

**Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica**

IE – 0502 Proyecto Eléctrico

El espectro radioeléctrico en Costa Rica

Por:

Emmanuel Eugenio Solís Carballo

**Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
Julio del 2008**

El espectro radioeléctrico en Costa Rica

Por:

Emmanuel Eugenio Solís Carballo

Sometido a la Escuela de Ingeniería Eléctrica
de la Facultad de Ingeniería
de la Universidad de Costa Rica
como requisito parcial para optar por el grado de:

BACHILLER EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Aprobado por el Tribunal:

M.Sc. Víctor Hugo Chacón Prendas
Profesor Guía

M.Sc. Guillermo Rivero González
Profesor lector

Ing. Roger Arturo Seravalli Monge
Profesor lector

DEDICATORIA

A Dios sobre todas las cosas, por darme el don de la vida y la oportunidad de estudiar. A mis padres Eugenio y Mayra, por su apoyo incondicional y siempre creer en mí.

A mis abuelos Clotilde y Juan Pedro por su interés, que me animo a siempre seguir adelante.

RECONOCIMIENTOS

A mis profesores Víctor Hugo Chacón, Guillermo Rivero González y Roger Arturo Seravalli por sus consejos, que me ayudaron a realizar este trabajo.

Al profesor Johnny Cascante, por su ayuda en la recopilación de información.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
NOMENCLATURA.....	x
RESUMEN.....	xiii
CAPÍTULO 1: Introducción	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Metodología.....	3
CAPÍTULO 2: Desarrollo teórico	4
2.1 Ondas	4
2.1.1 Ondas mecánicas.....	5
2.1.2 Ondas gravitacionales	6
2.1.3 Ondas electromagnéticas	6
2.2 Características de las ondas	7
2.2.1 Amplitud	7
2.2.2 Longitud de onda	8
2.2.3 Frecuencia	8
2.2.4 Crestas y valles	9
2.3 El espectro electromagnético	10
2.3.1 Ondas de radio	12
2.3.2 Microondas	12
2.3.3 Infrarrojo	13
2.3.4 Luz visible.....	14
2.3.5 Ultravioleta	15
2.3.6 Rayos X.....	16
2.3.7 Rayos gamma.....	16
2.4 El espectro radioeléctrico.....	16
2.4.1 ULF	19
2.4.2 VLF	19

2.4.3 LF	20
2.4.4 MF	20
2.4.5 HF	21
2.4.6 VHF	21
2.4.7 UHF	21
2.4.8 SHF	22
2.4.9 EHF	22
2.5 Ecuaciones de onda electromagnética	22
2.5.1 Vector de Poynting	27
2.6 Antenas	28
2.6.1 Impedancia	29
2.6.2 Eficiencia	30
2.6.3 Patrón o diagrama de radiación	31
2.6.4 Directividad	31
2.6.5 Ganancia	32
2.6.6 Área y longitud efectiva.....	33
CAPÍTULO 3: Administración del espectro radioeléctrico.....	34
3.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones.....	35
3.1.1 Sector de Desarrollo (UIT-D).....	37
3.1.2 Sector de Radiocomunicaciones (UIT-R).....	37
3.1.3 Sector de estandarización (UIT-T)	39
3.1.4 División del espectro radioeléctrico	40
3.1.5 Lenguaje técnico	40
3.1.6 Gestión del espectro radioeléctrico	41
3.2 Comisión Interamericana de Telecomunicaciones	42
3.2.1 Comité Consultivo Permanente I: Telecomunicaciones.....	43
3.2.2 Comité Consultivo Permanente II: Radiocomunicaciones incluyendo la Radiodifusión.....	44
3.2.3 Comité de Coordinación	44
3.3 Oficina de Control Nacional de Radio.....	45
3.3.1 Ley de radio No. 1758	47
3.3.2 Plan nacional de atribución de frecuencias.....	48
3.3.3 Reglamento de radiocomunicaciones	49
CAPÍTULO 4: Asignación del espectro radioeléctrico en Costa Rica	50
4.1 Cuadro de atribución de bandas de frecuencias.....	51
4.2 Asignación de 0 MHz a 3 MHz	53
4.3 Asignación de 3 MHz a 9 MHz	53
4.4 Asignación de 9 MHz a 18 MHz	54
4.5 Asignación de 18 MHz a 30MHz	54
4.6 Asignación de 30 MHz a 144MHz	55
4.7 Asignación de 144 MHz a 460 MHz	56

4.8 Asignación de 460 MHz a 1710 MHz	57
4.9 Asignación de 1710 MHz a 5725 MHz	57
4.10 Asignación de 5725 MHz a 12200 MHz	59
4.11 Asignación de 12200 MHz a 22500 MHz	59
4.12 Asignación de 22500 MHz a 43500 MHz	60
4.13 Asignación de 43500 MHz a 300 GHz	60
CAPÍTULO 5: Ley general de telecomunicaciones	61
5.1 Objetivo	62
5.2 Plan nacional de atribución frecuencias	63
5.3 Plan nacional de desarrollo de telecomunicaciones	64
5.4 Administración del espectro radioeléctrico	64
5.5 Regulación del espectro radioeléctrico	66
5.5.1 Concesiones	68
5.6 Sutel 68	
5.6.1 Acceso universal, servicio universal y solidaridad de telecomunicaciones	70
5.7 Fonatel	71
5.8 Canon de reserva del espectro radioeléctrico	72
5.9 Ley de radio	73
5.10 Servicios de radiodifusión y televisión	74
CAPÍTULO 6: Reorganización del espectro radioeléctrico en Costa Rica	75
6.1 Reorganización del espectro radioeléctrico voluntaria	79
6.2 Reorganización del espectro por reglamentación	79
6.2.1 Reorganización del espectro tras expirar una licencia en vigor	79
6.2.2 Reorganización del espectro al final de la vida útil de los equipos	80
CAPÍTULO 7: Conclusiones y recomendaciones	82
7.1 Análisis general	82
7.2 Conclusiones	84
7.3 Recomendaciones	85
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	90
Ley de Radio N° 1758	90
RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1047-1	97
RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1536	98
RECOMENDACIÓN UIT-R V.431-7	99
RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1265-1	102
RECOMENDACIÓN UIT-R V.573-4	104
RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1271	105
RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1604	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1 – Ondas en la superficie de un lago.[18]	6
Figura N° 2.2 – Onda electromagnética.[19]	7
Figura N° 2.3 – Amplitud de una onda.[18].....	8
Figura N° 2.4 – Características de una onda.[17]	9
Figura N° 2.5 – Espectro electromagnético.[22].....	11
Figura N° 2.6 – Relevador de microondas para llamadas telefónicas de larga distancia.[19].....	13
Figura N° 2.7 – Curva de sensibilidad del ojo humano promedio.[3]	15
Figura N° 2.8 – Ubicación del espectro radioeléctrico dentro del espectro electromagnético.[17]	18
Figura N° 2.9 – Sistema de coordenadas esférico para la representación de las características de radiación de una antena.[22].....	31
Figura N° 3.1 – Símbolo de la UIT.[24]	36
Figura N° 3.2 – Estructura de la CITELE.[25].....	43
Figura N° 4.1– Segmento del cuadro de atribución de frecuencias.[26]	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1 – Longitud de onda de cada color.[6]	14
Tabla N° 2.2 – Bandas de frecuencia.[6]	19

NOMENCLATURA

AM	Amplitud Modulada
AMPS	Advanced Mobile Phone System Sistema Telefónico Móvil Avanzado
CDMA	Code Division Multiple Access Multiplexación por división de código
CITEL	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones
DRM	Digital Radio Mondiale Radio Digital Mundial
EHF	Extremely High Frequencies Frecuencias Extremadamente Altas
FM	Frecuencia modulada
FRS	Family Radio Service
GPS	Global Positioning System Sistema de Posicionamiento Global
GSM	Global Movil System Sistema Global para Comunicaciones Móviles
HF	High Frequencies Frecuencias Altas
IMT-2000	International Mobile Telecommunications-2000

ILS	Instrument Landing System Sistema de Aterrizaje Instrumental
LF	Low Frequencies Frecuencias Bajas
MF	Medium Frequencies Frecuencias Medias
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution Service
OEA	Organización de Estados Americanos
ONU	Organización de Naciones Unidas
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy Jerarquía Digital Plesiócrons
PNAFR	Plan Nacional de Atribución de Frecuencias
SDH	Synchronous Digital Hierarchy Jerarquía Digital Síncrona
SHF	Super High Frequencies Frecuencias Super Altas
UHF	Ultra High Frequencies Frecuencias Ultra Altas
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-D	Sector de Desarrollo
UIT-R	Sector de Radiocomunicaciones
UIT-T	Sector de Estandarización

ULF	Ultra Low Frequency Ultra Baja Frecuencia
VHF	Very High Frequencies Frecuencias Muy Altas
VLf	Very Low Frequencies Frecuencias Muy Bajas
Wi-Fi	Wireless Fidelity Fidelidad Inalámbrica

RESUMEN

En este trabajo, se presenta un estudio del espectro radioeléctrico costarricense actual, para lo cual se realizó una investigación bibliográfica, sobre cómo se ha administrado este, las leyes que se han dictado para su gestión y las recomendaciones que se han seguido de organismos internacionales especializados en el tema. Inicialmente, se presenta una base teórica que permita al lector conocer los conceptos y fundamentos de lo que es, e involucra el espectro radioeléctrico. Para el estudio del radioespectro costarricense, también se realizó un estudio de las normas de organismos como la UIT y la CITEL, que Costa Rica ha tomado en cuenta para la elaboración de leyes que rigen el radioespectro y que aquí se mencionan. Por supuesto, se presenta la distribución actual del espectro radioeléctrico y los servicios que se ofrecen a través de él. La nueva Ley General de telecomunicaciones, se presenta como la esperada ley de telecomunicaciones que ha estado esperando Costa Rica por mucho tiempo y algunas de las reformas que esta trae consigo, en cuanto administración, control e instituciones que se hagan cargo de este recurso tan valioso. Se concluye que la reorganización del espectro radioeléctrico, es la mejor manera de hacer frente a los cambios del espectro radioeléctrico debido a la apertura del mercado de telecomunicaciones, además que el espectro es un recurso valioso y necesario, pero que lamentablemente aún en Costa Rica, no se le ha dado el valor que merece y que el establecimiento de organismos tanto internacionales, como nacionales es necesario para una buena administración del radioespectro.

CAPÍTULO 1: Introducción

La situación actual de Costa Rica dentro del marco de la apertura del mercado de telecomunicaciones, el importante papel que tiene actualmente el uso de los servicios inalámbricos, así como el continuo avance que este tipo de sistema presenta, trae la necesidad de realizar un estudio del espectro radioeléctrico en Costa Rica.

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo busca estudiar la situación actual del espectro radioeléctrico en Costa Rica, en cuanto a la distribución y asignación de frecuencias de acuerdo a los servicios de telecomunicaciones ofrecidos en el país y dar una posible propuesta de cambios en la distribución de frecuencias del espectro radioeléctrico, debido a la posible aprobación de las nuevas leyes de telecomunicaciones, como consecuencia de la apertura del mercado de telecomunicaciones. Aunque, esta apertura del mercado de telecomunicaciones aun tiene camino por recorrer y se haría de manera paulatina, el hecho de pensar desde ahora en una nueva asignación del espectro radioeléctrico, no es nada anticipado, ni mucho menos exagerado tomando en cuenta la importancia de los servicios que hacen uso de este recurso natural y el hecho de que se trata de un recurso limitado.

La propuesta que aquí se planteará, se hará de acuerdo a las nuevas leyes que entrarían en vigencia y más que una guía a seguir, se pretende que sea un llamado a la concientización de la necesidad de una reforma en la distribución del espectro radioeléctrico, que permita dar más y mejores servicios para beneficio de los costarricenses.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Analizar el espectro radioeléctrico en Costa Rica actualmente y proponer los cambios necesarios acorde con la nueva ley Marco de Telecomunicaciones.

1.1.2 Objetivos específicos

- Estudiar el espectro radioeléctrico según normativa vigente de de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de la Comisión Internacional de Telecomunicaciones, así como las disposiciones reglamentarias de la Oficina Nacional de Control de Radio.
- Analizar la asignación actual de frecuencias versus servicios de telecomunicaciones en Costa Rica.
- Estudiar las nuevas leyes de telecomunicaciones en Costa Rica.
- Presentar una posible propuesta de cambios en la asignación de frecuencias y servicios en Costa Rica para los próximos años.

1.2 Metodología

El estudio del espectro radioeléctrico en Costa Rica y todo lo que este involucra, como su distribución actual y las leyes que regulan su uso, no es un tema para nada reciente, por el contrario cuenta con toda una base teórica e histórica, por lo cual para el desarrollo del mismo se planteará un marco teórico que permita a cualquier persona con una educación básica en ingeniería que haga uso de este documento, entender el lenguaje técnico que en él se encuentra y así comprender la problemática a tratar. Para esto se hará uso de material bibliográfico que explica lo concerniente al espectro electromagnético y por ende el espectro radioeléctrico, que se encuentra implícito en él, además de documentos de internet y revistas referentes al tema. También para el estudio de la distribución actual del espectro radioeléctrico se hará referencia a documentos elaborados por instituciones públicas, encargadas de la administración del uso del espectro radioeléctrico en Costa Rica, como lo es la Oficina Nacional de Control de Radio.

En cuanto al estudio de la regulación de este recurso natural, se hará referencia al conjunto de artículos que conforman la Ley de Radio N° 1758, así como también se tomará en cuenta lo estipulado por organismos internacionales como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL), en cuanto a los lineamientos a seguir para el uso responsable del radioespectro, también se estudiará los posibles cambios que este recurso pueda tener con las nuevas leyes de telecomunicaciones que aun están en discusión.

CAPÍTULO 2: Desarrollo teórico

Fue a mediados de la década pasada cuando se empezó a notar un considerable incremento en el uso del espectro radioeléctrico, lo cual fue consecuencia de los constantes avances en los servicios de telecomunicaciones y servicios inalámbricos en general, los cuales a su vez fueron impulsados con el crecimiento de la era digital, además de la gran utilidad y remuneración que dan estos.

Desde entonces el interés por el uso y aprovechamiento del espectro radioeléctrico ha tomado gran auge y su discusión aun no tiene fin, pero para esto se debe contar con una base teórica de los conceptos que involucra el uso de las radiofrecuencias, que permita entender que es el espectro radioeléctrico, los usos que tiene y como se distribuye.

A continuación se dará a conocer la teoría necesaria para comprender el espectro radioeléctrico y lo que este involucra.

2.1 Ondas

Uno de los movimientos más estudiados por la física es el movimiento ondulatorio y no por simple curiosidad, el motivo es que este tipo de movimiento se presenta muy a menudo en la naturaleza y es detectable por el ser humano a través de sus ojos y oídos, las ondas de agua, luz y sonido, estos dos últimos importantísimos para la percepción del medio que nos rodea, son ejemplos de este tipo de movimiento. Pero la importancia de las ondas no radica solo ahí, el hecho de transmitir energía e información a través de ellas de un lugar a otro, hace que las ondas jueguen un papel trascendental en las comunicaciones.

Pero, ¿Qué es una onda exactamente?

A una onda usualmente se le conoce como la perturbación de algún medio y que se propaga a través del mismo, como se menciono una onda es capaz de transportar energía de un medio a otro.

Hay varias formas de clasificar los tipos de ondas, la clasificación se hace tomando en cuenta el frente de onda, el medio de propagación, periodicidad de la onda y dirección de la partícula en movimiento. En este caso se estudiará la clasificación de las ondas según el medio por el cual se propagan, ya que es la clasificación que contiene a las ondas de mayor interés para el entendimiento del tema a tratar en este trabajo.

Según el medio por el cual las ondas se propagan estas pueden clasificarse en ondas mecánicas, gravitacionales y electromagnéticas.

2.1.1 Ondas mecánicas

Las ondas mecánicas son aquellas que necesitan de un medio gaseoso, líquido o sólido para poder propagarse, ya que es gracias a las fuerzas entre los átomos que componen el medio, las que hacen posible que se propaguen las ondas. Lo que sucede básicamente es que cada uno de los átomos ejerce una fuerza sobre los que lo rodean transmitiendo así el movimiento. Cabe destacar que las partículas no se trasladan, lo que si se transmite de un lugar a otro es la energía.

En la figura 2.1 se puede ver un ejemplo onda mecánica.



Figura N° 2.1 – Ondas en la superficie de un lago. [18]

2.1.2 Ondas gravitacionales

Este tipo de ondas son un poco más abstractas de ubicar y entender, pues tienen una definición netamente física, ya que se les considera como perturbaciones del espacio-tiempo, por lo cual se puede decir que no desplazan a través de ningún medio elástico, simplemente son perturbaciones del espacio-tiempo.

2.1.3 Ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas es la forma de propagación de cualquier radiación electromagnética, este tipo de ondas presenta la gran ventaja de no depender de algún medio para poder propagarse, simple y sencillamente se propagan por el espacio, incluso a través del vacío, esto se debe a que este tipo de ondas es el resultado de la interacción de un campo eléctrico con un campo magnético, que oscilan con respecto al tiempo. La figura N° 2.2 muestra una onda electromagnética.

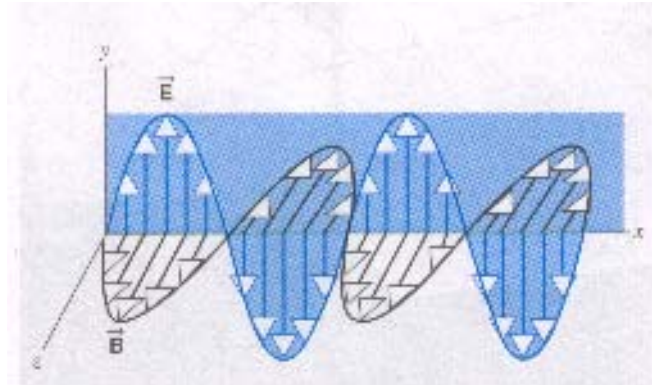


Figura N° 2.2 – Onda electromagnética. [19]

Donde \vec{E} es al campo eléctrico y \vec{B} es el campo magnético.

2.2 Características de las ondas

Las ondas presentan ciertas características que permiten distinguir entre una onda y otra, ya que estas varían en cada una a menos que se trate de una onda idéntica. Estas características son la amplitud, la longitud de onda y la frecuencia, pero también presentan características físicas como los valles y crestas.

A continuación se da una breve explicación de cada una de estas características mencionadas.

2.2.1 Amplitud

Es el valor máximo que puede alcanzar una onda, este valor es igual tanto para el valor positivo de la onda, como para el valor negativo de esta. A la amplitud también se le

suele llamar valor pico. En la figura N° 2.3 se puede ver que la amplitud de la onda es la misma a partir del eje t.

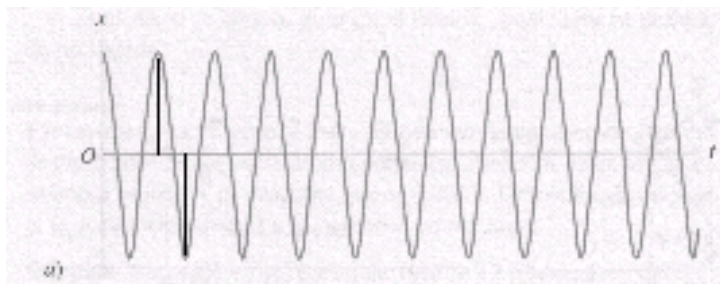


Figura N° 2.3 – Amplitud de una onda.[18]

2.2.2 Longitud de onda

La longitud de onda indica que tan larga es una onda, ya que es la distancia entre dos puntos consecutivos de la onda. Esta característica de la onda, es representada con la letra lambda (λ) en las ecuaciones matemáticas, además cabe destacar que la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia, es decir a mayor longitud de onda, menor es la frecuencia y viceversa. La longitud de una onda se puede apreciar en la figura N° 2.4.

