



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

**Análisis comparativo de los estándares de radio difusión sonora digital en
la banda AM, y propuesta de migración tecnológica para el Ecuador.**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.

AUTOR: Montalvo Gómez, Dayanna Micaela

DIRECTOR: Morocho Yaguana, Marco Vinicio, Ing.

LOJA – ECUADOR

2014

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Ingeniero.

Marco Vinicio Morocho Yaguana

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: **Análisis comparativo de los estándares de radio difusión sonora digital en la banda AM, y propuesta de migración tecnológica para el Ecuador**, realizado por **Dayanna Micaela Montalvo Gómez**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, 20 de Enero de 2014

.....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo, Dayanna Micaela Montalvo Gómez, declaro ser autora del presente trabajo de fin de titulación: Análisis comparativo de los estándares de radio difusión sonora digital en la banda AM, y propuesta de migración tecnológica para el Ecuador, de la Titulación de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, siendo Marco Vinicio Morocho Yaguana director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

.....

Dayanna Micaela Montalvo Gómez

1103920805

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo primeramente a Dios, mi padre y amigo, guía celestial en mi vida; por sus bendiciones y sabiduría necesaria para salir adelante pese a las dificultades, iluminándome a cada paso de mi vida.

A mis padres Mario y Blanca por su infinito apoyo, amor, preocupación, por la confianza que depositaron en mí, y me guiaron por el camino para alcanzar mi metas y me supere.

A mis hermanas por darme estabilidad emocional y sobre todo infinito apoyo para poder llegar a este objetivo.

A todos mis docentes de la Esc. de Electrónica y Telecomunicaciones, por sus conocimientos brindados sin ningún egoísmo, por su paciencia, por las malas noches y la felicidad de lograr aprobar la materia por sus exigencias.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Marco Morocho, por su guía, orientación y tiempo dedicado para la realización y culminación de este trabajo, y por despertar en mi el interés por la radiodifusión.

Al Ing. Jorge Jaramillo, por su apoyo y consejos brindados a través de toda mi carrera, mi admiración para él.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, en especial a la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, a los profesores y compañeros por sus sabias enseñanzas y permitirme crecer como estudiante y como persona.

A mis padres Mario Montalvo y Blanca Gómez, por ser un pilar fundamental en mi vida, por su paciencia infinita, pero sobre todo por su guía, consejos y amor incondicional, que han hecho de mí la persona que hoy soy; y sobre por vivir conmigo los altos y bajos de mi vida. Los amo

A mis hermanas Mayra Catalina, Johana Belén, mis sobrinos y cuñados por nunca permitir que olvide mi objetivo con su inspiración y ejemplo, por alegrar cada día de mi vida con su presencia. Los adoro

A Holger Narváez por su ayuda, apoyo incondicional y paciencia en todo mi camino recorrido para conseguir el objetivo. Gracias por todas tus palabras de aliento.

Y de manera especial a mis amigos, amigas, todos quienes colaboraron y han sido parte de mis experiencias, por compartir y de alguna manera me ayudaron en la terminación de este trabajo de tesis. Gracias a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	x
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I: LA RADIODIFUSIÓN SONORA AM EN ECUADOR	
1.1. El espectro radioeléctrico en el Ecuador.....	6
1.2. Distribución del espectro radioeléctrico en Ecuador.....	7
1.3. Estado actual de la radiodifusión en Ecuador.....	8
1.3.1. Estaciones de Radiodifusión en Ecuador.....	9
1.3.2. Marco legal del Ecuador.....	11
1.4. La radiodifusión sonora AM en Ecuador.....	12
1.4.1. Características técnicas de al radiodifusión sonora AM en Ecuador.....	12
1.4.1.1. <i>Transmisión y recepción de AM en radiodifusión.....</i>	<i>14</i>
1.4.1.2. <i>Modulación de la señal AM en radiodifusión.....</i>	<i>16</i>
1.4.1.3. <i>Potencia AM.....</i>	<i>17</i>
CAPITULO II: LA RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL Y SUS ESTÁNDARES	
2.1. Generalidades de la radio digital.....	19
2.2. Objetivos de la radio digital.....	20
2.3. Funcionamiento de la radio digital.....	21
2.4. Proceso de digitalización.....	22
2.5. Organismos internacionales de la radiodifusión sonora digital.....	22
2.6. Ventajas de la radio digital.....	24
2.7. La radio digital AM.....	25
2.8. Importancia de la migración digital para la radiodifusión AM.....	26
2.9. Estándares de radiodifusión sonora digital terrestre.....	27
2.9.1. Digital Audio Broadcasting (DAB).....	28
2.9.2. In Band On Channel (IBOC).....	40
2.9.3. Digital Radio Mondiale (DRM).....	50
2.9.4. Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial Sound Broadcasting (ISDB-Tsb).....	63
2.9.5. Digital Multimedia Broadcasting (DMB).....	67
2.9.6. High Definition Radio (HD Radio).....	70
2.10. Tabla comparativa de los estándares de radiodifusión sonora digital terrestre.....	74

2.11. Ccomparación de las ventajas y desventajas de los estándares digitales aplicables para AM.....	77
---	-----------

CAPITULO III: ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL AM EN EL ECUADOR

3.1. Introducción de la radio AM digital en Ecuador.....	80
3.2. Grado de penetración de la radio digital en el Ecuador.....	80
3.3. Pruebas técnicas con estándares de radiodifusión digital terrestre.....	81
3.4. Análisis de factores para la implementación de la radiodifusión sonora digital en AM.....	82
3.4.1. Sociales.....	82
3.4.2. Políticos.....	83
3.4.3. Cambios en el marco legal en la transmisión y regulación.....	84
3.4.4. Económicos.....	85
3.4.4.1. <i>Inversión de recursos</i>	87
3.4.5. Cambio del parque receptor.....	87
3.4.6. Requerimientos de cobertura AM.....	88
3.5. Dificultades para adoptar la tecnología digital en Ecuador.....	88
3.6. Selección del estándar para radiodifusión sonora AM digital del Ecuador.....	89
3.6.1. Consideraciones para la operación del estándar digital DRM en radiodifusión sonora AM.....	90
3.6.1.1. <i>Consumo de potencia</i>	91
3.6.1.2. <i>Simulcast</i>	92
3.6.1.3. <i>Cobertura</i>	92
3.6.1.4. <i>Distribución del espectro</i>	93
3.6.2. Componentes de la estación AM digital para la migración hacia DRM.....	93
3.6.3. Implementación económica.....	94
3.7. Nuevos servicios sobre la plataforma de radio actual.....	97
3.8. Establecimiento del apagón analógico.....	98
3.9. Escenario mundial de la radiodifusión sonora digital terrestre.....	99

CONCLUSIONES.....	103
--------------------------	------------

RECOMENDACIONES.....	106
-----------------------------	------------

REFERENCIAS.....	108
-------------------------	------------

APÉNDICES

APENDICE A: Descripción de las leyes e instrumentos legales en vigencia en el Ecuador.....	115
APENDICE B: Detalle a nivel mundial del estándar de radiodifusión digital terrestre adoptado por algunos países.....	123
APÉNDICE C: Recomendación UIT-R BS. 1615-1.....	142

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1. Distribución del espectro radioeléctrico.....	6
Fig. 1.2. Distribución de estaciones de radiodifusión a nivel nacional, Junio 2013.....	9
Fig. 1.3. Distribución de frecuencias de radiodifusión AM.....	13
Fig. 1.4. Transmisor AM.....	15
Fig. 1.5. Receptor AM.....	16
Fig. 1.6. Esquema de la modulación en amplitud.....	16
Fig. 2.1. Funcionamiento de la radio digital.....	21
Fig. 2.2. Inserción de FM-HSS y de la FM IBOC en la radiodifusión convencional en FM.....	22
Fig. 2.3. Diagrama de bloques de transmisión DAB.....	33
Fig. 2.4. Codificador DAB de audio MPEG-2.....	34
Fig. 2.5. Trama DAB.....	36
Fig. 2.6. Esquema del generador de la señal DAB.....	37
Fig. 2.7. Distribución del espectro en el sistema IBOC híbrido para AM.....	45
Fig. 2.8. Distribución del espectro en el sistema IBOC AM totalmente digital.....	46
Fig. 2.9. Diagrama de bloques del estándar digital IBOC NRSC-5.....	47
Fig. 2.10. Bandas de frecuencia de operación de DRM.....	51
Fig. 2.11. Diagrama de bloques del sistema de generación de una señal DRM.....	57
Fig. 2.12. Servidor de contenido DRM.....	59
Fig. 2.13. Esquema de codificación de fuente DRM.....	60
Fig. 2.14. Diagrama de bloques del sistema HD Radio.....	72
Fig. 3.1. Potencia en AM y DRM, con envoltura RF.....	91
Fig. 3.2. Cobertura de AM (azul) y DRM (rojo).....	92
Fig. 3.3. Arquitectura básica de los equipos de transmisión DRM.....	95
Fig. 3.4. Mapa del estado de la adopción de los estándares digitales a nivel mundial..	100

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Distribución de las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico.....	7
Tabla 1.2. Concesionarios de Frecuencias de Radiodifusión y Televisión por provincias, Junio 2013.....	8
Tabla 1.3. Distribución de las bandas de frecuencia.....	9
Tabla 1.4. Atribución de frecuencias para radiodifusión a nivel nacional. Junio 2013.....	10
Tabla 1.5. Distribución de la cobertura de las estaciones de AM.....	13
Tabla 1.6. Características de AM.....	14
Tabla 1.7. Clasificación de las estaciones AM según su potencia.....	17
Tabla 2.1. Especificaciones técnicas del sistema DAB.....	32
Tabla 2.2. Características de los modos de transmisión del estándar DAB.....	39
Tabla 2.3. Especificaciones técnicas del sistema IBOC.....	44
Tabla 2.4. Especificaciones técnicas del sistema DRM.....	55
Tabla 2.5. Descripción de los modos de transmisión en DRM.....	56
Tabla 2.6. Especificaciones técnicas del sistema ISDB-Ts.....	65
Tabla 2.7. Comparación de TDMB y SDMB.....	68
Tabla 2.8. Especificaciones técnicas del sistema DMB.....	69
Tabla 2.9. Especificaciones técnicas del sistema HD Radio.....	71
Tabla 2.10. Comparación de las especificaciones técnicas de los estándares de radiodifusión sonora digital terrestre.....	75
Tabla 2.11. Comparación de los sistemas de radiodifusión de radio digital para AM....	77
Tabla 3.1. Comparación de los costos de implementación de los estándares para radiodifusión digital.....	85
Tabla 3.2. Resumen de los costos de los equipos de los estándares de radiodifusión digital.....	86
Tabla 3.3. Comparación del consumo de potencia en radio AM analógica y DRM digital.....	91
Tabla 3.4. Bandas de frecuencias para radio AM.....	93
Tabla 3.5. Fabricantes de productos DRM.....	96
Tabla 3.6. Sistema de radiodifusión digital en algunos países.....	101
Tabla 3.7. Situación de radiodifusión digital en Sudamérica.....	101

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- AAC: Advanced Audio Coding / Codificación de Audio Avanzado, modelo psicoacústico.
- AB: Ancho de Banda
- AM: Amplitud Modulada
- ARIB: Asociación de Industrias y Negocios de Radiodifusión
- CDM: Code Division Multiplexing / Multiplexación por División de Código
- CELP: Code Excited Linear Prediction / Código de Predicción Lineal Excitada
- CIF: Common Interleaved Frame / Trama de Entrelazada Común
- CITEL: Comisión Interamericana de Telecomunicaciones
- CNAF: Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias
- CÓDEC: Codificador – Decodificador
- COFDM: Codec Orthogonal Frequency Division Multiplex / Multiplexación de Código por División de Frecuencia Ortogonal.
- COFDM-BST: Codec Orthogonal Frequency Division Multiplexing - Band Segmented Transmission / Multiplexación de Código por División Ortogonal de Frecuencia - Transmisión en Banda Segmentada.
- CONARTEL: Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión.
- CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones.
- CSM: Canal Principal de Servicio.
- DAB: Digital Audio Broadcasting / Radiodifusión de Audio Digital.
- DGP: Protocolo de Distribución y Comunicación.
- DMB: Digital Multimedia Broadcasting / Radiodifusión Multimedia Digital.
- DMX: Digital Music Express / Música Digital Express.
- DRAS: Servicios de Radiodifusión Digital por Satélite.
- DRM: Digital Radio Mondiale.
- DSB: Digital Sound Broadcasting / Radiodifusión de sonido digital.
- ETI: Ensemble Transport Interface / Interfaz de Transporte en Conjunto.
- FCC: Federal Communications Commission / Comisión Federal de Comunicaciones.
- FEC: Forward Error Correction / Corrección de Errores hacia Adelante.
- FIB: Fast Information Blocks / Bloques de Información Rápida.
- FIC: Fast Information Channel / Canal de Información Rápida.
- FM: Frecuencia Modulada.
- HDTV: High Definition Television / Canal de Televisión de Alta Definición.
- HEO: Órbita Elíptica Alta.
- HI-FI: High fidelity / Alta fidelidad

HSS: Home Subscriber Server / Servidor del abonado de origen.

HVXC: Harmonic Vector Excitation Coding / Vector Armónico de Excitación de Codificación.

IBOC: In Band on Channel.

IEC: International Electrotechnical Commission / Comisión Electrotécnica Internacional.

ISDB-Tsb: Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial Sound Broadcasting / Radiodifusión Digital de Servicios Integrados - Radiodifusión Sonora Terrestre.

ISO: International Standards Organization / Organización Internacional de Estándares.

MDI: Multiplex Distribution Interface / Interfaz de Distribución del Múltiplex.

MOT: Multimedia Object Transfer Protocol / Protocolo de Transferencia de Objetos Multimedia.

MPEG: Motion Pictures Experts Group, Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento.

MSC: Main Service Channel / Canal de Servicio Principal.

MUSICAM: Masking Universal Subband Integrated Coding and Multiplexing / Enmascaramiento Universal Subbandas Integrado de Codificación y Multiplexación.

NRSC: National Radio Systems Committee / Comité Nacional de Sistemas de Radio.

NTSC: National Television System Committee / Comité Nacional de Sistemas de Televisión.

OEA: Organización de Estados Americanos.

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing / Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal.

PAD: Program Associated Data / Datos Asociados de Programas.

QAM: Quadrature Amplitude Modulation / Modulación de Amplitud en Cuadratura.

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying / Desplazamiento de Fase en Cuadratura.

RDI: Receiver Data Interface / Interfaz de Datos del Receptor.

RDS: Radio Data System / Sistema de Datos de Radio.

RDSI: Red Digital de Servicios Integrados.

RF: Radio Frecuencia.

SBR: Spectral Band Replication / Replicación de Banda Espectral.

S-DAB: Satellite - Digital Audio Broadcasting / Satélite - Audio de radiodifusión digital.

SDTV: Standard Definition Televisión / Televisión en Definición Estándar.

SENATEL: Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.

SFN: Single Frequency Network / Red de Una Sola Frecuencia.

SI: Service Information / Servicio de Información.

SUPERTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones.

T-DAB: Terrestrial - Digital Audio Broadcasting / Terrestre - Radiodifusión Digital de Audio.

TDT: Televisión Digital Terrestre.

UHF: Ultra High Frequency / Frecuencia Ultra Alta.

UIT: Unión Internacional de las Telecomunicaciones.

UIT-R: Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

VHF: Very High Frequency / Frecuencia Muy Alta.

WorldDMB: Organización no gubernamental que coordina la implementación de los estándares DAB, DAB+, DMB.

RESUMEN

El presente trabajo de fin de titulación, incluye un estudio de la radiodifusión analógica AM en el Ecuador y una propuesta hacia la convergencia digital de la banda AM; mediante el análisis teórico de la radio digital y la comparación de los estándares de radiodifusión digital existentes, aplicables a la radiodifusión sonora terrestre AM. Estableciendo posterior al análisis de diversos factores, una propuesta de la factibilidad de implementación de la radiodifusión sonora digital AM en el Ecuador, con la selección de un estándar aplicarse de acuerdo al escenario actual de la radiodifusión en nuestro país.

PALABRAS CLAVES: radiodifusión, AM, estándares digitales, Ecuador.

ABSTRACT

This final thesis work includes a study of the analogical broadcasting AM in Ecuador and a proposal to the digital convergence of the AM band through the theoretical analysis of the digital radio and the comparison to the standards of the current broadcasting applied to the AM terrestrial sound broadcasting. Established after to the analysis of several factors, a proposal of the feasibility of implementing of digital sound broadcasting AM in Ecuador, with the selection of a standard that should be applied in agreement with the current scenario of the broadcasting in our country.

KEYWORDS: Broadcasting, AM, digital standards, Ecuador

INTRODUCCIÓN

Esta nueva era del desarrollo tecnológico, ha generado una gran competencia entre todos los medios de comunicación, en donde la evolución de la radiodifusión sonora terrestre no ha tenido un gran avance frente a las actuales vías de información como el internet, que pueden ofrecer oportunidades de expansión comercial en los mercados de las comunicaciones.

La migración de las tecnologías analógicas a digitales permite que desaparezca los límites entre la televisión, la computación y la radiodifusión; dando un mayor crecimiento al mercado de los medios de comunicación y brindando características competitivas, permitiendo de esta manera reutilizar los recursos del espectro radioeléctrico de forma más eficiente, gracias a las técnicas de radiodifusión digital.

Se prevé que existen más de dos mil millones de receptores de radiodifusión sonora en funcionamiento en el mundo, con contenido para informar, educar y entretener. El digitalizar tiene el objetivo de modernizar este gran medio de difusión de tan larga tradición a nivel mundial, cambiando el concepto de radio tradicional a una radio que brinda más servicios especializados para diferentes tipos de audiencia, y permitiéndonos una convergencia de la radio AM tanto a nivel tecnológico y social. [5]

Mediante la recopilación y análisis de diferentes fuentes de información, del estado de la radiodifusión AM en Ecuador para conocer las características técnicas en las cuales está operando en la banda AM; y la comparación de diversos factores como especificaciones técnicas, tipos, normas, ventajas, y costos de los estándares de radiodifusión sonora digital terrestre existentes, se pudo seleccionar el estándar que más se adaptaba a nuestro escenario actual en AM, teniendo como base de información para definir el estándar las pruebas ya realizadas en nuestro país hacia la convergencia digital.

Es importante recalcar que como principal inconveniente hacia la digitalización, es el económico por el costo de licencias por estándar, cambios de equipos como receptores y emisores por parte de los usuarios y concesionarios; por tanto el estándar adoptado debe permitir una migración con implementación gradual, con la particularidad de que se adapte, permita el uso de receptores analógicos y mejore las características de la radiodifusión AM del modelo analógico, sin mayor inversión.

Además, es significativo tomar en cuenta el estándar de radiodifusión digital terrestre para AM adoptado por otros países a nivel mundial, especialmente en Sudamérica, ya que nos sirvió como base para nuestra selección del estándar digital.

El presente trabajo de fin de titulación, recoge un estudio de la radiodifusión AM con una propuesta para su convergencia a digital en Ecuador, y se describe en cuatro capítulos. En el primero se recopila información sobre el estado actual de la radiodifusión sonora AM en el Ecuador. En el segundo se detalla información acerca de la radio digital y los estándares existentes, aplicables en la digitalización de la radiodifusión sonora terrestre AM. En el tercer capítulo analiza la factibilidad de implementación de la radiodifusión sonora digital AM en el Ecuador y su estado a nivel mundial, para una selección como propuesta de migración de la tecnología analógica a la digital en la radio AM ecuatoriana. Los resultados obtenidos son analizados en el cuarto capítulo de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: LA RADIODIFUSIÓN SONORA AM EN ECUADOR

1.1. El espectro radioeléctrico en el Ecuador

El Espectro Radioeléctrico es el espacio libre usado como medio de transmisión, constituido por un subconjunto de ondas electromagnéticas u ondas hertzianas, para ser transmitida a uno o más destinos en forma de energía electromagnética. Para facilitar su uso está comprendido en el rango de ondas electromagnéticas desde de 3KHz a 3000GHz, en frecuencias destinadas para una variedad de servicios de telecomunicaciones, como se muestra en la Fig.1.1. [1]

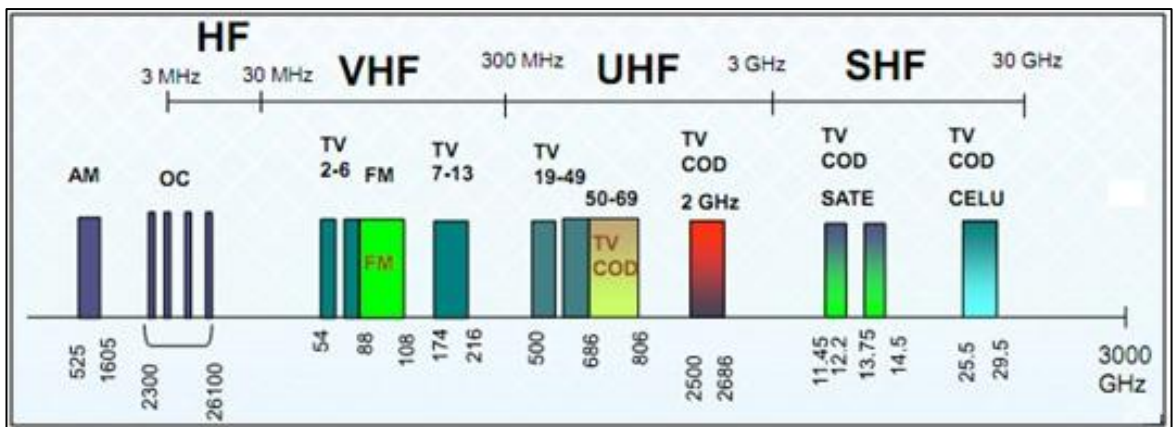


Fig.1.1. Distribución del espectro radioeléctrico¹

Según la Constitución del Ecuador se define al Espectro Radioeléctrico como *“Recurso natural de propiedad exclusiva del estado y como tal constituye un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible, cuya regulación, control y concesión corresponde al Estado a través de la Superintendencia de Telecomunicaciones de nuestro país”*².

Se subdivide en cuatro bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente y su unidad es el Hertzio (Hz), como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

¹ SUPERTEL, “Regulación de los servicios de radiodifusión y televisión” (Junio 2012): disponible en http://www.supertel.gob.ec/images/power_point/SEMINARIO%20GUAYAQUIL.pdf

²Constitución del Ecuador, Art. 408., y Ley Especial de Telecomunicaciones Art.47

Tabla. 1.1. Distribución de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico.

Rango de frecuencias	Designación	Usos
300 KHz a 3 MHz	MF (Medium Frequency)	Radio AM
3 MHz a 30 MHz	HF (High Frequency)	
30 MHz a 300 MHz	VHF (Very High Frequency)	Radio FM y TV
300 MHz a 3 GHz	UHF (Ultra High Frequency)	TV

Fuente: [2]

Entre las entidades que lo administran a nivel mundial están la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT³), Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL), UIT-R⁴, entre otras; y a nivel nacional el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), Ministerios de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (MINTEL), y Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL). [2]

En nuestro país la administración del Espectro Radioeléctrico utilizado en los diferentes servicios de radio comunicaciones, se encuentra en el Plan Nacional de Frecuencias (PNF), un documento aprobado mediante Resolución No. TEL-319-15-CONATEL-2012, con modificaciones al 4 de julio de 2012, donde establece la soberanía del Estado en la atribución de las bandas de frecuencias a los diferentes tipos de servicios de radiocomunicaciones, para una adecuada gestión del Dominio Público Radioeléctrico, de acuerdo a las recomendaciones de organismos internaciones. [3]

1.2. Distribución del espectro radioeléctrico en Ecuador

En nuestro país el espectro radioeléctrico es utilizado para los servicios de ondas de radio en las bandas de frecuencias de radiodifusión de amplitud AM, SW, FM, y por satélite; en televisión Frecuencia Muy Alta (VHF) de 30 a 300 MHz ó Frecuencia Ultra Alta (UHF) de 300 a 3000 MHz, codificada, por cable; de audio, video o datos; u otros medios. A continuación en la siguiente tabla se detalla las concesiones otorgadas de frecuencia por provincias del Ecuador: [4]

³ Organismo encargado de regulador a nivel internacional los servicios de radiocomunicaciones.

⁴ Ente que se encarga del espectro de frecuencias radioeléctricas y de las órbitas de los satélites, recursos naturales limitados.

Tabla. 1.2. Concesionarios de Frecuencias de Radiodifusión y Televisión por provincias, Junio 2013 ⁵

Provincias	Radiodifusión	Televisión Abierta	Total
Azuay	92	32	124
Bolívar	26	12	38
Cañar	34	18	54
Carchi	36	23	57
Chimborazo	66	26	92
Cotopaxi	23	14	37
El Oro	66	20	84
Esmeraldas	45	28	73
Francisco de Orellana	16	6	22
Galápagos	17	29	46
Guayas	100	36	136
Imbabura	50	20	70
Loja	75	31	106
Los Ríos	38	25	63
Manabí	85	35	121
Morona Santiago	38	24	62
Napo	24	18	42
Pastaza	23	12	35
Pichincha	98	39	67
Santa Elena	49	20	69
Santo Domingo	42	17	59
Sucumbíos	30	17	47
Tungurahua	56	22	78
Zamora Chinchipe	19	24	43
TOTAL	1148	548	1696

1.3. Estado actual de la radiodifusión en Ecuador

La radiodifusión en Ecuador utiliza un sistema analógico, tanto para radio AM, FM y televisión, donde la señal de audio transmitida puede verse afectada por interferencias atmosféricas u otras, que causan la degradación de la señal y distorsión del sonido original emitido.

En el Ecuador según el reporte a Junio 2013 de la SUPERTEL, existen 928 emisoras FM, y 206 emisoras AM. A continuación, en la Tabla 1.3., se detalla la distribución de las bandas con rangos de frecuencias, de acuerdo a los servicios primarios y los servicios secundarios.[5]

⁵ SUPERTEL, "Resumen estadístico del N° de estaciones de radiodifusión, televisión, audio y video por suscripción autorizadas en el ámbito nacional, por provincias"(Junio,2013): disponible en http://www.supertel.gob.ec/pdf/estadisticas/situaci%C3%B3n_enero_junio_2013.pdf

Tabla.1.3. Distribución de las bandas de frecuencia.

Bandas	Rango de frecuencia	Servicio	Usos
VHF	30-300 MHz	Fijo	Telemetría
UHF	300-1000 MHz	Móvil	Navegación, militar
L	1-2 GHz	Móvil	Emisión de audio, radiolocalización.
S	2-4 GHz	Móvil	Navegación
C	4-8 GHz	Fijo	Voz, datos, imágenes, TV
X	8-12 GHz	Fijo	Militar
Ku	12-18 GHz	Fijo	Voz, datos, imágenes, TV
K	18-27 GHz	Fijo	TV, comunicación satelital
Ka	27-40 GHz	Fijo	TV, comunicación satelital

Fuente: [13]

1.3.1. Estaciones de Radiodifusión en Ecuador.

A continuación en la Fig. 1.2. muestra la gráfica en porcentajes de las estaciones de AM, FM y OC de radiodifusión sonora terrestre en tecnología analógica en todo el territorio nacional.

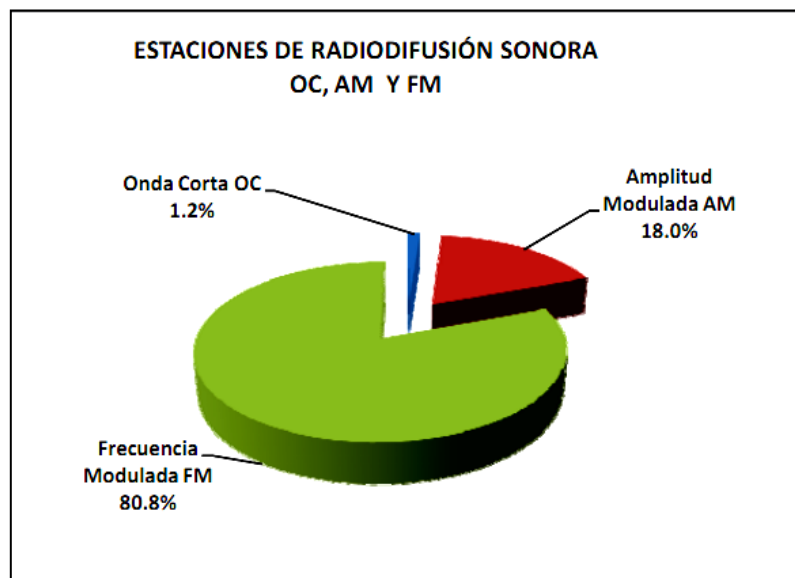


Fig.1.2. Distribución de estaciones de radiodifusión a nivel nacional, Junio 2013.⁶

El país posee reglamentos para la asignación de canales del espectro cuyas regulaciones están dadas por organismos designados por el Estado, como: FM está dada por la Norma Técnica Reglamentaria para Radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica, y AM se considera en el Acuerdo Regional para la aprobación técnica de estaciones sobre el servicio de radiodifusión por ondas hectométricas y la Ley y Reglamento de Radiodifusión y Televisión⁷ vigente. Mientras que a nivel regional y

⁶ SUPERTEL, "Resumen estadístico del N° de estaciones de radiodifusión sonora autorizadas en el ámbito nacional, por provincias" (Junio,2013): disponible en http://www.supertel.gob.ec/pdf/estadisticas/estadistica_radiodifusion_consolidado.pdf

⁷ Reglamento General de la Ley de Radiodifusión y Televisión, Decreto No. 3398.

mundial están vigentes las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT. En la Tabla 1.4., se muestra la división por provincias de las estaciones existentes en Ecuador: [6]

Tabla.1.4. Atribución de frecuencias para radiodifusión a nivel nacional. Junio 2013⁸

Provincias	Onda Corta OC	Amplitud Modulada AM	Frecuencia Modulada FM			Total de Radiodifusión Sonora
			Matriz	Repetidoras	Total FM	
Azuay	0	18	34	40	74	92
Bolívar	0	3	17	6	23	26
Cañar	0	8	15	13	28	36
Carchi	0	1	18	15	33	34
Chimborazo	0	8	33	25	58	66
Cotopaxi	1	9	12	1	13	23
El Oro	0	15	31	20	51	66
Esmeraldas	0	4	23	18	41	45
Orellana	0	0	10	6	16	16
Galápagos	0	0	9	8	17	17
Guayas	0	42	47	11	58	100
Imbabura	1	12	27	10	37	50
Loja	2	5	39	29	68	75
Los Ríos	0	4	18	16	34	38
Manabí	0	12	44	29	73	85
Morona Santiago	4	1	15	18	33	38
Napo	3	2	9	10	19	24
Pastaza	0	0	17	6	23	23
Pichincha	2	43	45	8	53	98
Sucumbíos	0	1	20	9	29	30
Tungurahua	0	14	20	22	42	56
Zamora Chinchipe	0	0	7	12	19	19
Santa Elena	0	2	17	30	47	49
Santo Domingo	1	2	21	18	39	42
Total:	14	206	548	380	928	1148
Porcentaje:	1,2%	17,9%	47,7%	33,1%	80,8%	100%

⁸ SUPERTEL, "Resumen estadístico del N° de estaciones de radiodifusión sonora autorizadas en el ámbito nacional, por provincias" (Junio,2013): disponible en http://www.supertel.gob.ec/pdf/estadisticas/estadistica_radiodifusion_consolidado.pdf

1.3.2. Marco legal del Ecuador.

En el Ecuador todos los TV y radios utilizan tecnología analógica según el reglamento del National Television System Committee “NTSC”, estándar de transmisión M (60 HZ). [7]

Los organismos que regulan en el ámbito de las telecomunicaciones en el Ecuador son: el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL), el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) y la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL); a continuación detallaremos las funciones de cada uno: [8]

- La SUPERTEL regula, monitorea, interviene y controla técnicamente la prestación de los servicios de telecomunicaciones, radiodifusión, televisión y el uso del espectro radioeléctrico, para que se proporcione un servicio con eficiencia. Además, controla la correcta aplicación de las tarifas, cumplimiento de normas y resoluciones aprobadas por el CONATEL⁹; también, tramita las funciones, ejecuta las resoluciones y con previa aprobación suscribe los contratos de concesión de frecuencia de la CONARTEL¹⁰.
- La SENATEL administra los recursos como el espectro de frecuencias, ejecuta las normas establecidas por el CONATEL, ejecuta e implementa las políticas y regulación de las telecomunicaciones, y el desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación (TIC).
- El CONARTEL regula la radiodifusión y televisión, asigna frecuencias, previo a un informe técnico de la SUPERTEL, de acuerdo al Plan Nacional de Distribución de Frecuencias.
- El CONATEL administra las telecomunicaciones en Ecuador ante la UIT, está facultado para representar al Estado, dicta políticas, aprueba planes, establece normas para que existan servicios de calidad y promueve la investigación científica tecnológica en el área de las telecomunicaciones. [2] y [9].

⁹ Decreto No. 996, Estipulado en la Ley Especial de Telecomunicaciones, Registro Oficial N° 770 el 30 de agosto de 1995.

¹⁰ Estipulado en la Ley Reformativa de Radiodifusión y Televisión.

Es importante mencionar que actualmente están fusionados¹¹ el CONATEL y el CONARTEL, bajo un mismo nombre denominado “CONATEL”, subordinados al Ministerio de Telecomunicaciones (MINTEL).

Dentro de los instrumentos legales y reglamentarios más importantes que rigen las telecomunicaciones y particularmente el espectro radioeléctrico a nivel nacional, se tienen los siguientes (Ver Apéndice A): [2]

- La Constitución Política del Ecuador
- Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada
- Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones.
- Reglamento de Radiocomunicaciones
- Ley de radiodifusión y televisión
- Ley reformativa a ley de radiodifusión y televisión
- Plan Nacional Frecuencias del Ecuador PNF

1.4. La radiodifusión sonora AM en Ecuador

La radiodifusión AM, consiste en la transmisión de la señal portadora modulada en amplitud, obteniendo como resultado la variación de la amplitud de la señal portadora de frecuencia alta, en proporción a la señal modulante (información); que permite la transmisión de información que se imprime en la portadora.

Según, el Plan Nacional de Frecuencias establece que las bandas 525 - 535 KHz, 535 – 1,605 KHz, 1,605 – 1,625 KHz, 1,625 – 1,705 KHz, son atribuidas al servicio de Radiodifusión Sonora en Amplitud Modulada. [3]

Actualmente AM tiene baja audiencia, por la calidad de audio receptado y por las interferencias de radiofrecuencia producidas por el ruido de motores, la electricidad estática, los rayos de tormentas que afectan considerablemente a la señal en estas frecuencias, y los tipos de variaciones que alteran la amplitud de la señal modulada. [6]

1.4.1. Características técnicas de la radiodifusión sonora AM en Ecuador.

La propagación en AM se efectúa por onda de superficie, permitiendo una amplia cobertura que puede ser local, nacional e incluso internacional.

¹¹ Decreto No. 8. Ley Especial de Telecomunicaciones, 30 de agosto de 1995.

AM opera en dos grupos de bandas de frecuencias, las bandas tropicales para la zona tropical usada en emisiones locales, y las bandas internacionales para cobertura mundial con propagación ionosférica para emisiones internacionales; pero, en nuestro entorno AM está destinada para el uso público de emisiones locales, con cobertura extensa en zonas rurales. Según el rango de frecuencias que opera AM, estas se encuentran distribuidas en potencias de acuerdo a la zona de cobertura (Ver Tabla 1.5.):

Tabla. 1.5. Distribución de la cobertura de las estaciones de AM.

Área a servir	Potencia del equipo Transmisor	Rango de frecuencias
Local	500 W - 3 Kw	540 a 800 KHz
Regional	3 Kw < Potencia ≤ 10 Kw	810 a 1090 KHz
Nacional	>10 Kw	1100 a 1600 KHz

Fuente: [2]

Las estaciones AM tienen asignado el rango de frecuencias desde 535 a 1705 KHz, de acuerdo a lo dispuesto en el Plan Nacional de Frecuencias del Ecuador, como se muestra a continuación en la siguiente figura:

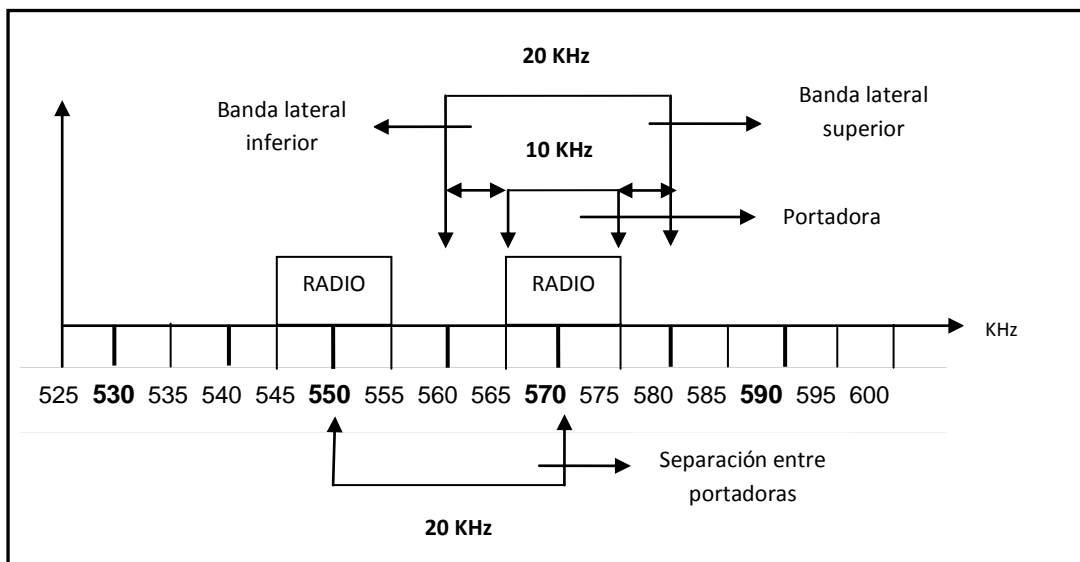


Fig.1.3. Distribución de frecuencias de radiodifusión AM¹²

A su vez, se divide en fracciones muy pequeñas denominado “ancho de banda” de la emisión. La asignación del ancho de banda para estaciones AM es de sólo 10 kHz, con protección de reserva 5 kHz y separación entre portadoras de 20 KHz.

¹² “Distribución de frecuencia de radiodifusión y televisión en el Ecuador”, pág. 9: disponible en <http://es.scribd.com/doc/54146964/Distribucion-de-Frecuencia-de-Radiodifusion-y-Television-En>

El ancho de banda de acuerdo a la UIT asignado para AM, provoca que la calidad de sonido de la modulación sea muy deficiente, por tanto no es posible enviar un sonido de calidad.

En AM, existen 118 canales con numeración desde el canal 1 en 530 KHz hasta el 118 en 1705 KHz en la región 2, pero separados los canales adyacentes por 20 KHz, por tanto, se cuenta con 59 canales dentro de una misma zona. [6] y [10]

A continuación se detallan las características de la radio AM, en la siguiente tabla:

Tabla. 1.6. Característica de AM.

