



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y

REDES

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS ESTÁNDARES DE RADIODIFUSIÓN
DIGITAL TERRENA ORIENTADO A DEFINIR SU APLICABILIDAD EN EL
ECUADOR”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y REDES

Presentado por:

LORENA GABRIELA MORALES REINOSO

TANNIA PAULINA VALLEJO MÁRQUEZ

RIOBAMBA-ECUADOR

2012

Queremos hacer extensivo nuestro más sincero agradecimiento a los Ingenieros William Calvopiña y Edwin Altamirano por brindarnos su apoyo y amistad a lo largo de nuestra carrera y en el desarrollo de esta investigación. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarnos la oportunidad de formarnos como profesionales, A nuestras familias por su apoyo incondicional en todo momento y a todas esas personas que de una manera u otra nos han permitido crecer como profesionales pero sobre todo como personas de bien.

GABRIELA Y TANNIA

La presente tesis está dedicado a:

A Dios por haberme regalado la vida, sabiduría e inteligencia necesaria para culminar con esta muy importante etapa en mi vida.

A mis padres Mayita y Henry por haberme brindado su amor y ser el pilar fundamental en mi vida, gracias por sus consejos, paciencia y dedicación.

A mi abuelita María que con sus cuidados y cariños y amor me ha hecho ser la persona que soy.

A mis hermanos Carina, Juan Pablo y Mauricio que me brindaron su apoyo incondicional.

A Cristian porque con su amor me ha enseñando que todo es posible lograrlo con paciencia y esfuerzo, por brindarme su apoyo y por estar a mi lado siempre.

GABRIELA

Dedico este trabajo a Dios por estar junto a mí en cada paso que doy, protegiéndome y dándome fortaleza para continuar ante las dificultades; a mis padres Luis y Nelly; y a mi hermano Luis Fernando, quienes en todo momento han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo incondicional y depositando su entera confianza en cada reto que se presenta. A Daniel que me ha brindado su amor y apoyo en el día a día ayudándome a ser mejor persona. Y a mis familiares y amigos con quienes hemos compartido buenos y malos momentos. Es por ellos que soy lo que soy ahora.

TANNIA

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTAS

| NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|---|--------------|--------------|
| Ing. Iván Menes Camejo DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA | _____ | _____ |
| Ing. Pedro Infante DIRECTOR DE ESCUELA INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES | _____ | _____ |
| Ing. William Calvopiña H. DIRECTOR DE TESIS | _____ | _____ |
| Ing. Edwin Altamirano MIEMBRO DEL TRIBUNAL | _____ | _____ |
| Tlgo. Carlos Rodríguez Carpio DIRECTOR DPTO. DOCUMENTACIÓN | _____ | _____ |
| NOTA DE LA TESIS | _____ | |

RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

Nosotras, Lorena Gabriela Morales Reinoso y Tannia Paulina Vallejo Márquez, somos los responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Lorena Gabriela Morales Reinoso

Tannia Paulina Vallejo Márquez

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|----------|--|
| ACC | Algoritmo de Compresión Con perdida |
| COFDM | Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing |
| DRM | Digital Radio Mondiale |
| FM | Frecuencia Modulada |
| AM | Amplitud Modulada |
| EPG | Guías electrónicas de programas |
| ETRI | Electronics and Telecommunications Research Institute. |
| ETSI | European Telecommunication Standard Institute |
| FIG | Fast In Formation Groups |
| IBOC | In band On Channel |
| IRT | Instituto para las Tecnologías de Radiodifusión. |
| ISDB-TSB | Integrated Services Digital Broadcasting |
| MFN | Redes de frecuencia múltiple. |
| MPEG | El Moving Picture Experts Group (MPEG) |
| OFDM | Frecuencia Ortogonal-Division Multiplexing |
| RDS | Sistema de radiodifusión de datos |
| SFN | Red de Frecuencia Única |
| TDMB | Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting, (Difusión Multimedia Digital Terrestre) |
| UIT | Unión Internacional de Telecomunicaciones |

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| INDICE DE FIGURAS | |
| INDICE DE TABLAS | |
| INTRODUCCIÓN | |
| CAPITULO I RADIO DIGITAL TERRENA | |
| 1.1 INTRODUCCIÓN | 19 |
| 1.2 HISTORIA DE LA RADIO EN ECUADOR | 20 |
| 1.3 PROPAGACIÓN TERRESTRES DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS . | 22 |
| 1.3.1 ONDAS TERRESTRES | 24 |
| 1.3.2 ONDAS ESPACIALES | 25 |
| 1.3.3 ONDAS IONOSFÉRICAS O CELESTES | 25 |
| 1.4 ESTACIONES DE ONDA CORTA (OC) | 26 |
| 1.4.1 ONDA MEDIA (OM) | 26 |
| 1.4.2 ONDA MEDIA EN RADIODIFUSIÓN | 27 |
| 1.5 CARACTERÍSTICAS GENERALES | 28 |
| 1.6 SISTEMAS TRANSMISIÓN/RECEPCIÓN DE LA RADIO EN LA ACTUALIDAD. | 39 |
| 1.6.1 SISTEMA DE EMISIÓN | 39 |
| 1.6.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN | 40 |
| 1.6.3 SISTEMA DE RECEPCIÓN | 40 |
| 1.7 ¿QUE ES RADIO DIGITAL? | 42 |
| 1.8 MODULACIÓN | 44 |
| 1.8.1 MODULACIÓN FSK | 46 |
| 1.8.1.1 FSK DE BANDA REDUCIDA O BANDA ANGOSTA | 47 |
| 1.8.1.2 FSK DE BANDA ANCHA | 47 |
| 1.8.2 MODULACIÓN PSK DESPLAZAMIENTO DE FASE | 48 |
| 1.8.3 MODULACIÓN MPSK (MULTI-PSK) | 50 |
| 2.8.4 MODULACIÓN QAM | 54 |
| 2.8.4.1 FUNCIONAMIENTO | 55 |
| 1.9 DEMODULACIÓN | 56 |
| 1.10 COMPRESIÓN | 57 |
| 1.10.1 COMPRESIÓN DE VOZ | 57 |
| 1.10.2 COMPRESIÓN DE AUDIO GENÉRICO | 57 |
| 1.11 MULTIPLEXACIÓN | 58 |
| 1.12 SIMULCAST | 60 |
| 1.12.1 SIMULCAST PARA OPTIMIZAR EL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO | 61 |
| 1.12.2 SFN | 62 |
| 1.12.2.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA | 62 |
| 1.12.2.2 VENTAJAS | 64 |
| 1.12.2.3 DESVENTAJAS | 65 |
| 1.13 ALGUNAS DE LAS VENTAJAS DE LA RADIO DIGITAL | 65 |