2.2.3 Frecuencia

A la frecuencia se le conoce como el inverso del periodo, o sea es el inverso del tiempo que tardan dos puntos consecutivos de una onda, en pasar por un mismo punto, pero

también, es la división de la velocidad de la onda entre la longitud de onda, como se muestra en la ecuación 2.2.3-1.

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad 2.2.3 -1$$

La unidad de medida de la frecuencia es el hercio (Hz), en honor al físico Heinrich Rudolf Hertz por descubrir la existencia de la radiación electromagnética.

Se debe recordar que a mayor frecuencia, menor longitud de onda y también más energéticas son las ondas, mientras que a menor frecuencia, menos energía contienen las ondas.

2.2.4 Crestas y valles

Las crestas son las partes de la onda que sobresalen en la parte positiva de la onda y los valles sobresalen en la parte negativa de la onda. Estos se denotan en la figura N° 2.4.

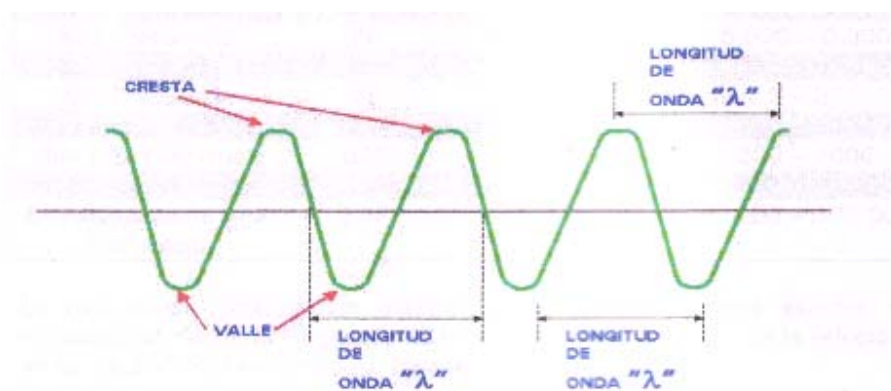


Figura N° 2.4 – Características de una onda.[17]

2.3 El espectro electromagnético

Cuando alguien escucha hablar del espectro electromagnético, si no es una persona informada del tema, puede ser que piense que se trata de un objeto que se puede identificar a simple vista, sin embargo el espectro electromagnético no es un objeto físico que se pueda tocar y solo una parte de él es visible a los ojos de un ser humano.

El espectro electromagnético es todo el conjunto de todas las clases de radiación electromagnética existentes, es decir, el espectro electromagnético esta conformado desde las ondas de radio, hasta los rayos gamma, todas ondas electromagnéticas.

Esta definición del espectro electromagnético no siempre ha sido la misma, durante la época de James Clerk Maxwell, las radiaciones ultravioleta e infrarroja y la luz, formaban todo el espectro electromagnético de aquel entonces, actualmente es conocido que el espectro electromagnético es más frondoso. Este como se puede ver en la figura N° 2.5 esta conformado por: las ondas de radio, las microondas, el infrarrojo, la luz visible, la radiación ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma.

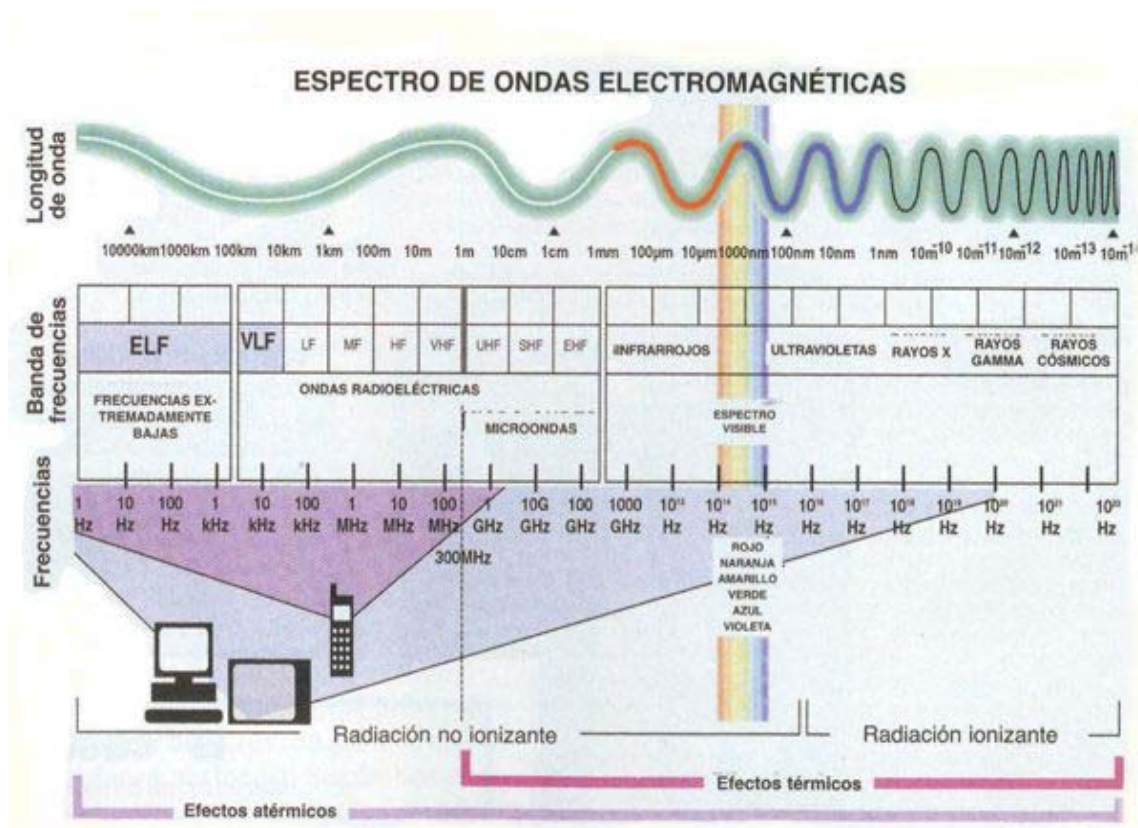


Figura N° 2.5 – Espectro electromagnético.[22]

Cada una de las secciones del espectro electromagnético se caracteriza por tratarse de ondas electromagnéticas, capaces de viajar en el vacío y de desplazarse a la velocidad de la luz, pero también se pueden distinguir por su longitud de onda, energía y frecuencia.

2.3.1 Ondas de radio

Este tipo de ondas se caracteriza por ser las de mayor longitud de onda de todo el espectro electromagnético, la cual es mayor que un metro. Dichas ondas comprenden el espectro de frecuencias que va aproximadamente desde los 30 kHz hasta los 300 MHz.

El uso que se le da a este ámbito de frecuencias es destinado a emisoras de radio, canales de televisión y telefonía celular.

2.3.2 Microondas

Las microondas poseen una longitud de onda menor a los 30 cm y su frecuencia es mayor a 1GHz. Este tipo de ondas son utilizadas para retransmitir llamadas telefónicas, en radares, en la transmisión de datos de computadoras y en los hornos de microonda, gracias a la facilidad de poder producir las con circuitos oscilantes.

En la figura N° 2.6 se puede observar una de sus formas de aplicación para beneficio del ser humano.



Figura N° 2.6 – Relevador de microondas para llamadas telefónicas de larga distancia.[19]

2.3.3 Infrarrojo

La radiación infrarroja no es detectable por el ojo humano, pero si puede ser percibida por el tacto gracias a pequeños nervios en la piel del hombre sensibles a la radiación infrarroja, es por este motivo que el ser humano puede sentir el calor de un disco de cocina.

Las frecuencias del infrarrojo van desde los 300 GHz hasta los 120 THz aproximadamente y su longitud de onda es menor a 1mm.

El infrarrojo es muy utilizado en equipos de comunicación inalámbrica de corta distancia como lo son los controles remotos de juguetes, televisores y cámaras. También sin el infrarrojo no sería posible la fotografía infrarroja de gran uso en operaciones militares y en la meteorología.

2.3.4 Luz visible

Este es el único ámbito del espectro electromagnético capaz de ser detectado por el ojo humano, ya que es la única radiación que logra estimular los conos y bastones del ojo.

Las longitudes de onda del espectro visible se encuentran en el orden de los nanómetros y es gracias a estas que se pueden distinguir los colores, ya que para cada color hay una longitud de onda diferente, estimulando así también de forma diferente los tejidos del ojo humano. Las longitudes de onda de cada color se pueden ver en la tabla N° 2.1.

Tabla N° 2.1 – Longitud de onda de cada color.[6]

Color	Longitud de onda
Violeta	390 nm - 455 nm
Azul	455 nm - 492 nm
Verde	492 nm - 577 nm
Amarillo	577 nm - 597 nm
Anaranjado	597 nm - 620 nm
Rojo	620 nm - 780 nm

La luz visible tiene un ámbito de frecuencia mayor a los 384 THz y de la tabla N° 2.1 se deduce que su longitud de onda va desde 390 nm a 780 nm, esto se puede observar en la figura N° 2.7.

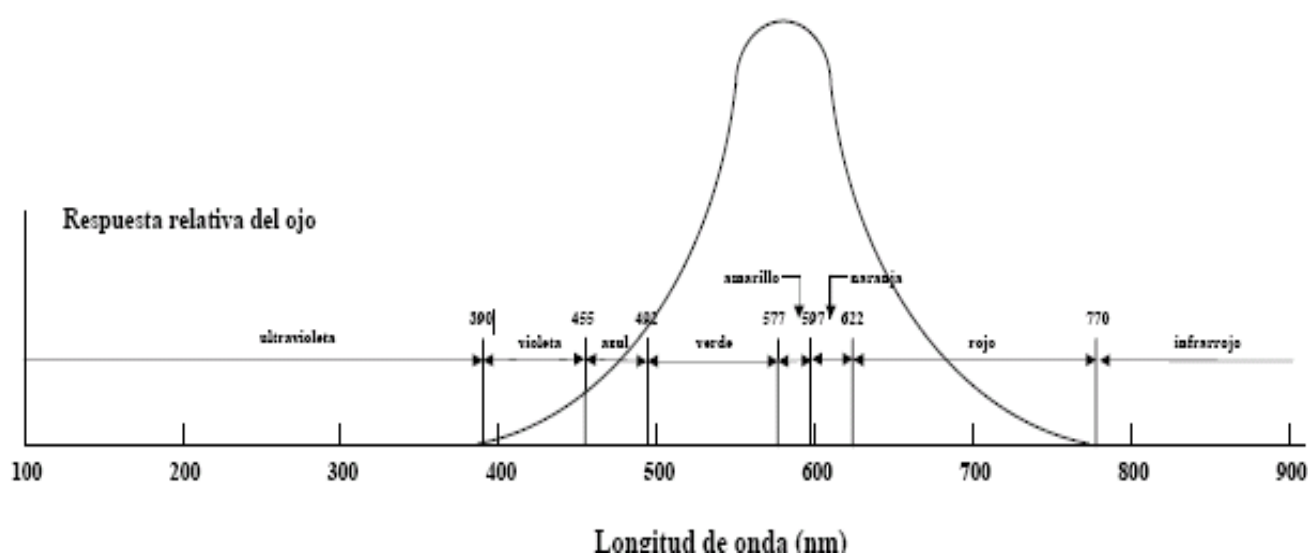


Figura N° 2.7 – Curva de sensibilidad del ojo humano promedio.[3]

2.3.5 Ultravioleta

Para radiación ultravioleta su longitud de onda entre los 200 nm y los 380 nm es decir, no es apreciable al ojo de las personas, solo algunos seres vivos como insectos y pájaros son capaces de percibir la radiación ultravioleta.

Los efectos del exceso de radiación en la piel son realmente perjudiciales, pues este puede causar cáncer de piel y que aduras, pero si es debidamente regulada la exposición de la piel a esta radiación, se puede favorecer la producción de vitamina D en la piel.

El ámbito de frecuencias del ultravioleta va desde los 789 THz hasta los 1.5 PHz.

2.3.6 Rayos X

Estos son muy conocidos por su uso en la medicina para la toma de radiografías, ya que son capaces de penetrar los tejidos, pero no los huesos. Los rayos x tienen una longitud de onda muy pequeña, cerca de 10 nm y su frecuencia es de aproximadamente 30 PHz.

2.3.7 Rayos gamma

De todo el espectro electromagnético los rayos gamma tienen la longitud de onda más pequeña de todas, la cual es menor a 10 pm y su frecuencia es mayor a los 30 EHz.

Este tipo de radiación es muy utilizada en medicina, para la eliminación de células cancerígenas, esto muestra que la exposición a esta radiación puede causar la muerte. La radiación gamma es producida por materiales radiactivos como el radio.

2.4 El espectro radioeléctrico

La mayoría de las personas piensan que espectro electromagnético y espectro radioeléctrico, son dos cosas totalmente diferentes, pero lo cierto es que ambos están

sumamente relacionados, esto debido a que la realidad es que el espectro radioeléctrico es una parte del espectro electromagnético.

La parte del espectro electromagnético que recibe el nombre de espectro radioeléctrico o que también se le suele llamar radioespectro, abarca las ondas de radio, las microondas y una pequeña parte del infrarrojo, o dicho de otra manera, es la porción que va desde los 300 Hz hasta los 300 GHz, aproximadamente. Además, es el espacio destinado para el uso de servicios de radiocomunicación, servicios de televisión, operadoras de cable y radioaficionados, de ahí la gran importancia que se le da a este ámbito de frecuencias del espectro electromagnético. También cabe resaltar que el espectro radioeléctrico se caracteriza por ser un recurso natural y de uso limitado, por lo cual debe ser administrado de la mejor manera posible.

En la figura N° 2.8 se puede la ubicación del espectro radioeléctrico dentro del espectro electromagnético.

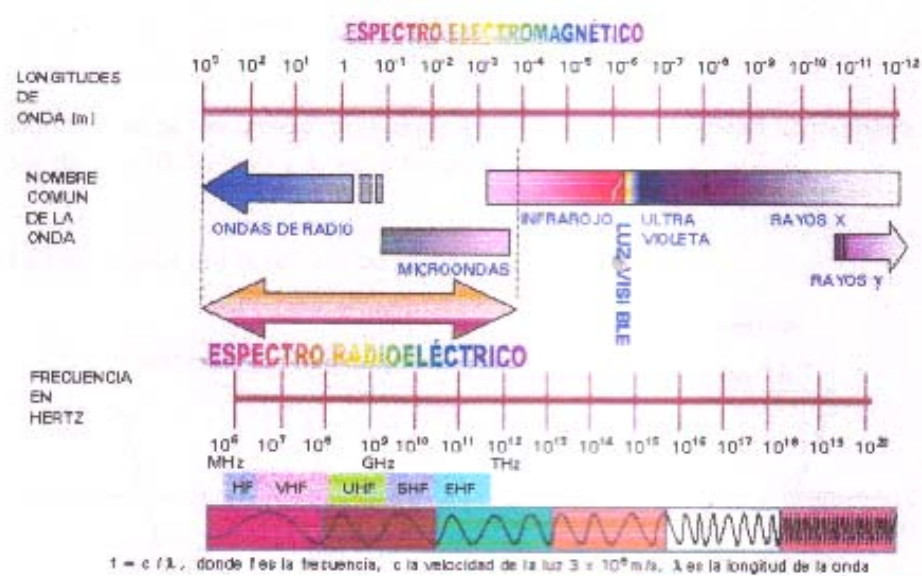


Figura N° 2.8 – Ubicación del espectro radioeléctrico dentro del espectro electromagnético.[17]

Dentro del mismo espectro radioeléctrico se da una división para su uso, esta división son las bandas de frecuencia, las cuales se pueden apreciar en la figura N° 2.8 y en la tabla N° 2.2.

Tabla N° 2.2 – Bandas de frecuencia.[6]

Bandas de frecuencias	Ámbito de frecuencias
ULF	300Hz-3kHz
VLF	3kHz-30kHz
LF	30kHz-300kHz
MF	300kHz-3000kHz
HF	3MHz-30 MHz
VHF	30MHz-300 MHz
UHF	300MHz-3000 MHz
SHF	3GHz-30 GHz
EHF	30GHz-300 GHz

2.4.1 ULF

Esta es la banda que corresponde a las frecuencias más bajas de todo el espectro radioeléctrico, estas frecuencias tienen como característica el hecho de que pueden atravesar fácilmente la superficie terrestre, lo cual las ha hecho ideales para sistemas de comunicación con instalaciones subterráneas, esto ha hecho que estas hayan sido utilizadas en aplicaciones militares principalmente.

2.4.2 VLF

Este ámbito de frecuencias cubre desde los 3kHz hasta los 30kHz. En ella se pueden realizar cubiertas de radios a grandes distancias, esto gracias a la propagación de ondas con baja atenuación, sin embargo este ámbito de frecuencias tiene la limitante de contar con un limitado ancho de banda, además al tratarse de frecuencias realmente bajas, las antenas no trabajan de la mejor manera pues su eficiencia frecuencias muy bajas es mala.

2.4.3 LF

La banda de frecuencias bajas o Low Frequencies, por sus siglas en inglés (LF), es utilizada alrededor del mundo para sistemas de navegación tanto aérea, como marítima, sin embargo sus mayores usos se han centrado en servicios meteorológicos y militares, ya que este tipo de ondas son capaces de penetrar grandes profundidades en los océanos, permitiendo así la comunicación de estaciones militares con submarinos.

A diferencia de la banda VLF, en esta banda el uso de antenas si es eficiente, pero no cualquier antena puede operar en esta banda de frecuencias, estas tienen que ser antenas radiadoras, antenas T, antenas de cable largo, entre otras.

2.4.4 MF

Las frecuencias medias son las correspondientes a esta banda del espectro radioeléctrico, el alcance de las ondas en estas frecuencias suele ser bastante grande durante el día y en la noche es aun mayor, debido a que en la noche la capa D de la ionosfera desaparece, la cual absorbe este tipo ondas.

Este ámbito de frecuencias se ha centralizado en las transmisiones AM, por lo que su uso fue disminuyendo con los años, sin embargo, actualmente las frecuencias medias están volviendo a ser utilizadas principalmente por el audio digital (DRM).

2.4.5 HF

Esta banda también ha sido utilizada para transmisiones AM, en la propagación de ondas a través de esta banda afectan fuertemente tanto la estación del año, como el hecho si es de día o noche, ya que durante la noche la propagación es mejor.

Todas las aplicaciones que trabajen con comunicación por onda corta hacen uso de esta banda, al igual que aviones que utilizan esta banda como frecuencias secundarias.

2.4.6 VHF

En esta banda ya se entra a trabajar con frecuencias realmente altas, del orden de los MHz en adelante, las señales VHF son capaces de recorrer grandes distancias, es por eso que es muy utilizada por radioemisoras para transmisiones FM, pero también por canales de televisión.

En este ámbito de frecuencias las antenas utilizadas son las antenas yagi, el monopolo y el dipolo.