Datos	Descripción
Rango de frecuencias	535 – 1705 kHz
Separación entre canales	20 kHz
Longitud de onda	100 a 10 metros (onda corta y media)
Canales	118
Ancho de banda	10 kHz
Reserva	5 kHz
Desviación de frecuencia	± 10 Hz
Emisión	Modulación de amplitud, doble banda lateral con portadora completa.
Portadora	Variación de acuerdo a la señal de audio
Amplitud de la envolvente	Depende de la amplitud de la portadora y de la moduladora.
Potencia de operación	Estación clase A: 10 Kw hasta 250 Kw Estación clase B: 5 Kw hasta 10 Kw Estación clase C: 1 Kw hasta 5 Kw
Potencia de transmisión	Locales ≤ 3.0 Kw (540-800 KHz) Regionales 3.0 Kw – 10.0 Kw (810-1090 KHz) Nacionales > 10.0 Kw (1100-1600 KHz)
División de las bandas de frecuencias	Tropical (3230 - 5060 KHz) Tropical e internacional (5950 - 7300 KHz) Internacional (9500 - 26100 KHz)
Propagación	Ionosférica, por onda superficial de acuerdo a las variaciones de las estaciones
Programación	Algunas emisoras utilizan un lenguaje autóctono, con programación musical de antaño.

Fuente: [2] y [11]

1.4.1.1. Transmisión y recepción de AM en radiodifusión.

El proceso de transmisión y recepción de AM, contiene distintas etapas que se describen a continuación:

Para la transmisión en AM (Ver Fig. 1.4.), la señal de información antes de ser emitida pasa por diferentes etapas en la que es procesada; primero se genera la portadora RF mediante un oscilador de cristal para garantizar la exactitud y estabilidad del transmisor que adapta las impedancias entre etapas y estabiliza la frecuencia del oscilador, luego el amplificador separador debe ser lineal de baja ganancia y alta impedancia de entrada para aislar al oscilador de los amplificadores de alta potencia.

En la etapa de excitación entre más alta sea esta, la señal moduladora amplifica la información hasta un valor suficiente para la modulación, para esto la señal es amplificada por un preamplificador sensible y lineal con alta impedancia de entrada que aumenta la amplitud de la señal, produciendo una distorsión no lineal e introduce el ruido térmico.

Posteriormente la señal es modulada con la onda portadora y modulante, luego acoplada a la red para compensar la impedancia de salida del amplificador lineal de potencia con la línea de transmisión y antena.

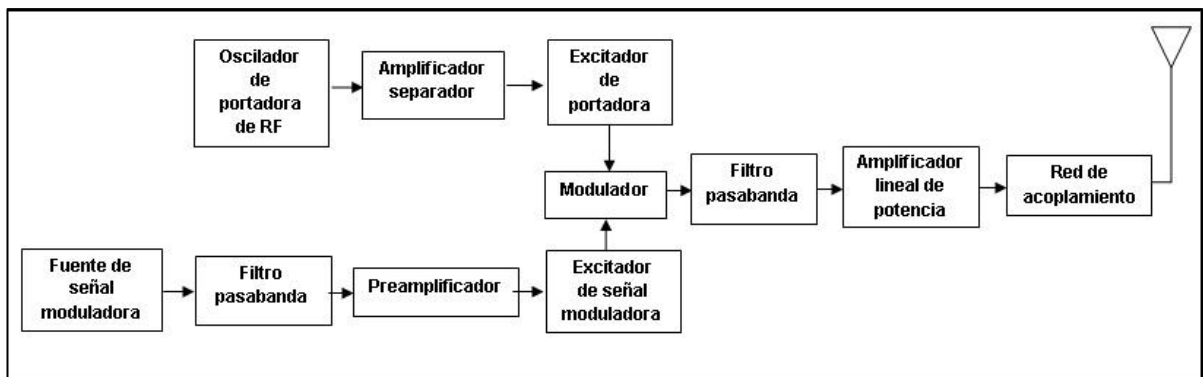


Fig.1.4. Transmisor AM¹³

En la recepción (Ver Fig. 1.5.), primero se procesa la señal RF, mediante la limitación de las bandas y amplificación de la señal recibida; luego en el mezclador/convertidor se reduce las frecuencias de RF recibidas a frecuencias intermedias (IF) por un proceso heterodino. El demodulador recupera la información original y en la última etapa de la sección de audio se amplifica la información. [10]

¹³, ¹⁴ ESPOL, "Migración de la radiodifusión analógica a la radiodifusión digital por debajo de los 30 MHz en el país "(Abril, 2007): disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2791/1/CD-0626.pdf>

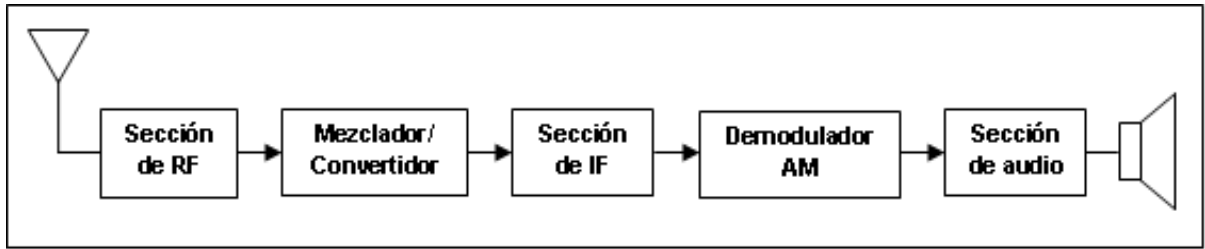


Fig.1.5. Receptor AM¹⁴

1.4.1.2. Modulación de la señal AM en radiodifusión.

Para la modulación en amplitud se aplica un circuito no lineal con dos señales de entrada, la señal de información que modula la señal portadora de amplitud constante y de alta frecuencia, y otra señal de información de frecuencia baja, con una salida. (Ver Fig. 1.6.). [6]

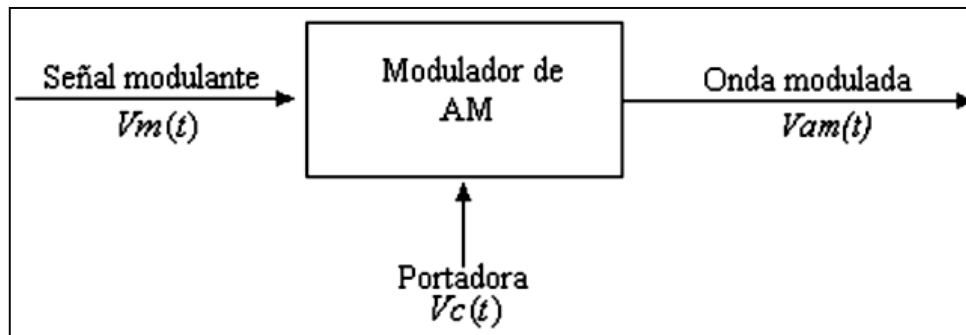


Fig.1.6. Esquema de la modulación en amplitud¹⁵.

Entre las modulaciones aplicadas para AM, se encuentran las siguientes:

- DSB-FC (Double Side Band Full Carrier o AM convencional). Modulación doble banda lateral con portadora de máxima potencia.
- DSB-SC (Double Side Band Suppressed Carrier). Doble banda lateral con portadora suprimida, donde se suprime la frecuencia central.
- SSB-SC (Single Side Band Suppressed Carrier). Banda lateral única con portadora y una de las bandas laterales suprimida.
- BLV (Side Band Vestigial). Banda lateral vestigial y supresión de una parte de las bandas laterales. [12]

¹⁵ ESPOL, "Migración de la radiodifusión analógica a la radiodifusión digital por debajo de los 30 MHz en el país", (Abril, 2007): disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2791/1/CD-0626.pdf>

1.4.1.3. **Potencia AM.**

De acuerdo a los procedimientos establecidos en el Acuerdo Regional sobre el Servicio de Radiodifusión Sonora por Ondas Hectométricas Región 2, celebrada en Río de Janeiro en 1981; se distribuyó la utilización de las frecuencias atribuidas al Servicio de Radiodifusión Sonora en Onda Media. En la Tabla 1.7. se detalla la potencia utilizada con respecto a las frecuencias para AM: [6]

Tabla. 1.7. Clasificación de las estaciones AM según su potencia.

Frecuencia	Potencia
Onda Media Amplitud Modulada (AM)	Nacionales (mínima > 10 Kw)
	Regionales (mínima entre 3 Kw y 10 Kw)
	Locales (< 3 Kw como máximo). El mínimo de potencia de las estaciones de Onda Media locales, en las capitales de provincia y de otras ciudades cuya población pase de cincuenta mil habitantes, será de 1 Kw En las ciudades cuya población no llegue a dicha cantidad será de 500 W.

Fuente: [13]

CAPÍTULO II: LA RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL Y SUS ESTÁNDARES

2.1. Generalidades de la radio digital

La tecnología digital, tiene su primera aparición en Europa mediante el sistema conocido como proyecto Eureka 147 denominado DAB, en inicios de la década de los 80; así mismo, en el continente americano con la introducción de su propio modelo, el estándar IBOC de la empresa iBiquity Digital Corporation en el 2009, creado con el objetivo de mejorar la calidad de audio, permitir un cambio gradual de los receptores para implantarse en algunos países de América, y desarrollar un nuevo sistema de radiodifusión digital; en conjunto con la aparición de nuevos dispositivos electrónicos, para beneficiar tanto a emisores y usuarios con los nuevos servicios que los medios analógicos no pueden brindar.

La radio digital es conocida como Digital Audio Broadcasting (DAB), Digital Sound Broadcasting (DSB) o Digital Audio Radio (DAR). Esto implica la transformación de la transmisión y de la recepción del sonido, cambio en la distribución de frecuencias, mayor calidad de audio comparable a la de FM para AM y alta fidelidad (HI-FI) para FM. [3]

Con la digitalización, la radiodifusión se convertirá en un medio de transporte digital de objetos multimedia, algunos de los cuales podrán ser manejados por los receptores como materia de radiodifusión convencional; sin embargo, otros estarán destinados a los ordenadores, dispositivos tecnológicos como celulares y otros recursos de internet. Es probable que la evolución y la migración completa hacia tecnologías de radiodifusión digital sea universal, como un proceso lento que durará varios años; pero esta transición no es uniforme a nivel de todos los países, pese a que ya se han introducido los servicios de radiodifusión por satélite, la radiodifusión digital se encontrará en su etapa final cuando se deje de utilizar todo lo que concierne a la radiodifusión analógica.

Entre los diferentes cambios que darán paso a la convergencia digital, se encuentran: la introducción de nuevos estándares terrestres digitales, inclusión de nuevos servicios con interacción entre el usuario y el concesionario, una plataforma tecnológica por suscripción, mejora en la calidad de audio, uso de códecs y compresores de audio para tener propiedades estereofónicas equivalentes a las que se escuchan al reproducir un CD, uso moderado de recursos de transmisión, características de corrección de errores que genera una calidad superior en la recepción.

En cuanto a la optimización del uso del espectro radioeléctrico y energético, la radio digital implementa técnicas de modulación y codificación, las mismas que requieren menos ancho de banda para su transmisión, con posibilidad de incluir un mayor número de emisoras en el mismo espectro, con reducción de la potencia y energía. [14]

2.2. Objetivos de la radio digital

Existen varios objetivos que se logran al transmitir en el dominio digital, entre los que están:

- *Economía de la emisora:* Incorporar nuevos servicios de la tecnología digital, para el incremento de ingresos económicos de la emisora.
- *Superior recepción sonora:* Usar dispositivos como CD y MP3 con mayor demanda en el servicio de audio, logrando mayor calidad de reproducción del sonido muy fiel al original.
- *Nuevos contenidos en programación:* Crear nueva programación atractiva para los usuarios, con distinto tipo de información, internet, sonidos con interactividad, imágenes fijas y servicios de video y/o datos.
- *Portabilidad, movilidad:* Incluir dentro de los servicios de AM y FM, la recepción fija, móvil y portátil.
- *Eficiencia:* Mejorar la distribución del uso del espectro para un canal digital, asignando en el mismo más programas; con el canal adyacente que excluye las interferencias co-canal en la transmisión.
- Reducir la potencia radiada para una misma zona de cobertura. [15] y [16]

2.3. Funcionamiento de la radio digital

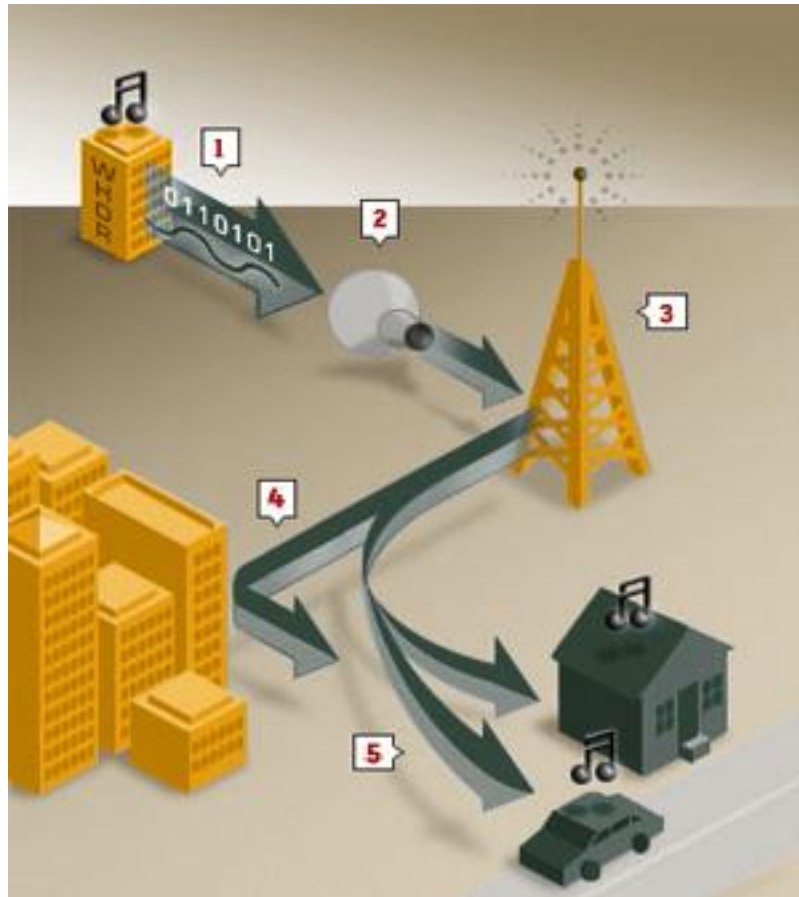


Fig.2.1. Funcionamiento de la radio digital

16

Para poder digitalizar la radio, se sigue una serie de procesos graficados en la Fig. 2.1. los mismos que describiremos a continuación:

- 1) La radio emisora convierte sonidos en paquetes de datos (señal digital), que comprende una serie de números denominados bits. Estos bits junto con las señales para los datos de texto son enviadas.
- 2) La radio digital envía la señal digital por medio de una radio frecuencia única (AM/FM).
- 3) Las señales digitales se comprimen y transmiten desde el transmisor digital de la estación, y se envían a una antena de la torre para su distribución.
- 4) La antena ubicada en la torre transmite las señales digitales, mediante el uso de ondas del espectro electromagnético.

¹⁶ Pellat Paz Marco, Política 2.0, "La radio digital" (Octubre, 2010): disponible en <http://www.slideshare.net/politicadospuncocero/la-radio-digital-marco-paz-pellat>.

Las interferencias por trayectoria múltiple provocadas por la reflexión de la señal en elementos como edificaciones, es descartada por la radio digital.

5) Llega la señal a los receptores digitales de radio. [17]

2.4. Proceso de digitalización

En las distintas tecnologías se aplica el siguiente proceso para la digitalización en radiodifusión, primero la subportadora de alta velocidad FM (HSS), introduce datos digitales en la radiodifusión convencional, añadiendo la señal digital de datos a la señal de audio existente antes de la modulación en FM.

Luego, para el funcionamiento en la banda y en el mismo canal (IBOC) MF, se realiza una transmisión totalmente digital, adicional a la FM convencional. Esta señal es independiente y se añade a la señal de FM convencional tras la modulación de FM. A diferencia de otros sistemas, éstos no suprimen el servicio analógico sino que proporcionan servicios adicionales que se prevé serán compatibles con las emisiones AM o FM para equipos receptores de datos digitales. En la Fig. 2.2. se esquematiza el proceso: [18]

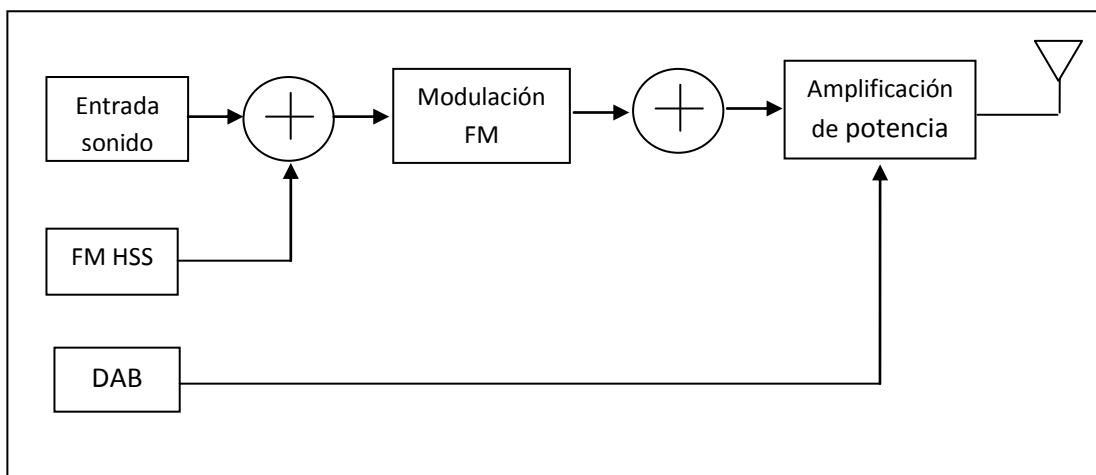


Fig. 2.2. Inserción de FM-HSS y de la FM IBOC en la radiodifusión convencional en FM.¹⁷

2.5. Organismos internacionales de la radiodifusión sonora digital

Existen dos organismos internacionales que dictan normas para temas relacionados con la implementación y prestación del servicio de radiodifusión sonora, entre los que se encuentran:

¹⁷ Revista 13, ITU-D, "Radiodifusión de datos" (Abril, 2003): disponible en http://www.itu.int/ITU-D/study_groups/SGP_1998-2002/SG2/Documents/2001/186REV1S3.DOC.

- 1) La UIT, Organización de las Naciones Unidas que apoya el desarrollo y crecimiento de las redes de Información y Telecomunicaciones, garantizando el acceso para cerrar la brecha digital. Para esto se definieron tres sectores: el de Radiocomunicaciones (UIT-R), Normalización (UIT-T) y Desarrollo (UIT-D).

El sector de la UIT-R cita recomendaciones de cobertura internacional para el uso eficiente de la gestión del espectro de radiofrecuencias y parámetros satelitales, incluido los sistemas y requisitos de servicios de radiodifusión sonora digital publicados en el manual DSB. Entre las recomendaciones para los servicios de radiodifusión sonora están:

- UIT-R BS. 774-02: servicios de radiodifusión sonora digital terrestre, para receptores en vehículos portátiles y fijos, en las bandas de ondas métricas y decimétricas.
- UIT-R BS. 1114-6: características de los sistemas de radiodifusión sonora digital terrestre, para receptores en vehículos portátiles y fijos en las frecuencias de 30 MHz – 3000 MHz.
- UIT-R BS. 1348-1: requisitos de servicio de radiodifusión sonora digital para frecuencias inferiores a 30 MHz.
- UIT-R BS. 1349: instalación de radiodifusión sonora digital terrestre de receptores en vehículos portátiles y fijos, en las bandas de ondas kilométricas, hectométricas, y decamétricas.
- UIT-R BS. 1514-1: características de sistemas de radiodifusión sonora digital para frecuencias inferiores a 30 MHz.
- UIT-R BS 1547: componente de los sistemas de radiodifusión sonora digital terrestre híbrida por satélite/terrenal para receptores en vehículos portátiles y fijos, en las frecuencias de 1400MHz – 2700 MHz.
- UIT-R BS 1548- 2: requisitos de usuario para sistemas de codificación de audio de radiodifusión digital.
- UIT-R BS 1661: especificaciones de la señal en el aire del sistema digital del Anexo 1 de la recomendación UIT-R BS 1514, para radiodifusión sonora digital en las bandas inferiores a 30 MHz.
- UIT-R BS 1679: evaluación de la calidad de sonido en aplicaciones.

- UIT-R BS 774 y BO. 789: requisitos de los sistemas de radiodifusión sonora digital en aplicaciones terrestres y satelitales, teniendo en cuenta las limitaciones de los sistemas análogos actuales. [19]

- 2) La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL), entidad especializada de la Organización de Estados Americanos (OEA), organiza el principal foro de Telecomunicaciones con la participación de los gobiernos de la región y el sector privado americano. Su objetivo es el de coordinar las tecnologías de la información y comunicaciones. Entre los documentos de la CITEL relacionados con la Radiodifusión Sonora Digital, se encuentran: p2-0313r1-e, p2-0313r1-e, p2-0388-e, p2-0401-e, p2-0313r1-e, p2-0403-e, p2-0418-e, p2-0418r1-e, p2-0422-e, p2-0422r1-e, entre otros. [14]

2.6. Ventajas de la radio digital

- AM tendrá una fidelidad similar a la calidad HI-FI.
- Optimiza la utilización del espectro radioeléctrico, por tanto ampliará su programación y espacios publicitarios.
- Distribución de un mayor número de canales por los actuales medios de propagación, conjuntamente con la multiplexación de cinco o más servicios de alta calidad por cada canal.
- Eficiencia en el transporte de información
- Garantiza la calidad sonora en la recepción con niveles de señal reducidos, con una relación entre la señal recibida y el ruido de 9 dB, frente a los 50 dB requeridos en FM.
- Inmunidad a las interferencias comunes en lo analógico.
- Eliminación de la estática en la transmisión.
- Mejora la propagación al superar las reflexiones por obstáculos, mayor protección ante interferencias y perturbaciones.
- Sistema de codificación que distribuye la información en un amplio rango de frecuencias.
- Técnica de comprensión del sonido adaptada al oído humano.
- Menos degradación de la señal por la incorporación de corrección de errores.
- Multiprogramación con Redes de Frecuencia Única (Single Frequency Network, SFN) o redes multifrecuencia (MNF).

- Permite configurar las SFN para la recepción de un programa en la misma frecuencia para toda la zona de cobertura, sin necesidad de resintonizarlo en el equipo receptor.
- Posibilidad del “multicasting”, recepción de varios servicios y transmisiones en un mismo canal.
- Utiliza un único bloque de transmisión de baja potencia, dando lugar a un mayor número de estaciones.
- Depuración de todos los defectos que producen los equipos en AM o FM analógica, e interoperabilidad con las aplicaciones y equipos de telecomunicaciones.
- Manipulación digital de imágenes.
- Programación flexible por la incorporación de servicios como subtítulos, inserción de anuncios, visualización de varios canales en una pantalla, interactividad, etc.
- Cada receptor digital contiene un componente de computadora capaz de filtrar las señales y ruidos indeseados en la recepción.
- Menor consumo de energía por el transmisor.
- Mayor cobertura de zonas utilizando la misma frecuencia con el empleo de repetidores.
- Incorporación de receptores móviles y portátiles libres de interferencias.
- Supresión de los efectos asociados con la propagación de señales, con las técnicas de transmisión para que la recepción tenga alta calidad.
- Facilidades para transmitir mayor número de programas en condiciones de calidad adecuadas, mediante la multiplexación.
- Variedad en la información recibida como: audio, datos, imágenes, mapas, video, multimedia, etc. [12] y [20]

2.7. La radio digital AM

La radio digital en AM proporciona una mejora importante en la calidad, claridad, nitidez, y recepción de sonido, a diferencia de la radio analógica, teniendo como resultado un sonido similar al de FM en analógico, pero esta calidad depende del ancho de banda disponible del espectro. Respecto a la recepción presenta mayor inmunidad a las interferencias como el ruido y elimina las imperfecciones como la distorsión de la radio analógica.

Según la UIT¹⁸ los requisitos básicos que debe cumplir la radiodifusión sonora digital en las bandas por debajo de los 30 MHz, son:

- Uso eficiente del espectro radioeléctrico.

¹⁸ Recomendación UIT-R BS.1514

- Alta comprensión de audio.
- Trasmisión de datos y audio.
- Calidad de audio similar a la frecuencia modulada.
- Robustez entre la señal recibida y calidad del audio.
- Posibilidad de transmitir señales estereofónicas.[6] y [21]

2.8. Importancia de la migración digital para la radiodifusión AM

Con esta migración digital, podremos desestimar algunas de las características análogas propias de AM, que hacían de la misma una radio en desuso; pero al reducir la brecha digital se podrá prestar las siguientes mejoras:

- En AM, calidad de audio parecido al FM estéreo.
- Con DRM no se eliminara en su totalidad en fenómeno natural del desvanecimiento en las ondas cortas, pudiendo durante la recepción producirse interrupciones, dependiendo de los lugares de emisión de la señal. Esto dependerá de la propagación adecuada de la señal, su potencia y la sensibilidad de los equipos receptores.
- Requiere un nivel de campo inferior al que usa AM alcanzando la misma cobertura.
- Reduce el consumo de potencia (entre el 40 – 50% aproximadamente) en la transmisión de la señal digital para la misma zona de cobertura, por tanto disminuye los costos de operación.
- Las antenas son configuradas para dar cobertura a determinada zona con propagación (onda superficial, onda ionosférica), proporcionando servicio diurno y nocturno, alcanzando grandes distancias con sonido claro.
- No causará interferencias en otros sistemas.
- Ampliación de radio escuchas.
- Ingresos publicitarios.
- Fidelidad del sistema.
- Flexibilidad de contenido por el rango de emisión de datos y audio simultáneamente.
- Confiabilidad en recepción interior y móvil.
- Receptores económicos.
- Servicios de datos o valor agregado que los radiodifusores pueden o no incluir en la transmisión.
- Sintonización de estaciones, basándose en el nombre de la estación y no en la frecuencia, mediante el identificador o etiqueta del servicio.

- Los receptores tendrán la capacidad de sintonizar dinámicamente la frecuencia del canal óptimo, sin tomar en cuenta las frecuencias donde determinado programa desaparece gradualmente en su frecuencia primaria o es afectado por interferencias, puesto que el receptor sintonizara otro canal del mismo programa pero sin interrupciones.
- Envío de datos en los rangos de AM y SW.
- Capacidad de difusión de datos comenzando con el uso de tan solo 80 bps como un valor agregado al sistema, enviando solo pequeños mensajes; en donde se usara los últimos 4 bytes de una trama lógica del servicio de audio para transportar los mensajes. Luego, el servicio de datos usara el “modo paquete”¹⁹ para el envío de datos avanzados, aplicando el protocolo MOT (Multimedia Object Transfer) con transmisión de datos de hasta 256 MB de capacidad en DRM.
- Uso de SFN en la transmisión, mediante la cual permite la emisión de la misma señal en el mismo canal de frecuencia en distintos transmisores; estas señales son alineadas en el tiempo, de tal manera que la diferencia de llegada entre la primera y la última, están dentro del intervalo de guarda para evitar interferencias negativas y mejorar la recepción.
- Permite complementar y trabajar simultáneamente con otros estándares, ya que mediante la señalización de frecuencia alternativa (AFS); al sintonizar un programa en el receptor puede buscar los programas similares en contenido en otros sistemas como DAB, AM o FM o dentro de DRM, esto es en caso de que la señal sintonizada tenga interferencias y se pueda hacer un cambio inmediato en la recepción. [6], [22] y [23]

2.9. Estándares de radiodifusión sonora digital terrestre

Los sistemas de radio digital pueden operar en el mismo canal, con los mismos servicios de radio analógica actuales, mientras que otros sistemas requerirán nuevos canales en las mismas bandas de radio analógica o de televisión existentes, o nuevos canales en bandas que se usan actualmente y que no transmiten servicios. Según los estándares para radio digital existen varias plataformas de transmisión, como:

La radiodifusión terrestre digital, según la recomendación ITU R BS.774-2, define como estándares que cumple con las condiciones requeridas a: DAB, IBOC, DRM, entre otros; cada uno cumple con un conjunto de principios técnicos, aplicaciones, características, servicios de acuerdo a mecanismos de gestión de la información; que han permitido un impulso paulatino al denominado “apagón analógico”, como requisito básico para iniciar la

¹⁹ Modo paquete, ETSI ES 201 980 y ETSI TS 101 968

transmisión y las pruebas técnicas digitales en un área; ya que todo el equipo de transmisión y recepción es establecido de acuerdo al estándar elegido para una comunicación eficaz.

Los estándares digitales existentes presentan cada uno sus respectivas características, diferentes de las que se usan actualmente en lo analógico, siendo este un problema en el momento de digitalizar a las radios de acuerdo a los formatos que usan, como su frecuencia de transmisión, esquema de modulación, canalización, codecs de audio analógico, entre otros. A continuación se detallan las características de los estándares digitales terrestres existentes: [20] [24] y [59]

2.9.1. Digital Audio Broadcasting (DAB).

- Definición

El sistema de radiodifusión digital, es una tecnología de transmisión digital terrestre de radio que se creó a partir de septiembre de 2005, mediante el proyecto Eureka 147; siendo actualmente utilizada en más de 30 países. Conjuntamente con el nacimiento de este estándar, surgió el sistema norteamericano IBOC impulsado por el consorcio USA Digital Radio (USADR).

Es un sistema de multiservicio de alta calidad que persigue el objetivo de ofrecer a los usuarios un servicio totalmente digital con transmisiones de audio digitalizado, codificaciones de video, gráficos, datos, radio texto, e interactividad en tiempo real, entre otros.

El receptor DAB funciona automáticamente para vía terrestre con T-DAB y vía satélite con S-DAB o por cable. [25]

- Tipos:

Entre las variaciones de DAB están: DAB+ y Eureka 147.

El sistema DAB+ es más eficiente, ya que usa el códec de comprensión de audio HE-AAC v2 (MPEG-4 High Efficiency AAC v2 profile), conocido a nivel mundial. La base tecnológica para DAB+ es la misma que DAB, pero con más aplicaciones y nuevos protocolos de transporte y control de errores en la capa física.

Para migrar a DAB+ se necesita sustituir los codificadores, ya que las antenas y emisores son compatibles con DAB, y los receptores deben tener las características para este estándar.

Dentro de Eureka 147, existen 2 modelos: Eureka 147 Europa y Eureka 147 Canadá.

- Eureka 147 Europa: El estándar DAB Europeo fue desarrollado para operar en la banda III en el rango de frecuencias de los 174 [MHz] a 240 [MHz] y en banda L de los 1452 [MHz] a 1467.5 [MHz] para el servicio terrestre y en el rango de frecuencias de los 1468 [MHz] a 1492 [MHz] para el servicio satelital, opera en bloques de 7 [MHz] divididos en 4 múltiplex de 1.5 [MHz]; en cada múltiplex de 1.5 [MHz] pueden operar 5 estaciones con 256 [Kbps] cada una.
- Eureka 147 Canadá: El estándar DAB Canadiense opera en la banda de frecuencias de 1452 a 1492 [MHz] con 23 múltiplex de 1.5 [MHz], donde en cada múltiplex de 1.5 [MHz] pueden operar 5 estaciones con 256 [Kbps] cada una. [2]

- Antecedentes

DAB comenzó su desarrollo en 1981 en el Institut für Rundfunktechnik, y desde 1987 bajo el proyecto “Eureka 147”, publicó el “sistema DAB”. En 1995 fue aprobado como estándar para Europa (ETSI 300 401). DAB actualmente cuenta con la promoción del World DMB Forum.

El organismo encargado de la definición de estándares de la familia Eureka 147, incluye DAB y DAB+ para radio digital y DBM para radio multimedia y televisión móvil, es el WorldDBM Forum.

Entre los países donde se usa, están: España, Italia, Suecia, Alemania, Francia, Reino Unido, Bélgica, Australia, Israel, China, Suiza, Singapur, Noruega, Kuwait, entre otros (Ver Apéndice B).

- Características

- Calidad de audio Hi Fi.
- Inmunidad a las interferencias por la propagación por trayectos múltiples y accidentes del terreno, que constituyen una garantía para la recepción de datos sin errores en un entorno móvil.

- El sistema receptor utiliza aplicaciones informáticas y soporta la programación dinámica.
 - Opera en una banda de frecuencias distinta a las frecuencias de la radio AM o FM
 - La misma frecuencia es utilizada para todos los transmisores y en las áreas de superposición; mediante un único bloque de frecuencias, conocidas como multiplex que se utiliza para llevar un servicio.
 - Combina tres canales en el sistema de transmisión.
 - Aplica modulación OFDM, donde la información se distribuye en múltiples portadoras, encapsulando la información en una trama denominada "DAB"
 - Puede alojar hasta 6 programas de música estéreo en el ancho de banda de un canal (1,5 MHz).
 - No necesita resintonización en el receptor, porque utiliza la misma frecuencia en toda su cobertura.
 - Aprovecha el espectro radioeléctrico, pero con una reasignación de frecuencias
 - Método de codificación empleado con niveles de calidad sonora.
 - Como método de corrección de errores se usan códigos de entrelazado para la transmisión de la señal.
 - El multiplex permite seleccionar varias estaciones, formando así un bloque de 1.5 Mbit/s y emitidos juntos a una misma área.
 - Desarrolla redes de frecuencia única SFN para tener cobertura extensas con un único canal. [13] y [59]
- Servicios
 - Maneja la comunicación íntegra; es decir, permite transmitir digitalmente el audio, servicios adicionales de texto e imagen.
 - Transportar una gran diversidad de servicios de datos asociados a los programas o independientes. La categoría de servicios asociados a los programas proporciona información adicional sobre el programa sonoro recibido.
 - Transporte simultáneo de servicios múltiples de audio y datos, incluyendo medios multimedia.
 - Sistema Radio Data System (RDS), que utiliza la infraestructura de transmisión de las radiodifusoras en FM para transmitir datos en forma de texto como: el nombre de la estación, sintonización automática de la señal más fuerte y estado del tráfico, clima, publicidad, etc.
 - El sistema está diseñado para llevar múltiples señales de audio digitales, junto con señales de datos, como componentes del servicio.

- Ofrece mayor cantidad de contenidos, dirigidos a audiencia definidas.
 - Sus equipos son dispositivos multimedia para escuchar radio a través de internet, y sirve como canal de retorno para la radio digital y sus servicios interactivos.
 - Información multimedia, recepción no solo de audio sino de servicios de datos e incluso gráficos y videos.
 - Receptor sencillo para su uso en la selección de programas mediante un menú textual sencillo con una descripción del programa, además dependiendo del receptor permite grabar el programa para escucharlo más tarde.
 - Permite adaptar diferentes velocidades de trasmisión, y multiplexor digitalmente varios tipos de fuentes y canales con opciones de codificación de los programas de datos y servicios.
 - Datos asociados al programa (PAD), que se dedican a la información de los programas de audio: títulos musicales, autor, texto de las canciones en varios idiomas. La capacidad del PAD es ajustable (mínimo de 667 bit/s con MPEG-1 o 333 bit/s con MPEG-2)
 - Servicio de datos generales que no están relacionados con el audio, transmitidos en el multiplexor en paquete.
 - Selección de contenido del programa de datos para incorporar información de servicio (SI).
 - Información de control (MCI) que contiene los datos de control necesarios. [26] y [27]
- Equipos

Uno de los requerimientos de DAB es la compra de un nuevo transmisor, aunque adicional a esto es la operación y mantenimiento para ser compartido por varias emisoras. En el período de transición, se requieren transmisores DAB y análogos, que requieren más energía eléctrica que transmisiones análogas.

Los receptores DAB consumen mucha energía, esto plantea un problema importante para los receptores portátiles. [25]

- Especificaciones Técnicas

Es un sistema que requiere un ancho de banda de 1.5 MHz a una velocidad de 1.2 Mbps, con variedad de servicios a velocidades diferentes con calidad estéreo 192 Kbps y

calidad mono 64 Kbps. Puede entregarse en forma terrestre, vía satélite o híbrida (satélite – terrestre) y redes de cable.

Entre sus servicios DAB, además ha desarrollado los códigos de tipo de programa (PTY), que dio lugar al sistema RDS que muestra el nombre de la estación y permite a los radioescuchas una sintonización automática de la señal más fuerte y la información de tráfico. El espectro adicional hará que DAB ofrece RDS básico, que permite enviar a una pantalla LCD conectado al receptor DAB nombre de la canción, artista e incluso el nombre del álbum. Entre las limitaciones del sistema RDS es el ancho de banda reducido de 4,8 KHz centrado en una subportadora de 57 KHz con velocidad de transmisión de 1187,5 bit/s.

DAB es un sistema de multiplexación que contiene diferentes canales de datos y de audio digital comprimido, con protección contra errores por codificación convolucional y entrelazado de tiempo y modulación COFDM, para proporcionar a la señal digital excelentes características para su recepción. (Ver tabla 2.1.) [2] y [59]

Tabla.2.1. Especificaciones técnicas del sistema DAB.

Especificaciones técnicas DAB	
Características	Datos
Sistema	Eureka 147
Estándar	Abierto
Banda de frecuencias	Banda III de VHF(176 – 230 MHz) Banda L (1452 – 1492 MHz)
Ancho de banda	1.5 MHz
Modo híbrido	No
Separación entre portadoras	1 KHz
Frecuencia de muestreo	48 kHz, MPEG 1 (ISO/IEC 11172-3) 24 kHz, MPEG 2 (ISO/IEC 13818-3)
Transmisión de datos	32 y 192 Kbps (48 KHz) 8 y 160 Kbps (24 KHz)
Canales de audio	6 programa estereofónicos de 192 Kbit/s cada uno
Codificación de audio	MPEG 1 capa II, MPEG 2 capa II
Velocidad de codificación	8 – 384 Kbps
Modulación	OFDM
Modo de transmisión	Canal único mono, canal duo mono, canal estéreo, y canal estéreo asociado.
Velocidad de transmisión de datos	0,8 – 1,7 Mbps
Portadoras	192 – 1536

Intervalos de guarda	0,246 ms
Enlace	Terrestre
Tipo de red	Frecuencia única SFN
Cobertura de transmisores	60 Km
Mecanismos de transporte	Canal de información rápida FIC y Canal de servicio principal MSC
Protección de errores	UEP y EEP
Tipo de red	Frecuencia única o SFN
Norma	ISO/IEC 11172-3
Eficiencia	0,5 – 1,2 bps / Hz
Audio	Hi Fi mono – estéreo
Servicio de datos	PAD, N-PAD

Fuente: [14] y [20]

El estándar DAB, básicamente tiene tres entradas de información (Ver Fig. 2.3.): el primero con información de audio convencional, el segundo con la información asociada a los servicios de datos de valor agregado de la radio digital, y el tercero con la información de control del servicio DAB. [28]

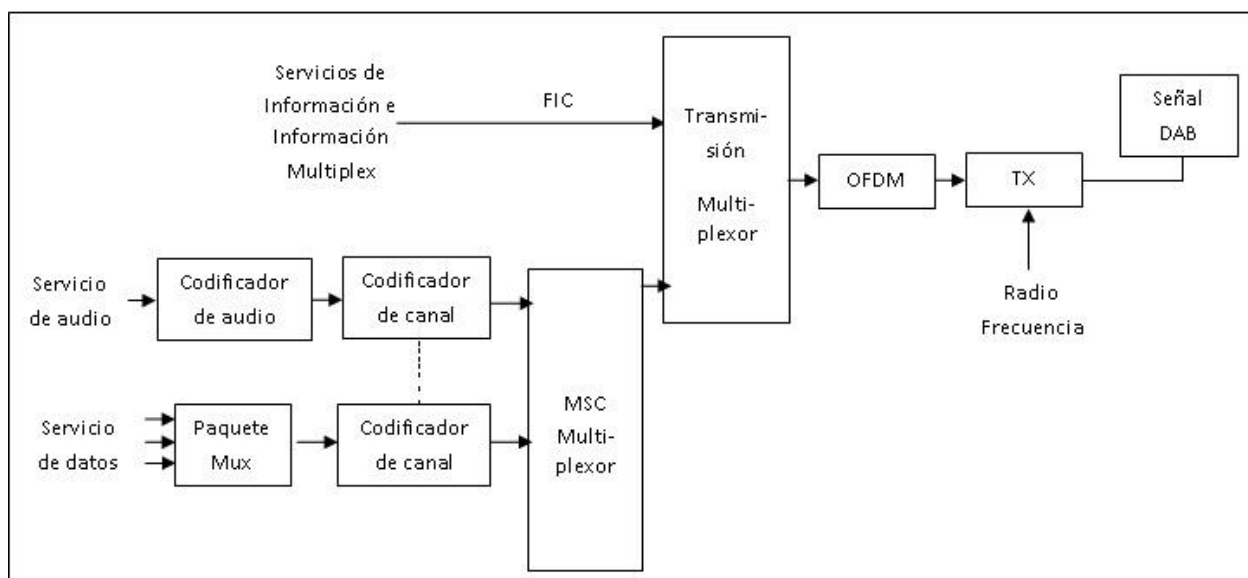


Fig. 2.3. Diagrama de bloques de transmisión DAB.²⁰

- Codificación de datos del programa

En el codificador ingresan las señales de audio con su PAD (Datos asociados al programa), para poder generar la trama de audio DAB que será procesada.