| | |
|--|-----|
| 1.14 DESVENTAJAS..... | 68 |
| 1.15 REGULARIZACIÓN..... | 69 |
| 1.15.1 HISTORIA DE LOS ORGANISMOS DE REGULACIÓN | 69 |
| 1.15.2 LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES | 71 |
| 1.15.3 . ORGANISMOS DE REGULACIÓN Y CONTROL EN EL ÁREA DE TELECOMUNICACIONES | 72 |
| 1.15.4 ORGANISMOS INTERNACIONES DE REGULACIÓN..... | 75 |
| CAPITULO II ESTÁNDARES DE TRANSMISIÓN TERRENA PARA RADIO DIGITAL | |
| 2.1 INTRODUCCIÓN..... | 77 |
| 2.2 ESTÁNDAR DIGITAL AUDIO BROADCASTING..... | 80 |
| 2.2.1 HISTORIA..... | 80 |
| 2.2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES: | 82 |
| 2.2.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA..... | 85 |
| 2.2.3.1 PROTOCOLO MOT (RO MOT) RULES OF OPERATION FOR THE MULTIMEDIA OBJECT TRANSFER PROTOCOL | 85 |
| 2.2.3.1.1 VENTAJAS DEL PROTOCOLO MOT SON: | 86 |
| 2.2.3.1.2 TRANSMISIÓN DE ARCHIVOS EN FORMATO MOT SOBRE DAB | 87 |
| 2.2.3.1.3 PARÁMETROS DE LA CABECERA: | 88 |
| 2.2.3.1.4 MODELO MOT E INTERFACES..... | 89 |
| 2.2.3.1.5 MECANISMOS DE TRANSMISIÓN..... | 93 |
| 2.2.3.2 GENERACIÓN DE LA SEÑAL EN DAB | 94 |
| 2.2.3.3 RECEPCIÓN DE UNA SEÑAL DAB..... | 95 |
| 2.2.3.4 MODOS DE TRANSMISIÓN..... | 97 |
| 2.2.3.5 MULTIPLEXACIÓN DAB | 99 |
| 2.2.3.6 MPEG | 101 |
| 2.2.4 VENTAJAS..... | 103 |
| 2.2.5 DESVENTAJAS..... | 104 |
| 2.2.6 DAB EN EL MUNDO..... | 105 |
| 2.2.7 DAB+ | 105 |
| 2.2.7.1 HISTORIA..... | 105 |
| 2.2.7.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES..... | 106 |
| 2.2.7.3 VENTAJAS | 108 |
| 2.2.7.4 SITUACIÓN DE DAB+ EN EL MUNDO | 109 |
| 2.2.8 DMB..... | 109 |
| 2.2.8.1 HISTORIA..... | 109 |
| 2.2.8.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES..... | 110 |
| 2.2.8.3 ESTRUCTURA DEL ESTÁNDAR T-DMB | 113 |
| 2.2.8.4 DMB EN EL MUNDO..... | 115 |
| 2.2.9 SITUACIÓN DE DAB Y SUS VARIANTES DAB+ Y DMB EN EL MUNDO.. | 116 |
| 2.2.10 RECEPTORES DAB, DAB+, DMB..... | 118 |

| | | |
|-----------|-------------------------------------|-----|
| 2.3 | IBOC..... | 122 |
| 2.3.1 | HISTORIA..... | 122 |
| 2.3.1.1 | IBIQUITY DIGITAL CORPORATION | 123 |
| 2.3.2 | CARACTERÍSTICAS GENERALES | 124 |
| 2.3.3 | VENTAJAS..... | 126 |
| 2.3.4 | DESVENTAJAS..... | 126 |
| 2.3.5 | ESTRUCTURA DEL SISTEMA..... | 127 |
| 3.3.5.1 | MODOS DE FUNCIONAMIENTO | 127 |
| 2.3.5.1.1 | MODO HÍBRIDO | 128 |
| 2.3.5.1.2 | MODO HÍBRIDO AMPLIADO..... | 129 |
| 2.3.5.1.3 | MODO TOTALMENTE DIGITAL | 130 |
| 2.3.5.2 | IBOC FM MODO DIGITAL | 132 |
| 2.3.5.3 | SISTEMA IBOC FM..... | 134 |
| 2.3.5.4 | SISTEMA IBOC AM | 134 |
| 2.3.5.5 | CODIFICACIÓN DE CANAL | 136 |
| 2.3.5.6 | SEÑAL OFMD..... | 137 |
| 2.3.6 | FMEXTRA | 139 |
| 2.3.7 | CAM-D..... | 142 |
| 2.3.8 | IBOC EN TODO EL MUNDO | 145 |
| 2.3.9 | RECEPTORES..... | 147 |
| 2.4 | DRM..... | 151 |
| 2.4.1 | HISTORIA..... | 151 |
| 2.4.2 | CARACTERÍSTICAS GENERALES | 152 |
| 2.4.3 | ESTRUCTURA DEL SISTEMA..... | 155 |
| 2.4.3.1 | LOS ESTÁNDARES DE DRM..... | 155 |
| 2.4.3.2 | ARQUITECTURA DRM..... | 156 |
| 2.4.3.3 | MODOS DE TRANSMISIÓN DE CODFM | 157 |
| 2.4.3.4 | SÍMBOLO OFDM | 159 |
| 2.4.3.5 | MODULACIÓN COFDM..... | 160 |
| 2.4.3.6 | COMPRESIÓN DE AUDIO | 160 |
| 2.4.4 | VENTAJAS..... | 162 |
| 2.4.5 | DESVENTAJAS..... | 162 |
| 2.4.6 | DRM+ | 163 |
| 2.4.7 | EL SISTEMA DRM EN EL MUNDO..... | 164 |
| 2.4.8 | EQUIPOS | 164 |
| 2.5 | ISDB-TSB | 177 |
| 2.5.1 | HISTORIA..... | 177 |
| 2.5.2 | CARACTERÍSTICAS GENERALES | 179 |
| 2.5.3 | ESTRUCTURA DE ISDB-T | 180 |
| 2.5.3.1 | ONE SEG..... | 184 |
| 2.5.4 | VENTAJAS..... | 185 |
| 2.5.5 | DESVENTAJAS..... | 186 |

| | | |
|---|---|-----|
| 2.5.6 | ISDB-T EN EL MUNDO..... | 187 |
| 2.5.7 | RECEPTORES..... | 189 |
| CAPITULO III.- ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ESTÁNDARES DE RADIO DIGITAL TERRENA | | |
| 3.2 | DAB (DIGITAL AUDIO BROADCASTING) | 197 |
| 3.2.1 | TRANSICIÓN DEL SISTEMA DAB | 198 |
| 3.2.1.1 | EMISORAS..... | 198 |
| 3.2.1.2 | RECEPTORES | 199 |
| 3.3 | DRM (DIGITAL RADIO MONDIALE) | 200 |
| 3.3.1 | TRANSICIÓN DEL SISTEMA DRM | 200 |
| 3.3.1.1 | EMISORAS..... | 201 |
| 3.3.1.2 | RECEPTORES | 201 |
| 3.4 | IN BAND ON CHANNEL (HD RADIO) | 202 |
| 3.4.1 | TRANSICIÓN DE HD RADIO..... | 202 |
| 3.4.1.1 | EMISORAS..... | 203 |
| 3.4.1.2 | RECEPTORES | 204 |
| 3.5 | INTEGRATED SERVICES DIGITAL BROADCASTING- TERRESTRIAL SOUND BROADCASTING..... | 204 |
| 3.5.1 | TRANSICIÓN DE ISDB-TSB | 205 |
| 3.5.1.1 | EMISORAS..... | 206 |
| 3.5.1.2 | RECEPTORES | 206 |
| 3.6 | SITUACIÓN ACTUAL EN PAÍSES VECINOS..... | 208 |
| 3.6.1 | PANAMÁ | 208 |
| 3.6.2 | PERÚ..... | 208 |
| 3.6.3 | MÉXICO | 209 |
| 3.6.4 | BRASIL..... | 210 |
| 3.6.5 | ARGENTINA..... | 211 |
| 3.6.6 | COLOMBIA..... | 211 |
| 3.6.7 | PUERTO RICO..... | 211 |
| 3.6.8 | REPÚBLICA DOMINICANA..... | 212 |
| 3.6.9 | TRINIDAD Y TOBAGO | 212 |
| 3.7 | CRITERIOS DE EVALUACIÓN CONSIDERADOS PARA LA COMPARACIÓN DE LOS ESTÁNDARES | 212 |
| 3.7.1 | DESCRIPCIÓN DE PARÁMETROS QUE SERÁN UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN DE ESTÁNDARES. | 213 |
| 3.7.1.1 | “CALIDAD DE AUDIO NO DEGRADADA POR EL CÓDEC | 213 |
| 3.7.1.2 | COMPATIBILIDAD CON LOS TRANSMISORES NUEVOS Y EXISTENTES..... | 214 |
| 3.7.1.3 | FUNCIONAMIENTO DE LA RED A UNA SOLA FRECUENCIA..... | 214 |
| 3.7.1.4 | COSTO Y COMPLEJIDAD DEL RECEPTOR | 214 |
| 3.7.1.5 | INTERFERENCIA..... | 215 |

