDAS DE FRECUENCIAS ATRIBUIDAS AL SERVICIO FI-
JO POR SATELITE POR ENCIMA DE 30 GHz

REG. 1		REG. 2		REG. 3	
29.5 -31	GHz TE	29.5 -31	GHz TE	29.5 -31	GHz TE
40 -41	" ET	40 -41	" ET	40 -41	" ET
50 -51	" TE	50 -51	" TE	50 -51	" TE
54.25-58.2	" ES*	54.25 -58.2	" ES	54.25-58.2	" ES
59 -64	" ES	59 -64	" ES	59 -64	" ES
92 -95	" TE	92 -95	" TE	92 -95	" TE
102 - 105	" ET	102 - 105	" ET	102 - 105	" ET
105 - 130	" ES	105 - 130	" ES	105 - 130	" ES
140 - 142	" TE	140 - 142	" TE	140 - 142	" TE
150 - 152	" ET	150 - 152	" ET	150 - 152	" ET
170 - 182	" ES	170 - 182	" ES	170 - 182	" ES
185 - 190	" ES	185 - 190	" ES	185 - 190	" ES
220 - 230	" ES	220 - 230	" FS	220 - 230	" FS
265 - 275	" FS	265 - 275	" FS	265 - 275	" FS

* Entre Satélites.

TE = enlace tierra-espacio.

ET = enlace espacio-tierra.

— Servicio de investigación espacial

El servicio de investigación espacial, es un servicio espacial en el que se usan vehículos u otros objetos en el espacio para la investigación científica y técnica. Dada la gran diversidad de las misiones que deben efectuarse, las exigencias que imponen éstas, las condiciones del medio ambiente y de la confiabilidad requerida; este servicio comprende diferentes tipos de satélites, tales como: satélites de investigación en las proximidades de la tierra, satélites de investigación en el espacio lejano (región situada, según el Reglamento de Radiocomunicaciones; a una distancia de la tierra aproximadamente igual o superior a la existente entre la tierra y la luna), satélites de investigación tripulados, etc.

Todos estos tipos de satélites deben estar provistos de sistemas de telemetría, seguimiento y telemando. Algunos satélites llevan además, sistemas de televisión y radiotelefonía.

— Servicio de Radioastronomía

El servicio de radioastronomía está basado en la recepción de ondas radioeléctricas de origen cósmico. Ya que en este caso sólo intervienen técnicas de recepción, se considera que este servicio no puede causar interferencias a otros servicios de radiocomunicación.

La radioastronomía es una ciencia de importancia considerable, pues es en muchos casos el único medio por el que se pueden estudiar ciertas características del universo.

Las emisiones radioeléctricas que interesan

a la radioastronomía son, según los estudios del CCIR; los "ruidos de fondo cósmico" que se caracterizan por un flujo de potencia muy débil y la ausencia de toda modulación, salvo la de los ruidos aleatorios y los "pulsars" (o pulsares).

Por lo tanto, este servicio es sumamente susceptible de recibir interferencias; por ejemplo de estaciones terrenas, estaciones en aeronaves o de vehículos espaciales, por lo que en todas las atribuciones de bandas de las que hace uso la radioastronomía, se proporcionan especiales medidas de protección.

5.5 - SERVICIO DE RADIODIFUSION

La radiodifusión es la transmisión, en un solo sentido (de transmisor a receptor), con un número indeterminado de puntos de recepción sobre un territorio.

Las emisiones del servicio de radiodifusión están destinadas a la recepción directa por el público en general, por lo que es el servicio de radiocomunicación con el que mayor número de personas están familiarizadas. Este servicio abarca emisiones sonoras, de televisión o de otro género, y todavía en el presente ocupa la mitad del espectro atribuido por debajo de los 800 MHz.

El servicio de radiodifusión está sujeto, como pocos, a un criterio de calidad, pues la transmisión debe asegurar calidad y fidelidad de reproducción.

Para esto, debe garantizarse que en cada punto de recepción, el valor del campo útil supere al valor del ruido (natural o parásito industrial), y al del campo producido por otros transmisores.

Se puede pensar que la radiodifusión por su naturaleza, que le permite usar una frecuencia asignada con un número cualquiera de receptores, es completamente inmune al crecimiento de la población, pero esto no es del todo cierto, pues el aumento de los equipos transmisores ha llegado ya a saturar los canales destinados a este servicio, en casi todas las grandes ciudades, especialmente en radiodifusión sonora normal.

Además de que la variedad exigida y la libertad de elección crece con la población.

El servicio de radiodifusión emplea en la actualidad bandas de frecuencias en cinco de los ocho principales rangos de frecuencias del espectro (excluyendo la radiodifusión por satélite que se tratará más adelante). En forma general, podemos encontrar en frecuencias bajas (LF) la radio AM, en región 1 de la UIT, en frecuencias medias (MF) la radio AM en las tres regiones, en frecuencias altas (HF) la radiodifusión internacional, en frecuencias muy altas (VHF) la radio de FM y televisión y en frecuencias ultra altas (UHF) la televisión.

BANDAS DE RADIODIFUSION EN ONDAS KILOMETRICAS

En el rango de ondas kilométricas (de 30 a 300 KHz), las atribuciones de radiodifusión comprenden de los 150 a los 285 KHz.

Este tipo de radiodifusión se realiza principalmente en Europa y Asia (región 1 UIT), con transmisores de altas potencias (hasta de más de 1 Mw) que operan sobre alguno (con excepción de Mongolia) de los 15 canales de 9 KHz en que se está dividida la banda.

Algunas de las estaciones de radiodifusión en ondas kilométricas, se enlistan a continuación.

Ca- nal	Frec. KHz	Estación	P a í s	Potencia (Kw)
1	155	Brasov	Rumanía	150
		Tromsoe	Noruega	10
2	164	Allouis	Francia	450
		Achkhabab	URSS	100
3	173	Moscú I	URSS	500
		Belebei	URSS	300
		Reikiavik	Islandia	100
4	182	Lulea	Suecia	10
		Ankara	Turquía	120
5	191	Montala	Suecia	200
		Birobidjan	URSS	1000
6	200	Droitwich I	Inglaterra	400
		Baku	URSS	10
7	209	Kiev I	Rep. Socta. de Ucrania	150
		Eidar	Islandia	20
8	218	Oslo	Noruega	200
		Montecarlo	Mónaco	120
9	227	Warszawa	Polonia	200
		Vlanbator	Rep. Popular de Mongolia	
10	236	Leningrado	URSS	100
		Junglinster	Luxemburgo	600
11	245	Kulundborg	Dinamarca	150
		Erzurum	Turquía	100

Ca- nal	Frec. KHz	Estación	P a í s	Potencia (Kw)
12	254	Lathi	Finlandia	200
		Erevan	URSS	500
13	263	Moscú II	URSS	150
		Irkutsk	URSS	1000
14	272	Checoeslova- quia	Checoeslovaquia	200
		Novosibiesk	URSS	50
15	281	Minsk	Rep. Soc. de Bie- lorusia	100
		Oslo	Noruega	200

PROPAGACION

La característica principal de esta banda es que en el día, la propagación se efectúa por medio de la onda de superficie. Los rayos susceptibles a ser reflejados por las capas atmosféricas sufren gran atenuación y por lo tanto, su efecto en la recepción es despreciable.

La zona de servicio está limitada por:

- a) La atenuación debido al trayecto y las características eléctricas del suelo.
- b) Los ruidos atmosféricos e industriales.
- c) La existencia de otras emisiones en las mismas frecuencias.

Los ruidos atmosféricos desempeñan un papel predominante en la utilización de estas bandas, por lo que no pueden usarse eficazmente en zonas tropicales y ecuatoriales.

Las ondas kilométricas tienen la ventaja de que aseguran a las estaciones de radiodifusión, un servicio a distancias relativamente grandes.

BANDAS DE RADIODIFUSION EN ONDAS HECTOMETRICAS

Las atribuciones de frecuencia, para el servicio de radiodifusión en ondas hectométricas (MF) van: de 525 a 535 KHz en forma compartida en las regiones 2 y 3 de la UIT y de 535 a 1605 KHz atribuidas en forma exclusiva en las tres regiones.

Respecto a la primera banda, no se tienen acuerdos internacionales para la utilización de la misma, salvo que, la potencia de las estaciones de radiodifusión en esa frecuencia, no debe exceder de 250 Watts.

La banda de 535 a 1605 KHz es la que se utiliza para la radiodifusión normal de amplitud modulada.

La banda está dividida en 107 canales de 10 KHz de ancho cada uno.

Para propósitos de atribución, los canales están divididos en cuatro tipos: Despejados, despejados compartidos, regionales y locales.

Canales despejados: En este tipo de canal, operan las estaciones de altas potencias (50 Kw o más) que cubren grandes áreas por medio de la onda de cielo (además de su cobertura por onda de tierra) y que sólo requieren proteger a otras estaciones de su misma clase (clase I-A).

En los canales despejados pueden, además, operar las estaciones de clase II, con potencias

de 0.1 a 50 Kw, pero que deben proteger a las estaciones clase I y a las otras estaciones de clase II.

Los canales despejados, según el acuerdo de México y E.U.A. en la banda de radiodifusión normal son: 540, 640, 650, 660, 670, 700, 720, 730, 740, 760, 770, 780, 800, 820, 830, 840, 860, 870, 880, 890, 900, 1010, 1022, 1040, 1050, 1100, -- 1120, 1160, 1180, 1200, 1210, 1220, 1570, 1580 - KHz.

Canales despejados compartidos: En estos canales operan las estaciones de clase I-B y II. Las estaciones de clase I-B, tienen potencias entre 10 y 50 Kw, y sus áreas de servicio son protegidas por otras estaciones.

Las estaciones de clase II prestan un servicio secundario en un área que, de acuerdo a la situación geográfica y la potencia utilizada, puede ser relativamente extensa, pero que está limitada y sujeta a la interferencia de las estaciones clase I y II existentes. En su área de servicio primario estas estaciones reciben protección de todas las demás estaciones, a excepción de las de clase I-A.

Los canales despejados compartidos son: 680, 690, 710, 810, 850, 940, 1000, 1070, 1080, 1090, 1110, 1140, 1170, 1190, 1500, 1510, 1520, 1530, 1540, 1550, y 1560 KHz.

Canales regionales: En los canales regionales operan las estaciones de clase III; que funcionan con potencia moderada (0.1 a 25 Kw) y prestan servicio por medio de la onda de tierra a uno o varios centros de población importantes y al área rural contigua al mismo.

Los canales regionales son: 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, 1380, 1390, 1410, 1420, 1430, 1440, 1460, 1470, 1480, 1590, y 1600 KHz.

Canales locales: Los canales locales son utilizados por las estaciones de clase IV, las cuales operan con baja potencia (250 a 1000 Watts máximo de día) y prestan servicio principalmente a una ciudad o población y a las áreas suburbanas contiguas a las mismas.

Los canales locales son: 1230, 1240, 1340, 1400, 1450 y 1490 KHz.

PROPAGACION

En las bandas de ondas hectométricas la propagación se efectúa por la onda de superficie y por la onda ionosférica.

Durante el día, la capa D atenúa considerablemente los rayos y hace muy difícil la reflexión en las capas superiores. A partir del ocaso, la capa D comienza a desaparecer, reflejándose entonces los rayos y permitiendo la propagación a distancias relativamente grandes.

Hay pues, dos tipos de propagación:

- 1) Durante el día sólo existe la zona a la que da servicio la onda de superficie, la cual en función de la potencia del transmisor puede extenderse a algunas decenas de kilómetros. Otras limitaciones son las transmisiones en canales adyacentes o en el mismo canal en una zona de servicio vecina de --

otro transmisor.

- 2) Durante la noche, la zona que da servicio - la onda de superficie se reduce ligeramente, ya que a cierta distancia del transmisor la onda reflejada y la onda de superficie tienen amplitudes equivalentes, lo que en una zona anular produce interferencias que pueden causar un silencio total cuando ambas ondas son de igual amplitud y de fase opuesta. De ahí que esta zona se denomine "Zona de desvanecimiento o de silencio".

Cuanto mayor es la distancia hasta el transmisor, menos intensa es la onda de superficie, siendo entonces la onda reflejada o ionosférica la que predomina y la que permite cubrir una zona que puede ser hasta de algunos centenares de kilómetros.

La recepción de la onda de superficie es bastante estable y permite un servicio de buena calidad, mientras que la onda ionosférica fluctúa y está sujeta a desvanecimientos selectivos.

La onda ionosférica aumenta considerablemente la probabilidad de interferencias, incluso entre transmisores muy alejados; además, por el número de estaciones en servicio y las potencias utilizadas, la banda de ondas hectométricas está bastante congestionada.

En la región 2 de la UIT (que incluye México), se reduce la posibilidad de interferencias, disminuyendo la potencia de los transmisores después del ocaso.

Durante muchos años las bandas de ondas kilométricas y hectométricas han sido fundamentales para la radiodifusión.

BANDAS DE RADIODIFUSION EN ZONA TROPICAL

En la figura (3.1), la parte sombreada representa la zona tropical. Aquí el ruido atmosférico no permite utilizar las ondas kilométricas.

Este ruido tiene cierta importancia en las bandas de ondas hectométricas, de ahí la tendencia de utilizar frecuencias más elevadas con antenas de gran ángulo de radiación con relación a la vertical.

La propagación se efectúa entonces principalmente por la onda ionosférica, con las ventajas consiguientes de obtener una gran zona de servicio por transmisor y de trabajar en una banda en la que el ruido atmosférico tiene menos importancia.

Pero esta solución tiene grandes inconvenientes, entre los cuales se pueden mencionar:

- La inestabilidad de la capa reflectora, que se traduce en una ligera degradación de la calidad y la necesidad de cambiar de frecuencia de trabajo.
- Los receptores más comunes no cubren esas bandas.
- Las bandas en que puede trabajar ese servicio, se comparten con otros servicios.

Se trata en este caso de una banda especial para la radiodifusión, que sólo se utiliza en la zona tropical para tal servicio.

A continuación, se muestran las bandas de radiodifusión tropical.

2300 - 2498 KHz	Reg. 1	3950 - 4000 KHz	Reg. 1 y 3
2300 - 2495 KHz	Reg. 2 y 3	4750 - 4850 KHz	
3200 - 3400 KHz		4850 - 4995 KHz	
3900 - 3950 KHz	Reg. 3	5005 - 5060 KHz	

En las bandas de radiodifusión tropical, el servicio de radiodifusión tiene prioridad frente a los demás servicios de la zona tropical.

Las asignaciones a las estaciones de radiodifusión tropical, han de satisfacer también la condición de utilizar únicamente la potencia para asegurar un buen servicio dentro de las fronteras del país.

BANDAS DE RADIODIFUSION EN ONDAS (DECAMETRICAS)

Las bandas de radiodifusión en ondas decamétricas son ocho, atribuidas con carácter de exclusivo, salvo la banda de 7 MHz, que está atribuida al servicio de radioaficionados en la región 2.

5950 - 6200 KHz	15100 - 15450 KHz
7100 - 7300 KHz	17700 - 17900 KHz
9500 - 9775 KHz	21450 - 21750 KHz
11700 - 11975 KHz	25600 - 26100 KHz

La propagación en estas bandas se efectúa esencialmente a través de la onda ionosférica; se trata pues de bandas que permiten cubrir grandes superficies a distancias muy grandes, por lo que su utilización permite efectuar un servicio internacional que por muchos años ha servido en

la difusión de información entre países; sin embargo, actualmente otros medios como la televisión y las ondas métricas han reducido su importancia.

Las condiciones de propagación de las ondas decamétricas varían considerablemente durante el día, según la época del año y según el ciclo de actividad solar.

La reflexión de las ondas en las capas ionosféricas, está en función de la densidad de electrones libres en las capas superiores de la atmósfera, del ángulo de incidencia de la onda con la capa reflectora y de la frecuencia de la señal.

La intensidad de la señal recibida depende además, de la absorción de las capas inferiores a las capas reflectoras. A menudo ocurre que varias capas ionosféricas reflectoras reflejan al mismo tiempo la misma propagación por trayectoria múltiple, la recepción sufre entonces desvanecimiento y fuertes distorsiones, a pesar de que la intensidad media del campo sea suficientemente elevada.

La calidad de recepción en estas bandas no puede considerarse nunca enteramente satisfactoria, incluso en ausencia de interferencia mutua entre estaciones. Por otro lado, la inestabilidad de las condiciones ionosféricas multiplica las necesidades de frecuencias y complica la planificación, exigiendo planes de utilización para cada estación del año y nivel determinado de actividad solar.

Los programas de radiodifusión de cada país que usa estas frecuencias, son archivados en la IFRB, en Ginebra, con mucho adelanto a la fecha

de radiodifusión.

Una vez determinada la banda de frecuencias adecuada para la emisión —habida cuenta de los factores como la hora, la distancia, la MUF (máxima frecuencia utilizable) y el ruido atmosférico—, se elige la frecuencia a utilizar bajo el criterio de compartición (la IFRB considera que una asignación es incompatible con otra, cuando la relación de protección es menor a 23 dB).

La congestión existe en prácticamente todas las bandas, ya que la utilización de emisiones de gran potencia (existen cientos de transmisores de más de 200 Kw) para alcanzar el valor adecuado de la relación de protección y la multiplicidad de países usuarios tienen defectos en la saturación del espectro; esto por supuesto, es fuente de mayor degradación del servicio en forma de interferencias.

Algunas recomendaciones de los expertos para reducir estas interferencias, incluyen:

- 1) El uso del mínimo número de frecuencias posibles para una misma emisión.
- 2) Reducción de la potencia al mínimo necesario para la protección de la zona de servicio.
- 3) El uso de antenas con reflector eficaz que evite radiaciones en direcciones no deseadas.
- 4) Evitar el uso de frecuencias no adecuadas para la recepción.

Bandas de radiodifusión en ondas Métricas, Decimétricas y Centimétricas

La propagación en estas bandas está limitada al horizonte radioeléctrico, o ligeramente más lejos para las frecuencias más bajas.

Las bandas atribuídas son:

41	a	47 MHz	Reg. 1	88 a 108 MHz	Reg. 2 y 3
44	a	50 MHz	Reg. 2	170 a 174 MHz	Reg. 3
47	a	68 MHz	Reg. 1	174 a 216 MHz	Reg. 1, 2 y 3
54	a	68 MHz	Reg. 2 y 3	216 a 223 MHz	Reg. 1
68	a	73 MHz	Reg. 2	470 a 942 MHz	Reg. 1
75.4	a	88 MHz	Reg. 2	470 a 890 MHz	Reg. 2
87	a	100 MHz	Reg. 3	470 a 942 MHz	Reg. 3

La forma en que están atribuídas puede consultarse en la carta de atribuciones incluída.

La banda 88 a 108 MHz, es la que conocemos, utilizada en radiodifusión sonora con modulación en frecuencia.

En México existen 101 estaciones en esta banda. Todas las demás se utilizan en televisión o enlaces remoto y estudio planta de radiodifusión.

Con una pluralidad de sistemas como monofonía, estereofonía, sistemas de TV blanco-negro y color, el uso de estas bandas se ha generalizado notablemente, de lo que puede esperarse contribuyan a descongestionar en cierta medida las bandas de ondas hectométricas.

La propagación en las bandas métricas, decimétricas y centimétricas, se efectúa conforme al modo de propagación troposférico.

En México hay unas 86 emisoras de TV, algunas con más de 300 000 Watts de potencia.

EL ANCHO DE BANDA EN RADIODIFUSION SONORA

Uno de los factores que influyen determinadamente en el mejor uso del espectro, es el ancho de banda. Antes de la normalización, los acuerdos internacionales establecían el ancho de banda de audiofrecuencia para radiodifusión sonora entre 4 y 10 KHz, dependiendo de la calidad de transmisión deseada. De ello se infiere que las anchuras de banda de radiofrecuencias de A.M. (que deben ser del doble de las de audiofrecuencia) correspondientes, estaban comprendidas entre 8 y 20 KHz. Si bien los principios de la radiodifusión bastaba con transmitir "lo mejor posible", las exigencias actuales sujetan a este servicio a un criterio de calidad, que se refleja en las normas y reglamentos establecidos.

Sin embargo, la calidad de la transmisión y consecuentemente el ancho de banda, están en cierta forma comprometidos con una utilización eficaz del espectro.

Esto es; si se quiere una alta calidad de transmisión, es factible lograrla mediante la transmisión de una banda más ancha (en AM normal por ejemplo, una transmisión de alta fidelidad requiere de 30 KHz de ancho de banda de radiofrecuencia, al tener una frecuencia modulante máxima de audio de 15 KHz), pero por otro lado, una banda ancha de transmisión disminuye el número de canales posibles, impidiendo la transmisión

de un número mayor de programas.

Debe existir pues, un equilibrio entre los dos puntos anteriores.

Se dice; que si se quiere aprovechar al máximo la calidad de transmisión que permite un canal de anchura dada, conviene que tanto el transmisor, como el receptor, se adapten de manera óptima a esa anchura (si el transmisor tiene una banda más estrecha que el receptor será notable la energía proveniente del canal adyacente y si el receptor tiene una banda más estrecha que el transmisor, habrá energía radiante desperdiciada).

Aún con esto, en la región 1, en la que la separación entre canales es de 9 KHz, la congestión ha inducido a los fabricantes de receptores a limitar la banda de paso de éstos, entre 3 y 5 KHz.

En algunos países Europeos (la República Federal Alemana, Países Bajos, Luxemburgo), se han tomado medidas contra la congestión del espectro reduciendo la banda transmitida (con filtros apropiados) a 5, e incluso 4.5 KHz sin que esto haya suscitado la menor reclamación por parte del público.

BANDA LATERAL UNICA

Un tema de gran controversia, es el papel que pueden desempeñar los sistemas de bandas Lateral Unica (BLU) en el futuro de la radiodifusión de frecuencias medidas.

La congestión del espectro (o la previsión de ella), ha inducido a la utilización de la BLU

en otros servicios, tales como: radioaficionados y comunicaciones marinas.

Por principio, la modulación BLU ofrece una reducción de 2 a 1 en el ancho de banda ocupado en comparación con AM tradicional (de doble banda lateral), además tiene la gran ventaja de ser inmune al desvanecimiento selectivo que degrada las señales del AM convencional.

El atractivo básico de BLU, se debe a que permitiría reducir el espaciamiento entre canales.

Originalmente, los estudios en esta dirección se orientaron hacia lo que se denomina BLU compatible (es una transmisión consistente en una portadora y una banda lateral), es decir, las emisiones de BLU que podrían recibirse con los receptores actuales sin excesiva distorsión. Esta tiene la ventaja de ser fácilmente detectable mediante los circuitos detectores de envolvente, por el gran contenido de portadora en las señales. Sin embargo, ha podido comprobarse que la economía del espectro así realizada es mínima. Actualmente, la UIT examina la conveniencia de pasar directamente a la BLU.

La BLU o más específicamente BLU con portadora suprimida (BLU-PS), se ha preferido en muchos servicios por diversas ventajas:

- a) El ancho de banda se aproxima al 50%.
- b) El desvanecimiento selectivo antes mencionado que afecta las relaciones de fase de las dos bandas laterales y a la portadora con intensidad y tiempos diferentes, no afecta tan severamente a BLU-PS, como a la doble banda lateral (DBL).

- c) La distribución potencia es más conveniente en BLU-PS que en AM tradicional.

En AM la información usa solamente un 33% de potencia, mientras que en BLU-PS es el 100%.

Parece ser que hasta ahora, el único inconveniente que presentaría la adopción de BLU-PS, sería la producción en masa de receptores satisfactorios, recordemos que la detección síncrona (que requieren los receptores de BLU-PS), podría implicar un aumento considerable en el costo.

Posiblemente, los osciladores con cristales de cuarzo podrán mejorar la producción en masa - hasta tener receptores controlados por completo con cristal, aunque esto aún parece remoto. Sin embargo, los avances de la microelectrónica en la tecnología de receptores, podrían cambiar radicalmente la situación.

Un inconveniente menos prominente de la BLU-PS, es que la generación de señales de alta potencia es más difícil que en BLD.

Esta desventaja se ha superado con el uso del sistema de banda lateral residual (BLR). Esta última, es una transacción entre BLU y BLD, pues combina las ventajas de los dos sistemas y elimina sus desventajas.

El método de BLR se puede obtener a partir de señales BLD con filtros relativamente simples que dan un corte gradual.

En los sistemas de televisión, las señales de video se transmiten por BLR, lo que reduce el ancho de banda de 8 MHz (en BLD o AM) a 5 MHz. En el presente, otros servicios están siendo ca-

nalizados a usar BLR, con el fin de darle un mejor uso al espectro.

HACIA LA UTILIZACION OPTIMA DEL ESPECTRO POR EL SERVICIO DE RADIODIFUSION

La utilización óptima del espectro se logra cuando el campo útil radiado, está limitado por las interferencias debidas a otros transmisores y no por el ruido. Se debe buscar además una cobertura óptima, que según la teoría, ocurre cuando con una potencia invariable de los transmisores, el ruido y las interferencias causan reducciones de calidad iguales.

Una utilización óptima requiere también que las interferencias internas de la red se reduzcan al mínimo; esta condición se satisface cuando en toda la red, las interferencias dominantes son las debidas a otros transmisores en el mismo canal.

Estas inferferencias son inestables y generalmente las más fuertes, pero deben ser reducidas al mínimo prácticamente posible.

Al tomar en cuenta las interferencias del mismo canal, puede obtenerse una cobertura óptima mediante la elección juiciosa de la distancia entre los transmisores de un mismo canal.