2.4.7 UHF

Las frecuencias de esta banda son tan grandes que incluso llegan al orden de los GHz, su uso se hace realmente efectivo debido a que la atenuación de esta banda es casi mínimo, por lo cual, se a convertido en una de las más utilizadas para transmisiones de

canales de televisión, su uso también se a dado para otros sistemas inalámbricos como lo es la telefonía móvil con la llegada de la tecnología GSM, Wi-Fi, sistemas GPS y servicio FRS.

2.4.8 SHF

Esta banda también es utilizada para teléfonos celulares, dispositivos de microondas y radares. Los satélites utilizan esta banda para comunicarse a diferentes partes del planeta, permitiéndose así la transmisión de televisión por satélite.

2.4.9 EHF

Esta es la ultima banda del espectro radioeléctrico y contiene las frecuencias más altas del espectro. No ha sido tan explotada como las otras bandas, pero se ha usado para radares de alta resolución y en estudios de astronomía.

2.5 Ecuaciones de onda electromagnética

Luego de entender la forma en que se propagan las ondas electromagnéticas, los tipos que hay y sus usos, es importante conocer las relaciones matemáticas que demuestran su existencia. Para esto se recurre a las ecuaciones de Maxwell, a partir de las cuales se llega a las ecuaciones que describen las ondas electromagnéticas.

A continuación se mostrará la forma de llegar a las ecuaciones que describen una onda electromagnética a partir de las ecuaciones de Maxwell.

Primero se supondrá una permitividad (ϵ) y una permeabilidad (μ) del medio constantes, también una densidad de corriente de desplazamiento (J_D) y una densidad volumétrica (ρ_v) iguales a cero.

$$J_D = 0 \quad 2.5-1$$

$$\rho_v = 0 \quad 2.5-2$$

Así la siguiente ecuación de Maxwell:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho_v \quad 2.5-3$$

Se convierte en:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = 0 \quad 2.5-4$$

Además se supondrá que el campo solo varía en una dirección, en z.

$$\frac{\partial}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial}{\partial y} = 0 \quad 2.5-6$$

Ahora con la ecuación de Maxwell:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad 2.5-7$$

Recordando:

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad 2.5-8$$

Sustituyendo 2.5-8 en 2.5-7, se obtiene.

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \quad 2.5-9$$

Entonces extendiendo la ecuación anterior y tomando en cuenta las identidades 2.5-6 se obtiene:

$$-\frac{\partial E_y}{\partial z} i + \frac{\partial E_x}{\partial z} j + 0k = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \quad 2.5-10$$

Igualando componentes:

$$-\frac{\partial E_y}{\partial z} = -\mu \frac{\partial H_x}{\partial t} \quad 2.5-11$$

$$\frac{\partial E_x}{\partial z} = -\mu \frac{\partial H_y}{\partial t} \quad 2.5-12$$

$$0 = -\mu \frac{\partial H_z}{\partial t} \quad 2.5-13$$

Ahora recordando la ecuación de Maxwell:

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad 2.5-14$$

Se puede expresar de la siguiente forma:

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad 2.5-15$$

Aplicando el mismo procedimiento para la ecuación 2.5-9, se obtiene:

$$-\frac{\partial H_y}{\partial z} i + \frac{\partial H_x}{\partial z} j + 0k = \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad 2.5-16$$

Igualando componentes:

$$-\frac{\partial H_y}{\partial z} = \epsilon \frac{\partial E_x}{\partial t} \quad 2.5-17$$

$$\frac{\partial H_x}{\partial z} = \epsilon \frac{\partial E_y}{\partial t} \quad 2.5-18$$

$$0 = \epsilon \frac{\partial E_z}{\partial t} \quad 2.5-19$$

Derivando la ecuación 2.5-12 con respecto a z:

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial z^2} = -\mu \frac{\partial^2 H_y}{\partial t \partial z} \quad 2.5-20$$

Derivando 2.5-17 con respecto a z:

$$-\frac{\partial^2 H_y}{\partial z \partial t} = \epsilon \frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2} \quad 2.5-21$$

Multiplicando μ a ambos lados de la ecuación anterior.

$$-\mu \frac{\partial^2 H_y}{\partial z \partial t} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2} \quad 2.5-22$$

Igualando 2.5-22 con 2.5-20, se obtiene:

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial z^2} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2} \quad 2.5-23$$

Aplicando un procedimiento similar se obtiene:

$$\frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2} = \mu \epsilon \frac{\partial^2 H_y}{\partial t^2} \quad 2.5-24$$

Las ecuaciones 2.5-23 y 2.5-24 son las ecuaciones que describen una onda electromagnética que se desplaza por el eje z, cuyo campo eléctrico varía en el eje x y el campo magnético en el eje y.

2.5.1 Vector de Poynting

Como se ha dicho las ondas transportan energía y las ondas electromagnéticas no son la excepción, el vector de Poynting describe la magnitud y la dirección del flujo de energía de la onda electromagnética.

Se determinará una expresión para determinar el flujo de energía de la onda en una región volumétrica.

Partiendo de la identidad vectorial:

$$\vec{H} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{E}) - \vec{E} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{H}) = \vec{\nabla} \cdot (\vec{E} \times \vec{H}) \quad 2.5.1-1$$

Se sabe que:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad 2.5.1-2$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad 2.5.1-3$$

Así se obtiene:

$$\int_V \left[-\vec{H} \cdot \frac{\mu \partial \vec{H}}{\partial t} - \vec{E} \cdot \vec{J} - \vec{E} \cdot \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right] dv = \int_V \vec{\nabla} \cdot (\vec{E} \times \vec{H}) dv \quad 2.5.1-4$$

Con la identidad:

$$\int_V \vec{\nabla} \cdot (\vec{E} \times \vec{H}) dv = \oint_S \vec{E} \times \vec{H} ds \quad 2.5.1-5$$

Se obtiene:

$$-\int_V \left[\vec{H} \frac{\mu \partial \vec{H}}{\partial t} + \vec{E} \bullet \vec{J} + \vec{E} \frac{\epsilon \partial \vec{E}}{\partial t} \right] dv = \oint_S \vec{E} \times \vec{H} ds \quad 2.5.1-6$$

Donde la parte derecha de la ecuación 2.5.1-6 es el flujo de energía que fluye hacia fuera de la región volumétrica. Y la expresión de la izquierda, es la potencia que fluye hacia fuera de la región volumétrica.

Así el producto cruz $\vec{E} \times \vec{H}$ es el vector de Poynting.

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H} \quad 2.5.1-7$$

2.6 Antenas

Una antena es un dispositivo que sirve para transmitir y recibir ondas electromagnéticas. Esta se encarga básicamente de convertir las ondas transmitidas a través de conductores, en ondas electromagnéticas que se irradian para ser percibidas por diferentes dispositivos de recepción como radios, teléfonos celulares, antenas, entre otros.

Una antena esta constituida por un conjunto de conductores diseñados para radiar o transmitir un campo electromagnético cuando se le aplica una fuerza electromotriz alterna, de manera inversa en recepción, si una antena se coloca en un campo electromagnético, genera como respuesta a éste una fuerza electromotriz alterna.

Para una transmisión eficiente, las antenas deben radiar enfatizando en una sola dirección y tratar de anular las demás direcciones. Por ejemplo las antenas de los satélites acentúan su dirección hacia la tierra.

Al momento de evaluar los efectos de una antena en el sistema que debe funcionar, se necesitan definir varios parámetros que describan el funcionamiento de la antena. Los cuales se mencionan a continuación:

2.6.1 Impedancia

La relación entre la corriente y la tensión en los terminales de entrada de una antena, se define como la impedancia de la antena. Dicha impedancia se compone de una parte real y una parte imaginaria, a la parte real se le conoce también como la resistencia de la antena y la parte compleja, como reactancia de la antena. En la ecuación 2.6.1-1 se puede ver lo anteriormente expuesto.

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} = R_a + jX_a$$

2.6.1-1

La resistencia de antena, como se aprecia en la ecuación 2.6.1-2 es la suma de la resistencia de radiación y la resistencia óhmica.

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} = R_a + jX_a = (R_r + R_\Omega) + jX_a \quad 2.6.1-2$$

La resistencia de radiación es la relación entre la potencia total radiada por una antena y el valor eficaz de la corriente en sus terminales de entrada, elevada al cuadrado. La resistencia óhmica es la energía disipada por pérdidas de calor en la antena.

2.6.2 Eficiencia

En las antenas se presentan dos tipos de eficiencia: la eficiencia de radiación y la eficiencia de reflexión.

La eficiencia de radiación se define como la relación entre la potencia radiada por la antena y la potencia que se entrega a la antena. Esta se obtiene con ayuda de las resistencias de radiación y óhmicas.

La eficiencia de adaptación o eficiencia de reflexión permite conocer si la antena esta bien adaptada a la línea de transmisión. Es la relación entre la potencia que llega a la antena y la potencia que se le aplica a ella.

2.6.3 Patrón o diagrama de radiación

Un patrón de radiación, es una herramienta de gran utilidad para el análisis de antenas, pues representa las intensidades de los campos en varias posiciones angulares, respecto a la posición de la antena, pero esta herramienta también es utilizada para visualizar las distribuciones de densidad de potencia.

El patrón de radiación generalmente esta en coordenadas polares, sin embargo, este también puede ser visualizado en otros tipos de sistemas coordenadas, como lo son las coordenadas esféricas. En la figura N° 2.9 se puede observar un ejemplo de sistemas de coordenadas utilizado en la realización de patrones de radiación.

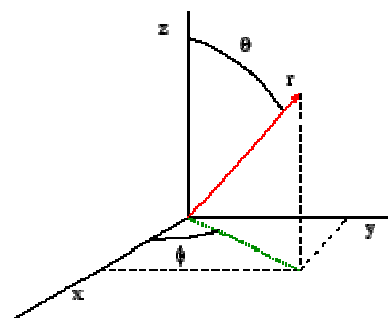


Figura N° 2.9 – Sistema de coordenadas esférico para la representación de las características de radiación de una antena.[22]

2.6.4 Directividad

La directividad de una antena, es uno de los parámetros más importantes de una antena para lograr una buena transmisión de un lugar a otro en específico, ya que es la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia, y la

densidad de potencia que radiaría a la misma distancia una antena isotrópica. En la ecuación 2.6.4-1 se indica el cálculo de la directividad.

$$D = \frac{P_{\max}}{\frac{W_t}{4\pi r^2}} \quad 2.6.4-1$$

La directividad se puede obtener en general a partir del diagrama de radiación de la antena, como se indica en la ecuación 2.6.4-2

$$D = \frac{4\pi}{\iint \frac{P(\theta, \phi)}{P_{\max}} \sin(\theta) d\theta d\phi} = \frac{4\pi}{\Omega_e} \quad 2.6.4-2$$

Ω_e se define como el ángulo sólido equivalente.

2.6.5 Ganancia

Obviamente la ganancia de una antena es uno de los parámetros que se debe considerar para evaluar el desempeño de una antena, la ganancia de la antena se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que radiaría una antena isotrópica, en igualdad de condiciones. El valor de la ganancia se puede obtener con la ecuación 2.6.5-1.

$$G = \frac{P_{\max}}{\frac{W_e}{4\pi r^2}} \quad 2.6.5-1$$

2.6.6 Área y longitud efectiva

El área efectiva se define como la relación entre la potencia recibida y la densidad de potencia incidente en una antena. Para poder medir este parámetro la antena debe estar adaptada a la carga, de forma que la potencia transferida sea la máxima. El cálculo del área efectiva se realiza de acuerdo a la ecuación 2.6.6-1.

$$A_{ef} = \frac{W_r}{P_i} \quad 2.6.6-1$$

Por último la longitud efectiva de una antena se define como la relación entre la tensión inducida en una antena en circuito abierto y el campo incidente en la misma, su cálculo se expresa en la ecuación 2.6.2-2.

$$l_{ef} = \frac{V_a}{E_i} \quad 2.6.2-2$$

CAPÍTULO 3: Administración del espectro radioeléctrico

Actualmente, el espectro radioeléctrico es uno de los recursos naturales más valiosos que una nación pueda tener, esto debido a la gran importancia que representan los servicios de radio, televisión, telefonía móvil, entre otros, que hacen uso de esta porción del espectro electromagnético. Es por este motivo, que cada nación ha tenido la necesidad de crear instituciones que se encarguen de regular, controlar y ordenar el uso y distribución de las frecuencias radioeléctricas según las necesidades y prioridades de su país. Sin embargo, estas medidas no han sido suficientes y se han creado organismos internacionales que buscan estandarizar la administración del espectro radioeléctrico, con el objetivo de lograr una utilización eficiente del radioespectro a nivel global y así evitar interferencias entre países, además como ya sea comprobado la estandarización de normas, lenguaje técnico, medidas y unidades, facilita la comunicación y el intercambio de información entre profesionales de diferentes partes del mundo, lo cual impulsa aun más la estandarización de la administración del espectro radioeléctrico.

A continuación se expondrán los organismos internacionales que mayor influencia tienen en nuestro país, estos organismos son la UIT y la CITEL, pero también se hará mención de la Oficina de Control Nacional de Radio, que es el principal ente regulador del espectro radioeléctrico en Costa Rica.

3.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones

La UIT es el organismo más representativo a nivel internacional en lo que a la regulación de las telecomunicaciones se refiere, esto sumado al hecho de que en las leyes de Costa Rica se estipula, que se debe tomar la debida atención a lo estipulado por la UIT y que se hayan realizado documentos que ayudan a la distribución del espectro radioeléctrico en Costa Rica a partir de las recomendaciones de la UIT, es motivo para estudiar a esta organización como tal y lo que este organismo estipula en lo correspondiente al espectro radioeléctrico.

La creación de la UIT fue todo un proceso que se inicio cuando Samuel Morse dio a conocer al mundo su invención, el telégrafo, fue el creciente uso de este aparato que origino que varios países se reunieran en busca de una estandarización para su uso, y así facilitar la comunicación entre ellos y no tener problemas en cuanto a los términos técnicos o en el uso de este mismo, fue así como alrededor de 20 naciones firmaron un convenio sobre telegrafía internacional, para luego crear la Unión Telegráfica Internacional.

Más tarde, con la aparición de la radio se toma conciencia en crear un Comité Consultivo Internacional sobre Radiocomunicaciones para establecer normas de uso de este servicio, este hecho, junto con la aparición de la telefonía, que tampoco se escaparía al establecimiento de normas y directrices para su uso, con la creación del Comité Consultivo Internacional de Telefonía, llevarían a lo que hoy es la UIT.

Fue en 1932 cuando todos los acuerdos y convenios mencionados anteriormente se unieron en lo que hoy se conoce como la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Luego, se decidiría incluir la UIT como un organismo de la ONU, esto hace que los convenios realizados por la UIT con sus estados miembros sean de carácter obligatorio a seguir, es por este motivo que cualquier cambio que se tome en consenso en cuanto a normas a seguir para la administración y uso del espectro radioeléctrico, debe ser acatado por Costa Rica y realizar los cambios necesarios para cumplir con este a través de la Oficina de Control Nacional de Radio.

Entre los principales acuerdos a los que debe apegarse Costa Rica como miembro de la UIT esta el Reglamento de Radiocomunicaciones, la Constitución y el Convenio, en cualquier cambio a estos documentos Costa Rica puede participar y dar sus recomendaciones, pero estos cambios deben ser ratificados por la Asamblea Legislativa para que la Oficina de Control Nacional de Radio los aplique al espectro radioeléctrico nacional.

En la figura N° 3.1 se aprecia el símbolo oficial de la UIT.



Figura N° 3.1 – Símbolo de la UIT.[24]

La UIT como ente regulador de los servicios de telecomunicaciones, enfoca su función en tres grandes áreas, lo cual le ayuda a tener una mejor planificación y visión de

cómo asesorar a los gobiernos y sectores privados que hacen uso de los servicios de telecomunicaciones alrededor del mundo. Estos sectores son el Sector de Desarrollo (UIT-D), Sector de Radiocomunicaciones (UIT-R) y el Sector de Estandarización (UIT-T).

3.1.1 Sector de Desarrollo (UIT-D)

Aun que este sector, por su nombre, pareciera ser una división conformada por profesionales encerrados en sus laboratorios desarrollando nuevas tecnologías de comunicaciones, no lo es, por el contrario es un sector que ayuda a abrir las puertas de la tecnología a las partes del mundo menos desarrolladas, sus acciones se basan en el pensamiento de que todas las personas tienen el derecho de tener acceso a los servicios de comunicación e información, lo cual se refleja en sus políticas de ayuda, las cuales incentivan a la movilización de recursos técnicos y humanos, para insertar a los países, que así lo necesiten, al mundo de las telecomunicaciones.

3.1.2 Sector de Radiocomunicaciones (UIT-R)

El Sector de Radiocomunicaciones es el encargado de estructurar y dar un adecuado uso del espectro radioeléctrico a nivel mundial, la cual es una de las tareas más importantes de la UIT, debido a la creciente demanda que el radioespectro esta teniendo con la enorme popularización de servicios de telefonía móvil alrededor de todo el planeta, televisión por satélite, sistemas GPS, entre otros. Al tratar de distribuir los diferentes servicios de comunicación por las banas de frecuencias, de tal manera que se logre un uso eficiente y equitativo del espectro radioeléctrico, la UIT-R también pretende montar los cimientos

necesarios, para afrontar la aparición de nuevas tecnologías de comunicación inalámbrica, lo cual podría requerir del reacomodo de las frecuencias asignadas o cambios más drásticos en la distribución del espectro radioeléctrico, que serían más sencillos de afrontar si se cuenta con una estructura universal del espectro radioeléctrico.

Para poder desarrollar una gestión del espectro radioeléctrico que permita servicios de calidad y a la vez una utilización inteligente del radioespectro, la UIT-R desarrolla procedimientos operativos y técnicos que se dan a conocer como normas técnicas internacionales llamadas Recomendaciones UIT-R. Estas recomendaciones son muy numerosas, pero en lo que concierne al espectro radioeléctrico que es el tema de este trabajo, estas normas se centran en:

- La utilización de todos los servicios que hacen uso del radioespectro.
- La administración del espectro radioeléctrico,
- La propagación de las ondas radioeléctricas.
- El uso eficaz del espacio radioeléctrico.
- Las radiocomunicaciones por satélite.
- Una estandarización de vocabulario y nomenclatura correspondiente al espectro radioeléctrico.

Los países miembros de la Unión Internacional de Telecomunicaciones no están obligados a cumplir con estas recomendaciones, sin embargo el hecho de ser recomendaciones desarrolladas por profesionales e instituciones especialistas en

telecomunicaciones de categoría internacional, provoca que estas sean utilizadas por muchos gobiernos e instituciones.

Otra de las técnicas de la UIT-R para lograr una universalización de la gestión del espectro radioeléctrico, es a través de consensos intergubernamentales donde se discute el como compartir y utilizar el radioespectro, estos consensos comprometen a los miembros a una cooperación internacional de acatar lo acordado en estos consensos, todos los resultados de estas negociaciones convergen en lo que se conoce como el Reglamento de Radiocomunicaciones, el cual se aplica dependiendo de la región donde se encuentra cada país, ya que la UIT-R, se ha encargado de dividir el mundo en Región 1 (Europa y África), Región 2 (América) y Región 3 (Asia, Australia y Oceanía).

3.1.3 Sector de estandarización (UIT-T)

Este sector se encarga de supervisar la explotación del espectro radioeléctrico, de tal manera que permita una interconexión de los sistemas de comunicación internacionales, la UIT-T también organiza convenciones en las cuales expertos provenientes de distintas partes del mundo, se reúnen para discutir el planteamiento de nuevas normas, que no solo permiten el establecimiento de protocolos para la conexión de redes internacionales de comunicación, si no que también han forjado las bases de las tecnologías que nos permiten comunicarnos.