| | |
|--|-----|
| 3.7.1.6 COMPATIBILIDAD CON LOS FORMATOS ANALÓGICOS EXISTENTES..... | 215 |
| 3.7.1.7 UTILIZACIÓN EFICAZ DEL ESPECTRO | 215 |
| 3.7.1.8 COSTO DE TRANSICIÓN.-..... | 216 |
| 3.7.1.9 LICENCIA DE OPERACIÓN.-..... | 216 |
| 3.7.1.10 EXISTENCIA DE RECEPTORES (FACILIDAD DE OBTENCIÓN DE RX). | 216 |
| 3.7.1.11 EXISTENCIA DE TRANSMISORES DE VENTA EN EL MERCADO Y VARIEDAD DE MODELOS EXISTENTES.-..... | 217 |
| 3.7.1.12 NECESIDAD DE VARIACIÓN EN LA NORMATIVA JURÍDICA.- ... | 217 |
| 3.8 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ESTÁNDARES DE RADIO DIGITAL... | 218 |
| 3.9 JUSTIFICACIÓN DEL ESTÁNDAR ELEGIDO..... | 221 |
| CAPITULO IV TRANSICIÓN DE RADIO ANALÓGICA A RADIO DIGITAL TERRESTRE | |
| 4.1 INTRODUCCIÓN | 223 |
| 4.2 LA RADIO DIGITAL EN EL MUNDO..... | 225 |
| 4.3 TRANSICIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA A LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL..... | 228 |
| 4.3.1 VENTAJAS DEL PROCESO DE TRANSICIÓN A LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL | 228 |
| 4.3.1.1 VENTAJAS PARA EL CONSUMIDOR | 229 |
| 4.3.1.2 VENTAJAS PARA EL OPERADOR..... | 229 |
| 4.3.2 TRANSMISIÓN..... | 229 |
| 4.3.2.1 TRANSMISIÓN DIGITAL | 229 |
| 4.3.2.2 TRANSMISIÓN HÍBRIDA | 238 |
| 4.4 .- OPERACIÓN DE LAS ESTACIONES.-..... | 239 |
| CONCLUSIONES | |
| RECOMENDACIONES | |
| RESUMEN | |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS | |
| ANEXOS | |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| FIGURA I. 1 MODOS DE PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS | 23 |
| FIGURA I. 2 PROPAGACIÓN DE ONDAS TERRESTRES. | 24 |
| FIGURA I. 3 PROPAGACIÓN DE ONDAS ESPACIALES | 25 |
| FIGURA I. 4 IONÓSFERA | 26 |
| FIGURA I. 5 ZONAS GEOGRÁFICAS DE RADIODIFUSIÓN..... | 39 |
| FIGURA I. 6 SISTEMAS USADOS PARA LA TRANSMISIÓN DE LA RADIO | 41 |
| FIGURA I. 7 PROCESO DE GENERACIÓN DE LA SEÑAL DAB | 42 |
| FIGURA I. 8 SISTEMA DE MODULACIÓN | 45 |
| FIGURA I. 9 MODULACIÓN FSK..... | 46 |
| FIGURA I. 10 FSK DE BANDA ANGOSTA..... | 47 |
| FIGURA I. 11 MODULACIÓN PSK..... | 48 |
| FIGURA I. 12 ESQUEMA PARA 2 PSK | 50 |
| FIGURA I. 13 SEÑAL ENVIANDO DOS BITS EN UN SOLO CAMBIO DE NIVEL..... | 51 |
| FIGURA I. 14 GRÁFICA DE DIBIT VS NIVEL | 52 |
| FIGURA I. 15 DESPLAZAMIENTOS EN DASE DE UN DIBIT | 53 |
| FIGURA I. 16 SISTEMA DE DEMODULACIÓN | 56 |
| FIGURA I. 17 FUNCIONAMIENTO COFDM..... | 59 |
| FIGURA II. 1 MODELO MOT | 90 |
| FIGURA II. 2 GENERACIÓN DE LA SEÑAL DAB | 95 |
| FIGURA II. 3 RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DAB..... | 96 |
| FIGURA II. 4 CADENA DE LA TERMINAL DE PROCESAMIENTO DE DMB | 113 |
| FIGURA II. 5 ESTRUCTURA DEL ESTÁNDAR DEL SERVICIO DE VIDEO EN T-DMB | 114 |
| FIGURA II. 6 PAÍSES QUE UTILIZAN O HAN REALIZADO PRUEBAS CON DMB .. | 115 |
| FIGURA II. 7 SISTEMA IBOC FM SEÑAL DE DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA..... | 128 |
| FIGURA II. 8 MODO HÍBRIDO AMPLIADO DE IBOC FM. | 130 |
| FIGURA II. 9 MODO TOTALMENTE DIGITAL | 131 |
| FIGURA II. 10 DIAGRAMA DE BLOQUE FUNCIONAL IBOC | 133 |
| FIGURA II. 11 SUBPORTADORAS TIPO A Y TIPO B | 138 |
| FIGURA II. 12 SITUACIÓN DE IBOC EN EL MUNDO | 146 |
| FIGURA II. 13 ESTÁNDARES DE DRM..... | 155 |
| FIGURA II. 14 ARQUITECTURA DRM..... | 156 |
| FIGURA II. 15 OFDM | 160 |
| FIGURA II. 16 SISTEMA DE MONITOREO RADIO DRM - MDR-M200 | 170 |
| FIGURA II. 17 SISTEMA DE MONITOREO RADIO DRM - MDR-M200 | 170 |
| FIGURA II. 18 SISTEMA DE MONITOREO RADIO DRM - MDR-M200 | 171 |
| FIGURA II. 19 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DEL SISTEMA DIGITAL ISDB | 181 |
| FIGURA II. 20 TRANSMISIÓN DEL SONIDO DE ISDT-T Y RECEPCIÓN PARCIAL | 184 |
| FIGURA II. 21 SITUACIÓN ACTUAL DE ISDB-T EN EL MUNDO..... | 187 |
| FIGURA III. 1 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS EN CADA SISTEMA | 219 |
| FIGURA IV. 1 SISTEMA DE ENLACE MICROONDA..... | 235 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| TABLA I.I GRUPOS DE FRECUENCIAS..... | 29 |
| TABLA I.II. GRUPOS DE FRECUENCIAS POR ZONAS EN EL ECUADOR .. | 30 |
| TABLA I.III. DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR | 31 |
| TABLA I.IV. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA (CONTINUACIÓN)..... | 31 |
| TABLA I.V COBERTURA DE ZONAS GEOGRÁFICAS (CONTINUACIÓN) ... | 36 |
| TABLA I.VI. VALORES DIBITS | 51 |
| TABLA I.VII. ASIGNACIÓN DE VALORES A DIBITS | 52 |
| TABLA II. I MODOS DE TRANSMISIÓN DAB | 97 |
| TABLA II. II CARACTERÍSTICAS BASICAS DE DAB | 99 |
| TABLA II.III RECEPTORES DAB..... | 121 |
| TABLA II. IV RECEPTORES IBOC | 151 |
| TABLA II. V MODOS DE TRANSMISIÓN | 158 |
| TABLA II.VI MODOS DE TRANSMISIÓN POR EL TIPO DE PROPAGACIÓN | 159 |
| TABLA II. VII CARACTERÍSTICAS MSWAY | 168 |
| TABLA II.IX PARAMETROS DE TRANSMISIÓN PARA ISDB-TSB | 182 |
| TABLA II.X VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA..... | 183 |
| TABLA II. XI PAISES QUE HAN ADOPTADO ISDB-T | 188 |
| TABLA III. I RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE CADA SISTEMA | 207 |
| TABLA III. II EVALUACIÓN DE PARAMETROS..... | 218 |