BANDAS DEL SERVICIO DE RADIODIFUSION

Región 1	Región 2	Región 3	México
150- 160 KHz C			
160- 255 " E			
255- 285 " C			
525- 535 " E	525- 535 KHz C	525- 535 KHz C	
535- 1605 " E	535- 1605 " E	535- 1605 " E	535- 1605 KHz E
2300- 2498 " C	2300- 2495 " C	2300- 2495 " C	
3200- 3230 " C	3200- 3230 " C	3200- 3230 " C	
3230- 3400 " C	3230- 3400 " C	3230- 3400 " C	
3950- 4000 " C		3950- 4000 " C	
4750- 4850 " C	4750- 4850 " C	4750- 4850 " C	4750- 4995 KHz C
4850- 4995 " C	4850- 4495 " C	4850- 4455 " C	
5005- 5060 " C	5005- 5060 " C	5005- 5060 " C	5005- 5120 " C
5950- 6200 " E	5950- 6200 " E	5950- 6200 " E	5950- 6200 " E
7100- 7300 " E		7100- 7300 " E	
9500- 9775 " E	9500- 9775 " E	9500- 9775 " E	9500- 9775 " E
11700-11975 " E	11700-11975 " E	11700-11975 " E	11700-11975 " E
15100-15450 " E	15100-15450 " E	15100-15450 " E	15100-15450 " E
17700-17900 " E	17700-17900 " E	17700-17900 " E	17700-17900 " E
21450-21750 " E	21450-21750 " E	21450-21750 " E	21450-21750 " E
25600-26100 " E	25600-26100 " E	25600-26100 " E	25600-26100 " E
			26.1 -26.47 MHz C
41 - 47 MHz C		44 - 50 MHz C	
47 - 68 " E	54 - 68 MHz C	54 - 68 " C	
	68 - 73 " C		
	75.4- 88 " C		
875 - 100 " E	88 - 100 " E	87 - 100 " C	87.5 - 100 MHz E
	100 - 108 " E	100 - 108 " E	151 - 153 " E
		170 - 174 " C	
174 - 216 " E	174 - 216 " C	174 - 216 " C	174 - 220 " E
216 - 223 " C			225 - 235 " E
			272 - 273 " E
470 - 582 " E	470 - 890 " E	470 - 585 " E	470 - 890 " C
582 - 606 " C		610 - 890 " C	
606 - 790 " E			
790 - 890 " C			
890 - 942 " C		890 - 942 " C	
942 - 960 " C		942 - 960 " C	
11.7 -12.5 GHz C	11.7 -12.2 GHz C	11.7 -12.2 GHz C	
	12.2 -12.5 " C	12.2 -12.5 " C	

E = exclusiva.

C = compartida.

5.6 - SERVICIO DE RADIODIFUSION POR SATELITE

El servicio de radiodifusión por satélite no contaba con ninguna atribución en el cuadro de distribución de bandas de frecuencia hasta 1971, año en que la Conferencia Administrativa Mundial de Telecomunicaciones Espaciales de Ginebra le prestó particular atención, atribuyéndole bandas de frecuencia y reglamentando su utilización.

El servicio de radiodifusión por satélite fue definido como el servicio de radiocomunicación en el cual, las señales emitidas o retransmitidas por estaciones espaciales, están destinadas a la recepción directa del público en general.

Esta "Recepción Directa", incluye la recepción individual con instalaciones domésticas relativamente sencillas, con antenas de pequeñas dimensiones; y la recepción comunal, que comprende instalaciones receptoras que pueden ser más complejas, con antenas de mayores dimensiones y utilizadas, ya sea por un grupo del público en general en el lugar o en un sistema de distribución que dé servicio a una zona limitada.

La definición de este servicio excluye el uso ahora muy común de satélites relevadores de señales de punto a punto, que en cierto momento pueden ser utilizados para retransmitir programas de radiodifusión (especialmente de televisión), y cuyas señales no son susceptibles de ser recibidas por el público directamente, sino a través de estaciones adecuadas (como la estación terrena de Tulancingo) y emisoras de radiodifusión normal.

Realmente, el servicio de radiodifusión por

satélite es un medio de enviar los programas de radio y televisión, cuyo potencial es todavía incierto.

Desde el punto de vista técnico, los satélites son en muchos casos ideales para la radiodifusión, pues con ellos se pueden cubrir áreas - enormes de servicio (hasta 40% de la superficie terrestre) sin sombras ni problemas de multitrayectorias, tanto en ciudades como en lugares -- inaccesibles y comunidades aisladas.

La atribución de las bandas de frecuencia - para el servicio de radiodifusión ha despertado grandes polémicas entre los países más desarrollados, los cuales discuten, ante la UIT principalmente, el principio de si cualquier país debe poder llevar a cabo radiodifusión de televisión internacional directa por satélite, sin el consentimiento de los países que reciben el programa. Esto es importante, pues la propaganda política y comercial de algunos países puede afectar considerablemente a otros.

Por esta razón, la UIT ha optado por seguir una política muy cuidadosa, en la atribución de las bandas para este servicio.

Las bandas de frecuencia atribuidas para este servicio, son las siguientes:

- Banda 620-790 MHz, autorizada para televisión por satélite, a condición de utilizar modulación en frecuencia y una densidad de flujo de potencia no mayor de 129 dBW/M^2 para ángulos de llegada inferiores a 20° y - con previo acuerdo de las administraciones interesadas.
- Banda 2500-2690 MHz, atribuida al servicio

de radiodifusión por satélite en el mundo - entero excepto en Bulgaria, Irán, Portugal y la URSS. Según las regiones, este servicio comparte la banda de frecuencia con los servicios fijo y móvil, o con los servicios fijo, móvil y fijo por satélite.

La utilización de esta banda está limitada a sistemas nacionales y regionales para recepción comunal, por acuerdo entre las administraciones interesadas.

- Banda de 12 GHz (11.7 - 12.5), se ha atribuido a la radiodifusión por satélite; la banda 11.7 - 12.5 GHz en la región 1 y la banda 11.7 - 12.2 GHz en las regiones 2 y 3. Según la región, las bandas anteriores están compartidas también con servicios fijo, móvil, radiodifusión terrestre y fijo por satélite. En las regiones 1 y 3 los servicios que comparten las bandas de radiodifusión por satélite tienen la restricción de no causar interferencia a este servicio y en la región 2 se establece una utilización preferente para servicios espaciales.
- Otras bandas.- El servicio de radiodifusión por satélite puede funcionar en la banda - 22.5 a 23 GHz sólo en la región 3 y sujeta a límites de densidad de flujo de potencia que, por cierto, no se precisan en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Por encima de 40 GHz se han efectuado dos atribuciones, que se encuentran en las bandas 41 a 43 GHz y 84 a 86 GHz en forma exclusiva en las -- tres regiones.

LIMITACION DE POTENCIA

Los límites de densidad de flujo de potencia para este servicio, están destinados a proteger los servicios terrenales y en particular la radiodifusión terrenal.

Para la banda de 2500 - 2690, la densidad máxima de flujo de potencia va de 152 a 137 dBW/M²; dependiendo del ángulo de llegada de la onda a la superficie de la tierra, protegiendo así a los relevadores radioeléctricos de visibilidad directa del servicio fijo.

En la banda 11.7 a 12.5 GHz no hay limitación de potencia.

TIPO DE MODULACION, DISPOSICION DE CANALES Y RELACION DE PROTECCION

La conferencia de 1971 acordó que la planificación del servicio de radiodifusión por satélite, estaría basada en la utilización de una señal de video, asociada a una portadora de banda de base modulada en frecuencia por la señal de sonido, modulando ambas a su vez, en frecuencia, una portadora en la banda de 12 GHz.

Se fijó un valor de 27 MHz, para la anchura de los canales y de 19.18 MHz para la separación entre los mismos, de modo que existiese un buen equilibrio entre la interferencia en el mismo canal y la interferencia en el canal adyacente.

No obstante, podrán utilizarse otros tipos de modulación, a condición de que nos produzcan un mayor grado de interferencia.

La banda de 11.7 a 12.2 GHz, se dividió en

25 canales para las regiones 2 y 3 (25 canales - en la banda 11.7 - 12.5 GHz para Reg. 1); obteniéndose así una banda de guarda de 14 MHz en el extremo inferior de la banda, y otra de 11 MHz - en su extremo superior.

Para fines de planificación, la conferencia eligió un nivel de portadora sobre ruido de 14 - dB, y las relaciones de protección de 31 dB y 15 dB entre emisiones en el mismo canal adyacente, respectivamente.

5.7 - SERVICIO DE RADIODETERMINACION

Se define la radiodeterminación (RDT), como la determinación u obtención de información relativa a una posición, mediante las propiedades de propagación de las ondas radioeléctricas.

La Radiodeterminación se divide en dos partes: La Radionavegación, que es la Radiodeterminación utilizada para fines de navegación, incluyendo la señalación de la presencia de obstáculos y la radiolocalización, que es la radiodeterminación utilizada con fines distintos de los de navegación.

De acuerdo con estas tres definiciones, se tiene una serie de servicios que se dividen en dos grandes ramas; según se trate de servicios de Radiocomunicación terrena, o de radiocomunicación espacial; mismos que se subdividen en la forma siguiente, de acuerdo al empleo que se hace de ellos:

Radiodeterminación. (Radiogoniometría y Radar)	Servicio de Navegación	Servicio de radionavegación Aeronáutica.
		Servicio de radionavegación Marítima.
	Servicio de Radio-localización	

Radiodeterminación por satélite	Servicio de Radionavegación por Satélite	Servicio de Radionavegación Aeronáutica por satélite
		Servicio de Radionavegación Marítima por satélite

El servicio de Radiodeterminación incluye la radiogoniometría y el Radar.

RADIOGONIOMETRIA

La Radiogoniometría es la radiodeterminación que utiliza la recepción de las ondas radioeléctricas para determinar la dirección de una estación o de un objeto.

Cuando se utiliza una estación radiogoniométrica, la estación móvil que desea conocer su posición llama a la estación radiogoniométrica y transmite luego señales a fin de que esta última estación pueda obtener sus marcaciones.

La estación radiogoniométrica transmite se-

guidamente al vehículo las informaciones relativas a su posición.

Es posible que las marcaciones no sean siempre absolutamente correctas. La marcación obtenida se clasifica, según el grado de error; en clase A, que puede considerarse como precisa con un error inferior de cinco millas marinas; en clase B (error inferior a 20 millas marinas), en clase C (error inferior a 50 millas marinas) y en clase D (error superior a 50 millas marinas).

Las marcaciones pueden ser obtenidas por una estación radiogoniométrica o por dos o más estaciones radiogoniométricas organizadas en grupo.

El servicio de radionavegación marítima radiotelegráfica, utiliza en general para el servicio de Radiogoniométrico, la frecuencia de 410 KHz en la banda 405-415 KHz, aunque existen también servicios radiogoniométricos entre 1605 y 2850 KHz.

RADAR

Otro sistema de radiodeterminación es el Radar, término que se derivó de la expresión "Radio Detection And Ranging". Actualmente, no todos los tipos de radar implican la determinación de la distancia o de la posición de un objeto (blanco).

El término radar se aplica a cualquier sistema que:

- a) Emite señales de radiofrecuencia.
- b) Recibe, procedentes de una fuente distante,

señales de radiofrecuencia que tienen una relación sistemática con señales originalmente emitidas.

- c) Obtiene de la relación existente entre la señal emitida y la señal recibida, una o más características de la fuente distante (por ejemplo: La distancia, la dirección, el tamaño, la velocidad relativa) o sencillamente la indicación de su existencia.

Los radares están basados en tres principios fundamentales:

- 1) La energía radioeléctrica se propaga a una velocidad conocida y uniforme.
- 2) La energía radioeléctrica se propaga según "líneas rectas" que parten de la fuente y cuya dirección puede ser determinada o controlada.
- 3) La energía radioeléctrica puede ser vuelta a radiar o reflejada en mayor o menor grado por objetos o substancias que intercepten la energía emitida.

Los radares utilizan siempre en sus emisiones frecuencias muy altas, nunca inferiores a las ondas métricas y sus aplicaciones son cada vez más extensas en la marina, aviación, meteorología, etc.

Los radares pueden clasificarse de distintas formas, según se tenga en cuenta: la función que desempeña la técnica que utilizan para distinguir la señal recibida de la transmitida, las características del método de rastreo, etc.

Los radares se clasifican en primarios y se

cundarios, según sea la fuente de la señal recibida: Radar primario es un sistema de radiodeterminación basado en la comparación entre las señales de referencia emitidas y las señales reflejadas por el blanco al incidir las señales de referencia en él; Radar secundario es el basado en la comparación entre las señales de referencia y las señales radioeléctricas producidas por un dispositivo situado en el blanco al recibir las señales de referencia.

SERVICIO DE RADIONAVEGACION

El servicio de radionavegación está definido en el Reglamento de Radiocomunicaciones como "Servicio de radiocomunicación que entraña el empleo de la radionavegación".

El servicio de radionavegación se divide a su vez en dos servicios: El servicio de radionavegación aeronáutica, que es el servicio de radionavegación destinado a las aeronaves y el servicio de radionavegación marítimo, que es el destinado a los barcos.

SISTEMAS DE RADIONAVEGACION

Son muchos los sistemas que se han inventado para la radionavegación, sobre todo durante la segunda guerra mundial.

Para citar sólo algunos:

Sistemas de Radionavegación Marítima

- 1) Radiogoniómetros
- 2) Loran
- 3) Decca
- 4) Consol
- 5) Radux
- 6) Omega

Sistemas de Radionavegación Aérea

- 1) Localizador de dirección de aeronaves (ADF)
- 2) Vor
- 3) Tacan
- 4) Radioaltímetros
- 5) Sistemas de aterrizaje por instrumentos (ILS)
- 6) Radar
- 7) Sistemas de aterrizaje por microondas
- 8) Faro radar de control de tráfico aéreo (ATCRBS)

Todos estos sistemas utilizan frecuencias del espectro desde los 10 KHz hasta los 265 GHz, y operan bajo una gran diversidad de principios de funcionamiento.

En la marina, algunos de los más generalizados son los llamados de navegación hiperbólica como el Loran y el Decca; que operan por la medición de diferencias en el tiempo de llegada de dos señales provenientes de estaciones en la costa. Otros como el Consol trabajan con la generación de un patrón especial de radiación de antena con rotación; en el que el navegante cuenta puntos y rayas para determinar su posición en una carta Consol.

Entre los sistemas de radionavegación aérea también existe una gran variedad, muchos se basan en el principio de funcionamiento del radar,

pero sin innumerables las diferentes versiones - de él. Describiremos brevemente las principales características de algunos de ellos.

SISTEMAS DE RADIONAVEGACION MARITIMA

RADIOGONIOMETROS Y FAROS OMNIDIRECCIONALES

Los radiogoniómetros (o RDF, del inglés - "Radio Direction Finder"), fueron los primeros - sistemas de radio que prestaron ayuda a la nave- gación (desde 1920).

Su principio de funcionamiento se basa en - la propiedad de una antena, de recibir una señal mínima cuando el frente de onda transmitido por una estación es paralelo al plano de la antena - (se usan antenas de cuadro o bobinas en cuyo ca- so se trata del plano transversal de la bobina).

Un barco puede determinar su posición toman- do la marcación de dos estaciones transmisoras - en la costa, cuyas posiciones son conocidas. Así dibujando en un plano del área local las direc- ciones obtenidas con los mínimos de señal de ca- da estación, se puede obtener por la intersec- - ción de las direcciones el punto aproximado en - que se encuentra el barco.

FRECUENCIAS UTILIZADAS EN LOS RDF

Los radiogoniómetros de los barcos deben - ser capaces de funcionar en 500 KHz para tomar - las marcaciones de los barcos en peligro, en la frecuencia internacional para RDF de 410 KHz, - utilizada cuando se pidan marcaciones de RDF de

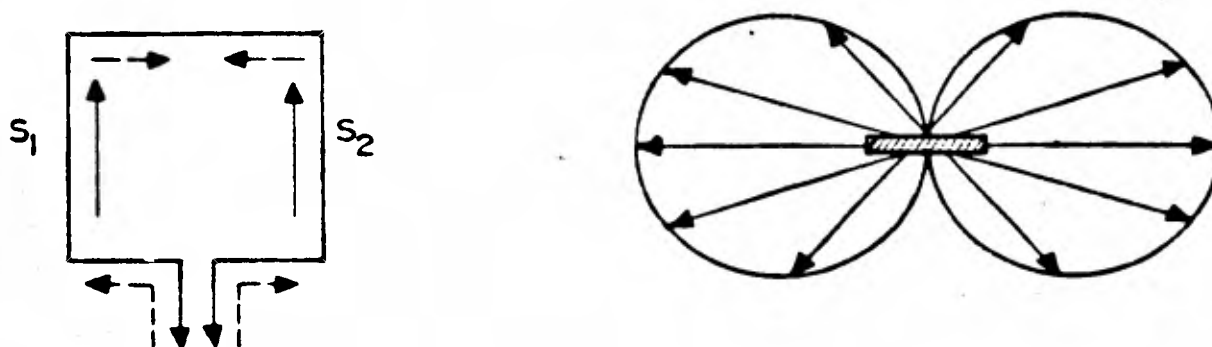


FIG. 5-3 ANTENA DE UN RDF

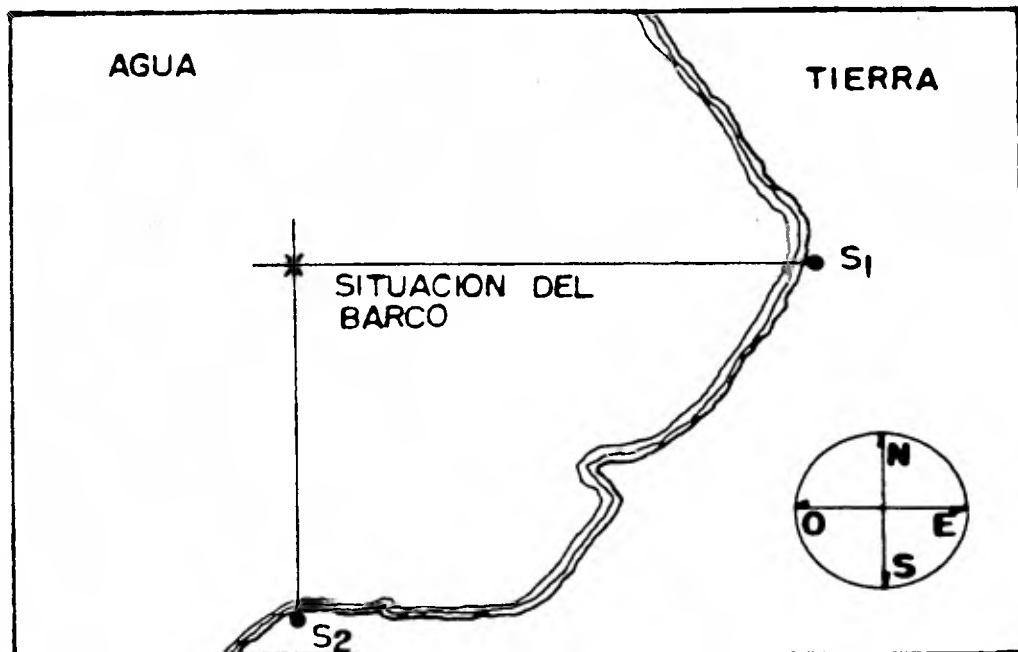


FIG. 5-4 LOCALIZACION DE LA SITUACION DE UN BARCO MEDIANTE MARCACIONES DE RDF

otras estaciones, y a la de las estaciones radiofaro que operan entre 285 y 320 KHz.

El alcance y la precisión de los sistemas - RDF son limitados (200 ó 300 Km), y en la actualidad su empleo va desapareciendo en algunos países.

ESTACIONES DE RADIOFARO

Cuando lo consideran conveniente en interés de la navegación, las administraciones organizan un servicio de estaciones de radiofaro.

Una estación de radiofaro es una estación - del servicio de radionavegación, cuyas emisiones tienen por objeto permitir a una estación móvil, determinar su marcación o su dirección con relación al radiofaro. Estas estaciones funcionan - de manera análoga a los faros, con la diferencia de que utilizan las ondas radioeléctricas en lugar de las ondas luminosas.

Las estaciones móviles determinan su posición con relación a los radiofaros, mediante sus propios radiogoniómetros automáticos o manuales. Para determinar la posición debe conocerse previamente la longitud y la latitud de los radiofaros, así como sus señales características, sus - frecuencias y sus clases de emisión.

Para establecer un servicio de estaciones - de Radiofaro, las administraciones pueden utilizar:

- a) Radiofaros propiamente dichos, instalados - en tierra firme o en barcos amarrados permanentemente o, excepcionalmente, en barcos - que navegan dentro de una zona reducida cu-

yos límites sean conocidos y se hayan publicado. Los diagramas de emisión de estos radiofaros pueden ser directivos o no directivos.

- b) Estaciones fijas, estaciones costeras o estaciones aeronáuticas designadas para funcionar como radiofaros a petición de las estaciones móviles.

Los radiofaros propiamente dichos utilizan las bandas de frecuencias que se les atribuyen en el cuadro de distribución de frecuencias, -- principalmente las comprendidas entre 285 y 315 KHz. Las demás estaciones notificadas como radiofaros utilizan a tal efecto su frecuencia normal de trabajo y su clase normal de emisión. Se imponen ciertos límites a la potencia radiada -- por los radiofaros, según el alcance diurno requerido.

La asignación de frecuencia a los radiofaros aeronáuticos que funcionan en las bandas comprendidas entre 160 y 415 KHz, se basa en una -- protección contra las interferencias, no menor -- de 10 dB, en toda la zona de servicio de cada radiofaro. Para obtener tal relación de protec--- ción, se admite que la potencia radiada no excederá del valor necesario para que la intensidad del campo tenga, en el límite del alcance, el valor deseado.

Los valores de la relación de protección -- aplicables a los radiofaros marítimos que funcionan en las bandas comprendidas entre 285 y 315 -- KHz, se determinan a base de admitir que la potencia radiada no excederá del valor necesario -- para obtener en el límite del alcance la intensidad de campo deseada.

LORAN

El sistema Loran de radionavegación se introdujo durante la segunda guerra mundial, para mejorar las limitaciones de alcance y exactitud de los RDF.

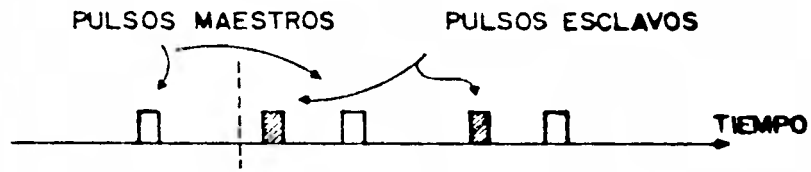
El nombre de Loran proviene del inglés --- "Long Range Navegation" y es un sistema que puede utilizarse tanto en la marina como en la aviación.

El sistema Loran a bordo de un barco o un avión consta básicamente de una antena vertical corta, un receptor superheterodino, un dispositivo de comparación y sincronización de tiempos y planos Loran.

El receptor del Loran recoge las señales transmitidas por un par de estaciones transmisoras localizadas en la costa. Cada par de estaciones consta de una estación maestra y una estación esclava. La estación maestra transmite pulsos de 40 microsegundos a cierta frecuencia y la estación esclava transmite estos pulsos con un retardo fijo. A bordo de la nave se compara en un osciloscopio la diferencia de tiempo de llegada de los pulsos entre cada una de las estaciones.

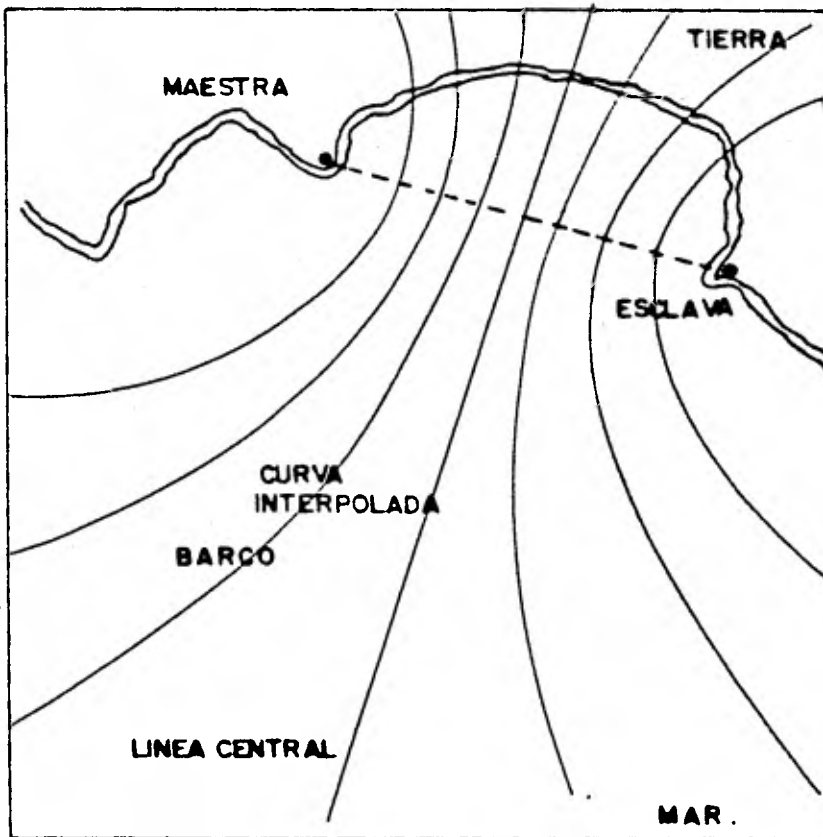
Los planos Loran muestran las áreas geográficas en cuestión con una serie de hipérbolas formadas por el conjunto de puntos de una misma diferencia de tiempos con la estación transmisora como foco.

El navegante localiza la hipérbola correspondiente a la diferencia de tiempo-medida y establece su ubicación. El sistema en realidad usa varios pares de estaciones maestro-esclavo y



PULSOS LORAN.

FIG. 5-5



PLANO LORAN.

FIG. 5-6

requiere la interpolación entre las curvas hiperbólicas correspondientes a la lectura de cada par de estaciones.

En la actualidad, todo el proceso de localización se efectúa automáticamente.

Del sistema de radionavegación Loran existen tres tipos: el A, el B y el C.