Después de haber conocida los métodos y técnicas utilizados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, para el manejo y distribución del espectro

radioeléctrico, a continuación se profundizará un poco más en las normas y recomendaciones que este organismo recomienda para el uso del radioespectro y que más se han aplicado en Costa Rica.

3.1.4 División del espectro radioeléctrico

Como se vio en el capítulo dos, el espectro radioeléctrico se divide en bandas de frecuencias, que permiten una distribución ordenada de los servicios según su frecuencia, pero como es de imaginar esta división no es por simple coincidencia, la UIT establece esta división como parte de sus recomendaciones para un buen uso del radioespectro, esta recomendación corresponde a la Rec. UIT-R V.431-7 (Nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda empleadas en telecomunicaciones).

Esta división se sigue alrededor de todo el mundo y Costa Rica no ha sido la excepción, pues para la distribución de frecuencias ha tomado las recomendaciones del caso, lo cual está estipulado en el Reglamento de Radiocomunicaciones de Costa Rica.

3.1.5 Lenguaje técnico

Para la elaboración de documentos técnicos o reglamentarios para la supervisión y distribución del espectro radioeléctrico, en Costa Rica, se utilizan las definiciones dadas por la UIT, como se puede comprobar en el artículo 1 del Reglamento de Radiocomunicaciones de Costa Rica, donde se acuerda explícitamente que se adoptan las definiciones de la UIT para delimitar este documento. El conjunto de definiciones a las

cuales se refiere este documento se pueden encontrar en la recomendación Rec. UIT-R V.573-4 (Vocabulario de radiocomunicaciones).

3.1.6 Gestión del espectro radioeléctrico

Las recomendaciones de la UIT no se delimitan solamente a cuestiones técnicas de ingeniería como las mencionadas anteriormente, si no que también entran en lo que es el campo administrativo y político del espectro radioeléctrico, ya que en su recomendación Rec. UIT-R SM.1047-1 (Gestión nacional del espectro), la UIT fomenta que sus estados miembros desarrollen programas, documentos o instituciones que velen por:

- La planificación del espectro radioeléctrico.
- La asignación de frecuencias.
- La inspección y control del uso de frecuencias
- Las prácticas de ingeniería en el uso del radioespectro.

En Costa Rica estos lineamientos se afirman en los artículos 9, 10 y 11 del Reglamento de Radiocomunicaciones de Costa Rica, donde se establece que el estado velará por el uso racional del radioespectro, así como se encargará de la asignación de las radiofrecuencias y el uso adecuado de estas.

3.2 Comisión Interamericana de Telecomunicaciones

Este organismo es el segundo organismo internacional que más influencia tiene en Costa Rica, en cuanto a estipulaciones y recomendaciones a seguir en lo que a una estructuración del espectro radioeléctrico se refiere.

Fue en el año 1963 que se dio origen a la CITEL, este organismo tiene varias similitudes con la UIT, una de ellas es que es un organismo asesor de la OEA, así como lo es la UIT para la ONU y posee tres comités, que son como los tres sectores de la UIT, estos comités son:

- Comité Consultivo Permanente I: Telecomunicaciones
- Comité Consultivo Permanente II: Radiocomunicaciones incluyendo la Radiodifusión
- Comité de Coordinación

Además de estos tres comités, la estructura administrativa de la CITEL también cuenta con una secretaría, un comité directivo y un comité preparativo de conferencias.

Esta estructura se puede ver ilustrada en la figura N° 3.2.

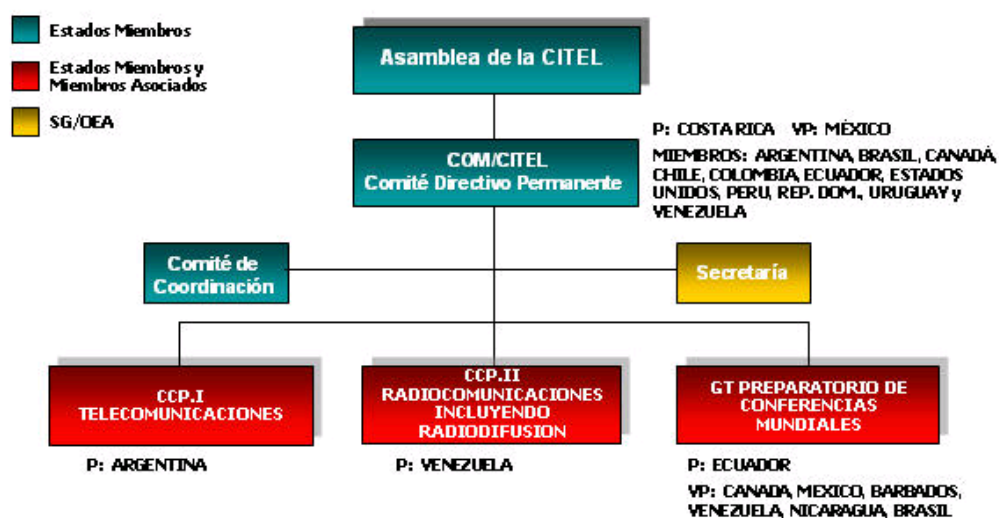


Figura N° 3.2 – Estructura de la CITEL.[25]

3.2.1 Comité Consultivo Permanente I: Telecomunicaciones

Este comité se encarga de asesorar a los miembros de la CITEL como Costa Rica, en la operación, mantenimiento y financiamiento de servicios de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico, para esto en algunas ocasiones la CITEL no solo da apoyo técnico, si no también financiero, esto con el objetivo de que sus miembros tengan una equidad en el uso del radioespectro y así constituir una estandarización de la estructura del espectro radioeléctrico.

3.2.2 Comité Consultivo Permanente II: Radiocomunicaciones incluyendo la Radiodifusión

Este comité se enfoca principalmente en la administración del espectro radioeléctrico, para lo cual coordina normas y programas a seguir con los miembros de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, para lograr un uso eficiente del radioespectro.

3.2.3 Comité de Coordinación

Este comité permanece al tanto de la conformación de los reglamentos y programas de cada uno de los órganos de la CITEL, hace recomendaciones y observaciones que ayuden a la actualización de estos documentos, para mejorar las funciones de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones.

Toda esta estructura de la CITEL, ha sido estratégicamente desarrollada con el objetivo de globalizar el uso y desarrollo de las telecomunicaciones en América y a la vez ayudar a elevar el nivel de vida en sus estados miembros, para esto la CITEL impulsa la teleeducación o educación a distancia a través de telecomunicaciones sugiriendo a sus miembros la creación de un Organismo Nacional de Teleducación. Este tipo de iniciativas ha hecho eco en Costa Rica, pues se han empezado a dar programas de educación en los cuales sin necesidad de salir de su casa los estudiantes pueden recibir su educación ya sea a través de la radio o internet, esto ha sido un uso innovador del espectro radioeléctrico que ha ido creciendo poco a poco.

La CITEL también se ha preocupado por mantener un orden en la red de telecomunicaciones entre sus miembros para evitar interferencias entre ellos, con ese fin la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones realizó la señalización nacional e internacional R-2, para así delimitar el radioespectro en cada país.

3.3 Oficina de Control Nacional de Radio

La Oficina de Control Nacional de Radio, es la institución encargada a nivel nacional de velar por la administración del espectro radioeléctrico en Costa Rica adscrita al Ministerio de Gobernación y Policía, para lograr sus funciones, la Oficina de Control Nacional de Radio se basa en el Reglamento de Radiocomunicaciones de Costa Rica y en lo estipulado en la Ley 1758 o Ley de Radio y Televisión, esta última fue la que dictó su origen en su artículo 5, al plantear la creación de un organismo que hiciera cumplir la Ley 1758.

Las funciones que este organismo realiza con respecto a la administración del espectro radioeléctrico, van desde funciones administrativas como la aplicación de leyes y establecimientos de registros sobre los usuarios que hacen uso del radioespectro, hasta funciones técnicas como la verificación de equipos transmisores y receptores para evitar problemas de interferencias entre usuarios y así garantizar un buen uso del espectro radioeléctrico. Sin embargo, estas son solo una vista general de las labores que realiza la Oficina de Control Nacional de Radio, ya que estas se pueden desglosar en un gran número,

no obstante se citarán las más relevantes, que determinan la estructura del espectro radioeléctrico en Costa Rica:

- Realizar análisis y valoraciones de frecuencias, para ser recomendadas ante el Ministerio para ser usadas por sistemas comunicación inalámbricos.
- Planificar de manera estratégica la atribución de frecuencias del país.
- Verificar la cobertura de las estaciones de transmisión y la ocupación del espectro radioeléctrico.
- Monitorear tanto las señales nacionales como internacionales de países vecinos.
- Examinar las diferentes concesiones del espectro radioeléctrico.
- Identificar las frecuencias que están disponibles para futuros servicios.
- Rescatar frecuencias no utilizadas para ponerlas a disposición de otro usuario y seguir con la distribución del radioespectro.

A pesar de la gran importancia de las funciones que realiza la Oficina de Control Nacional de Radio, esta no ha recibido el apoyo necesario para cumplir a fondo con sus labores, esto debido a que el espectro radioeléctrico es administrado prácticamente de manera gratuita, ya que las tarifas que se cobran por el uso del radioespectro que se

establecieron en el artículo 18 de la Ley de Radio 1758, promulgada en 1954, están totalmente desactualizadas, lo cual limita los fondos de esta institución para cumplir con sus labores, hasta el punto de perder personal por falta de dinero para pagar lo mínimo por sus labores. Esto ocasiona una serie de consecuencias negativas, como lo es un déficit en el uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico por interferencias, proliferación de estaciones clandestinas que saturan las bandas del radioespectro y provocan un desajuste en la distribución del espectro radioeléctrico costarricense, entre otras.

Ahora se estudiará más afondo las leyes y documentos que se han mencionado anteriormente que rigen la distribución y el uso del espectro radioeléctrico en Costa Rica, bajo las cuales se ha se pretendido realizar una asignación de frecuencias radioeléctricas, que permita satisfacer la futura demanda de nuevas tecnologías inalámbricas.

3.3.1 Ley de radio No. 1758

Este es el reglamento más antiguo en el país, que contiene artículos referidos al uso y distribución del espectro radioeléctrico, y en el cual el estado costarricense se basa para dar uso y asignación a las frecuencias radioeléctricas, esto debido a que aun no se cuenta en Costa Rica con una Ley de Telecomunicaciones.

A 54 años de su publicación en la Gaceta del 26 de junio de 1954, esta ley posee artículos que son considerados ridículos, pues son totalmente ajenos a la actual realidad nacional, como por ejemplo el artículo 18 del impuesto anual a pagar por uso del

radioespectro que se menciono anteriormente. Sin embargo, hay artículos que aun tienen validez en lo que ha supervisión del radioespectro se refiere, por ejemplo, el artículo 5 en su inciso d, establece que la Oficina de Control Nacional de Radio debe tener un archivo que se mantenga al pendiente de lo estipulado por la UIT, o sea que cualquier cambio a nivel internacional en el uso o distribución del radioespectro, debe por lo menos ser estudiado para su posible aplicación en el espectro radioeléctrico costarricense.

Esta ley le confiere únicamente al estado la responsabilidad de realizar asignaciones del espectro radioeléctrico, pues esta estipula que es el único capaz de conceder licencias para el uso de este, con lo cual al mismo tiempo le encarga la función de realizar estructuración del radioespectro y velar por que esta se respete.

3.3.2 Plan nacional de atribución de frecuencias

Este documento contiene el conjunto de estipulaciones técnicas y administrativas que establecen la distribución y organización del espectro radioeléctrico, el PNAFR establece la demarcación de los segmentos en los que se divide el espectro radioeléctrico, el ancho de banda de las divisiones y el tipo de servicio que hará uso de dicho segmento.

El PNAFR, también es importante para los fabricantes, ya que una vez establecida la banda de frecuencia de cada servicio, los fabricantes construyen los equipos de cada servicio para esa frecuencia asignada.

3.3.3 Reglamento de radiocomunicaciones

El Reglamento de Radiocomunicaciones de Costa Rica, es el homólogo del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, este extenso documento reúne las normas técnicas y administrativas a seguir para un desarrollo de los servicios de radiocomunicación en Costa Rica, sin embargo en lo que concierne al tema de este toca los siguientes temas:

- Definición de términos técnicos y conceptos correspondientes a todo lo relacionado con el radioespectro.
- Administración del radioespectro.
- Requisitos para la asignación de frecuencias radioeléctricas.
- Normas generales para el funcionamiento de los servicios que hacen uso del espectro radioeléctrico.
- Ratificación de la Oficina de Control, Nacional de Radio como ente regulador y supervisor del espectro radioeléctrico costarricense.

CAPÍTULO 4: Asignación del espectro radioeléctrico en Costa Rica

Una adecuada asignación del espectro radioeléctrico, es la clave para lograr el mayor aprovechamiento del radioespectro como recurso finito que es, la asignación de las radiofrecuencias es más que solo tediosos trámites administrativos para la operación de una de estas frecuencias, cada país dependiendo de su ubicación geográfica, de sus intereses y necesidades, debe asignar cuidadosamente las frecuencias radioeléctricas, de tal manera que estas sean las adecuadas para el servicio de telecomunicación que hará uso de ella.

Afortunadamente, Costa Rica ha tomado la asignación de frecuencias radioeléctricas con mucha seriedad, ya que ha seguido los pasos adecuados para realizar una asignación del espectro radioeléctrico, que permita suplir la demanda de servicios inalámbricos necesarios para el pueblo costarricense. Es posible afirmar esto, ya que como se mencionó anteriormente Costa Rica cuenta con el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias y otros documentos necesarios para dicho asunto, además que también cuenta con el órgano regulador necesario para la asignación de frecuencias como lo es la Oficina de Control Nacional de Radio. A partir de estos documentos, de recomendaciones de la UIT y del criterio de la Oficina de Control Nacional de Radio, se ha elaborado el Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias, en el cual se muestran las divisiones del radioespectro costarricense y la respectiva asignación del servicio para el cual ha sido escogida.

4.1 Cuadro de atribución de bandas de frecuencias

El cuadro de atribución de bandas de frecuencias es el fruto de consideraciones por parte de expertos, que se han apoyado en el PNAFR, el Reglamento de Radiocomunicaciones y en la atribución que hace la UIT del espectro radioeléctrico. Aunque la razón indica que lo ideal sería tener una asignación del radioespectro igual a la de la UIT, pues ésta es elaborada por expertos de todo el mundo, esto no es posible debido a que Costa Rica es un país que se encuentra en la zona tropical, lo cual involucra realizar una asignación diferente a la de la UIT del radioespectro, ya que las zonas tropicales presentan el inconveniente de que a frecuencias mayores de 10GHz, la propagación se dificulta y la lluvia atenúa fuertemente las señales, lo cual ha hecho que estas bandas de frecuencias sean poco utilizadas, caso contrario sucede con las frecuencias menores a 1 GHz, las cuales son muy utilizadas en las zonas tropicales por su facilidad para transmitir, sin embargo este espacio esta siendo tan utilizado que la necesidad de utilizar frecuencias entre 1 GHz y 10 GHz ya se ha hecho presente para algunos servicios.

Aún con estas limitaciones de las zonas tropicales, Costa Rica ha hecho asignaciones que llegan hasta los 30GHz, de las cuales la mayoría son asignaciones que corresponden a servicios privados, debido a que los servicios públicos de telecomunicaciones no se desempeñan adecuadamente a frecuencias mayores a los 10 GHz.

El cuadro de atribución de bandas de frecuencias se puede mostrar de forma gráfica, a esta presentación se le llama Sinóptico de la Atribución de Bandas de Frecuencias, en el cual se muestra la división de las bandas de frecuencias para cada servicio, el ancho de

banda y también muestra cuales segmentos del radioespectro con para el uso de varios servicios. En la figura N° 4.1 se muestra una pequeña sección del sinóptico de atribución de bandas de frecuencias.

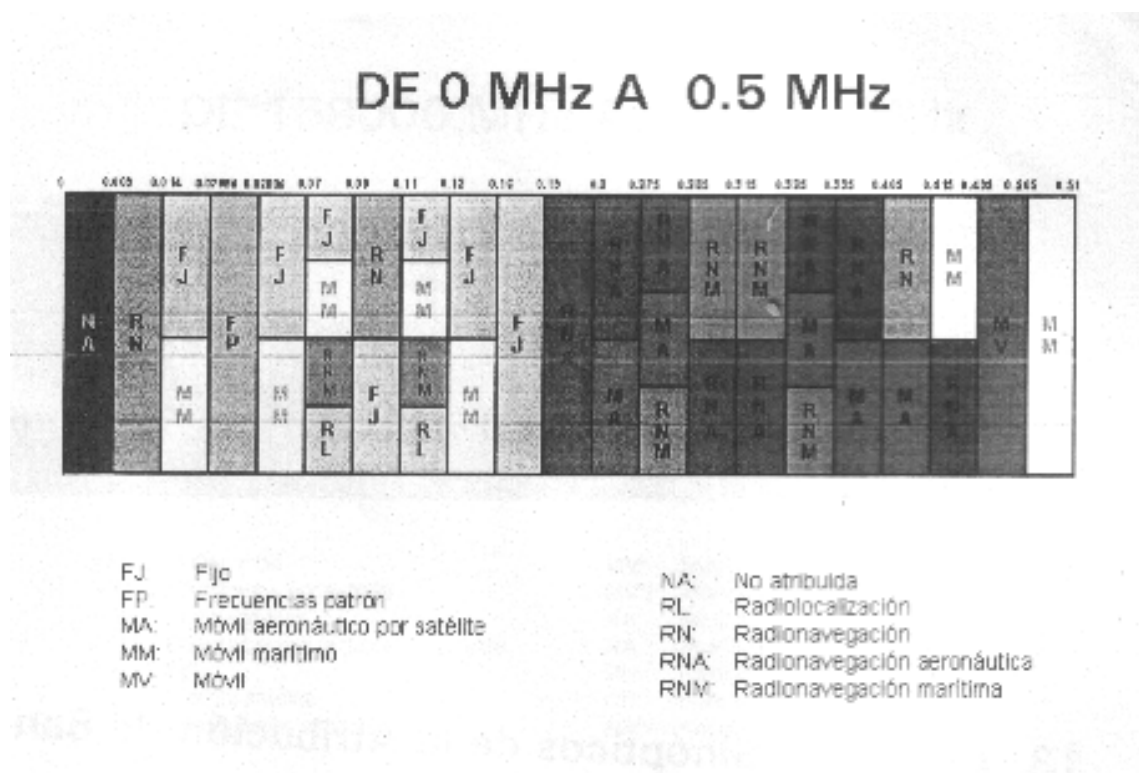


Figura N° 4.1– Segmento del cuadro de atribución de frecuencias.[26]

A continuación se detallará la asignación de frecuencias radioeléctricas más relevantes, esto debido a que el número de asignaciones de las radiofrecuencias que se ha hecho en Costa Rica y que está contemplada en el cuadro de atribución de frecuencias es muy grande, para esto se tomarán intervalos del espectro radioeléctrico y se mencionarán

los servicios que han sido asignados a las frecuencias que forman parte de ese intervalo y otros detalles que se consideren importantes de destacar.