²⁰ Bustacara V Jorge, Rodríguez Alexandra, Universidad Santo Tomas, "Propuesta de estandarización para la adopción y prestación del servicio de radiodifusión sonora digital en Colombia" (Bogotá, 2012), pág. 103: disponible en <http://radiodigitalparacolombia.com/Trabajo.pdf>.

La técnica de codificación (Ver Fig. 2.4.) y comprensión que usa DAB es la denominada MPEG o MUSICAM. Así la señal digital estéreo necesita una capacidad de 1,4 Mbps, con MP2 necesitan sólo 192 Kbit/s sin afectar a la calidad, debido a que se tiene en cuenta las capacidades psicoacústicas del oído humano. Además, la señal DAB es capaz de transportar 1,2 Mbps de datos, por eso se puede multiplexar las señales comprimidas de varios MUSICAM, hasta 6 programas.

En la codificación de audio convencional, primero se digitalizan las señales analógicas mediante Pulse Code Modulation (PCM) a una frecuencia de muestreo de 48 KHz o 24 KHz (MPEG-1/MUSICAM), con resolución de 22 bits en cada muestra. Posteriormente, se comprime la señal audio de acuerdo a las características psicoacústicas del oído humano y finalmente ser codificadas las muestras con la técnica MPEG Audio Capa 2 (rango de frecuencias de audio que son sensibles al oído es decir de 20 Hz a 15 KHz), con la introducción de Program Associated Data (PAD) para formar la trama DAB. Esta técnica permite manejar tasas desde 8 kbps hasta 384 kbps. [16]

La trama DAB (Ver Fig. 2.5) está compuesta por los siguientes canales: MCI información de control necesarios para la demultiplexación de la trama, SI información suplementaria de los contenidos del programa, y FIC datos del canal de información rápida. Entre los canales para servicios de datos son el Fast Information Data Channel FIDC que forma parte de FIC, Program Associated Data PAD que permite enviar información con las tramas de audio, y el No Program Associated Data N-PAD que permite transmitir información de los canales de datos no asociados al los canales de audio. [59]

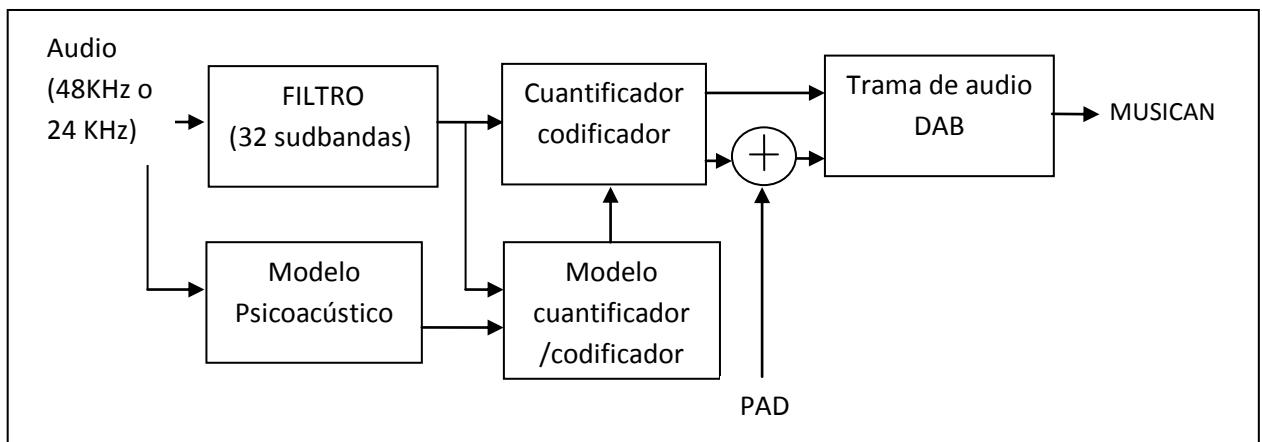


Fig.2.4. Codificador DAB de audio MPEG-2.²¹

²¹ Radiodifusión Digital, “ Análisis para el fortalecimiento del marco regulatorio del sector de las telecomunicaciones” (Diciembre, 2004), pág. 18: disponible en http://procesostarifarios.subtel.cl/prontus_subtel/site/artic/20070503/asocfile/20070503153845/9_estudio_radiodifusion_digital.pdf

Según el estándar ISO/IEC 11172-322 define que la velocidad de datos de audio estéreo depende de la transmisión y de su frecuencia de muestreo, si es de 48 KHz (MPEG-1) con velocidad es de 32 y 192 Kbps o 24 KHz (MPEG-2) con velocidad de 8 y 160 Kbps. [2] y [29].

- Trama DAB

La trama DAB es generada por el codificador MPEG por la división de la señal de audio, es una estructura que repite periódicamente los símbolos OFDM, con períodos de tiempo de transmisión de cada 24ms con corrección de errores y los datos para su decodificación.

La trama DAB (audio+PAD) es la base para la modulación COFDM para generar la señal DAB, como fuente de datos al receptor (Ver Fig.3.6.), en esta trama se combina tres señales que salen del multiplexor, entre los canales que contiene son:

- *Canal principal de servicio (MSC)*: se utiliza para el transporte de componentes de servicio y datos de audio en subcanales multiplexados en el tiempo con distintas velocidades cada uno.
- *Canal de información rápida (FIC)*: se utiliza para un rápido acceso a la información por el receptor, es decir, información de configuración múltiple, configuración del multiplex (MSC), servicio de información (SI), información de acceso condicional (CA), y servicios de datos opcionales. Es un canal de baja velocidad 4 Kbps.
- *Canal de sincronización*: utilizado internamente en el sistema de transmisión para las funciones básicas del demodulador en el receptor, correcta sincronización de la trama, control de frecuencia, estado del canal e identificación en el transmisor.

Cada canal dispone de datos de diferentes lados y forma una secuencia de transmisión. La organización y su tamaño dependen del modo de transmisión.

²² Estándares generales para el audio y video y su interacción. MPEG-1 está compuesta por 3 capas, la 2 capa es para DAB con dos canales mono y estéreo.

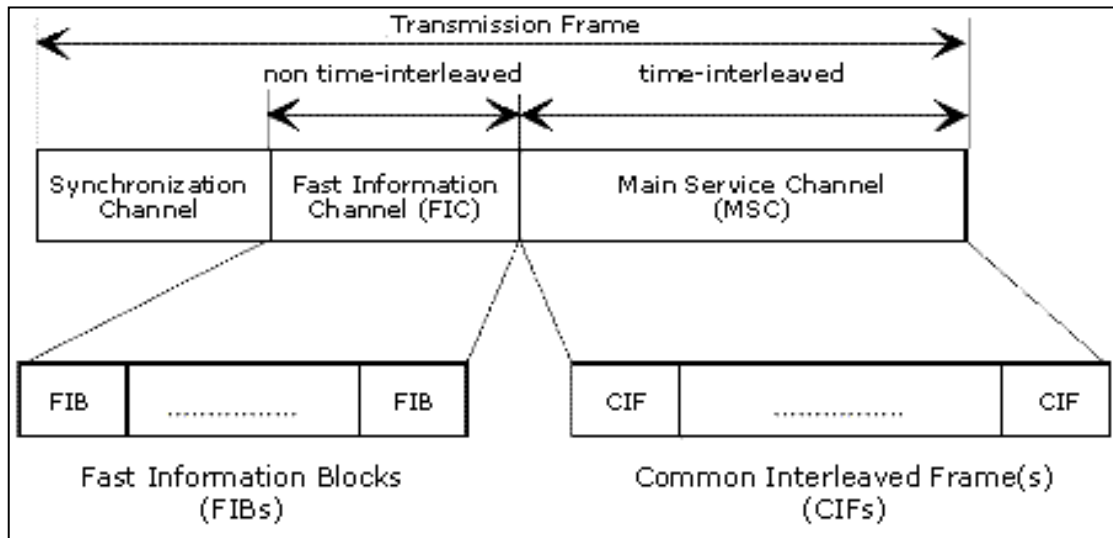


Fig.2.5. Trama DAB ²³

La señal DAB se selecciona en el sintonizador al pasar solamente las pistas deseadas destinadas a frecuencias de radio, la salida digitalizada se alimenta en el demodulador COFDM, una porción va al decodificador de canal para eliminar los errores de transmisión y la otra parte se envía a la FIC que transmite a la interfaz de usuario, donde se selecciona el servicio deseado ajustando de este modo al receptor correctamente.

Finalmente, la información transmitida es distribuida en el dominio de la frecuencia y del tiempo, logrando que se elimine la atenuación o distorsión en la señal que llega al receptor, mediante la codificación y multiplexación de las señales en OFDM, distribuyendo la información en frecuencias. [2] y [30]

- Multiplexación

El multiplex Main Service Channel (MSC) transmite varias señales, como datos de control necesarios para las demultiplexación de los servicios de audio, por un mismo canal en el dominio de la frecuencia y del tiempo.

Las señales de audio y datos antes de la multiplexación pasan por un proceso de dispersión de energía para la uniformidad del espectro, codificación convolucional para corregir errores con un código redundante, y entrelazado en el dominio del tiempo temporal para separa los bits de un código en el tiempo. Luego estos bits van al MUX que está

²³TELECO, Gomes Gilmar, "Secao: Tutoriais radio e tv": disponible en http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialdab/pagina_3.asp

compuesto por un flujo de tramas lógicas de entrelazado común Common Interleaved Frame (CIF) que van de 1 a 4, estas ingresan al MSC.

Para la multiplexación en el MSC y FIC, se calcula los coeficientes en el dominio de la frecuencia mediante el mapeo de símbolos QPSK en la trama DAB, y posteriormente se aplica la Transformada Discreta de Fourier para generar la señal OFDM en el tiempo. Luego, a partir de los símbolos QPSK, se generan símbolos D-QPSK, y se introduce el símbolo para el sincronismo y la protección al sistema con el entrelazado en frecuencia para la demodulación. [25]

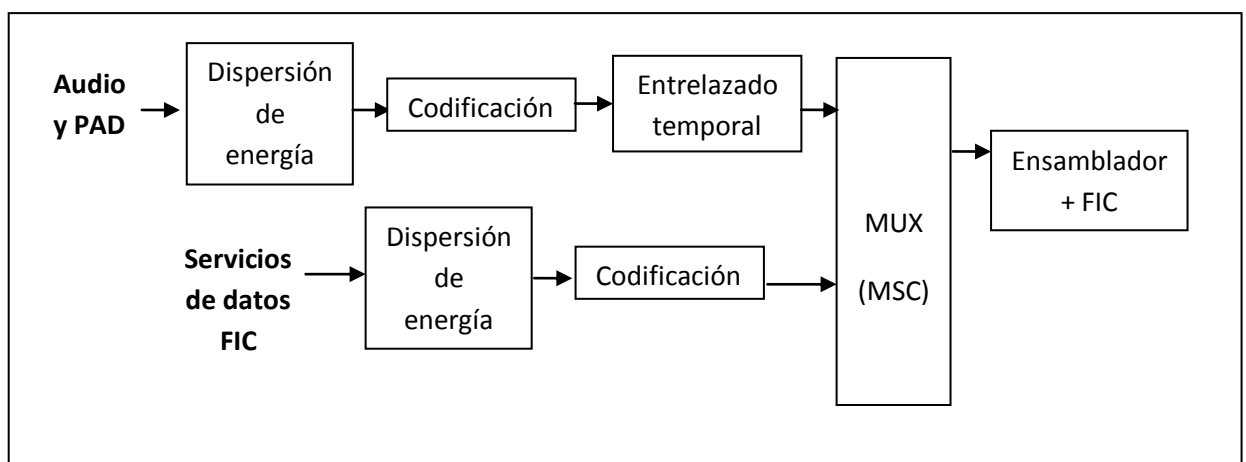


Fig. 2.6. Esquema del generador de la señal DAB.²⁴

La Fig. 2.6. muestra el diagrama de bloques de un generador de señal DAB, donde cada servicio de la señal se codifica de forma individual en la fuente, el error de protección y fuente de tiempo están insertados en el codificador de canal; entonces las señales de servicio son multiplexadas en el MSC de acuerdo con la configuración predeterminedada del multiplexor. La señal de salida del multiplexor se combina con la información del control Multiplex y Service Information (SI), que vienen a través del FIC, que se encarga de dar forma al marco de trabajo que será enviado a través de Multiplex transmisor. [2] y [31]

- Modulación OFDM

La señal modulada consiste en un gran número de portadoras espaciadas por intervalos de guarda y a su vez moduladas en QPSK o QAM. La relación entre la potencia pico y la potencia media de la señal está entre 8 a 10 dB. En DAB existen dos posibles bandas de trabajo, el canal 11 y 12 de TV (VHF B-III) o bien la banda L de 1452 a 1492 MHz.

²⁴ Martínez Muñoz Damián, Universidad de Jaén, "Radiodifusión sonora digital" (Julio, 2001): disponible en <http://es.scribd.com/doc/84683311/Radiodifusion-DAB>

Para compensar los problemas de interferencias como multitrayecto y de efecto Doppler que afectan a la señal en su transmisión, se desarrolló la modulación OFDM, donde después del multiplexado se divide la trama ETI en 1536 portadoras que no influyen en las demás, y a cada una de ellas se les asigna un símbolo modulado con la técnica QPSK. Además se introdujo un intervalo de guarda para eliminar interferencias y ruido entre símbolos adyacentes.

En la modulación QPSK al asignarle un símbolo a cada división, permite un mapeo que determina un número complejo de la constelación en el dominio de la frecuencia, que es fijado a los datos que ingresan; y mediante una transformada inversa de Fourier genera la señal OFDM en el dominio del tiempo. [25] y [26]

- Normas:

Las especificaciones de este sistema fueron estandarizadas por el ETSI en febrero de 1995 (ETS 300-401) y constan como las recomendaciones BS.1114 "Sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal para receptores en vehículos, portátiles y fijos en la gama de frecuencias 30-300 MHz" y BO.1130 de la ITU- R para transmisiones de audio terrestres y satelitales respectivamente.

Los servicios de datos especificados en la norma ETSI cuentan con modos de transmisión y presentación orientados a texto, en donde los datos gráficos y otro tipo de información similar ha sido contemplada en la ETSI con la definición de la norma de protocolos MOT (Transferencias de Objetos Multimediales). Sería de gran utilidad un protocolo único de transmisión para los terminales de datos de los usuarios, ya que de esta manera no sería necesario distinguir entre los diversos mecanismos de transporte.

Las recomendaciones ITU-R BS.789 y BO. 1130, por su parte, definen las condiciones requeridas por el sistema para su transmisión en rangos adicionales de frecuencia. [2]

- Modos de transmisión:

El sistema DAB define una serie de modos de transmisión para cada una de las bandas donde puede operar el sistema (Ver tabla 2.2.).

Tabla.2.2. Características de los modos de transmisión del estándar DAB.

Modo de transmisión	Banda de operación	Tipo de servicio
Modo I	B I (47MHz. - 88MHz.) (VHF) B II (87.5MHz. - 108MHz.) (VHF) B III (174MHz. - 230MHz.) (VHF)	Terrestre en redes de frecuencia única.
Modo II	B I (47MHz. - 88MHz.) (VHF) B II (87.5MHz. - 108MHz.) (VHF) B III (174MHz. - 230MHz.) (VHF) B IV (470MHz. - 582MHz.) (UHF) B V (585MHz. - 806 MHz) (UHF) B L (1452MHz. - 1492 MHz.)	Terrestre, la banda L en capacidad de proveerlo satelitalmente y de forma híbrida satelital-terrestre.
Modo III	Menor a 3000MHz.	Satelital, terrestre o híbrido satelital terrestre.
Modo IV	B I (47MHz. - 88MHz.) (VHF) B II (87.5MHz. - 108MHz.) (VHF) B III (174MHz. - 230MHz.) (VHF) B IV (470MHz. - 582MHz.) (UHF) B V (585MHz. - 806 MHz) (UHF) B L (1452MHz.- 1492 MHz) (UHF)	Terrestre, la banda L en capacidad de proveerlo satelitalmente y de forma híbrida satelital-terrestre.

Fuente: [28]

- **Ventajas:**

Las principales ventajas del estándar digital terrestre DAB, sobre la radiodifusión analógica son las siguientes:

- Eficiencia en la utilización del espectro y la potencia. Se consigue intercalando señales de varios programas junto a una especial característica del reuso de frecuencia (Single Frequency Network, SFN) que permite a las redes de difusión extenderse, virtualmente sin límite, gracias a transmisores adicionales que llevan a cabo la misma multiplexación en la misma frecuencia.
- Mejoras en la recepción. La información transmitida se reparte tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia de manera que los efectos de la distorsión del canal y la atenuación puedan ser eliminadas de la señal recibida en el receptor. Para lograrlo, se codifican y se multiplexa las señales en OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing), distribuyendo la información entre un elevado número de frecuencias.
- Calidad de sonido. Podemos llegar a alcanzar una calidad equivalente a la de un CD gracias al layer II del estándar MPEG Audio (conocido como MUSICAM).
- Flexibilidad. Los servicios pueden estructurarse y configurarse dinámicamente.
- Datos asociados al programa (PAD). Se dedican a la información directamente relacionada con los programas de audio: títulos musicales, autor, texto de las

canciones en varios idiomas. La capacidad del PAD es ajustable (mínimo de 667 bit/s con MPEG-1 o 333 bit/s con MPEG-2) Servicios adicionales.

- Menor coste.
 - Mayor robustez y versatilidad.
 - Protección contra errores en la transmisión.
 - Puede ser transmitida a menor potencia que las señales AM o FM tradicional, sin pérdida de cobertura geográfica ya que selecciona el transmisor de mayor potencia automáticamente teniendo una recepción mucho más clara, con menor coste para el operador y menor energía.
 - Transmisores adicionales que llevan a cabo la multiplexación en la misma frecuencia.
 - Utiliza un único bloque para una red internacional, nacional, regional o local con transmisores de baja potencia.
 - La información transmitida se reparte tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia, eliminando la distorsión del canal y la atenuación de la señal.
 - Protege la señal de errores de transmisión con 2 técnicas llamadas UEP y EEP (Unequal/Equal Error Protection).
 - Los servicios pueden estructurarse y configurarse dinámicamente. [17] [32]y [57]
- Desventaja:
 - No permite incluir la señal analógica en el mismo ancho de banda que la digital; es decir, solo se emitirá la señal digital y por tanto los receptores deberán ser solo digitales. [14] [28] y [29]

2.9.2. In Band On Channel (IBOC).

- Definición

El sistema IBOC (In band on channel / Canal dentro de banda) conocido como HD adio, permite la convivencia de transmisiones analógicas y digitales, de esta manera los radios no pierden audiencia, ni afrontan un cambio de frecuencia, ya que la misma frecuencia se usa para que transmita en los dos formatos con una transición gradual hacia lo digital.

Los tres subsistemas principales del estándar IBOC son: el subsistema de transmisión de radio frecuencia, subsistema de transporte y servicios de multiplexado, así como los subsistemas de audio y datos. [26]

IBOC es una norma de radiodifusión terrestre sonora digital de funcionamiento en la banda y en el mismo canal, basado en el sistema iBiquity Digital Corporation, denominada NRSC-5. [16]

- Antecedentes

En los años 90 iniciaron ciertas estaciones de radio privadas de Estados Unidos, trabajo en el desarrollo de un estándar propio para emisiones AM y FM, dando como resultado IBOC, basado en el uso de la banda lateral de baja potencia dentro del espectro del canal asociado a la estación.

Desarrollado por la compañía estadounidense iBiquity Digital Corporation (In-Band On-Channel o Sobre-el-canal), aprobado en el 2002 como estándar único de radiodifusión digital terrestre para AM y FM por la Comisión Federal de Comunicaciones, con los requerimientos de la recomendación ITU-R BS.774.

Entre los países donde se utiliza, son: Estados Unidos, México, Tailandia, Indonesia, Nueva Zelanda, Brasil, Filipinas, Panamá, República Dominicana y Puerto Rico. [14] y [16]

- Características:

- Es un sistema capaz de utilizar las bandas actuales de radiodifusión sonora como de AM (560-1600 kHz) y FM (88 – 108 MHz).
- Propone el envío de audio digital y datos a receptores móviles, portátiles y fijos desde transmisores terrestres con la reutilización de las bandas de AM y FM.
- El sistema acepta señales de audio digital comprimido y utiliza técnicas de procesamiento de señal de banda angosta, para incrementar la robustez de la señal en el canal y favorecer la calidad de audio y datos que se transmita.
- Sistema IBOC híbrido obliga a una re-distribución del espectro en la banda desde los 525 KHz a 1605 KHz para configurar canales de 30 KHz, donde solo habría espacio para alojar 40 canales de radiodifusión.
- Modulación OFDM.
- Mezcla la señal principal y de respaldo.

- Tiene dos modos de funcionamiento: el sistema híbrido “simulcast” y el sistema totalmente digital.
- El modo simulcast permite la emisión en AM y FM en forma analógica y digital simultáneamente, en la misma posición del dial sin interferencias entre ellas.
- El sistema totalmente digital utiliza el mismo sistema códec y métodos de FEC que el híbrido, con velocidades de 20 Kbits/s para audio del núcleo y 16 Kbits/s para el audio mejorado.
- Al transmitir en AM con ancho de banda de 20 KHz, la calidad de la señal es igual a la de FM, mientras que la transmisión de FM es con calidad comparable a la del disco compacto.
- Mejora la calidad del audio en la recepción de la señal, con la inclusión de nuevos servicios en la transmisión de datos.
- Utiliza técnicas de procesamiento señal de banda angosta, como el espaciado entre tramas y corrección de errores hacia adelante.[26] y [33]

- Servicios

IBOC consta de entradas de información de audio y datos, servicios de programa para los múltiples servicios, entre los cuales están:

- Codificador de la fuente de audio AAC (Advanced Audio Coding), complementado por la Replicación de la banda espectral (SBR), para obtener un audio estereofónico de alta calidad FM con ancho de banda por debajo de los 30 MHz. Con una frecuencia de 24 KHz, el códec AAC codifica el espectro de audio hasta 6 KHz, y con SBR hasta 15 KHz se reconstruye los sonidos en la banda superior del audio en el receptor.
- Códec mejorado permite una emisión estereofónica de audio alta calidad.
- Servicio del programa principal (MPS) permite que se mantenga el formato analógico en las transmisiones analógicas y digitales, con capacidad para transmitir datos relacionados con los programas.
- Servicio de programa suplementario (SPS) es una extensión de MPS, que permite transmisiones al mismo tiempo de programas adicionales en formato digital en FM.
- Servicio de identificación de la estación (SIS) brinda la información de control para la selección del usuario conjuntamente con sus servicios.
- Servicio de datos avanzados (ADS) es información adicional de la estación.

- Servicio personal de datos (PDS). Habilita a determinados usuarios para que seleccionen el servicio de datos deseados.
 - Servicios de aplicaciones auxiliares (AAS). Aplicaciones especializadas a un número limitado de usuarios. [33] y [34]
- Costo de equipos

Se ha estimado que en promedio, para poder digitalizar una estación de radio, la inversión oscilará entre \$75.000 - \$250.000 dependiendo del equipo disponible que pueda ser reutilizado así como de la potencia de transmisión que se tenga asignada. A esto súmese el pago anual por el uso de licencia por derechos de autor que se deben hacer a la Corporación iBiquity.

El diseño del sistema IBOC permite a las programadoras el uso de la infraestructura existente para minimizar los costos actuales y permite una migración progresiva del mundo análogo al digital. Su diseño de receptor evita los fracasos de recepción abruptos común en los sistemas digitales al límite del área de cobertura.

Es una tecnología propietaria y costosa, en donde no sólo hay que comprar los equipos transmisores. Pero si una radiodifusora tiene equipos modernos, la conversión analógica a digital puede ser muy simple con tan solo agregar un excitador digital; o en el caso, donde ciertas estaciones pueden necesitar modificaciones del equipo existente es preferible invertir en un nuevo transmisor IBOC.

Los costos de consumo de potencia se incrementan levemente para un sistema AM, asumiendo que el transmisor es sólido y el sistema de antena es relativamente de banda ancha.

Los receptores para la radiodifusión digital IBOC son muy costosos por lo que de no haber una introducción de la radiodifusión digital en el mercado, como ejemplos se conoce que en Estados Unidos las operadoras pagan \$10.000 por año por el uso la licencia para esta tecnología, y esta prevé que irá incrementando en los próximos años hasta llegar a \$25.000 anuales. [16] y [26]

- Especificaciones técnicas (Ver tabla 2.3.)

IBOC opera en AM y FM, con un ancho de banda de 30 KHz para AM y mantiene los 400 KHz para FM, pero con un cambio para AM en el ancho de banda que es de cada 20

kHz. Por eso después del denominado apagón analógico, la emisora debe pasar a ocupar el ancho de banda correspondiente para transmitir digitalmente, ya que esta banda permita mejorar la calidad de la señal de audio y adicionalmente proveer más servicios.

Tabla.2.3. Especificaciones técnicas del sistema IBOC.

Especificaciones técnicas IBOC	
Características	Datos
Sistema	HD Radio / Ibiquity
Estándar	Propietario
Banda de frecuencia	AM, MF (530-1710 kHz) y FM Banda II (87.5 – 108 MHz).
Modo híbrido	Si
Ancho de banda	400 KHz - FM(EEUU) 30 KHZ - AM
Canales de radiodifusión	40
Modos de transmisión	Híbrido, híbrido mejorado y totalmente digital
Rango de datos digitales	96 Kbps audio 4 Kbps datos
Velocidad de transmisión de datos	20 Kbps (núcleo) y 16 Kbps (mejorado)
Codificación de audio	Propietario
Velocidad de codificación	96 – 150 Kbps
Modulación	COFDM
Método de codificación de audio	PAC
Portadoras	1068 – FM
Tasa digital útil	AM: audio 36 Kbps, datos 4 Kbps FM: audio 96 Kbps, datos 4 Kbps
Potencia	26 dB-QPSK, 43 dB-QAM (híbrido) 15 dB-QPSK, 30 dB-16 QAM (digital)
Tipo de red	SFN
Norma	ISO 7498-1
Calidad de audio análogo	FM estéreo AM 4,5 KHz mono
Calidad de audio digital	AM con FM mono FM Hi Fi mono – estéreo
Servicio de datos análogo	AM - NO FM - RDS
Servicio de datos digital	AM - PAD FM - PAD, N-PAD

Fuente: [14] y [33]

En la transmisión del sistema IBOC, los bits de los datos digitales son colocados al azar en un canal lógico por el mezclador que envía la señal aperiódicamente; este comunica al codificador para que realice una corrección de errores FEC en el canal, y al entrelazado para que disperse los errores en tiempo y frecuencia. Los símbolos que salen

del entrelazado son representados por los tipos de modulación que usa IBOC como el 16 QPSK, DQPSK o 64 QAM.

El sistema utiliza el método de multiportadoras OFDM, en el que se multiplexa ortogonalmente diversas portadoras por división de frecuencia, para evitar interferencias. [33]

- Modos

El sistema funciona en tres modos:

- El modo “híbrido” o denominado “simulcast” transmite simultáneamente la señal digital y analógica en el mismo canal analógico o dial sin que hayan interferencias entre ellas, ya que la señal digital es transmitida en las bandas laterales. Además en modo híbrido se aplica un retardo a la señal de audio analógica de banda base respecto a la digital para la sincronización entre ambas, la misma es modulada en OFDM para formar la señal IBOC AM.

En este modo la transmisión de la señal digital ocupa las bandas laterales y debajo de la señal analógica (Ver fig. 2.7.). De este modo, la señal digital puede ser transmitida al mismo tiempo que la señal analógica, lo que permite la transmisión simultánea de programación en los dos formatos, sin necesidad de asignación de frecuencias adicionales para la transición. Este modo no es posible para la emisión estéreo. [26] y [34]

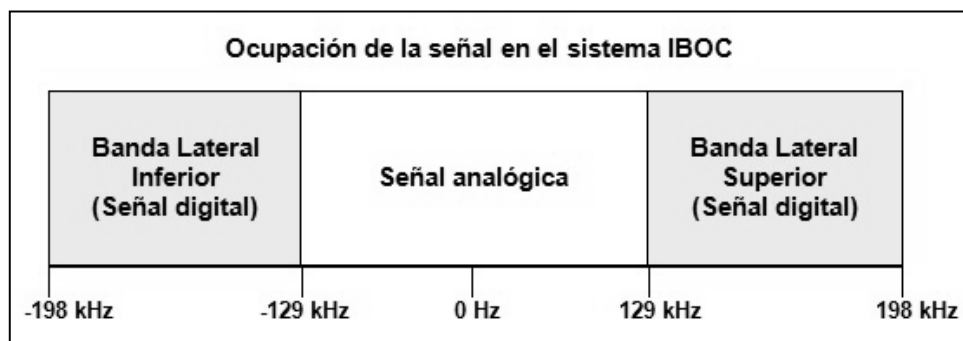


Fig.2.7. Distribución del espectro en el sistema IBOC híbrido para AM.²⁵

En este modo el ancho de banda de audio analógico está distribuido a +/- 5 KHz, quedando la información digital en 162 subportadoras espaciadas en el canal, ubicadas debajo y por encima de la frecuencia central. [35]

²⁵ Telekonomics, “Transición a la radio digital en México” (México, 2012): disponible en <http://telekonomics.blogspot.com/2012/03/transicion-la-radio-digital-en-mexico.html>

- El modo “híbrido mejorado” para FM, se transmite la señal en las bandas primarias lateral superior y lateral inferior, que están a cada lado de la portadora con modulación analógica, ampliando así el ancho de banda de la señal digital.
- El modo “totalmente digital”, es asignado todo el ancho de banda para la transmisión únicamente de señales digitales, mejorando así las características de su funcionamiento y los servicios. Aquí la información analógica es suplida por subportadoras digitales de mayor potencia (Ver fig. 2.8). En este modo la información es contenida en conjuntos de 4 subportadoras digitales, donde la portadora central es referencia. [13] y [14]

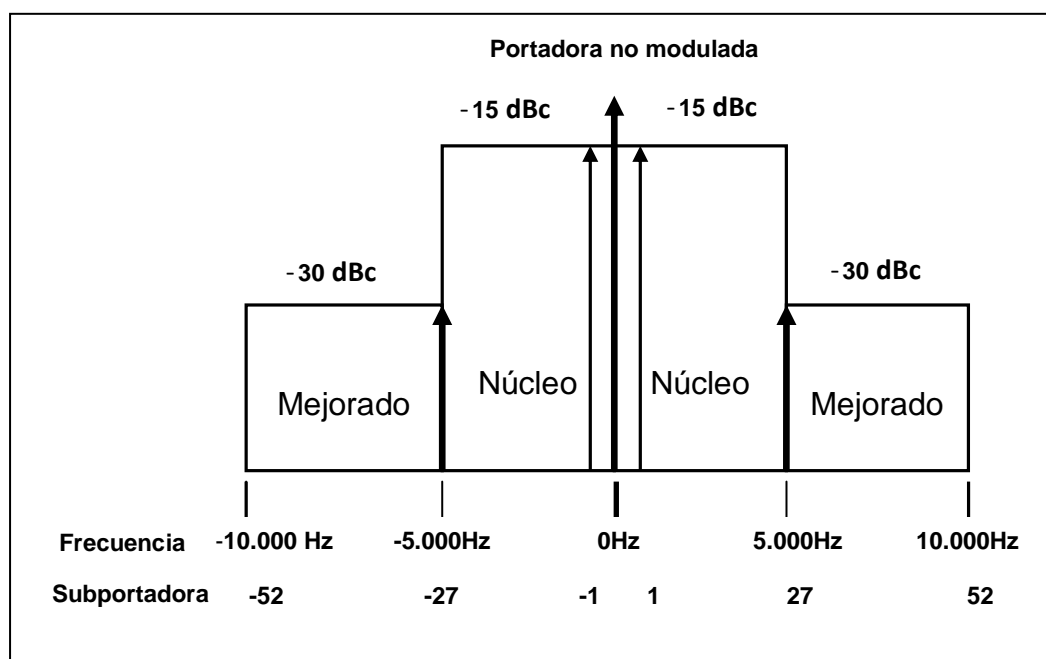


Fig.2.8. Distribución del espectro en el sistema IBOC AM totalmente digital²⁶.

- Funcionamiento de los sistemas

Dentro de la arquitectura del estándar IBOC, emplea como entrada audio digital comprimido, con el uso de técnicas de procesamiento de señales banda-base como entrelazado y corrección de errores hacia adelante (FEC), lo que provee una calidad de audio con menor interferencias en comparación a las señales analógicas. [8]

²⁶ ESPOL, “Estudio y análisis de la tecnología de redes de frecuencia única y su aplicación en la radiodifusión en las bandas AM y FM para la optimización del espectro electromagnético en la ciudad de Quito” (Quito, 2009): disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1451/1/CD-2125.pdf>

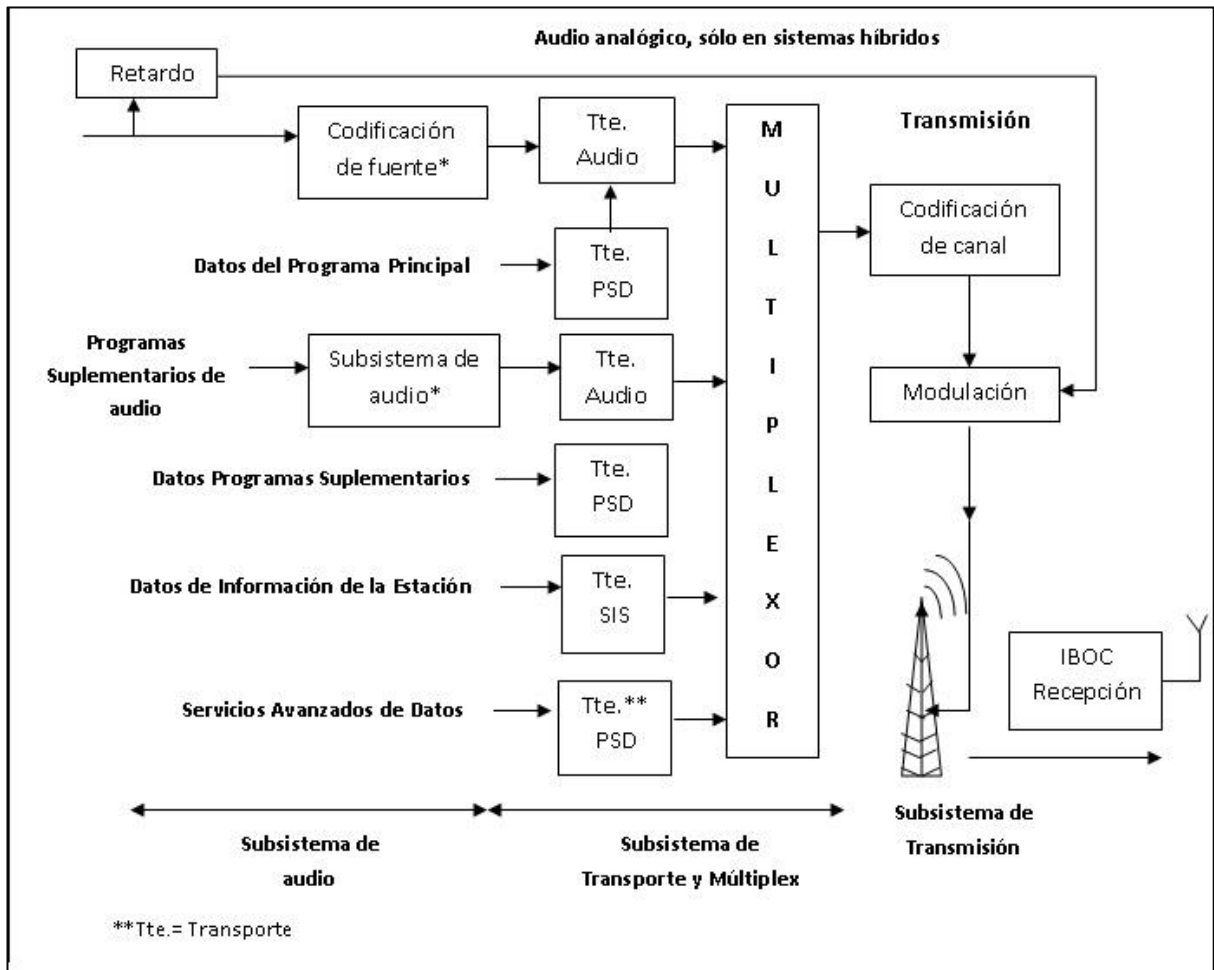


Fig.2.9. Diagrama de bloques del estándar digital IBOC NRSC-5²⁷

IBOC está compuesto de tres subsistemas (Ver Fig. 2.9.) mencionados anteriormente, a continuación detallaremos la función de cada uno de ellos:

- Subsistema de transmisión de frecuencias: emplea el flujo de bits de datos multiplexados para la codificación y entrelazado, modulados en subportadoras OFDM en la recepción, para luego reconstruir los datos para las bandas AM o FM.
- Subsistema de transporte y multiplex de servicio: crea paquetes identificados de manera única como de audio o datos recibidos, los paquetes se agregan al flujo de paquetes del archivo principal, para luego ser multiplexados en un único flujo de datos; esta información se envía para ser transmitida en el subsistema de transmisión de radio frecuencias. El flujo de transporte es en base a la norma ISO 7498-1.

²⁷ CINTEL y el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. "Documento de estudio y análisis para la implementación de la radiodifusión digital en Colombia" (Diciembre, 2009): disponible en http://www.interactic.org.co/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=95&Itemid

- Subsistema de fuentes de recepción de audio y datos: realiza la codificación y compresión de los servicios de programa principal (MPS) de los datos y del servicio de programa suplementario (SPS) de audio; cada servicio posee su propia codificación, compresión y subsistema de transporte basados en estándares abiertos, con el fin de reducir la tasa de bits en las señales de audio. Existen dos tipos de datos de entrada que son los datos de servicios del programa (PSD) que incluye información que describe al programa de audio, y el de servicios de información de la estación (SIS) que provee información general sobre el programa de la estación como también información técnica para aplicaciones no relacionadas con el programa.