El Loran A, cubre la mayoría de las rutas de navegación comerciales tanto marítimas como aéreas, opera en la banda 1800-2000 KHz. Durante el día, el área de servicio va de unos 1200 a 1600 Km, con un error del 1% de la distancia a partir del centro, entre cada par de estaciones. Durante la noche la onda de cielo provee un alcance superior a 2600 Km. con un 5% de tolerancia.

El Loran B, es una versión más refinada del Loran A y está diseñado para obtener una exactitud muy alta a distancias cortas; se destina principalmente en navegación sobre bahías.

El Loran C, utiliza frecuencias en las proximidades de 100 KHz, utilizando las ondas de tierra. Proporciona una exactitud y alcance mucho mayores que el Loran A, al que está substituyendo; sus aplicaciones incluirán en poco tiempo también operaciones en tierra.

DECCA

El sistema Decca se desarrolló en la segunda guerra mundial en la Gran Bretaña. Es como el Loran, un sistema hiperbólico pero la diferencia de distancias se mide por comparación de fase de las señales transmitidas entre 70 y 130 KHz.

Su alcance confiable se limita a unos 450 - Km. Este sistema opera en Europa Occidental, la India y Canadá.

SISTEMA OMEGA

El sistema de radionavegación Omega que opera en la banda VLF (10-14 KHz), es un sistema de largo alcance con una capacidad de cobertura mundial y que ofrece una moderada exactitud (alrededor de una milla náutica) en la fijación de una posición.

Los factores principales que hacen atractivo al sistema Omega de radionavegación, son:

- 1) Las características de propagación de las ondas de VLF son tales que, con sólo ocho estaciones transmisoras es posible lograr una cobertura mundial con moderada exactitud, mientras que otros sistemas (como el Loran A), requerirían de un gran número de estaciones transmisoras para poder lograr sólo una cobertura limitada.
- 2) La propagación en VLF está, en buena medida exenta de las condiciones meteorológicas adversas. El sistema puede además ser empleado como ayuda a la navegación de aeroplanos y submarinos.
- 3) El equipo requerido es poco sofisticado; los receptores Omega tienen un costo moderado.

Las cualidades del sistema Omega se deben principalmente a la estabilidad y la posibilidad de predicción (dentro de límites razonables) de la fase de las señales en VLF sobre una trayecto

ria muy larga, lo cual es de suma importancia para este sistema, ya que el procedimiento actual para fijar una posición involucra la comparación de fase de las señales transmitidas por varias estaciones Omega.

Existen en la actualidad 8 estaciones para el sistema Omega y están ubicadas en Aldra, Noruega; Monrovia, Liberia; Haiku, Hawaii; Dakota del Norte, E.U.A.; Isla Reunión, en el Océano Índico; Golfo Nuevo, Argentina; Isushima, Japón y Australia.

Cada una de ellas con 10 Kw de potencia efectiva radiada con transmisores iguales.

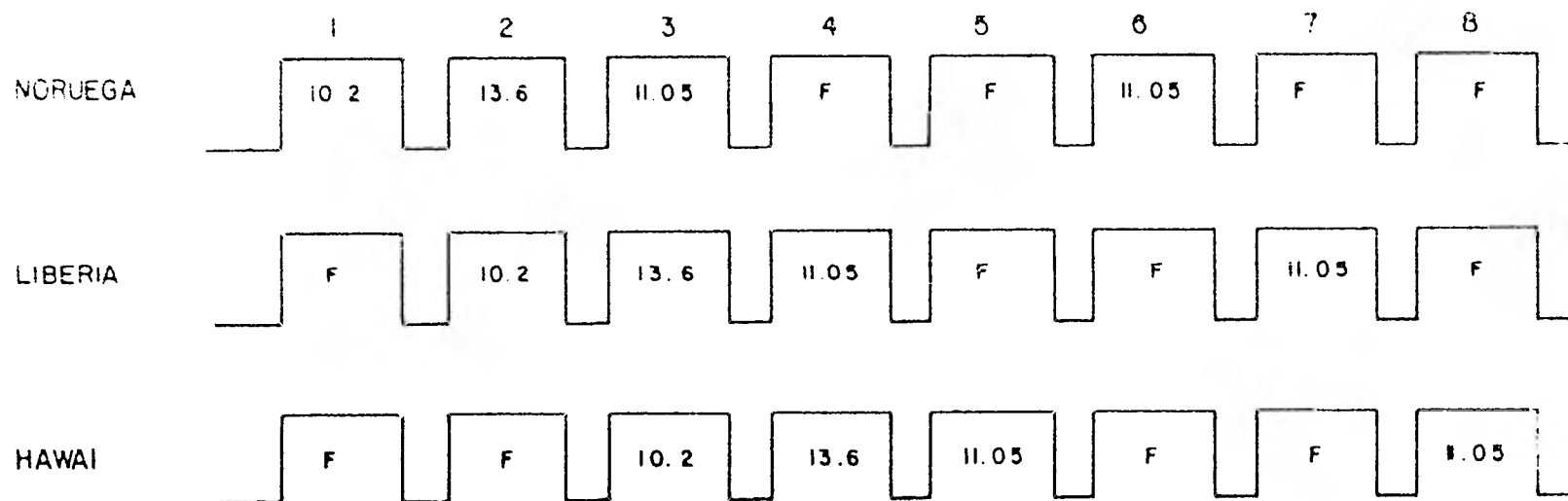
Las señales son transmitidas en una base semicontinua, con un período de repetición de 10 seg., en un formato de 8 pulsos en 4 diferentes frecuencias (10.2, 11.33, 13.6 y 11.05 KHz/más una frecuencia adicional única de cada estación en los 4 espacios vacíos como se muestra en la fig. 5.7.

Las señales transmitidas están sincronizadas con un alto grado de exactitud.

Las antenas transmisoras tienen grandes dimensiones y son de tres tipos: Torre aislada, Torre aterrizada y Tipo cable sobre un valle. Las torres tienen una altura de 300 metros.

La localización de una posición se obtiene por la intersección de dos líneas hiperbólicas, generadas por las diferencias de fase de las señales de cada par de estaciones transmisoras:

Las líneas hiperbólicas están dibujadas y numeradas para su identificación en las cartas especiales Omega.



251

FIG. 5-7 FORMATO DE TRANSMISION DE LAS ESTACIONES OMEGA.

El receptor de la embarcación que desea conocer su posición, debe comenzar desde su punto de partida (posición conocida), un conteo de las líneas hiperbólicas que cruza en el trayecto. Se requiere recibir las señales de 3 estaciones -- cuando menos para evitar ambigüedades.

El resultado de este conteo que se muestra en desplegado numérico en el receptor, permite - fijar la posición en un plano Omega. En la actualidad la mayoría de los receptores efectúan - el conteo automáticamente, incluyendo las correcciones de valores de propagación y convierten - los datos obtenidos a términos de latitud y longitud. Existen varias técnicas para la iniciación del conteo en caso de existir dudas en la - información de la posición inicial.

SISTEMAS DE RADIONAVEGACION AEREA

LOCALIZACION DE DIRECCION DE AERONAVES

El sistema localizador de dirección de aeronaves (del inglés Airbone Direction Finder ADF), es un sistema que mide por medio de una antena - de bobina rotatoria el ángulo entre el eje de la aeronave y la dirección de llegada de la onda de un transmisor de radio.

Aunque no es el sistema más preciso es ampliamente utilizado, ya que opera sobre casi -- cualquier tipo de estación en la banda 200 a -- 1600 KHz. No se le emplea en frecuencias altas, debido a la contaminación ionosférica. Una estación terrestre destinada específicamente a este fin, se llama Faro no direccional y opera en la banda 200 a 415 KHz.

SISTEMA VOR

Para la utilización de la navegación aérea, se creó el sistema VOR (VHF Omnidirectional Range) que opera en la banda 108-118 MHz (zona del espectro con bajo nivel de estática).

El sistema VOR proporciona información de su posición al navegante, basándose en la medición de la diferencia de fase entre dos señales, una de referencia omnidireccional y otra de fase variable, que inicialmente son ajustadas de una manera que en el norte magnético tengan una diferencia de fase de 0° ; así la diferencia de fase entre las dos señales, es proporcional a la desviación de la aeronave del Norte magnético respecto a la estación VOR de tierra.

En los sistemas actuales, el transmisor VOR de tierra radía una señal con un patrón de antena de forma cardioide que gira a 30 rps, generando AM de 30 Hz en el receptor del avión. Además se radía FM - 480 Hz sobre una subportadora en 9960 Hertz. El receptor de la aeronave obtiene el rumbo como función de la diferencia de fase entre las modulaciones de FM y AM de 30 Hz.

Desde su adopción formal por la ICAO (International Civil Aviation Organization) en 1949, a la fecha el sistema VOR ha sufrido mejoras y cambios considerables (Doppler Vor, Pvor), y se le ha asociado con otros sistemas de navegación que complementan sus funciones (VOR/DME, VORTAC de - VOR-TACAN, etc.).

El sistema VOR permite al piloto volar por la ruta que desee desde una estación VOR a otra, con un alcance de aproximadamente 275 Km (2° de exactitud aprox.).

Las estaciones VOR transmiten además de las señales de navegación, señales audibles en las que se incluyen la señal codificada de identificación, transmisión simultánea de voz dando reportes meteorológicos, instrucciones sobre tráfico aéreo, etc.

TACAN

Más perfeccionado aún es el sistema TACAN - (Tactical Air Navigation), el cual proporciona simultáneamente la distancia y la marcación (rumbo) del avión con respecto a la estación de tierra.

El sistema Tacan contiene un radiofaro OME (que utiliza una señal de pulsos para medir la distancia), al que se añade un patrón de antena rotatorio de forma cardioide, más un patrón de antena de 9 lóbulos, los cuales generan una marcación burda y una marcación fina en el receptor del avión.

Las radiobalizas de tierra Tacan operan en la banda 960-1215 MHz del servicio de radionavegación aeronáutica, de 962 a 1024 MHz y desde 1151 a 1213 MHz con un total de 126 canales de 1 MHz de ancho para comunicaciones tierra-aire, y entre 1025 y 115 para comunicación aire-tierra.

Este sistema, que tiene un alcance efectivo de aproximadamente 370 Km, por operar en frecuencia de UHF, utiliza antenas más pequeñas que las del sistema VOR y sus patrones multilóbulos mejoran la exactitud.

DME

En el sistema DME (Equipo de Medición de Distancia), el transmisor de la aeronave envía un pulso interrogador al transponder (transmisor-receptor) de tierra, el cual es así activado para emitir una señal de respuesta.

El tiempo transcurrido entre la señal de interrogación y la señal de respuesta se transforma en información de distancia.

Comúnmente, cada señal consiste en un par de pulsos de RF separados por 12 ms, cuyo tiempo de aparición y duración es de aproximadamente 2.5 ms.

La banda 1025 a 1150 MHz contiene 126 canales para interrogación de 1 MHz de ancho cada uno.

Las bandas 962-1024 MHz y 1151-1213 MHz, contienen también 126 canales de 1 MHz de ancho cada uno para respuesta de tierra.

FARO RADAR DE CONTROL DE TRAFICO AEREO

En este sistema llamado también radar secundario de vigilancia, el "interrogador" (transmisor-receptor de señales de pulsos), en la estación de tierra transmite en 1030 MHz, aproximadamente 400 pares de pulsos a través de una antena rotatoria direccional y recibe a su vez del "transponder" (transmisor-receptor disparado por el interrogador) de la aeronave en 1090 MHz, señales de pulsos codificados con informaciones de identificación, altitud, etc., a través de una antena omnidireccional.

Hay más de 4000 códigos disponibles que se pueden presentar en un indicador de posiciones, que es un tubo de rayos catódicos similar a los usados en radares primarios (frecuentemente este sistema se usa asociado a un radar primario usando el mismo display).

Para suprimir las respuestas no deseadas del transponder a lóbulos laterales del interrogador, se transmite en tierra además una señal de pulsos omnidireccionalmente y el transponder está arreglado de manera que sólo conteste cuando la señal direccional exceda a la señal omnidireccional.

RADIOALTIMETROS

Son equipos de radionavegación, instalados a bordo de una aeronave, que utilizan la reflexión de las ondas radioeléctricas de la tierra, para determinar la altura a que se encuentra la aeronave del suelo.

Los radioaltímetros operan, a título secundario (salvo en la URSS en donde operan a título primario), en la banda 420-450 KHz, que está atribuída a servicios distintos del de navegación (ver frecuencias atribuídas a radiolocalización).

SISTEMA DE ATERRIZAJE POR INSTRUMENTOS (ILS)

El sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS), es un sistema que proporciona a las aeronaves inmediatamente antes de su aterrizaje y en el curso de éste, una orientación horizontal, vertical y una indicación en ciertos puntos fijos de la distancia hasta el punto de referencia

de aterrizaje.

El sistema ILS, consta de una radioalineación de pista, de una radioalineación de descenso y de radiobalizas.

La radioalineación de pista es un dispositivo de orientación en sentido horizontal, que indica la desviación de la aeronave con relación al trayecto óptimo de descenso, según el eje de la pista de aterrizaje.

Esta radioalineación se consigue por la transmisión, desde el final de la pista, de dos patrones iguales de antena como los de la fig. 5.8; modulados el izquierdo en 90 Hz y el derecho en 150 Hz. Una aguja vertical en el tablero de instrumentos se desvía a derecha e izquierda y se centra cuando el avión está en curso.

La radioalineación de descenso es un dispositivo de orientación en sentido vertical, que forma parte del sistema ILS y que indica la desviación vertical de la aeronave con relación al trayecto óptimo de descenso.

Se radían desde el inicio de la pista de aterrizaje, dos señales moduladas en AM de 150 y 90 Hz, con patrones de radiación de antena como los mostrados en la fig. 5.9. Una aguja horizontal en los instrumentos del avión se desvía hacia arriba y abajo dependiendo de la desviación de la aeronave respecto al trayecto de descenso óptimo, cuando la aguja está horizontal, el avión está en curso.

La banda 328.6 a 335.4 MHz, atribuída en el reglamento de radiocomunicaciones, a la radionavegación aeronáutica está limitada a los sistemas de aterrizaje con instrumentos (trayectoria de planeo).

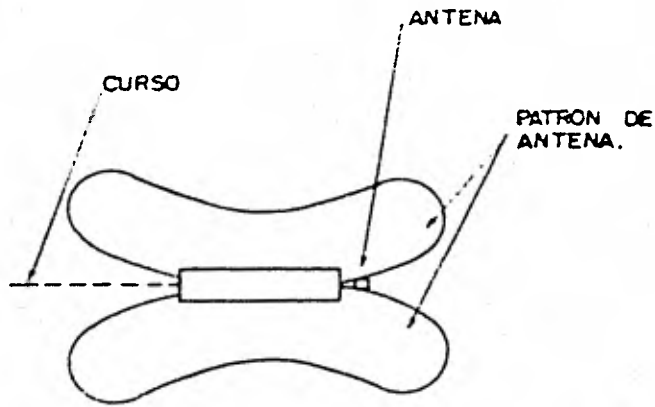


FIG.5-8 RADIOALINEACION DE PISTA

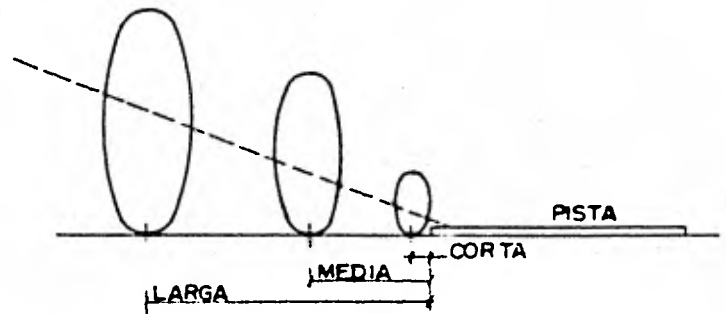


FIG.5-10 RADIO BALIZAS

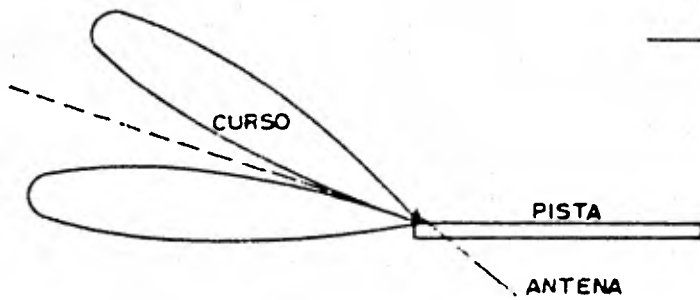


FIG.5-9 RADIOALINEACION DE DESCENSO.

La radioalineación de pista emplea la banda 108 a 112 MHz.

Las radiobalizas son transmisiones que radian verticalmente un haz de configuración especial (fig. 5.10), destinado a facilitar datos de posición de la aeronave. Los lóbulos en forma de paleta se localizan a distancias corta, media y larga de la pista de aterrizaje.

Las radiobalizas aeronáuticas tienen asignada la frecuencia de 75 MHz. Las administraciones se abstienen de asignar frecuencias próximas a los límites de la banda de guarda de esta frecuencia; a las estaciones de otros servicios que, por su potencia o su posición geográfica, puedan causar interferencias perjudiciales a las radiobalizas.

SERVICIO DE RADIOLOCALIZACION

Es un servicio de radiodeterminación que entraña el empleo de la radiolocalización.

Como hemos dicho anteriormente, la radiolocalización es la radiodeterminación utilizada con fines distintos de la radionavegación. Esta función incluye la radiolocalización de barcos por centros apropiados, tales como los centros de coordinación de las operaciones de salvamento.

Algunos usos de la radiolocalización sistemática son: el encaminamiento del lugar en que se ha producido un siniestro por reconstrucción de la ruta a partir de información procedente, y la identificación de barcos cerca del lugar de un siniestro.

Otro ejemplo de radiolocalización, son los

sistemas dedicados a levantamientos topográficos, hidrográficos y geodésicos. Entre ellos se pueden citar los americanos LORAC y RAYDIST. Ambos sistemas son hiperbólicos de comparación de fase. La comparación de fase se hace sobre una señal de audiofrecuencias obtenida por el batido logrado entre varias portadoras. Estos sistemas trabajan en la banda de 1600 y 1800 KHz.

SERVICIO DE RADIODETERMINACION POR SATELITE

Servicio de radiocomunicación que entraña el empleo de la radiodeterminación y la utilización de una o más estaciones espaciales.

De los servicios de radiodeterminación por satélite, los únicos; que en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias tienen atribuídas bandas, son los de radionavegación por satélite.

Existen cinco técnicas básicas de radiodeterminación en las que se emplean satélites:

- 1) Medición de distancias.
- 2) Medición de la variación de las distancias, en función del tiempo.
- 3) Medición de la diferencia de distancias.
Por radiosextante.
- 4) Medición de ángulos: Por radiointerferómetro.
- 5) Retransmisión de información de sistemas terrenales de radiodeterminación.

Dentro de cada técnica son posibles, numerosas variaciones del sistema; también son posibles diversas combinaciones de las cinco técnicas básicas.

SERVICIO DE RADIONAVEGACION POR SATELITE

Se define a este servicio como "Servicio de radiodeterminación por satélite, utilizado para los mismos fines que el servicio de radionavegación; en algunos casos, este servicio incluye la emisión o retransmisión de informaciones complementarias necesarias para el funcionamiento de los sistemas de radionavegación".

Forman parte del servicio de radionavegación por satélite: el servicio de radionavegación aeronáutica por satélite, que es un servicio de radionavegación por satélite en el que las estaciones terrenas móviles están situadas a bordo de aeronaves; y el servicio de radionavegación marítima por satélite, en el que las estaciones terrenas móviles están situadas a bordo de los barcos.

El servicio de radionavegación por satélite tiene atribuídas con exclusividad y a título mundial las bandas 149.9-150.05 MHz y 399.9-400.05 MHz. Sin embargo, estas bandas pueden ser, además, utilizadas por las estaciones terrenas receptoras del servicio de investigación espacial. Antes de la conferencia espacial de 1963, dichas bandas estaban atribuídas a los servicios fijo y móviles, por lo que quedan algunos países en los que todavía están compartidas con servicios fijo y móvil.

Este servicio también tiene atribuída a título mundial la banda 14.3-14.4 GHz, pero compartida con el servicio fijo por satélite (tierra-espacio) con la limitación de que la utilización de esta banda por el servicio de radionavegación por satélite, deberá realizarse de tal manera que se asegure una protección suficiente a las estaciones espaciales del servicio fijo por satélite.

Entre las características que para la radio navegación tienen los satélites artificiales, se pueden citar las siguientes:

- Posibilidad de asegurar una cobertura mundial por medio de un solo sistema.
- Flexibilidad de funcionamiento que permite satisfacer las diversas exigencias de los sistemas.
- Economía en la utilización del espectro.

El objetivo primordial de todo sistema de radionavegación por satélite, es ofrecer el medio de determinar con precisión la posición de un vehículo que se encuentra a una distancia relativamente grande, de las zonas terminales de circulación o de las zonas de circulación muy densas; mediante un servicio cuya continuidad dependerá de las necesidades del vehículo al que esté destinado.

Por regla general, se considera que todo servicio de radionavegación debe estar simultáneamente a disposición de un número ilimitado de observadores independientes que sólo disponen cada uno de equipo receptor.

SERVICIO DE RADIONAVEGACION AERONAUTICA POR SATELITE

El servicio de radionavegación aeronáutica por satélite, tiene atribuídas las siguientes bandas:

1558.5	-	1636.5	MHz	66	-	71	GHz
4200	-	4400	MHz	96	-	101	GHz
5000	-	5250	MHz	142	-	150	GHz
15.4	-	15.7	MHz	190	-	200	GHz
43	-	48	MHz	250	-	265	GHz

Las bandas 1558.5 - 1636.5 MHz, 4200 - 4400 MHz, 5000 - 5250 MHz y 15.4 - 15.7 GHz, se reservan en todo el mundo para el uso y desarrollo de equipos electrónicos de ayuda a la navegación aérea instalados a bordo de aeronaves, así como para el uso y desarrollo de las instalaciones terrestres o a bordo de satélites directamente asociados a dichos equipos.

Las bandas 1558.5 - 1636.5 MHz, 5000 - 5250 MHz y 15.4 - 15.7 GHz, están también atribuidas al servicio móvil aeronáutico para el uso y desarrollo de sistemas en los que se utilizan técnicas de radiocomunicación espacial. Ese uso y desarrollo son objetos de acuerdo y coordinación entre las administraciones interesadas y aquellas otras cuyos servicios, explotados de conformidad con el cuadro de atribución de bandas de frecuencia, pueden ser afectados.

La conferencia espacial de 1971, consideró que las bandas 43-48 GHz, 66-71 GHz, 142-150 GHz, 190-200 GHz y 250-265 GHz fuesen atribuidas a los servicios móvil aeronáutico por satélite, móvil marítimo por satélite, radionavegación aeronáutica por satélite y radionavegación marítima por satélite, y reconoció que, por razones de compatibilidad no es conveniente que estas bandas se compartieran ulteriormente con otros sistemas de servicios de radiocomunicación terrenal distintos de los servicios móviles aeronáuticos, marítimos o de radionavegación aeronáutica y marítima.

SERVICIO DE RADIONAVEGACION MARITIMA POR SATELITE

Las bandas atribuidas al servicio de Radionavegación Marítima por satélite, son las siguientes:

43 - 48 GHz	142 - 150 GHz
66 - 71 GHz	190 - 200 GHz
95 - 101 GHz	250 - 265 GHz

Todas ellas están compartidas con el servicio de radionavegación aeronáutica por satélite, el servicio móvil marítimo por satélite y el servicio móvil aeronáutico por satélite.

Actualmente existe un equipo de ayuda a los navegantes para la marina civil, que utiliza la red NNSS de satélites de ayuda a la navegación de la marina de los EE.UU. (Navy Navigation Satellite System) y que permite guiar en todo momento a los barcos con una precisión de cerca de una décima de milla marina (es decir, menos de 200 m.).

El equipo de a bordo del barco, consta de un receptor con su antena correspondiente de tipo cónica, un equipo para el tratamiento de datos y un teleimpresor de tipo corriente.

Este sistema de navegación generalmente conocido por el nombre de TRANSIT, está basado en que cada satélite (hay cinco, no estacionarios en órbita circular que pasan por polos Norte y Sur), radía su posición exacta en intervalos de dos minutos emitiendo continuamente señales que dan esta posición.

El equipo a bordo del barco, determina la posición de éste, con respecto a la posición conocida del satélite en el instante de la emisión por medio del efecto Doppler. Para ello, mide automáticamente las variaciones de frecuencia radiada por cada satélite a su paso. Estas variaciones son función de la distancia entre el satélite y el barco. La calculadora con estos datos

determina la posición exacta del barco y el teleimpresor imprime el resultado.

Este sistema fue diseñado para barcos y submarinos; parece ser por ahora, el único sistema de radionavegación por satélite en operación normal.

Las frecuencias que el TRANSIT, emplea para radiar los parámetros de las órbitas de los satélites, marcas de tiempo y otras informaciones, son: 150 y 400 MHz del servicio de radionavegación por satélite.

5.8 - SERVICIO MOVIL TERRESTRE

De todos los servicios móviles y aún de todos los otros servicios de radiocomunicaciones, ninguno ha experimentado un crecimiento tan grande como el servicio móvil terrestre. Consecuentemente, ninguno ha estado sujeto a tantos cambios técnicos y de reglamentación en el mundo.

Su desarrollo es un hecho relativamente reciente, pues a diferencia de otros servicios, existieron limitaciones técnicas que impidieron el uso práctico de este servicio, pero aún más importante fue el escepticismo con el que se le vio desde un principio.

En el primer decenio del siglo XX, los sistemas de radiocomunicación más desarrollados se emplearon en la marina, por la gran necesidad que se tenía de dar seguridad a los barcos en el tamar.