4.2 Asignación de 0 MHz a 3 MHz

En este ámbito de frecuencias se destaca la banda de 0 Hz a 9kHz, pues ninguna de sus frecuencias ha sido atribuida a algún servicio. No así, el resto de frecuencias han sido atribuidas a servicios de radiodifusión, radionavegación, radiolocalización, servicios móviles, servicios fijos, frecuencias patrón y aficionados. Algunas bandas son exclusivas para estos servicios, sin embargo otras bandas de frecuencias son compartidas hasta por tres de los servicios mencionados anteriormente. Entre este ámbito de frecuencias se destaca la frecuencia de 500kHz por ser asignada para llamados de emergencia o socorro por clave morse a nivel internacional.

Entre los servicios más populares que se encuentran asignados en este ámbito de frecuencias radioeléctricas, destaca el de radiodifusión de amplitud modulada, mejor conocida como radio AM, para el cual se destinan las frecuencias de 0.53 MHz a 1.7 MHz.

También es importante mencionar que las frecuencias patrón son utilizadas en los procesos de normalización de la comunidad científica y en las operaciones marítimas.

4.3 Asignación de 3 MHz a 9 MHz

Los servicios asignados en este ámbito de frecuencias son prácticamente son los mismos del ámbito anterior, como lo son servicios de radiodifusión, móviles como marítimos,

terrestre y aeronáuticos, servicios fijos, frecuencias patrón y aficionado, pero se destaca el de aficionado por satélite, el cual recibe el condicionamiento que para poder funcionar no debe causar ninguna interferencia en los demás servicios asignados en este ámbito de frecuencias. En las asignaciones de las bandas de este segmento del radioespectro, también se da la convivencia de al menos dos servicios en una banda de radiofrecuencias.

4.4 Asignación de 9 MHz a 18 MHz

En este ámbito de frecuencias radioeléctricas las bandas que son utilizadas por varios servicios son menos en número, con respecto a las asignaciones mencionadas anteriormente, de hecho hay grandes ámbitos de frecuencias asignados a servicios como radiodifusión, servicios móvil marítimo, móvil aeronáuticos y aficionado. Sin embargo, en este ámbito se introduce la asignación a servicios como radioastronomía e investigación espacial. El servicio de radiodifusión ofrecido en este ámbito de frecuencias esta limitado a las emisiones de banda lateral única, es decir este servicio esta totalmente condicionado a lo que la UIT estipule sobre su uso.

4.5 Asignación de 18 MHz a 30MHz

Al final de la banda de HF del espectro radioeléctrico costarricense, se da la asignación de frecuencias para servicios de ayuda a la meteorología, este servicio recibe la asignación de frecuencias de desde los 27.5 MHz hasta los 28 MHz, frecuencias que

comparten con servicios fijos y móviles. Así, entre más se sube en el rango aparecen más servicios que requieren de una mayor frecuencia como lo son los servicios móviles de aeronáutico por satélite, no obstante los servicios de radiodifusión, aficionados, radioastronomía, móvil terrestre y marítimo, siguen teniendo su asignación.

Hay asignaciones especiales como el rango de frecuencias de 27.4 MHz a 29.9 MHz, en el cual la frecuencia de 27065 kHz es exclusiva para emergencias, la frecuencia de 27215 kHz es utilizada como canal de contacto para uso de llamada, escucha y espera y finalmente la frecuencia de 27295 kHz funciona como canal de contacto internacional de llamada escucha y espera. Este tipo de servicio recibe el nombre de servicio de banda ciudadana.

El servicio fijo y móvil, también tiene asignaciones especiales que se reservan para uso particular de la agricultura, industria y comercio, estas frecuencias se encuentran entre las bandas de 24000 kHz a 24890 kHz, 25010 kHz a 25070 kHz, 26175 kHz a 26965 kHz, 27405 kHz a 28000 kHz y 29700 kHz a 30005 kHz.

4.6 Asignación de 30 MHz a 144MHz

Entrando a la banda de VHF, los rangos de 30-35 MHz y de 36-50 MHz son destinados a servicios de radiocomunicación de dos vías fijos y móviles con una separación de 12.5 kHz entre canales. Los rangos de 35-36 MHz y de 72.2-72.8 MHz son asignados al uso exclusivo de modelos de aeronaves a escala con fines de entretenimiento.

Así, las asignaciones para radiodifusión televisiva se hacen presentes en el rango de 54-72 MHz, en el cual se encuentran transmitiendo los canales 2, 3 y 4, y en el rango de 76-88 MHz, los canales 5 y 6 de televisión. No obstante, otro servicio de gran uso e importancia para los costarricenses que se encuentra en este segmento del espectro radioeléctrico, es el de radiodifusión de frecuencia modulada o mejor conocida como radio FM, este servicio recibe la asignación de operara en el rango de 88MHz a 108 MHz.

El rango de 108-112 MHz es destinado para servicios de radionavegación aeronáutica, específicamente sistemas de aterrizaje ILS.

Los rangos de 137-138 MHz y 148-149.9 MHz son asignados a aplicaciones satelitales, ya sean espacio-tierra o tierra-espacio.

4.7 Asignación de 144 MHz a 460 MHz

Las asignaciones en este rango de frecuencias se dividen en asignaciones para servicios móviles, fijos y de radionavegación, pero la frecuencia de 156,8 MHz esta clasificada como frecuencia internacional exclusiva para llamados de socorro y seguridad. Las asignaciones para servicios de comunicación televisiva de los canales 7, 8, 9, 11, 12 y 13 sedan para los rangos de 174-180 MHz, 180-186 MHz, 186-192 MHz, 192-198 MHz , 198-204 MHz , 204-210 MHz y 210-216 MHz, respectivamente. El rango de 288-324 MHz es utilizado por el servicio privado de radiodifusión televisiva. Para la red de sismología nacional se ha destinado el rango de 216-220 MHz.

4.8 Asignación de 460 MHz a 1710 MHz

Dentro de este rango se destaca la asignación de los canales de televisión del 14 al 36 dentro del rango de 470 a 608 MHz. El rango de 470 MHz a 806 MHz en la banda de UHF ha sido reservado con una visión futurista, la cual pretende que este rango sirva para el desarrollo de la televisión digital. La asignación de frecuencias para canales de radiodifusión televisiva sigue en el rango de 614-806 MHz.

Los rangos de 825-835MHz y 870-880 MHz son conocidos como banda A, la cual es destinada a uno de los servicios que mayor demanda ha tenido en los últimos años, la telefonía celular, los rangos de 835-845 y 880-890 MHz también son destinados para telefonía celular, estos rangos se les conoce como banda B, la banda A tiene una ampliación en los rangos de 824-825/869-870 MHz y 845-846.5/890-891.5 MHz, también la banda (b) de telefonía celular tiene una ampliación en los rangos de 846.5-849/891.5-894 MHz. Otra asignación importante y que es realizada con el objetivo de salvaguardar vidas humanas, es la que se le da al rango de 960-1,215 MHz para seguridad de vuelos nacionales e internacionales de aeronaves.

4.9 Asignación de 1710 MHz a 5725 MHz

Dentro de este ámbito de frecuencias se encuentra el rango de 1990-2170 MHz, el cual tiene la particularidad de estar asignado para el IMT-2000, o sea para los servicios de tercera generación multimedios de banda ancha. El rango de frecuencias de 3300 a 3400 MHz, esta destinado para la transmisión de información de instituciones del gobierno. Otro

rango de frecuencias destinado para el tráfico de información es el de 4400-5000 MHz a través de enlaces de banda ancha de la topología de anillos SDH.

4.9.1 Sistemas de tercera generación

Como se ha visto en los últimos años, el auge de la telefonía móvil en Costa Rica ha sido impresionante, hasta el punto de no poder satisfacer la demanda de este servicio. Es por esto, que en Costa Rica ya se está gestionando la introducción de líneas de telefonía móvil de tercera generación, la cual permite una mayor transmisión de datos que los sistemas GSM, utilizando la interfaz CDMA. Es de suponer, que la aparición de este servicio en Costa Rica involucra un cambio en el espectro radioeléctrico, sin embargo, aún que éste es un nuevo servicio en Costa Rica, alrededor del mundo ya se emplea en más de 70 países, por lo que recomendaciones y protocolos a seguir para su uso ya se han establecido (IMT-2000). Entre estas recomendaciones, está la designación de bandas de frecuencias para este servicio, fue la UIT quien designó las frecuencias para el uso de tercera generación en la Conferencia Mundial de Telecomunicaciones de Radio en 1992, las bandas de frecuencias designadas para tal servicio son 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz, esta asignación en Costa Rica se ha respetado y por esto se asigna el rango de 1990-2170 MHz para tercera generación, como se expuso anteriormente, cabe mencionar que se establece que cualquier asignación a este ámbito de frecuencias queda prohibida e incluso las anteriores asignaciones a estas frecuencias ya fueron removidas.

4.10 Asignación de 5725 MHz a 12200 MHz

Los rangos de 5850-5925 MHz y 5925-6450 MHz son asignados para el tráfico de información, a través de redes de transporte PDH y topologías de anillos SDH, respectivamente. Los rangos de 6851-7428 MHz y 10,500-10,950 GHz se utiliza en enlaces de radiodifusión televisiva para el transporte de señal de audio y vídeo de los canales de televisión entre los estudios. El rango de 7428-8400 MHz ha sido asignado para que las centrales telefónicas interurbanas rurales realicen sus enlaces analógicos y digitales.

Como es de suponerse a frecuencias tan altas como estas, se hacen asignaciones en las cuales los servicios y aplicaciones satelitales se hacen presentes, tal es el caso del rango de 11,700-12,100 GHz que se asigna para realizar enlaces satelitales de satélites en órbita no geoestacionarios.

4.11 Asignación de 12200 MHz a 22500 MHz

Ya en la banda SHF del espectro radioeléctrico son pocos los servicios que hacen uso de tan altas frecuencias, aun así los rangos de 12.75 – 13.25 GHz y 17.7 – 19.7 GHz son asignados para servicios de telefonía fija y móvil, los cuales realizan sus radioenlaces punto a punto para la transmisión de datos.

4.12 Asignación de 22500 MHz a 43500 MHz

En este segmento de frecuencias tan altas, las utilidades que se dan del espectro radioeléctrico son básicamente de transferencia de datos por sistemas móviles satelitales en el rango de 25,25 GHz a 27 GHz. También se da el tráfico de audio y video en el rango de 27,5 GHz a 29,5 GHz.

4.13 Asignación de 43500 MHz a 300 GHz

En estas frecuencias aun no se ha dado una asignación que haga uso del espectro radioeléctrico, solamente se han previsto que servicios podrían hacer uso de los diferentes rangos de frecuencias, ya sean de radiolocalización, móvil por satélite, entre otros, incluso el rango de 27.6 GHz a 30 GHz ni siquiera ha sido atribuido a ninguno de las asignaciones mencionadas anteriormente.

CAPÍTULO 5: Ley general de telecomunicaciones

Como parte del estudio del espectro radioeléctrico en Costa Rica, es importante conocer las nuevas leyes de telecomunicaciones que entrarán en vigencia para la apertura del mercado de telecomunicaciones en Costa Rica, ya que el radioespectro costarricense se verá afectado directamente con esta situación, pues como consecuencia de la apertura deberán de sacarse radiofrecuencias a concurso público para que diferentes empresas entren a la competencia de servicios de telecomunicaciones como telefonía móvil, internet inalámbrico, entre otros servicios, que tradicionalmente han estado acaparados por instituciones como el Instituto Costarricense de Electricidad y RACSA.

No obstante, la apertura del mercado de telecomunicaciones en Costa Rica, no solo se trata de modificar el cuadro de atribución de frecuencias del espectro radioeléctrico para que otras empresas ofrezcan sus servicios, como se ha visto a lo largo de este trabajo se necesita de un planeamiento que garantice el uso y distribución eficaz del espectro electromagnético que permita servicios de calidad y su máximo aprovechamiento como recurso finito que es, además de instituciones que se dediquen exclusivamente a su regulación y control apoyadas en leyes que respaldan sus acciones.

La Ley General de Telecomunicaciones cubre cada uno de los puntos expuestos anteriormente e incluso, se puede decir que establece reformas en aspectos que se criticaron anteriormente en este trabajo en cuanto a la administración del espectro radioeléctrico en

Costa Rica, es por esto que la Ley General de Telecomunicaciones marca un antes y un después en lo que a gestión, administración y control del espectro radioeléctrico se refiere.

5.1 Objetivo

Antes de entrar de lleno en lo que estipula esta nueva ley de telecomunicaciones acerca del espectro radioeléctrico, es importante conocer su objetivo, pues así se puede tener una visión del alcance de esta ley y entender más fácilmente el desarrollo de sus estipulaciones.

El objetivo general de esta ley es el de establecer los límites para el desarrollo de los servicios de telecomunicaciones, así como procedimientos que permitan la regulación de estos servicios estableciendo tarifas, alcances y uso de recursos nacionales como lo es el espectro radioeléctrico.

Citando objetivos más específicos de esta ley, relevantes de acuerdo a la temática de este trabajo, se pueden mencionar los siguientes:

- Garantizar el acceso de los costarricenses a los servicios de telecomunicaciones.
- Lograr un desarrollo de las tecnologías más avanzadas de telecomunicaciones en Costa Rica.
- Obtener los mayores beneficios de los servicios de telecomunicaciones.
- Realizar un uso, distribución, control y administración eficiente del espectro radioeléctrico costarricense.

Es importante resaltar como en los objetivos de esta ley, se puede ver claramente la influencia de los organismos internacionales como lo son la UIT y la CITEL, ya que como estos lo estipulan y promueven en sus respectivos documentos, cada país debe velar por que todas las personas tengan derecho al acceso de los servicios de telecomunicaciones, como se estudio en el capitulo 3, sin olvidar también sus recomendaciones en cuanto al uso eficaz y administración del radioespectro y desarrollo de las nuevas tecnologías, con el objetivo de estandarizar el uso de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico en el mundo. Este aspecto, indica que el camino de la apertura de las telecomunicaciones esta bien enrumado y muestra la seriedad con la que se esta tomando dicho asunto, además es una muestra que los esfuerzos de estos organismos están dando resultado.

5.2 Plan nacional de atribución frecuencias

En esta ley se establece la creación de un plan nacional de atribución de frecuencias, el cual mostrará las frecuencias del espectro radioeléctrico costarricense que han sido asignadas a un determinado servicio de telecomunicación, este plan permitirá tener un orden estricto en cuanto a la asignación de frecuencias radioeléctricas y una mejor visión de cómo poder optimizar el uso del radioespectro conforme se vaya incrementando la demanda de frecuencias radioeléctricas.

Este plan debe de tomar en cuenta tanto las recomendaciones mencionadas en el capitulo 3, así como los acuerdos que Costa Rica se haya comprometido a cumplir de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de la Comisión Internacional de Telecomunicaciones.

En dicho plan, se definirán los casos en que las frecuencias no requieren asignación exclusiva, para lo cual se considerarán los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de la frecuencia
- Tiempo de utilización
- Tecnología aplicable
- Potencia de los equipos
- Ancho de banda
- Zona geográfica

5.3 Plan nacional de desarrollo de telecomunicaciones

Dentro de las innovaciones que presenta la nueva ley general de telecomunicaciones se encuentra el plan nacional de desarrollo de telecomunicaciones, el cual debe establecer las metas, los objetivos y prioridades del sector de las telecomunicaciones en el país a seguir, para una adecuada planificación y orientación.

5.4 Administración del espectro radioeléctrico

El espectro radioeléctrico como bien de dominio público que es, será administrado conforme lo establezcan los siguientes documentos:

- La constitución política.
- Tratados internacionales.

- La ley general de telecomunicaciones.
- El plan nacional de desarrollo de telecomunicaciones.
- El plan nacional de atribución de frecuencias.

Cabe destacar que la administración del radioespectro seguirá las estipulaciones de los documentos arriba mencionados en ese mismo orden en que aparecen.

La nueva ley general de telecomunicaciones al ser un documento elaborado recientemente, es un documento que se ajusta a la realidad nacional e internacional en lo que a la gestión del espectro radioeléctrico se refiere, ya que en este nuevo documento se concientiza en que el radioespectro es un recurso de gran valor, pero que necesita ser aprovechado de la mejor manera por lo limitado que es, es por eso que en el artículo 8 de esta nueva ley se deja claro que el uso del espectro radioeléctrico debe ser optimizado de acuerdo con las necesidades y posibilidades de cada tecnología, garantizando al mismo tiempo una asignación justa y eficiente. Como parte de esa concientización en el uso del espectro radioeléctrico es que se hace una clasificación de las bandas de frecuencias del radioespectro costarricense, que permita un mayor orden en cuando a su asignación y así sacar el mejor provecho de las radiofrecuencias. Así, el espectro radioeléctrico tendrá la siguiente clasificación:

- Uso comercial: las bandas de radiofrecuencias que pertenecen a esta designación, son todas aquellas que serán utilizadas para la operación de redes públicas y

prestación de servicios de telecomunicaciones, a los cuales el público tendrá acceso a cambio de una remuneración económica.

- Uso no comercial: la parte del espectro radioeléctrico que recibe esta clasificación, son las frecuencias que serán utilizadas con fines científicos, experimentales, para servicios privados, radioaficionados o para redes de instituciones públicas.
- Uso oficial: las bandas dentro de esta clasificación no podrán ser usadas para fines de lucro, estas frecuencias del radioespectro son reservadas de manera exclusiva para las comunicaciones entre las instituciones del estado.
- Uso para seguridad, socorro y emergencia: como se nombre lo indica estas frecuencias son reservadas para servicios de ayuda y por ende a servicios de radionavegación, seguridad aeronáutica y marítima.
- Uso libre: estas radiofrecuencias estarán bajo los condicionamientos que se establezcan y no necesitarán de concesiones o autorizaciones para poder ser utilizadas.

5.5 Regulación del espectro radioeléctrico

Como se estudio en el capítulo 3 de este trabajo, es necesario contar con instituciones que se encarguen de velar por el uso adecuado del espectro radioeléctrico, para así obtener el mayor beneficio de este.

Hasta el día de hoy, la Oficina de Control Nacional de Radio ha sido la institución encargada a nivel nacional de velar por la adecuada distribución del espectro radioeléctrico, por el adecuado uso de este, así como también se ha encargado de la asignación de radiofrecuencias, siempre siguiendo las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, sin embargo cuando la nueva Ley General de Telecomunicaciones entre en vigencia esta situación cambiará, ya que como lo dicta esta ley será el Poder Ejecutivo quien se encargue entre otras cosas de dictar el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias tomando en cuenta las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, también el Poder Ejecutivo podrá modificar dicho plan a conveniencia, además se encargará de realizar las reasignaciones necesarias y rescatar aquellas frecuencias radioeléctricas cuando el concesionario no haya utilizado las frecuencias para el fin solicitado luego de un año de haber sido asignadas, este procedimiento se realizará de manera oportuna, objetiva y transparente, de acuerdo con lo establecido en la constitución política y en la Ley General de Telecomunicaciones. Pero el Poder ejecutivo no estará solo en estas labores, sino que contará con el apoyo del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, el cual participará en las labores mencionadas anteriormente.

5.5.1 Concesiones

Como parte de la apertura en el mercado de telecomunicaciones, se otorgarán concesiones para el uso y explotación de frecuencias radioeléctricas, para que empresas nacionales y extranjeras puedan ofrecer servicios de telecomunicaciones como telefonía móvil, internet inalámbrico, entre otros servicios. Las concesiones se otorgarán para un área de cobertura determinada de tal manera que se garantice un uso eficiente del espectro radioeléctrico costarricense.