INTRODUCCIÓN

La Radio desde siempre ha sido uno de los medios de comunicación más escuchados a nivel mundial, hoy en día la Radiodifusión esta tomando un nuevo rumbo hacia un formato digital como producto de la llamada convergencia digital, lo que le permitirá renacer ofreciendo nuevos y novedosos servicios que no serían posibles con la actual radio analógica y cubriendo de esta manera las necesidades de los usuarios que se han vuelto cada vez más exigentes en el sentido de que anhelan un mayor número de prestaciones, obviamente una mayor calidad en servicios, y lógicamente tratando de que esto no afecte a su bolsillo.

La radio analógica tradicional procesa los sonidos en patrones de señales eléctricas que asemejan ondas de sonido. Por el contrario, la radio digital procesa los sonidos en patrones de números, o “dígitos” de ahí el término “radio digital”. Ya sea en onda corta, media o larga, la radiodifusión digital brinda muchas ventajas en comparación con los sistemas analógicos usados en la actualidad.

Pese a que en el Ecuador éste es un tema relativamente nuevo y muy pocas veces escuchado, no es así a nivel mundial, donde se viene desarrollando desde la década de los noventa y con el paso de los años se ha ido difundiendo en varios países de Europa fundamentalmente, además en Estados Unidos, Japón y algunos países de Latinoamérica donde se encuentran realizando pruebas en la actualidad.

De manera general los estándares para la radio digital se dividen en dos grandes grupos según la plataforma de transmisión: Radio Digital Satelital y Radio Digital Terrena y precisamente es en este último donde centraremos nuestra investigación, dentro de la cual existen cuatro estándares difundidos a nivel mundial los cuales son: IBOC “In- Band On Channel” estándar norteamericano desarrollado y comercializado por Iqity Digital Corporation que opera sobre las bandas existentes AM y FM. Un segundo estándar y de procedencia europea es DAB “Digital Audio Broadcasting”, llamado también Eureka 147, que opera sobre las bandas VHF o L; un tercer estándar es DRM “Digital Radio Mondiale” de origen europeo y que opera en bandas inferiores a los 30 MHz.; Por último el formato ISDB-TSB “Integrated Services Digital Broadcasting- Terrestrial Sound Broadcasting”, formato japonés de la familia de estándares ISDB-T conocido principalmente por sus servicios de televisión digital y que ha apostado al desarrollo de la radio digital en el país de origen, con una iniciativa diferente a la de los demás estándares, de complementar a la radio analógica mas no suplantarla.

Estamos conscientes que la migración de la actual radio analógica a digital implicará una gran inversión dado que será necesario cambiar equipos a costos elevados, posiblemente sería necesaria la reorganización de la distribución del espectro radioeléctrico y varios cambios más, sin embargo estamos convencidas que la radio digital en el Ecuador podrá generar grandes oportunidades de negocio por ello surge la necesidad de realizar el análisis de cada uno de los estándares de radio digital terrestre de tal manera que se

puedan considerar las mejores características de cada uno y escoger entre ellos el que mejor se acople al Ecuador, buscando siempre un mejor servicio para el usuario final.

A continuación presentamos una síntesis de los capítulos que desarrollaremos en esta investigación:

CAPITULO I: RADIO DIGITAL TERRENA

En este capítulo se describirán características generales de la radio digital terrena, se detalla una pequeña reseña histórica de la radio en el Ecuador, la manera en la que opera ésta, sus ventajas desventajas y la manera actual de regularización de la radio analógica en el territorio Ecuatoriano.

CAPITULO II: ESTÁNDARES DE TRANSMISIÓN TERRENA PARA RADIO DIGITAL

Dentro de este capítulo se desarrollan las características de cada uno de los sistemas que son objeto de nuestro estudio: Digital Audio Broadcasting DAB, In Band on Channel IBOC, Digital Radio Mondiale DRM y finalmente Integrated Service Digital Broadcasting - Terrestrial Sound Broadcasting ISDB-TSB, describiremos también sus ventajas, desventajas y los países en que se emplean cada uno de estos estándares.

CAPITULO III: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ESTÁNDARES DE RADIO DIGITAL TERRENA

En este capítulo se desarrollan fundamentalmente los parámetros que son utilizados para la evaluación de los estándares de radio digital, se realiza una

descripción de cada uno de ellos y a continuación la evaluación de los sistemas en estudio a través de ellos, finalmente una justificación de los resultados obtenidos.

CAPITULO IV: TRANSICIÓN DE RADIO ANALÓGICA A RADIO DIGITAL TERRESTRE

En este capítulo se desarrolla fundamentalmente el proceso de transición necesario para la radiodifusión digital, se describen la ventajas de este proceso tanto para consumidores como operadores además de una breve descripción de los equipos que serían necesarios para poder transmitir en el nuevo formato digital.

CAPITULO I

RADIO DIGITAL TERRENA

1.1 INTRODUCCIÓN

La radiodifusión es considerada como la tecnología que posibilita la transmisión de señales mediante la modulación de ondas electromagnéticas, en sus inicios no tuvo mayores augurios ni aplicaciones, pero al poco tiempo se fortaleció y hoy en día ha logrado expandirse en casi todos los países del mundo, es considerado como el medio de comunicación más versátil, democrático y universal.

El término de "radio digital" está de moda entre los profesionales de la radiodifusión, sin embargo, su verdadero significado y alcance es poco conocido, y a veces mal interpretado.