Estos sistemas empleaban solamente las bajas frecuencias que la tecnología permitía utilizar. Las ondas de esas frecuencias se propaga-

FRECUENCIAS ATRIBUIDAS A LOS SERVICIOS DE RADIONAVEGACION EN GENERAL

Región 1		Región 2		Región 3	
10- 14 KHz C		10- 14 KHz E		10- 14 KHz	
70- 72 " E	162	90- 110 " C	166 167	70- 90 " C	162
72- 84 " C	162			90- 110 " C	166 167
84- 86 " E	162	1800-2000 " C	198 <u>Loran</u>		
86- 90 " C				110- 130 " C	162 167
90- 110 " C	166 167			405- 415 " C	Radio- gonióm. 182
110- 112 " C	167			1800-2000 " C	<u>198</u>
112- 115 " E					
115- 126 " C	167 169				
126- 129 " E	162				
129- 130 " C	162 167				
582- 606 MHz C				585- 610 MHz E	
	Radares tierra		RT		RT
2900-3100 " C	367 367A 367B	2900-3100 MHz C	367 367A 367B	2900-3100 MHz C	367 367A 367B
9300-9500 " C	399 367A 367B	9300-9500 " C	399 367A 367B	9300-9500 " C	399 367A 367B
14 - 14.3 GHz C	407A 408A	14 - 14.3 GHz C	407A 408A	14 - 14.3 GHz C	407A 408A
24.25-25.25 GHz E	411	24.25-25.25 GHz E	411	24.25-25.25 GHz E	411
31.8-32.3 GHz C		31.8-32.3 GHz C		31.8-32.3 GHz C	
32.3-33 " E		32.3-33 " E		32.3-33 " E	
33-33.4 " C		33-33.4 " E		33-33.4 " E	

RADIONAVEGACION MARITIMA

Región 1

Región 2

Región 3

	70- 90 KHz C	162
	110- 130 " C	162 167
285- 315 KHz C	Radio faros	285- 315 " C Radio faros
	315- 325 " C	" " " " " "
405- 415 " C	Radio- gonióm. 182	405- 415 " C Radio- gonióm. 182
2625-2650 " C	195A	
5470-5650 MHz C	387	5470-5650 MHz C 387
43- 48 GHz C	Radionave gación Ma rítima x Satélite	43- 48 GHz C Radionave gación Ma rítima x Satélite
66- 71 " "	"	66- 71 " " " "
95- 101 " "	"	95- 101 " " " "
142- 150 " "	"	142- 150 " " " "
190- 200 " "	"	190- 200 " " " "
250- 265 " "	"	250- 265 " " " "

RADIONAVEGACION AERONAUTICA

Región 1		Región 2		Región 3	
255- 285 KHz C	FAROS	200- 285 KHz C		160- 200 KHz C	
285- 315 " "	} OMNIDI RECCIO NALES	285- 315 " "		200- 285 " "	
315- 325 " E		315- 325 " "		285- 315 " "	
325- 405 " C		325- 405 " "		315- 325 " "	
405- 415 " "		405- 415 " "		325- 405 " "	
510- 525 " "			510- 525 " "		
		525- 535 " "			
		1605-1800 " "			68 - 70 MHz C
74.8-75.2 MHz E	259 Radiobalizas	74.6-75.4 MHz E	259 Radiobalizas	74.6-75.4 " E	259
108-117.975 " "	VOR	108-117.975 " "	VOR	108-117.975 " E	VOR
216- 223 " C	297			216- 225 " C	
223- 235 " "				225- 235 " "	
	Sistema de Aterrizaje con instrumentos				
328.6-335.4 " "	311	328.6-335.4 " E	311	328.6-335.4 MHz E	311
960-1215 " E	341	960-1215 " E	341	960-1215 " E	341
	Radar Terr.		Rad.Terr.		R.T.
1300-1350 " C	346	1300-1350 " C	346	1300-1350 " C	346
1558.5-1636.5 MHz E	352A B, K	1558.5-1636.5 MHz E	352A B, K	1558.5-1636.5 MHz E	352A B, K
2700-2900 MHz C	346 366	2700-2900 MHz C	346 366	2700-2900 MHz C	346 366
4200-4400 " E	352A 379A	4200-4400 " E	352A 379A	4200-4400 " E	352A 379A
5000-5250 " "	352A 352B 383B	5000-5250 " "	352A 352B 383B	5000-5250 " "	352A 352B 383B
5350-5460 " C	385 Radar Aero Transportado	5350-5460 " C	385 R.A.T.	5350-5460 " C	385 R.A.T.
5460-5470 " C	385	5460-5470 " "	" "	5460-5470 " C	" "
8750-8850 " "	396 x Doppler	8750-8850 " "	396 x Doppler	8750-8850 " "	396 x Doppler
9000-9200 " "	346 R.T.	9000-9200 " "	346 R.T.	9000-9200 " "	346 R.T.
13.25-13.4 GHz E	406 407A	13.25-13.4 GHz E	406 407A	13.25-13.4 GHz E	406 407A
15.4-15.7 " "	352A 352B	15.4-15.7 " "	352A 352B	15.4-15.7 " E	352A 352B
43-48 GHz C	Radionavegación Aéronáutica x Satélite	43-48 GHz C	Radionavegación Aéronáutica x Satélite	43-48 GHz C	Radionavegación Aéronáutica x Satélite
66-71 " "	"	66-71 " "	"	66-71 " "	"
95-101 " "	"	95-101 " "	"	95-101 " "	"
142-150 " "	"	142-150 " "	"	142-150 " "	"
190-200 " "	"	190-200 " "	"	190-200 " "	"
250-265 " "	"	250-265 " "	"	250-265 " "	"

R A D I O L O C A L I Z A C I O N

Región 1		Región 2		Región 3	
10- 14 KHz C		10- 14 KHz C		10- 14 KHz C	
		70- 90 " "		216- 225 MHz "	
		110- 130 " "	167		
		1605-1800 " "			
		138-143.6 MHz C			
		143.6-143.65 " "			
		143.65-144 " "			
		216- 220 " "			
		220- 225 " "			
	Radioal- tímetros		Radioal- tímetros		Radioal- tímetros
420- 430 MHz C	318	420- 450 MHz C	318	420- 450 MHz C	318
430- 440 " "	318				
	R. Alt.				
440- 450 " "	318				
	R. Alt.				
890- 942 " "		890- 942 MHz C	340	890- 942 MHz C	
1215-1300 " "		1215-1300 " "		1215-1300 " "	
1300-1350 " "		1300-1350 " "		1300-1350 " "	
1350-1400 " "	349A	1350-1400 " E	349A	1350-1400 " E	349A
2300-2450 " C		2300-2450 " C		2300-2450 " C	
2450-2500 " C		2450-2500 " "		2450-2500 " "	
2700-2900 " "	366	2700-2900 " "	366	2700-2900 " "	366
2900-3100 " "		2900-3100 " "		2900-3100 " "	
3100-3300 " E	369	3100-3300 " E	369	3100-3300 " E	369
3300-3400 " E		3300-3400 " C		3300-3400 " C	
3400-3600 " C		3400-3500 " C		3400-3500 " "	
		3500-3700 " "		3500-3700 " "	
5250-5255 " "		5250-5255 " "		5250-5255 " "	
5255-5350 " E		5255-5350 " E		5255-5350 " E	
5350-5460 " C		5350-5460 " C		5350-5460 " C	
5460-5470 " "		5460-5470 " "		5460-5470 " "	
5470-5650 " "		5470-5650 " "		5470-5650 " "	
5650-5670 " "		5650-5670 " "		5650-5670 " "	
5670-5725 " "		5670-5725 " "		5670-5725 " "	
5725-5850 " "	391 391A	5725-5850 " "	391 391A	5725-5850 " "	391 391A
		5850-5925 " "	391	5850-5925 " "	391
8500-8750 " E		8500-8750 " E		8500-8750 " E	
8750-8850 " C		8750-8850 " C		8750-8850 " C	
8850-9000 " E		8850-9000 " E		8850-9000 " E	
9000-9200 " C		9000-9200 " C		9000-9200 " C	
9200-9300 " E		9200-9300 " E		9200-9300 " E	
9300-9500 " C	399	9300-9500 " C	399	9300-9500 " C	399
9500-9800 " E		9500-9800 " E		9500-9800 " E	
9800-10000 " C	401A	9800-10000 " C	401A	9800-10000 " C	401A
10000-10500 MHz C	"	10000-10500 MHz C	"	10000-10500 MHz C	"
10.5 -10.55 GHz C		10.5 -10.55 GHz E	404	10.5 -10.55 GHz E	404
			Ondas en- treenidas		O.E.
10.55-10.6 " "		10.55-10.6 " C		10.55-10.6 " C	
10.6 -10.68 " "		10.6 -10.68 " "		10.6 -10.68 " "	
13.4 -14 " E	407A	13.4 -14 " E	407A	13.4 -14 " E	407A
15.7 -17.7 " "		15.7 -17.7 " "		15.7 -17.7 " "	
24.05-24.25 " C	410C	24.05-24.25 " C	410C	24.05-24.25 " C	410C
33.4 -34.2 " E		33.4 -34.2 " E		33.4 -34.2 " E	
34.2 -35.2 " C	412D	34.2 -35.2 " C	412D	34.2 -35.2 " C	412D
35.2 -36 " E		35.2 -36 " E		35.2 -36 " E	

RADIONAVEGACION POR SATELITE

Región 1

Región 2

Región 3

149.9-150.05 MHz E	285C	149.9-150.05 MHz E	285C	149.9-150.05 MHz E	285C
399.9-400.05 " "	"	399.9-400.05 " "	"	399.9-400.05 " "	"
14.3 - 14.4 GHz C	408A	14.3 - 14.4 GHz C	408A	14.3 - 14.4 GHz C	408A

ban excepcionalmente bien sobre el agua y las soluciones a los problemas técnicos eran relativamente simples. Esto no ocurrió con los sistemas de radio en tierra; las señales de las bajas frecuencias entonces disponibles no penetraban adecuadamente en las zonas densamente construídas, las dimensiones requeridas por las antenas las hacían imprácticas para los vehículos, las fuentes de poder inadecuadas y otros obstáculos presentaron entonces problemas formidables.

De cualquier forma, en los años treinta se instalaron en Inglaterra los primeros sistemas de radio móvil terrestre como ayuda en la prevención del crimen. Algunas de las ciudades más grandes instalaron transmisores de frecuencias medias operando en 2 MHz, que permitían la comunicación Morse en un sentido, con los autos de policía. Se hicieron además algunos intentos con telefonía, pero los grandes niveles de ruido, desvanecimiento e interferencia de gran distancia, hacían los sistemas de un valor muy limitado; aún para las pocas ciudades que tenían la suerte de tener frecuencias propias o que compartían alguna frecuencia. Uno de los pioneros fue la instalación de Brighton que en 1932 compartía una frecuencia en 2.03 MHz con Glasgow, los equipos trabajaban muy bien, pero las limitaciones de frecuencias disponibles impedían el desarrollo del sistema.

Tiempo después, al aproximarse la segunda guerra mundial, se comenzaron a buscar mejores frecuencias en la región de los 100 MHz (VHF), ya que se pensaba que los transmisores policiales en frecuencias medias, podían servir como faros a los aviones enemigos. Durante la guerra hubo una gran escasez de frecuencias, ya que se les reservaba para usos gubernamentales. Aún con esto, apareció entonces el primer sistema

VHF controlado por cristal operando entre 80 y 130 MHz.

Aunque era grande para los estándares modernos, era efectivo y de fácil manejo. El diseño básico de este equipo dio grandes servicios en casos de huracanes y otras calamidades. La estación base de 100 Watts comunicaba en dos sentidos con la estación móvil de 10 Watts en telefonía, logrando alcances de 15 a 20 millas.

Con el tiempo aparecieron otros sistemas; como el de radiotaxis en Cambridge en 1948, y el de correspondencia pública en Francia en 1956; pero mucho tiempo después la idea del radio móvil todavía era novedosa, aún en casos tan obvios como el de las ambulancias.

Posteriormente, los usuarios fueron haciéndose más numerosos y las aplicaciones se extendieron en los campos gubernamentales, comerciales e industriales.

Con el advenimiento del transistor y posteriormente de los receptores de estado sólido, se dio el paso definitivo que inició el tremendo desarrollo.

DEFINICION

Podemos decir que el servicio móvil terrestre (SMT) es el servicio móvil entre estaciones base y estaciones móviles de tierra o entre estaciones móviles de tierra.

USUARIOS

Entre los usuarios, la UIT distingue las si

güentes categorías:

- a) Aquellos cuya actividad principal consiste en explotar vehículos que circulan por una zona determinada, como las empresas de --- transporte públicas o privadas; en las que una estación fija asociada a un aparato de dirección, permite transmitir, pedir ins--- trucciones sobre trabajos a realizar o para comunicar posiciones y progresos de trabajo; los sistemas son sencillos y funcionan al--- ternativamente, además las comunicaciones - pueden ser simultáneas a todos los recepto--- res para encontrar vehículos disponibles, o de llamada selectiva, el principal problema es realizar redes con bastante alcance.
- b) Los que ejercen funciones de vigilancia (po--- licía, guardia) o de salvamento (bomberos, cruz roja), reciben instrucciones, dan aler--- tas y pueden funcionar alternativamente.
- c) Los que ejercen su actividad con clientes - dispersos, cuyos agentes están obligados a desplazarse frecuentemente; como empresas - de instalación, conservación y mantenimien--- to de edificios, obras de construcción, etc. En estos casos, la estación central no pue--- de llamar en todo momento, puesto que el - trabajo los aleja del vehículo; así que se usan aparatos portátiles de recepción de -- llamadas, al captar la señal; se acude a un teléfono cercano o al transceptor del ve--- hículo, algunos más tienen registro de lla--- mada.
- d) En obras de construcción, se utilizan apara--- tos portátiles de corto alcance; para enla--- ces entre operadores de máquinas como excava--- doras, tractores, con directores de manio---

bras, etc.; para las mismas funciones se usan en estaciones ferroviarias, carreteras, etc.

El control puede ser con telemandos directos, en estos casos deben tomarse precauciones por interferencia o fallas de enlace.

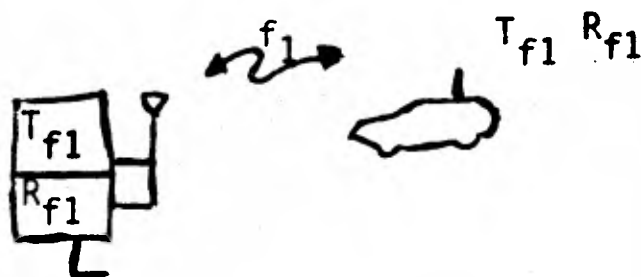
- e) Otro grupo es el de los usuarios que se desplazan en zonas urbanas o suburbios; como médicos, hombres de negocios, que requieren inerconexión con la red telefónica terrestre y necesitan una calidad de servicio comparable al del teléfono normal.
- f) Otro más es el de los usuarios que se desplazan en medios rurales (tales como médicos, veterinarios, etc.), éstos representan enlaces menos importantes y no permanentes con ligera densidad de tráfico.

Esta lista sólo enumera los grupos más importantes de usuarios, ya que la diversificación de los sistemas radio móviles en el presente es muy grande.

TIPOS DE SISTEMAS O REDES

1) Sistema Simplex de una frecuencia

En este sistema, las dos estaciones base y móvil transmiten y reciben en una sola frecuencia común. Cada estación toma turno en forma alternativa (oprimen un switch para hablar). Cuando operan dos o más sistemas en una misma área y frecuencia, puede aparecer una interferencia considerable entre las estaciones base.

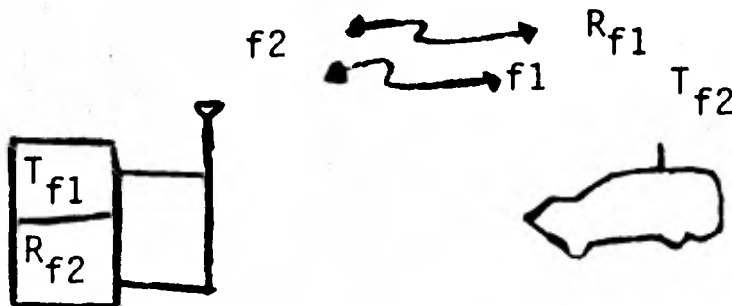


Control local o remoto

Tal interferencia es más reducida entre estaciones móviles y base; la operación móvil a móvil se usa raramente por el alcance limitado.

a) Sistema Simplex de dos frecuencias

Este sistema corrige los problemas de competencia de estaciones móviles con estaciones base, permitiendo así la operación de varios sistemas en el mismo par de frecuencias.



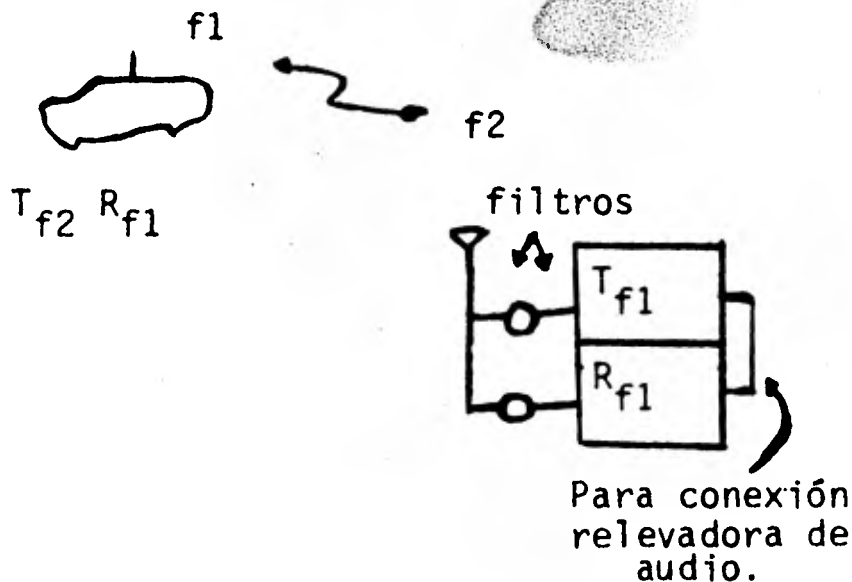
Control local o remoto

La operación es alternativa (oprimiendo un switch para hablar). Los sistemas que contienen un gran número de estaciones móviles pueden operar a base de zonas, colocando una estación base en el centro de cada zona a ser cubierta. Se pueden usar antenas de patrón recortado para cubrir el área de una zona dada. Las interferen--

cias creadas en las áreas de las zonas traslapadas se pueden reducir fijando límites de zona.

3) Sistema Duplex con estación base de dos frecuencias

Si una estación puede transmitir en una frecuencia y simultáneamente recibir en otra frecuencia, operará en sistema duplex, mientras la estación móvil opera en sistema simplex de dos frecuencias en forma alternada (oprimiendo un switch para hablar). Un sistema de este tipo se muestra en la siguiente figura:

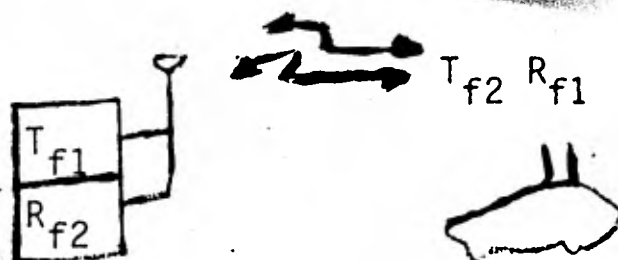


Los filtros proveen la atenuación requerida entre transmisor y receptor; esto se puede hacer también con antenas separadas; en caso de que el espaciado entre las dos frecuencias (de transmisión y recepción) sea menor de 0.5 MHz, frecuentemente se requiere de los dos métodos.

4) Sistema Duplex de dos frecuencias

En este sistema tanto la estación base como

la estación móvil pueden transmitir en una frecuencia mientras simultáneamente reciben en otra frecuencia. Ver figura siguiente



El diseño de la estación base es similar al sistema duplex con estación base de dos frecuencias. La estación móvil debe equiparse con una segunda antena o los filtros entre transmisor y receptor para prevenir interferencias. Los sistemas duplex son más fáciles de operar para las personas que no están acostumbradas a los sistemas de radio, ya que el requerimiento de switchear para hablar es opcional. La estación móvil debe diseñarse para un ciclo mayor de trabajo; por lo que su tamaño y peso aumentan, la estación base frecuentemente se diseña para trabajo continuo.

Los sistemas duplex se utilizan principalmente en el servicio radiotelefónico, que es una extensión del sistema telefónico terrestre a estación móvil.

En conexión con los sistemas duplex existe una aplicación especial, la de los relevadores de sistemas móviles, que tienen el objeto de extender el rango de comunicaciones entre estaciones móviles.

El relevador retransmite automáticamente a otras estaciones el audio recibido. El relevador es activado con una señal codificada o una señal portadora de relevador. Para prevenir una activación indeseada del relevador, frecuentemente se usan las dos señales. Como una protección para desactivar la estación repetidora, también es necesario proveer un tiempo de retraso que debe ser reseteado después de un período de tres minutos de operación.

BANDAS DE FRECUENCIAS UTILIZABLES

Por lo general, en países donde la red telefónica es muy densa, las distintas administraciones evitan el uso de frecuencias de MF y HF; sin embargo, VHF se presta muy bien para este servicio.

Las frecuencias bajas de la banda VHF (30--80 MHz) permiten con medios reducidos asegurar alcances de más de 50 Km, lo que aún puede ser excesivo y debe reducirse en zonas muy pobladas. Otras frecuencias en rangos de 150 MHz, permiten alcances de varias decenas de kilómetros y son menos sensibles a los fenómenos de propagación lejana, que son fuentes importantes de interferencias en frecuencias más bajas. Los ruidos parásitos industriales son también menos extensos en esta gama, cuya propagación mejora en zonas densamente construidas debido a las reflexiones.

Cuando las redes del servicio móvil terrestre son muy numerosas, las administraciones se han visto obligadas a usar la banda UHF en 450 MHz, en la que existe una reflexión muy eficaz, las señales penetran a pesar de los numerosos objetos metálicos fácilmente en el interior de los inmuebles, pero en zonas rurales el alcance es

de rango óptico solamente.

Hoy en día las atribuciones han tocado ya a la puerta de los 900 MHz en algunas administraciones, y los estudios sobre las condiciones de propagación a estas frecuencias se están desarrollando ampliamente.

ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LAS BANDAS PRINCIPALES

Las bandas en la parte alta de HF (alrededor de 23 MHz), se utilizan con aparatos de baja potencia y casi siempre con amplitud modulada. La presencia de una banda para aplicaciones industriales, científicas y médicas y lo variable de las condiciones de propagación, hacen que no se preste a enlaces seguros y de calidad.

La parte baja de VHF (30-47 MHz), fue una banda importante para servicios móviles, sobre todo públicos hace 20 años; en ella trabajaron los primeros equipos de FM. Como ya lo mencionamos, su alcance, superior al normal, la hace tener características perturbadoras. El nivel elevado de ruido que se presenta en estas frecuencias limita la utilidad de esta banda, además de que el tamaño requerido por las antenas no se ajusta a las actuales tendencias de miniaturización.

Algunas administraciones poseen bandas del servicio móvil terrestre en la zona de 68 a 88 MHz, la parte media baja de VHF. En ella existen condiciones favorables para enlaces de gran distancia (hasta 100 Km), pero las antenas aún son grandes y no facilitan la instalación de antenas directivas en las estaciones base. En ocasiones, se tiene excesiva propagación temporal.

En la parte alta de VHF (150 a 220 MHz aproximadamente), se tienen bandas que ofrecen un considerable rango de acción con equipos potentes pero de dimensiones reducidas.

Otras bandas en UHF (450-470 MHz), se prestan a enlaces cortos (15 Km. aprox.), en los que existen desvanecimientos de corta duración. Estas bandas son especialmente adecuadas en las zonas urbanas en las que las reflexiones de los edificios permiten buena cobertura de la ciudad.

Ya que la tendencia general en la utilización de frecuencias se dirige siempre hacia bandas más altas (una política de asignación de la UIT recomienda elegir la banda de frecuencia más alta utilizable), es conveniente conocer algunas características del canal de comunicación para frecuencias utilizadas en las zonas urbanas.

EL CANAL DE COMUNICACION

La más común y más severa condición en la propagación para el SMT, es la que existe en las áreas urbanas, en las que la congestión del espectro es más aguda y en las que prácticamente no existe trayectoria de línea de vista.

En un área urbana, donde las edificaciones actúan como dispersores, el campo visto por el receptor móvil se considera como la suma de muchas ondas individuales; cada una con diferente amplitud, dirección y fase; cuya resultante es captada por el receptor, registrándose un complejo patrón de ondas estacionarias.

Como el vehículo viaja a través de dicho patrón, la variación espacial se traduce en una variación temporal de la intensidad de campo, de

lo que resulta una recepción con frecuentes desvanecimientos.

Estos desvanecimientos son análogos a los de las comunicaciones por dispersión troposférica y tienen un rango máximo de $f = 2v/\lambda$ HZ, ya que la antena recibe un máximo de señal cada $\lambda/2$ unidades, donde λ es la longitud de onda y v la velocidad del vehículo.

Los desvanecimientos tienen una distribución de probabilidad del tipo Rayleigh y la media de esta distribución varía con la topografía general del terreno.

Estas variaciones de la media son descritas por los investigadores como pérdidas fantasma, y su variación es considerablemente más grande que la variación de Rayleigh misma.

ELECCION DE BANDAS

La asignación de bandas para el servicio móvil terrestre requiere de una planificación muy cuidadosa, pues a diferencia de otros servicios, existe una gran cantidad de factores que pueden impedir la ejecución de enlaces adecuados. Las condiciones de propagación, los altos niveles de ruido, la gran cantidad de estaciones, la mala calidad de los equipos, pueden ser causa del mal funcionamiento de los sistemas.