Las concesiones serán otorgadas por el Poder Ejecutivo a través de un concurso público de conformidad con la Ley de contratación administrativa y su reglamento. Este procedimiento es de gran importancia pues determina la forma en que se repartirá el espectro radioeléctrico, aspecto que el Poder Ejecutivo debe considerar para las concesiones, además de los intereses económicos. Es importante mencionar que las concesiones no son otorgadas de manera permanente, si no que se otorgan por un máximo de quince años, lo cual podría provocar una constante redistribución del espectro radioeléctrico cada cierto tiempo, si los concesionarios dejan de operar las frecuencias antes adjudicadas.

5.6 Sutel

La Ley General de Telecomunicaciones, como uno de los puntos revolucionarios que presenta para la para la apertura del mercado de telecomunicaciones costarricense, contempla la creación de la Súper Intendencia de Telecomunicaciones (Sutel). Este organismo, estará adscrito a la Autoridad reguladora de los Servicios Públicos (Aresep) y

se encargará de regular a todos los operadores que hagan uso del espectro radioeléctrico y fijará las tarifas que estos deberán pagar por el uso de las radiofrecuencias. En un principio, la Sutel determinará los precios y tarifas que los diferentes proveedores de servicios de telecomunicaciones cobrarán a sus clientes, hasta que exista un ambiente seguro para una competitividad efectiva. En cuanto a este tema la Súper Intendencia Telecomunicaciones debe cumplir con:

- Impulsar la competencia en el mercado nacional de telecomunicaciones.
- Garantizar el acceso a las instalaciones esenciales en condiciones de igualdad.
- Evitar los abusos y las prácticas monopolísticas por parte de operadores o proveedores en el mercado nacional de telecomunicaciones.

La Súper Intendencia de Telecomunicaciones, también tendrá a su cargo funciones netamente técnicas, las cuales son:

- La comprobación de las emisiones radioeléctricas.
- Inspección del uso correcto las radiofrecuencias adjudicadas.
- Detección del uso ilegal del espectro radioeléctrico.
- Eliminación de interferencias perjudiciales.

Aun que como ya se dijo anteriormente, el encargado de dar las concesiones es el Poder Ejecutivo, este lo hará de acuerdo a las recomendaciones dadas por la Súper Intendencia de Telecomunicaciones, la cual realizará los estudios necesarios para determinar la necesidad y la factibilidad del otorgamiento de las concesiones, siempre tomando en cuenta la adecuada distribución del espectro radioeléctrico, es por esta razón que cualquiera que este interesado en la adjudicación de una parte del espectro radioeléctrico, debe de presentar su oferta ante la Sutel durante el período de concurso público para la concesión.

A la Sutel, también le corresponde asegurar que los operadores de las frecuencias del radioespectro cumplan con el principio de acceso universal, servicio universal y solidaridad que se presenta en la Ley General de Telecomunicaciones.

5.6.1 Acceso universal, servicio universal y solidaridad de telecomunicaciones

Como se menciona anteriormente, la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones en sus ideales promueve que se impulse el acceso a servicios de telecomunicaciones de calidad a todas las personas, sin hacer diferencias de estas, es por eso que en la nueva Ley General de Telecomunicaciones se establece el principio de acceso universal, servicio universal y solidaridad de telecomunicaciones, los principales objetivos de este principio son:

- Promover el acceso a servicios de telecomunicaciones de calidad a los habitantes de las zonas del país poco atractivas financieramente.

- Promover el acceso a servicios de telecomunicaciones de calidad a los habitantes de escasos recursos.
- Reducir la brecha digital a lo largo de todo el país.

Es claro que este tipo de principios involucra sacar el mejor provecho al radioespectro y estructurarlo de una manera eficiente, para así poder cubrir las áreas a las que se pretende llegar con el principio de acceso universal, servicio universal y solidaridad de telecomunicaciones, esto principalmente por que las zonas a las que se hace referencias en los puntos citados anteriormente, son áreas de difícil acceso tanto para la instalación de equipos de recepción, como para las ondas de radiofrecuencias, sin embargo como se menciono anteriormente, hay diferentes radiofrecuencias a las cuales se les facilita pasar a través de montaña, de ahí la importancia de saber asignar las diferentes bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico.

Los objetivos de acceso universal, servicio universal y solidaridad de telecomunicaciones se llevarán con los recursos de Fonatel.

5.7 Fonatel

El Fondo Nacional de Telecomunicaciones o Fonatel, se encargará de la administración de los recursos destinados a financiar el cumplimiento de los objetivos de acceso universal, servicio universal y solidaridad de telecomunicaciones, a su vez, Fonatel será administrado por la Súper Intendencia de Telecomunicaciones.

Los recursos de esta institución se obtendrán de:

- Donaciones de otras instituciones.
- Las multas que se le impongan a los operadores de frecuencias radioeléctricas.
- Los recursos provenientes por el otorgamiento de concesiones.
- Los recursos generados por la misma Fonatel.

Cabe destacar, que aquellos operadores de frecuencias radioeléctricas, que no cumplan con el pago por concesiones que forma parte de los recursos de la Fonatel se vera expuesto a multas y hasta una revocación de las frecuencias asignadas.

5.8 Canon de reserva del espectro radioeléctrico

Los operadores de frecuencias radioeléctricas, deberán de cancelar un canon de reserva del espectro radioeléctrico, ya sea que las estén utilizando o no, este canon se ajusta a la realidad nacional y será fijado por la Súper Intendencia de Telecomunicaciones, no obstante, este canon no será el mismo para todos los operadores de frecuencias radioeléctricas, si no que este se calcula tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- El tamaño del espectro radioeléctrico reservado.
- El tipo de reserva del espectro, si es exclusiva o no.
- La potencia de transmisión de los equipos utilizados.
- La utilidad dada a las radiofrecuencias.

- La cantidad de servicios brindados con el espectro radioeléctrico asignado.
- El Ancho de banda.

Los recursos obtenidos con el pago de este canon, por parte de los operadores de frecuencias radioeléctricas, serán destinados únicamente para mantener una adecuada planificación, control y administración del espectro radioeléctrico costarricense. Este canon será ajustado cada año por el Poder Ejecutivo, para así poder mantener una adecuada administración del radioespectro.

5.9 Ley de radio

La Ley de radio N° 1758, desde 1954 sea mantenido como la guía a seguir para la administración y control del espectro radioeléctrico en Costa Rica, con artículos que con el paso del tiempo llegaron a seguir considerados absurdos o ridículos, pues no se ajustaban a la realidad nacional y por ende, llevaron a una debilitación de la estructura administrativa del radioespectro. Con la nueva Ley General de Telecomunicaciones, la Ley de radio del 19 de junio de 1954, queda prácticamente reconstruida, debido a que 13 de sus 27 artículos son derogados y los restantes 14 artículos son reformados de tal manera que se debe leer estaciones radiodifusoras en lugar de estaciones inalámbricas, y como era de suponer por lo dicho anteriormente se debe leer Ministerio de Ambiente, Energía y telecomunicaciones, donde diga Ministerio de Gobernación o Departamento de Control Nacional de Radio.

5.10 Servicios de radiodifusión y televisión

Es cierto que con la nueva Ley General de Telecomunicaciones el espectro radioeléctrico deberá de sufrir cambios en su distribución, pero ciertas asignaciones que actualmente se mantienen, como las asignaciones de las emisoras de radio y televisión nacional se mantendrán, pero deberán ajustarse a las nuevas disposiciones que contempla la Ley General de Telecomunicaciones.

El otorgamiento de concesiones para el uso de frecuencias radioeléctricas, para servicios de radiodifusión y televisión seguirá rigiéndose por lo dispuesto por la Ley de Radio N° 1758 con sus respectivas reformas como las mencionadas anteriormente. Todas las redes que sirvan de soporte para la radiodifusión y televisión, según lo dispuesto por la nueva ley de telecomunicaciones, deben ajustarse a lo dispuesto por esta ley, en lo que a materia de planificación, administración y control del espectro radioeléctrico se refiere.

CAPITULO 6: Reorganización del espectro radioeléctrico en Costa Rica

En este capítulo, se expondrá el tema de la reorganización del espectro radioeléctrico, el cual es una de las prácticas que siguen los países a nivel internacional para poder sacar el mayor beneficio del radioespectro, al mismo tiempo que reacomoda el espectro para poder sacar frecuencias para nuevos servicios. El objetivo, es dar a conocer este método como una posible propuesta a seguir en la asignación de radiofrecuencias y servicios, para poder afrontar los cambios que traerá la nueva Ley General de Telecomunicaciones.

Como ya se ha mencionado, un cambio en el mercado de telecomunicaciones, como lo es la apertura para que otras empresas nacionales o extranjeras, ofrezcan servicios que harán uso del espectro radioeléctrico, sugiere un cambio en la organización del radioespectro, o dicho de otra manera una reorganización del espectro radioeléctrico.

La reorganización del espectro radioeléctrico, es definida por la UIT de la siguiente forma:

“La reorganización del espectro es un conjunto de medidas administrativas, financieras y técnicas para liberar, completa o parcialmente, las asignaciones de frecuencia existentes de usuarios o equipos en una determinada banda de frecuencias. Posteriormente la banda de frecuencias podrá atribuirse al mismo servicio o a servicios diferentes. Estas medidas pueden aplicarse a corto, medio o largo plazo”. [9]

Esta reorganización, debe elaborarse con anticipación y considerar una serie de aspectos importantes, para así poder garantizar una utilización eficaz del radioespectro, algunos de estos aspectos a considerar pueden parecer un poco obvios, pero son de gran utilidad, como el hecho de que a la hora de realizar una reorganización del espectro radioeléctrico, se necesita dejar espectro disponible para futuras nuevas aplicaciones radioeléctricas y por la creciente demanda de los servicios existentes, otro aspecto es la disponibilidad de las tecnologías de reducir el ancho de banda o pasar de un sistema analógico a digital y el hecho de que las bandas de aficionados y exentas de licencias deben ser tratadas de manera más cuidadosa a la hora de la reorganización, ya que al no disponer de un registro de usuarios de estas radiofrecuencias la reorganización puede resultar complicada.

Si en Costa Rica se realizará una reorganización del espectro radioeléctrico, se debe tomar conciencia en que se trata de un asunto de índole nacional, por lo que debe ir acompañada de una elaboración de directrices, que se ajusten a la situación contemporánea del país y sigan disposiciones vigentes de organismos internacionales como la Unión

Internacional de Telecomunicaciones y la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, con el objetivo de ajustarse a estándares internacionales que permitan la integración del país a una serie de interconexiones entre países y permitan un crecimiento tecnológico aun mayor.

Para poder realizar una adecuada reorganización del espectro radioeléctrico costarricense, en cuanto a la asignación de frecuencias y servicios, se puede seguir las siguientes propuestas:

- Fomentar la compartición de frecuencias radioeléctricas por parte de diferentes servicios de telecomunicaciones, para lo cual dichos servicios deben de tener equipos de transmisión similares.
- Aumentar el número de canales disponibles, a través de la reducción de la reducción de los anchos de banda de dichos canales, esto permitirá aumentar el tamaño del espectro radioeléctrico disponible para cubrir la demanda de nuevos servicios.
- Establecer una normativa que exija a los operadores de radiofrecuencias, la utilización de equipos y tecnologías, que permitan la modulación de señales de una manera más eficaz, para así reducir el espacio del espectro radioeléctrico necesario para cada servicio.

- Por último, hacer que la reutilización de frecuencias se realice a distancias más reducidas.

Estas propuestas pueden ayudar a una reorganización del espectro rápida y efectiva, sin embargo se debe tener conciencia, en que al igual que todo proceso hay dificultades y riesgos que se presentarán conforme se avance en el proceso de reorganización. La indisposición de usuarios del radioespectro a ser reubicados, es una de las limitantes de la reorganización que se pueden presentar y que pueden retardar la planificación que se ha planeado para la reorganización del radioespectro.

Los principales argumentos de los usuarios, en cuanto a la oposición de ser reubicados en el radioespectro, hacen alusión a los gastos que estos deberían de realizar, pues los equipos de transmisión deberían de ser reemplazados, además de otras incomodidades como cambiar de tecnologías de software y el tener que lidiar con frecuencias que no favorecen al servicio que brindan.

Como se ha dicho este es un proceso que debe de ser puesto en marcha con bastante antelación para evitar retrasos y para que los usuarios puedan planificar y llevar a cabo los cambios necesarios, ya que de lo contrario una propuesta o solución para la reorganización que se haya hecho, puede que quede obsoleta y haya que volver a plantear de nuevo un programa de trabajo y por ende un atraso en el proceso de reorganización de frecuencias y servicios, estos retrasos, según estudios y experiencias de otros países, pueden acarrear grandes pérdidas en la economía del país.

La reorganización puede llevarse a cabo por medio de varias vías, estas pueden ser:

6.1 Reorganización del espectro radioeléctrico voluntaria

En este tipo de reorganización del espectro, los usuarios de frecuencias radioeléctricas, deciden de manera voluntaria liberar las frecuencias que utilizan para brindar su servicio, de tal manera que el organismo encargado de la administración del espectro radioeléctrico pueda realizar la reorganización de servicios y frecuencias del espectro. Este tipo de situación, ocurre cuando los usuarios son consientes que los beneficios y ventajas que obtendrán con la reorganización del espectro son mayores, que las que gozan con la distribución presente del espectro radioeléctrico.

6.2 Reorganización del espectro por reglamentación

Esta es la forma más común de realizar una reorganización del espectro, en esta el organismo a cargo de la administración del espectro radioeléctrico pone fin a las licencias vigentes, o bien simplemente no renueva las licencias a los diferentes operadores del radioespectro. Así esta reorganización se puede dividir en las siguientes categorías:

- Reorganización del espectro tras expirar una licencia en vigor.
- Reorganización del espectro al final de la vida útil de los equipos.
- Reorganización del espectro en las bandas exentas de licencia.

6.2.1 Reorganización del espectro tras expirar una licencia en vigor

En este tipo de reorganización, el principal inconveniente que se presenta, es que su aplicación depende del periodo de validez de la licencia, lo cual puede contraponerse con la rapidez en que el órgano gestor de espectro desea realizar la reorganización. Si el período por el cual se otorgó una licencia, es muy largo y se desea realizar una reorganización lo más pronto posible, el gobierno o encargado, probablemente deberá pagar una compensación a los operadores de frecuencias por inversiones hechas, creyendo que continuarían operando la misma frecuencia.

6.2.2 Reorganización del espectro al final de la vida útil de los equipos

Esta reorganización, se anuncia con antelación par que los usuarios no inviertan en nuevos equipos de transmisión y así no tengan un gasto innecesario. Sin embargo, cuando la vida útil de los equipos es incompatible con el plazo para realizar la reorganización, el organismo encargado deberá llegar a un acuerdo con los usuarios del espectro radioeléctrico, para obtener la liberación del radioespectro, lo cual por supuesto puede llevar al pago de indemnizaciones a los operadores de las frecuencias del espectro.

En cuanto a la reorganización del espectro radioeléctrico en las bandas exentas de licencia, al no contarse con una lista de los usuarios de estas frecuencias, esta reorganización no es muy utilizada y casi imposible de llevar cabo, por lo cual solo se mencionará en este trabajo.

Las compensaciones que el estado debería de pagar a los usuarios de las radiofrecuencias, por los motivos antes mencionados, no saldrían totalmente del bolsillo de los costarricenses, se han planteado métodos que otros países han practicado y funcionando a la perfección, uno de estos métodos es aquel en el cual los nuevos usuarios paguen las compensaciones a los actuales usuarios del espectro radioeléctrico, lo cual trae como ventaja que el estado costarricense no tiene que pagar nada y si se es bien negociado, la liberación del radioespectro puede ser de forma rápida y oportuna, sin embargo también se pueden presentar inconvenientes como el hecho de que la suma a pagar por parte de los nuevos usuarios sea mayor al valor del mercado, lo cual puede retrasar el proceso de reorganización del espectro.

Como se dijo anteriormente, este método de la reorganización del espectro radioeléctrico, es solo una posible propuesta que Costa Rica puede seguir para realizar una nueva asignación de frecuencias y servicios, pero si se pudiera crear una conciencia en la necesidad de actuar desde ahora y no esperar a que se sature el espectro radioeléctrico costarricense, se podría obtener el mayor provecho posible de este.

CAPÍTULO 7: Conclusiones y recomendaciones

7.1 Análisis general

El espectro radioeléctrico es un recurso natural, que no siempre ha tenido la importancia y valoración que actualmente posee, su utilización y aprovechamiento fue en aumento conforme los servicios inalámbricos como televisión, radiodifusión, telefonía móvil, entre otros, fueron surgiendo y evolucionando a medida que su demanda aumentaba y por ende la demanda del espectro radioeléctrico. Este fuerte incremento en el uso del radioespectro, concientizó a los científicos desarrolladores de nuevas tecnologías para el uso del espectro radioeléctrico y a diferentes profesionales relacionados con el campo de las comunicaciones, a establecer protocolos y normas a seguir para realizar una utilización eficaz del radioespectro que lógicamente han ido cambiando con el pasar del tiempo por las nuevas tecnologías emergentes, para el establecimiento de estas normas y protocolos se han creado organismos internacionales como la UIT, que se encargan de realizar las modificaciones pertinentes y recomendaciones que ayuden a una estandarización en el uso del espectro radioeléctrico, esto con el objetivo de sacar el mayor provecho posible del

radioespectro de manera racional, ya que es un recurso finito, estas recomendaciones son tanto administrativas, como técnicas, las cuales se enfocan en la distribución del espectro radioeléctrico.

El establecimiento de organismos internacionales para la gestión del radioespectro, ha funcionado, pero se ha necesitado la creación de instituciones a nivel nacional para la regulación del espectro radioeléctrico, que se encarguen de la concesión de frecuencias, de la solución de problemas técnicos como interferencias y distribución del radioespectro, basándose en las recomendaciones de la UIT y CITELE. En Costa Rica, la institución encargada de velar por la gestión del espectro radioeléctrico, es la Oficina de Control Nacional de Radio, institución que ha sido descuidada y que no ha recibido el apoyo que se merece, por tan importantes funciones que realiza, lo cual demuestra que en Costa Rica, el radioespectro aun no ha recibido la valoración que se merece a pesar del incremento en la demanda de servicios que hacen uso del espectro radioeléctrico, un claro ejemplo es la telefonía móvil en los últimos años. La Oficina de Control Nacional de Radio, además de las limitaciones económicas y políticas, tiene que lidiar con reglamentos que regulan sus funciones, que a pesar de estar basados en recomendaciones de organismos internacionales, están desactualizados y no contemplan necesidades que se viven actualmente como en el aspecto económico. A pesar de todo, la Oficina de Control Nacional de Radio, en cuanto a la distribución del radioespectro costarricense, esta la ha realizado de manera que se pueda obtener su mejor aprovechamiento, siguiendo estipulaciones internacionales.

Aun que, actualmente el panorama se ha un poco complicado para el espectro radioeléctrico, con la llegada de la nueva Ley General de telecomunicaciones esto podría

mejorar, pues esta contempla la creación de nuevas instituciones encargadas del radioespectro, las cuales contarían con un mayor apoyo económico y político para velar por un adecuado uso del espectro radioeléctrico, además se debe tomar en cuenta que esta es la primera ley de telecomunicaciones en Costa Rica, que en otros países desde hace mucho tiempo ya sea concebido. Sin embargo, las televisoras y radiodifusoras seguirán bajo el reglamento de la Ley 1758, lo cual es inaceptable, ya que estas no pagarán lo que realmente deben pagar por el uso de un recurso tan valioso como el radioespectro.