Existen tres formas de emitir la radio digital: radio por satélite, radio terrena y la radio Web; ésta última es la más conocida ya que en ella se establecen nuevas

fronteras de comunicación, se puede escuchar las emisiones tanto directamente como en diferido.

La Radio Digital Terrestre es un sistema de radiodifusión de audio, que se distingue por la emisión de señal digital. Esta nueva manera de transmisión marca un punto y aparte en la historia de la radio, la transmisión digital consigue un uso más eficiente del espectro radiofónico ya que reduce a una sola frecuencia la cobertura nacional por cadena. Permite la interactividad de los oyentes, además de la recepción de imágenes y publicidad al instante gracias a que los receptores digitales cuentan con una pantalla de cristal líquido que muestra información textual complementaria acerca de lo que se está escuchando.

Al adquirir un receptor digital se pueden percibir señales digitales y con éste también en el tiempo de transición se podrán sintonizar estaciones que tienen transmisión analógica.

Actualmente existen cuatro sistemas de radiodifusión digital conocidos, los cuales tienen repercusión a nivel mundial: IBOC (In-band On-channel), DAB (Digital Audio Broadcasting), DRM (Digital Radio Mondiale) y finalmente ISDB-TSB (Japan's Digital Audio Broadcasting).

1.2 HISTORIA DE LA RADIO EN ECUADOR

1929 Empieza a funcionar el 13 de junio desde una antigua bodega de una fábrica textil la primera emisora ecuatoriana: Radio El Prado en la ciudad de Riobamba, gracias al profesional ecuatoriano Carlos Cordovéz Borja.

Aproximadamente en la década de los treinta, un grupo que se denominó "Club de compañeros", emitía señales electrónicas adaptando un micrófono a una radiola. Más tarde fue utilizado un pequeño transmisor ensamblado en una caja de madera de 40 centímetros de alto provisto de un micrófono de carbón.

"Las emisiones se producían a través de un transistor de 25W en transformador y 5 vatios en antena que operaba en 60 metros. Las emisiones se realizaban durante varios días por 5 horas diarias. Para entonces no existían leyes de regulación de radiodifusión.

1931.- El 25 de diciembre de 1931 Quito tiene la primera señal de radio, HCJB la Voz de los Andes. Los pastores evangélicos propietarios de la emisora logran un permiso de operación por 25 años otorgado por el Presidente de la República Dr. Isidro Ayora.

En el año de 1932 HCJB realiza una venta de radio receptores que tenían una característica peculiar, estaban pre-sintonizados y únicamente tenían la frecuencia de HCJB.

1935.-En la ciudad de Guayaquil, el profesional alemán Juan Behr promueve que Diario El Telégrafo ponga al aire una emisora que llevaría el mismo nombre de la versión impresa Radio El Telégrafo.

1938.-Las primeras emisiones de radio en Cuenca fueron emitidas desde un transmisor de 50 vatios de potencia instalado en la casona la señora Hortensia Mata. Estas transmisiones ya tenían horarios y responsables de la programación que incluía presentaciones de artistas ante un amplio salón con participación del público.

1940.- Aparece en la capital de los ecuatorianos Radio Quito radioemisora perteneciente a los propietarios de Diario El Comercio.

1949.- El 12 de febrero se pone al aire la versión radiofónica de "La guerra de los mundos" de Orson Wells a través de la señal de Radio Quito. Esto provocó el pánico entre los quiteños, quienes una vez anunciado el mensaje, que se trataba de una obra de ficción, reaccionaron indignados contra la radioemisora. Una turba enfurecida por el "engaño" provocó un incendio de las instalaciones de radio Quito y Diario El Comercio, ambos medios ubicados en las calles Chile y Benalcazar.

1949.- La primera emisora que funcionó en Ambato fue radio La Voz del Progreso para luego llamarse Radio Nacional Espejo, que perteneció a Gerardo Berborich. A través de estas ondas de cobertura nacional se transmitieron varias producciones radiofónicas de gran impacto para la época.

1996.- Empieza a funcionar el Consejo Nacional de Radio y Televisión (CONARTEL). Ente encargado mediante disposición contemplada en la Ley de Radiodifusión y Televisión de autorizar las concesiones y regular la operación de las frecuencias de radio y televisión en Ecuador.

1.3 PROPAGACIÓN TERRESTRES DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas terrestres son ondas electromagnéticas que viajan dentro de la atmosfera, así también son llamadas radiocomunicaciones a las comunicación entre dos o más puntos en la Tierra. Las ondas terrestres se ven influidas por la atmósfera y la Tierra misma.

Las radiocomunicaciones tienen diversas formas de propagación que dependen del ambiente, de la clase de sistema, la Tierra y la atmósfera pueden alterar la trayectoria de las ondas terrestres ya que estas tienen a viajar en línea recta.

Las tres formas de propagación de las ondas electromagnéticas dentro de la atmósfera:

- Ondas Terrestres
- Ondas Espaciales
- Ondas Celestes o Ionosféricas.

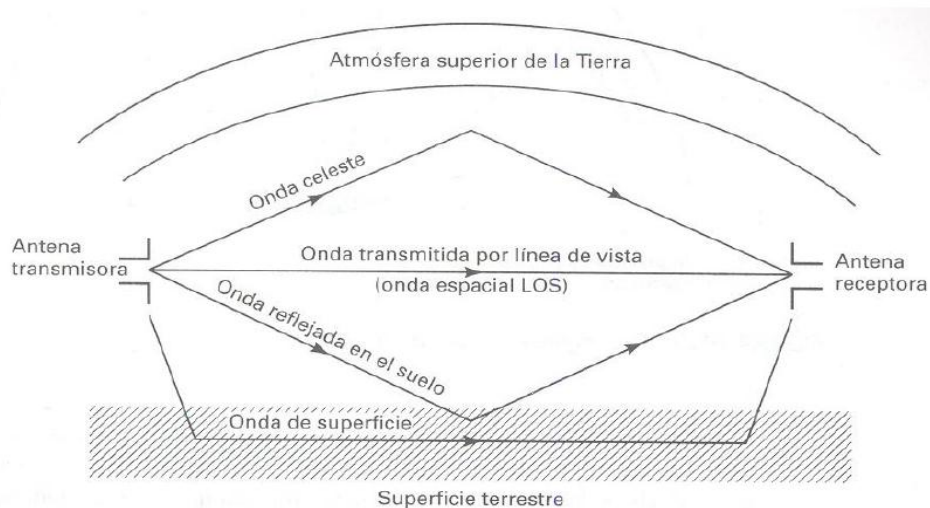


FIGURA I. 1 MODOS DE PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS¹

Cuando las ondas son transmitidas directamente desde el transmisor hacia el receptor es conocido como transmisión en línea de vista (LOS-Line of Sight).

¹http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf

1.3.1 Ondas Terrestres

Las ondas terrestres son las que viajan por la superficie de la tierra, las mismas que deben estar polarizadas verticalmente, debido a que el campo eléctrico de una onda polarizada horizontalmente, sería paralelo a la superficie de la tierra y se pondrían en corto, debido a la conductividad del suelo.

El campo eléctrico en las ondas terrestres es variable, y éste induce voltaje en la superficie terrestre que hace que circule corriente muy parecida a las de una línea de transmisión.