Debido a que el espectro radioeléctrico es el único medio de comunicación para los servicios móviles, las frecuencias disponibles sólo son empleadas para atender necesidades justificadas. Otras necesidades deben ser satisfechas por cables, líneas telefónicas u otros medios. La UIT recomienda se observen las siguientes reglas:

- 1) Verificar la justificación de asignaciones requeridas.
- 2) Elegir la banda de frecuencia apropiada.
- 3) Coordinar la organización de sub-bandas.
- 4) Utilizar el canal al máximo.
- 5) Preparar disposiciones en función del terreno y de las necesidades.
- 6) Efectuar la coordinación entre administraciones.

Como ya mencionamos, la UIT recomienda la elección de la banda de frecuencia más elevada - utilizable, siempre y cuando las circunstancias lo permitan. Así se tiene por ejemplo:

En las bandas UHF alrededor de 460 MHz a -- los servicios locales, públicos y privados, como: policía, taxis, estaciones de ferrocarril.

En VHF alrededor de 160 MHz a los servicios de distritos, con radios de acción de 15 a 100 - Km aproximadamente, como: la radiotelefonía pública, policía del estado, etc.

En VHF, también cerca de los 70 MHz, a los servicios regionales, como las redes de transportes por carretera, llamadas a automóviles, etc.

A menudo existen relaciones mutuas en la explotación de redes de un mismo tipo de usuarios. Esto hace que los administradores de frecuencias subdividan las bandas por similitud de utilización, por ejemplo: seguridad, rescate y salvamento o energía, industria y servicios privados, etc.

La UIT establece, que siempre que sea facti

ble se deben reducir al mínimo el número de canales por red.

Se llega cuando es posible a la explotación por sistema simplex de una frecuencia, por razones de economía de espectro. Se debe tratar, además, de que cada frecuencia asignada albergue al mayor número de estaciones compatibles, siempre que se tenga un servicio aceptable.

La UIT distingue tres clases de frecuencias para los servicios móviles.

Las exclusivas, que sólo se atribuyen a un concesionario en cada zona de servicio autorizado. Ejemplo: servicios de seguridad particulares, ferrocarriles (maniobras), servicio radiotelefónico público, etc.

Las comunes, para empresas similares; la densidad de ocupación está limitada y controlada. Ejemplo: servicio de seguridad ordinario, ferrocarriles, servicios de control, etc.

Las colectivas, que son atribuidas indistintamente en todo el país, sin tener en cuenta la densidad de ocupación, ni las perturbaciones mutuas posibles. Ejemplo: aparatos portátiles en la banda de 27 MHz, diversos telemandos a distancias, etc.

LA OPERACION DEL RADIO MOVIL TERRESTRE

La operación presente de radio móvil terrestre puede ser dividida en tres grupos:

1) El servicio de despacho, 2) El servicio radio-telefónico, y 3) Servicio de seguridad pública.

Aunque esta clasificación puede no ser la más exacta, permite delimitar los usos más generales.

El servicio de despacho, cuenta con la mayor parte del mercado de radio móvil terrestre y es el tipo de servicio en el que un despachador central, comunica a un número fijo de vehículos que es su "flota" y contienen de 20 a 40 vehículos normalmente.

Estas flotas pueden ser de taxis, servicios privados, industriales, vehículos de envíos, camiones de reparación, etc.

Las unidades pueden cubrir áreas muy grandes, incluso de cientos de Km^2 y no se requiere enlace con la red telefónica normal ni con otras flotas de vehículos.

El servicio de despacho maneja característicamente mensajes muy cortos y permite al usuario el acceso a cualquier canal que encuentre libre.

El servicio radiotelefónico, como su nombre lo indica, es precisamente una extensión de telefonía a estación móvil. Este servicio puede ofrecerlo la compañía telefónica o la misma administración y permite al usuario el acceso al canal; ya sea a través de un operador o conectándolo automáticamente a la red de teléfonos; así, el usuario tiene el uso exclusivo de su canal durante su conversación. Los usuarios tradicionales son hombres de negocios y médicos.

Además de la interconexión con la red telefónica, difiere del servicio de despacho en dos características principales:

La primera es que los usuarios no tienen en

trenamiento en el uso de sus sistemas y la segunda que el promedio de la longitud de la conversación en cada servicio es diferente; en cierto modo, debido a la naturaleza de las conversaciones. El promedio de tiempo para una conversación en radiotelefonía, es igual que en el teléfono terrestre de 3 a 4 minutos, mientras que en el servicio de despacho es de 15 segundos.

Esta última diferencia, hace que el problema de bloqueo sea menos severo en el sistema de despacho que en radiotelefonía.

El tercer grupo o radio móvil de seguridad pública, implica una consideración especial, por estar hecho a la medida de la comunidad específica a la que se está sirviendo, y por lo tanto, puede variar ampliamente de lugar a lugar. Asimismo, los requerimientos de confiabilidad y frecuencias de uso del equipo los hacen diferentes de los otros dos tipos de servicio.

Por lo general, el funcionamiento de este servicio se asemeja al servicio de despacho, pero frecuentemente requiere interconexión entre diferentes flotas de vehículos.

Se pueden mencionar entre otros, a la policía estatal, departamento de bomberos, servicio de ambulancias, etc.

— Problemas del Servicio móvil terrestre

El problema principal del SMT es de crecimiento.

En los últimos años, la batalla silenciosa entre los usuarios de la radio móvil se ha puesto de manifiesto en los documentos de las distin

tas administraciones, que califican de congestión muy seria, grave escasez de frecuencias y otros términos que permiten comprender la situación.

Las bandas originalmente atribuídas para este servicio entre 25 y 50 MHz (hoy denominadas bandas bajas), han sido seguidas por nuevas atribuciones de "bandas medias" de 150 a 174 MHz y "altas" de 450 a 470 MHz.

Se han estrechado los espaciamentos entre canales fraccionándolos en dos y refraccionándolos hasta 15 KHz.

En algunas administraciones (la de E.U.A. - por ejemplo), se han hecho nuevas asignaciones - alrededor de 500 y 900 MHz a expensas de la televisión UHF. En otras (como la Japonesa), la televisión es la que está siendo conmutada a UHF, para dar más espacio a la radio móvil de UHF.

En Europa, los problemas no son diferentes; en Inglaterra por ejemplo, los espaciamentos entre canales han sido reducidos hasta 12.5 KHz.

Aún con esto, en general se reconoce que todo lo anterior no han sido más que medidas provisoriales y que se requiere una solución a largo plazo.

Los numerosos estudios en relación a este problema (ver referencias), parecen indicar que la solución a la congestión de tráfico de llamadas y la crítica escasez de frecuencias en el radio móvil de tierra; no debe buscarse solamente en cambios en la administración del espectro, si no también en la implantación de nuevos diseños de sistemas de transmisión que realicen una utilización más eficiente del recurso ya atribuído.

Probablemente el más sobresaliente de estos diseños sea el de los sistemas celulares, que ha sido propuesto por muchos investigadores y los principales fabricantes de equipo radio móvil, como la solución más viable en los casos de --- áreas urbanas con gran concentración de llamadas.

El método divide una zona, en un número de celdas o células iguales de forma hexagonal, que son compactadas de forma que no existan huecos o superposiciones. (Fig. 5.11)

Se utiliza el hexágono por ser uno de los tres polígonos regulares que se pueden compactar así (sin dejar huecos o sobreposiciones), y porque es el que más se parece al patrón circular de cobertura de una celda.

Para visualizar a primera vista el sistema; imaginemos que la ciudad de México se divida en algunas áreas, cada una conteniendo un patrón de siete celdas.

Asuma que a cada una de las siete celdas, - le son asignados 10 canales de frecuencia diferentes que los designados a las otras seis celdas del patrón; esos grupos de frecuencias se repiten entonces en las celdas de posición correspondiente en los otros siete patrones de siete celdas. Ahora, conforme una estación móvil se desplaza de una celda a otra; un control central conmuta la estación a un canal vacante, en otra frecuencia en su nueva celda.

El método celular requiere potencialmente - mucho menos espectro para proveer el servicio al usuario con una calidad determinada.

De hecho, una ciudad en la que se opera el servicio de radio móvil en forma tradicional, es

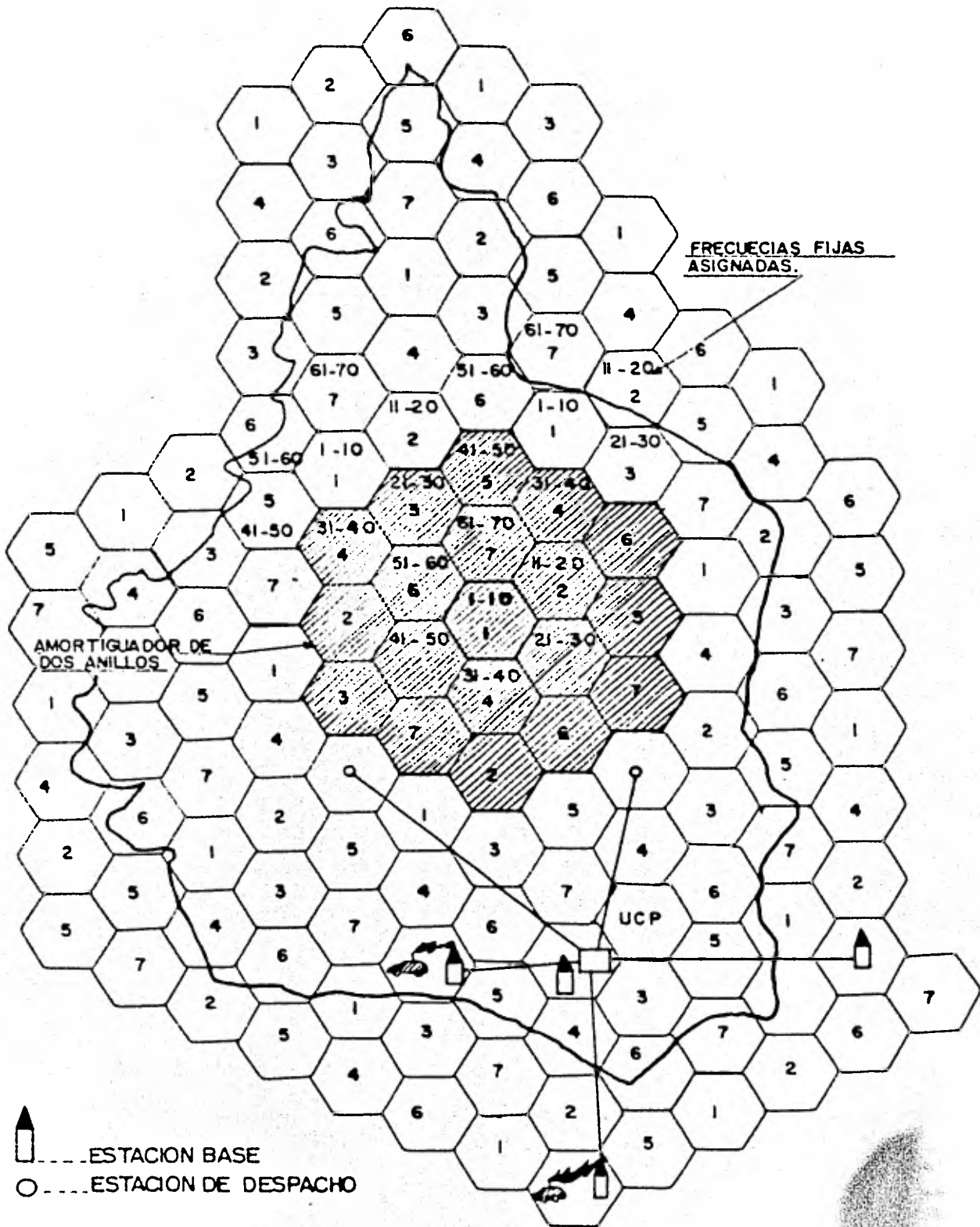


FIG. 5-II ESQUEMA CELULAR .

como si tuviera una sola célula para toda la ciudad; de modo que el acomodar dos patrones duplicará el potencial de uso de cada canal, y así sucesivamente: El tamaño de las células influye en el grado de eficiencia con que se usa el espectro, entre más pequeñas sean las células más de ellas se pueden repetir en una área dada; y entre mayor sea el número de veces que se repitan, mayor será el número de personas que puedan utilizar el canal.

El centro de cada celda contendrá una estación base que puede comunicar con las estaciones móviles de la zona.

Cada estación base estará conectada por líneas terrestres (o enlaces de microondas) a la unidad central de procesamiento, que es un centro de conmutación controlado por computadora.

En radiotelefonía esta unidad central de procesamiento podría estar conectada, por medio de circuitos entroncados a otros centros de conmutación y de allí a la red telefónica normal.

En el radio móvil de tipo de despacho, cada despachador de un sistema (la persona que controla las operaciones de una flota de vehículos) podría conectarse por líneas terrestres a la Unidad Central de Procesamiento (UCP).

El despachador central llamará por medio de las líneas terrestres y a través de un switch a la UCP, ésta también por líneas terrestres o enlace de microondas lo conectará a la estación base de la celda más cercana; desde donde se transmite por el aire con baja potencia a la estación móvil.

La estación base (y las estaciones móviles),

requerirá sólo de baja potencia, ya que el rango de confiabilidad requerido es mucho menor que el requerido para cubrir toda la zona urbana.

Esto es especialmente deseable para bandas de más alta frecuencia; en las que es muy costoso desarrollar transmisores de alta potencia.

La ventaja en capacidad de tráfico reside en que la comunicación de baja potencia, permite que un canal determinado sea usado simultáneamente en varias zonas; mientras haya suficiente separación geográfica entre las estaciones.

Como en toda comunicación, la energía radiada no puede ser confinada por completo en una celda, y se disipará en las celdas adyacentes. Así que, se debe proporcionar un amortiguador de dos anillos alrededor de la célula en comunicación; es decir, que si se usa una frecuencia en una celda, la misma frecuencia no puede ser usada en esa celda o cualquiera de las 18 celdas que formen el amortiguador de dos anillos. Sin embargo, puede ser usada en muchas celdas simultáneamente fuera de esta región prohibida.

Un inconveniente de sistema puede ser que, de cualquier forma el método celular requiere un sistema de localización de vehículo: que podría requerir una asignación adicional de frecuencia, además de un gasto adicional en las estaciones.

Se puede resumir que: el sistema consigue una mayor eficiencia en el uso del espectro, a expensas de un sistema más complicado.

Otra ventaja del método celular es la limpieza de interferencia que existe en los canales, ya que la estación base que se recibe en el móvil siempre es la más cercana, lo que no ocurre

en el radio móvil como se opera en el presente.

Existen varios métodos propuestos para la asignación de canales a los sistemas celulares, cada uno capaz de incrementar la capacidad de manejo de tráfico.

Principalmente se tienen: el método de asignación de frecuencia fija y el de asignación dinámica de frecuencias.

En el primero los canales están permanentemente asignados para el uso de una célula particular y en el segundo la asignación se hace sólo durante el tiempo que dura la llamada.

El método de asignación de frecuencia fija tiene su aplicación en radiotelefonía; comienza dividiendo el total de frecuencias disponibles en N grupos separados cada uno de los cuales contiene J canales de frecuencias.

Se asigna una celda a cada uno de los N grupos; cada estación base podrá comunicarse con tantas como J unidades móviles en su celda simultáneamente, usando los J diferentes canales de su grupo.

El número de N grupos se escoge como el mínimo que satisface los requerimientos de amortiguamiento de interferencia.

En la fig. 5.11 a cada celda numerada corresponde un grupo de J frecuencias; digamos a la celda 1 puede corresponder frecuencias del 1 al 10, a la celda 2, frecuencias del 11 al 20, a la 3, del 21 al 30, etc.

Las asignaciones deben excluir la reutilización de cada grupo dentro de la zona prohibida

de dos anillos; pero pueden repetirse en muchas otras fuera de dicha zona.

Una ventaja de este método, es que cada estación base sólo necesita equiparse para comunicarse sobre j frecuencias en lugar de todas las $n \times j$ frecuencias.

Una desventaja es que cada estación móvil debe estar equipada para el menos n frecuencias, que garanticen la posibilidad de comunicación en cualquier zona.

La asignación dinámica de frecuencias toma ventaja del hecho de que, el control y la comunicación de la estación base, y la estación móvil; son efectuados a través de la unidad central procesadora. Esta unidad tiene memoria de qué frecuencia están siendo usadas por estaciones base y estaciones móviles, así que; las puede asignar en forma dinámica. Cada estación base debe estar equipada para operar en todos los canales. Cada estación móvil puede operar en un canal solamente o para mejor servicio con un determinado número de canales de entroncamiento. La UCP permitirá la comunicación a un móvil en una celda dada, a una frecuencia dada, solamente si esa frecuencia no está en uso en ese momento en esa celda o en alguna de las 18 celdas circundantes.

Una ventaja de este método, es el bajo costo que presentan las unidades móviles, al requerir un solo canal de comunicación, que les da capacidad para enlazarse en cualquier lugar de la ciudad.

Más aún, si se desea entroncar, se puede añadir cualquier número de canales.

Este método ha sido propuesto en conexión con el servicio de despacho.

BANDAS ATRIBUIDAS AL SERVICIO MOVIL Y AL SERVICIO MOVIL TERRESTRE

Región 1			Región 2			Región 3		
405- 415	KHz	C				490- 510	KHz	C
490- 510	"	E	490- 510	KHz	C	510- 525	"	C
			525- 535	"	C	525- 535	"	C
1605-2000	"	C	1605-1800	"	C	1605-1800	"	C
			1800-2000	"	C	1800-2000	"	C
2000-2065	"	C	2000-2065	"	C	2000-2065	"	C
2170-2194	"	C	2170-2194	"	C	2170-2194	"	C
2194-2498	"	C	2194-2495	"	C	2194-2495	"	C
2505-2625	"	C	2505-2625	"	C	2505-2625	"	C
2650-2850	"	C	2625-2850	"	C	2625-2850	"	C
3155-3400	"	C	3155-3400	"	C	3155-3400	"	C
3500-3800	"	C	3500-4000	"	C	3500-3900	"	C
3800-3900	"	C	4438-4650	"	C	4438-4650	"	C
4438-4650	"	C						
4750-4850	"	C						
4850-4995	"	C	4850-4995	"	C	4850-4995	"	C
5250-5430	"	C	5250-5450	"	C	5250-5430	"	C
5430-5480	"	C				5430-5480	"	C
23350-24990	"	C	23350-24990	"	C	23350-24990	"	C
37.75-38.25	MHz	C	37.75-38.25	MHz	C	37.75-38.25	MHz	C
38.25-41	"	C	38.25-41	"	C	38.25-41	"	C
41 - 47	"	C	41 - 50	"	C	41 - 44	"	C
			54 - 68	"	C	44 - 50	"	C
68 - 74.8	"	C	68 - 73	"	C	54 - 68	"	C
						68 - 70	"	C
75.2-87.5	"	C	75.4- 88	"	C	70 - 74.6	"	C
						75.4- 78	"	C
						78 - 80	"	C
						80 - 87	"	C
100 - 108	"	C				87 -100	"	C
			138-143.6	"	C	138 -143.6	"	C
			143.6-143.65	"	C	143.6-143.65	"	C
			143.65-144	"	C	143.65-144	"	C
146-149.9	"	C	148-149.9	"	C	148-149.9	"	C
150.05-174	"	C	150.05-174	"	C	150.05-174	"	C
			174 - 216	"	C	174 - 216	"	C
223 - 235	"	C	216 - 220	"	C			
			225 - 235	"	C	225 - 235	"	C
235 - 267	"	C	235 - 267	"	C	235 - 267	"	C
267 - 272	"	C	267 - 272	"	C	267 - 272	"	C
272 - 273	"	C	272 - 273	"	C	272 - 273	"	C
273 -328.6	"	C	273 -328.6	"	C	273 -328.6	"	C

MT = Móvil Terrestre

C = Compartida

E = Exclusiva

Región 1			Región 2			Región 3		
335.4-399.9	MHz	C	335.4-339.9	MHz	C	335.4-399.9	MHz	C
401 - 402	"	C	401 - 402	"	C	401 - 402	"	C
402 - 403	"	C	402 - 403	"	C	402 - 403	"	C
403 - 406	"	C	403 - 406	"	C	403 - 406	"	C
406.1- 420	"	C	406.1- 420	"	C	406.1- 420	"	C
420 - 430	"	C						
440 - 450	"	C						
450 - 470	"	C	450 - 470	"	C	450 - 470	"	C
						610 - 890	"	C
						890 - 942	"	C
						942 - 960	"	C
1350 - 1400	"	C						
1427 - 1429	"	C	1427 - 1429	"	C	1427 - 1429	"	C
1429 - 1525	"	C	1429 - 1525	"	C	1429 - 1525	"	C
1525 - 1535	"	C	1525 - 1535	"	C	1525 - 1535	"	C
1670 - 1690	"	C	1670 - 1690	"	C	1670 - 1690	"	C
1690 - 1700	"	C						
1700 - 1710	"	C	1700 - 1710	"	C	1700 - 1710	"	C
1710 - 2300	"	C	1710 - 2300	"	C	1710 - 2300	"	C
2300 - 2450	"	C	2300 - 2450	"	C	2300 - 2450	"	C
2450 - 2665	"	C	2450 - 2665	"	C	2450 - 2665	"	C
2665 - 2690	"	C	2655 - 2690	"	C	2655 - 2690	"	C
3400 - 4200	"	C	3500 - 4200	"	C	3500 - 4200	"	C
4400 - 4700	"	C	4400 - 4700	"	C	4400 - 4700	"	C
4700 - 4990	"	C	4700 - 4990	"	C	4700 - 4990	"	C
4990 - 5000	"	C				4990 - 5000	"	C
5850 - 5925	"	C				5850 - 5925	"	C
5925 - 7250	"	C	5925 - 7250	"	C	5925 - 7250	"	C
7300 - 7750	"	C	7300 - 7750	"	C	7300 - 7750	"	C
7900 - 7975	"	C	7750 - 7975	"	C	7900 - 7975	"	C
8025 - 8400	"	C	8025 - 8400	"	C	8025 - 8400	"	C
8400 - 8500	"	C	8400 - 8500	"	C	8400 - 8500	"	C
10.5 -10.55	GHz	C						
10.55-10.68	"	C	10.55-10.68	GHz	C	10.55-10.68	GHz	C
10.7 -12.5	"	C	10.7 -12.5	"	C	10.7 -12.5	"	C
			12.5 -12.75	"	C	12.5 -12.75	"	C
12.75-13.25	"	C	12.75-13.25	"	C	12.75-13.25	"	C
14.4 -15.35	"	C	14.4 -15.35	"	C	14.4 -15.35	"	C
17.7 -19.7	"	C	17.7 -19.7	"	C	17.7 -19.7	"	C
21.2 -23.6	"	C	21.2 -23.6	"	C	21.2 -23.6	"	C
25.25-29.5	"	C	25.25-29.5	"	C	25.25-29.5	"	C
31 - 31.3	"	C	31 - 31.3	"	C	31 - 31.3	"	C
36 - 40	"	C	36 - 40	"	C	36 - 40	"	C

5.9 - SERVICIO DE AYUDAS A LA METEOROLOGIA

La meteorología y las radiocomunicaciones, son disciplinas que están estrechamente vinculadas en una relación biunívoca.

Por un lado, la meteorología moderna depende en gran medida de la transmisión de datos y el análisis remoto de fenómenos atmosféricos, y por otro, las radiocomunicaciones requieren del conocimiento meteorológico de los factores atmosféricos que afectan la propagación, como las nubes, las tormentas eléctricas y las precipitaciones.

El servicio de ayuda a la meteorología es un servicio de radiocomunicación, que está destinado a las observaciones y sondeos que requiere la meteorología, incluyendo la hidrología.

Las aplicaciones características de este servicio son la telemedida y la radiolocalización, que se realiza con ayuda de radiosondas (las radiosondas son transmisores automáticos instalados en aeronaves, globos, paracaídas, etc. usados para transmitir datos meteorológicos), radioboyas, radares meteorológicos, etc.

Los radares tienen especial interés para este servicio y aunque utilizan frecuencias atribuidas al servicio de radiolocalización, desempeñan un papel predominante en las ayudas a la meteorología.

Los radares transmiten la energía electromagnética en forma de pulsos de corta duración, sobre haces bien definidos con ayuda de los reflectores parabólicos.

Cuando el rayo está dirigido en dirección

de un meteoro, una fracción de la energía emitida se dispersa y la otra se devuelve (el resto se absorbe o se propaga más profundo en el meteoro) a la estación de radar, en donde se recibe y procesa para obtener la distancia al fenómeno, en función del tiempo y llegada del "eco".

Debe hacerse notar, que las partículas del meteoro son en realidad demasiado pequeñas para ser detectadas por los radares, así que no son las partículas mismas de las precipitaciones las que dispersan las ondas de radio; sino la gran estela de átomos ionizados que se crea alrededor de un meteoro por las colisiones de las moléculas en el aire.

Los servicios de predicciones meteorológicas utilizan a menudo el radar, para medir la velocidad del viento en la altura, detectar precipitaciones y nubes; sin embargo, el radar permite también evaluar las intensidades y volumen de las precipitaciones, el punto de congelación, el grado de convección vertical, etc.

La localización de tormentas, el granizo y las turbulencias atmosféricas en general, es de importancia fundamental para el tráfico aéreo, por lo que existen grandes redes de radares y estaciones terrestres de detección de parásitos atmosféricos, que suministran información a los meteorólogos acerca del emplazamiento y los movimientos de los meteoros.

BANDAS DE FRECUENCIAS UTILIZADAS

El servicio de ayudas a la meteorología trabaja casi en su totalidad a distancias dentro del horizonte y por lo tanto, utiliza normalmente frecuencias de las ondas métricas y decimétricas.

cas. Salvo en la región 1 de la UIT, en la que se emplea también la banda 2045-2065 KHz. La banda más baja atribuída a este servicio es --- 27.5-28 MHz.