En el modo híbrido, el audio análogo del MPS modula la portadora RF para ser receptada por los radios convencionales; este audio no pasa por el subsistema de transporte de audio, al contrario, al mismo se introduce un retardo por diversidad (Tdd) de tiempo para que llegue al receptor contiguo a la señal digital. Además, cuando la calidad de la señal recibida es deficiente, el receptor demodula y reproduce la señal de audio análoga y luego mezcla con la señal de audio digital.

[14] y [26]

- Normas

Los requerimientos para el estándar IBOC están definidos en el documento NRSC-5, aprobado en abril de 2005, por el National Radio System Commite (NRSC) organización privada de los Estados Unidos. Mientras, que las normas de referencia para el estándar genérico IBOC, organizada por iBiquity son:

- *“Doc. No. SY_IDD_1011s rev. E, HD Radio, Air Interface Design Description – Layer 1 FM, iBiquity Digital Corporation, 3/22/05.*
- *Doc. No. SY_IDD_1012s rev. E, HD Radio, Air Interface Design Description – Layer 1 AM, iBiquity Digital Corporation, 3/22/05.*
- *Doc. No. SY_IDD_1014s rev. F, HD Radio, Air Interface Design Description – Layer 2 Channel Multiplex Protocol, iBiquity Digital Corporation, 2/7/05.*
- *Doc. No. SY_IDD_1017s rev. E, HD Radio, Air Interface Design Description – Audio Transport, iBiquity Digital Corporation, 3/22/05.*
- *Doc. No. SY_IDD_1020s rev. E, HD Radio, Air Interface DesignDescription – Station Information Service Protocol, iBiquity DigitalCorporation, 2/18/05.*

- *Doc. No. SY_SSS_1026s rev. D, HD Radio, FM Transmission System Specifications, iBiquity Digital Corporation, 2/18/05.*
 - *Doc. No. SY_IDD_1028s rev. C, HD Radio, Air Interface Design Description – Main Program Service Data, iBiquity Digital Corporation, 3/31/05.*
 - *Doc. No. SY_SSS_1082s rev. D, HD Radio, AM Transmission System Specifications, iBiquity Digital Corporation, 2/24/05.*
 - *Doc. No. SY_IDD_1085s rev. C, HD Radio, Air Interface Design Description – Program Service Data Transport, iBiquity Digital Corporation, 2/7/05.” [14]*
- **Ventajas**
 - Reutiliza las bandas AM y FM; es decir, no hace necesaria la migración a otra banda o rango de frecuencias para la transmisión de señales de radio.
 - Las estaciones pueden continuar transmitiendo de manera análoga simultáneamente con la digital, permitiendo a los usuarios mantener las frecuencias conocidas.
 - Permite que las transmisiones de AM y FM se hagan de manera simultánea tanto en manera analógica como digital en lo que se ha denominado transmisión híbrida.
 - No existen riesgos ya que se cuenta con licencia de radio, y permite utilizar el mismo canal que se han venido utilizando, pero con mejor calidad de señal.
 - Facilita una migración gradual de los sistemas de radiodifusión sonora analógicos a los sistemas digitales.
 - Permite usar receptores analógicos y digitales por una misma señal recibida. [16]
 - **Desventajas**
 - En IBOC AM, la calidad del sonido no es tan buena y no permite la transmisión de datos debido a su limitado ancho de banda.
 - La versión IBOC para AM es inestable en las transmisiones nocturnas, ya que presenta demasiadas interferencias, a causa de las especiales condiciones de propagación de esas horas.

- Los automovilistas que escuchan IBOC AM tienen constantes "cambios de calidad" que perciben en sus receptores, dependiendo de las zonas geográficas.
- En lugares como colinas y elevaciones se producen pérdidas en cuanto a la calidad del sonido de IBOC retornando al viejo sonido en AM.
- Tecnología privada, que no solo implica una inversión en equipos de transmisión, sino también el pago anual de tasas por el uso de la licencia.
- IBOC, utiliza el doble de espacio y por tanto interfiere en las otras emisoras que se encuentran a ambos lados o canales adyacentes.
- Al convivir juntas las señales analógicas y digitales, se puede producir un solapamiento, que implica pérdidas. [26] y [33]

2.9.3. Digital Radio Mondiale (DRM).

- Definición

Es una plataforma Brasileña del consorcio DRM (Digital Radio Mondiale), también conocido como RDM (Radio Digital Mundial), aprobada en el año 2003 por la UIT, considerado como un sistema universal, ya que no fue elaborado por ninguna industria en particular. Esta propuesta lleva como objetivo establecer un sistema digital terrestre para las bandas de radiodifusión con modulación de amplitud, onda larga, onda media y onda corta.

Es el único sistema no propietario de radiodifusión digital que opera (ver fig. 2.10.) en las bandas de AM: onda larga LW (150 KHz a 529 KHz), onda media MW (530 KHz a 1710 KHz) y onda corta SW (1711 KHz a 30 MHz) a nivel mundial; logrando así una señal digital nítida, sin interferencias, ni ruido ni desvanecimiento; además que permite la utilización de las mismas frecuencias actualmente en uso para estos servicios. [23] y [36]

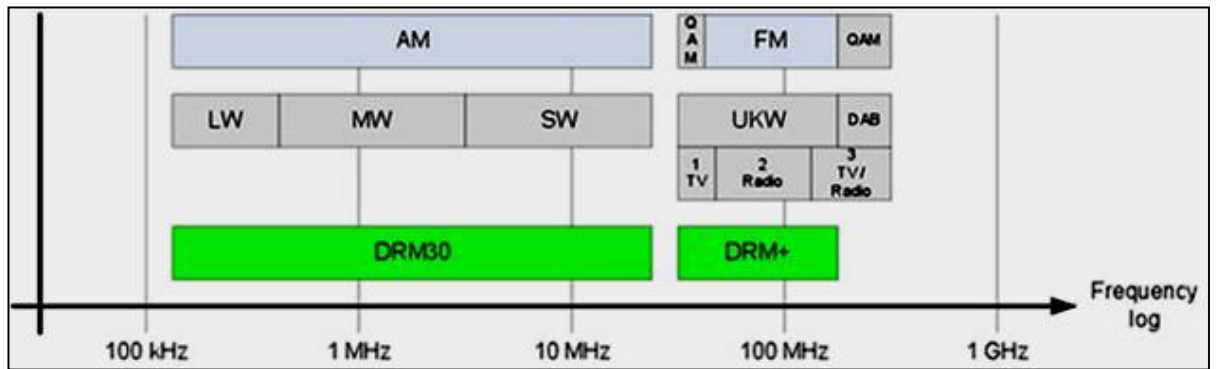


Fig.2.10. Bandas de frecuencia de operación de DRM ²⁸

Para su implementación usa la infraestructura y canalización del actual sistema AM, pero con una calidad cercana al del sistema FM, reduciendo la potencia empleada por AM para una misma cobertura, con la posibilidad de tener redes SFN.

Tiene posibilidad de emitir simultáneamente las señales analógicas (AM) y digitales (DRM) con la misma portadora (simulcasting) durante el periodo de transición.

DRM es un estándar abierto y cualquiera puede modificar el software para desarrollar aplicaciones como: agregar nuevas funciones sin pedir permiso o pagar licencias. [11] y [28]

- Antecedentes

DRM es un sistema creado por el Consorcio Digital Radio Mondiale (DRM), para mejorar las transmisiones analógicas en las bandas de radiodifusión con modulación de amplitud (onda larga, onda media, onda corta) por debajo de los 30 MHz. El 16 de junio del 2003 se iniciaron las primeras emisiones, y se aprobó por la UIT en el mismo año como único estándar mundial en las bandas de 3 y 30 MHz.

El consorcio DRM es una organización internacional sin ánimo de lucro compuesta de compañías de radiodifusión, proveedores de red, fabricantes de transmisores y receptores, universidades, sindicatos de radiodifusión e institutos de investigación. Su objetivo es soportar y difundir un sistema de radiodifusión digital apto para utilizar con todas las bandas de frecuencia hasta la banda III de VHF inclusive.

Entre el año 2007 y 2009, el Consorcio DRM inició su sistema DRM+ para los radiodifusores que emiten en la banda de frecuencia modulada FM.

²⁸What is DRM?: disponible en http://www.drm.org/?page_id=99

DRM se estableció en Guangzhou, China, en 1997, con el objetivo inicial de “digitalizar” las bandas de emisión AM hasta 30 MHz (ondas larga, media y corta). Las especificaciones del sistema DRM para la radiodifusión por debajo de 30 MHz (“DRM30”) las publicó por primera vez ETSI en 2001. [11] y [31]

- Características:

- Sistema abierto que opera en las bandas por debajo de los 30 MHz
- Mantiene la canalización del sistema AM, proporciona una calidad como FM.
- Soporta operación de red de una sola y frecuencia y de multifrecuencia (SFN/MFN) y cambio a otras redes (AF, frecuencias alternativas).
- Ofrece nuevos servicios en los contenidos radiodifundidos
- “Simulcast”, transmite la señal analógica y digital sin interferirse entre sí. La señal analógica es receptada por los antiguos receptores y la señal digital por los modernos receptores digitales.
- Audio basado en MPEG.
- Todos los fabricantes disponen de acceso libre a las normas técnicas completas y pueden diseñar y fabricar equipo.
- Permite que los transmisores analógicos aptos se modifiquen para conmutar entre emisiones digitales y analógicas.
- Reducción de los costes de energía de transmisión y de los costos de inversión.
- Explora las propiedades de propagación exclusivas de las bandas AM.
- Los niveles de energía que utiliza van desde unos pocos vatios en 26 MHz hasta varios cientos de kilovatios en onda larga.
- Incluye tres códecs de audio MPEG4, que cubren un amplio rango de velocidades de transmisión de bits y abarcan contenido tanto de voz como de música.
- Posee un multiplex DRM está formado por 3 canales (uno con servicios y los otros dos para decodificar los servicios) modulados en 64 QAM y transmitidos en modulación COFDM.
- Ancho de banda disponible para la codificación del audio de 9 o 10 KHz. [31], [33] y [53]

- Ancho de banda:

Desarrollado para transmitir en el servicio de radiodifusión sonora digital en onda media en bandas inferiores a 30 MHz, permitiendo obtener un audio con calidad FM, con anchos de banda de 9 o 10 KHz o múltiplos de estos y una canalización de 20 KHz.

La mitad del ancho de banda (4,5 o 5 KHz) en DRM es asignado para el simulcast con señales analógicas AM. Mientras que el doble de estos anchos de banda (18 o 20 KHz) es para proporcionar mayor calidad y capacidad de transmisión de acuerdo a las necesidades de distribución que lo permitan.

En un futuro se espera que pueda utilizarse para canales múltiples de 18 o 20 KHz, para mejorar la calidad o transmisiones en estéreo. [6], [11] y [21]

- Bandas de frecuencias:

DRM está diseñado para transmisiones de radio en las bandas de frecuencia por debajo de 30 MHz, como:

- Banda de baja frecuencia (LF): desde 148,5 kHz a 283,5 kHz, en la región 1 de la ITU.
- Banda de media frecuencia (MF): desde 526,5 kHz a 1606,5 kHz, en las regiones 1 y 3 y desde 525 kHz a 1705 kHz en la región 2;
- Bandas de alta frecuencia (HF): un conjunto de bandas en el rango de frecuencia que va desde 2,3 MHz a 27 MHz, generalmente disponible a nivel mundial.

DRM, se adecua a las características de bandas de frecuencia de trabajo de las transmisiones en radio AM. Será implementado en la banda de media frecuencia de la región 2 según la distribución de las regiones de la UIT; causando al digitalizarse un aumento en la calidad de sonido. [23] y [39]

- Servicios:

- Transmisión híbrida
- Contenidos flexibles para difundirlos.
- DRM puede integrar datos y texto.
- Guía de programación electrónica (GPE), que permite a los radioyentes con receptores apropiados recibir acceso al programa de emisiones y planificar los tiempos de grabación de manera acorde. [37] y [38]

- Modos de DRM

- DRM 30, diseñados para utilizar las bandas de radiodifusión AM por debajo de los 30 MHz.

- DRM+, es una extensión de DRM que utiliza el espectro de 30 MHz a 120 MHz, con un único modo de propagación, pero con dos modos de funcionamiento el híbrido y el totalmente digital. Para FM, introduce información en los canales libres de FM ocupando menos de 100 KHz con multiplex de 4 programas. [11]

- Equipos

El hecho que DRM use las mismas frecuencias de la radio AM y funcione en modo híbrido facilita la introducción de la radiodifusión, pues los transmisores y receptores existentes pueden seguir funcionando, aunque para disfrutar de la mejor calidad de audio o de servicios adicionales, se necesitaría un receptor digital.

En el proceso de la digitalización, es importante que se puedan modificar los transmisores DRM para la emisión en el sistema DRM, y a la vez puedan transmitir también la señal analógica. Pero en el caso del receptor, debe realizar una conversión de la frecuencia de la señal analógica a digital con filtrado y sincronización para la demultiplexación de la señal. Entre los receptores del sistema DRM que se encuentran en el mercado están:

- Chengdu NewStar electrónico (CDNSE) DR111. Es un receptor estándar DRM, basado en la tecnología de receptor central CDNSE DRM y la plataforma de nuevo desarrollo digital de radio, es una de las mejores soluciones para la radio AM analógico existente a la radio digital.
- Himalaya DRM 2009: Es una radio independiente que soporta DAB / DRM / AM / FM servicios. Es un receptor real portátil que podría ser ejecutado ya sea por corriente alterna o baterías.
- Uniwave Di-Wave 100: Ofrece todas las características de radio digital multimedia como nombre de la emisora, información del programa, Journaline, Slideshow MOT y cambio el tiempo de escucha. La radio puede recibir transmisiones de DRM en SW, MW y LW y FM analógico. [2] y [34]

- Especificaciones técnicas (Ver tabla 2.4.)

Tabla 2.4. Especificaciones técnicas del sistema DRM.

Especificaciones técnicas DRM	
Características	Datos
Sistema	Digital Radio Mondiale
Banda de frecuencia	AM, onda larga (150 kHz a 529 kHz) Onda media (530 kHz a 1710 kHz) y Onda corta (1711 kHz a 30 MHz).
Modo híbrido	Si
Ancho de banda	4,5 – 5 – 9 – 10 – 10 - 20 KHz
Codificación de audio	MPEG 4 (AAC +), CELP Y HVXC
Velocidad de codificación	MPEG 4, 8 – 48 Kbps, CELP y HVXC, 2 – 8 Kbps
Modulación	OFDM
Portadoras	100 – 400
Tipo de red	SFN
Rango digital	4,8 – 72 Kbps
Eficiencia	1 – 3 bps/Hz
Calidad de audio	4,5 KHz mono (análogo) FM mono – estéreo (digital)
Servicio de datos	PAD, N-PAD
Norma	UIT-R BS. 1114-6

Fuente: [33]

- Modos de propagación

El estándar digital DRM ofrece la propagación de la radio AM con una calidad de audio igual a la FM; mediante la característica del uso de redes de frecuencia única (SFN) que permite la propagación en condiciones difíciles, como la propagación de la onda ionosférica por múltiples trayectos a larga distancia y la propagación de la onda de superficie en la banda hectométricas. [2] y [6]

La propagación de la señal en las bandas de onda corta, larga, y media, es afectada por el ruido eléctrico, el retardo diferencial y los efectos Doppler, que da como resultado una señal que llega por diferentes caminos más el ruido de la recepción. Pero para superar

estos factores el sistema DRM se ha diseñado 4 modos (Ver tabla 2.5.) según el tipo de propagación, donde se puede elegir la modulación y la velocidad binaria de codificación, que permita recibir una señal con calidad alta y cumpla con la cobertura del servicio.

Tabla. 2.5. Descripción de los modos de transmisión en DRM.

Modo	Ancho de banda (KHz)	Robustez	Propagación (64 QAM o 16 QAM)	Modos de transmisión
A	4.5,5,9, 10,18,20	Media	Canales de onda de superficie con desvanecimiento reducido	(30kHz. – 300kHz.) (LF) (300kHz. – 3000kHz.) (MF)
B	4.5,5,9, 10,18,20	Alta	Canales selectivos en tiempo y frecuencia con dispersión de retardo superior	(300kHz. – 3000kHz.) (MF) (3MHz. – 30MHz.) (HF)
C	10,20	Alta / muy alta	Modo de robustez B pero con dispersión Doppler superior	(3MHz. – 30MHz.) (HF)
D	10,20	Muy alta	Modo de robustez B pero con retardo y efecto Doppler superior	(3MHz. – 30MHz.) (HF)

Fuente: [13]

El modo A diseñado para entregar velocidad de codificación binaria con cobertura en onda de superficie. El modo B para los servicios de cobertura por onda ionosférica. Los modos C o D para propagaciones con trayectos largos, saltos múltiples, fuertes reflexiones, entre otros. [11] y [13]

- Codificación

Es importante recordar que el proceso de codificación de la señal aplicado antes de ser emitida la señal, convierte a la misma en una señal de radiofrecuencia para su transmisión; el mismo comprende distintas etapas, entre las que se muestran en la siguiente figura:

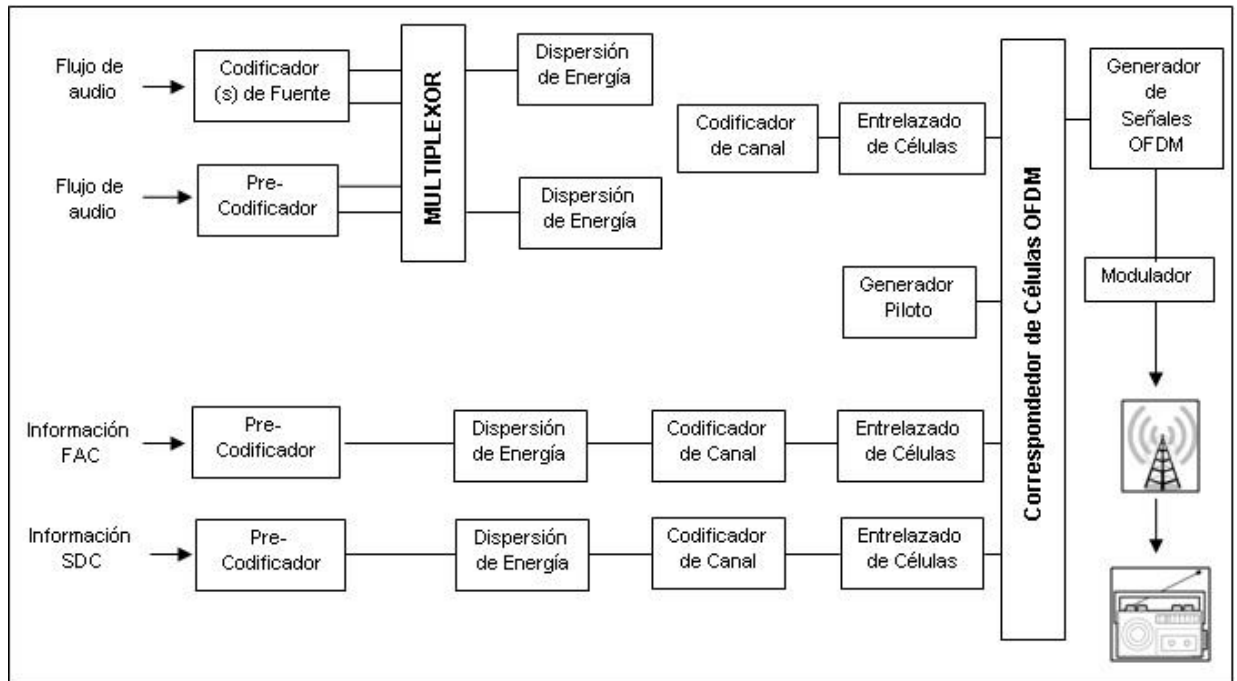


Fig.2.11. Diagrama de bloques del sistema de generación de una señal DRM²⁹

- Codificación de la fuente de audio: Para convertir la señal de audio en digital con una reducción de la velocidad binaria conforme a las características de la señal, el sistema DRM usa la Codificación de Audio Avanzada (AAC) con la codificación digital de Replicación de Banda Espectral (SBR), para la reconstrucción de las bandas altas, con el fin de mejorar la calidad percibida del audio, utilizando de forma dinámica el contenido espectral de la información en la banda baja, para simular en la recepción la información de la banda alta, eliminada previamente antes de la transmisión. [28]

En este proceso primero se aplica la codificación de la fuente, luego el audio es codificado y se multiplexa con otras señales de datos que conforman la señal a transmitir. En la codificación de la fuente el sistema ofrece tres opciones: MPEG 4 AAC + SBR hasta 72 kbps estéreo, MPEG 4 CELP+SBR entre 4 y 20 kbps sólo voz, y MPEG 4 HVXC+SBR entre 2 y 4 kbps sólo voz.

La codificación de audio avanzada (AAC Advanced Audio Coding) es para la radiodifusión en mono o estéreo, con protección de errores. Para la codificación de voz CELP (Code Excited Linear Prediction) para radiodifusión en mono, cuando se requiere bajar la velocidad binaria o alta protección frente a errores, y HVXC (Harmonic Vector

²⁹ Universidad Santo Tomas, "Propuesta de estandarización tecnológica para la adopción y prestación del servicio de radiodifusión sonora digital en Colombia" (Bogotá, 2012): disponible en <http://radiodigitalparacolombia.com/Trabajo.pdf>

eXcitation Coding) cuando se requiere muy baja velocidad binaria y protección frente a errores. [59]

- Codificación del canal: Mediante esta codificación se incrementa la robustez de los datos multiplexados para adaptar a la señal de radiofrecuencia a la transmisión.

Entre los parámetros importantes en la codificación del canal están: los modos del sistema DRM, la ocupación del espectro, la modulación y niveles de protección. Estos parámetros están definidos por cuatro modos de transmisión, A, B, C y D; útiles para las condiciones de propagación de onda de superficie en la banda de ondas hectométricas, para condiciones con trayectos múltiples a larga distancia en la banda de ondas decamétricas. [14] y [28]

- Multiplexación

El multiplexor en DRM transporta tres componentes, que juntos suministran la información necesaria para que el receptor sincronice la señal y determine los parámetros para la codificación para que después pueda decodificar los canales de audio y datos contenidos en el múltiplex.

La codificación de la fuente como la multiplexación, están integradas en el Servidor de Contenidos DRM, conformado por dos tipos básicos de entrada de información el audio y los datos que se combinan en el multiplexor del Main Service Channel (MSC). Además transporta dos canales de información, el canal Fast Access Channel (FAC) con información para una sintonización rápida de la información y los parámetros del canal para su posterior demodulación, y el canal Service Description Channel (SDC) con información para la decodificación del MSC, contenidos en el multiplex, información de frecuencia, cobertura, fecha y hora, etc, cuya función es que el receptor pueda identificar los parámetros para la programación musical.

El MSC contiene la información de todos los servicios contenidos en el múltiplex, que pueden ser de 1 a 4, y cada servicio puede a su vez ser de audio o de datos. La velocidad binaria del MSC depende del ancho de banda del canal y del modo de transmisión. [2]

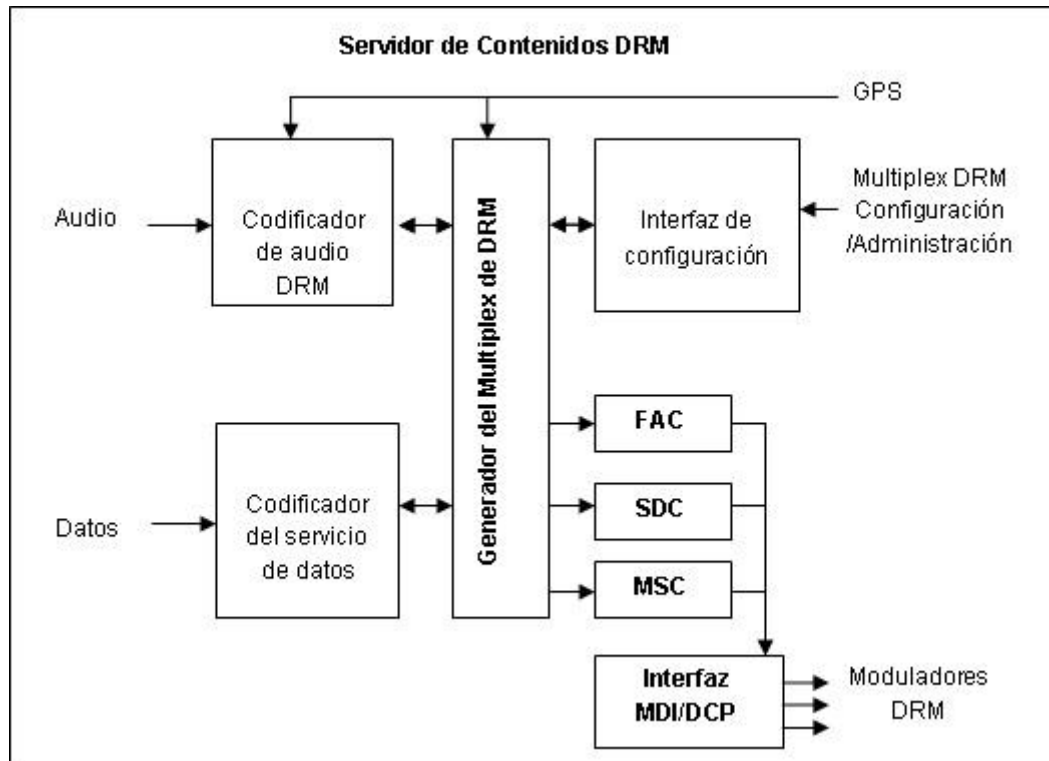


Fig.2.12. Servidor de contenidos DRM³⁰

Los datos recibidos por el servidor de contenidos son codificados a un formato digital para su transmisión; para esto se utiliza codificación de fuente AAC complementada con SBR³¹ (Ver Fig. 2.12.), como codificación digital principal. Esta codificación permite una calidad sonora eficaz con mayor velocidad de transmisión, ya que en AM el espectro asignado es angosto; por lo tanto, se debe comprimir la señal empleando la norma de compresión MPEG-4, con velocidad binaria de 36 Kbps para uso de voz y música. Entre las opciones de codificación de fuente (Ver Fig. 2.13.) que ofrece DRM son:

- MPEG-4 AAC: Para transmisión de voz y música, con velocidad binaria de 72 Kbps para radiodifusión estéreo o dos canales de 36 Kbps para radiodifusión en mono.
- MPEG-4 CELP: Con velocidad binaria baja entre 4 y 20 Kbps para codificación de voz o radiodifusión en mono, con alta protección de errores.
- MPEG-4 HVXC: Para codificación de voz con baja velocidad de transmisión entre 2 y 4 Kbps y alta protección frente a errores. [18]

³⁰ UNAM, "Sistema digital radio mondiale", pág. 7: disponible en <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/161/A5.pdf?sequence=5>

³¹ Técnica de replicación de banda espectral, que permite velocidad de datos bajos con mayor calidad de audio.

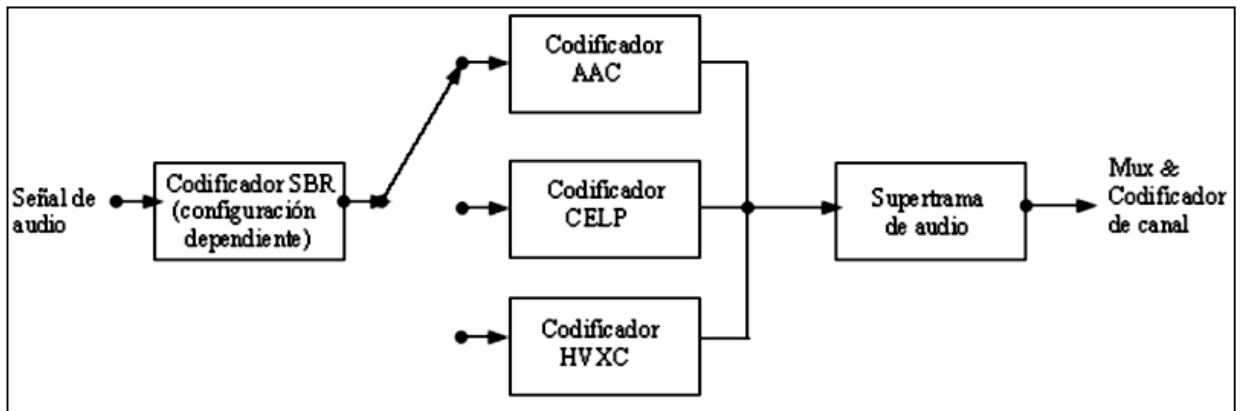


Fig.2.13. Esquema de codificación de fuente DRM³²

Para un mejor desempeño de los tres tipos de codificación mencionados, se emplea la codificación por Réplica de Banda Espectral (SBR), que utiliza de forma dinámica el contenido espectral de la información de la banda baja, simulando la recepción en las frecuencias altas, eliminadas en la transmisión. [40] y [23]

Finalmente, para la transmisión del audio con los datos asociados, DRM une el flujo de datos mediante la Interfaz de Distribución del Multiplex (MDI) y el Protocolo de Comunicaciones y Distribución (DCP). [22] y [59]

- Comprensión

MPEG2 MP2, permite la reducción de la cantidad de información digital requerida en su transmisión. Es decir, este sistema descarta los sonidos que no son percibidos por el oído humano, y comprime al ancho de banda necesario para transmitir la señal digital.

Emplea la técnica psicoacústicas definida por la MPEG Layer II. Es por eso que solo es escuchados los sonidos permisibles por el oído humanos, los que van fuera del límite son eliminados como las frecuencias inferiores a 20 Hz y superiores a 20 KHz. [2] y [40]

- Modulación

Para la modulación de las subportadoras en canal DRM, usa OFDM, es decir, inserta un multiplexor por división de frecuencia, con la característica de que estas frecuencias están uniformemente distribuidas, para transmitir los datos del múltiplex (MSC, FAC y SDC).

³² Puente María F, ESPE, "Estudio de factibilidad para la implementación del servicio de radiodifusión digital DRM en el Ecuador" (Octubre, 2005): disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2477/1/T-ESPE-027548.pdf>

OFDM surge para resolver el problema de interferencias por la propagación multitrayecto, ya que transmite la información digital codificada con códigos de protección, distribuyéndola en paralelo sobre las portadoras para recuperar los datos que se pierden. Las portadoras son ortogonales entre sí, aunque se solapan no se interfieren.

En la codificación del canal OFDM encontraremos los siguientes parámetros:

- 4 modos de transmisión: A, B, C y D
- 3 tipos de modulaciones 4-QAM y 16-QAM para el SDC 16-QAM y 64-QAM para el MSC.
- Modulación jerárquica o 4 niveles de protección, capacidad de transmisión hasta 72 kbit/s con protección de error igual o desigual.
- Capacidad de transmisión hasta 72 kbit/s.
- 6 anchos de banda: 4,5; 5; 9; 10; 18; 20 kHz.
- Protección de error: igual o desigual.

El modulador en DRM convierte la señal digital OFDM en una señal analógica, pero antes divide a la señal en dos componentes de amplitud y fase; pero si la modulación es lineal en OFDM se aplica directo al modulador. La señal modulada es emitida por un transmisor no lineal de alta potencia, después de la amplificación por la antena. [18], [31] y [33]

El sistema DRM utiliza subportadoras que varía desde 88 a 458, dependiendo del modo y el ancho de banda ocupado; en la transmisión de señales OFDM, permite que el número de subportadoras (200 espaciadas entre los 9 o 10 KHz) utilizadas, varíe de acuerdo al ancho de banda disponible, utilizando uno de tres tipos de codificadores de audio, entre las subportadoras se esparcen y transmiten los datos, y se modulan en cuadratura en el dominio de la frecuencia; gracias a la ortogonalidad se sincronizan las subportadoras en el receptor y son demoduladas por separado. [19] y [23]

Las subportadoras se modulan con modulación de amplitud en cuadratura QAM, con constelación 16 QAM o 64QAM para modular la información dependiendo de la relación señal a ruido (SNR) que se desea, con corrección de errores sin canal de retorno (FEC), apoyada en un código convolucional, como resultado de ellos es una calidad de audio AM alta, cercana a la de FM, con recepción robusta en su zona de cobertura.

Como protección a los errores, en la codificación del canal de servicio principal se puede utilizar 64 QAM, que proporciona mayor eficiencia espectral, y 16 QAM que proporciona las características más robustas. Mientras que en la codificación del canal de acceso rápido se utiliza modulación 4 QAM, con una relación de protección fija y finalmente el canal de descripción del servicio puede utilizar 16 QAM ó 4 QAM, el primero para mayor capacidad, y el segundo proporciona una característica más robusta frente a errores.

Además, en cuanto al software de modulación, existen en la red implementaciones disponibles, que permiten la modulación y demodulación/excitadores DRM en bajo costo. [23] y [27]

- Normas

Gracias a la recomendación aprobada en el año 2003 por la IUT (recomendación ITU-R BS. 1514-1), DRM ha venido trabajando en el desarrollo e implementación de sistemas totalmente digitales para SW y AM. En su propuesta, DRM no concibe el concepto de transmisión híbrida sino la modalidad totalmente digital, con lo que los 20 KHz para AM resultan ser suficientes.

La UIT ha recomendado a DRM como único estándar mundial en las bandas entre 3 y 30 MHz (Onda Corta). A continuación se detallan las normas que la soportan:

- BS.1514-1 (10/02) UIT-R. "Sistema para la radiodifusión digital terrena en las bandas por debajo de 30 MHz"
- BS.1615 (06/03) ITU-R. "Parámetros de planificación para sistemas de radiodifusión digital terrenal por debajo de 30 MHz".
- Comisión Electrotécnica Internacional IEC 62272-1 (01/03). DRM Especificación del sistema.
- Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación ETSI ES 201 980 v2.1.1 (2003-12). [1] y [19]

- Ventajas

- Calidad del sonido FM.
- Amplia selección de nuevos contenidos.
- No necesita una conexión a Internet para escuchar ni un punto de acceso Wi-Fi para sintonizar y debido a esto, es realmente portátil y móvil.
- Bajo costo de los receptores.

- Acceso a una guía electrónica de programación (EPG) para sintonizar fácilmente por nombre de la emisora de frecuencia o el tipo de programa.
- La recepción es excelente en cualquier lugar como en las ciudades y en los bosques densos, en el interior de un bloque de pisos y al aire libre mientras conduce su coche, etc.
- Los programas vienen con información de texto asociada
- También puede sintonizarse tanto en análogo FM y las bandas MW y DAB.
- Estándar abierto, modificable el software para desarrollar aplicaciones, por no ser un estándar licenciado, traerá una reducción gradual en los precios de los equipos diseñados.
- Existen implementaciones disponibles de software que se pueden descargar del internet, para la modulación y demodulación del sistema, permitiendo así un costo bajo en el desarrollo de los moduladores y excitadores.
- La migración hacia lo digital con la implementación del estándar digital terrestre DRM es económica, ya que permite seguir aprovechando los equipos de transmisión actuales. [40] [33] [37] y [23]

2.9.4. Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial Sound Broadcasting (ISDB-Tsb).

- Definición

ISDB-Tsb (Transmisión Digital de Servicios Integrados para la emisión terrestre), es un modelo del conjunto de normas creado por Japón por la empresa NHK (Nippon Hushu Kyukai) en diciembre del 2003, para las transmisiones de radio digital y televisión digital terrestre. Está conformado por una familia de componentes como: la de televisión digital terrestre (ISDB-T e ISDB-Tb), la televisión satelital (ISDB-S), la televisión por cable (ISDB-C), servicios multimedia (ISDB-Tmm) y radio digital (ISDB-Tsb).

El ISDB-Tsb, complementaria al servicio radial de FM analógico. En Japón se están realizando pruebas en el canal 7 VHF (188-192 MHz) desde octubre de 2003.

Se parece al sistema Eureka 147, que transmite "un ensamble"; muy parecido al estándar DVB-T que también es multicanal. [58]

- Antecedentes

ARIB (Asociación de Industrias y Negocios de Radiodifusión) es la asociación encargada de crear y mantener el ISDB-T, compuesta por empresas -japonesas y extranjeras.

El sistema de radiodifusión digital terrenal se ha discutido en Japón por el Consejo de Tecnología de Telecomunicaciones (TTC), y cuestiones técnicas por la Asociación de Industrias y Empresas de Radiocomunicaciones (ARIB). Después de analizar varias alternativas se definió por una solución denominada ISDB-T (Integrated Service Digital Broadcasting Terrestrial), que tenía como particularidad ser una tecnología utilizable tanto en TV como radio, que tuvo disponibilidad para el 2005 en Japón. [41]

- Características

- Permite la transmisión de audio y video, define conexiones de datos con Internet como un canal de retorno sobre varios medios y con diferentes protocolos.
- Banda 2.6GHz para transmisión móvil.
- Utiliza MPEG-2
- Opera en canales de TV
- Transmisión de un canal HDTV y un canal para teléfonos móviles dentro de un ancho de banda de 6 MHz, reservado para transmisiones de TV analógicas.
- Permite seleccionar la transmisión entre dos y tres canales de televisión en definición estándar (SDTV), mediante el multiplexado de canales SDTV.
- Acceso a Internet como un canal de retorno.
- SFN (Single Frequency Network, Red de una sola frecuencia) y tecnología on-channel repeater (repetición en el canal).
- Puede recibirse con una simple antena interior.
- Proporciona robustez a la interferencia multiruta.
- Mayor inmunidad en la banda UHF a las señales transitorias que provienen de motores de vehículos y líneas de energía eléctrica en ambientes urbanos.
- ISDB-T SB tiene dos tipos de anchos de banda: un solo segmento, y una versión extendida con segmentos de triplicar la tasa de bits de información del sistema, que va desde 280 kbps a 5,3 Mbps. [2] y [41]

- Servicios
 - Interfaces interactivas como la transmisión de datos y guías electrónicas de programas.
 - Televisión de alta definición.
 - Transmisión de datos, como juegos o compras, vía línea telefónica o Internet de banda ancha.
 - EPG (Electronic Program Guide, o guía electrónica de programas)
 - Servicio de transmisión móvil terrestre de audio/video digital denominado 1seg (One seg), que permite la transmisión directa y gratuita a celulares. [41]
- Especificaciones técnicas (Ver tabla 2.6.)

El ISDB ha adoptado el MPEG-2, MPEG-4 y JPEG para la compresión de vídeo y audio.

ISDB-Tsb soporta para la codificación el AAC MPEG2, como una extensión del estándar MPEG-2. AAC es un algoritmo de codificación de tasa de 144 Kbps con buena calidad del sonido.

Tabla 2.6. Especificaciones técnicas del sistema ISDB-Ts.

Especificaciones Técnicas de ISDB-Tsb	
Características	Datos
Frecuencias	188-192 MHz 2535-2655 MHz
Ancho del canal	6,7 y 8 MHz
Ancho de banda	Entre 500 KHz y 1,5 MHz
Modulación	OFDM, 16QAM, 64QAM
Velocidad de datos	330 kbps
Codificación	MPEG-2 y AAC
Norma	UIT-R BS 1114-6

Fuente: [8] [19] y [28]

Utiliza tres modos diferentes de operación, cuatro esquemas de modulación, un rango de índices de corrección de error e intervalos de guarda.