Finalmente, la mejor solución para la modificación de la distribución del espectro radioeléctrico en Costa Rica, tomando en cuenta la entrada de la nueva Ley General de Telecomunicaciones, es llevar a cabo una reorganización del espectro radioeléctrico, para así distribuir los servicios de tal manera que se de el mejor aprovechamiento del radioespectro, aunque para Costa Rica la aplicación de este método ya sería muy tarde, ya que una reorganización lleva años, debido a la espera que se debe tener por la conclusión de licencias de frecuencias concedidas y la oposición de usuarios del radioespectro que siempre los hay.

7.2 Conclusiones

- El espectro radioeléctrico es un recurso natural, finito y de gran importancia a nivel nacional e internacional, por los servicios que se transmiten a través de él.

- Sin organismos internacionales que se encarguen de realizar una estandarización del espectro radioeléctrico, la difusión de tecnologías e información necesaria para obtener el máximo provecho al radioespectro no sería posible.
- Las recomendaciones y convenios de organismos internacionales como la UIT y la CITEL, son de gran utilidad para países en desarrollo, para llevar a cabo una eficaz gestión del espectro radioeléctrico.
- La administración del espectro radioeléctrico en Costa Rica, durante mucho tiempo se ha descuidado y no se le ha dado la importancia que este recurso se merece.
- La apertura del mercado de telecomunicaciones, ha despertado el interés del gobierno costarricense por desarrollar una gestión eficaz y responsable del espectro radioeléctrico.
- La Ley General de Telecomunicaciones es el documento, que instituciones y operarios del espectro radioeléctrico, han estado esperando y pidiendo, para una regulación del radioespectro que se ajuste a la actualidad del país.
- Una reorganización del espectro radioeléctrico, en cuanto a su asignación de frecuencias y servicios, es una medida que ayudaría afrontar los retos que trae consigo la apertura del mercado nacional de telecomunicaciones, además de que permite optimizar su uso y cubrir la creciente demanda de servicios.

7.3 Recomendaciones

- Dar continuidad a las recomendaciones de organismos internacionales y desarrollar nuevos convenios con estos, que se ajusten a las posibilidades tecnológicas de Costa Rica.
- Asegurar que la Ley General de Telecomunicaciones, se cumpla a cabalidad cuando entre en vigencia, ya que esta presenta una reglamentación que pretende utilizar el radioespectro de manera eficaz. Además que presenta organismos fuertes y con autoridad, que asumirían con responsabilidad y decisión la administración del radioespectro.
- Llevar a cabo una reorganización del espectro radioeléctrico, que permita una buena planificación en la administración del espectro y no esperar a que el radioespectro esté prácticamente saturado, lo cual dificultaría una reorganización de este.
- Cobrar a los dueños de las radioemisoras y televisoras, un precio justo por el uso del espectro radioeléctrico.
- La administración del radioespectro debería de estar en manos de la Sutel, como organismo técnico y no en manos del Poder Ejecutivo, ya que es un ente político.

BIBLIOGRAFÍA

1. Vizcaíno, I. “El estado descuido su tarea”, **La Nación**, Costa Rica, 2004.
2. Vizcaíno, I. “Aprobación definitiva para abrir telecomunicaciones”, **La Nación**, Costa Rica, 2008.
3. Marín Naranjo, L. “Experimento: Curva $V(\lambda)$ ”, Curso Radiometría y Fotometría, Costa Rica, 2007.
4. Unión Internacional de telecomunicaciones, “RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1047-1: Gestión nacional del espectro”, 2001.
5. Unión Internacional de telecomunicaciones, “RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1604: Directrices para un sistema perfeccionado de gestión del espectro destinado a los países en desarrollo”, 2003.

6. Unión Internacional de telecomunicaciones, “RECOMENDACIÓN UIT-R V.431-7: Nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda empleadas en telecomunicaciones”, 2000
7. Unión Internacional de telecomunicaciones, “RECOMENDACIÓN UIT-R V.573-4: Vocabulario de radiocomunicaciones”, 2000.
8. Unión Internacional de telecomunicaciones, “RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1271: Utilización eficaz del espectro empleando métodos probabilísticos”, 1997.
9. Unión Internacional de telecomunicaciones, “RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1603: Reorganización del espectro como método de gestión nacional del espectro”, 2003.
10. Unión Internacional de telecomunicaciones, “RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1265-1: Métodos nacionales de atribución alternativos”, 2001.
11. Unión Internacional de telecomunicaciones, “RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1536: Medición de la ocupación de canales de frecuencias”, 2001.
12. El Presidente de la república y el ministerio de gobernación y policía, “Reglamento de Radiocomunicaciones”, Costa Rica, 2004.
13. El Presidente de la república, “Ley de Radio N° 1758”, Costa Rica, 1954.
14. Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, “Ley General de Telecomunicaciones”, Costa Rica, 2008.

15. Morris Gray, K. “Condición de la Sutel se definirá sobre la marcha”, **La Prensa Libre**, Costa Rica, 2008.
16. Morris Gray, K. “Gobierno transformará instituciones para regular telecomunicaciones”, **La Prensa Libre**, Costa Rica, 2006.
17. Miranda Nieto, G. **“Manual de Administración del Espectro Radioeléctrico”**, Costa Rica, 2001.
18. Resnick, R. Halliday, D. Krane, K. **“Física Volumen 1”**, Segunda edición, CECSA, México, 2004.
19. Resnick, R. Halliday, D. Krane, K. **“Física Volumen 2”**, Segunda edición, CECSA, México, 2004.
20. Simon Ramo, J. **“Campos y Ondas”**, Ediciones Pirámide S.A, España.
21. Agencia Federal de Aviación Civil de los Estados Unidos de América. **“Antenas y Diagramas de radiación”**, Segunda edición, Editorial Cultura, México, 1965.
22. **“Imágenes ilustrativas”**, www.images.google.co.cr.
23. Departamento de Control Nacional de Radio, www.controlderadio.go.cr
24. Unión Internacional de Telecomunicaciones, www.itu.int
25. Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, www.citel.oas.org
26. Departamento de Control Nacional de Radio, “Sinóptico de la atribución de bandas de frecuencias”, Costa Rica, 2008.

ANEXOS

Ley de Radio N° 1758

Gaceta 142 del 26-6-1954

N° 1758

LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPUBLICA DE COSTA RICA
DECRETA:

ARTICULO 1°.- Los servicios inalámbricos no podrán salir definitivamente del dominio del Estado y solamente podrán ser explotados por la Administración Pública o por los particulares, de acuerdo con la presente ley, salvo los casos de concesiones especiales.

ARTICULO 2°.- No puede ser objeto de concesión, el derecho que el Estado se reserva a perpetuidad de establecer estaciones radiográficas en el territorio nacional para usos militares y para la transmisión y recepción de mensajes oficiales.

ARTICULO 3°.- El establecimiento, manejo y explotación de empresas de servicios inalámbricos, que hagan negocio con sus transmisiones, sólo podrán permitirse a ciudadanos costarricenses, o compañías cuyo capital en no menos de un 65% (sesenta y cinco por ciento) pertenezca a costarricenses. El establecimiento y funcionamiento de estaciones de radioaficionados no estará sometido a la indicada restricción, pero no se concederá derecho al extranjero con residencia en Costa Rica, en cuyo país de origen no se conceda el mismo a ciudadanos costarricenses. El Estado ejercerá la vigilancia y control de todas las instalaciones de servicios inalámbricos.

ARTICULO 4°.- Por sus servicios las estaciones inalámbricas se clasifican así:

- a) Oficiales
- b) Comerciales para servicio local e internacional de onda corta y larga;
- c) De radioaficionados o estaciones experimentales, fijas y móviles;
- ch) Marítimas de radionavegación y radiogoniometría, fijas y móviles;
- d) Aeronáuticas para radionavegación y radiogoniometría, fijas y móviles;
- e) Meteorológicas;
- f) Estaciones al servicio de industrias, agricultura o comercio entre particulares; y
- g) Radiodifusoras de televisión, las cuales operarán de acuerdo con el Reglamento que oportunamente emitirá el Ministerio de Gobernación según los patrones técnicos y normas sobre distribución de frecuencias establecidos en los países en donde se haya desarrollado esta rama de las radiocomunicaciones.

ARTICULO 5°.- Se organizará un Departamento de Control Nacional de Radio para el efectivo cumplimiento de esta ley. Sus atribuciones, además de las que le confiera el Reglamento, serán las siguientes:

- a) Abrir y mantener índices de registro para las estaciones radiodifusoras de aficionados y experimentales, de empresas privadas de radiocomunicaciones, inalámbricas, de servicio público, empresas aeronáuticas y marítimas, nacionales o particulares, anotando sus características principales, tales como fecha de autorización de la licencia o concesión, letras distintivas de llamada, nombre del propietario responsable, frecuencia de operación, potencia, naturaleza del servicio, horade trabajo, ubicación de la planta y estudios y vencimientos de los derechos de registro o de inscripción;
- b) Recibir, estudiar e informar sobre las solicitudes de licencia para el establecimiento de estaciones radiotransmisoras, de acuerdo con la clasificación de servicios establecida en esta ley;
- c) Apersonarse en las estaciones radiotransmisoras cuyo funcionamiento sea autorizado para comprobar que se ajustan a los requisitos técnicos señalados en la licencia respectiva, antes de empezar su funcionamiento regular, e inspeccionar periódicamente las instalaciones para constatar que no se han variado las características de la licencia;
- ch) Informarse, por medio de sus auxiliares, acerca del funcionamiento técnico incorrecto y de las infracciones que se cometan, dando aviso por escrito al propietario de la radiotransmisora responsable de las mismas, a fin de que las corrija en un plazo de cuarenta y ocho horas y denunciar el hecho ante la autoridad correspondiente en caso de no ser acatada tal orden;
- d) Mantener un archivo para la debida atención de todos los asuntos relacionados con la Oficina de la unión Internacional de Telecomunicaciones de Ginebra, de la cual Costa Rica es miembro; y
- e) Informar al Ministerio de Gobernación para que éste proceda a cancelar la licencia o suspender el funcionamiento de una radioestación por razones técnicas o de cualquier otra índole prevista en esta ley.

ARTICULO 6°.- Corresponde al Poder Ejecutivo, por medio del Ministerio de Gobernación y previa consulta al Departamento de Control Nacional de Radio, el otorgamiento y la cancelación de licencias para operar estaciones radiodifusoras, de radioaficionados, marítimas, aeronáuticas, meteorológicas, particulares al servicio del comercio, agricultura e industrias y de radiotelevisión. Los traspasos de licencias otorgadas los debe aprobar también el Poder Ejecutivo en la misma forma.

ARTICULO 7°.- Para operar una estación inalámbrica debe obtenerse la licencia del caso, previo pago del impuesto que por esta ley se establece y haber llenado los requisitos que el Reglamento respectivo imponga.

Todo nuevo concesionario gozará de seis meses de término, a partir de la fecha de su concesión, para poner en operación su radioemisora, con seis meses más de prórroga cuando pueda comprobar que ha hecho inversiones considerables a juicio del Departamento de Control Nacional de Radio que justifiquen esa prórroga. Pasado este último plazo será cancelada la licencia.

ARTICULO 8º.- Los propietarios de estaciones inalámbricas serán solidariamente responsables, en cuanto a la reparación civil del daño causado, con las personas que hablen o trasmitan a través de sus emisoras contraviniendo esta ley o cualesquiera otra disposiciones de carácter penal, si se ha demostrado su complicidad o connivencia en el hecho. Tal responsabilidad será subsidiaria en el caso de que el hecho punible se hubiera cometido por imprevisión, negligencia o culpa del propietario de la estación. Si no hubiera dolo ni culpa del propietario de la estación no habrá para éste responsabilidad alguna.

ARTICULO 9º.- Para el uso de frecuencias y reglamentación de servicios de radiocomunicaciones, el Departamento de Control Nacional de Radio acatará lo dispuesto y recomendado en el Reglamento de Radiocomunicaciones de Atlantic City, 1947 y los Acuerdo Interamericanos sobre Radiocomunicaciones firmados en Washington en marzo de 1949, ratificados por la Asamblea Legislativa (Decreto N° 1202 de 30 de setiembre de 1950 y Decreto N° 1336 de 3 de agosto de 1951). El Ministerio de Gobernación, de acuerdo con el Departamento de Control Nacional de Radio, elaborará un Reglamento que ofrezca las mayores facilidades técnicas en el ramo de televisión, ciñéndose a los acuerdos internacionales suscritos por Costa Rica, como contribución al desarrollo de esa ciencia.

ARTICULO 10.- Es servicio de radiodifusión el que, mediante emisiones sonoras o visuales -televisión- transmite directamente al público programas culturales educativos, artísticos, informativos o de entretenimiento que respondan al interés general.

ARTÍCULO 11.- Los programas de las trasmisoras deben contribuir a elevar el nivel cultural de la Nación. Las radioemisoras comerciales estarán obligadas a ceder gratuitamente al Ministerio de Educación Pública un espacio mínimo de media hora por semana para fines de divulgación científica o cultural. Cada estación indicará al Ministerio citado el espacio que pueda cederle dentro de sus horarios de trabajo.

Queda prohibida la radiodifusión de anuncios comerciales grabados en el extranjero. Reformado por la Ley No.5514 del 12 de abril de 1974.

ARTÍCULO 12.- Toda radioemisora deberá funcionar libre de espurias y armónicas y ajustada su frecuencia de tal manera que no interfiera a otras estaciones. El Departamento de Control Nacional de Radio no podrá autorizar el funcionamiento de ninguna planta cuya

instalación no se ajuste a todos los requerimientos técnicos o que esté ubicada en terreno y lugar no apropiados para conseguir tales fines.

ARTÍCULO 13.- Las estaciones de radioaficionados o experimentales no efectuarán servicios de radiodifusión y no podrán invadir las frecuencias que correspondan a otros servicios de radiocomunicación. No obstante, en casos de emergencia están obligados a aceptar y contestar toda clase de llamadas y mensajes, especialmente si hay vidas en peligro y a tomar todas las medidas de colaboración que se hagan necesarias.

ARTICULO 14.- Las estaciones meteorológicas transmitirán y recibirán mensajes de conformidad con ese servicio:

- a) Sobre informes meteorológicos corrientes que se hagan abordo o en tierra y que se basen en las observaciones sinópticas y suplementarias de la superficie, las observaciones de las capas superiores de la atmósfera, sondeos de los niveles superiores y mensajes meteorológicos de los aviones; y
- b) Los pronósticos de las condiciones meteorológicas para beneficio de la aviación, la navegación marítima y demás actividades.

ARTÍCULO 15.- La radiofonía al servicio de industrias, agricultura y comercio se hará únicamente entre estaciones dedicadas a esas actividades dentro del territorio nacional.

No podrá efectuar servicios de otra índole, ni hacer comunicaciones internacionales, ni invadir las frecuencias que correspondan a otros servicios de radiocomunicaciones y solamente en casos de emergencia puede comunicarse con estaciones de radioaficionados.

ARTÍCULO 16.- Las radiodifusoras comerciales, salvo casos de emergencia, no deberán transmitir mensajes de carácter particular u oficial, locales o internacionales. Las estaciones dedicadas al servicio de radiocomunicaciones a su vez no deberán radiodifundir programas comerciales.

ARTICULO 17.- Es absolutamente prohibido:

- a) La transmisión y recepción de correspondencia privada, salvo expresa autorización del autor o la divulgación del contenido o de la existencia de dicha correspondencia, en casos de llegarse a interceptar;
- b) La transmisión o circulación de noticias falsas, señales o llamadas de alarma sin fundamento;
- c) La retrasmisión de programas de radiodifusión provenientes de otras estaciones sin el consentimiento expreso de los interesados;
- d) El uso de lenguaje vulgar o contrario a las buenas costumbres;
- e) Usar lenguaje injurioso que perjudique el honor e intereses personales;
- f) Hacer funcionar una estación sin autorización legal;
- g) Traspasar o enajenar el derecho a una frecuencia sin la previa autorización del Departamento de Control Nacional de Radio;
- h) Cambiar el sitio de instalación de la estación transmisora, salvo las inscritas como móviles, sin previa autorización del Departamento de Control Nacional de Radio;
- i) Proporcionar informes al enemigo en caso de guerra;
- j) Transmitir mensajes internacionales de carácter comercial cuando se trate de estaciones de radioaficionados;
- k) Obstaculizar por medio de osciladores o cualquier otro dispositivo, la transmisión o comunicación radio telegráfica o telefonía de otras estaciones;
- l) No dar las letras de llamada en el tiempo y cuando deba hacerse, conforme lo ordene el Reglamento; y
- m) No acatar las disposiciones que emita el Departamento de Control Nacional de Radio, para la instalación y reparación de las estaciones inalámbricas.

ARTÍCULO 18.- A partir de la vigencia de la presente ley deberá pagarse un impuesto anual de radiodifusión en la siguiente forma:

- a) Las radiodifusoras de onda larga pagarán ajustándose a la siguiente tarifa proporcional a su potencia:

Hasta 1000 watts, mil colones (¢1.000.00)

De 1001 a 2500 watts, mil quinientos colones (¢1.500.00)

De 2501 a 5000 watts, dos mil colones (¢2.000.00)

De 5001 a 10.000 watts, dos mil quinientos colones (¢2.500.00)

De 10.001 watts en adelante, tres mil colones (¢3.000.00)

- b) Las estaciones radiodifusoras de onda corta para servicio internacional pagarán por año mil quinientos colones (¢1.500.00); y

- c) Las estaciones de fonía privadas dedicadas a actividades agrícolas o industriales pagarán cien colones (¢100.00) al año y las otras que sirvan a actividades comerciales pagarán quinientos colones (¢500.00).

ARTICULO 19.- Las estaciones de radioaficionados, cuando sirvan como estaciones meteorológicas, no pagarán ningún impuesto y en los demás casos pagarán veinticinco colones (¢25.00) anuales.

ARTÍCULO 20.- Las radiodifusoras que tengan por fin exclusivamente la difusión cultural y las estaciones inalámbricas al servicio meteorológico y de navegación aérea o marítima estarán exentas de todo impuesto, siempre y cuando no se dediquen a realizar propaganda comercial no de otra clase que sea remunerada.

ARTICULO 21.- El pago de los impuestos sobre licencias que la presente ley establece, será destinado a la organización del Departamento de Control Nacional de Radio y a la ampliación de los servicios de Radios Nacionales, todo ello de conformidad con lo dispuesto en el artículo 51 de la Ley de Administración Financiera de la República N°1279 de 2 de marzo de 1951.

ARTICULO 22.- El pago de los impuestos señalados por esta ley deberá hacerse por trimestres adelantados y tal obligación implicará preferencia a cualesquiera otros gravámenes sobre las estaciones radiodifusoras afectadas.

ARTICULO 23.- Cuando el hecho no constituya delito que merezca pena mayor conforme al Código Penal, la violación de cualquiera de las prohibiciones contenidas en el artículo 16 será sancionada en la forma siguiente; por la primera infracción, con apercibimiento que hará el Departamento de Control Nacional de Radio; por la segunda infracción con multa de cien a mil colones, de acuerdo con la gravedad de la misma y con destino dicha multa a los fondos escolares del distrito respectivo. En caso de violación de la prohibición contenida en el inciso h) se impondrá de una vez la pena de multa. En los casos de reincidencia la licencia se cancelará por quince días en la primera oportunidad, por un mes en la segunda y hasta por seis meses en cada una de las sucesivas infracciones. Para efectos de tenerla como reincidencia, la falta debe cometerse dentro de un plazo no mayor de un año, después de la primera infracción.