Este servicio tiene además atribuídas las siguientes bandas:

- 151 - 154 MHz en Región 1
- 400.15- 406 MHz con carácter mundial
- 1660 - 1700 MHz con carácter mundial

Las estaciones terrestres de las redes de detección de parásitos atmosféricos, realizan sus observaciones en la parte del espectro radio eléctrico inferior a 10 KHz, donde la energía radiada es máxima, principalmente en la banda 8.5 a 9.5 KHz. Esta parte del espectro radioeléctrico no ha sido atribuída todavía a ningún servicio determinado, pues el cuadro de distribución de bandas de frecuencia actualmente abarca de 10 KHz a 275 GHz.

SERVICIO DE METEOROLOGIA POR SATELITE

Hasta hace unos 20 años, las observaciones meteorológicas eran inadecuadas o inexistentes, en lo que concierne a unas tres cuartas partes de la superficie de la tierra, constituídas por océanos, regiones polares, zonas montañosas inaccesibles y desiertos.

Hoy en día los satélites meteorológicos han resuelto prácticamente el problema, transmitiendo a la tierra las descripciones globales de la atmósfera en forma de información gráfica, que permite a los meteorólogos de todo el mundo localizar por ejemplo: los ciclones, observar su evo

lución y prevenir a las poblaciones afectadas.

Los sistemas de telecomunicación que generalmente usan los satélites meteorológicos son tres básicamente:

- 1) Un sistema de telemedida para transmitir a las estaciones terrenas, los datos obtenidos por los sensores a bordo de la nave.
- 2) Un sistema de seguimiento que permita obtener la información necesaria acerca de la órbita y sus variaciones.
- 3) Un sistema de telemando que permita controlar la transmisión de los datos, en tiempo real o almacenados en la nave; y para gobernar a la nave misma desde las estaciones terrenas realizando pequeñas correcciones de la órbita.

Para establecer estos sistemas de telecomunicación, se requiere de atribuir las frecuencias apropiadas, teniendo en cuenta los aspectos de propagación, la tecnología disponible, etc. Las atribuciones de frecuencias para este servicio, las realizaron las dos conferencias espaciales que tuvieron lugar en 1963 y 1971, fecha en la que los servicios terrenales estaban ya bien establecidos hasta 10.5 GHz.

Debido a esto, los servicios espaciales tuvieron que compartir las bandas ya atribuidas y proteger a los servicios terrenales, limitando la potencia radiada sobre la superficie terrestre.

La conferencia de 1971, cambió además el nombre de este servicio que anteriormente se denominaba "servicio de meteorología por satélite",

estableciendo que se trataba de un servicio de exploración de la tierra con fines meteorológicos.

Por esta definición el servicio de exploración de la tierra por satélite, abarca el servicio de meteorología por satélite y el segundo puede utilizar frecuencias del primero, pero no lo contrario.

Con diferentes grados de compartición y limitación, el servicio de meteorología por satélite tiene atribuídas las bandas siguientes:

137	-138 MHz	1670-1690 MHz	8175-8215 MHz
400.15-401	"	1690-1700 "	
401	-403 "	1770-1790 "	
460	-470 "	7450-7550 "	

El primer lanzamiento de un satélite con fines meteorológicos se realizó en los Estados Unidos de América en 1960. Se trataba de un satélite experimental de la serie Tiros (satélites de observación por televisión y rayos infrarrojos), al que siguieron otros 9 satélites que proporcionaron información fotográfica de casi todas las regiones del mundo, utilizando el sistema APT de transmisión automática de imágenes.

En los años siguientes, hasta 1972; a la serie Tiros siguieron las series ESSA, Nimbus, ATS e ITOS todas ellas con satélites no sincrónicos, que suministran datos a cerca de 500 estaciones terrenas repartidas en 59 países.

Los datos recogidos en algunos casos en forma casi continua, incluyen información de la cobertura nubosa sobre toda la tierra, el segui---

miento del temporal, la distribución de la temperatura y humedad atmosférica, datos de la temperatura en la superficie del mar, datos hidrológicos y otros.

En los últimos años, las actividades meteorológicas por satélite han incluido además el uso de satélites geoestacionarios como es el caso de los sistemas GOES (satélite geoestacionario operacional para el estudio circundante) y Meteosat.

Estos satélites realizan funciones de obtención de imágenes con luz visible y rayos infrarrojos, retransmiten información de las plataformas remotas de recopilación de datos (medición de mareas, sismógrafos, boyas y estaciones hidrológicas, etc.), fotografían nubes con alta discriminación vertical, realizan observaciones de rayos X de origen solar, facilitan transmisiones en facsímil de datos meteorológicos, etc.

Para el futuro inmediato, se prevé el lanzamiento de satélites, que llevarán instrumentos meteorológicos y cargas útiles relacionadas con otras disciplinas, tales como la contaminación atmosférica, la oceanografía y el estudio de los recursos naturales de la tierra.

5.10 - SERVICIO MOVIL AERONAUTICO (SMA)

Una de las funciones más importantes de las radiocomunicaciones, es la que desempeñan en el transporte aéreo, no sólo por ser el único medio de comunicación entre aeronaves y tierra, sino por ser además el medio empleado por los sistemas de radionavegación para mantener el rumbo y garantizar la seguridad de los vuelos.

Las aeronaves no pueden despegar, sin la autorización previa de la torre de control del aeropuerto de salida.

Deben indicar su posición (rumbo, velocidad y altura) a intervalos de tiempo frecuentes; reciben instrucciones sobre la altura para la llegada al aeropuerto de destino y no pueden iniciar la maniobra de aterrizaje sin el permiso de la torre de control. Así pues el SMA, es decir, el de comunicaciones entre tierra y las aeronaves y entre las aeronaves y tierra, tiene exclusivamente el objeto de asegurar la normalidad del vuelo.

Dada la importancia vital de las comunicaciones, todos los aviones de transporte civil tienen que estar provistos de doble equipo de comunicación, que garantice contra interrupciones por averías de las instalaciones a bordo.

A pesar de la extrema importancia de las radiocomunicaciones en el transporte aéreo, su confiabilidad está restringida por varios factores, como son: La restricción de peso y volumen del equipo que se puede llevar, la dificultad de instalar antenas adecuadas; y la limitada potencia de que se puede disponer a bordo.

Los transmisores de a bordo que emplean casi exclusivamente radiotelefonía, radían potencias relativamente pequeñas (alrededor de 50 Watts) en ondas de HF, haciendo así las comunicaciones más susceptibles a interferencia; por lo que las bandas atribuidas por la UIT al SMA, tienen en su mayoría carácter exclusivo. Véase lista de las bandas atribuidas al SMA.

Las bandas del SMA están divididas en dos categorías: Aquellas reservadas para asegurar -

la normalidad de los vuelos nacionales e internacionales de transporte civil (R) y aquellas con fines distintos del anterior como vuelos de aviones militares, aviones fletados, de servicio particular, u otras aeronaves que no prestan servicio regular (OR).

COMUNICACIONES DEL SMA

Las comunicaciones del SMA han sido divididas por su longitud en 2 tipos:

- 1) Comunicaciones a corta distancia, en un rango aproximado de 150 Km de los aeropuertos.
- 2) Comunicaciones a media y larga distancia o "comunicaciones de ruta" de aproximadamente 150 a 5000 Km.

COMUNICACIONES A CORTA DISTANCIA

Las comunicaciones a corta distancia del SMA en el pasado se efectuaban en ondas hectométricas (de 200 a 400 KHz), pero debido al peso del equipo requerido, el bajo rendimiento de las antenas y el nivel de ruido atmosférico en estas frecuencias, esta práctica tiende a desaparecer. Actualmente, los enlaces a corta distancia se efectúan principalmente en las bandas 117.975 - 132 MHz y 132 - 136 MHz, para servicio tipo (R) y de 138 - 144 MHz en el servicio tipo (OR).

Estas frecuencias presentan un bajo nivel de ruido atmosférico y alcance de "vista directa".

Es interesante notar que cuando la aeronave viaja a alturas bajas el alcance es limitado;

sin embargo, cuando el avión alcanza gran altura, el horizonte radioeléctrico aumenta ($h.r = 3.6 h$ Km, donde h es la altura del avión) considerablemente y el alcance de las ondas métricas es mucho mayor y mayor es también la distancia en la cual el avión puede sufrir interferencias.

La separación entre canales, en las bandas en ondas métricas en el SMA, que en un principio fue de 200 KHz, se ha ido reduciendo conforme han aumentado las necesidades de mayor número de canales, primero a 100 KHz, después a 50 KHz y desde 1977 a 25 KHz para la banda 117.975-136 MHz.

COMUNICACIONES A MEDIA Y LARGA DISTANCIA

Las comunicaciones de "ruta" o a media y larga distancia del SMA, se efectúan en las bandas de ondas decamétricas atribuidas con carácter exclusivo a este servicio entre 2850 y 18030 KHz.

La distancia a la que las comunicaciones tierra-aire en ese rango es satisfactoria, depende: de la frecuencia específica de que se trate; de si la transmisión se efectúa de día o de noche (en el día hay gran atenuación y corto alcance, en la noche hay poca atenuación y largo alcance); de la latitud geográfica, la estación del año y el índice de actividad solar. Según datos de la UIT, se pueden considerar las siguientes indicaciones:

- 1) Para una comunicación diurna de unos 100 a 200 Km y nocturna de hasta 500 Km, se requiere una frecuencia del orden de 3 MHz.
- 2) Una frecuencia cercana a 5 MHz, para una

distancia de entre 150 y 450 Km en el día; y 400 a 1500 Km en la noche.

- 3) Con frecuencia del orden de 8 MHz, el alcance de día es de unos 400 a 1000 Km; y de noche de 1200 a 3500 Km.
- 4) Para comunicaciones diurnas de más de 1000 Km, se requieren frecuencias superiores a unos 8 MHz.

Los aparatos que efectúan vuelos de gran distancia requieren por lo tanto, del empleo de varias frecuencias de distinto orden, dependiendo de la situación geográfica de las estaciones de control.

La distribución de las frecuencias del SMA, fue establecido por un plan de la UIT desde 1948. Se dividió en "zona de rutas aéreas internacionales y nacionales" a las regiones geográficas con tránsito aéreo.

Se elaboraron las normas técnicas para la utilización de las frecuencias por parte de las distintas administraciones, estableciendo un nivel mínimo de protección contra interferencias (relación señal deseada/señal no deseada), de 15 dB.

El plan de 1948 fue revisado y actualizado en 1959, 1966 y 1979 por la UIT.

CIRCUITOS DEL SERVICIO FIJO AERONAUTICO

Por las limitaciones que impone el alcance útil de las comunicaciones entre tierra y las aeronaves en razón de la baja potencia de los transmisores, y las dimensiones insuficientes de

las antenas de a bordo. Se está tendiendo cada vez más, a enlazar los aeropuertos u otras estaciones de control de tráfico aéreo con líneas terrestres, o circuitos radioeléctricos del servicio fijo.

Este sistema denominado (R.S.F.T.A.) de red del servicio fijo de telecomunicaciones aeronáuticas, permite canalizar las comunicaciones de las aeronaves a través de circuitos en tierra, evitando que el avión tenga que comunicarse directamente con su aeropuerto de destino.

Los enlaces de la red RSFTA operan con frecuencias pertenecientes al servicio fijo.

COMUNICACIONES METEOROLOGICAS

Una función primordial del SMA, es la difusión de informaciones meteorológicas. Por estas emisiones el piloto puede conocer las condiciones que va a encontrar en su ruta y las que reinan en el aeropuerto de destino; u otros aeropuertos cercanos en caso de que el anterior esté cerrado por niebla, tormenta, etc.

Esta información, a diferencia de como se hacía en el pasado, se transmite por radiotelefonía a intervalos de tiempo determinado desde los aeropuertos más importantes, evitando así la demora a los aviones al pedir informes continuamente.

Las frecuencias en las que se realizan estas emisiones están previstas en las atribuciones del SMA tipo (R), y en los planes de atribución de las bandas de ondas métricas.

SERVICIO MOVIL AERONAUTICO POR SATELITE

Como en muchos otros casos de servicios de radiocomunicación presentados, la comunicación - vía satélite parece ofrecer al SMA amplias posibilidades. Por las incomparables características (mencionadas en el servicio por satélite) de los satélites, se puede esperar una activa utilización del servicio espacial para encauzar las comunicaciones del SMA en los próximos años.

Ya desde 1971 la Conferencia Administrativa Mundial de Telecomunicaciones Espaciales, había atribuído bandas para el servicio móvil aeronáutico por satélite (SMAS), las cuales comparte en su mayoría con el servicio móvil marítimo por satélite, el servicio de radionavegación aeronáutica por satélite y el servicio de radionavegación marítima por satélite.

5.11 - SERVICIO DE FRECUENCIAS PATRON

El servicio de frecuencia patrón, está definido en el Reglamento de Radiocomunicaciones como: "Un servicio de radiocomunicaciones destinado a la transmisión de señales de frecuencias específicas de reconocida y elevada precisión con fines científicos técnicos y de otras clases para la recepción general".

Las señales horarias son emitidas en las frecuencias patrón por las diferentes administraciones, bajo la coordinación mundial de varias organizaciones internacionales, como el Comité Consultivo Internacional de la Hora (O.I.H.), el Comité Internacional de Pesas y Medidas (C.I.P.M.), la Unión Radiocientífica Internacional (URCI), la Junta Internacional de Registro de Frecuencias (IFRB), etc.

FRECUENCIAS ATRIBUIDAS AL SERVICIO MOVIL AERONAUTICO

BANDA FREC. TIPO CARACTER NOTA

325- 405 KHz	C		200- 285 KHz	C		200- 285 KHz	C
			325- 405 "	"		325- 405 "	"
			405- 415 "	"		405- 415 "	"
490- 510 "	E	187	490- 510 "	E	187	490- 510 "	E 187
						510- 525 "	C
2170- 2194 "	E	201 201A	2170- 2194 "	E	201 201A	2170- 2194 "	E 201 201A
2850- 3025 "	R	" 201A 205A	2850- 3025 "	R	" 201A 205A	2850- 3025 "	R " 201A 205A
3025- 3155 "	OR	"	3025- 3155 "	OR	"	3025- 3155 "	OR "
3400- 3500 "	R	"	3400- 3500 "	R	"	3400- 3500 "	R "
3800- 3900 "	OR	C					
3900- 3950 "	OR	E				3900- 3950 "	C
4650- 4700 "	R	"	4650- 4700 "	R	E	4650- 4700 "	R E
4700- 4750 "	OR	"	4700- 4750 "	OR	E	4700- 4750 "	OR E
4750- 4850 "	OR	C					
5430- 5480 "	OR	C	5450- 5480 "	R	E	5430- 5480 "	OR C
5480- 5680 "	R	E 201A 205A	5480- 5680 "	R	E 201A 205A	5480- 5680 "	R E 201A 205A
5680- 5730 "	OR	" "	5680- 5730 "	OR	" "	5680- 5730 "	OR " " "
6525- 6685 "	R	"	6525- 6685 "	R	"	6525- 6685 "	R "
6685- 6765 "	OR	"	6685- 6765 "	OR	"	6685- 6765 "	OR "
8815- 8965 "	R	"	8815- 8965 "	R	"	8815- 8965 "	R "
8965- 9040 "	OR	"	8965- 9040 "	OR	"	8965- 9040 "	OR "
10005-10100 "	R	" 201A	10005-10100 "	R	" 201A	10005-10100 "	R " 201A
11175-11275 "	OR	"	11175-11275 "	OR	"	11175-11275 "	OR "
11275-11400 "	R	"	11275-11400 "	R	"	11275-11400 "	R "
13200-13260 "	OR	"	13200-13260 "	OR	"	13200-13260 "	OR "
13260-13360 "	R	"	13260-13360 "	R	"	13260-13360 "	R "
15010-15100 "	OR	"	15010-15100 "	OR	"	15010-15100 "	OR "
17900-17970 "	R	"	17900-17970 "	R	"	17900-17970 "	R "
17970-18030 "	OR	"	17970-18030 "	OR	"	17970-18030 "	OR "
21870-22000 "	R	C	21870-22000 "	R	C	21870-22000 "	R C
23200-23350 "	OR	"	23200-23350 "	OR	"	23200-23350 "	OR "
117.975-132 MHz	R	E 201A 273 273A	117.975-132 MHz	R	E 201A 273 273A	117.975-132 MHz	R E 201A 273 273A
132- 136 "	R	" 273A 274B	132- 136 "	R	" 273A 274B	132- 136 "	R " 273A 274B
138-143.6 "	OR	"					
143.6-143.65 "	OR	C					
143.65- 144 "	OR	E					

SERVICIO MOVIL AERONAUTICO POR SATELITE

1542.5-1543.5 MHz R C 352 F	1542.5-1543.5 MHz R C 352 F	1542.5-1543.5 MHz R C 352 F
1543.5-1558.5 " R E 352 G	1543.5-1558.5 " R E 352 G	1543.5-1558.5 " R E 352 G
1644 - 1645 " R C 352 I	1644 - 1645 " R C 352 I	1644 - 1645 " R C 352 I
1645 - 1660 " R E 352 J	1645 - 1660 " R E 352 J	1645 - 1660 " R E 352 J
43 - 48 GHz C	43 - 48 GHz C	43 - 48 GHz C
66 - 71 " "	66 - 71 " "	66 - 71 " "
95 - 101 " "	95 - 101 " "	95 - 101 " "
142 - 150 " "	142 - 150 " "	142 - 150 " "
190 - 200 " "	190 - 200 " "	190 - 200 " "
250 - 265 " "	250 - 265 " "	250 - 265 " "

La transmisión de información de tiempo con alta precisión es de gran importancia y tiene numerosas aplicaciones en la ciencia, la industria, la medicina, la navegación, las comunicaciones, etc.

El servicio de frecuencia patrón tiene asignadas las siguientes bandas en el cuadro de distribución de bandas de frecuencias:

20 ± 0.05 KHz, 2.5 MHz ± 5 KHz (2.5 MHz ± 2 KHz en la región 1 de la UIT), 5 MHz ± 5 KHz, 10 MHz ± 5 KHz, 15 MHz ± 10 KHz, 20 MHz ± 10 KHz y 25 KHz ± 10 KHz estando la frecuencia patrón, en el centro de cada banda.

En realidad, casi todas las gamas de frecuencia desde las ondas miriamétricas (VLF), hasta el rango de microondas, se utilizan para la emisión de frecuencias patrón y señales horarias.

Las señales en las bandas comprendidas entre 2.5 y 25 MHz para este servicio, están sujetas a importantes irregularidades de propagación, por lo cual van cobrando creciente importancia las emisiones de señales horarias y frecuencia patrón en frecuencias por debajo de 100 KHz, ya que ofrecen una zona de servicio más amplia y una gran estabilidad de fase.

Las emisiones de transmisores en el rango de ondas miriamétricas ($3-30$ KHz), así como las de las estaciones de radio y televisión, se pueden emplear para la difusión y comparación de señales horarias y frecuencias patrón.

El servicio de frecuencias patrón y señales horarias ha logrado en la actualidad un alto grado de calidad en sus emisiones, la eficacia de la coordinación se refleja en el hecho de que

las escalas de tiempo de las señales horarias - suelen variar en menos de 1 microsegundo.

La difusión mundial de señales horarias exige una cooperación permanente de las administraciones interesadas y los organismos internacionales, los cuales realizan considerables esfuerzos para resolver los problemas que plantea la medición, normalización y transmisión de un tiempo - universal coordinado, que satisfaga las crecientes necesidades de los usuarios de este servicio.

El CIPM, que ha fijado un patrón para medir intervalos de tiempo basados en una transición - atómica (la del cesio), hace recomendaciones para determinar la relación que deben mantener las emisiones con los patrones atómicos; la O.I.H. - fija el valor del desplazamiento del ritmo de - las señales horarias para cada año, y el valor y la época de los ajustes discretos y correcciones del sistema de desplazamiento.

La IFRB organiza los programas de comprobación técnica de las emisiones, para evitar los - problemas que plantean las interferencias a este servicio.

El CCIR, por medio de la comisión de estudio número siete, realiza el análisis de los aspectos técnicos de emisión y recepción (incluido el caso de satélite) de las señales horarias y - frecuencias patrón, y ha establecido el tiempo - universal coordinado que es la base de las difusiones de este servicio y el cual proporciona al usuario el tiempo atómico y el tiempo universal.

La transmisión de información de tiempo, - que se envía mediante señales del sistema Loran C de radionavegación, actualmente ya no satisface las necesidades de cierto tipo de usuarios; -

que pueden requerir por ejemplo:

Un servicio continuo las 24 horas del día, o una zona de cobertura muy extendida.

Ejemplo de estos usuarios pueden ser: Los que realizan trabajos científicos de geofísica y geodesia; los laboratorios que efectúan comparaciones y coordinaciones de escalas de tiempo; - usuarios que llevan a cabo estudios topográficos en la tierra y el mar, en zonas aisladas, etc. - Por lo que la tendencia futura de este servicio, apunta hacia el uso de satélites de comunicaciones para la transmisión de las señales horarias y frecuencias patrón.

La Conferencia Espacial de 1971, definió un nuevo servicio llamándolo: "Servicio de Frecuencias Patrón por Satélite" y reglamentó su uso de frecuencias. Así pues, el servicio de Frecuencias Patrón por Satélite, puede ser asignado por diferentes administraciones a utilizar la frecuencia de 4202 MHz, para el enlace Espacio-Tierra y 6427 MHz para el enlace Tierra-Espacio con sus emisiones contenidas dentro de los límites de ± 2 MHz de dichas frecuencias.

5.12 - EL SERVICIO DE AFICIONADOS

Desde que se realizaron los primeros pasos en la práctica de las radiocomunicaciones, buena parte del trabajo de experimentación ha sido -- efectuado por personas cuyo interés en esta materia es más bien una afición que una preocupación profesional o de orden comercial.

En el transcurso de los años, el servicio de radioaficionados ha progresado paralelamente al crecimiento de los otros servicios de radioco

municaciones, tanto en el número de usuarios, como en el tipo de técnicas y sistemas de transmisión.

Las estaciones de aficionados que en los años veintes llegaban a unos cuantos miles en todo el mundo suman actualmente más de 1.200,000 y se espera que su número aumente a un ritmo del 15% anual.

DEFINICION

El servicio de radioaficionados es, según indica el Reglamento de Radiocomunicaciones; un servicio de autoinstrucción de intercomunicación y estudios técnicos efectuados por aficionados, es decir, por personas que se interesan en la radiotecnica en forma personal y sin fines de lucro, a las que se permite la utilización de una parte del espectro radioeléctrico.

El reglamento de radiocomunicaciones menciona además, el servicio de radioaficionados por satélite, del cual hablaremos más adelante.

INICIACION DE LA RADIOAFICION

Hacia fines del siglo pasado existía ya un grupo numeroso de experimentadores aficionados de la electricidad que construían dispositivos eléctricos como: pilas secas, electroimanes, motores y circuitos telegráficos.

Más o menos en esta época (1887-1896) Hertz y posteriormente Marconi, desarrollaron los primeros sistemas radioeléctricos que operaron con éxito.

Sin embargo, no fue sino hasta 1901, cuando ocurrió el hecho que movió la imaginación de los experimentadores: Marconi había recibido en Terranova la transmisión Morse de Ambrose Fleming desde Inglaterra.

Tal acontecimiento colmó de júbilo a cientos de experimentadores aficionados que entusiasmados por la telegrafía sin hilos, comenzaron a investigar "la maravilla" de las radiocomunicaciones y así, casi sin darse cuenta, dieron nacimiento a la radioafición.

La experimentación de los radioaficionados fue difícil en los primeros años, sobre todo por las dificultades que existían para obtener material y equipo adecuado.

Las estaciones consistían de una bobina de inducción, un condensador y un espinterómetro para la transmisión; y una galena con un par de auriculares para la recepción. Aún con este simple equipo, lograron transmisiones de más de cien kilómetros y ya para 1914, el movimiento radioaficionado era una firme realidad.

La guerra obligó a la suspensión de las actividades de aficionados durante varios años, pero trajo también adelantos y nuevas ideas.

A principios de años veintes, los aficionados realizaron pruebas de comunicación transatlánticas en 1.5 MHz; la creencia general era entonces de que las frecuencias más altas que ésta, no eran adecuadas para la comunicación, lo cual resultó en que todo el espectro de radio por encima de 1.5 MHz estaba a disposición de los aficionados para propósitos de experimentación.

Pruebas posteriores efectuadas en 2.3 y 3.3

MHz revelaron que al aumentar la frecuencia, las transmisiones mejoraban y los contactos de larga distancia se lograban con mayor facilidad; de esta manera quedó demostrada la utilidad de las frecuencias altas y pronto esta porción del espectro comenzó a poblarse con más y más transmisiones.

En 1927, la conferencia de Washington reconoció oficialmente a los radioaficionados como servicio de radiocomunicación.

FUNCIONES DEL SERVICIO DE AFICIONADOS

Para el servicio de radioaficionados, como para todos los otros servicios de radiocomunicaciones; el derecho de la utilización de una parte del espectro de radio está íntimamente ligada a los beneficios de diversa índole, que tal servicio pueda prestar a la humanidad.

El servicio de aficionados cumple en este renglón de una manera especial, realizando funciones que contribuyen al bienestar de la sociedad de distintas maneras.

La esencia misma de la práctica de esta afición apoya y provoca la formación de técnicos capacitados en la electrónica y las telecomunicaciones, tendiendo siempre a ampliar y proseguir la conocida pericia de los aficionados en la práctica de las comunicaciones por radio.

De esta forma contribuye a la educación y más aún al progreso de la ciencia y la tecnología, ya que desde sus principios muchos de los usuarios de este servicio han sido progresistas, investigadores cuyas realizaciones técnicas se han extendido a todas las ramas específicas de

la electrónica y las telecomunicaciones.

Para citar algunos ejemplos, diremos que:

En 1924 los radioaficionados fueron los primeros en idear y utilizar los osciladores de crystal para la estabilización de la frecuencia.

También fueron los primeros en idear un medio para neutralización de los amplificadores de potencia.

Idearon técnicas de filtrado que permitie--ran dar al receptor super heterodino alta cali--dad en la selectividad.