- Codificación y modulación

La codificación de fuente que emplea este sistema es MPEG2, donde la señal de audio digital es comprimida con los parámetros reconfigurables de modulación y corrección de errores. Mientras que, para la codificación del audio se emplea MPEG2 y AAC para alcanzar la Hi Fi deseada.

- Modulación

Este sistema usa la modulación OFDM para la codificación de canal; para esto se recibe los paquetes de la trama para ser trasladados hacia la etapa de modulación OFDM, logrando más eficiencia al aplicar 16 QAM o 64 QAM.

OFDM permite una reutilización de frecuencias mediante redes de frecuencia única, por la suma de potencias de las señales que llegan en un tiempo, permitiendo caracterizar así a los receptores. [2]

- Normas

ISDB-TSB se basa en las normas ARIB STD-B29, y fue incluido en la recomendación ITU-R BS.1114-3 en el 2004. [41]

- Ventajas

- Mayor oferta de programas.
- Nuevos servicios interactivos y multimedia, como correo electrónico, información de cotizaciones de bolsa, guías electrónicas de programas, vídeo pagado, etc.
- Recepción de televisión en dispositivos móviles como teléfonos celulares y receptores en vehículos en movimiento, en un solo canal.
- Transmisión con menores potencias que las actuales.
- Uso de canales adyacentes por óptimo manejo del espectro radioeléctrico.
- Servicios fijos, portátiles o móviles en todo el mundo.
- Consumo bajo de potencia.
- Recibe señales por antena en interiores de edificios. [2] y [58]

2.9.5. Digital Multimedia Broadcasting (DMB).

- Definición

Es una variante del estándar DAB, denominado DMB. Es un sistema de transmisión digital multimedia de radio, televisión y móviles, que puede ser transmitido por vía satélite (DMB-S) o terrestre (DMB-T).

DMB es una forma de enviar los servicios de televisión hacia los receptores móviles. Estos servicios suponen tener una Hi Fi de audio estéreo y de datos en tiempo real con velocidades de 200 Km/h. [42] y [43]

- Antecedentes

DMB fue desarrollado en Corea del Sur en febrero de 2003, sigue el modelo de Eureka147 o conocido como DAB; a diferencia de DAB, DMB añade otras técnicas de codificación de audio y de corrección de errores. El ministerio de información y de comunicación de Corea estandarizó para que DMB describa las transmisiones de servicios de audio, televisión y datos.

Este sistema también tiene similitudes con estándar de televisión móvil DVB-H (Digital Video Broadcasting Handheld). [42]

- Norma

Establecido en el estándar ETSI TS 102 428, para radio digital multimedia y televisión móvil digital en la recepción de señales DAB de audio y datos.

Las recomendaciones tomadas en cuenta para la codificación son el ISO/IEC 14496-10 para video, y el ISO/IEC 14496-3 para audio. [42]

- Tipos

- SDMB (Satellite Digital Multimedia Broadcasting). Este sistema proporciona capacidad de transmisión a operadores móviles terrestres 3G. Para su infraestructura híbrida utiliza repetidores terrestres y satélites, en las bandas IMT

2000, para brindar servicios digitales multimedia interactivos a usuarios móviles, y prever la viabilidad técnica y económica. El diseño del sistema está proyectado para cubrir Europa por medio de satélites geoestacionarios de gran potencia, con técnica WCDMA, en las redes terrestres UMTS.

Entre los servicios ofrecidos para el usuario están la visualización de imágenes en movimientos y sonido (streaming), la entrega de contenidos para almacenamiento en el receptor del usuario (hot download), y los contenidos que no tiene restricción en el tiempo ni actualización (cold download).

- TDMB. Este sistema usa los canales en modo stream para transmitir audio y video, después los datos son multiplexados en un único stream, codificados en OFDM y transmitidos en RF.

Entre los servicios que brinda es video para entornos fijos o estáticos, multimedio-mobile-phone-like, sonido de alta calidad, y datos como EPG o informativos, entre otros. [42]

A continuación en la tabla 2.7., se comparan las características de los tipos en el estándar DMB:

Tabla. 2.7. Comparación de TDMB y SDMB.

Tipo	TDMB	SDMB
Frecuencias	Ch12 : 204 ~ 210 MHz Ch8 : 180 ~ 186 MHz	2.630 ~ 2.655 MHz
Ancho de banda	12MHz	25Mhz
Sistema	Sistema A (Eureka 147)	Sistema B (CDM)
Servicios	Públicos y comunes	Comerciales
Resolución	352x288	240x320
Velocidad de transmisión de datos	1.2 Mbps	-
Canalización	1 para video 3 para audio 1 para datos	14 para video 24 para audio 1 para datos
Retransmisión de la televisión terrestre	Permitido	No permitido

Fuente: [42]

- Características técnicas (Ver tabla 2.8.)

Tabla. 2.8. Especificaciones técnicas del sistema DMB.

Especificaciones técnicas DMB	
Características	Datos
Frecuencias	Banda III /VHF(176 – 230 MHz) Banda L (1452 – 1492 MHz)
Ancho de banda	1,526 MHz
Canales de radiodifusión	-
Modos de transmisión	-
Frecuencia de muestreo	-
Velocidad de transmisión de datos	1.2 Mbps
Canales de audio	-
Codificación	MPG 4
Tasa de muestreo	24, 44,1 y 48 KHz
Transmisión de datos	128 Kbps
Modulación	OFDM-4DPSK
Tipo de red	SNF
Potencia	250 mW
Sensibilidad de recepción	-96 dBm
Tasa de error	10^{-4}

Fuente: [33], [42] y [29]

- Codificación

DMB utiliza varias herramientas de corrección de errores y códecs entre los que están para video MPEG-4 Part 10 (H264), para audio MPEG-4 Part 3 BSAC y para otros datos MPEG-4; los mismo permiten brindar el servicio de contenidos multimedia.

En los que respecta al audio DMB, soporta audio estéreo con tasa de muestreo de 24, 44,1 y 48 KHz; y máxima tasas de bit de 128 Kbps. Las mismas que permiten una calidad de CD para el audio, y una calidad superior a la radio FM para el audio con el video. [29]

- Modulación

DMB emplea dos técnicas de modulación de acuerdo a la clasificación, entre ellos están el sistema A que se basa en OFDM, y el sistema B que se basa en CDM (Code Division multiplexing) para la comunicación móvil. [42]

- Ventajas
 - Recibe señales de audio y datos de DAB.
 - Equipos de bajo costo.
 - Compatibilidad con redes DAB.
 - Mayor calidad en los servicios.
 - Estructura del receptor robusta ante los desvanecimientos del canal de transmisión.[29] y [42]

2.9.6. High Definition Radio (HD Radio).

- Definición

Basado en la tecnología IBOC de Estado Unidos, creada con el concepto de radio de alta definición en FM; la misma fue desarrollada como estándar de la empresa Ibiquity Digital Corporation y es el único sistema digital de radiodifusión terrestre sonora autorizado en los Estados Unidos. A diferencia de DAB y DRM de iniciativas de radios públicas europeas, HD fue una iniciativa de las radios privadas norteamericanas.

Esta tecnología es para la radiodifusión digital en las bandas de AM y FM. La tecnología HD Radio fue aprobada por la Comisión Federal de Comunicaciones en octubre de 2002 como sistema digital de los EE.UU. para la radiodifusión digital en AM y FM, como sistema híbrido, ya que permite transmitir en forma simultánea la señal analógica AM o FM junto a la señal digital, utilizando el actual espectro, por lo cual no necesita una nueva asignación de frecuencia. [19] y [44]

- Transición:

HD Radio usa las mismas bandas y frecuencias de la radio AM y FM y funciona en modo híbrido, lo que facilita la transición ya que los oyentes no tienen que comprar un nuevo receptor para seguir captando la señal analógica. [29]

- Servicios
 - Sonido ambiente.
 - Tecnología de almacenamiento y reproducción.
 - Programas a pedido y el botón de “comprar”.
 - Información sobre el artista y el título de la canción
 - Servicios de datos
 - Alertas meteorológicos basados en texto y cotizaciones de la bolsa
 - Informes en tiempo real sobre el tránsito en los caminos, transmitidos por estaciones locales
 - Presentación visual en el sistema de navegación de un vehículo.
 - Comercio electrónico. [39] y [16]

- Especificaciones Técnicas (Ver tabla 2.9.)

Tecnología Similar a DRM, HD Radio opera en bandas de la radiodifusión tradicional, en ese caso la de AM y FM. En ambas bandas ofrece mejor calidad de audio, multiplexing de hasta 4 canales digitales en el mismo espectro que ocupa una emisora análoga, servicios adicionales como texto o imágenes, y es un sistema híbrido que transmite señales digitales simultáneamente con la señal análoga.

El sistema inserta portadoras digitales en cualquiera de los dos lados de la señal analógica y emplea técnicas de codificación para evitar la interferencia entre las señales analógicas y las digitales. El resultado es sonido con Hi Fi para FM y calidad FM para AM. [16] y [44]

Tabla.2.9. Especificaciones técnicas del sistema HD Radio.

Especificaciones técnicas HD Radio (IBOC AM)	
Características	Datos
Sistema	HD Radio / Ibiqity
Banda de frecuencia	MF
Modo híbrido	Si
Ancho de banda	20 KHz
Codificación de audio	Propietario
Velocidad de audio	36 – 48 Kbps
Rango digital	Audio: 36 Kbps Datos: 4 Kbps

Modulación	COFDM
Tipo de red	SFN
Calidad de audio	4,5 KHz mono (análogo) FM mono
Servicio de datos digitales	PAD
Norma	UIT-R BS.1114 (FM), y UIT-R BS. 1514 (AM)

Fuente: [28] y [39]

En la Fig. 2.14., se esquematiza el proceso de digitalización de la radiodifusión utilizando el estándar digital HD radio:

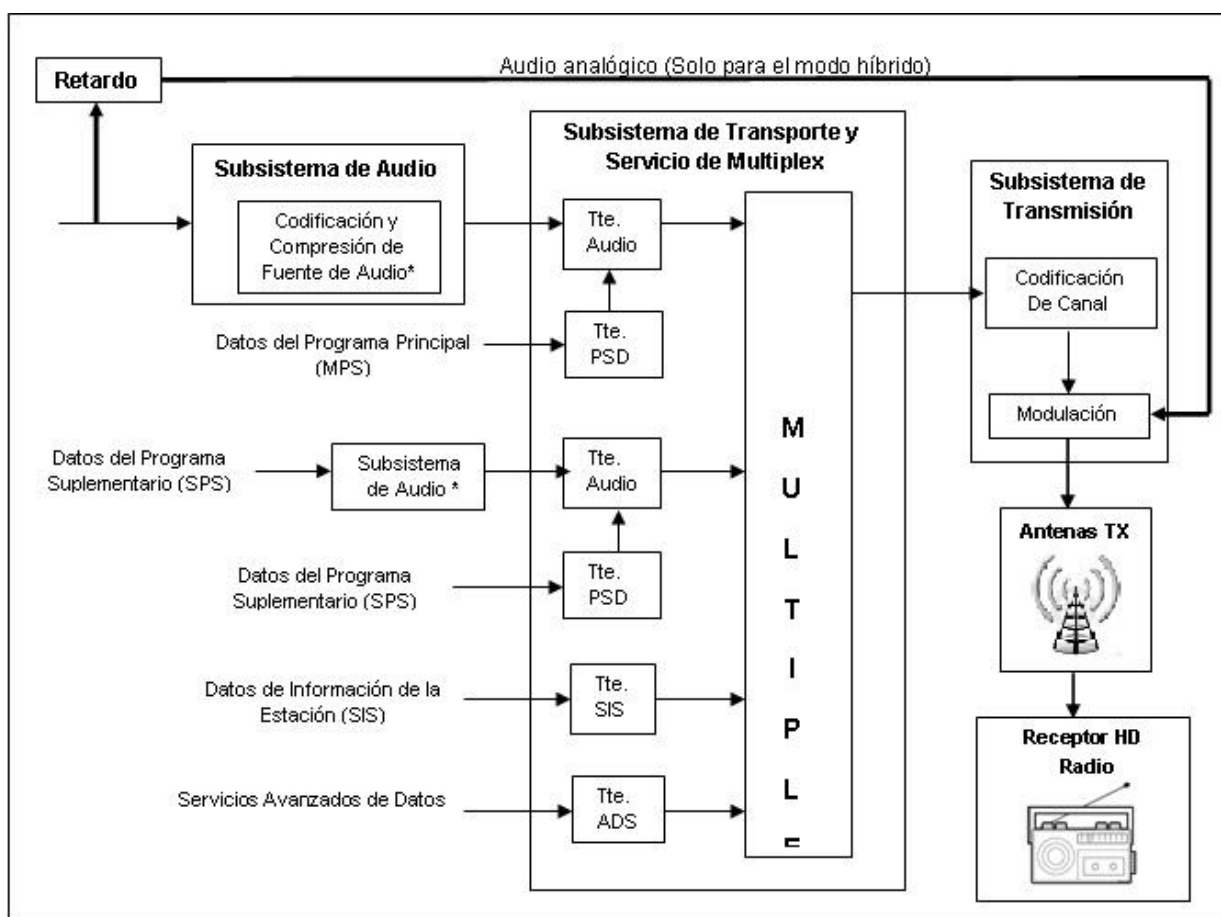


Fig.2.14. Diagrama de bloques del sistema HD Radio ³³

³³ Universidad Santo Tomas, "Propuesta de estandarización tecnológica para la adopción y prestación del servicio de radiodifusión sonora digital en Colombia" (Bogotá, 2012): disponible en <http://radiodigitalparacolombia.com/Trabajo.pdf>. [Consulta: 25 de Marzo de 2013].

- Normas

La implementación en FM del sistema HD Radio es según la recomendación UIT-R BS.1114, y la implementación en AM según la recomendación UIT-R BS. 1514. [44]

- Costo para las emisoras

HD Radio requiere la compra de nuevos equipos de transmisión y la compra de una licencia para el software, que es propiedad de Ibiqity. En los Estados Unidos la licencia del sistema básico, que permite la difusión simultánea de una señal digital igual a la señal análoga cuesta entre USD 5.000 y USD 10.000. Para poder transmitir más señales digitales (hasta 4) u ofrecer servicios adicionales las emisoras tienen que comprar licencias adicionales. El costo total de equipos y licencias varía entre USD 30.000 y USD 100.000. En los EEUU las radios públicas pudieron acceder a licencias a precios reducidos. [29]

- Receptores

Hay muchos modelos de receptores a la venta en los Estados Unidos. Sus precios empiezan a USD 100. Hasta el momento no hay receptores portátiles en el mercado porque HD Radio, igual a otros sistemas, consume demasiada energía. [16]

- Ventajas

- Permite la multidifusión por medio de la cual transmite varios programas por una sola frecuencia FM.
- Permite a los radiodifusores suministrar programas tanto en el formato analógico como en el digital.
- Ofrece nuevos programas y posiblemente nuevos formatos sin necesidad de atribuciones adicionales del espectro.
- Datos relativos a los programas
- Usa la infraestructura y espectro existentes, preservando el servicio analógico existente durante tanto tiempo como sea necesario. [16] [29] y [59]

2.10. Tabla comparativa de los estándares de radiodifusión sonora digital terrestre

Los estándares de radiodifusión sonora digital terrestre analizados anteriormente, presentan algunas características iguales y disímiles que producen incompatibilidad entre ellos; a continuación en la tabla 2.10, se muestra los parámetros relevantes de cada estándar.

Entre las características técnicas similares de los estándares es la modulación OFDM, ya que permite la recepción de la señal en escenarios propios de ciudades donde existen obstáculos y tienen terrenos irregulares como el Ecuador. Además, los estándares IBOC y DRM tienen la característica de capacidad híbrida para la transmisión, permitiendo operar entre la tecnología analógica y digital, facilitando la transición de la radiodifusión.

Las diferencias entre los estándares, son específicamente con respecto a los requerimientos como ancho de banda, bandas de frecuencia de operación, modos de operación, entre otros.

Tabla 2.10. Comparación de las especificaciones técnicas de los estándares de radiodifusión sonora digital terrestre.

DATOS		DAB	IBOC FM	DRM	ISDB-Tsb	DMB	HD Radio (IBOC AM)
Sistema		Eureka 147	HD Radio/Ibiquity	Digital Radio Mondiale	-	-	HD Radio/Ibiquity
Origen		Europa	Estados Unidos	Europa	Japón	Corea del Sur	Estados Unidos
Infraestructura		FM / TV	FM	AM	FM/ TV	FM	AM
Tipo de estándar		Abierto	Licenciado	Abierto	Abierto	-	Licenciado
Banda de frecuencia		VHF, Banda III (174 – 240 MHz). Banda L (1452 – 1492 MHz) Nueva	VHF, Banda II AM (530-1710 kHz) FM (87.5 – 108 MHz). Existente Banda II	<u>Onda Larga</u> (150 a 529 kHz) <u>Onda media</u> (530 a 1710 kHz – AM) <u>Onda Corta</u> (1711 kHz a 30 MHz) Existente LF, MF y HF	VHF y UHF	Banda III /VHF(176 – 230 MHz) Banda L (1452 – 1492 MHz)	MF Existente FM
Infraestructura		FM / TV	FM	AM	FM/TV	-	AM
Ancho de banda	Digital	1.5 MHz	400 KHz	4.5, 5, 9, 10, 18, 20, KHz	0,4 – 1,3 MHz	1,526 MHz	20 KHz
	Híbrido	-	400 KHz	9, 10, 18, 20, 27, 30 KHz	-	-	30 KHz
Modo híbrido	Digital	Si	Si	Si	-	-	Si
	Híbrido	No	Si	Si	Posible	Posible	Si
Calidad de audio digital	Digital	CD mono–stereo	CD mono- estéreo	FM mono- estéreo	-	-	FM mono–estéreo
	Híbrido	-	CD Mono-estéreo	FM Mono-estéreo	-	-	FM mono
Servicio de datos análogos	Digital	PAD, N-PAD	PAD, N-PAD	PAD, N-PAD	-	-	PAD
	Híbrido	-	RDS	No	-	-	No
Servicio de datos digitales	Digital	PAD, N-PAD	PAD, N-PAD	PAD, N-PAD	-	-	PAD
	Híbrido	-	PAD, N-PAD	PAD, N-PAD	-	-	PAD

Codificación de audio		MPEG 1 capa II y MPEG 2 capa II Para DAB+ AAC+	PAC, AAC	MPEG-4 (HE-AAC, CELP y HVXC)	MPEG-2 AAC (audio), MPEG4 (video)	MPG 4	PAC, MPEG 4 HE-AAC
Modulación	Digital	COFDM, QPSK	COFDM	COFDM, 16 QAM, 64 QAM	COFDM, DQPSK, 16 QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM-4DPSK	COFDM
	Híbrido	-	COFDM	COFDM	-	-	COFDM
Portadoras	Digital	192-1536	1608	100 - 400	-	-	-
	Híbrido	-	1068	100-400	-	-	-
Tasa digital útil	Digital	0.8 – 1.7 Mbps	Hasta 300 Kbps	4.8 – 72 Kbps	0,3 – 5,3 Mbps	1.2 Mbps	Hasta 60 Kbps
	Híbrido	1,2 Mbps	96 Kbps (audio) 4 Kbps (datos)	4,8 – 72 Kbps	-	-	36 Kbps(audio) 4 Kbps (datos)
Intervalos de guarda		0,246 ms	-	A-2,66 ms B-5,33 ms C- 5,33 ms D- 7,33 ms	-	-	-
Sensibilidad de recepción		-	26 dB-QPSK, 43 dB-QAM (híbrido) 15 dB-QPSK, 30 dB-16 QAM (digital)	-	-	-96 dBm	-
Calidad de audio análogo	Digital	-	-	-	-	-	-
	Híbrido	-	FM estéreo	4,5 KHz mono	-	-	4,5 KHz mono

Fuente: [2], [8] y [33]

2.11. Comparación de las ventajas y desventajas de los estándares digitales aplicables para AM

Previo a elegir un estándar de radiodifusión digital que reemplace lo analógico por lo digital, se analizará y comparará (Ver tabla 2.11) las características de los mismos, conjuntamente con la disponibilidad del espectro, y su aplicación en la radio AM por debajo de los 30 MHz en Ecuador y su entorno.

Tabla.2.11. Comparación de los sistemas de radiodifusión de radio digital para AM.

Estándares	Ventajas en AM	Desventajas en AM
DAB	<ul style="list-style-type: none"> - Menor potencia para cobertura - Calidad similar a la del CD - Uso de SFN - Combate el efecto multitrayecto - Usa transmisores de baja potencia y de consumo de energía - Contenidos multimedia. - Multiplex de 1.5 MHz para 5 estaciones de radio con 256 Kbps cada una. - Multiprogramación y envío de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - En AM se usa nueva banda del espectro (banda III 174 a 240 MHz o banda L 1452 a 1467.5 MHz)
IBOC AM	<ul style="list-style-type: none"> - Opera en la misma banda de frecuencia de AM (535 a 1605 KHz). - Multiprogramación. - Sonido con calidad similar a FM, estereofónico. - Igual cobertura que AM con menor potencia. - Requiere un excitador IBOC que module en fase a la portadora AM. - Transición gradual de lo analógico a los digital. - Ancho de banda mayor al actual. - Redistribución del espectro. - Licenciada - Potencia de transmisores desde 30w a 20 Kw, menor a la actual. - Mayor cobertura. - Receptores con pantalla o display de cristal liquido para proporcionar servicios. - Reducción del tamaño de los equipos. - Reducción del ancho de banda, con incrementación de más canales (4). - Multiprogramación o multicasting. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ancho de banda de 30 KHz, diferente al actual de 20 KHz. - Redistribución del espectro en modo híbrido. - Calidad de sonido baja y variable. - Problemas en las transmisiones. nocturnas por las interferencias. - Problemas en cobertura por pérdidas. - Limitado ancho de banda. - No permite transmisión de datos. - Solo 40 canales de radiodifusión. - Con el modo híbrido se pierden las características de los servicios en digital por su ancho de banda. - Incremento leve en el costo de potencia. - Receptores caros. - En dispositivos móviles presenta mala calidad de audio con interrupciones. - Adquisición de nuevo equipo de transmisión y

		recepción de señal digital.
DRM	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible con las características de distribución AM del Ecuador. - Diseñado para onda larga LW 148.5 – 283.5 KHz, onda media MW 535 – 1605 KHz y onda corta SW 2.3 – 26.1 MHz. - Ancho de banda de 10 KHz es totalmente digital y en híbrido 20 KHz. - Canalización de 20 KHz. - Combate el desvanecimiento en larga distancia. - Compatible con la distribución espectral ecuatoriana. - Calidad en AM monoaural FM. - Potencia inferior. - Uso de la infraestructura actual. - Potencia de transmisores desde 30w a 20 Kw. - Consumo de energía menor. - Aprovecha el uso de los actuales transmisores agregando un excitador. - Uso de SFN por OFDM. - Servicios secundarios y multimedia. - Distribución libre, para difundirlo a nivel mundial. - Calidad del sonido estéreo. - Logra cobertura similar a AM. - Solo se añade al equipo transmisor un excitador. - Ayuda a la no saturación de FM. - Corrige distorsiones en la transmisión. - Costos racionales. - Modo de propagación C y D con gran robustez en propagación en la región tropical. 	<ul style="list-style-type: none"> - No usa licencia. - Requiere equipos de transmisión modernos para las estaciones. - Precio alto de los receptores. - No tiene mayor demanda.

Fuente: [28], [43] y [45]

**CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RADIO
DIGITAL AM EN EL ECUADOR**

3.1. Introducción de la radio AM digital en Ecuador

La migración de lo analógico a digital en la radiodifusión, permite una convergencia a nivel tecnológico, cambiando el significado actual de la radio AM como medio de comunicación.

Aunque la elección del estándar es uno de los parámetros más importantes, no es el único, ya que existen otros aspectos que serán analizados posteriormente como el marco regulatorio, las políticas adoptadas para el cambio desde lo analógico a lo digital, y su relación con los aspectos comerciales, técnicos, entre otros.

AM pretende al digitalizarse reducir la fuga que existe actualmente de oyentes, causado por el internet y los reproductores, que ofertan servicios secundarios para atraer más audiencia. A diferencia de los servicios digitales que permitirán interactuar con el oyente mediante pantalla de datos, informes de tiempo o tráfico, noticias, selección de música, emisión en diferentes lenguas, etc.

En este capítulo abordaremos la transición analógica a digital, con una comparación técnica entre estándares, con el fin de seleccionar el estándar a ser aplicado y que partes de un sistema de radiodifusión AM deben ser alteradas o totalmente modificadas para el cumplimiento del estándar digital.

3.2. Grado de penetración de la radio digital en el Ecuador

Nuestra sociedad ha ido experimentando el desarrollo de nuevas tecnologías en la industria de la radio, como es el caso de las transmisiones por internet y la radio digital. Es importante recordar que todas las mencionadas tecnologías cumplen con un ciclo de fase de experimentación en la que algunas personas tienen acceso, para posteriormente masificarse, hasta una nueva próxima tecnología en sustitución de aquella, brindando mejores servicios.

En el caso de la radio digital, algunos de los actuales formatos usan frecuencias diferentes con respecto a los estándares de transmisión, tienen esquemas de modulación y anchos de banda diferentes, además emplean códecs de audio diversos; lo que significa un problema al momento de elegir un estándar digital terrestre que se adapte a las condiciones técnicas de transmisión y recepción para ser implementado en nuestro país.

Es por esto que en el Ecuador se han establecido previo a la elección e implementación de un estándar de radiodifusión sonora digital, un plan de pruebas técnicas para analizar el

desempeño de los diferentes estándares digitales, en convivencia con la radio analógica existente en el Ecuador. Entre los puntos a considerarse en las mismas son la cobertura en la recepción de la señal con diversos contenidos en fija, móvil, portátil y personal. [1] y [14]

3.3. Pruebas técnicas con estándares de radiodifusión digital terrestre

El 7 de Octubre de 2011, la SUPERTEL del Ecuador suscribió un convenio de cooperación entre la concesionaria Unión Nacional de Periodistas (UNP) de la “Radio Unión AM” (820 KHz) y la concesionaria The World Radio Missionary Fellowship Inc. de la radio AM HCJB “La voz de los Andes” (690 KHz), ubicadas en la ciudad de Quito, con cobertura Regional, con un plazo de duración de un año. Este convenio tuvo la finalidad de que las instituciones relacionadas colaboren con la SUPERTEL en la realización de las pruebas técnicas del estándar DRM en la banda AM en el país, para una adopción futura del mismo. Para la realización de las pruebas, se cuenta con la colaboración del software ICS-Telecom de la SUPERTEL, que mide los puntos específicos a lo largo de radiales y arcos de cobertura.

En Abril de 2011 el Director de Gestión y Control de Radiodifusión y Televisión de la Superintendencia de Telecomunicaciones; tuvo una reunión con la Presidenta del Consorcio DRM y representantes del HCJB en el evento NAB2011, donde se comprometió la Cooperación de HCJB con la UNP, que incluyó capacitaciones en conocimientos básicos sobre el estándar y las características de los transmisores, las adecuaciones temporales de infraestructura para la instalación de equipos de transmisión digital y medición. Además de la adquisición de varios receptores DRM para la realización de las pruebas, y el apoyo de la cobertura teórica del software de predicción de cobertura ICS-Telecom³⁴ de la SUPERTEL.

Se eligió a radio HCJB para las pruebas del estándar DRM en el Ecuador, ya que el personal de la emisora ya tenía experiencia de esta tecnología con Estados Unidos, India y otros países; donde han aportado con el conocimiento y equipamiento en las pruebas en bandas de onda larga, corta y media. Las pruebas de transmisiones digitales de HCJB son en la banda corta, realizadas una vez a la semana para observar el comportamiento del sistema, ya que en dicha banda existen inconvenientes para la frecuencia de 690 KHz en AM.

³⁴ Herramienta para modelar redes de radios, desde la implantación local hasta nacional (10 KHz a 450 GHz), con licencia anual.

En octubre de 2011 y abril de 2012, de acuerdo con el convenio se realizaron mejoras en las instalaciones del sistema de transmisión de la radio Unión de Quito, de acuerdo a seguridades; y para abril y julio de 2012 se calibró los equipos digitales DRM, con configuración, pruebas de funcionamiento e instalación de los mismos; y con una planificación en los parámetros a medir y verificación.

Mientras, que para el 23 al 26 de septiembre de 2012, se organizó en Quito la XIV Asamblea de Asociación Latinoamericana de Educación Radiofónica (ALER), en donde se declaró el apoyo para la adopción de la norma DRM para la digitalización de la radio en Ecuador. [6] [10] y [37]

3.4. Análisis de factores para la implementación de la radiodifusión sonora digital en AM

El apagón analógico en el ámbito de las telecomunicaciones traerá beneficios ante la liberación del espectro radioeléctrico, y dentro de los múltiples servicios que brindará se debe resaltar que será de gran ayuda para la educación, cultura, necesidades comunitarias entre otros, mediante la interactividad con el usuario.

Es importante recalcar que el proceso complejo de implementación dependerá de distintos factores como los económicos y sociales, que sobrepasan a las técnicas, ya que pueden llegar a afectar o retrasar su progreso.

Entre las ventajas que traerá la migración para la radiodifusión sonora, es la mejora en calidad de sonido, inclusión de nuevos servicios, mayor selección para el consumidor, mejor rendimiento del espectro por la compresión y aumento de la audiencia.

En una comparación entre las ventajas de la digitalización de la radio frente a la televisión, se concluyó que para la televisión es mucho más beneficiosa, ya que es importante liberar frecuencias por el gran ancho de banda ocupado actualmente y el atractivo que presentaría para los operadores de telefonía móvil; mientras que para la radio el espacio a liberarse es muy inferior y no puede ser reutilizado para otros fines.

3.4.1. Sociales.

En la evolución de las nuevas tecnologías de información, los usuarios y creadores son los mismos, ya que de ellos se deduce un elemento decisivo en la relación directa entre los procesos de creación y la producción de servicios. Es por eso que las nuevas tecnologías

digitales al ser aplicadas, no solo liberan la escasez de frecuencias libres; sino también captan el interés de los usuarios al ofrecerles el acceso gratuito a nuevos servicios a bajo costo de distracción e interactividad continua, convirtiendo así a la radio en un medio atractivo del futuro.

Existe una escasa promoción y publicidad en el conocimiento de la transición digital para los usuarios y los beneficios que aporta, y por lo tanto, no sienten la necesidad de utilizar el nuevo sistema.

3.4.2. Políticos.

La transición a la radiodifusión sonora digital, involucra modificar el marco regulatorio existente con distintos grados de relevancia, que van desde modificar los actuales Reglamentos y Normas existentes hasta una eventual modificación de la Ley General de Telecomunicaciones.

Se debe realizar regulaciones en lo referente a la cantidad de canales de información a transmitir por cada estación, ya que en lo digital como característica se pueden emitir, según el sistema, desde uno hasta ocho canales de información en forma simultánea, en diferencia al servicio actual que permite la emisión de un solo canal de información por estación, con una sola programación. Esto trae consigo un cambio en lo que se entiende por servicio de radiodifusión sonora, y el uso de los canales para ser utilizados en audio o datos.

Además, es necesario establecer un plazo para la transición entre lo analógico a lo digital; ya que a partir de la elección del estándar de radiodifusión digital a implantar en el Ecuador, el CONARTEL y la SUPERTEL como entes reguladores, podrán establecer la ley a cumplir en cuanto a la disponibilidad en el mercado y adquisición de equipos transmisores por las estaciones, y de receptores para los usuarios, distribución del espectro, licencias de permiso, entre otros aspectos de regulación. Para este periodo se debe permitir la coexistencia del servicio de radiodifusión analógico y el digital hasta proseguir a la digitalización de la radio sonora.

En lo referente a los parámetros de cobertura de servicios que brindarán los concesionarios, se podría llevar a un concurso para la renovación de contratos con los concesionarios, para definir si todos los usuarios podrán favorecerse de todos los servicios de la radio digital. [13]

3.4.3. Cambios en el marco legal en la transición y regulación.

Es importante definir límites y alcances en lo que respecta a la inclusión digital en la radio, ya que deben ser concebidos de acuerdo a las leyes. Es por eso que el Estado debe garantizar el acceso y migración a la digitalización.

Los siguientes artículos nos explican sobre la aplicación de la ley en la concesión de frecuencias:

- De acuerdo al Art. 10 reformado de la Ley de Radiodifusión y Televisión, “ninguna persona natural o jurídica podrá obtener directa o indirectamente la concesión en cada provincia de más de un canal de onda media y frecuencia modulada”, lo que establece que un concesionario pueda emitir únicamente una señal de radiodifusión sonora AM y FM.
- El Art. 9 reformado de la Ley de Radiodifusión y Televisión, establece que la concesión de frecuencias de radiodifusión sonora es por un período de diez años de acuerdo a la disponibilidad de frecuencias, concesión que es renovable sucesivamente.

La digitalización exigirá una nueva configuración de servicios de datos, multimedia, noticias, etc. Además, de una reorganización de canales asignados a los concesionarios, para esto se prevé dos alternativas de distribución del espectro, la primera que las nuevas frecuencias disponibles se reasignen a otros nuevos concesionarios, distintos de los actuales, cumpliendo con el principio de igualdad en el acceso de frecuencias del espectro analógicas³⁵; y la segunda es de asignar las frecuencias digitales al mismo concesionario que fue de la analógica, en donde quedaría sólo las frecuencias adyacentes para nuevos concesionarios.

En lo que respecta a la multiprogramación o a la asociación de otros generadores de contenidos de un concesionario; no está contemplado en la actual ley para transmitir por una misma portadora más de una programación. Por lo expuesto anteriormente, es necesario cambiar las normas, a nuevas que permitan la implementación de radiodifusión sonora digital, en la que se estipulen los plazos para la migración, duración de los contratos con los concesionarios, compartición de infraestructura, entre otros.

La radio como un servicio de acceso universal debe incorporar conjuntamente a todos los actores involucrados en este proceso, como la industria de la radio, operadores, usuarios,

³⁵ Art. 16.3, Constitución del Ecuador

etc; para que conjuntamente al disponer de las condiciones necesarias, puedan llegar a establecer un tiempo prudente para digitalizar la radio, garantizando así la continuidad del servicio de radiodifusión sonora abierta en AM. [18], [33] y [37]

3.4.4. Económicos.

El factor económico es uno de los principales factores a tomar en cuenta en la implementación de lo digital en las estaciones, ya que de acuerdo al estándar elegido se darán los requerimientos que cada estación deberá adaptar, invirtiendo un presupuesto por un cambio en la tecnología; como inversión para lograr una cobertura mayor en la migración de la estación hacia la radio digital. Dentro de los elementos para transferirnos a la tecnología digital, que debemos tomar en cuenta son:

- Calidad y actualización de los equipos con que cuenta la estación, si son muy antiguos no podrán adaptarse.
- Adición de dispositivos como excitadores digitales a equipos modernos.
- Facilidad en el mercado y demanda para la adquisición de los transmisores, que va conjuntamente relacionado con su precio.
- Potencia de los equipos
- Bandas de frecuencia en que operan los equipos transmisores.
- Compatibilidad con los equipos de la estación.

La transición a la AM digital, toma en cuenta la proporcionalidad del costo de implementación (Ver tabla 3.1.) con respecto al estándar adoptado; es por eso, que a continuación realizamos una comparación entre los estándares y los costos que requiere cada estándar:

Tabla.3.1. Comparación de los costos de implementación de los estándares para radiodifusión digital.

Estándar	Costo de implementación
IBOC	<ul style="list-style-type: none"> - Adquisición de nuevos equipos de transmisión IBOC. - Pago de una tasa anual por la licencia de permiso. - En caso de que la estación tiene equipos modernos solo debe comprar un excitador digital. - Incremento en el costo de consumo de potencia. - Receptores IBOC caros, por su falta de comercialización.
DRM	<ul style="list-style-type: none"> - Licencia libre. - Requiere adquirir equipos transmisores modernos, sistema de antenas y enlaces. - Receptores digitales costosos por su baja demanda
DAB	<ul style="list-style-type: none"> - Según World DAB Forum World DMB hay 980 modelos de receptores en el mercado. - Los receptores consumen mucha energía. - Transmisor TELEFUNKEN entre \$65.000 y \$ 125.000

HD Radio	<ul style="list-style-type: none"> - Exige comprar nuevos equipos de transmisión - Compra de una licencia para el software (Ibiquity). - Varios modelos en el mercado de EEUU de receptores.
----------	---

Fuente: [8] y [13]

En la tabla 3.2., se muestra una comparación de costos de referencia de los equipos por estándar:

Tabla.3.2. Resumen de los costos de los equipos de los estándares de radiodifusión digital.

Estándar	Equipo	Costo (\$)	Marca
DAB	Transmisor	125.000	TELEFUNKEN
	Receptores	130 - 230	Albrecht DR 315, 330, 27333
		309,00	Auluxe Casa DAB+
		289,00	Axess SoundStation
IBOC	Transmisor	200,000	HARRIS
	Excitador	47,500	-
	Receptores	299,00	JVC
		269,00	RADIOSOPHY HD 100 Digital HD Radio receiver
		240,00	Zune HD 16 GB Video MP3 player
Licencia anual	5000		
ISDB-Tsb	Receptores	879	Sonny ericcson W44S
		134	Sharp W515H
DRM	Transmisor	130,00	
	Excitador	30,00	
	Receptores	250,00	Technisat Multyradio
		121,95	Morphy Richards DRM
		364,00	HIMALAYA DRM 2009
HD Radio	Licencia	5000 a 10000	-
	Transmisor	30000 a 10000	-
	Antenas	42,00 a 100,00	CM-3016, 3018,3020,3679
		25,00 – 80,00	Winegard HD6010, 6000, 6055
	Receptores	899,00	Denon RA-697CIHD
		299,00	JBL On Time 400IHD High-Performance
		122.99	Coby HDR700

Fuente: [2], [8], [13],³⁶

Uno de los problemas que presenta el Ecuador, para que pueda tener menos inversión en la transición hacia lo digital, es que los receptores y transmisores de acuerdo al estándar elegido deben ser importados añadiendo a ello una tasa que deben pagar los concesionarios y usuarios. Es por eso que una buena opción para abaratar costos en Ecuador, es que el país se convirtiera en el fabricante de sus propios equipos cumpliendo con las características del estándar, como lo hizo Brasil al elegir el estándar DRM; o que toda la región adopte el mismo estándar para de esta manera producir equipos a nivel regional en masa. [33]

³⁶ DIGICOMPARISON, <http://digicomparison.com/>

3.4.4.1. Inversión de recursos.

Sería ideal que los países latinoamericanos tuvieran sus propios estándares de radio digital, esto llevaría a romper la lastimosa situación de dependencia con los centros capitalistas, así como a estimular al desarrollo de bienes y servicios tecnológicos propios. Protegiendo así el mercado interno, con la facilidad de agregar componentes a los receptores de radio. Ya que al acogernos a un estándar producido internacionalmente, estas empresas impondrán sus propios términos y condiciones a países como el nuestro, no productores de bienes y servicios tecnológicos.

Una de las inversiones más favorables para el usuario es la incorporación de servicios de valor agregado como informes, noticias, reportes, emisión en otra lengua, datos, multiprogramación; los mismos que hacen más apetecible a la transición a la radio digital, ya que dejaría atrás el concepto de que una radio que solo se rige por una programación de la propia estación, y no existen interactividad entre el usuario y la radio.