La superficie también tiene pérdidas por resistencia y por dieléctrico, esto significa que las ondas terrestres se atenúan a medida que se propagan haciéndolo mejor sobre una superficie buena conductora, como el agua salada, se tiene entonces una mala propagación en desiertos.

La atmósfera terrestre posee una gradiente de densidad, esto quiere decir que la densidad disminuye en forma gradual conforme aumenta la distancia a la superficie terrestre, esto hace que el frente de la onda se propague en torno a la Tierra y queda cerca de su superficie pudiéndose propagar más allá del horizonte o incluso por toda la circunferencia de la Tierra.

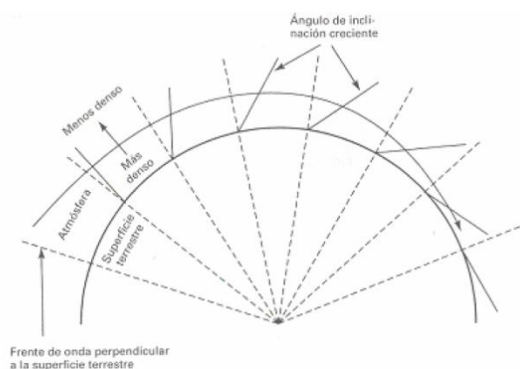


FIGURA I. 2 PROPAGACIÓN DE ONDAS TERRESTRES.²

²http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf

1.3.2 Ondas Espaciales

Las ondas espaciales son todas las ondas directas y reflejadas en el suelo como se muestra en la figura. La propagación de ondas espaciales se relaciona a la energía irradiada que viaja en los kilómetros inferiores de la atmósfera terrestre.

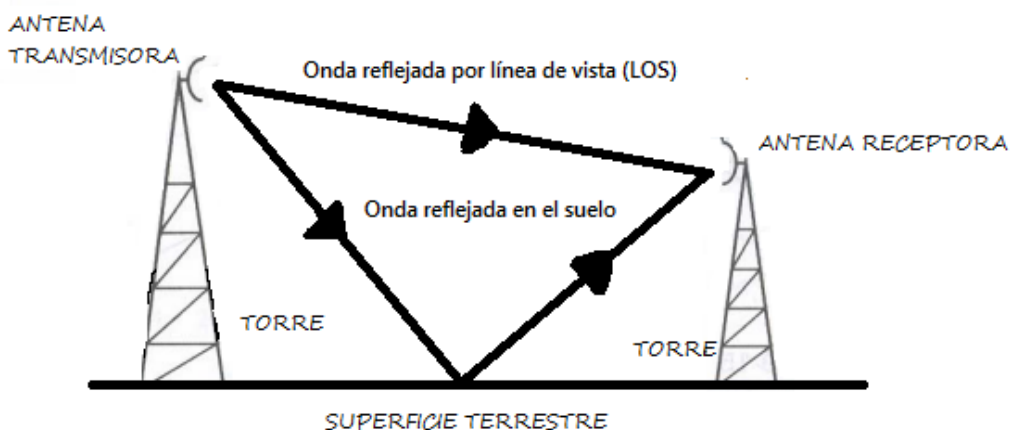


FIGURA I. 3 PROPAGACIÓN DE ONDAS ESPACIALES³

1.3.3 Ondas Ionosféricas o Celestes

En la ionosfera se producen cambios y variaciones que afectan a la propagación, estos cambios están relacionados de un modo u otro con el Sol ya sea por su posición relativa o su conducta propia. Algunos son regulares o cíclicos y pueden predecirse con relativa seguridad, otros en cambio son repentinos e imprevistos y provocan alteraciones importantes en la propagación de las señales.

³http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf

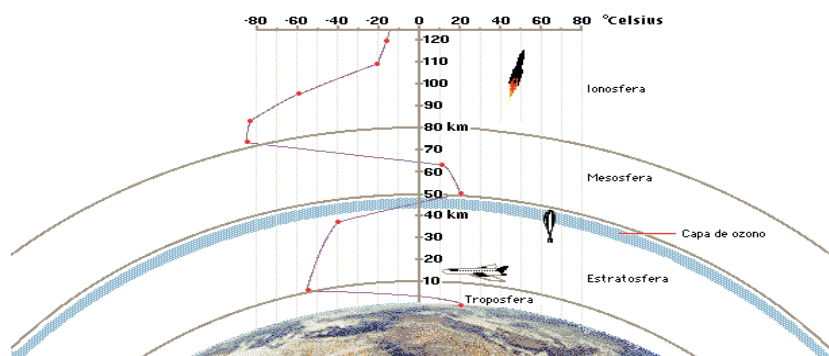


FIGURA I. 4 IONÓSFERA⁴

1.4 ESTACIONES DE ONDA CORTA (OC)

Las estaciones de banda corta trabajan según El Plan Nacional de Frecuencias en las bandas 3.2 – 3.4 MHz. / 4.75 – 4.995 MHz. / 5.005 – 5.060 MHz. / 5.950 – 6.200 MHz. / 7.300 – 7.350 MHz. / 9.400 – 9.9000 MHz. / 11.600 – 12.100 MHz. / 13.570 – 13.870 MHz. / 15.100 – 15.800 MHz. / 17480 – 17900 MHz. / 18.900 – 19.020 MHz. / 21.450- 21.850 MHz. / 25.670 – 26.100 MHz. y trabaja en dos grupos.

Las bandas tropicales que son usadas en la zona tropical del planeta como alternativa a la radiodifusoras de onda media («standard») en su mayor parte se utilizan en emisoras locales.

Por otra parte están las emisoras internacionales cuyas emisiones tienen cobertura mundial. Se caracteriza principalmente por que su transmisión se realiza a través de una propagación ionosférica.

1.4.1 Onda Media (OM)

Es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 KHz. a 3 MHz., la propagación en esta banda sigue la curvatura de la

⁴<http://www.fisica.uh.cu/bibvirtual/vidaytierra/ionosfera-orbe/index.htm>

Tierra y las ondas pueden reflejarse en la ionosfera, en el día puede alcanzar cientos de kilómetros, y es mayor a más baja frecuencia, en la noche la propagación es mucho mejor que en el día ya que desaparece la capa que absorbe fuertemente las ondas medias esta es la capa D de la ionosfera.

Esta banda es muy vulnerable al ruido producido por el hombre, como al atmosférico ya que se puede oír tormentas a cientos de kilómetros y también al ruido producido por el hombre.

1.4.2 Onda Media en Radiodifusión

Desde el principio de la radio, las ondas en estas frecuencias se utilizan para la radiodifusión en AM, debido a la sencillez de los equipos y la facilidad de atravesar obstáculos, la estabilidad de los osciladores comienza a presentar serios problemas a partir de los 10MHZ.

Las ondas medias fueron dejando de utilizarse progresivamente con la llegada de FM, que por la necesidad de ancho de banda fue alojada en la región VHF, actualmente las frecuencias de onda media están siendo reutilizadas para poder transportar radio digital.

Los equipos transmisores de las estaciones radiodifusoras de onda media y corta, deberán instalarse fuera de la línea perimetral urbana y límites poblados de la ciudad y estarán ubicados en sitios equidistantes con respecto al centro de la ciudad objeto del área primaria de transmisión.