En orden de procurar la mayor economía de uso del espectro, han desarrollado técnicas poco costosas de transmisión y recepción en banda lateral única.

Los radioaficionados se han familiarizado con los métodos de utilización de las ondas, desde las hectométricas hasta las centimétricas, gracias al uso práctico de esas gamas.

Han construido antenas parabólicas, para realizar comunicaciones de reflexión lunar en ondas decimétricas.

Han explorado las características de propa--gación en el rango de microondas.

Han investigado las técnicas de comunica---ción especiales, como el rebote y dispersión me--teóricos.

Han construído estaciones repetidoras auto--máticas de alta frecuencia a bajo costo y de gran confiabilidad.

Los aficionados llevaron a cabo observaciones continuadas en el año geofísico Internacional de 1957 a 1958 y durante los años internacionales de sol en calma.

Han trabajado con radiofaros, ayudando en el estudio de la propagación métrica y decamétrica.

Han investigado la propagación auroral y esporádica E.

Desde los principios de la era espacial los aficionados iniciaron su participación en la nueva etapa tecnológica, construyendo hasta la fecha la serie de satélites denominados OSCAR, mediante los cuales han efectuado comunicaciones bilaterales más allá de las gamas normales.

Estas y otras aportaciones han dado a los radioaficionados de todo el mundo el reconocimiento de los gobiernos y organizaciones reguladoras del espectro, los cuales alientan su participación en la investigación de los fenómenos de la propagación y en los avances de las técnicas de comunicación.

AYUDA EN CASOS DE EMERGENCIA

Por otro lado, los aficionados gozan de una larga tradición en la prestación de servicios de comunicación de emergencia, durante los desastres naturales y casos de urgencia.

Entre los hechos ocurridos se cuentan terremotos, incendios forestales, inundaciones, ciclones, huracanes, tempestades de nieve, epidemias, percances aéreos, marinos y toda clase de calamidades.

El adiestramiento de los aficionados se ha evidenciado especialmente útil, cuando trabajan en redes u organizaciones de socorro especiales en colaboración con la Cruz Roja, los bomberos u otros centros de rescate y en ocasiones han constituido el único medio para comunicar las zonas afectadas con dichos centros.

Los servicios prestados sin embargo, no sólo se efectúan ante catástrofes de grandes magnitudes; regularmente, los comunicados sirven para solicitar ayuda médica en accidentes de carretera, contribuir a la localización y envío de medicamentos en casos de urgencia, la retransmisión de pedidos de sangre o para colaborar en la comunicación y difusión de noticias a sitios aislados.

Los operadores de este servicio, con frecuencia realizan ejercicios de intercambio de mensajes de urgencia y constituyen redes eficaces de auxilio, gracias a que pueden utilizar su material en períodos normales.

— Relaciones internacionales

La actividad de los radioaficionados promueve, además, la amistad y la concordia nacional e internacional, el radioaficionado es por lo general un sujeto fidedigno y representativo, que permite conocer el carácter de los habitantes de un determinado país.

Aunque los radioaficionados no pueden muchas veces transmitir en el idioma de quienes los escuchan, se sirven de un código normalizado con combinaciones de tres letras y abreviaturas de palabras inglesas que les permiten darse a entender y acelerar los comunicados a pesar de las barreras lingüísticas.

El auditorio de tales comunicados es en muchos casos mayor de lo que pudiera pensarse, ya que muchas personas sin ser radioaficionados -- acostumbran sintonizar sus receptores de ondas - decamétricas y escuchar las conversaciones.

RADIOAFICIONADOS UN RECURSO DE CADA PAIS

Aunque los radioaficionados están dispersos por todo el mundo, las mayores concentraciones - están en los países más adelantados tecnológicamente.

Las diferentes administraciones fomentan el desarrollo y crecimiento de este servicio, por - la inmensa reserva de operadores y experimentadores que así se crea.

Sin embargo, el servicio de aficionados es un recurso aún más valioso para los países en desarrollo, ya que constituyen una efectiva red de comunicación, sin costo alguno para el país, con operadores altamente calificados en constante - perfeccionamiento.

Si un país tiene una infraestructura limitada en materia de telecomunicaciones, la transmisión de mensajes puede compensarse con la ayuda de los radioaficionados. Entre mayor sea el número de aficionados y mejores sus instalaciones, más completo es el servicio que pueden prestar.

ORGANIZACIONES DE AFICIONADOS

La mayor parte de los radioaficionados es- tán agrupados en asociaciones nacionales no co- merciales, muchas de las cuales tienen un gran - número de afiliados y una larga tradición, mien-

tras que otras cuentan con menor número de miembros y son de origen reciente; estas sociedades están a su vez conjuntadas en una organización internacional voluntaria, la I.A.R.U. (Internacional Amateur Radio Union), que fue constituida hace más de cincuenta años y reúne a más de 80 agrupaciones de aficionados de todo el mundo.

La IARU, tiene entre sus funciones más importantes, la de representar internacionalmente los intereses de los radioaficionados en las conferencias de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, y lo ha venido haciendo así en todas las conferencias desde Madrid (1932) hasta la fecha.

ESPECTRO DEL SERVICIO DE AFICIONADOS

El servicio de radioaficionados cuenta actualmente con bandas de frecuencias atribuidas en cinco de las principales gamas del espectro de radio (Tabla pág. 326), desde las frecuencias medias hasta las frecuencias superaltas. El espectro total, actualmente disponible a este servicio es de 1506.5 MHz en la región dos de la UIT, de los cuales un 0.2% corresponde a frecuencias por debajo de los 30 MHz; siendo el 4.03% del total de atribución exclusiva y el resto de atribución compartida con otros servicios.

BANDAS EN FRECUENCIAS MEDIAS Y ALTAS

Las atribuciones en las regiones 2 y 3 de la UIT comienzan desde los 1800 KHz (160 m de longitud de onda aproximadamente) y en la región 1, desde los 3500 KHz (80 m aproximadamente), a partir de aquí las bandas están espaciadas en intervalos más o menos armónicos a través del es-

pectro de HF hasta los 29.7 MHz.

De las seis primeras bandas de este servicio, tres están atribuidas en forma exclusiva (14.0 - 14.35, 21.0 - 21.45, 28.0 - 29.7 MHz) en las tres regiones.

La banda de 7 MHz, comprende 7.0 a 7.3 MHz en la región 2 y 7.0 a 7.1 MHz en las regiones 1 y 3; y en los tres casos son de atribución exclusiva.

Las dos bandas restantes (1.8-2.0, 3.5-4.0 MHz), están compartidas con los servicios fijo, móvil y de radionavegación. El ancho de banda total atribuida al servicio de aficionados en la región 2 de la UIT en las ondas hectométricas y decamétricas (MF y HF) es de 3.5 MHz, esto es aproximadamente un 12% del espacio total indicado, de los cuales un 20% está compartido con otros servicios.

ALCANCE DE LAS BANDAS DE AFICIONADOS

Durante el día, la banda de 1.8 a 2.0 MHz permite la comunicación a distancias cortas (de unos 50 Km) y durante la noche este rango se puede extender a distancias medias de unos 2000 Km.

El grado de utilización de esta banda por el servicio de aficionados es inferior al de las tres siguientes, en parte debido a las características de propagación, el ruido atmosférico y las dimensiones de las antenas requeridas.

La banda de 3.5 a 4 MHz es utilizada por los aficionados durante el día para la comunicación hasta distancias de unos 300 Km, durante la noche los contactos se pueden extender a grandes

distancias, incluso intercontinentales como la banda anterior, la banda de 3.5 MHz está sujeta a un alto nivel de ruido atmosférico.

La banda de 7.0 a 7.3 MHz permite alcances superiores a la anterior, en el día los comunicados cubren distancias de unos 3000 Km y durante la noche se pueden extender hasta las antípodas.

Las bandas de 14.0 a 14.35 MHz completa con las dos anteriores (3.5 y 7 MHz), el conjunto de las bandas mejor provistas de este servicio y en las que se realiza la mayor parte de las actividades de los aficionados. La utilización de esta banda permite los comunicados de grandes distancias de forma casi continua, sobre todo en época de mayor actividad solar. Esta banda presenta una zona de silencio de corta distancia al rededor de la antena transmisora.

Las bandas de 21 y 28 MHz están sujetas a grandes variaciones de propagación debido a la actividad solar, con los máximos de manchas solares se pueden efectuar comunicados a distancias lejanas, pero con los mínimos los alcances se ven limitados, frecuentemente se les emplea para comunicación transecuatorial.

BANDAS DE FRECUENCIA EN VHF

Las atribuciones del servicio de aficionados en el rango de VHF varían, dependiendo de la región de la UIT de que se trate.

En la región dos el servicio cuenta con cuatro bandas con un total de 13 MHz, mientras que en la región tres dispone de tres bandas y en la región uno de una.

Las características de propagación que presentan las bandas en este rango, las hacen especialmente apropiadas para comunicaciones locales, aunque también se ha demostrado la existencia de modos de propagación de larga distancia.

La propagación en la banda de 50 a 54 MHz, presenta diferentes aspectos, se le puede utilizar regularmente para comunicados a distancias cortas alrededor de los 100 Km, aunque esto depende en gran medida de las características de la estación, del terreno, etc.

En condiciones favorables de propagación, los alcances en esta banda se pueden extender en varias veces el valor anterior. La reflexión esporádica E y otros mecanismos ocasionales de propagación ionosférica, pueden ampliar ocasionalmente los rangos.

En la banda de 144 a 148 MHz, los efectos ionosféricos son más reducidos, en cambio la propagación troposférica es más favorable, así los comunicados cercanos son menos confiables pero los rangos de larga distancia son mejores que en la banda anterior.

Las bandas de frecuencia de 220 MHz a 10 GHz, permiten alcances de línea de vista y un poco mayores.

Una vez demostrado ante las autoridades de cada administración un cumplido conocimiento de la teoría radioeléctrica, los Reglamentos y el Código Morse (en el caso de aficionados que operan en el rango de ondas decamétricas); los radioaficionados están autorizados a utilizar las bandas de frecuencia asignadas a este servicio en cualquier momento desde su propio domicilio (auto, barco o avión) para comunicarse con otros

radioaficionados, empleando los métodos autorizados de radiotelegrafía (con tipos de emisión 0.1, A1, 2 A2), radiotelefonía (6A3, 3A, 3A, 3A3H, - 3A3J, F3) radioteleimpresor facsímil (A4, F4), y televisión (de barrido lento por los métodos convencionales de transmisión).

Aunque no existe una reglamentación internacional que determine una distribución de los distintos tipos de emisiones sobre las diferentes - bandas de aficionados, algunas administraciones fijan esa distribución y en algunos casos las - mismas asociaciones de aficionados formulan recomendaciones en las que dividen las bandas en segmentos para ciertos tipos de emisiones.

La potencia máxima permitida para las estaciones de aficionados es de 1600 Watts (potencia máxima radiada aparente) o menor.

En México, dependiendo de la clase de certificado los aficionados pueden operar con la clase de emisión y la potencia que se indica a continuación:

Certificado	Tipo de Emisión *	Potencia Máx. Aparente Radiada en Watts	Bandas Acostumbradas (o Permitidas)
Clase I	0.1A1, 2A2 y 6A3	1000 (media)	Todas las de MF y HF
	3A3H, 3A3A y 3A3J	1000 (P.P.E.)*	Todas las de MF y HF
	F3	300 (media)	Todas las de VHF, UHF y SHF
Clase II	0.1A1, 2A2 y 6A3	250 (media)	Todas las de MF y HF
	3A3H, 3A3A y 3A3J	250 (P.P.E.)	Todas las de MF y HF
	F3	100 (media)	Todas las de VHF, UHF y SHF
Principiante	0.1A1, 2A2 y 6A3	50 (media)	Todas las de MF y HF
Restringido	6A3 y F3	100 (media)	Solamente en bandas superiores a 144 MHz.

(P.P.E.)* Significa Potencia pico de la envolvente.

* El significado de los símbolos para los diferentes tipos de emisión puede consultarse en el Cap. de este trabajo.

SISTEMAS ESPECIALES DE COMUNICACIONES EMPLEADOS POR LOS RADIOAFICIONADOS

Los sistemas especiales de comunicación de aficionados son: Radioteletipo, facsímil y la televisión de barrido lento.

Estos sistemas se autorizan en la mayor parte de las administraciones que cuentan con servicio de aficionados. En México, la S.C.T. autorizó a los radioaficionados al uso de estos métodos de comunicación mediante una solicitud expresa por parte del interesado

SERVICIO DE RADIOAFICIONADOS

	Región 1	Región 2	Región 3	México	
MF	3500- 3800 KHz C	1800- 2000 KHz C	1800- 2000 KHz C	1800- 2000 KHz C	
		3500- 4000 KHz C	3500- 3900 KHz C	3500- 4000 KHz C	
HF	7000- 7100 KHz E	7000- 7300 KHz E	7000- 7100 KHz E	7000- 7300 KHz E	
	14000- 14350 KHz E	14000- 14350 KHz E	14000- 14350 KHz E	14000- 14350 KHz E	
	21000- 21450 KHz E	21000- 21450 KHz E	21000- 21450 KHz E	21000- 21450 KHz E	
	28-29.7 MHz E	28-29.7 MHz E	28-29.7 MHz E	28-29.7 MHz E	
		50-54 MHz	50-54 MHz	50-54 MHz	
VHF	144-440 MHz E	144-146 MHz E	144-146 MHz E	144-149 MHz E*	
		146-148 MHz E	146-148 MHz E		
		220-225 MHz C		220-225 MHz C	
VHF	430-440 MHz C	420-450 MHz C	420-450 MHz C	420-450 MHz C	
		1215-1300 MHz C	1215-1300 MHz C	1215-1300 MHz	
		2300-2450 MHz C	2300-2450 MHz C	2300-2450 MHz C	2300-2450 MHz
			3300-3500 MHz C	3300-3500 MHz C	3400-3500 MHz C
		5650-5850 MHz C	5650-5925 MHz C	5650-5850 MHz C	5725-5925 MHz C
		10000-10500 MHz C	10000-10500 MHz C	10000-10500 MHz C	
SHF	24-24.05 GHz E 24-24.05 GHz C	24-24.05 GHz E	24-24.05 GHz E	21-22 GHz E	
		24-24.05 GHz C	24-24.05 GHz C	24-24.05 GHz C	

* Actualmente en controversia.

SERVICIO DE RADIOAFICIONADOS POR SATELITE

	Región 1	Región 2	Región 3	México
HF	7000- 7100 KHz	7000- 7100 KHz	7000- 7100 KHz	
	14000-14250 KHz	14000-14250 KHz	14000-14250 KHz	
	21000-21450 KHz	21000-21450 KHz	21000-21450 KHz	
	28-29.7 MHz	28-29.7 MHz	28-29.7 MHz	
VHF	144-146 MHz	144-146 MHz	144-146 MHz	
SHF	24-24.05 GHz	24-24.05 GHz	24-24.05 GHz	

5.13 - SERVICIO DE AFICIONADOS POR SATELITE

Como ocurre en muchos otros servicios de radiocomunicaciones, los satélites brindan al servicio de aficionados posibilidades sumamente interesantes para ampliar sus funciones.

Ya antes de la conferencia Administrativa - Mundial de Telecomunicaciones Espaciales de 1971, los radioaficionados habían dado pruebas de su interés y capacidad en la radiotécnica espacial, con la construcción y explotación de una serie de cinco satélites denominados Oscar (Satélite - Orbital de Radiocomunicaciones de Aficionados), que operaban en frecuencias atribuídas al servicio de aficionados.

El reglamento de Radiocomunicaciones define al Servicio de Radioaficionados por Satélite como "un servicio de radiocomunicaciones que utiliza estaciones espaciales situadas en satélites de la tierra para los mismos fines que el servicio de Aficionados" y establece el siguiente conjunto de bandas atribuídas en compartición con el servicio de aficionados:

7000 - 7100 KHz	28 - 29.7 MHz
14000 - 14250 KHz	144 - 146 MHz
21000 - 21450 KHz	24 - 24.05 GHz

Estas bandas están atribuídas por igual en las tres regiones de la UIT.

El número 320 A SPA2 dispone además que la banda de 435-438 MHz puede ser autorizada por las administraciones para el uso del servicio de radioaficionados por satélite, siempre y cuando no cause interferencias perjudiciales a otros servicios.

SATELITES DE AFICIONADOS

Los satélites de aficionados funcionan de manera parecida a los repetidores terrestres, extendiendo el alcance de las señales a distancias mayores de las normales. Las órbitas de estos satélites han sido siempre circulares.

Los satélites Oscar 1 y 2 lanzados en Enero y Junio de 1962 respectivamente, eran repetidores tipo radiofaro enviados con objetivos de investigación y entrenamiento. Ambos satélites llevaban transmisiones con potencia de un décimo de Watt y efectuaron transmisiones telemétricas a la tierra por un período de poco más de tres semanas.

El Oscar fue lanzado en Mayo de 1965, captaba y retransmitía señales en 144 MHz con un transmisor de 1 Watt de potencia. Fue el primer satélite de comunicaciones de libre acceso y su período de operación fue de dos semanas, en las cuales, cien estaciones de radioaficionados de 16 diferentes países, efectuaron comunicaciones a través de él.

El Oscar 4, lanzado en Diciembre de 1965, fue un satélite con rendimiento de 3 Watts que retransmitía en 420 MHz, las señales que recibía en 144 MHz, aunque no pudo continuar en su órbita por el tiempo previsto, las estaciones de tierra sí se comunicaron a través de él, efectuándose el primer contacto directo entre Rusia y los Estados Unidos por medio de un satélite.

El Oscar 5 lanzado en Enero de 1970, fue construido por estudiantes de la Universidad de Melbourne, Australia, con fines de investigación y entrenamiento. Fue un satélite tipo radiofaro con baterías que duraron un mes y medio.


En Octubre de 1972, se lanzó el sexto satélite de radioaficionados, el Oscar 6, que era un repetidor de 144 a 28 MHz con potencia de 1 Watt y capacidad de almacenamiento de mensajes. Aunque este satélite fue concebido para dar un servicio de un año, su período útil se extendió por más de cuatro.

El Oscar 7, lanzado en Noviembre de 1974, - fue construido por un grupo Internacional de aficionados y puesto en órbita circular de 1450 Km de altitud por la NASA.

Este satélite lleva dos transmisores-respondedores, uno de 2 y otro de 10 Watts, que operan en las bandas de 145 y 43 MHz para los enlaces tierra-espacio y 29 y 146 MHz para los enlaces espacio-tierra. La vida útil prevista era de tres años, pero aún continúa en funcionamiento.

El último de los satélites de aficionados - de la serie Oscar, el Amsat Oscar D fue lanzado en Marzo de 1978. Participaron en su construcción aficionados de Japón, República Federal de Alemania, EE.UU. y Canadá. Lleva dos transmisores-respondedores que operan uno de 149.5 MHz a 29.4 MHz con 2 Watts y otro de 145 a 435 MHz con 10 Watts de potencia.

CAPITULO VI - LA ADMINISTRACION DEL ESPECTRO

- La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)
 - Junta Internacional de Registros de Frecuencias (IFRB)
 - Comités Consultivos Internacionales (CCI'S)
- 

LA UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (U.I.T.), es una de las primeras organizaciones internacionales que se crearon, junto con la Unión Postal Universal (U.P.U.), la más antigua de todas las organizaciones internacionales de la familia de las Naciones Unidas.

El origen de la U.I.T. se remonta a los comienzos del telégrafo, antes incluso de la invención del teléfono y la radio. No hubo necesidad de prever una cooperación ni acuerdos internacionales hasta que el envío de telegramas por hilo, rebasó las fronteras nacionales; pero al empezar a desarrollarse el servicio e intercambiarse telegramas de un país a otro, se impuso la necesidad de concertar arreglos internacionales, no sólo sobre el tipo de equipo o de código que hubiera de adoptarse y sobre las tarifas que habría que fijar para los telegramas sino también, sobre los problemas jurídicos que en aquella época planteó el paso de las líneas telegráficas a través de las fronteras. Así pues, en 1865 una conferencia de 20 países celebrada en París, adoptó el primer convenio en materia de telecomunicaciones y redactó el primer reglamento telegráfico.

Desde entonces, se ha producido un desarrollo prodigioso en las telecomunicaciones en todas sus formas, no sólo en cuanto respecta a las distancias, sino también al tipo de información transmitida. En 1876, se inventó el teléfono y no tardó en manifestarse el interés por las comunicaciones telefónicas internacionales. Esto condujo a la Conferencia de Berlín de 1885, que fijó las primeras disposiciones sobre el servicio telefónico internacional. Diez años más tarde, tuvieron lugar las primeras pruebas históricas de radiocomunicaciones y en 1906 se celebró

en Berlín la primera Conferencia Radiotelegráfica Internacional. Desde esa fecha ha habido una serie de conferencias que han ampliado cada vez más la esfera de las comunicaciones internacionales por hilo, por radiotelegrafía y radiotelefonía, que han permitido crear gran número de nuevos servicios de telecomunicaciones (radiodifusión sonora, televisión, ayudas a la navegación aeronáutica o marítima, telex, radiotelex, etc.) entre los cuales, los más recientes utilizan satélites que gravitan en el espacio ultraterrestre.

Como ya fue anotado en la cronología, el origen de la U.I.T. surgió de la necesidad del intercambio internacional de mensajes telegráficos, que condujo primero a celebrar acuerdos bilaterales, para resolver los problemas legales que implican el tránsito de señales eléctricas entre dos naciones; y luego al extenderse a más naciones se concretó en forma de convenio internacional, con lo cual se dio inicio a la formación de la U.I.T. Con el tiempo este convenio fue modificándose, conforme lo exigía la evolución tecnológica y la experiencia práctica.

De la misma forma en 1885, el teléfono propició su propio convenio avalado también por la U.I.T., cuya influencia crecía día con día conforme se le incorporaban más naciones, así como una nueva tecnología: la comunicación inalámbrica (la radiocomunicación).

Este último acontecimiento ayudó a la creación del convenio radioeléctrico, y hasta 1932 se decidió fusionar los convenios anteriores en uno, el Convenio Internacional de Telecomunicaciones.

La U.I.T es una asociación voluntaria de países, integrada por representantes gubernamentales que se reúnen periódicamente en conferencias, que actúan como parlamento internacional, donde se debaten los problemas y conflictos de telecomunicaciones; para elaborar de común acuerdo reglas, normas y recomendaciones que regulan la administración conjunta de los servicios de telecomunicaciones a nivel mundial.

El hablar de la Administración Internacional del Espectro de Frecuencias Radioeléctricas (EFRE), es referirse a la sección de Radiocomunicaciones (RC) de la U.I.T., único organismo con reconocimiento mundial unánime para decidir sobre asuntos de las RC Internacionales.

Los objetivos primordiales de la Unión son:

- 1.- Mantener y ampliar la cooperación internacional, para el mejoramiento y empleo racional de toda clase de T.C.
- 2.- Favorecer el desarrollo de los medios técnicos y su más eficaz explotación, a fin de aumentar el rendimiento de los servicios de TC, acrecentar su empleo y generalizar lo más posible su utilización por el público.
- 3.- Armonizar los esfuerzos de las naciones para la consecución de esos fines.

Para lo cual (y específicamente en RC), la Unión ejecuta las siguientes funciones:

- a) Organizar y convocar a los países miembros, a las conferencias Administrativas Internacionales, para adoptar medidas que regulen y coordinen las TC.

- b) Efectuar atribuciones del EFRE a los diversos servicios existentes.
- c) Llevar el registro de las asignaciones de frecuencias de estaciones de diversos países, con previo estudio y aprobación de sus características técnicas.
- d) Coordinar los esfuerzos para eliminar o resolver las interferencias perjudiciales, suscitadas entre estaciones de distintos países, y mejorar la utilización del EFRE.
- e) Aplicar o hacer aplicar las disposiciones adoptadas en los convenios y los documentos reglamentarios.
- f) Realizar estudios sobre normas técnicas, propagación, compatibilidad electromagnética, compartición de frecuencias, etc. Adoptar opiniones, formular recomendaciones y propuestas de apoyo para la creación de reglamentos.
- g) Recopilar y publicar los resultados de las conferencias y reuniones, y todas las informaciones originadas por las investigaciones y estudios de las Radiocomunicaciones en los Comités de la Unión y otras partes del mundo, para conocimiento público, lo que a su vez evitará la duplicación de esfuerzos, para beneficio de todos sus miembros.
- h) Fomentar y coordinar la colaboración y cooperación entre sus miembros, para lograr un desarrollo armónico de los sistemas.
- i) Asesorar y capacitar a las administraciones nacionales, en la estructuración de sus actividades, recursos humanos y operación de

sistemas, por medio de seminarios.

- j) Fomentar la creación, el desarrollo y el perfeccionamiento de equipos y redes de TC en países nuevos y en vías de desarrollo, por todos los medios disponibles.
- k) Promover la adopción de medidas para la seguridad de la vida humana a través de cooperación de los servicios de TC.

ESTRUCTURA Y ORGANIZACION DE LA U.I.T.

La U.I.T. es una de las mayores organizaciones internacionales, ya que la integran 152 países miembros (1978). Actualmente tiene su sede permanente en Ginebra, Suiza y emplea a unos 600 funcionarios de base, distribuidos dentro del organigrama que adjuntamos (el mismo muestra además de los niveles y jerarquías, las relaciones entre los diferentes departamentos de la Unión), quienes velan por la aplicación de los acuerdos en el ambiente internacional, y deben asegurar el funcionamiento normal, así como la continuidad de las actividades de la Unión, haciendo los preparativos necesarios en documentación, estudios e investigaciones, etc. para evitar las pérdidas de tiempo en las Conferencias Internacionales que promueve la Unión, ya que los representantes gubernamentales de los diferentes países, sólo pueden reunirse a intervalos poco frecuentes (cada 5 años aproximadamente), y durante períodos cortos (1 a 3 meses).

La Unión está integrada por los siguientes órganos principales:

- 1.- Conferencia de Plenipotenciarios.