Por eso, al digitalizar la radiodifusión lo que pretende es los operadores del mercado estimulen a la demanda de los usuarios, por los servicios que se brinden en el proceso; y que este no sea únicamente un cambio de infraestructura por parte de las emisoras.

3.4.5. Cambio del parque receptor.

El estándar elegido de acuerdo a los requerimientos, implicará un cambio total o parcial en el parque de equipos receptores, ya que existe un cambio en el uso del espectro en la banda AM con la adición de nuevos servicios. Además la migración a digital, involucra que la estación de radiodifusión invierta un presupuesto dependiendo del estándar adoptado, de la tecnología actual que posee y la cobertura que desea alcanzar.

Pero previo al cambio de equipos se deben considerar los siguientes aspectos regulatorios en la radiodifusión:

- Determinar que se hace con las concesiones vigentes, en lo referente a si continúan operando en las condiciones actuales hasta que venza el plazo de la concesión o se las obliga a migrar al nuevo sistema, en plazos específicos y garantizándole una frecuencia específica que en el caso del IBOC es la misma.
- Determinar si los actuales concesionarios gozarán de derechos preferentes, respecto de nuevos postulantes para acceder a una concesión en el servicio radiodifusión digital. Cuando se trate de concursos por la frecuencia que queda disponible por término de la vigencia de la concesión y en el cual el concesionario antiguo participa.

- Permitir la coexistencia del servicio de radio analógica actual y el digital de acuerdo a un plazo establecido para su total digitalización de la radiodifusión sonora.
- Establecer nuevas zonas de servicio de acuerdo a la cobertura de los nuevos equipos transmisores.

3.4.6. Requerimientos de cobertura AM.

Entre los factores a tomar en cuenta para la cobertura de la señal analógica en digital, son:

- Linealidad del transmisor.
- Procesador del audio.
- Rotación en fase de la antena.
- Comprensión de datos de audio.
- Ancho de banda de la antena. [46]

3.5. Dificultades para adoptar la tecnología digital en Ecuador

Existen varios factores como los cambios sociales, tecnológicos y económicos que han afectado actualmente a la radio en general, tanto a los concesionarios como a usuarios quienes sufren de aburrimiento y desinterés por la programación que ofrecen las radios a la audiencia. Hoy en día, la radio esta escasa de investigación, reprogramación, servicios, ideas innovadoras y creativas, que genera el desinterés de los radioescuchas.

Entre las dificultades que se presentan a la hora de realizar la transición hacia el formato de radio digital, es el poder elegir un estándar que permita una migración progresiva para conservar la continuidad en el servicio analógico a digital, garantizando así que los radioescuchas no pierdan su servicio durante el período de transición, ya que la radio como servicio universal, debe llegar a todo el país en forma gradual y progresiva, con las mejoras en la calidad de audio de las señales transmitidas.

Además, las estaciones deben ofrecer un mejor servicio en comparación al brindado actualmente, con menos potencia y en caso favorable que se pueda emitir la señal en la misma frecuencia. Pero en lo que respecta a los servicios digitales, es necesario emplear adecuados métodos de compresión de datos para reducir el ancho de banda, tanto de vídeo como de audio, para usar la mínima tasa de transferencia y finalmente obtener servicios de calidad.

En el aspecto económico, existe dificultad al sustituir los equipos de recepción análogos por digitales por los elevados precios, generando una baja demanda y desinterés por parte de los usuarios, ya que no tienen el conocimiento de todas las ventajas que ofrece la digitalización pese a su alta inversión.

3.6. Selección del estándar para radiodifusión sonora AM digital del Ecuador

Después de un análisis y comparación en el capítulo II de las características de los estándares digitales que pueden implementarse en la radiodifusión AM en su proceso de digitalización en el Ecuador, se seleccionaron los estándares DRM en primera instancia, y HD Radio, descartando DAB, DMB y ISDB - Tsb ya que no trabajan en las bandas que operan en nuestro país con canalización diferente, y son una propuesta directamente para FM en alta definición, quedando definitivamente desestimado porque al elegirlo nos incrementaría el tiempo de transición y más complicaciones hacia el apagón analógico. Igualmente es importante recalcar que DAB cuenta con un sistema de control centralizado de las transmisiones por tanto sería un problema en la cobertura y recepción, mientras que ISDB-T requiere mayor ancho de banda a diferencia de DRM, por tanto esto no ayudaría a la adición de nuevas emisoras, al contrario favorecería a la escasez de canales en la radio AM. [23]

Una de las principales razones por las que se elige DRM o IBOC como estándar digital para implementar en AM en nuestro país, es porque operan en las bandas actuales de radiodifusión AM (535 a 1605 KHz), lo que nos permite una transición gradual digital, que permite a los difusores continuar transmitiendo señales analógicas junto con las señales digitales simultáneamente, utilizando sus actuales equipos en el proceso.

Ambos estándares, permiten una transición flexible en el sistema digital, ya que proporciona dos tipos de onda, la híbrida y digital; donde la híbrida retiene a la señal analógica, mientras que la señal digital no. Proporcionando de esta manera un uso del sistema "simulcast", que permite transmitir sus programas en forma analógica y digital simultáneamente en la misma posición del dial, sin interferencias entre ellas; permitiendo de esta manera una migración gradual.

HD Radio, permite introducir la señal digital en la banda AM en la actual frecuencia, con el uso de la infraestructura y espectro existente, preservando el servicio analógico hasta cuando sea necesario, pero al digitalizarlo totalmente en AM su propagación nocturna es deficiente. Además, este estándar para estaciones de onda media está definido con un ancho de banda de 9 KHz para Europa y de 20 KHz para EEUU, siendo este un problema no aplicable a las características de radio AM actual en nuestro país; por tanto, HD Radio

necesita el doble de ancho de banda para funcionar en las dos bandas laterales para la modulación digital en la misma frecuencia, ya que las características de éste es que pueda emitir de manera analógico y digital en la misma frecuencia, ocasionando la desaparición de algunas radios de AM; también, para su adopción implica el pago de licencia anualmente a los titulares de la tecnología. [16]

DRM, es una propuesta directamente para mejorar la calidad en la recepción en onda corta, ya que fue creado para combatir el desvanecimiento y mejorar la propagación de señales analógicas de onda corta de larga distancia. Este sistema, permite que tanto los operadores y usuarios, dispongan de las condiciones adecuadas para que garantice la continuidad del servicio de radiodifusión sonora en la transición hacia lo digital, mediante la compartición de infraestructura y la reducción de los costos en operación de las emisoras, porque se adapta directamente a las especificaciones técnicas utilizadas actualmente en la tecnología analógica. Además que no es licenciado, por tanto tiene código abierto para una participación en desarrollos de software futuros de la norma. [2]

En síntesis, DRM es el estándar digital terrestre más adecuado por razones detalladas en el capítulo II, es por eso se sugiere que para la posterior implementación de un sistema digital en la radiodifusión AM sea con dicho estándar; que por sus características propias pueda ser aplicado en las bandas de radiodifusión AM actuales. Además DRM al ser una norma promovida mundialmente adoptada en países como India, Gran Bretaña y Rusia, nos abre la posibilidad de implementar una norma de radiodifusión digital global.

DRM, tiene compatibilidad en las bandas y uso del espectro AM actual del Ecuador; es decir, opera en la banda de frecuencia de onda media desde los 535 a 1705 KHz, con ancho de banda de 10 KHz para el modo completamente digital, sin causar interferencia entre los canales, es por eso que asegura una migración progresiva desde la radiodifusión analógica a la digital en nuestro entorno.

Este estándar como se detallo sus características en el capítulo II, ha sido desarrollado para transmitir en el servicio de radiodifusión sonora digital en onda media en bandas inferiores a 30 MHz, permitiendo obtener un audio con calidad FM, adaptándose totalmente a las características de radio AM de Ecuador. [23] y [36].

3.6.1. Consideraciones para la operación del estándar digital DRM en radiodifusión sonora AM.

Posterior al análisis y selección, a continuación se detalla algunos parámetros a tomar en cuenta en la transición al estándar digital DRM para AM:

3.6.1.1. Consumo de potencia.

El sistema DRM para una misma zona de cobertura de un transmisor analógico, requiere una potencia aproximadamente de 1/10 (Ver Tabla 3.3.) de la potencia del transmisor analógico, reduciendo el consumo de potencia de hasta el 40 - 50% (Ver Fig. 3.1.). Esto significa que un solo transmisor puede cubrir un área mayor, y que al usar menos potencia se disminuye los costos de consumo de energía de la estación y la contaminación ambiental electromagnética.

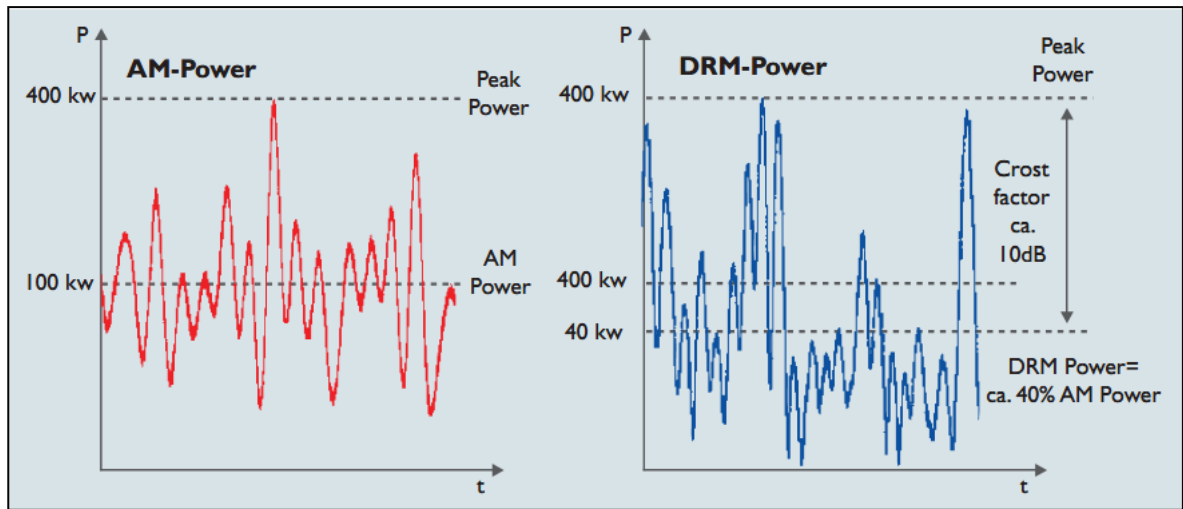


Fig.3.1. Potencia en AM y DRM, con envoltura RF³⁷

Los niveles de potencia de la señal digital no deben causar interferencias en la transmisión de la señal analógica, de acuerdo a las condiciones de la norma ITU SM.328 para evitar generar interferencias en los canales adyacentes. [9]

Tabla.3.3. Comparación del consumo de potencia en radio AM analógica y DRM digital.

CONSUMO DE POTENCIA	
AM analógica (W)	DRM (W)
1000 watt (1 Kw)	100 - 400 watt
5000 watt (5 Kw)	500 - 2000 watt
10.000 watt (10 Kw)	1000 - 4000 watt
20.000 watt (20 Kw)	2000 - 8000 watt

Fuente: [47]

Asimismo, DRM permiten la coexistencia de emisoras de baja y alta potencia, por el esquema descentralizado que permite que puedan todos transmitir y receptor desde cualquier lugar. [23], [36] y [45]³⁸

³⁷ DRM Consortium, "DRM Introduction and implementation guide, 2013": disponible en <http://drm.encours.fr/wp-content/uploads/2012/10/DRM-Introduction-Implementation-Guide1.pdf>

3.6.1.2. Simulcast.

DRM admite simulcast, permitiendo que durante el proceso hacia la introducción del sistema totalmente digital, cohabite la transmisión tanto para receptores analógicos y digitales en modulación de amplitud. En este modo de funcionamiento la ventaja es que la señal analógica no contiene información estéreo, y la digital proporciona calidad superior que la analógica.

De acuerdo a la norma ETSI TS 102509, el modo simulcast de canal único para canales de 9 KHz o 10 KHz, transmite la señal analógica en la banda lateral inferior con una envolvente para la recepción en AM convencional, y para la transmisión de la señal digital en la banda lateral superior reducida en amplitud respecto a la portadora principal analógica, reemplazada con una señal DRM de 4,5 o 5 KHz. Las portadoras digitales laterales están equiespaciadas respecto a la portadora AM, pero con la misma información a ambos lados.

Respecto al tiempo es disímil entre las dos señales, ya que la señal analógica es retardada respecto a la señal digital, para que exista sincronización entre ambas señales. [1] y [45]

3.6.1.3. Cobertura.

En cuanto a la cobertura, DRM garantiza una reducción de la emisión, comparada con el autorizado en la señal analógica AM, proporcionando así una compatibilidad entre los sistemas pero con mayor cobertura al implementar DRM, como se observa en la Fig.3.2.

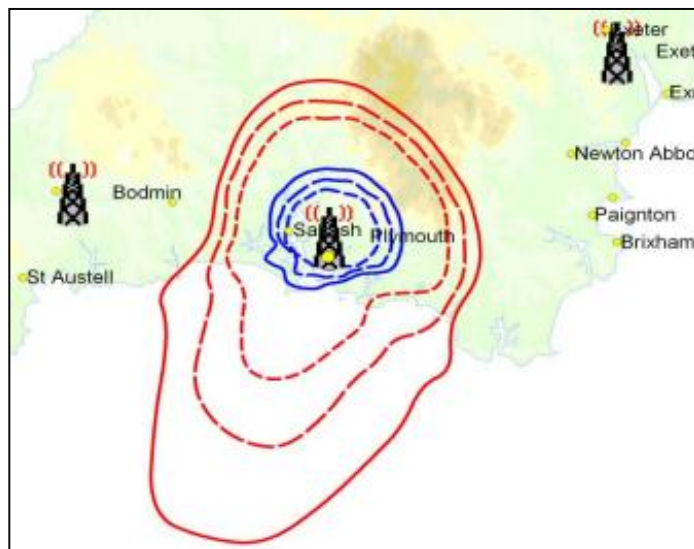


Fig.3.2. Cobertura de AM (azul) y DRM (rojo) ³⁹

³⁸ Declaración Aler-DRM, "Apoyo para la adopción de DRM en el continente": disponible en <http://aler.org/index.php/77-novedades-desde-aler/146-declaracion-aler-drm-digital-radio-mondiale>

³⁹ Puigrefagut Elena, EBU TECHNICAL, "Sistemas de radio digital y el espectro de frecuencias" (Barcelona, 2009): disponible en <http://www.i-obsradio.org/files/puigrefagut.pdf>

3.6.1.4. *Distribución del espectro.*

DRM es un sistema que transmite en las bandas utilizadas por la radio AM actual en el Ecuador, por tanto no exige un cambio en las frecuencias; permitiendo de esta manera realizar una convergencia gradual a nivel de servicios, hacia la completa digitalización.

El estándar DRM funciona en modo híbrido, lo que permite que una emisora transmita simultáneamente su señal digital y analógica, siendo esta una ventaja en el proceso de implementación.

Además, este estándar es simple en su implementación ya que no exige una reorganización del uso de espectro radiofónico, más bien solo por parte del ente regulador se debe autorizar un nuevo uso de las frecuencias ya asignadas. A continuación se detalla un en la Tabla 3.4. la distribución de bandas de frecuencias utilizadas en radio AM: [2] y [21]

Tabla.3.4. Bandas de frecuencias para radio AM.

BANDA	SISTEMA DE RADIO	COBERTURA
LF	AM DRM	Cobertura nacional. Reducción de cobertura durante la noche debido a reflexión desde la ionosfera.
MF	AM DRM	Cobertura de regiones. Reducción de cobertura durante la noche debido a reflexión de señales desde la ionosfera.
HF	AM DRM	Cobertura a larga distancia. Diferentes frecuencias necesarias para emisión de día, de noche y en función de la estación.

Fuente: [21]

3.6.2. **Componentes de la estación AM digital para la migración hacia DRM.**

La implementación de la digitalización exigirá un cambio o actualización de algunos equipos y sistemas que se usan en una estación, cabe recalcar que actualmente gran parte de las radios se encuentran usando tecnología digital en algunos equipos o dispositivos que poseen, permitiendo de esta manera maximizar el uso de la tecnología existente de transmisión y minimizar la inversión para introducir DRM.

Para esta migración se debe considerar las capacidades, presupuesto y planes de expansión de la radio, para dimensionar los equipos a adquirir; como también las características de los mismos para que brinden la protección y adaptación de la señal en el proceso digital. A continuación detallamos algunos de los sistemas que deben ser añadidos o conservados en la arquitectura, para una implementación básica de DRM en emisiones pilotos:

- *Conversores A/D*: Utilizado en la etapa previa para adaptar la señal análoga al formato digital.
- *Consolas de audio*: Este es un equipo que ya existe en las radios, pero que debe ser actualizado a una con características de salidas digitales de acuerdo a los requerimientos de entradas del excitador DRM, frecuencia de muestreo de 44.1 KHz para brindar un sistema de tasas múltiples de muestreo con diferentes formatos digitales, y permita el uso de señales en formato analógico. La consola es de gran importancia ya que permitirá la conversión completa digital.
- *Modulador DRM*: Equipo ubicado físicamente en la transmisión, que previo a la transmisión origina la señal OFDM, con capacidad para redes de frecuencia única y modulación AM y DRM para el modo simulcast.
- *Excitador DRM*: Usado como servidor de contenidos con interfaz de configuración, que adapta la señal de acuerdo a las especificaciones DRM, organizando los datos digitales en el canal de datos MSC, los codifica en distintos formatos de fuente, y asigna la información a las aplicaciones de datos y señalización de los canales FAC-SDC para transmitir la señal en formato DCP, y enviarlo al multiplexor DRM. La codificación y multiplexación de audio se basan en tramas de 400 ms, por tanto entre los codificadores y multiplexor, deben estar conectados con una referencia de sincronización de tiempo común con un sistema GPS, para estabilizar a lo largo de los 400 ms de duración de la trama. [6] y [18]
- *Protocolo DCP (Protocolo de distribución y comunicación)*: Interconecta el servidor de contenido y el modulador, permitiendo una administración de comunicación multicast fiable para la transmisión de datos confiables en formato digital con enlace fiable y código de detección de errores FEC Reed Solomon de un servidor a varios receptores; logrando de esta manea enlaces de comunicaciones uni-direccionales para disminuir costos. Este protocolo es de distribución libre, creadora por DRM y estandarizado por la ETSI⁴⁰; debe ser incluido en las siguientes partes del sistema DRM al implementarse:
 - MDI (Interfaz de distribución de Multiplexor). Transporta los datos y comandos desde el multiplexor al modulador.
 - MCI (Interfaz de Control del Modulador). Señaliza remotamente y envía los comandos de configuración del modulador.

⁴⁰ Especificación ETSI TS 358 v1.1.1

- SDI (Interfaz de Distribución de Servicio). Transporta los datos y comandos desde el estudio y fuentes del multiplexor.
 - RSCI (Interfaz de Control y Estado del Receptor). Transporta la información del estado del receptor.
- *Transmisor DRM simulcast* (Ver Fig. 3.3.): Equipo determinante en el proceso de migración, con mecanismos para la combinación (simulcast) suave y transmisión entre las señales analógicas retardadas respecto a las digitales en el procesamiento digital. La principal característica que debe tener es que funcione como amplificador lineal, y amplificador de potencia para evitar la distorsión de la señal debe cumplir con la función de transferencia lineal tal que la señal de salida sea una réplica de la de entrada pero con un mayor nivel de potencia. [6] y [18]

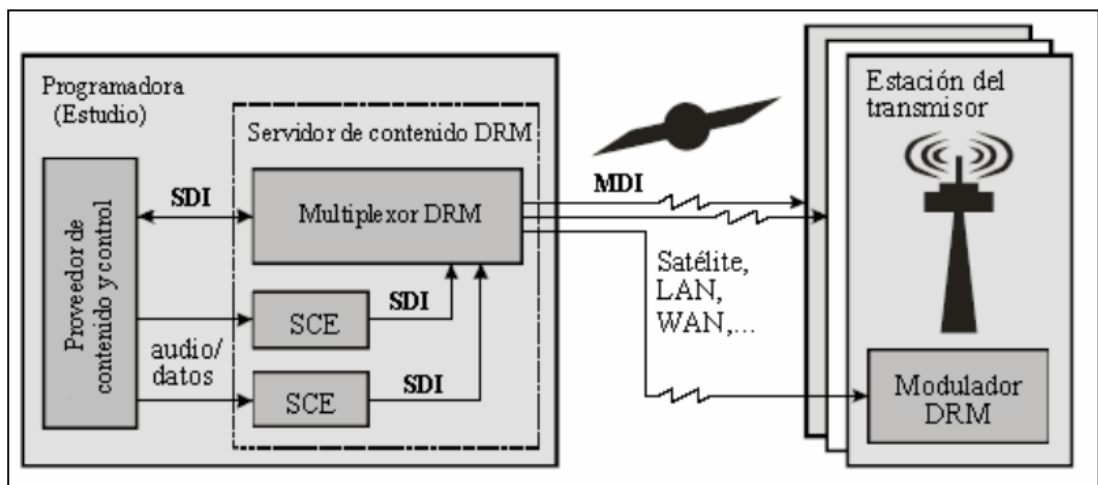


Fig.3.3. Arquitectura básica de los equipos de transmisión DRM ⁴¹

- *Sistema de antenas*: Este sistema debe ser capaz de atenuar la amplitud y alterar la relación de la fase de portadoras en el ancho de banda restringido. Además, debe constar de entradas para audio analógico y digital, y una entrada Ethernet para las señales del servidor de contenido. Entre las antenas que se pueden usar son:
 - *Antenas HF*: Son las antenas usadas actualmente para la radiodifusión en onda corta, con anchos de banda superiores a los de las señales DRM, por lo que son apropiadas para no provocar una degradación y no requieren ninguna modificación.
 - *Antenas MF*: Se sintonizan acorde a la frecuencia de servicio, y son configuradas de acuerdo al área de cobertura para propagación por onda

⁴¹ ESPE, "Estudio de factibilidad para la implementación del servicio de radiodifusión digital DRM": disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2477/1/T-ESPE-027548.pdf>

superficial o combinada con la onda ionosférica. Se puede usar para diferentes anchos de banda, como para señales DRM de 18 o 20 KHz, señales análogas de 9 o 10 KHz, y señales DRM de 9 o 10 KHz; serán radiadas en canales adyacentes en modo simulcast.

- *Receptor DRM:* Este equipo receptara el múltiplex en RF para realizar el proceso inverso de la transmisión, que consiste en que al ser captada la señal analógica centrada en frecuencia intermedia de 10 KHz, se aplica la conversión A/D; luego, se demultiplexa la señal para separarla en sus canales originales (SDC, FAC, MSC), y decodificar la información de datos y audio mediante un software.

Es conveniente que las radios puedan adquirir equipos con las características que brinden la suficiente protección a la señal digital, para prevenir efectos no deseados en la señal emitida. [6]

3.6.3. Implementación económica.

De acuerdo a la arquitectura que se debe implementar con DRM, en comparación con los equipos de la radio actual AM, esto traerá consigo realizar una inversión económica para digitalizar equipos. La tabla 3.5., detalla la variedad de equipos por marcas, de acuerdo a lo analizado:

Tabla.3.5.Fabricantes de productos DRM.

MARCA	EQUIPO DRM
Digidia	Servidor de contenido ALTO- DRM Básico Servidor de contenido ALTO- DRM Avanzado Modulador SOPRANO-DRM Básico Modulador SOPRANO-DRM Avanzado Excitador TENOR-DRM Básico Excitador TENOR-DRM Avanzado DIAPASON-DRM sincronización GPS
Procesadores de audio	Orban 6200 procesador de audio analógico. Orban 9200D procesador de audio digital Orban AM 9400 (procesador de audio analógico y digital) Omnia 3 procesador analógico Omnia 3 procesador digital
Ampegon	DRM content server (TXW 5128D) Stratus (TXW 5126D) DRM modulator/RF exciter
RFmondial	DRM30 Modulator/Exciter LV1 Fraunhofer DRM ContentServer™ R5 Stand-alone RFmondial LV DRM Modulator / Exciter DRM/AM/FM Monitoring Receiver RFbox Fraunhofer DRM30 Monitoring Receiver DT700

	Fraunhofer DRM30 Software Radio
Harris	Servidor de contenido CSB-100 3DX AM Transmitter Family DAX AM/HD/DRM Transmitter Family DX AM Transmitter Family Excitador DRM

Fuente: [6]

Es importante destacar que para las primeras emisiones con DRM, es indispensable adquirir el servidor de contenido y modulador o un excitador; mientras que para el caso del transmisor y sistema de antenas, dependerá de la adaptación de los mismos en el enlace estudio-transmisor. [6]

3.7. Nuevos servicios sobre la plataforma de radio actual

La radio será convertida de un medio capaz solo de emitir sonidos a un medio multimedia, con la emisión de:

- ✓ Datos generales (PAD, SI o multimedios)
- ✓ Imágenes (JPG, GIF, JFIFM, BMP)
- ✓ Texto (txt, html), como mensajes que contienen información del programa de audio, puede llegar a enviarse una secuencia de mensajes de texto cortos, compuestos por hasta 128 caracteres de longitud.
- ✓ Multimedia (MPEG o Java) puede incluir texto e imágenes, para DRM la cantidad de datos que se puede enviar es restringida por la velocidad de transmisión.
- ✓ El servicio independiente de información de texto journaline que permite al usuario poder elegir de entre una lista de diferentes temas, cuales son más de su agrado; puede estar compuesto por más de 65.000 páginas, cada una con un contenido de 4 Kbytes de texto, con velocidad de transmisión de hasta 200 bps.
- ✓ Slideshow, es un mensaje con información útil del programa que se le presenta al usuario, aunque también puede incluir mensajes independientes del programa de audio como anuncios publicitarios, información del clima, etc.
- ✓ Envío de informes del clima en tiempo real mediante TMC, esta información es emitida mediante un guía, para que alerte al conductor de los posibles problemas en una ruta.
- ✓ Una aplicación en desarrollo para video es diveemo, que podrá ser usado preferencialmente para emisión de noticias, sistemas de educación o información de emergencia.
- ✓ En los receptores un software de guía electrónica de la programación disponible (EPG), que permite adicionalmente la grabación de los programas de interés.

- ✓ Un identificador del servicio único a nivel mundial, asignado a cada programa DRM por las autoridades de cada país que adopta el estándar, y utilizado solo por el receptor, para la selección del programa mediante el nombre.
- ✓ La etiqueta del servicio que consta de hasta 16 caracteres de longitud y tiene la capacidad de permitir la visualización de los caracteres de escritura mundial; esta es una herramienta primaria para la identificación del programa, ya que permite que si los usuarios conocen una estación por su frecuencia de transmisión actual de AM o FM, pueda añadirse esta información como parte de la señal DRM.
- ✓ El tipo de programa como parte de la señalización de los 29 diferentes tipos de programas para los servicios de audio, mediante el cual la selección del programa puede hacerse por el tipo de contenido.
- ✓ El idioma del servicio, mediante el cual se permite la selección del idioma de emisión de los programas, para esto se usa el código establecido por la ISO.
- ✓ El país de origen para identificar de donde se origina el servicio DRM en particular, de acuerdo al lugar del estudio; esta señalización se basa en los códigos asignados por la ISO. [16] , [38] y [45]

3.8. Establecimiento del apagón analógico

El apagón analógico hacia lo digital introduciendo el estándar digital terrestre DRM en AM, podrá introducirse al sistema ya que posee las mismas características en cuanto a frecuencia, ancho de banda, pero en lo que respecta a cobertura la señal digital será más robusta y con mejor calidad de audio, esto permitirá que esta transición solo tome un corto plazo.

Con respecto a los equipos de los usuarios habrá un cambio significativo; como por ejemplo en los receptores será muy importante elegir la calidad en la reproducción de sonido como en los altavoces con características estéreo y sonido envolvente, pantallas y medios visuales; todos compatibles con el estándar adoptado.

Para el caso de DRM, los receptores DRM podrán recibir señales analógicas como digitales, mientras que los receptores existentes podrán seguir recibiendo las señales analógicas. Es importante mencionar que para la elección de nuestro receptor se debe tomar en cuenta las siguientes características: la sensibilidad, selectividad, comportamiento en situaciones de sobrecarga; para que la señal no pueda verse deteriorada por su sensibilidad ante las interferencias.

Estos nuevos receptores digitales AM tendrán la capacidad de sintonizar dinámicamente la frecuencia del canal óptimo de un determinado programa, de tal modo que si el programa desaparece en su frecuencia primaria, el receptor podrá ser resintonizado en otro canal del mismo programa sin interrupción.

Los transmisores AM deberán poder reutilizarse en el proceso para la transmisión DRM, para ellos la modulación debe ser de alto nivel, donde se module la amplitud de la señal con variación a la entrada del amplificador de radiofrecuencia no lineal; la modulación digital deberá ser una modulación de fase (amplitud constante), para luego ser emitida por el transmisor AM, separando las componentes de amplitud y fase; la de amplitud es la entrada de señal de audio, mientras que la portadora reemplaza a la señal de RF modulada en fase.

En cuanto a la cobertura y la calidad del servicio para una potencia de emisión, el radiodifusor tendrá que presentar una solución fiable, ya que deberá llegar a cumplir con un compromiso entre maximizar la capacidad de transmisión de datos dentro del canal y robustez. Para esto se debe tomar en cuenta que, el servicio local por onda de superficie tiene poca interferencia cocanal o de canal adyacente con mínima protección contra errores, lo que facilita la velocidad en la transmisión de datos; mientras que, el servicio por onda ionosférica es de larga distancia, pero puede presentar retardos de propagación, desvío de frecuencia, interferencia y pobre relación señal-ruido.

Los nuevos servicios digitales ofrecidos, tendrán etapas para introducir la interactividad radiofónica, esto supondría un proceso de algunas fases como: analizar la actual tecnología disponible en cuanto a dispositivos y normas de radio AM, la introducción de promociones sobre la migración digital, y la importación de equipos del estándar adoptado en el mercado.

3.9. Escenario mundial de la radiodifusión sonora digital terrestre

En algunos países como: Chile, México, Brasil, Estados Unidos, Panamá, Puerto Rico, Francia, España, Japón, Tokio, entre otros (Ver Apéndice B); se han efectuado pruebas de transmisiones con la radio digital, para la elección de un estándar de radiodifusión digital terrestre en su posterior despliegue hacia el “apagón analógico”; es decir, dejar de emitir la radiodifusión en AM y TV convencionales. En la Fig. 3.4. se observa el mapa a nivel mundial con el estándar adoptado por cada país (Ver Tabla 3.6.), y a continuación se presentan detalles de la transición digital en algunos países mencionados que han empezado el proceso hacia la radiodifusión digital.

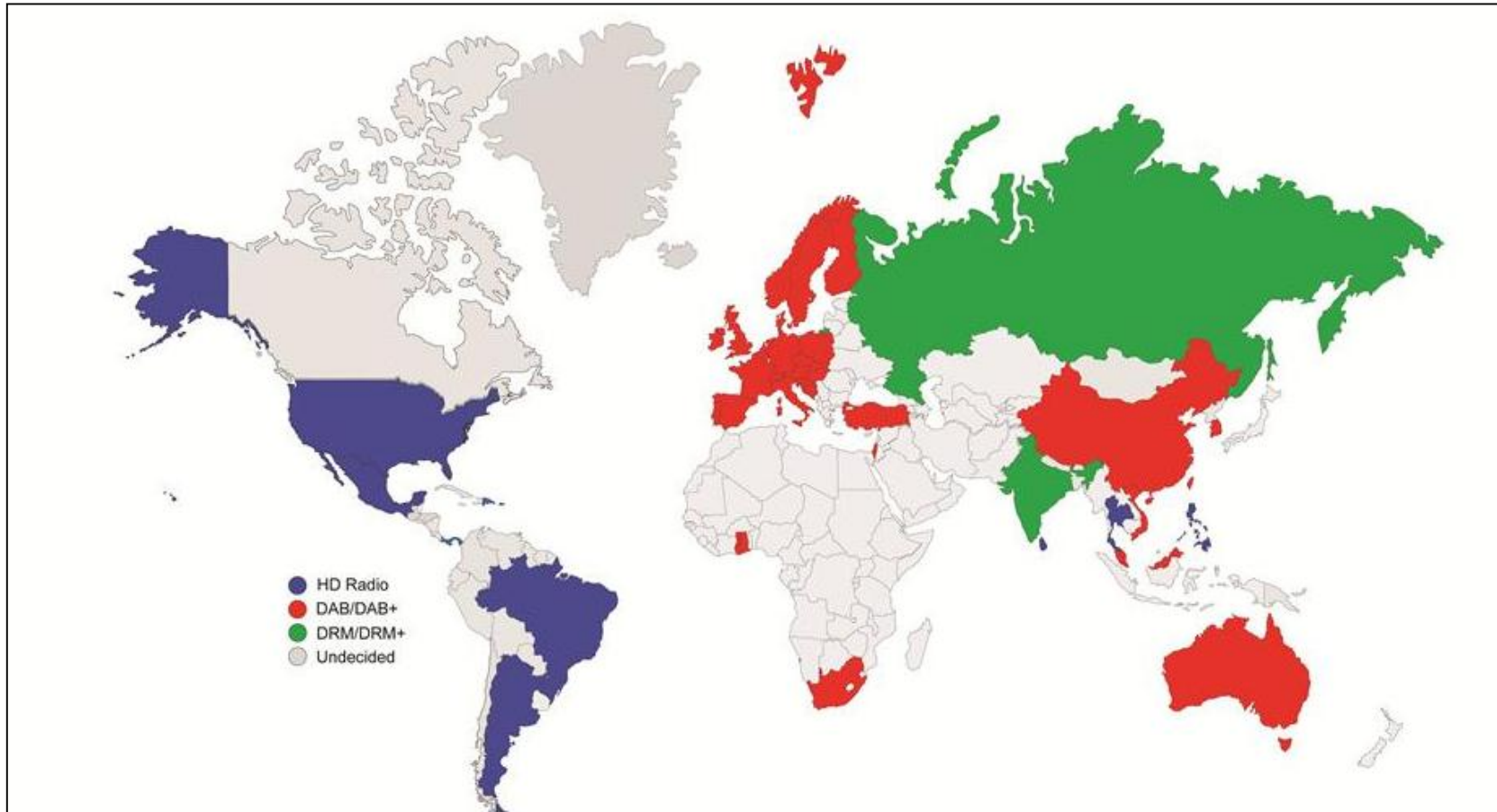


Figura 3.4. Mapa del estado de la adopción de los estándares digitales a nivel mundial⁴²

⁴²Brian Clifford, Harris, LA RADIO DIGITAL EN EL MUNDO DE HOY (septiembre, 2013): disponible en <http://www.radioworld.com/article/la-radio-digital-en-el-mundo-de-hoy/217138>

Tabla. 3.6. Sistema de radiodifusión digital en algunos países.

PAIS	ESTANDAR	PAIS	ESTANDAR	PAIS	ESTANDAR
Australia	DAB+	Japón	ISDB- Tsb	Austria	DAB
Bélgica	DAB	Suecia	DAB y DAB+	España	DAB
Alemania	DAB+	Singapur	DAB	China	DAB
Hong Kong	DAB+	Noruega	DAB	India	DRM
Israel	DAB	Sudáfrica	DMB	Suecia	DAB
Suiza	DAB+	México	HD Radio	EEUU	IBOC
Chile	IBOC	Alemania	DAB	Gran Bretaña	DRM
Francia	DAB+	Tokio	ISDB- Tsb	Reino Unido	DAB
China	DAB/DMB	Brasil	IBOC-DRM	Indonesia	IBOC
Filipinas	IBOC	Tailandia	IBOC	Puerto Rico	IBOC
Italia	DAB+	Canadá	HD-Radio	Nueva Zelanda	IBOC
Corea del Sur	DMB/DAB	República Dominicana	IBOC	Nueva Zelanda	DAB+
Irlanda	DAB y DAB+	Ghana	DMB	Dinamarca	DAB
Polonia	DAB+	Hungría	DAB+	Croacia	DAB+
Taiwan	DAB y DAB+	Vietnam	DMB	Malasia	DMB/DAB+
Panamá	HD Radio	Kuwait	DAB	Bélgica	DAB

Fuente: [43]

En la mayor parte de países de Europa y Asia ya se ha adoptado un estándar de radiodifusión digital terrestre, tomando en cuenta que se está implantando el DAB como sustituto a la radiodifusión FM y el sistema DRM como el sustituto de la radiodifusión por Onda Corta, Onda Larga y Onda Media en la denominada radiodifusión por AM.

En América se ha iniciado las pruebas de los diferentes estándares de radio digital, específicamente en lo que respecta a los países de Latinoamérica, varios ya han adoptado el sistema DRM para AM.

En Sudamérica el proceso de digitalización de la radiodifusión ha empezado sus pruebas de emisión en algunos países como los mencionados a continuación (Ver tabla 3.7):

Tabla. 3.7. Situación de radiodifusión digital en Sudamérica

PAIS	ESTANDAR
Venezuela	DRM
Colombia	DRM
Perú	DRM
Argentina	IBOC-DRM
Brasil	IBOC-DRM
Chile	IBOC

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La radiodifusión digital, permite que los sistemas de transmisión apliquen técnicas de codificación de canal, de modulación y de procesamiento de señales; proporcionando una distribución eficaz en el uso del espectro radioeléctrico, en conjunto con la potencia requerida para prestar el servicio de radiodifusión sonora con mayor cobertura, un incremento en la capacidad de la red y viabilidad económica en su implementación.
- La transición digital en una estación radial, maximiza los resultados de recepción por la calidad del servicio de audio, conjuntamente con la disminución de problemas de interferencia, introducción de nuevos servicios de datos de valor agregado a la radiodifusión, mayores oportunidades de acceso a nuevos concesionarios promoviendo la competencia, permite la expansión de medios de comunicación e impulsa la creación de nuevos contenidos.
- Al elegir un estándar digital para radiodifusión sonora digital terrestre, uno de los primeros objetivos es continuar transmitiendo sobre el mismo segmento del espectro radioeléctrico, donde se está actualmente emitiendo, ya que permite una migración donde se incluya el uso de los actuales receptores; en el Ecuador el estándar que se adapta es DRM, que reconvierte AM en modulación digital, y permite su aplicación en todas las bandas OM, OC y OL; brindando servicios de valor agregado donde existe un protagonismo directo con el usuario.
- El análisis teórico de cada uno de los estándares de radiodifusión digital (DAB, IBOC, DRM, ISDB - Tsb, DMB y HD Radio), permitió obtener una comparación para poder seleccionar el estándar más apropiado a nuestro entorno; buscando que mediante la migración hacia la tecnología digital se mejore la calidad del sonido, se optimice el uso eficiente del espectro radioeléctrico y se introduzcan nuevos servicios (datos), conjuntamente con una indagación previa del impacto socioeconómico en los usuarios.
- En nuestro país el espectro radioeléctrico es un recurso actualmente con falta de optimización en su uso y distribución; es por eso, que AM al digitalizarse con la

aplicación del estándar de radiodifusión digital terrestre DRM, crea la posibilidad de incrementar el número de estaciones para prestar nuevos servicios de programas en diversos formatos dirigidos a audiencias definidas.