1.5 CARACTERÍSTICAS GENERALES

En relación con otros medios de comunicación la radio genera una situación comunicativa muy particular en la que el emisor y receptor se ven sin ser vistos, y aquel que la escucha genera imágenes mentales que no son limitadas por colores espacios pantallas y/o sonidos. Como ya hemos visto a través del tiempo este medio de comunicación ha ido evolucionando en su forma de transmisión, es por eso que para adentrarnos en el tema de la radio digital empezaremos por recordar que es la radio analógica y como se transmite.

Los sistemas de radio analógico más conocidos son AM "Amplitud Modulada y FM "Frecuencia Modulada". La modulación indica cómo se inserta o codifica el sonido en el canal de radio para poder ser transmitido.

Las radios AM funcionan según el Plan Nacional de Frecuencias en las siguientes bandas de frecuencias 525 - 535 KHZ., 535 – 1.605 KHZ., 1.605 – 1.625 KHZ., 1.625 – 1.705 KHZ. En este sistema de transmisión, los rangos de potencia son:

- 3 [KW] o inferior- Local
- 3 [KW] - 10 [KW])-Regional
- 10[KW] o superior- Nacional

Las frecuencias en amplitud modulada para su distribución y asignación establecen ocho grupos de frecuencias, G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7 y G8 con separación de 80 KHZ. entre frecuencias centrales del mismo grupo. Los grupos G1, G2, G3 y G4 cuentan con 14 frecuencias y los grupos G5, G-6, G7 y G8 con 13 frecuencias, como se indica a continuación:

| | | GRUPOS | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----|----------------|----------------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|---|
| | | GRUPO 1 | | GRUPO 2 | | GRUPO 3 | | GRUPO 4 | | GRUPO 5 | | GRUPO 6 | | GRUPO 7 | | GRUPO 8 | |
| | | C ⁵ | F ⁶ | C | F | C | F | C | F | C | F | C | F | C | F | C | F |
| FRECUENCIAS | 1 | 535 | 2 | 545 | 3 | 555 | 4 | 565 | 5 | 575 | 6 | 585 | 7 | 595 | 8 | 605 | |
| | 9 | 615 | 10 | 625 | 11 | 635 | 12 | 645 | 13 | 655 | 14 | 665 | 15 | 675 | 16 | 685 | |
| | 17 | 695 | 18 | 705 | 19 | 715 | 20 | 725 | 21 | 735 | 22 | 745 | 23 | 755 | 24 | 765 | |
| | 25 | 775 | 26 | 785 | 27 | 795 | 28 | 805 | 29 | 815 | 30 | 825 | 31 | 835 | 32 | 845 | |
| | 33 | 855 | 34 | 865 | 35 | 875 | 36 | 885 | 37 | 895 | 38 | 905 | 39 | 915 | 40 | 925 | |
| | 41 | 935 | 42 | 945 | 43 | 955 | 44 | 965 | 45 | 975 | 46 | 985 | 47 | 995 | 48 | 1005 | |
| | 49 | 1015 | 50 | 1025 | 51 | 1035 | 52 | 1045 | 53 | 1055 | 54 | 1065 | 55 | 1075 | 56 | 1085 | |
| | 57 | 1095 | 58 | 1105 | 59 | 1115 | 60 | 1125 | 61 | 1135 | 62 | 1145 | 63 | 1155 | 64 | 1165 | |
| | 65 | 1175 | 66 | 1185 | 67 | 1195 | 68 | 1205 | 69 | 1215 | 70 | 1225 | 71 | 1235 | 72 | 1245 | |
| | 73 | 1255 | 74 | 1265 | 75 | 1275 | 76 | 1285 | 77 | 1295 | 78 | 1305 | 79 | 1315 | 80 | 1325 | |
| | 81 | 1335 | 82 | 1345 | 83 | 1355 | 84 | 1365 | 85 | 1375 | 86 | 1385 | 87 | 1395 | 88 | 1405 | |
| | 89 | 1415 | 90 | 1425 | 91 | 1435 | 92 | 1445 | 93 | 1455 | 94 | 1465 | 95 | 1475 | 96 | 1485 | |
| | 97 | 1495 | 98 | 1505 | 99 | 1515 | 100 | 1525 | 101 | 1535 | 102 | 1545 | 103 | 1555 | 104 | 1565 | |
| | 105 | 1575 | 106 | 1585 | 107 | 1595 | 108 | 1605 | | | | | | | | | |

TABLA I.I Grupos de Frecuencias⁷

⁵ Canal

⁶ Frecuencia

⁷ Fuente: Original

Estos Grupos se encuentran zonificados de la siguiente manera en el Ecuador:

| PROVINCIA | GRUPOS |
|--------------------------------|----------------|
| AZUAY | G2, G6 |
| BOLÍVAR | G4 |
| CAÑAR | G8 |
| CARCHI | G7 |
| CHIMBORAZO | G2, G6 |
| COTOPAXI Y TUNGURAHUA | G1, G3, G5 |
| EL ORO | G4, G8 |
| ESMERALDAS | G3 |
| FRANCISCO DE ORELLANA | G2 |
| GALÁPAGOS | G1 |
| GUAYAS | G1,G3,G5,G7 |
| IMBABURA | G1,G5 |
| LOJA | G3 |
| LOS RÍOS | G6 |
| MANABI | G4,G8 |
| MORONA SANTIAGO | G1 |
| NAPO | G7 |
| PASTAZA | G5 |
| PICHINCHA | G2, G4, G6, G8 |
| SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS | G7 |
| SUCUMBIOS | G3 |
| ZAMORA CHINCHIPE | G7 |

TABLA I.II. Grupos de Frecuencias por Zonas en el Ecuador⁸

⁸<http://www.supertel.gob.ec/index.php/Radiodifusion-Television-y-Audio-y-Video-por-susc/informacion-basica-radiodifusion.html>

En el Ecuador existen un total de 276 Estaciones de Radiodifusión en AM distribuidas de la siguiente manera:

| NACIONAL | REGIONAL | LOCAL |
|----------|----------|-------|
| 21 | 72 | 183 |

TABLA I.III. Distribución de Estaciones de Radiodifusión en el Ecuador

Mientras que en FM trabajan banda de frecuencia que va desde entre 88 y 108 MHZ., estas radios ofrecen una mejor calidad de sonido con respecto a las radios AM, aunque esto es todavía inferior a la calidad de sonido proporcionada por discos compactos, desventaja que podrá ser solucionada con la implementación de la radio digital.