- 2.- Conferencia Administrativa.
- 3.- Consejo de Administración.
- 4.- Organismos Permanentes.
 - 4.1.- Secretaría General.
 - 4.2.- Junta Internacional de Registro de Frecuencias (IFRB).
 - 4.3.- Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR).
 - 4.4.- Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT).

Las conferencias son los principales mecanismos de acción que tiene la Unión para la consecución de sus objetivos, y está constituida por la totalidad de las delegaciones gubernamentales de los países miembros; a partir de ellas y por consenso mayoritario, se toman las decisiones de la Unión.

CONFERENCIA DE PLENIPOTENCIARIOS

Es el organismo supremo de la Unión, integrado por las delegaciones que representan a los países miembros y miembros asociados, cuyas funciones incluyen desde: establecer los principios de política general de la Unión, tratar todos los problemas que juzgue necesario, revisar los reportes del consejo administrativo, llevar las soluciones a convenio revisándolos y actualizándolos periódicamente, elegir al Secretario General, al Vicesecretario General, a los 36 miembros del Consejo Administrativo, y a los 5 de la IFRB, concertar acuerdos con otros organismos generales; para la cooperación a diferentes niveles, así como establecer la administración presu

puestal de los ingresos (por contribución anual de los miembros), para sufragar los gastos propios de la Unión.

El carácter de esta conferencia es general; es decir, abarca tanto la radio como la telefonía y telegrafía, estas conferencias suelen reunirse en un lapso aproximado cada 5 años, y su labor ha sido aligerada al crearse el Consejo de Administración, que se reúne con mayor frecuencia (una vez al año).

CONFERENCIAS ADMINISTRATIVAS

Estas conferencias tienen un carácter particular, y son convocadas para estudiar cuestiones especiales de las telecomunicaciones, por lo que se dividen en dos categorías:

- 1.- Conferencias Administrativas Mundiales ----
(CAM)
- 2.- Conferencias Administrativas Regionales ---
(CAR)

Las Conferencias Administrativas Mundiales, son las únicas que pueden modificar, ampliar y actualizar totalmente o en parte, los reglamentos administrativos de Radiocomunicaciones, Radiotelegrafía y Radiotelefonía, normalmente estas conferencias se realizan cada 20 años (en 1959 y 1979), y por lo general se hace una revisión total del reglamento, también pueden incluir algún punto sobre instrucciones a la IFRB en lo que respecta a sus actividades, o al examen de las mismas. Las últimas conferencias administrativas extraordinarias (CAE) y mundiales (CAM) que se realizaron, son:

CAER - Espacial (1963)	_____	Spa
CAER - Aeronáutica (1966)	_____	Aer
CAMR - Marítimo (1967)	_____	Mar.
CAMTE- Espacial (1971)	_____	Spa 2
CAMR - Radiodifusión Espacial (1977)	_____	Mar. 2
CAMR - Mundial de Radiocomunicaciones (1979)	_____	WARC '79

Las Conferencias Administrativas Regionales, pueden tratar exclusivamente cuestiones específicas de telecomunicaciones de carácter regional, ajustándose en todo, a los Reglamentos Administrativos, y sólo pueden asumir problemas sobre la parte del espectro inferior a 5060 KHz y superior a 27 500 KHz.

CONSEJO DE ADMINISTRACION

Está constituido por 36 países elegidos por la Conferencia de Plenipotenciarios, de modo que se logre una representación equitativa de todas las regiones del mundo.

El Consejo se reúne anualmente para asegurar la marcha eficaz de las actividades de la UIT, en el intervalo entre las conferencias de plenipotenciarios, y sus actividades se limitan a cuestiones del orden administrativo y financiero; como establecer el presupuesto anual de la Unión, fijar el escalafón del personal de la Secretaría General y de los demás organismos permanentes y reajustar, si es necesario, la escala de sueldos.

ORGANISMOS PERMANENTES

Son los órganos de tiempo completo que aseguran la continuidad de la Unión y están bajo el control directo del Consejo de Administración; - sus 600 funcionarios están agrupados en 4 organismos: Secretaría General, la Junta Internacional de Registro de Frecuencias (IFRB), y los dos Comités Consultivos, todos ellos comparten los mismos servicios: edificio, equipo de mecanógrafos, traductores, máquinas de impresión, etc., - en su edificio sede de Ginebra, Suiza.

SECRETARIA GENERAL

Su titular, el Secretario General (auxiliado por el Vicesecretario), es el representante legal de la Unión y el responsable ante el Consejo de Administración, de controlar los aspectos administrativos y financieros, así como coordinar y dirigir el personal a su cargo, apoyado por sus órganos internos permanentes: Las Secretarías Especializadas, la IFRB y los CCI'S, que le asesoran y asisten a través de sus directores que forman el Comité de Coordinación, que él mismo preside y coordina.

Además, el Secretario General debe organizar y contribuir a los trabajos, preparativos de las conferencias que se lleven a cabo, así como velar por la puesta en práctica de los resultados de las mismas, editar, publicar y distribuir los numerosos documentos de las reuniones y otros de interés para los usuarios de los servicios de telecomunicaciones. Y junto con el programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (P.N.U.D.), coordinar los programas de cooperación técnica, adiestramiento, etc., en asuntos de TC a los países que así lo requieran.

JUNTA INTERNACIONAL DE REGISTRO DE FRECUENCIAS

La Junta Internacional de Registro de Frecuencias, más conocida por las siglas IFRB, fue instituída en 1947, por la necesidad de tener toda la información posible sobre la utilización de las radiofrecuencias.

Aunque la Oficina General de la UIT en Berna, ya se había encargado desde 1927 de mantener el registro de las estaciones radioeléctricas y sus características técnicas; simplemente compilaba los datos técnicos notificados y tenía un poder discreto, de manera que cuando surgían problemas de interferencia nada podía hacerse, ya que este organismo no contaba con mecanismos de mediación en los conflictos.

Con el paso del tiempo, la labor de la Oficina General de la UIT se hacía más difícil; en 1947 se manejaban por lo menos 45,000 notificaciones de estaciones y aún se esperaba el definitivo aumento de postguerra, pues en el transcurso de ésta ocurrió una tremenda proliferación de equipos de comunicaciones que operaban al margen de la reglamentación de la UIT.

Ante esa situación, era conveniente confiar el control de las notificaciones a un órgano especial, que contara con los medios para resolver los problemas de interferencias y coordinar eficazmente el uso de las radiofrecuencias.

La IFRB está integrada por 5 expertos independientes (cada uno representando a una de las 5 regiones en que se ha dividido el mundo), los cuales desempeñan su cometido, no como represen-

tantes, de sus respectivos países, ni de una región determinada, sino como agentes imparciales, investidos de un mandato internacional que deben estar familiarizados con la situación geográfica, económica y demográfica de la región de donde provienen y poseer experiencia práctica en materia de asignación y utilización de las frecuencias radioeléctricas.

Algunas de las principales funciones de la IFRB son:

Efectuar la inscripción metódica en el Registro Internacional de Frecuencias (RIF), de las asignaciones solicitadas por las diversas administraciones nacionales, siempre y cuando éstas superen los exámenes de evaluación en cuanto a compatibilidad electromagnética, concordancia con el Reglamento de Radiocomunicaciones y Protección de estaciones previamente reconocidas.

Efectuar en las mismas condiciones y con los mismos propósitos el registro ordenado de las posiciones asignadas por los países, a los satélites geoestacionarios.

Asesorar a los miembros y asociados, con miras a la explotación del mayor número posible de canales radioeléctricos, en las regiones del espectro de frecuencias en que puedan producirse interferencias perjudiciales, y a la utilización eficaz equitativa y económica de la órbita de los satélites geoestacionarios.

La IFRB mantiene al día el Registro Internacional de Frecuencias donde inscribe, con todas las observaciones de orden jurídico, los datos relativos a la utilización de las frecuencias por todas las estaciones de los diversos tipos de servicios del mundo.

El Registro Internacional de Frecuencias se presenta en forma de fichas impresas, y los datos contenidos en este registro se reproducen y publican periódicamente para los miembros de la Unión en la "Lista Internacional de Frecuencias", la cual contiene estados descriptivos de unas 450 000 asignaciones de frecuencias diferentes, que ocupan unas 900 000 líneas de información. Además, recopila los resultados de las observaciones hechas por las estaciones de comprobación técnica internacional de las emisiones y las publica en resúmenes trimestrales de datos de comprobación técnica. También establece y publica anualmente cuatro horarios estacionales de radio difusión por ondas decamétricas, y además se encarga de la preparación técnica de las conferencias de radiocomunicaciones, al reunir los documentos y realizar los estudios preliminares necesarios, y organizar reuniones preparatorias previas, para pedir a cada administración la información oportuna sobre sus necesidades en la materia, a fin de reducir la duración de las conferencias, y al mismo tiempo hacer más eficiente su labor. La IFRB coopera con los CCI'S en los detalles técnicos, ya que ambos participan con carácter consultivo en las conferencias de la Unión, aportando sus experiencias en la aplicación del reglamento de radiocomunicaciones.

Con el fin de asistir y capacitar a las administraciones en el mejor desempeño de su labor, la IFRB organiza con cierta regularidad Seminarios para los funcionarios de las administracio-

nes de los países miembros, con informaciones -
útiles sobre utilización y administración del es-
pectro de frecuencias radioeléctricas.

Anteriormente se pretendía una planifica---
ción a largo plazo en algunos servicios, pero -
desde 1951 se acordó abandonar esa idea, al acep-
tar que la planificación a corto plazo permite -
un aprovechamiento más dinámico, versátil y fle-
xible, permitiendo predecir con suficiente anti-
cipación las tendencias y problemas futuros.

COMITES CONSULTIVOS INTERNACIONALES (CCI'S)

Por el rápido e ininterrumpido desarrollo -
de las TC, y su creciente complejidad, se crea-
ron en 1927, dos Comités Consultivos Internacio-
nales auspiciados por la UIT; el Telegráfico y -
Telefónico (CCITT) y el de radiocomunicaciones -
(CCIR), la misión de este último (la que más nos
interesa, aunque no difiere en su finalidad a la
del CCITT), es la de "realizar estudios técnicos
y operacionales relativos específicamente a las
radiocomunicaciones y preparar o formular reco-
mendaciones sobre ello".

Las actividades de los Comités son organiza-
das y coordinadas por sus directores, asistidos
por una Secretaría Especializada, y llevan a ca-
bo reuniones internacionales llamadas Asambleas
Plenarias cada 3 ó 4 años, donde se presenta el
reporte de los estudios, mediciones o pruebas -
realizadas, después de las cuales se publican -
las recomendaciones aceptadas.

En los trabajos de los Comités, pueden par-
ticipar grupos de estudios, no sólo representan-
tes de los países miembros, sino cualquier orga-
nización o empresa privada, científica, indus---

trial, cultural o de aficionados interesada.

El CCIR le ha dado modernidad a la Unión, - ya que casi todas las innovaciones científicas y tecnológicas en materia de telecomunicaciones, - son rápidamente abordadas como objeto de estudio, una de sus principales intervenciones es en la - normalización de los equipos (ya que éstos pue- - den proceder de diversos países) y métodos de - operación de sistemas con circuitos internaciona- - les, o circuitos nacionales que formen parte de una conexión internacional, y lograr la compati- - bilidad también en redes mixtas de sistemas de - línea física (que por su parte deben obedecer - los lineamientos del CCITT), con los sistemas - inalámbricos; para ello se han formado las "Comi- - siones del Plan Mundial de TC", con sus 3 comi- - siones regionales: Asia, América Latina y Africa, que coordinan los planes de desarrollo de los - sistemas nacionales de TC, a fin de asegurar en- - laces internacionales satisfactorios.

Los temas de estudio abordados por el CCIR son muy amplios, van desde Radioastronomía, Ra- - diodifusión, Transmisión de datos, Teoría de la información, Tipos de modulación y Codificación, hasta Terminología, etc.; pero entre los de ma- - yor importancia se encuentran las investigacio- - nes sobre propagación de las señales y los rui- - dos radioeléctricos, este gran tema ha sido divi- - dido en tres grupos: la propagación terrestre, - troposférica e ionosférica, cuando se trata de - ruidos atmosféricos tan dependientes de las tor- - mentas eléctricas, se han realizado estudios en colaboración con la Organización Meteorológica - Mundial (OMM), para obtener la correlación entre la ocurrencia de los fenómenos meteorológicos y la incidencia del ruido, principalmente en regio- - nes tropicales; también se analizan las variacio- - nes diurnas y estacionales, debido a la influen-

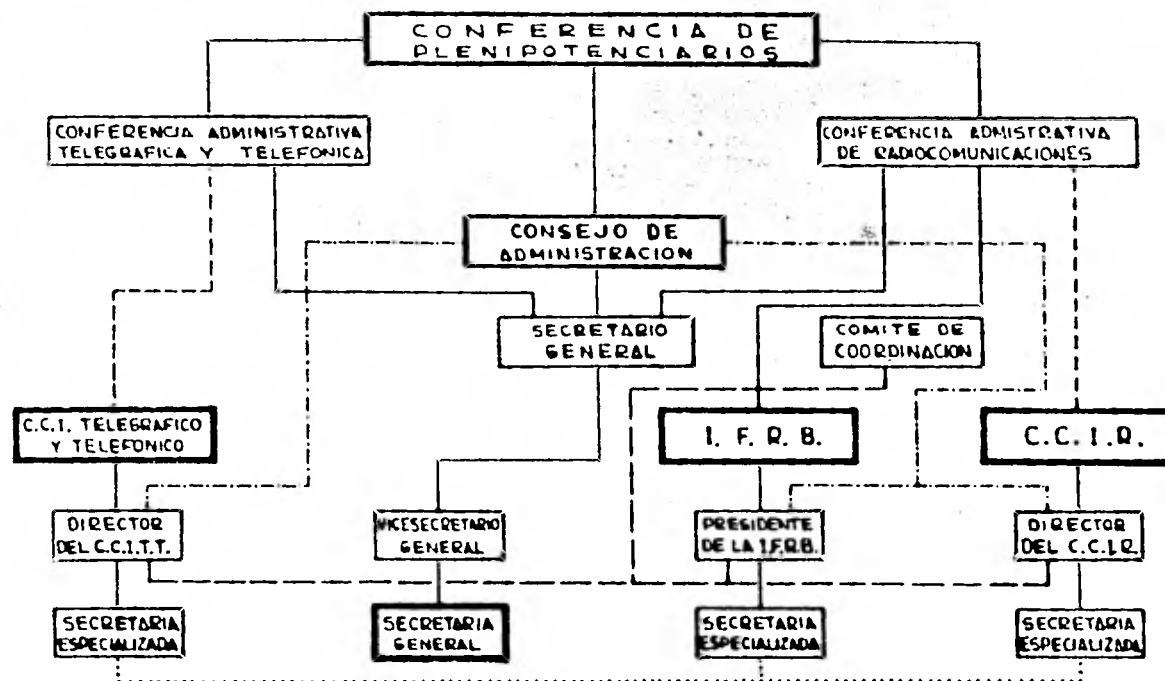
cia del sol, su posición y sus disturbios en los fenómenos de propagación, además se han realizado observaciones conjuntamente con la Unión Radiocientífica Internacional URCI; todos estos trabajos han contribuido enormemente al conocimiento de las características de propagación de las señales, y tienen un gran peso en la solución de problemas de interferencia.

El Comité también asume otros problemas prácticos, por ejemplo sobre distorsiones de las señales en diferentes canales, emisiones espurias y otros ruidos que contaminan el ambiente radioeléctrico, sobre requisitos en estabilidad de frecuencias, anchos de banda, separación entre canales, velocidades de transmisión, señales de alarma automáticos, y normas para radiodifusión sonora y televisión, y mucho se ha hecho también en áreas de comunicaciones espaciales (por satélites), siempre tratando de que no falten normas para cualquier servicio que se presente en el futuro.

IDIOMAS DE LA UIT

Los idiomas de trabajo son: Inglés, Francés y Español (éste fue reconocido en 1947), para la redacción de las actas parciales de las conferencias. En cuanto a los debates en conferencias y reuniones, y la publicación de actas y documentos finales, pueden utilizarse los idiomas oficiales que son: Inglés, Francés, Español, Ruso y Chino (excepto en conferencias de Plenipotenciarios y Administraciones Generales, en los que suelen agregarse el Arabe), en caso de surgir de sacuerdos en el sentido de la traducción, el texto Francés hace fé.

ORGANIGRAMA DE LA U.I.T.



- RELACION DIRECTA DE RESPONSABILIDAD.
- ▭ ORGANISMO PERMANENTE.
- - - - RELACION DE COORDINACION DE ACTIVIDADES ENTRE ORGANISMOS PERMANENTES.
- RELACION DE RESPONSABILIDADES EN LA EJECUCION DE TODOS LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS Y FINANCIEROS.
- - - - RELACION DE COORDINACION ENTRE ORGANISMOS. (COMITE DE COORDINACION)
- - - - RELACION DE CARACTER CONSULTIVO.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

The Invisible Resource
Use and Regulation of the Radio Sepectrum
Harvey J. Levin
Johns Hopkins Press. 1971

Radio Spectrum Utilization
A Report of the Joint Technical Advisory
Comittee of the Institute and Electronics
Engineers and Electronic Industries Asso-
ciation. 1964

The Radio Spectrum Handbook
James M. Moore
Howard W. Sams & Co. Inc. 1970

Spectrum Management Techniques
Donald M. Jansley
Don White Consultants, Inc. 1977

The Radio Amateur Handbook
American Radio Relay League
Newington, CT. 1980

Ondas Electromagnéticas y Sistemas Radiantes
Edward C. Jordan, Keith G. Balmain
Ed. Paraninfo. 1973

Reference Data for Radio Engineers
ITT varios autores
Howard W. Sams & Co. Inc. 1974

Transmision Lines, Antennas and Waveguides
Ronald P. King, Harry Rowe, Alexander Wing
Dover Publications NY. 1973

Física Moderna

H.E. White

Montaner y Simon, S.A. 1974

Fundamentos de Propagación de Microondas

Noboru Yamane

Publicaciones Telecomex. 1974

Future Developments in Telecommunications

James Martin

Prentice Hall Inc. 1977

Las Microondas

Victor J. Young

Ediciones Urmo

The Physics of Microwave Propagation

Livingston

Prentice Hall. 1978

Communication Systems

A. Bruce Carlson

Mc Graw-Hill. 1974

ARTICULOS CIENTIFICOS

The Allocation of the Radio Spectrum

Charles Lee Jackson

Scientific American

February 1980. Vol. 242 N° 2

The Spectrum

Department of Communications

Ottawa, Canada. 1978

Fixed Communications

A.S. Punder

The Radio and Electronic Engineer

October 1975. Vol. 45 N° 10

Fundamentos Científicos de los estudios del
CCIR sobre la propagación de las ondas ra-
dioeléctricas

J.A. Saxton

Boletín de Telecomunicaciones

Julio 1978. Vol. 45

Long-Range Communications at Extremely Low
Frecuencias

S.L. Bernstein; M. Burrows, J.E. Evans

Proceedings of the IEEE

March 1974. Vol. 62 N° 3

Estudios sobre la propagación de las fre-
cuencias de 1 a 10 GHz

Consejo de Investigaciones Científicas del
Reino Unido

Boletín de Telecomunicaciones

Enero 1979. Vol. 48

Shaping the Future of Long and Medium Waves

G.J. Phillips

Electronics & Power

September 1974

The Radio Spectrum below 550 KHz

Thomas L. Greenwood

IEEE Spectrum

March 1967

Submillimetre Waves

D.J. Harris

Electronics & Power

September 1974

Historical Background and Introduction to
the Special Issue on Extremely Low Frecuen-
cy communications

Jmes R. Wait

IEEE Transactions on Communications

April 1974. Vol. Com. 22 N° 4

The propagation of LF and VLF radio waves
with reference to some systems applications

B. Burgess

The Radio and Electronic Engineer

January 1975. Vol. 45 N^o 1

Spectrum conservation in the Land Mobile
Radio Services

H. Staras, L. Schiff

IEEE Spectrum

July 1971

Measurement and Estimate of Radio Frequency
Spectrum Utilization

A.A. Kashel

Telecommunications & Radio Engineering

November 1972. Vol. 26/27

A Criterion for Estimating the Efficiency
of Radio Frequency Spectrum Utilization

N.V. Vinogradov

Telecommunications & Radio Engineering

April 1974

Radio Spectrum Utilization as a National
Problem Panel: Radiospectrum utilization
(JTAC)

IEEE Transactions on Electromagnetic Compa-
tibility

December 1965

Radio Frequency Standarization Activities

Frank D. Lewis, Robert A. Soderman

Proceedings of the IEEE

June 1975. Vol. 55 N^o 6

Future Telecommunications Services

A.A.L. Reid

The Radio and Electronic Engineer

June 1977. Vol. 47 N^o 6

Radioaficionados
George Jacobs, Richard L. Baldwin
Boletín de Telecomunicaciones
Junio 1975. Vol. 42

Heavy Traffic Calls for crowd control in
the Electromagnetic Spectrum
Lyman J. Hardeman
Electronics
September 1972

Communication
John R. Pierce
Scientific American
September 1972. Vol. 227 N° 3

Telecommunication
R.J. Halsey
Electronics & Power
May 1974

Marconi Pioneer of Wireless Telegraphy
Eric Eastwood
Electronics & Power
May 1974

VLF transmitting aerials
R.B.C. Copsey
Wireless World
September 1975

Las Telecomunicaciones, su futuro y su in--
fluencia en la humanidad
H. Busignies
Boletín de Telecomunicaciones
Abril 1971. Vol. 38

Siempre hay un substituto del Espectro

H.J. Levin

Boletín de Telecomunicaciones

Enero 1969. Vol. 36

New Concepts in Sepectrum Usage

Samuel R. Mc Conoughey

IEEE Transactions on communications

November 1973. Vol. COM. 21 N° 11

Técnicas de ensanchamiento del espectro

W.F. Utlaut

Boletín de Telecomunicaciones

Enero 1978. Vol. 45

La cobertura con la radiodifusión sonora y
la planificación de las frecuencias de las
bandas de ondas kilométricas y hectométricas

Hermann Eden

Boletín de Telecomunicaciones

Junio 1972. Vol. 39

Communication Channel

Sin autor

Scientific American

September 1972

El Efecto doppler en radioastronomía

A.J. Higgs

Boletín de Telecomunicaciones

Mayo 1969. Vol. 36

Spectrum Control Procedures for the National
Radio Astronomy Observatory

James L. Solan

Proceedings of the IEEE

September 1973. Vol. 61 N° 9

An Ear to the Universe
Robert E. Machol
IEEE Spectrum
March 1976

Electromagnetic Compatibility Guide for
Design Engineers
Victor M. Turesin
December 1967. Vol. EMC 9 N° 3

Electromagnetic Compatibility
Ferdy Mayer
IEEE Transactions on Electromagnetic Compa-
tibility
September 1966. Vol. EMC 8 N° 5

Radio in the '80s
Duncan Mac Ewan
Wireless World
May 1977

A Review of Interference Criteria for Various
Radio Services
Richard B. Schulz
IEEE Transactions on Electromagnetic Compati-
bility
August 1977. Vol. EMC 19 N° 3

Spectrum Conservation and Characteristics of
Single-Sideband Phase Modulation
Stanley A. Cohen
IEEE Transactions on Electromagnetic Compati-
bility
August 1970. Vol. EMC 12 N° 3

Mobile Radio Communication
D.A.S. Drybrough
Wireless World
March 1977

A Simulation Study of Some Dynamic Channel
Assignment Algorithms in a High Capacity
Mobile Telecommunications System
Lewis G. Anderson
IEEE Transactions on Communications
November 1973. Vol. COM. 21 N° 11

Spectral and Economic Efficiencies of Land
Mobile Radio Systems
Richard N. Lane
IEEE Transactions on Communications
November 1976. Vol. COM 21 N° 11

Switching Plan for a Cellular Mobile Telepho
ne System
Zachary C. Fluhr, Eric Nussbaum
IEEE Transactions on Communications
November 1973. Vol. COM. 21 N° 11

La Meteorología y las Telecomunicaciones
M.K. Basu
Boletín de Telecomunicaciones
Octubre 1976. Vol. 43

Diez años de Satélites Meteorológicos
Sin autor
Boletín de Telecomunicaciones
Octubre 1970. Vol. 37

Satellite Spacing and Frecuency Sharing for
Communication and Broadcast Services
John L. Hutt, Edward E. Reinhart
Proceedings of the IEEE
February 1971. Vol. 59 N° 2

Congestion in the short wave bands
Jim Vastenhoud
Wireless World
November 1976

Satellite Communication - An Overview of
the Problems and Programs

Wilbur L. Priltchard

Proceedings of the IEEE

March 1977. Vol. 65 N° 3

Seminarios sobre Administración y Utilización
del Espectro de Frecuencias Radioeléctricas.

Incluye:

- Cooperación técnica
- Reglamento Internacional de Radiocomunicaciones
- Propagación por encima de unos 30 MHz
- Cuadro de atribución de bandas de frecuencias
- Servicio Móvil Terrestre
- Servicio Móvil Marítimo
- Procedimiento aplicado a las estaciones del Servicio Móvil Marítimo en bandas entre 4000 KHz y 27 500 KHz
- Servicio Móvil Aeronáutico
- Servicio Fijo
- Otros servicios en todas las bandas
- Procedimiento de Notificación y Registro de estaciones de Radiodifusión por ondas LF, MF, VHF, UHF y SHF

- Servicio Fijo por satélite
- Procedimientos de coordinación
- Comprobación Técnica de las Emisiones
- Compatibilidad Electromagnética
- Principios Generales que rigen las Radiocomunicaciones y su registro internacional
- Futuro de los sistemas radioeléctricos de microondas
- Decisiones del C.A.M.T.E. en 1971 acerca de la utilización de la órbita de los satélites geostacionarios
- Gestión del Espectro Electromagnético
- Administración del espectro para el servicio fijo en ondas HF
- Organización y equipo de las estaciones de comprobación técnica de las emisiones
- Administración Nacional y utilización de frecuencias.

Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Ed. 1976