- En el Ecuador la radio AM ha perdido la gran mayoría de su audiencia para estas estaciones; es por eso que, en la migración hacia la transición digital en base al análisis y estudio que hemos realizado en el presente documento, DRM es el estándar que mejor se adapta a las características técnicas de nuestro escenario actual y el que brinda más flexibilidad de adaptación para implementarse en el Ecuador, permitiendo mejorar las prestaciones en servicios y con una rápida migración que comenzará aplicarse sobre la distribución actual del espectro radioeléctrico que tiene el Plan Nacional de Frecuencias para la radio analógica.
- DRM permite que el Ecuador ingrese a un proceso de migración paulatino hacia la digitalización, con una mejor reutilización de la infraestructura actual existente, donde implica menos actualización de equipos de acuerdo a que tan modernos sean los equipos de una estación, únicamente añadiendo un excitador digital al sistema. Igualmente, en el proceso de transición DRM puede funcionar en modo híbrido, con lo que se accede a que se pueda transmitir la señal análoga en la misma frecuencia para receptores analógicos, simultáneamente con la señal digital para receptores digitales.
- Las estaciones en AM no se encuentran saturadas, por eso al digitalizar AM se abrirá un nuevo mercado, que promueve la demanda de servicios y la adquisición de equipos con tecnología digital, que impulsarán a la transferencia tecnológica por parte de los países proveedores de equipos; produciendo un desarrollo tanto a nivel tecnológico como a nivel de servicios.
- DRM es una tecnología no propietaria y abierta, donde su uso es sin necesidad de pago de tasas anuales o licencias, además que permite la modificación del software para futuras mejoras en aplicaciones.
- La implementación de la radiodifusión sonora digital terrestre, debe ir acompañada de la transferencia tecnológica por parte de los países proveedores de equipos, para impulsar el desarrollo tanto a nivel tecnológico como a nivel de servicios.

- En la radio digital el uso de redes de frecuencia única (SFN), presenta grandes ventajas, ya que la suma de señales receptadas de varios transmisores, permiten generar una ganancia en la red con infraestructura de radiodifusión económica y menos consumo de potencia de los transmisores para mejorar la cobertura; como también SNF admite la recepción de un programa en la misma frecuencia a distintos niveles territoriales, y evita la necesidad de cambiar el dial para oír el mismo programa en distintas zonas geográficas; esto debido.

RECOMENDACIONES

- La migración tecnológica digital de la radiodifusión sonora terrestre, implica considerar las dificultades que representa la transición de un servicio analógico a digital, en una época en que la industria de la radio después de un largo periodo de maduración y estabilidad, hoy tiene un modelo arraigado, este es el cambio más grande al ir a la incertidumbre de un nuevo servicio digital, que está sometido a un conjunto de factores y riesgos, por los cambios y transformaciones que acompañan a las actuales tecnologías.
- En la transición digital, no solo se debe tomar en cuenta el aspecto técnico, sino también el legal, y sobre todo el económico en relación a los precios en pago de licencias por el uso del espectro radioeléctrico de acuerdo al estándar elegido; además de cuantificar las tarifas por los servicios brindados por la estación hacia el usuario.
- Al definir un estándar digital de radiodifusión sonora digital terrestre, con previas pruebas; en lo posterior es importante crear un espacio para informar a los usuarios sobre los contenidos respecto al tema de la transición sonora analógica al estándar digital, ya que existe una ausencia evidente de conocimientos del tema en los usuarios.
- Los estudios de los estándares digitales terrestres de radiodifusión, deben incluir la implementación y análisis de pruebas pilotos. Además, incluir un análisis económico de la implementación, y los elementos relacionados con la operación real de la estación en la tecnología digital.
- La adopción del sistema digital en nuestro país, implicará una modificación en el marco regulatorio, de acuerdo a la cantidad de canales asignados para la transmisión por cada concesionario; mientras que por parte de los organismos reguladores deberán establecer un nuevo marco legal para normar la radiodifusión digital y el uso eficaz del espectro radioeléctrico.
- Los nuevos servicios en la tecnología digital que ofrezcan cada estación AM, deberá depender del mercado ecuatoriano y su realidad, tomando como referencia

las experiencias de los países que están usando algún estándar de radiodifusión digital.

- En la transición hacia la radio digital se debe crear las condiciones requeridas para su implementación de DRM como estándar elegido de radiodifusión sonora digital, lo cual exige que la adopción del modelo refleje la capacidad nacional real para incorporar la nueva tecnología, permitiendo así la disminución de la brecha que nos limita a nivel global.
- Es importante que durante la implementación del estándar de transmisión digital terrestre, se establezcan fases progresivas de simulcast, que en sus inicios permita el uso de los actuales transmisores, así los usuarios podrán elegir en comprar un receptor digital para escuchar con calidad y otra para que simplemente puedan oír sin sofisticaciones.
- Una estación de radio al convertirse totalmente digital, traerá consigo una actualización o cambio en la estructura física en cuanto a algunos equipos, implicando una inversión económica que es justificada con la calidad y confiabilidad técnica en comparación a la radio actual.
- Sería muy importante tomar en cuenta un análisis situacional de los países vecinos, para hacer una investigación de mercado, estudios técnicos y determinar los beneficios de cada estándar adoptado de radiodifusión digital terrestre. Aunque existe escasa información a nivel mundial, en lo que respecta de las pruebas realizadas con estándares de radiodifusión digital para AM, se encuentra con mayor facilidad la información en lo que respecta a la televisión digital, ya que no todos los países han optado por digitalizar AM.
- Al adoptar un estándar en Ecuador para la transición hacia la radio digital, se debería establecer un acuerdo con los fabricantes de los equipos para que provean un amplio stock. Pero, en lo posterior, lo más adecuado sería que se estableciera una industria de elaboración y ensamblaje propio de los equipos con la finalidad de promover las economías a escala.
- Una de las mejores opciones, es que los concesionarios de estaciones en AM, migraran hacia FM, ya que el incremento de receptores nuevos de venta en el

mercado no sintonizan AM; y por tanto esto genera que existan menores radioescuchas.

- El Ecuador al optar por un estándar digital terrestre para la migración digital, debe mostrar a los usuarios el uso adecuado de los nuevos servicios que se incorporarán, ya que el objetivo al digitalizar es obtener distintos tipos de audiencia valiéndose de la tecnología como servicios.

REFERENCIAS

- [1]. SUPERTEL. REGULACIÓN DE LOS SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN Y TELEVISIÓN. Guayaquil, Junio 2012. Disponible en http://www.supertel.gob.ec/images/power_point/SEMINARIO%20GUAYAQUIL.pdf[Consulta: 03 de Junio de 2012].
- [2]. Cadena Ramírez Christian y Tacuri Guevara Darío. Escuela Politécnica Nacional. ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS ASPECTOS TÉCNICOS DE LOS ESTÁNDARES DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL TERRESTRE IBOC, DAB, ISDB-TSB, Y DRM A CONSIDERARSE, PARA SU POSIBLE IMPLEMENTACIÓN EN EL PAÍS. Septiembre 2009. Disponible en línea en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4162/1/CD-2570.pdf>. [Consulta: 11 de Diciembre de 2012].
- [3]. Pellat Paz Marco. Política 2.0. LA RADIO DIGITAL. Octubre, 2010. Disponible en línea en: <http://www.slideshare.net/politicadospuntocero/la-radio-digital-marco-paz-pellat>. [Consulta: 30 de Junio de 2012].
- [4]. SUPERTEL. RADIODIFUSIÓN SONORA. Guayaquil. Disponible en http://www.supertel.gob.ec/images/power_point/RADIO%20Y%20TV.pdf [Consulta: 04 de Junio de 2012].
- [5]. Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT. Comisión de Estudio 2. ORIGEN: RELATOR PARA LA CUESTIÓN 16/2. TÍTULO: MANUAL SOBRE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y SERVICIOS: FASCÍCULO 4. 18 de agosto de 2000. Disponible en línea en: http://www.itu.int/ITU-D/study_groups/SGP_1998-2002/SG2/Documents/2001/186REV1S3.DOC [Consulta: 05 de Junio de 2012].
- [6]. Cadena J. Luis y Vásquez O. Diego. Escuela Politécnica Nacional. MIGRACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA A LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL POR DEBAJO DE LOS 30 MHZ EN EL PAÍS, Abril 2007. Disponible en línea en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2791/1/CD-0626.pdf>. [Consulta: 16 de Febrero de 2013].
- [7]. Chiriboga Torres Ángel. ESPE. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN EL ECUADOR. Ecuador, 2010. Disponible en línea en <http://es.scribd.com/doc/56875628/Paper-Espectro-Radioelectrico-Ecuador> . [Consulta: 28 de Junio de 2012].
- [8]. Centro de Investigación de las Telecomunicaciones y el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, República de Colombia. DOCUMENTO DE ESTUDIO Y ANÁLISIS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL EN COLOMBIA. Colombia, Diciembre, 2009. Disponible en línea en: http://www.interactic.org.co/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=95&Itemid [Consulta: 22 de Junio de 2012].
- [9]. Gómez Germano Gustavo. LA RADIO Y LA TELEVISIÓN EN LA ERA DIGITAL. Disponible en línea en: <http://legislaciones.item.org.uy/files/La%20radiodifusi%C3%B3n%20en%20la%20era%20digital%20v3.pdf>. [Consulta: 5 de Septiembre de 2012].
- [10]. SUPERTEL. RADIODIFUSION DIGITAL, REVISTA INSTITUCIONAL N 15, 2012. Disponible en línea en: http://www.supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/revista_supertel15.pdf. [Consulta: 30 de Enero de 2013].

- [11]. No se menciona autor. Enabierto. CARACTERÍSTICAS DE LA RADIO DIGITAL TERRESTRE EN ESPAÑA. España, Mayo 2012. Disponible en línea en: <http://www.enabierto.es/2012/05/radio-digital-terrestre-en-espana.html> [Consulta: 16 de Febrero de 2013].
- [12]. Oficina de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.UIT. COMISIONES DE ESTUDIO DEL UIT-R. Ginebra 20, Suiza. Junio 2010. Disponible en línea en: http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0A/0E/R0A0E0000010001PDFS.pdf [Consulta: 1 de Junio de 2012].
- [13]. Erazo Chulde Héctor Javier. Escuela Politécnica Nacional. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA DE REDES DE FRECUENCIA ÚNICA (ISOFRECUENCIA), Y SU APLICACIÓN EN LA RADIODIFUSIÓN EN LAS BANDAS AM Y FM PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO EN LA CIUDAD DE QUITO. Quito, Abril 2009. Disponible en línea en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1451/1/CD-2125.pdf>. [Consulta: 20 de Diciembre de 2012].
- [14]. CONVENIO ENTRE EL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DE LA REPÚBLICA DEL PERÚ Y EL MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, PARA LA ASIGNACION Y USO DE FRECUENCIAS RADIOELÉCTRICAS PARA LA OPERACIÓN DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA. Machala-Ecuador, 2008. Disponible en línea en: <http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/concesion/radiodifusion/convenios/convenio%20radiodifusion%20peru-ecuador.pdf> [Consulta: 19 de Junio de 2012].
- [15]. Cordero Sosa Ximena Alexandra. Escuela Politécnica Nacional. ESTUDIO Y PROPUESTA DE REESTRUCTURACIÓN DEL ÁMBITO REGULATORIO RELACIONADO CON REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR. Disponible en línea en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/527/1/CD-1025.pdf> [Consulta: 10 de Septiembre de 2012].
- [16]. Espinoza Abonza Ignacio. Radio UNAM-UAM Radio. LA DIGITALIZACIÓN DE LA RADIO EN MÉXICO, RADIO DIGITAL TERRESTRE IBOC (HD RADIO). México, Octubre 2012. Disponible en línea en: [http://www.casadefranciadigital.org.mx:7080/publicaciones/2662/\(%20LA%20DIGITALIZACI_N%20DE%20LA%20RADIO%20EN%20M_XICO%202012%20por%20IEA\)%20\(1\).pdf](http://www.casadefranciadigital.org.mx:7080/publicaciones/2662/(%20LA%20DIGITALIZACI_N%20DE%20LA%20RADIO%20EN%20M_XICO%202012%20por%20IEA)%20(1).pdf) [Consulta: 20 de Febrero de 2013].
- [17]. Fátima Moumtadi, Julio Carlos Delgado--Hernández, Esaú Vicente Vivas. Universidad Nacional Autónoma de México. CONSIDERACIONES TÉCNICAS DE LOS ESTÁNDARES DE RADIODIFUSIÓN TERRESTRE DAB E IBOC. México, Octubre 2010. Disponible en línea en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v12n3/v12n3a12.pdf>. [Consulta: 15 de Junio de 2012].
- [18]. Puente Villalva Maria Fernanda. Escuela Politécnica del Ejército. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DEL SERVICIO DE RADIODIFUSION DIGITAL DRM (DIGITAL RADIO MONDIALE) EN EL ECUADOR. Sangolqui-Ecuador, Octubre 2005. Disponible en línea en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2477/1/T-ESPE-027548.pdf> [Consulta: 1 de Junio de 2012].

- [19]. No se menciona autor. SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL. Disponibles en línea en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/173/A5.pdf?sequence=5>. [Consulta: 28 de Marzo de 2013].
- [20]. Cortés Carlos Eduardo. Periodismo Radial I. LA RADIO DIGITAL. 2010. Disponible en línea en: <http://radio1iset18.blogspot.com/2010/07/la-radio-digital.html>. [Consulta: 10 de Marzo de 2013].
- [21]. Puigrefagut Elena. EBU TECHNICAL. SISTEMAS DE RADIO DIGITAL Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIAS. Barcelona, 29 de Abril 2009. Disponible en línea en: <http://www.l-obsradio.org/files/puigrefagut.pdf>. [Consulta: 01 de Febrero de 2013].
- [22]. Castro Cosette. Grupo de trabajo eLAC2007. INDUSTRIAS DE CONTENIDOS EN LATINOAMÉRICA. Enero 2008. Disponible en línea en: http://www.razonypalabra.org.mx/libros/libros/Gdt_eLAC_meta_13.pdf. [Consulta: 29 de Septiembre de 2012].
- [23]. Laflin Nigel. DRM Consortium, DRM INTRODUCTION AND IMPLEMENTATION GUIDE, Marzo 2013. Disponible en línea en: <http://drm.encours.fr/wp-content/uploads/2012/10/DRM-Introduction-Implementation-Guide1.pdf> [Consulta: 28 de Abril 2013].
- [24]. AMARC. LA RADIO POPULAR Y COMUNITARIA EN LA ERA DIGITAL. Disponible en línea en: http://www.vivalaradio.org/nuevas-tecnologias/PDFs/NTICS_reflexiones_10era-digital.pdf [Consulta: 20 de Enero de 2013].
- [25]. BOE-A-2011-1291. Ministerio De Industria, Turismo Y Comercio. RESOLUCIÓN MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO. Disposición 12913 del BOE núm. 179 de 27 de julio de 2011. Disponible en línea en: <http://www.boe.es/boe/dias/2011/07/27/pdfs/BOE-A-2011-12913.pdf>. [Consulta: 5 de Agosto de 2012].
- [26]. Telekonomics. TRANSICIÓN A LA RADIO DIGITAL EN MÉXICO. México, 20 de marzo de 2012. Disponible en línea en: <http://telekonomics.blogspot.com/2012/03/transicion-la-radio-digital-en-mexico.html> [Consulta: 19 de Junio de 2012].
- [27]. Huerta José. Director Técnico de Radio Nacional de España. EL SISTEMA DRM (Digital Radio Mondiale). Madrid, abril 2005. Disponible en línea en: http://www.rtve.es/drm/doc/sistema_drm.pdf [Consulta: 16 de Octubre de 2012].
- [28]. Bustacara Velandá Jorge y Rodríguez Alexandra. Universidad Santo Tomas. PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA ADOPCIÓN Y PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL EN COLOMBIA. Bogotá D.C. 2012. Disponible en línea en: <http://radiodigitalparacolombia.com/Trabajo.pdf>. [Consulta: 25 de Marzo de 2013].
- [29]. Salas Ruiz José Francisco. Revista Chilena de Derecho Informático. APROXIMACIONES AL ESTUDIO DE LA RADIO DIGITAL Y SUS ESTÁNDARES, 2006. Disponible en línea en: <http://www.derechoinformatico.uchile.cl/index.php/RCHDI/article/viewFile/10788/11036>. [Consulta: 02 de Diciembre de 2012].
- [30]. Arévalo Celi Carlos. RADIO, SOCIEDAD Y CULTURA. Disponible en línea en: <http://www.slideshare.net/guest6040e8/radio-digital> [Consulta: 10 de Julio de 2012].

- [31]. VIMESA, Radio AM – OC DIGITAL DRM. Disponible en línea en: www.vimesa.es/sites/default/files/PDF/DRM1.pdf. [Consulta: 28 de Noviembre de 2012].
- [32]. Smith Pierre Louis. Canadian Association of Broadcasters (CAB). DIGITAL RADIO BROADCASTING (DRB). Canadá. Disponibles en línea en: <http://www.cab-acr.ca/drri/index.shtm>. [Consulta: 26 de Marzo de 2013].
- [33]. Untersee Alain. Broadcast Technology Innovation Consult (BTIC). DAB-IBOC-DRM A COMPARAISON OF THREE TERRESTRIAL DIGITAL RADIO SYSTEMS. Paris, 3 de Febrero 2004. Disponible en línea en: http://www.btic.fr/_GB/news/Le_radio_2004_Alain_Untersee.pdf. [Consulta: 13 de Marzo de 2013].
- [34]. Amo Luis, LA ONDA MEDIA DIGITAL SISTEMA IBOC AM, junio 2006. Disponible en línea en: http://coitt.es/res/revistas/Antena164_07a_Reportaje_La_onda.pdf . [Consulta: 31 de Octubre de 2012].
- [35]. CORAPE. ESTUDIO SOBRE CONCESIÓN DE FRECUENCIAS DE RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR. Ecuador, 2008. Disponible en línea en: http://legislaciones.item.org.uy/files/Corape_DeLaConcentracion_a_la_Democratizacion_dic2008.pdf . [Consulta: 15 de Junio de 2012].
- [36]. No se menciona autor. Declaración Asociación Latinoamericana de Educación Radiofónica - DRM. APOYO PARA ADOPCION DE DRM EN EL CONTINENTE. 2012. Disponible en línea en: <http://aler.org/index.php/77-novedades-desde-aler/146-declaracion-aler-drm-digital-radio-mondiale> [Consulta: 1 de Mayo de 2013].
- [37]. Radioworld. PRUEBAS DE DRM. Febrero 2012. Disponible en línea en: <http://radioworld.com/article/gustavo-orna-conversa-sobre-pruebas-de-drm/211647> . [Consulta: 23 de Octubre de 2012].
- [38]. DRM. ¿QUE ES DRM? Disponible en línea en: http://www.drm.org/?page_id=99. [Consulta: 27 de Octubre de 2012].
- [39]. No se menciona autor. LA RADIO POPULAR Y COMUNITARIA EN LA ERA DIGITAL Disponible en línea en: http://www.vivalaradio.org/nuevas-tecnologias/PDFs/NTICS_reflexiones_10era-digital.pdf. [Consulta: 29 de Agosto de 2012].
- [40]. TELEFUNKEN. DRM. Disponible en línea en: <http://www.slideshare.net/Abasota/introduccion-al-sistema-drm>. [Consulta: 07 de Noviembre de 2012].
- [41]. Japan Broadcasting Corporation. ISDB-T DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION/SOUND/DATA BROADCASTING IN JAPAN. Disponible en línea en: <http://www.nhk.or.jp/strl/publica/bt/en/pa0006.html>. [Consulta: 24 de Noviembre de 2012].
- [42]. Sierra García Jesús y de la Fuente Alberto. Ingeniería de ondas II. DMB DIGITAL MULTIMEDIA BROADCASTING, Mayo 2006. Disponible en línea en: http://www.lpi.tel.uva.es/~miguel/pdf/ingenieria_ondas_II/trabajos/0506/DMB_Trabajo.pdf [Consulta: 17 de Noviembre de 2012].
- [43]. Nesterovsky Víctor .ESTANDARES DE TRANSMISIÓN TERRENA PARA RADIO DIGITAL. UCAB. Caracas-Venezuela. Disponible en línea en: <http://www.docstoc.com/docs/82874977/ESTANDARES-DE-TRANSMISION-TERRENA-PARA-RADIO-DIGITAL> [Consulta: 30 de Noviembre de 2012].

- [44]. No se menciona autor. PR Newswire. NUEVA TECNOLOGÍA HD RADIO DIGITAL LANZA MÉXICO. México, 17 de abril de 2012. Disponible en línea en: <http://www.prnewswire.com/news-releases/nueva-tecnologia-hd-radio-digital-lanza-en-mexico-147789505.html>. [Consulta: 28 de Febrero de 2013].
- [45]. Salinas Ceccopieri Martha Alejandra. UNAM. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE RADIO DIGITAL PARA SU APLICACIÓN EN MÉXICO. Octubre 2011. Disponible en línea en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/161>. [Consulta: 01 de Octubre de 2012]
- [46]. Cáceres Lara Ariel y Vera Pavez César. Universidad de Chile. LA RADIO EN LA ERA DIGITAL. Santiago-Chile, 2003. Disponible en línea en: http://www.archi.cl/nuevo/images/biblio/8_RADIO_EN_LA_ERA_DIGITAL_-_SEMINARIO_GRADO_U_CHILE.pdf . [Consulta: 15 de Marzo de 2013].
- [47]. García Gago Santiago, Manuel para radialistas analfatécnicos. SONIDO Y RADIOCOMUNICACIONES. Disponible en línea en: <http://www.analfatecnicos.net/pregunta.php?id=21>. [Consulta: 17 de Julio de 2013]
- [48]. Loreti Damian. Universidad de Buenos Aires. ESTUDIO DE COMPATIBILIDAD ENTRE LAS LEGISLACIONES Y REGLAMENTOS NACIONALES DE AMÉRICA LATINA EN MATERIA DE RADIODIFUSIÓN Y LA CONVENCION AMERICANA DE DERECHOS HUMANOS. Buenos Aires, 2000. Disponible en línea en: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/04197.pdf> [Consulta: 11 de Junio de 2012].
- [49]. Shuldiner Albert. iBiquity Digital Corporation. Boletín electrónico N°12 LA INDUSTRIA DE LOS EE.UU. ADOPTA NORMA PARA LA RADIO DIGITAL. EEUU. Junio, 2005. Disponible en línea en: http://www.oas.org/en/citel/infocitel/2005/junio/digital-radio_e.asp . [Consulta: 31 de Agosto de 2012].
- [50]. Notimex. Mediatelecom. RADIO DIGITAL, REALIDAD NACIONAL EN CINCO AÑOS. México, 28 de Febrero de 2011. Disponible en línea en: <http://www.mediatelecom.com.mx/index.php/radiodifusion/radio/item/8231-radio-digital-realidad-nacional-en-cinco-a%C3%B1os>. [Consulta: 1 de Marzo de 2013].
- [51]. No se menciona autor. PR Newswire. NUEVA TECNOLOGÍA HD RADIO DIGITAL LANZA MÉXICO. México, 17 de abril de 2012. Disponible en línea en: <http://www.prnewswire.com/news-releases/nueva-tecnologia-hd-radio-digital-lanza-en-mexico-147789505.html>. [Consulta: 28 de Febrero de 2013].
- [52]. Alvarado Maicu, Perona Gabriela. Asociación para el Progreso de las Comunicaciones. ESPECTRO ABIERTO PARA EL DESARROLLO ESTUDIO DE CASO: PERÚ. Perú, Noviembre 2011. Disponible en línea en: http://www.apc.org/es/system/files/Espectro_Peru.pdf. [Consulta: 30 de Marzo de 2013].
- [53]. Lujambio Danilo, Fascendini Flavia, y Roveri Florencia. Asociación para el progreso de las comunicaciones (APC). ESPECTRO ABIERTO PARA EL DESARROLLO, ESTUDIO DE CASO ARGENTINA, junio 2011. Disponible en línea en: http://www.apc.org/es/system/files/Espectro%20Argentina_0.pdf [Consulta: 02 de Octubre de 2012].
- [54]. Cáceres Lara Ariel y Vera Pavez César. Universidad de Chile. LA RADIO EN LA ERA DIGITAL. Santiago-Chile, 2003. Disponible en línea en:

- http://www.archi.cl/nuevo/images/biblio/8_RADIO_EN_LA_ERA_DIGITAL_-_SEMINARIO_GRADO_U_CHILE.pdf . [Consulta: 15 de Marzo de 2013].
- [55]. Millán Ramón. LA RADIO DIGITAL Y SU SITUACIÓN EN ESPAÑA. Disponible en línea en: <http://www.ramonmillan.com/documentos/radiodigital.pdf> [Consulta: 10 de Octubre de 2012].
- [56]. Núria Reguero. Cátedra UNESCO de Comunicación InCom-UAB. LOS MEDIOS CIUDADANOS ANTE LA DIGITALIZACIÓN EN FRANCIA Y ESPAÑA. UNA APROXIMACIÓN DESDE EL DERECHO A COMUNICAR. Diciembre 2011. Disponible en línea en: <http://www.seer.ufs.br/index.php/epitic/article/view/307>. [Consulta: 4 de Agosto de 2012].
- [57]. Martínez Muñoz Damián. Universidad de Jaén. RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL. La Carolina 27 de julio del 2001. Disponible en línea en: <http://es.scribd.com/doc/84683311/Radiodifusion-DAB>. [Consulta: 23 de Agosto de 2012].
- [58]. Japan Broadcasting Corporation. ISDB-T DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION/SOUND/DATA BROADCASTING IN JAPAN. Disponible en línea en: <http://www.nhk.or.jp/str/publica/bt/en/pa0006.html>. [Consulta: 24 de Noviembre de 2012].
- [59]. Nesterovsky Víctor .ESTANDARES DE TRANSMISIÓN TERRENA PARA RADIO DIGITAL. UCAB. Caracas-Venezuela. Disponible en línea en: <http://www.docstoc.com/docs/82874977/ESTANDARES-DE-TRANSMISION-TERRENA-PARA-RADIO-DIGITAL> [Consulta: 30 de Noviembre de 2012].

ANEXOS

**ANEXO A: DESCRIPCIÓN DE LAS LEYES E INSTRUMENTOS LEGALES EN
VIGENCIA EN EL ECUADOR**

- **La Constitución Política del Ecuador en las comunicaciones.**

La Constitución Política del Ecuador contiene los reglamentos y leyes que conforman el conjunto de reglas que permite dar cumplimiento a las mismas. Establece las normas para la creación de los Reglamentos Generales que será expedido por el Presidente de la República. De acuerdo al ámbito de las comunicaciones la Constitución establece algunos artículos, entre los que citaremos a continuación:

Art. 23, inciso 10. El derecho a comunicar a fundar medios de comunicación social y a acceder, en igualdad de condiciones a frecuencia de radio y televisión.

Art. 141. Establece que “.... Se expedirá una ley que permita a los Organismos de regulación y control la facultad de expedir normas de carácter general, en las materias propias de su competencia...”. En nuestro caso estas leyes, la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada y la Ley de Radiodifusión y Televisión permiten a los organismos que manejen el Sector de las Telecomunicaciones, CONATEL, SUPTEL, SENATEL, CONARTEL, expedir normativas que lo regulen, controlen y administren de manera apropiada este gran sector promotor de desarrollo en nuestro país, y proponer al Congreso de la República proyectos de Ley que tengan como objetivo el mejoramiento del mismo.

Art. 244 y 247. El Estado Ecuatoriano es responsable de garantizar la explotación racional de todos sus recursos. En las Telecomunicaciones se habla de los recursos en cuanto a las frecuencias electromagnéticas para la difusión de diferentes señales; se promueve la creación de mercados competitivos y la libre competencia condenando y evitando así a la práctica monopolizada. [48]

- **Ley Reformatoria de la Ley Especial de Telecomunicaciones**

La reforma de la Ley Especial de Telecomunicaciones, constituye el marco legal vigente del sector de las comunicaciones, mediante la cual se establece una transformación fundamental en el régimen de las telecomunicaciones ecuatorianas, al acoger como principio general la libre competencia en la prestación de servicios.

La reforma a mencionada Ley, fue promulgada por el Congreso Nacional N°. 184 de la “Ley Especial de Telecomunicaciones”, que se publica en el Registro Oficial N°. 996 del 10 de agosto de 1992, durante la Presidencia del Dr. Rodrigo Borja Cevallos. Dentro de la reforma que se realizó, se define las dos clases de servicios de telecomunicaciones: los finales como “aquellos servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad

completa para la comunicación entre usuarios, incluido el equipo terminal y que generalmente requieren elementos de conmutación”, y los servicios portadores como “los servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de red definidos”.

La reformada Ley Especial de Telecomunicaciones, define la tarificación de la prestación de los servicios de telecomunicaciones que serán establecidos por el ente regulador, y el derecho a hacer uso de los mismos y sus sanciones para los delitos por mal uso. Además, crea los organismos de regulación, administración y control del sector de las telecomunicaciones. [14]

- **Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada**

El Reglamento General de la Ley Especial de Telecomunicaciones, establece las normas y procedimientos generales aplicables a las funciones de planificación, regulación, gestión y control de la prestación de servicios de telecomunicaciones; y la operación, instalación y explotación de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, datos y sonidos por cualquier medio; y del uso del espectro radioeléctrico.

Dicho reglamento fue publicado en el Registro Oficial No. 404 de 4 de septiembre del 2001 y cuya reforma apareció en el Registro Oficial No. 599 del 18 de junio de 2002, contiene un conjunto de principios que disciplinan la consecución de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

Dentro del reglamento se define los servicios de valor agregado como “aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida. También, establece que el espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado perteneciente al dominio del Estado, así como su planificación, administración y control, respetando los aspectos relacionados con la radiodifusión y televisión. Los montos de pago por la utilización de frecuencias son asignados por el CONATEL. [14]

- **Reglamento de Radiocomunicaciones**

De acuerdo a la necesidad de reglamentar los aspectos de la Ley de Radiodifusión y su Ley Reformativa, se publicó el Reglamento de Radiocomunicaciones, en el Decreto Ejecutivo N° 3398, Registro Oficial N° S-864 el 17 de enero de 1996.

El Reglamento de Radiocomunicaciones, es un instrumento jurídico sobre las radiocomunicaciones, que establece los procedimientos y principios que rigen a los servicios y sistemas que hacen uso del espectro radioeléctrico en el país. Además, establece la correcta explotación del espectro radioeléctrico y los servicios de radiocomunicación de manera eficaz, que implica la transmisión, emisión o recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación.

Este Reglamento expone enunciados para la explotación de este tipo de servicios, así como la terminación de los mismos, de las responsabilidades que tienen los organismos de regulación y control, así como el concesionario o usuario; de las infracciones y sanciones por el mal uso de las frecuencias y de las reglas que se las aplican; y, finalmente se expone algunas definiciones correspondientes a los términos usados en la misma. [48]

- **Ley de Radiodifusión y Televisión**

La Ley de Radiodifusión y Televisión, publicada en el Registro Oficial N° 785 del 18 de abril de 1975, y sus reformas publicadas en los Registros Oficiales N° 691 del 9 de mayo de 1995 y N° 699 del 7 de noviembre del 2002. En esta ley se establece que tomando en cuenta “las características peculiares de la televisión y la radiodifusión y la función social que deben tener, demandan del Estado un conjunto de regulaciones especiales, que sin perjuicio de la libertad de información, armonice los intereses propios de aquella con los de la comunidad”. [48]

Esta Ley, reconoce dos clases de estaciones de televisión y radiodifusión (Art. 6):

- a) Comerciales privadas: Son estaciones comerciales privadas las que tienen capital privado, se financian con publicidad pagada y persiguen fines de lucro. (Art. 7).
- b) De servicio público. Son estaciones de servicio público las destinadas al servicio de la comunidad, sin fines utilitarios, las que no podrán cursar publicidad comercial de ninguna naturaleza. (Art. 8).

Están incluidas en el Art. 7., las estaciones privadas que se dediquen a fines sociales, educativos, culturales o religiosos, debidamente autorizados por el Estado.

Será facultad exclusiva del Estado la concesión del uso de frecuencias electromagnéticas para la difusión de señales de radio, televisión y otros medios (Art. 247).

Si bien la Ley de Radiodifusión y Televisión (1995) reconoce los canales o frecuencias de radiodifusión y televisión como patrimonio nacional; la Carta Magna vigente los

considera como recurso natural no renovable, de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado (Cpe, 2008, art. 408), sobre el cual tendrá competencias exclusivas (Cpe, 2008, art. 261). [15] y [48]

- **Ley Reformatoria a la Ley de Radiodifusión y Televisión**

La Ley Reformatoria a la Ley de Radiodifusión y televisión, fue publicada en el Registro Oficial No. 785 del 18 de abril de 1975, cuya reforma se publicó en el Registro Oficial N°691 del 9 de Mayo de 1995 y creó el CONARTEL. Esta ley es el instrumento jurídico que contiene las normas de radiodifusión y televisión en todo el territorio nacional. Entre los artículos y aspectos que contiene están:

Art. 1.- "Los canales o frecuencias de radiodifusión y televisión constituyen patrimonio nacional"...

Art. 2.-"El Estado, a través del CONARTEL, otorgará frecuencias o canales para radiodifusión y televisión, así como regulará y autorizará estos servicios en todo el territorio nacional, de conformidad con esta Ley, los convenios internacionales sobre la materia ratificados por el Gobierno ecuatoriano, y los reglamentos". Las funciones de control son ejercidas por la SUPERTEL.

Art. 5.- "El Estado podrá establecer, conforme a esta Ley, estaciones de radiodifusión o televisión de servicio público".

En lo que respecta al Régimen de Concesiones, y los requisitos para obtener una concesión y las características de las mismas, se reformó los artículos 9 y 10, y se añadió nuevos artículos, a continuación se mencionan algunos de ellos:

Art. 9.- "Toda persona natural o jurídica ecuatoriana podrá, con sujeción a esta Ley, obtener del Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión, la concesión de canales o frecuencias radioeléctricos, para instalar y mantener en funcionamiento estaciones de radiodifusión o televisión, por un período de diez años, de acuerdo con las disponibilidades del Plan Nacional de Distribución de Frecuencias y la clase de potencia de la estación. Esta concesión será renovable sucesivamente con el o los mismos canales y por períodos iguales, sin otro requisito que la comprobación por la Superintendencia de Telecomunicaciones, en base a los controles técnicos y administrativos regulares que lleve, de que la estación realiza sus actividades con observancia de la Ley y los reglamentos..."

Para el otorgamiento de la concesión o renovación, el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión de conformidad con lo determinado en el primer inciso, tratándose de canales o frecuencias radioeléctricas que soliciten tener cobertura nacional, previa a la concesión de las mismas se verificará técnicamente que su señal llegue a todos los sectores del país".

Art.10: "Ninguna personas natural o jurídica podrá obtener, directa o indirectamente, la concesión en cada provincia de más de un canal de onda media, uno de frecuencia modulada y uno en cada una de las nuevas bandas que se crearen en el futuro, en cada provincia, ni de más de un canal para zona tropical en todo el país, y un sistema de televisión en la República." [35] y [48]

- **Plan Nacional de Frecuencias para Ecuador**

Mediante la Resolución publicada en el Registro Oficial No. 192 del 26 de octubre de 2000, se aprobó el Plan Nacional de Frecuencias que permitirá la adecuada y eficaz gestión del espectro radioeléctrico. Además tiene la función de crear normas para la atribución de las bandas, sub-bandas y canales radioeléctricos para los diferentes servicios de radiocomunicaciones.

Según el Art. 35, en el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias para Radiodifusión y Televisión constarán los canales o frecuencias concedidas y los que estuvieren disponibles, de acuerdo con las asignaciones que correspondan al Ecuador en las diferentes bandas como signatario de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y de otros convenios internacionales, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla. A.1. Atribución de frecuencias para el servicio de radiodifusión sonora en el país. Fuente: [1] y [2]

Bandas	Servicio	Característica
525-535 KHz	Radiodifusión Sonora	Amplitud Modulada
535-1605 KHz		
1605-1625 KHz		
2300-2495 KHz	Radiodifusión Sonora	Onda corta para zona tropical
3200-3230 KHz		
3230-3400 KHz		
4750-4850 KHz		
4850-4995 KHz		
5005-5060 KHz		

5900-5950 KHz	Radiodifusión Sonora	Onda corta para zona internacional o decamétricas
5950-6200 KHz		
7300-7350 KHz		
9400-9500 KHz		
9500-9900 KHz		
11600-11650 KHz		
11650-12050 KHz		
12050-12100 KHz		
13570-13600 KHz		
13600-13800 KHz		
13800-13870 KHz		
15100-15600 KHz		
15600-15800 KHz		
17480-17550 KHz		
17550-17900 KHz		
18900-19020 KHz	Radiodifusión Sonora	Frecuencia Modulada
21450-21850 KHz		
25670-26100 KHz		
88 – 108 MHz		

En el Art. 35, también se menciona que la SUPERTEL informará de manera periódica al CONATEL, los segmentos del espectro radioeléctrico que se encuentren libres, para que se les asigne conforme a la Ley, y se le brinde la información y colaboración técnica y administrativa que requiere cumplir un concesionario. [18], [48] y [35]

**ANEXO B. DETALLE A NIVEL MUNDIAL DEL ESTÁNDAR DE RADIODIFUSIÓN
DIGITAL TERRESTRE ADOPTADO POR ALGUNOS PAÍSES**

Norte América:

➤ Canadá

- *Antecedentes*

Las emisoras AM/FM de Canadá sufren de varias interferencias en su transmisión, por problemas como la altitud de los terrenos, los edificios, la interferencia eléctrica local, condiciones atmosféricas y el clima.

- *Proceso de digitalización*

La introducción de la radio digital fue en 1992, bajo la supervisión del Ministro de Comunicaciones Canadiense, mediante la formación de un grupo de operación, que incluyó a programadoras de radio públicas, privadas y representantes del Departamento de Comunicaciones, los mismos que presentaron un informe al Ministro de Herencia y al Ministro de Industria canadienses en 1994. Este informe llevó a la Comisión de Radio, Televisión y Telecomunicaciones Canadiense (CRTC), a entrar en la fase de inicio hacia la transición de la radio digital en 1999.

En Junio de 2005 la CRTC, como regulador de licencias de radiodifusión, aprobó la solicitud de CHUM Limited (CHUM / Astral) para ofrecer servicios de suscripción de radio a través de la red DAB.

El 16 de Diciembre de 2011, la CTRC aprobó la revocación de licencias para que las radios privadas puedan emitir con el estándar digital DAB durante un tiempo; estas emisiones se realizaban en la banda L en ciudades grandes, con no más de 5 emisoras por bloque. Pero, por emitir en la banda L se ha generado un problema, por su cercanía con Estados Unidos; es por eso, que Canadá ahora muestra interés por el estándar HD Radio. [32]

- *La radio digital*

En Canadá, la radio digital se inició en fase de pruebas en el 2005 con la elección del estándar de transmisión terrestre Eureka 147, implementándose en las ciudades de Toronto, Montreal, Vancouver y Ottawa; con receptores que trabajan en la banda L (1452 – 1492 MHz), de forma gratuita por radios locales como la Canadian Broadcasting Corporation (CBC) y privadas de AM y FM. Aunque inicialmente el plan era reemplazar

todos los transmisores de AM y FM por los que trabajan en la banda L con Eureka 147; sin embargo muchas estaciones antes de hacer un cambio completo esperaban ver la aceptación de sus usuarios, con la ayuda de la promoción de DAB por la Asociación Canadiense de Emisoras.