ARTICULO 24.- Serán competentes los Alcaldes de lo Penal para conocer y juzgar la violación de las prohibiciones contenidas en el artículo 17, y de sus sentencias conocerá en apelación el Juez Penal respectivo, todo conforme al Código de Procedimientos Penales.

ARTÍCULO 25.- Las licencias se entenderán concedidas por tiempo limitado, pero se prorrogarán automáticamente mediante el pago de los derechos correspondientes, siempre y cuando se ajuste el funcionamiento e instalación de las estaciones a los términos de esta ley.

ARTÍCULO 26.- El Poder Ejecutivo reglamentará la presente ley.

ARTICULO 27.- Queda derogada la Ley N° 39 de 17 de julio de 1920. Esta ley rige desde su publicación.

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1047-1

Rec. UIT-R SM.1047-1 1 RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1047-1 **Gestión nacional del espectro** (Cuestión UIT-R 68/1)

(1994-2001)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,
considerando

- a) que la gestión eficaz del espectro es fundamental para conseguir el máximo de beneficios del recurso del espectro;
- b) que, debido a las crecientes demandas de espectro de radiofrecuencias, existe una necesidad de mejorar la gestión del espectro;
- c) que se necesita material para ayudar a los gestores del espectro en el desarrollo y la aplicación de sistemas nacionales eficaces de gestión del espectro;
- d) que el UIT-R ya ha elaborado y publicado Manuales sobre gestión nacional del espectro, sobre comprobación técnica del espectro y sobre técnicas informáticas para la gestión del espectro, así como un Diccionario de Datos de Radiocomunicaciones (véase la Recomendación UIT-R SM.1413) para ayudar a establecer unas prácticas eficaces de la gestión del espectro,

observando que los aspectos económicos se tratan adecuadamente como parte integrante del proceso global de gestión del espectro, de conformidad con las directrices generales que aparecen en el Informe UIT-R SM.2012,

recomienda

1 que en el desarrollo de programas nacionales de gestión del espectro se consideren los siguientes temas:

- principios fundamentales de la gestión del espectro,
- planificación del espectro,
- prácticas de ingeniería del espectro,
- autorización de frecuencias,
- utilización del espectro (incluida la eficacia de la utilización del espectro),
- control del espectro (inspección y control),
- automatización de la gestión del espectro,

☐ economía del espectro;

2 el uso de formatos para la inscripción de las asignaciones de frecuencia nacionales, que sean compatibles con los que emplea la Oficina de Radiocomunicaciones para la notificación electrónica de las asignaciones de frecuencias;

3 que al considerar los temas especificados en el *recomienda* 1, las administraciones se guíen por los puntos correspondientes de los Manuales del UIT-R publicados;

4 que al considerar el tema especificado en el *recomienda* 2, las administraciones se guíen por los puntos correspondientes del Diccionario de Datos de Radiocomunicaciones, al que se hace referencia en el *considerando* d).

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1536

Rec. UIT-R SM.1536 1

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1536

Medición de la ocupación de canales de frecuencias

(2001)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,
considerando

- a) que algunas administraciones asignan la misma frecuencia a varios abonados para uso compartido;
- b) que es deseable comparar los resultados de las mediciones de varios países en las zonas fronterizas, o por ejemplo en bandas de los servicios móviles aeronáuticos o marítimos;
- c) que la gestión del espectro puede hacerse de una manera satisfactoria sólo si el servicio de comprobación técnica suministra a los planificadores del espectro radioeléctrico la información de alta calidad adecuada sobre la utilización real del mismo;
- d) que la información obtenida a partir de las bases de datos de frecuencias asignadas no muestra el grado de utilización de cada canal de frecuencias;
- e) que los resultados de la medición de la ocupación de canales de frecuencias suministrarían informaciones importantes sobre:
 - ☐ asignación y adjudicación de frecuencias;
 - ☐ verificación de quejas relativas al bloqueo de canales;
 - ☐ determinación del grado de eficiencia de la utilización del espectro;
- f) que los procedimientos y técnicas de medición deben armonizarse para facilitar el intercambio de resultados de las mediciones entre los diferentes países;
- g) que varios sistemas de comunicaciones nuevos, que requieren técnicas de medición avanzadas, están siendo y serán puestos en marcha en el futuro cercano,

reconociendo

que en los diferentes países se usan varios principios y métodos de medición de la ocupación de canales de frecuencias,

recomienda

- 1** que se utilicen las técnicas y procedimientos de medición descritos en el Anexo 1;

2 que se repitan, a intervalos regulares de tiempo, las mediciones de ocupación de canales de frecuencia para poder extraer de ellas algunas tendencias históricas.

NOTA 1 – En el manual de comprobación técnica del espectro radioeléctrico puede encontrarse información más pertinente sobre la medición de la ocupación de canales de frecuencias.

NOTA 2 – Al evaluar la necesidad de una asignación específica, o la eficacia de la utilización del espectro (por ejemplo, comunicaciones de emergencia), la medición de la ocupación de canal puede no ser el mecanismo apropiado para algunos operadores

RECOMENDACIÓN UIT-R V.431-7

Rec. UIT-R V.431-7 1

RECOMENDACIÓN UIT-R V.431-7*

NOMENCLATURA DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS Y DE LAS LONGITUDES DE ONDA EMPLEADAS EN TELECOMUNICACIONES

(2000)

Cometido

Este texto recomienda el empleo del hertzio (Hz) como unidad de frecuencia, así como la nomenclatura que debería utilizarse para la designación de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda. Este texto contiene igualmente amplia información sobre la nomenclatura utilizada para aplicaciones específicas.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que los méritos de Heinrich Hertz (1857-1897) en el campo de la investigación de los fenómenos fundamentales de las ondas radioeléctricas se han reconocido universalmente, como se ha podido comprobar con motivo del centenario de su nacimiento y que la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) adoptó ya el hertzio (símbolo: Hz) en 1937 para designar la unidad de frecuencia (véase especialmente la Publicación 27);

b) que la nomenclatura de esta Recomendación debe ser lo más sinóptica posible y la designación de las bandas de frecuencias lo más concisa posible,

recomienda

1 que en las Publicaciones de la UIT, para denominar la unidad de frecuencia se utilice el hertzio (Hz) de conformidad con la Recomendación UIT-R V.430 sobre la utilización del sistema internacional de unidades (SI);

2 que las administraciones utilicen siempre la nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda incluidas en el Cuadro 1 y sus Notas 1 y 2, que tienen en cuenta el número 2.1 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) salvo cuando ello pueda dar lugar inevitablemente a dificultades muy importantes.

CUADRO 1

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
3	ULF	300-3 000 Hz	Ondas hectokilométricas	B.hkm
4	VLF	3-30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30-300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300-3 000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3-30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30-300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300-3 000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3-30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30-300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300-3 000 GHz	Ondas decimilimétricas	B.dmm
13		3-30 THz	Ondas centimilimétricas	B.cmm
14		30-300 THz	Ondas micrométricas	B.µm
15		300-3 000 THz	Ondas decimicrométricas	B.dµm

NOTA 1 – La «banda N» se extiende de $0,3 \times 10^N$ a 3×10^N Hz.

NOTA 2 – Símbolos: Hz: hertzio

k: kilo (10^3), M: mega (10^6), G: giga (10^9), T: tera (10^{12})

µ: micro (10^{-6}), m: mili (10^{-3}), c: centi (10^{-2}), d: deci (10^{-1})

da: deca (10), h: hecto (10^2), Ma: miria (10^4).

NOTA 3 – Esta nomenclatura, utilizada para la designación de frecuencias en el campo de las telecomunicaciones, puede ser ampliada a las gamas que se citan a continuación, de conformidad con la proposición de la Unión Radiocientífica Internacional (URSI) (véase el Cuadro 2).

CUADRO 2

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
-1	ELF	0,03-0,3 Hz	Ondas gigamétricas	B.Gm
0		0,3-3 Hz	Ondas hectomegamétricas	B.hMm
1		3-30 Hz	Ondas décamegamétricas	B.daMm
2		30-300 Hz	Ondas megamétricas	B.Mm

NOTA 4 – En la mayoría de los países las gamas de frecuencias utilizadas para la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia y para la televisión se designan mediante números romanos, de I a V. Sin embargo, estas gamas no se reservan únicamente para el servicio de radiodifusión. Las gamas de frecuencias se indican en el Cuadro 3.

CUADRO 3

Designación	Gamas de frecuencias (MHz)		
	Región 1	Región 2	Región 3
I	47-68	54-68	47-68
II	87,5-108	88-108	87-108
III	174-230	174-216	174-230
IV	470-582	470-582	470-582
V	582-960	582-890	582-960

NOTA 5 – Ciertas bandas de frecuencias se designan a veces mediante símbolos literales distintos de los símbolos y abreviaturas recomendados en los Cuadros 1 y 2. Estos símbolos son letras mayúsculas, acompañadas a veces de un índice (generalmente una letra minúscula). No existe actualmente una correspondencia normalizada entre las letras y las bandas de frecuencias, pues la misma letra puede designar varias bandas distintas. Se desaconseja utilizar estos símbolos en las publicaciones de la UIT. Sin embargo, si se usa ese símbolo literal, conviene precisar, la primera vez que se emplee en un texto dado, los límites de la banda de frecuencias correspondiente, o al menos una frecuencia de la banda, si bastara con esta indicación. En el Cuadro 4 se incluyen, a título informativo, las

designaciones más corrientes utilizadas por algunos autores, principalmente en el campo del radar y de las radiocomunicaciones espaciales.

CUADRO 4

Símbolo literal	Utilización en el campo del radar (GHz)		Radiocomunicaciones espaciales	
	Gama del espectro	Ejemplos	Designación nominal	Ejemplos (GHz)
L	1-2	1,215-1,4	Banda de 1,5 GHz	1,525-1,710
S	2-4	2,3-2,5 2,7-3,4	Banda de 2,5 GHz	2,5-2,690
C	4-8	5,25-5,85	Banda de 4/6 GHz	3,4-4,2 4,5-4,8 5,85-7,075
X	8-12	8,5-10,5	–	–
Ku	12-18	13,4-14,0 15,3-17,3	Banda de 11/14 GHz Banda de 12/14 GHz	10,7-13,25 14,0-14,5
K ⁽¹⁾	18-27	24,05-24,25	Banda de 20 GHz	17,7-20,2
Ka ⁽¹⁾	27-40	33,4-36,0	Banda de 30 GHz	27,5-30,0
V	–	–	Banda de 40 GHz	37,5-42,5 47,2-50,2

⁽¹⁾ En las radiocomunicaciones espaciales, las bandas K y Ka se designan frecuentemente por el símbolo K_a.

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1265-1

Rec. UIT-R SM.1265-1 1 RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1265-1 Métodos nacionales de atribución alternativos (Cuestión UIT-R 208/1)

(1997-2001)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,
considerando

a) que en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) se definen más de 40 servicios radioeléctricos diferentes;

- b) que los servicios definidos en acepción estricta pueden restringir la flexibilidad y limitar la utilización del espectro;
- c) que gracias a las nuevas tecnologías suele ser posible proporcionar varios servicios de radiocomunicaciones plenamente compatibles en base a una sola plataforma tecnológica;
- d) que cualquier cambio en la actual estructura de atribución de frecuencias debe quedar probado y demostrado plenamente antes de llegar a gozar de aceptación mundial;
- e) que dichas pruebas no son siempre posibles, de conformidad con el Artículo 5 del RR,

reconociendo

que el número 4.4 del Artículo 4 del RR establece que:

«4.4 Las administraciones de los Estados Miembros no asignarán a una estación frecuencia alguna que no se ajuste al Cuadro de atribución de bandas de frecuencias incluido en este Capítulo o a las demás disposiciones del presente Reglamento, excepto en el caso de que tal estación, al utilizar dicha asignación de frecuencia, no produzca interferencia perjudicial a una estación que funcione de acuerdo con las disposiciones de la Constitución, del Convenio y del presente Reglamento ni reclame protección contra la interferencia perjudicial causada por dicha estación.»

recomienda

- 1 que las administraciones consideren la posibilidad de realizar aplicaciones de prueba teóricas y prácticas de los métodos de atribución alternativos citados en las conclusiones del Anexo 1;
- 2 que las administraciones deben emprender en todo momento dichas pruebas prácticas con arreglo a las disposiciones del RR, incluida, en su caso, la aplicación del número 4.4 del RR;
- 3 que las administraciones proporcionen a la Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones la información oportuna sobre su experiencia en la aplicación de las disposiciones de esta Recomendación.

RECOMENDACIÓN UIT-R V.573-4

Rec. UIT-R V.573-4 1 **RECOMENDACIÓN UIT-R V.573-4*** **Vocabulario de radiocomunicaciones**

(2000)

Cometido

Esta Recomendación contiene el vocabulario de radiocomunicaciones principal de referencia y ofrece términos análogos en 3 idiomas así como las definiciones asociadas. Incluye términos que figuran en el Artículo 1 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) y se completa con la lista de términos técnicos definidos en los textos del UIT-R.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT, considerando

- a) que el Artículo 1 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) contiene la definición de términos a fines reglamentarios;
- b) que las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones deben establecer definiciones nuevas y modificadas de términos técnicos que no aparecen en el Artículo 1 del RR o que están definidos de manera inadecuada para los fines de las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones;
- c) que es conveniente que algunos de estos términos y definiciones establecidos por las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones sean objeto de una utilización más amplia en el seno del UIT-R,

Recomienda

que se utilicen en la mayor medida posible los términos que figuran en el Artículo 1 del RR y en el Anexo 1 que figura a continuación con el significado indicado en las correspondientes definiciones.

NOTA 1 – Las Comisiones de Estudio que tropiecen con dificultades para utilizar cualquiera de los términos con el significado indicado en la correspondiente definición, presentarán al Comité de Coordinación para el Vocabulario (CCV) una propuesta razonada de revisión o de modificación del término en cuestión.

NOTA 2 – Algunos términos de la presente Recomendación figuran también en el Artículo 1 del RR con una definición diferente. Estos términos llevan la indicación (RR. . ., MOD) o (RR. . .(MOD)) cuando se trata únicamente de modificaciones redaccionales. Las modificaciones pueden ser debidas a que:

- algunas definiciones del RR sólo tienen en cuenta el aspecto reglamentario, mientras que las definiciones que propone el CCV son de carácter técnico;
- otras definiciones del RR plantean problemas de interpretación; en este caso las modificaciones o adiciones que propone el CCV podrían servir de base a proyectos de revisión de las definiciones del RR.

Para las aplicaciones reglamentarias deben utilizarse exclusivamente los términos y definiciones contenidos en el RR.

NOTA 3 – Esta Recomendación se completa con una lista en orden alfabético de los términos definidos en los textos del UIT-R, en la que se ha incluido para cada definición el término correspondiente de los otros dos idiomas de trabajo y la referencia al texto y al Volumen en el que figura la definición, así como la referencia alfanumérica para los términos de la presente Recomendación.

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1271

Rec. UIT-R SM.1271 1
RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1271
UTILIZACIÓN EFICAZ DEL ESPECTRO EMPLEANDO MÉTODOS
PROBABILÍSTICOS
(Cuestión UIT-R 45/1)
(1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,
considerando

- a) que la tecnología de comunicaciones ha experimentado grandes avances durante la última década y la utilización de los servicios de radiocomunicaciones por las administraciones ha multiplicado la demanda de espectro radioeléctrico;
- b) que la compartición de frecuencias es uno de los aspectos importantes para la utilización eficaz del espectro de frecuencias;
- c) que muchas directrices y criterios de compartición se basan en las hipótesis de interferencia más desfavorables;
- d) que la utilización más eficaz del espectro puede depender de la aceptación de criterios de calidad de funcionamiento elaborados mediante la aplicación de métodos probabilísticos;
- e) que sería necesario determinar las características estadísticas de las señales deseada e interferente para evaluar las situaciones de compartición del espectro y la utilización del espectro en función de las normas de calidad de funcionamiento,

recomienda

1 que para lograr la utilización más eficaz del espectro, las administraciones consideren la utilización de las probabilidades de interferencia y su influencia en la calidad de funcionamiento del sistema.

2 que para evaluar en su totalidad la posible interferencia al introducir un nuevo sistema en el entorno, se considere la probabilidad de interferencia debido a múltiples fuentes interferentes, utilizando técnicas tales como las indicadas en el Anexo 1 y para calcular la probabilidad de interferencia de estación de base a estación móvil y de estación móvil a estación de base en un sistema dúplex móvil terrestre, el método que aparece en el Anexo 2 debe ser usado.

NOTA 1 – Se incluirán ejemplos para explicar la forma de utilizar métodos probabilísticos a fin de realizar una estimación de las características de las señales deseada e interferente con objeto de aumentar la utilización del espectro.

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1604

Rec. UIT-R SM.1604 1

RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1604

Directrices para un sistema perfeccionado de gestión del espectro destinado a los países en desarrollo

(2003)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,
considerando

- a) que la creación de un sistema perfeccionado de gestión del espectro implicaría modificar el soporte lógico utilizado por el actual sistema de gestión del espectro automatizado básico multilingüe Windows (WinBASMS), a los efectos de sustentar y facilitar formas perfeccionadas de gestión y control del espectro nacionalmente, la coordinación entre las administraciones y la notificación a la Oficina de Radiocomunicaciones (BR);
- b) que el sistema de gestión del espectro debe perfeccionarse puesto que algunos países en desarrollo se encuentran en una etapa inicial de desarrollo de la gestión del espectro;
- c) que los elementos de datos básicos empleados en la gestión nacional del espectro se han contemplado en el Prefacio a la Lista Internacional de Frecuencias (LIF) que reproduce TerRaSys y en las Recomendaciones UIT-R SM.1047 y UIT-R SM.1413;
- d) que las administraciones deberían mantener los datos sobre gestión del espectro con un sistema automatizado de gestión de la base de datos;
- e) que muchas administraciones han aplicado con éxito un sistema de gestión de base de datos automatizado al elaborar y mantener sus datos sobre gestión nacional del espectro;

- f) que en el Catálogo de soportes lógicos de la UIT para la gestión del espectro radioeléctrico se describen diversos programas informatizados que se emplean en el análisis de ingeniería y han probado su utilidad en la gestión nacional del espectro;
- g) que expertos del UIT-R y del UIT-D han elaborado conjuntamente un sistema WinBASMS, destinado a los países en desarrollo en relación con los servicios fijo, móvil y de radiodifusión, así como a usuarios únicos;
- h) que es necesario elaborar un sistema perfeccionado de gestión del espectro para satisfacer eficazmente los nuevos requisitos de gestión de sistemas modernos de telecomunicación que requieren mayores porciones del espectro y asignaciones de frecuencia más extensas y complejas, otros requisitos de gestión de datos sobre el espectro y otros servicios de radiocomunicación, con arreglo a las normas recomendadas;
- i) que la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (Estambul, 2002) (CMDT-02), recomendó, en el Programa 2, la elaboración de un tal sistema de gestión del espectro,

recomienda

- 1** la elaboración de las bases técnicas de un sistema perfeccionado, en forma conjunta por la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT) y la BR;
- 2** el perfeccionamiento del sistema, con el objetivo final de utilizar el programa como pieza decisiva para mejorar la gestión del espectro en los países en desarrollo;