Pero, para el 24 junio de 2010 la propia radio pública CBC, anunció el abandono de esta tecnología por la falta de accesibilidad para obtener los receptores, aunque muchos de estos estaban disponibles en Europa, Reino unido y Australia; conjuntamente con la CRTC, que al darse cuenta que no estaba funcionando la implementación del estándar DAB, cambio sus políticas.

El sistema de transmisión utilizado actualmente en Canadá no es compatible con la tecnología HD Radio en FM de EEUU, pero existen algunas estaciones que están emitiendo en esta tecnología, con la posibilidad de evaluar el estándar y las necesidades de la radio digital canadiense. [32]

- *Radio AM digital*

HD Radio en la banda AM de Canadá no puede ser usada, ya que presenta interferencias no aceptables para las transmisiones en esta banda, sobre todo en las emisiones nocturnas. Así que, aunque la radio de onda corta no tiene un amplio despliegue, la única radio que es Radio Canadá Internacional (RCI) ha empezado transmisiones digitales con la tecnología DRM. [32]

➤ **Estados Unidos**

- Antecedentes

La radio en los Estados Unidos empezó como un servicio para la clase media y principalmente se emitía informes agrícolas, meteorológicos, entre otros; pero con frecuencias no reguladas.

Actualmente la radio es uno de los negocios más prósperos, con cerca de 12.000 emisoras con 80 formatos diferentes.

- *Proceso de digitalización*

El National Radio Systems Committee (NRSC), organización normalizadora, adoptó como norma para la radiodifusión de funcionamiento en la banda y en el mismo canal, basado en el sistema HD Radio de iBiquity Digital Corporation.

La norma, denominada NRSC-5, designa el uso de la tecnología para la radiodifusión digital en las bandas de AM y FM, fue aprobada como sistema digital de los EE.UU. para la implementación en FM del sistema HD Radio de la recomendación UIT-R BS.1114, y la implementación en AM de la recomendación UIT-R BS. 1514. [49]

En los Estados Unidos la FCC asignó en 1992 una banda de frecuencias en la banda "S" de 2310 a 2360 MHz, para la difusión de radio digital por satélite, para el sistema DARS (Digital Audio Radio Service) otorgando solo dos licencias de radiodifusión en 1997, a las compañías American Mobile Radio llamado actualmente XM Satellite Radio y Satellite CD Radio, conocida como Sirius Satellite Radio, que ofrecían el servicio al área continental solo para EEUU, sin incluir a Alaska ni Hawai.

- *La radio digital*

El sistema de radio digital terrestre en los Estados Unidos se basa en el servicio de transmisión IBOC, para las bandas existentes de AM y FM. Sin embargo, IBOC le apuesta su mayor éxito al concepto de un sistema patentando llamado HD Radio o radio de alta definición en FM, basado en los llamados canales de servicio suplementario.

Las radios Lucent Digital Radio, EE.UU. Radio Digital (USADR) y Digital Radio Express, iniciaron sus pruebas de transmisión digital en 1999, con la expectativa de obtener resultados en la NRSC para diciembre de 1999.

Pero, para el 2004, ya comenzaron a migrar muchas emisoras de Estados Unidos a las transmisiones de formato digital HD Radio, también conocido como IBOC. Actualmente hay 2101 canales al aire en 269 ciudades del país.

En Estados Unidos ya son casi dos mil emisoras de AM y FM que transmiten en digital. De éstas, unas mil lo hacen en multicanal, esto no representa ni el 20 por ciento de todas

las emisoras que operan en el país. Además, desde el lanzamiento de IBOC, en 2002, se han vendido más de un millón de receptores. [49]

➤ **México**

• *Antecedentes*

En México, existen 1510 estaciones de radio, de las cuales 853 transmiten en AM y 657 en FM, con una penetración total entre la población del 98 por ciento.

La digitalización en México, inició en julio de 2004 con el decreto emitido por el ex presidente Vicente Fox. Prevé que para el año 2021 se establecerá como plazo para el “apagón” de los canales analógicos. [50]

• *Regulación*

Conjuntamente en el proceso de digitalización de la radiodifusión del 14 de mayo de 2008, se definieron los lineamientos para ser acogidos en el proceso, entre los cuales están:

- El uso voluntario para los concesionarios y permisionarios de AM y FM.
- El estándar IBOC se utilizará en modo híbrido, manteniendo la continuidad del servicio analógico y evitando interferencias con otros servicios.
- Se podrán transmitir múltiples programas dentro del ancho de banda asignado, aprovechando las características del mismo estándar.
- Si solo se transmite un solo programa, éste deberá ser la misma programación transmitida analógicamente pero con mayor calidad para AM y FM.
- La migración de AM y FM hacia el estándar digital IBOC dependerá de la penetración de los radiorreceptores y no es obligatoria.

Según la Comisión Federal de Telecomunicaciones (Cofetel) de México, acordó el proyecto de acuerdo para la adopción forma del estándar IBOC, mediante el documento que contiene la política denominada Comisión Federal de Mejora Regulatoria (COFEMER).

[8]

- *Proceso de digitalización*

En el 2000, se publicó un acuerdo del uso de estándares DRM e IBOC para radiodifusión digital según la UIT. Pero, para octubre de 2004 la Cámara Nacional de la Industria de la Radio y Televisión (CIRT) inició las pruebas en México con los sistemas IBOC y DAB. Luego, el 14 de mayo de 2008, se publicó los lineamientos para la digitalización de la radio para la frontera norte de México, y se prosiguió con el análisis de los estándares digitales; y en febrero de 2009, con la participación de iBiquity de EE.UU. se realizaron evaluaciones del sistema IBOC; como resultados de las pruebas se obtuvo:

- IBOC es un sistema que emite sus señales en las mismas frecuencias actuales para AM y FM en México.
- IBOC presenta mejores técnicas de transmisión de las señales digitales en comparación con DRM, como también multiprogramación para ofrecer nuevos servicios al usuario por parte de las emisoras.
- DAB requiere un cambio de uso de bandas diferentes a las actuales para AM y FM.
- La banda de onda corta en México es utilizada para pruebas experimentales, no comerciales, como es el caso del sistema DRM.
- Los estándares digitales IBOC y DRM, aprovechan el espectro eficientemente y pueden continuar con la operación analógica.

En base a los resultados obtenidos, el 16 de junio de 2011, se eligió como sistema de radiodifusión digital terrestre a IBOC, autorizando así la Cofetel para uso de dicho sistema a 13 estaciones de radio el 14 de marzo de 2012. [51]

- *La radio digital*

Se aprobó la adopción del estándar IBOC/ HD Radio para la radio digital terrestre en México, ya que principalmente las recomendaciones de la UIT, distinguen al estándar IBOC como el único recomendado actualmente para operar en las bandas de 535-1705 kHz para la radio AM, así como para las bandas 88-110 MHz, donde operan las estaciones FM. Además, IBOC fue elegido debido a la dependencia económica y tecnológica con EEUU, y con la finalidad de que la prestación de sus servicios estuviera en igualdad de

condiciones respecto a las estaciones de radiodifusión estadounidenses; ya que existen muchas estaciones de radiodifusión sonora que se encuentran ubicadas en la zona de 320 kilómetros dentro de la zona fronteriza del norte de México.

Al adoptar este estándar se prevé que la radio digital presentará mayor calidad de recepción en AM parecida a FM, mientras que en FM es similar a la calidad de CD. También, puede transmitir servicios auxiliares como audio, imágenes, datos y texto, información asociada con la estación o sus programas de audio, información almacenada como noticias, clima, tráfico, sistemas de mensajes cortos y sistemas de posicionamiento global. Además, es importante para México adoptar el estándar estadounidense en las emisoras de radio ubicadas en la frontera norte de México con el fin de que operen en las mismas condiciones tecnológicas.

Existe un consenso en la industria de que IBOC sea implante a la radio mexicana totalmente para el 2015; pero se predice que no habrá apagón analógico en radio, sino que se permitirá que durante un periodo de varios años se transmitan de manera híbrida.

El 17 de abril de 2012, comenzaron oficialmente las transmisiones con la tecnología HD Radio en alguna de las estaciones más importantes en México, entre ellos se encuentran estaciones del Grupo Radio Imagen, Instituto Mexicano de la Radio y la Universidad Iberoamericana. Y, según la CofeTel entre los estados que están operando digitalmente son: Baja California, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Tamaulipas, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Veracruz. [16]

- *Radio AM digital*

El 15 de septiembre de 2008 la Cofetel, emitió el acuerdo en el que se establecen los requisitos para realizar el cambio de frecuencias en la banda de AM, con el objetivo de aprovechar el uso del espectro y brindar servicios; conjuntamente con el paso de una contraprestación.

El propósito del acuerdo es que los concesionarios y permisionarios de radio que operan en la banda de AM puedan solicitar a la Cofetel el cambio de frecuencia para operar en la banda de FM, con la intención de que en un futuro haya más posibilidades de adoptar el sistema estadounidense sin tener que modificar la radio actual.

Por ahora, la mayoría de las estaciones de AM seguirán operando solamente en su formato analógico por un largo tiempo, debido al lento proceso de reordenamiento de frecuencias dentro de la banda de AM y de la modificación de la Norma Oficial Mexicana. [50]

Sudamérica:

➤ **Colombia:**

- *Antecedentes*

El servicio de radiodifusión fue impulsado por los radioaficionados formalmente en 1929. Actualmente el número de emisoras autorizadas para operar es de 1571; de estas, 423 están asignadas en AM y 1148 en FM, correspondientes al 26.9% y el 73.1% respectivamente. [8]

- *Regulación*

El Decreto 1445 del 30 de agosto de 1995 contiene los Planes Técnicos Nacionales de Radiodifusión Sonora (PTNRDS) en AM y FM, que organizan las estaciones de Radiodifusión Sonora estableciendo los parámetros técnicos que se deben cumplir. Adopta la canalización de las bandas de frecuencias y distribuye los canales radioeléctricos que serán utilizados.

En Colombia el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones es la autoridad competente para ordenar la terminación de los permisos otorgados para el uso del espectro, así como para reasignar frecuencias radioeléctricas a los titulares. [8]

La Resolución 1213 de 2010 se establecen medidas de orden técnico del espectro radioeléctrico, por el que opera la radiodifusión Sonora, actualizando así mismo el Plan Técnico Nacional de Radiodifusión Sonora en las bandas de AM y FM. Pero, la más importante norma en el servicio de radiodifusión es la Resolución 415 de 2010, en donde se define el servicio, su finalidad, sus principios y su régimen normativo, entre otros. [28]

- *Proceso de digitalización*

La Radiodifusión Sonora Digital tardó varios años en llegar a Colombia, su introducción inició en el 2009, con la realización de pruebas técnicas en la radio Caracol en formatos DRM y HD Radio.

- *La radio digital*

De acuerdo a las necesidades de Colombia y el estado actual de los servicios de Radiodifusión Sonora se eligió el estándar americano HD Radio, para la introducción de la Radio Digital en el país.

- *La radio AM digital*

La digitalización para las concesiones en las frecuencias de AM no podría migrarse por completo, ya que las condiciones topográficas del territorio nacional hacen de estas frecuencias la más apta para acceder a lugares con estas características. [8]

➤ **Perú**

- *Antecedentes*

La radio en Perú tiene sus orígenes en la década de 1920, y ha venido pasando por distintas transformaciones hasta la década del 2000. En sus inicios la radio tuvo sus primeras radioemisoras estatales y privadas como la Radio Nacional del Perú y OAX, pero a partir de 1937 aparece el nuevo modelo radial donde predomina la radio comercial privada con contenido diverso para el entretenimiento, ganando así más radio escuchas.

Para 1980 llega a Perú la incursión de la televisión, pero la radio permanece como un medio masivo de importancia.

Según datos actuales, Perú cuenta con 3273 ⁴³ estaciones de radio en AM y FM, y 1259 estaciones de televisión en VHF y UHF.

- *Regulación*

⁴³ Disponible en http://mediosperu.org/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=24

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) es el encargado de investigar y evaluar las alternativas para la implementación de la Radio Digital Terrestre (RDT) en el Perú; para esto se creó una Comisión Sectorial, conformada por funcionarios del MTC, universidades, organizaciones de radiodifusores y especialistas del tema; que se encargó de evaluar los estándares de radiodifusión digital terrestre, identificando sus ventajas y desventajas, para luego emitir un informe técnico.

Los puntos que se tomaron en cuenta en el informe técnico, fueron:

- Evaluación de los estándares de radiodifusión sonora digital terrestre, tomando en cuenta recomendaciones internacionales.
- Investigación e identificación de los despliegues existentes de la RDT.
- Elaboración de una matriz comparativa de la evaluación de estándares. [14]

- *Proceso de digitalización*

La transición digital en el Perú se inició en 2009 con la introducción de la televisión digital terrestre (TDT) con la elección del estándar ISDB-T.

El proceso de transición digital de la radiodifusión, inició con el estudio que realizó la Comisión Sectorial y del Consejo Consultivo de Radio y Televisión (CONCORTV), sobre la investigación de la implementación de la RDT, emitió su informe técnico el 31 de agosto de 2011.

El Perú está encaminado hacia el desarrollo de la radiodifusión digital, con el proceso de la adopción del estándar para el servicio de radiodifusión por televisión digital y la digitalización de la radiodifusión por televisión que se encuentra en proceso de implementación cumpliendo con el cronograma establecido en el Plan Maestro aprobado por Decreto Supremo N° 017-2010-MTC. [52]

- *La radio digital*

El Perú no ha realizado aún pruebas de radiodifusión sonora digital, según el Consejo Consultivo de Radio y Televisión (CONCORTV) de ese país.

El estándar elegido para la radiodifusión digital fue el DRM, debido a que sus características se adaptan a su entorno. Una de las radios de Perú como es la Achirana, transmite digitalmente en los 99.7 FM. Antes, solamente ofrecía una programación. Pero ahora, con el nuevo sistema digital, por el canal A de los 99.7 transmite noticias, por el B deportes y por el C programas juveniles. [52]

➤ **Argentina**

- *Antecedentes*

La radio es el sector con menor índice de concentración, según estudios de Ibope⁴⁴; FM cuenta con un 2,36% de audiencia promedio en la ciudad de Buenos Aires, ya que es la ciudad más grande y habitada. De acuerdo con el COMFER⁴⁵ hay alrededor de 4 mil emisoras en Argentina.

- *Regulación*

La asignación y fiscalización del espectro radioeléctrico, se encuentra manejado por varios organismos, entre los principales están: la Secretaría de Comunicaciones (SECOM), la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC), y la Autoridad Federal de Servicios de Comunicación Audiovisual (AFSCA).

Entre los organismos que controlan la asignación del espectro esta la Secretaría de Comunicaciones y la Comisión Nacional de Comunicaciones, y la distribución del uso del espectro para radiodifusión le compete a la Autoridad Federal de Servicios de Comunicación Audiovisual.

- *Proceso de digitalización*

En octubre de 2012, se formuló el nuevo marco regulatorio de radiodifusión, denominada “Plan Nacional de Telecomunicaciones Argentina conectada”, establecido por el Decreto 1552/2010 Boletín oficial No 32.016, 28 de Octubre de 2010; que tiene como estrategia nacional de banda ancha, poder expandir el acceso al ancho de banda de la televisión digital en el país en un plazo de cinco años.

⁴⁴ Multinacional brasileña que actúa en 13 países de la región.

⁴⁵ Comité Federal de Radiodifusión

El Plan está destinado a generar las facilidades para la cobertura de la inclusión digital mediante una red a nivel nacional que sirva de plataforma para los programas asociados como: el Sistema Argentino de Televisión Digital Terrestre (SATVD-T), Programa Conectar Igualdad y la Agenda Digital.

En este marco, el apagón analógico se pronostica que se realice para el año 2019, aunque señalan que es posible que se logre hasta dos años antes.

- *La radio digital*

Argentina, realizó pruebas en el 2004 con el estándar HD Radio, impulsadas por la Asociación de radiodifusoras Privadas Argentinas (ARPA). Luego al obtener resultados solo del sistema testado, se eligió el estándar HD Radio para su digitalización, ya que esta tecnología permite que la señal digital ocupe las mismas frecuencias que la actual para AM y FM analógica; además, permite que en el proceso de digitalización, los actuales receptores reciban la señal analógica y los nuevos receptores reciban la señal digital.

El 21 de octubre de 2004, en la feria de la Cámara Argentina de proveedores y fabricantes de equipos de radiodifusión (CAPER), se realizó la primera transmisión de radio digital en Argentina. Dentro de este proceso estuvieron involucradas las radios Continental y Mitre, que emitieron paralelamente la señal analógica y la señal digital que fue receptada por los equipos HD Radio. [53]

➤ **Chile:**

- *Antecedentes*

La primera transmisión radial en Chile fue a principios de la década de 1920, por los radio escuchas que en su mayoría fueron radioaficionados, quienes al ser partícipes del evento, iniciaron la construcción de sus propios equipos receptores.

La mayor parte de las radioemisoras se encuentran en las capitales regionales, siendo Santiago de Chile la ciudad con la mayoría de estaciones de radio con cobertura nacional. [40]

- *Regulación*

El decreto supremo NAY 127, de 2006, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones asignó la banda de 1452-1492 MHz para radio digital. [29]

- *Proceso de digitalización*

Chile es considerada una nación que se encuentra a la expectativa de lo que suceda con la Radio Digital a nivel mundial, por ende, mientras no se consolide un modelo en Europa y Estados Unidos, la radio seguirá funcionando de manera convencional los próximos años. [54]

Es importante aclarar que en Chile la tecnología digital, ya está presente en la parte interna de las computadoras de algunas emisoras; es decir, en la gestión y producción radial, mas no en la transmisión de las señales aun.

- *La radio digital*

El sistema Eureka se encuentra en etapa de pruebas en Santiago de Chile, donde existen 35 radios FM y 20 de AM, los bloques en teoría disponibles en la banda L podrían albergar estas 50 radios, a un promedio de 6 radios por bloque, y aún quedar espacio disponible para otras. Si bien Chile ha hecho reserva de esta banda para estos efectos (en virtud de una Recomendación de la UIT ⁴⁶ y la Subsecretaría de Telecomunicaciones), a fin de atribuir la banda de 1452 a 1492 MHz a la Radiodifusión Sonora Digital con la radiodifusión sonora desde satélites. [54]

➤ **Brasil**

- *Regulación*

El espectro esta bajo el control del Ministerio de Comunicaciones (MiniCom) y Anatel que fue creada por la Ley general de telecomunicaciones como el ente regulador.

Anatel se encarga de aprobar, suspender y cancelar autorizaciones, regular licencias y proveer servicios, supervisar operaciones de los operadores, administrar el espectro radioeléctrico, certificar productos y equipos de telecomunicaciones. Además, es responsable de implementar la política nacional de telecomunicaciones (Art. 19).

⁴⁶ Plan General de Uso del Espectro Radioeléctrico, mediante publicación en el Diario Oficial del 23 de Noviembre de 1998

MiniCom es el principal órgano de la administración federal de Brasil de las políticas de radio y televisión, y además controla la Empresa Brasileña de Correos y Telégrafos (ETC).

- *Proceso de digitalización*

En el 2010, se realizó la digitalización de la televisión, conjuntamente con la comercialización de las cajas de conversión digital para TV; colaborando a disminuir notablemente la brecha digital en el país.

El Ministerio de las Comunicaciones del Brasil, concluyó a fines de junio 2010 con las pruebas del sistema de radio digital, analizó el resultado de los modelos europeo DRM y el americano IBOC con el Consejo Consultivo de Radio, representantes del gobierno y radiodifusores.

Para los brasileños, el sistema DRM es uno de los más interesantes de implementar ya que es de libre utilización y permite la digitalización de las Ondas Cortas; mientras que el sistema americano exige regalías por su uso y no posibilita las transmisiones en ondas decamétricas.

- *La radio digital*

En Brasil, se están realizando pruebas de campo de IBOC/HD Radio desde el 2005, bajo la coordinación del Ministerio de las Comunicaciones (MC).

- *Radio AM digital*

En Brasil, las pruebas de HD vienen desarrollándose desde 2005 con 25 emisoras en pruebas. El Ministerio de Comunicaciones planeó avalar formalmente una norma nacional este mismo año, pero se ha desarrollado un reciente interés en DRM30 para las emisoras de AM, lo que ha llevado a considerar también dicho sistema; es por eso que el estándar DRM, está en su etapa de pruebas desde octubre del 2012 en la ciudad de San Pablo. [23]

Europa:

- **España**

- *Antecedentes*

Las primeras experiencias ciudadanas de radio, denominadas radios libres, comenzaron a final de los años 70 y fueron reguladas por el derogado Plan Técnico Transitorio del Servicio Público de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada (Real Decreto 1433/1979). [57]

- *Regulación.*

La regulación de la radio digital en este país se inicia en el año 1997, con una disposición adicional a la Ley 66/1997 de Acompañamiento a los Presupuestos Generales del Estado, que contemplaba a la radiodifusión digital en los diferentes ámbitos: nacional y local; y faculta al Estado para conceder las licencias de explotación del servicio de cobertura nacional. Luego, para 1999 se realiza la publicación del Real Decreto 1287/1999, donde se establece un Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrestre. [12]

- *Proceso de digitalización:*

Las medidas que se debían tomar en cuenta para contribuir a la adopción de la radio digital en España y se facilite su implementación, eran las siguientes:

- Aprobar el Plan de digitalización del servicio de radiodifusión sonora terrestre.
- Modificación del Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora terrestre, aprobado mediante el Real Decreto 1287/1999, de 23 de julio. Esta modificación, tiene como objetivos:
 - a) Establecer expresamente el principio de neutralidad tecnológica de manera que se pueda realizar la migración a la tecnología DAB+.
 - b) Modificar las exigencias de cobertura para facilitar la implantación de la nueva tecnología.
- Estudio de la posible redistribución de los programas de los operadores en cada uno de los múltiples actuales.
- Actividades de promoción e impulso de la radio digital.
- Realización de pruebas piloto.

- Realización de un estudio sobre las condiciones y requisitos necesarios para el establecimiento de una fecha para el apagado analógico de la radiodifusión sonora terrestre.

Tomando en cuenta estas estrategias, comenzaron emisiones de radio digital con el estándar DAB, con las cadenas (RNE, SER, COPE y ONDACERO) que emiten su programación nacional a través de este nuevo sistema de difusión, donde el panorama radiofónico español se ha beneficiado con la incorporación de nuevos operadores (El Mundo Radio, Radio Marca, Intereconomía, Onda Rambla-Planeta, Radio España, Grupo Godó y Grupo Vocento). [6]

- *La radio digital*

La radio digital en España empezó su fase de pruebas desde el 2000 y para junio de 2011 se aprobó finalmente, mediante el nuevo “Plan técnico nacional de radiodifusión sonora digital terrestre”; pero sus inicios en la década de los 80s fue por el proyecto Eureka 147 con el objetivo principal de mejorar la calidad del audio. La radio digital en España para el 2001 llegó a tener una cobertura en las ciudades grandes superior al 50%, y se esperaba llegar al 80% de cobertura de la población.

Esta tecnología ha dado como resultado visibles mejoras en la calidad del sonido y la recepción de la señal, pero está muy poco difundida entre los consumidores ya que por los precios no todos cuentan con los equipos receptores digitales para poder escucharla, y no existe ningún incentivo para poder finalizar con el “apagón analógico”, al igual que en TDT.

La radio digital terrestre opera en la banda L, desde 1452 hasta 1492 MHz, y en las bandas VHF y UHF. La señal de radio se transmite en múltiplex compartidos por diferentes estaciones de radio.

Actualmente en España las emisiones son dadas de forma regular de la radio digital, con tecnología DAB, manteniéndose hasta la actualidad 18 programas de ámbito nacional. Asimismo, se han realizado en España por parte de radiodifusores públicos y privados, diversas pruebas con tecnología DRM. También se han realizado emisiones regulares en la banda de Onda Media desde 2005 y en Onda Corta desde el año 2007, por parte del radiodifusor público de ámbito estatal. Todas estas pruebas pueden constituir una base para progresar en esta materia. [12] y [57]

- *Radio AM digital*

En España entró en funcionamiento para la radio AM el estándar para la difusión digital, el 23 de enero de 2004, desde su Centro Emisor de Arganda del Rey en la frecuencia 1.359 KHz, mediante el suministro del primer sistema por la empresa VIMESA.

El sistema está formado por un modulador DRM y un transmisor TRAM 10 KW Telefunken SenderSysteme Berlin AG, cumple con estándar técnico CM 300. [55]

➤ **Francia**

- *Antecedentes*

En Francia el servicio de redifusión empezó a escala estatal bajo la forma de servicio público prestado por el gobierno, luego se sumaron las cadenas comerciales, emisiones regionales, locales y de barrio; a excepción de un caso de televisión en Francia (Zalea TV).

- *Regulación*

Las licencias de DAB se otorgaron con una duración de diez a quince años. Los radiodifusores que se conviertan al formato digital obtendrán una extensión en la duración de sus licencias del formato análogo. Las licencias análogas y digitales están libres de costo. [8]

- *Proceso de digitalización*

Existieron unas 7000 frecuencias de radio al 2011, de las cuales el 20% fueron de la sociedad civil, incluidas radios asociativas, lo que permitió que para la planificación de frecuencias digitales se realizara la respectiva categorización.

La falta de pruebas técnicas fue una de las barreras para la digitalización, para garantizar que el sistema de emisión digital que se eligiera sea el más apropiado para la cobertura local, posponiendo esto para mayo de 2011.

Las emisiones digitales llevan desbloqueadas desde marzo de 2012, al decidirse acelerar el proceso de concesión de licencias de DAB.

- *La radio digital*

De acuerdo a las múltiples pruebas, para el 13 de mayo de 2011, el Consejo Cultural, Educación y Enseñanza Superior y de Investigación, David Keessler Primer Ministro Francés declaró un aplazamiento de la migración digital de 2 a 3 años con posibilidad de usar DAB+, y DRM+ en zonas rurales.

Luego de haber permanecido bloqueado por varios años, el plan para implementar la radio digital se dividió en dos etapas, la primera consistía en atender a las radios que ya habían obtenido una frecuencia antes de 2009 que fueron 50 estaciones de París, 40 en Marsella y otras en Niza, seguido de la agrupación de las radios independientes y asociativas; la segunda fase consistió en que el Consejo Superior del Audiovisual (CSA) haría una convocatoria para llevar la radio digital a las ciudades principales restantes.

Francia decidió que el estándar para la radio digital es el DAB+, para estaciones que dispongan de licencia en París, Marsella y Niza, iniciando su emisión sólo las radios que tenían asignadas frecuencias según previo concurso. [56]

ANEXO C. RECOMENDACIÓN UIT-R BS.1615-1

**«Parámetros de planificación» para la radiodifusión sonora digital
en frecuencias inferiores a 30 MHz**

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

Considerando

- a. que el UIT-R está realizando estudios urgentes relativos al desarrollo de emisiones de radiodifusión con modulación digital en las bandas de frecuencia inferiores a 30 MHz atribuidas al servicio de radiodifusión;
- b. que en la Recomendación UIT-R BS.1514 se describe un sistema digital adecuado para la radiodifusión en bandas de frecuencia inferiores a 30 MHz;
- c. que en la Recomendación mencionada en el *considerando* b) no se han incluido valores de protección de RF aplicables a todas las combinaciones relevantes de emisiones analógicas y digitales, ya sean deseadas o no deseadas;
- d. que en la Recomendación mencionada en el *considerando* b) no se han incluido valores de mínima intensidad de campo utilizable para emisiones de señales digitales deseadas;
- e. que durante algún tiempo continuarán las emisiones analógicas en las bandas de frecuencia de ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas;
- f. que la disponibilidad de un conjunto consistente de «parámetros de planificación» facilitará la introducción de emisiones digitales en dichas bandas de frecuencia,

Recomienda

1 Que en la introducción de servicios de radiodifusión digital en las bandas de frecuencia inferiores a 30 MHz se utilicen como modelo los valores de mínima intensidad de campo utilizable⁴⁷¹ incluidos en el Anexo 1;

2 Que en la introducción de servicios de radiodifusión digital en las bandas a que se hace referencia en el *recomienda* 1 se utilicen como modelo los valores de las relaciones de protección de radiofrecuencia incluidos en los Anexos 2 y 3,

Invita al UIT-R

1 A que desarrolle el soporte lógico adecuado para la introducción de emisiones de radiodifusión digital en las bandas de radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas, teniendo en cuenta los «parámetros de planificación» incluidos en los Anexos a esta Recomendación, y a que participe activamente en dicho desarrollo.

¹ En lo que se refiere a los valores de mínima intensidad de campo utilizable del Anexo 1 en las bandas de radiodifusión en zonas tropicales, éstos constituyen una primera aproximación, siendo necesarias pruebas de funcionamiento real para verificar la validez de los mismos.

Anexo 1

Mínima intensidad de campo utilizable para radiodifusión sonora digital (DSB) (sistema mundial de radiodifusión digital, DRM, *Digital Radio Mondiale*) en frecuencias inferiores a 30 MHz

1. Introducción

La información de campo mínimo utilizable incluido en este Anexo se basa en medidas realizadas utilizando el sistema DRM. Los valores son el resultado de medidas de la relación *S/N* obtenidas tras aplicar el procedimiento del Apéndice 1 a este Anexo. Durante la evaluación de los valores de *S/N* se ha tenido en cuenta la influencia de los diversos parámetros del sistema y las condiciones de propagación en las distintas bandas de frecuencia.

NOTA 1 – El Informe UIT-R BS.2144 examina los motivos para la introducción de la radiodifusión sonora digital en bandas por debajo de 30 MHz y considera las tecnologías implicadas.

2. Parámetros de transmisión relevantes

2.1. Modos de robustez del sistema DRM

En la especificación del sistema DRM se definen cuatro modos de robustez con distintos parámetros (número y separación de subportadoras, longitud útil del símbolo y de su intervalo de guarda, etc.) para el esquema de transmisión de multiplexión por división en frecuencia ortogonal (MDFO) y para las condiciones de propagación en las bandas de frecuencia en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas (véase el Cuadro 1).

CUADRO 1

Modos de robustez del DRM

Modo de robustez	Condiciones típicas de propagación	Bandas de frecuencias preferidas
A	Canales de onda de superficie con desvanecimiento reducido	Ondas kilométricas y hectométricas
B	Canales selectivos en tiempo y frecuencia, con dispersión de retardo superior	Ondas hectométricas y decamétricas
C	Como el modo de robustez B, pero con dispersión Doppler superior	Sólo ondas decamétricas
D	Como el modo de robustez B, pero con retardo y efecto Doppler severo	Sólo ondas decamétricas

2.2. Tipos de ocupación del espectro

Para cada modo de robustez, la anchura de banda ocupada de la señal puede variarse en función de la banda de frecuencia y de la aplicación deseada. En el Cuadro 2 se muestran los tipos de ocupación de espectro especificados.

CUADRO 2

Anchura de banda (kHz) de las combinaciones de modos de robustez DRM

Modo de robustez	Tipo de ocupación del espectro					
	0	1	2	3	4	5
A	4,208	4,708	8,542	9,542	17,208	19,208
B	4,266	4,828	8,578	9,703	17,203	19,266
C	–	–	–	9,477		19,159
D	–	–	–	9,536		19,179
Anchura de banda nominal (kHz)	4,5	5	9	10	18	20

Las anchuras de banda de la última fila del Cuadro 2 son las anchuras de banda nominales de los respectivos tipos de ocupación del espectro de la señal DRM, y los valores de las filas A a D son las anchuras de banda exactas de señal para las distintas combinaciones de modo de robustez.

2.3. Modulación y niveles de protección

Los servicios de audio se transmiten en el canal de servicio principal (MSC, *main service channel*) del múltiplex DRM. Para todos los modos de robustez se definen dos esquemas de modulación distintos (MAQ-16 o MAQ-64) para el MSC, que pueden utilizarse de forma combinada con uno de los dos (MAQ-16) o cuatro (MAQ-64) niveles de protección, respectivamente.

Cada nivel de protección se caracteriza por un conjunto específico de parámetros para los dos (MAQ-16) o tres (MAQ-64) codificadores convolucionales, resultando en un índice de codificación medio para el proceso de codificación global multinivel en el modulador. Para el nivel de protección MAQ-16, el nivel de protección N.º 0 corresponde a un índice de codificación medio de 0,5; el N.º 1 a un índice de 0,62. Para los niveles de protección MAQ-64, del N.º 0 al N.º 3 corresponden a índices de codificación medios de 0,5; 0,6; 0,71 y 0,78 respectivamente.

3. Cálculo de la mínima intensidad de campo utilizable

Para conseguir una calidad de servicio suficientemente elevada en un servicio de audio digital DRM, es necesario que la BER sea de aproximadamente 1×10^{-4} . La S/N requerida a la entrada del receptor para conseguir dicha BER es función, además de los parámetros del sistema, de las condiciones de propagación en las distintas bandas de frecuencia. En los Apéndices 2 y 3 a este Anexo se incluye información detallada al respecto.

Sobre la base de dichos valores de S/N , puede calcularse la mínima intensidad de campo utilizable aplicando el procedimiento propuesto en el Apéndice 1 a este Anexo. En los Cuadros 3 a 6 siguientes figuran los valores resultantes relevantes. Para las bandas de frecuencia en ondas kilométricas y hectométricas (Cuadros 3 a 5) sólo se incluyen resultados para el modo de robustez DRM de Tipo A. Si se desea utilizar uno de dichos modos de robustez en las bandas mencionadas, los valores de intensidad de campo correspondientes pueden calcularse con la ayuda de los valores de S/N para dichos modos que se incluyen en el Apéndice 2 a este Anexo.

CUADRO 3

Mínima intensidad de campo utilizable (dB(μ V/m)) para conseguir una BER de 1×10^{-4} en el modo de robustez A de DRM con los tipos de ocupación del espectro 0 ó 2 (4,5 ó 9 kHz) en función del esquema de modulación y del nivel de protección en ondas kilométricas (propagación por onda de superficie)

Esquema de modulación	N.º de nivel de protección	Índice de codificación medio	Modo de robustez/tipo de ocupación del espectro	
			A/0 (4,5 kHz)	A/2 (9 kHz)
MAQ-16	0	0,5	39,3	39,1
	1	0,62	41,4	41,2
MAQ-64	0	0,5	44,8	44,6
	1	0,6	46,3	45,8
	2	0,71	48,0	47,6
	3	0,78	49,7	49,2

CUADRO 4

Mínima intensidad de campo utilizable (dB(μV/m)) para conseguir una BER de 1×10^{-4} en el modo de robustez A de DRM con tipos de ocupación del espectro en función del esquema de modulación y del nivel de protección en ondas hectométricas (propagación por onda de superficie)

Esquema de modulación	N.º de nivel de protección	Índice de codificación medio	Modo de robustez/tipo de ocupación del espectro	
			A/0 (4,5 kHz), A/1 (5 kHz)	A/2 (9 kHz), A/3 (10 kHz)
MAQ-16	0	0,5	33,3	33,1
	1	0,62	35,4	35,2
MAQ-64	0	0,5	38,8	38,6
	1	0,6	40,3	39,8
	2	0,71	42,0	41,6
	3	0,78	43,7	43,2

CUADRO 5

Mínima intensidad de campo utilizable (dB(μV/m)) para conseguir una BER de 1×10^{-4} en el modo de robustez A de DRM con tipos de ocupación del espectro en función del esquema de modulación y del nivel de protección en ondas hectométricas (propagación por onda de superficie y propagación ionosférica)

Esquema de modulación	N.º de nivel de protección	Índice de codificación medio	Modo de robustez/tipo de ocupación del espectro	
			A/0 (4,5 kHz), A/1 (5 kHz)	A/2 (9 kHz), A/3 (10 kHz)
MAQ-16	0	0,5	34,3	33,9
	1	0,62	37,2	37,0
MAQ-64	0	0,5	39,7	39,4
	1	0,6	41,1	40,8
	2	0,71	44,2	43,7
	3	0,78	47,4	46,5

CUADRO 6

Gama de valores de mínima intensidad de campo utilizable (dB(μV/m)) para conseguir una BER de 1×10^{-4} en el modo de robustez B de DRM con los tipos de ocupación del espectro 1 ó 3 (5 ó 10 kHz) en función del esquema de modulación y del nivel de protección en ondas decamétricas

Esquema de modulación	N.º de nivel de protección	Índice de codificación medio	Modo de robustez/tipo de ocupación del espectro	
			B/1 (5 kHz)	B/3 (10 kHz)
MAQ-16	0	0,5	19,2-22,8	19,1-22,5
	1	0,62	22,5-25,6	22,2-25,3
MAQ-64	0	0,5	25,1-28,3	24,6-27,8
	1	0,6	27,7-30,4	27,2-29,9

NOTA 1 – La obtención de los valores de los Cuadros 3 a 6 se basa en el nivel de ruido intrínseco de un receptor digital, tal como se muestra en la última fila del Cuadro del Apéndice 1 al presente Anexo. Sin embargo, cuando el efecto del ruido externo es superior al del ruido intrínseco del receptor, el valor de ruido externo debe sustituir al correspondiente valor de ruido intrínseco del Apéndice 1 al presente Anexo. La adaptación de los valores para la intensidad de campo mínimo utilizable de los Cuadros 3 a 6 puede realizarse posteriormente de conformidad con los procedimientos descritos en el Apéndice 1 al presente Anexo.

En el cálculo de la intensidad de campo no se han considerado hasta ahora cambios en el diseño de la antena ni en su integración en los receptores modernos (véase también el Apéndice 1 al presente Anexo).

En el Cuadro 6 se muestra la gama de valores de mínima intensidad de campo utilizable necesaria para conseguir el objetivo de BER en canales en ondas decamétricas utilizando el modo de robustez B. Esta gama de valores permite tener una idea de la dispersión de los resultados debida a condiciones variables de propagación en el canal (para más información sobre la evaluación de la calidad de funcionamiento del sistema véase el Apéndice 2 a este Anexo). Para las bandas de frecuencia en ondas kilométricas y hectométricas, los valores de intensidad de campo para otros modos de robustez pueden calcularse utilizando los valores de S/N del Apéndice 2 a este Anexo. Solamente el modo A no es aplicable a las transmisiones en ondas decamétricas debido a la falta de robustez de los parámetros MDFO (longitud del intervalo de guarda y separación de frecuencia de las subportadoras).

A diferencia de los valores de los Cuadros 3 a 5, los resultados para los niveles de protección N.º 2 y N.º 3 en combinación con MAQ-64, no están incluidos en el Cuadro 6 para las bandas de frecuencia en ondas decamétricas, debido a la ocurrencia de episodios de umbrales mínimos de bits erróneos, incluso para valores superiores de S/N , causados por una protección débil contra errores. Por lo tanto, dichos niveles de protección no son recomendables para la transmisión en ondas decamétricas sobre canales con un comportamiento fuertemente selectivo en tiempo y/o frecuencia (véanse los Apéndices 2 y 3 a este Anexo).

4. Comentarios adicionales

En las pruebas de campo del DRM se ha comprobado que la intensidad del desvanecimiento en el caso de la señal de banda ancha digital MDFO es sensiblemente menor al que se produce en el caso de transmisión AM analógica (principalmente la portadora) en las mismas condiciones de propagación. Este hecho debe tenerse en cuenta, ya sea en el algoritmo de predicción de la intensidad de campo media (véase la Recomendación UIT-R P.533) o en el cálculo de la fiabilidad de la transmisión (véase la Recomendación UIT-R P.842), mediante la modificación de los correspondientes márgenes de desvanecimiento. Además, la Recomendación UIT-R P.842 – Cálculo de la fiabilidad y la compatibilidad de los sistemas radioeléctricos en ondas decamétricas, hace simplificaciones poco probables de ser aplicadas en el caso de modulaciones digitales.