Las frecuencias de Fm que van desde 88 a 108 MHZ., se encuentran canalizados y distribuidos en 6 grupos de la siguiente manera:

| FRECUENCIA | CANAL | GRUPO |
|------------|-------|---------|
| 88,1 | 1 | GRUPO 1 |
| 88,3 | 2 | GRUPO 2 |
| 88,5 | 3 | GRUPO 3 |
| 88,7 | 4 | GRUPO 4 |
| 88,9 | 5 | GRUPO 5 |
| 89,1 | 6 | GRUPO 6 |
| 89,3 | 7 | GRUPO 1 |
| 89,5 | 8 | GRUPO 2 |

TABLA I.IV. Distribución de Frecuencia (Continuación)

| | | |
|-------------|----|---------|
| 89,7 | 9 | GRUPO 3 |
| 89,9 | 10 | GRUPO 4 |
| 90,1 | 11 | GRUPO 5 |
| 90,3 | 12 | GRUPO 6 |
| 90,5 | 13 | GRUPO 1 |
| 90,7 | 14 | GRUPO 2 |
| 90,9 | 15 | GRUPO 3 |
| 91,1 | 16 | GRUPO 4 |
| 91,3 | 17 | GRUPO 5 |
| 91,5 | 18 | GRUPO 6 |
| 91,7 | 19 | GRUPO 1 |
| 91,9 | 20 | GRUPO 2 |
| 92,1 | 21 | GRUPO 3 |
| 92,3 | 22 | GRUPO 4 |
| 92,5 | 23 | GRUPO 5 |
| 92,7 | 24 | GRUPO 6 |
| 92,9 | 25 | GRUPO 1 |
| 93,1 | 26 | GRUPO 2 |
| 93,3 | 27 | GRUPO 3 |
| 93,5 | 28 | GRUPO 4 |
| 93,7 | 29 | GRUPO 5 |
| 93,9 | 30 | GRUPO 6 |

TABLA I.IV. Distribución de Frecuencia (Continuación)

| | | |
|-------------|----|---------|
| 94,1 | 31 | GRUPO 1 |
| 94,3 | 32 | GRUPO 2 |
| 94,5 | 33 | GRUPO 3 |
| 94,7 | 34 | GRUPO 4 |
| 94,9 | 35 | GRUPO 5 |
| 95,1 | 36 | GRUPO 6 |
| 95,3 | 37 | GRUPO 1 |
| 95,5 | 38 | GRUPO 2 |
| 95,7 | 39 | GRUPO 3 |
| 95,9 | 40 | GRUPO 4 |
| 96,1 | 41 | GRUPO 5 |
| 96,3 | 42 | GRUPO 6 |
| 96,5 | 43 | GRUPO 1 |
| 96,7 | 44 | GRUPO 2 |
| 96,9 | 45 | GRUPO 3 |
| 97,1 | 46 | GRUPO 4 |
| 97,3 | 47 | GRUPO 5 |
| 97,5 | 48 | GRUPO 6 |
| 97,7 | 49 | GRUPO 1 |
| 97,9 | 50 | GRUPO 2 |
| 98,1 | 51 | GRUPO 3 |
| 98,3 | 52 | GRUPO 4 |

TABLA I.IV. Distribución de Frecuencia (Continuación)

| | | |
|--------------|----|---------|
| 98,5 | 53 | GRUPO 5 |
| 98,7 | 54 | GRUPO 6 |
| 98,9 | 55 | GRUPO 1 |
| 99,1 | 56 | GRUPO 2 |
| 99,3 | 57 | GRUPO 3 |
| 99,5 | 58 | GRUPO 4 |
| 99,7 | 59 | GRUPO 5 |
| 99,9 | 60 | GRUPO 6 |
| 100,1 | 61 | GRUPO 1 |
| 100,3 | 62 | GRUPO 2 |
| 100,5 | 63 | GRUPO 3 |
| 100,7 | 64 | GRUPO 4 |
| 100,9 | 65 | GRUPO 5 |
| 101,1 | 66 | GRUPO 6 |
| 101,3 | 67 | GRUPO 1 |
| 101,5 | 68 | GRUPO 2 |
| 101,7 | 69 | GRUPO 3 |
| 101,9 | 70 | GRUPO 4 |
| 102,1 | 71 | GRUPO 5 |
| 102,3 | 72 | GRUPO 6 |
| 102,5 | 73 | GRUPO 1 |

TABLA I.IV. Distribución de Frecuencia (Continuación)

| | | |
|--------------|-----------|----------------|
| 102,7 | 74 | GRUPO 2 |
| 102,9 | 75 | GRUPO 3 |
| 103,1 | 76 | GRUPO 4 |
| 103,3 | 77 | GRUPO 5 |
| 103,5 | 78 | GRUPO 6 |
| 103,7 | 79 | GRUPO 1 |
| 103,9 | 80 | GRUPO 2 |
| 104,1 | 81 | GRUPO 3 |
| 104,3 | 82 | GRUPO 4 |
| 104,5 | 83 | GRUPO 5 |
| 104,7 | 84 | GRUPO 6 |
| 104,9 | 85 | GRUPO 1 |
| 105,1 | 86 | GRUPO 2 |
| 105,3 | 87 | GRUPO 3 |
| 105,5 | 88 | GRUPO 4 |
| 105,7 | 89 | GRUPO 5 |
| 105,9 | 90 | GRUPO 6 |
| 106,1 | 91 | GRUPO 1 |
| 106,3 | 92 | GRUPO 2 |
| 106,5 | 93 | GRUPO 3 |
| 106,7 | 94 | GRUPO 4 |
| 106,9 | 95 | GRUPO 5 |

TABLA I.IV. Distribución de Frecuencia (Continuación)

| | | |
|--------------|-----|---------|
| 107,1 | 96 | GRUPO 6 |
| 107,3 | 97 | GRUPO 1 |
| 107,5 | 98 | GRUPO 2 |
| 107,7 | 99 | GRUPO 3 |
| 107,9 | 100 | GRUPO 4 |

TABLA I.IV. Distribución de Frecuencia (Continuación)⁹

Los grupos anteriormente mencionados, están distribuidos en diferentes zonas geográficas de la siguiente manera:

| COBERTURA DE LAS ZONAS GEOGRÁFICAS | | |
|---|--------------|---|
| ZONA | GRUPO | ZONA DE COBERTURA |
| FA001 | 1,3,5 | Azuay Cañar. Grupos de frecuencia |
| FB001 ^(*) | 6 | Provincia de Bolívar excepto las estribaciones occidentales del ramal occidental de, la Cordillera de los Andes |
| FC001 | 1,3 | Provincia del Carchi |
| FD001 | 1 | Provincia de Orellana |
| FE001 | 4,6 | Provincia de Esmeraldas, excepto Rosa Zárate y La Concordia que pertenecen a la zona P, subgrupo P1. |

TABLA I.V Cobertura de Zonas Geográficas (Continuación)

⁹NORMA TÉCNICA REGLAMENTARIA PARA RADIODIFUSIÓN EN FRECUENCIA MODULADA ANALÓGICA (RESOLUCIÓN N° 0866-CONARTEL-99) 17Pp.

| | | |
|----------------------|-------|--|
| FG001 ^(*) | 1,3,5 | Provincia del Guayas, Sub-zona 1 (independiente de la Sub-zona 2), excepto las ciudades de El Empalme, Balzar, Colimes, Palestina, Santa Lucía, Pedro Carbo, Isidro Ayora, Lomas de Sargentillo, Daule, El Salitre, Alfredo Baquerizo Moreno, Simón Bolívar, Milagro, Naranjito, Maridueña, El Triunfo, Naranjal, Balao y Bucay. |
| FG002 | 1,3,5 | Provincia del Guayas, subzona 2, (independiente de la subzona 1), comprende las ciudades de la Península de Santa Elena y General Villamil. |
| FJ001 | 2,6 | Provincia de Imbabura. |
| FL001 | 2,5 | Provincia de Loja |
| FM001 | 1,3,5 | Provincia de Manabí; excepto los cantones El Carmen y Pichincha. |
| FN001 | 1 | Provincia de Napo. |
| FO001 ^(*) | 2,4,6 | Provincia de El Oro, e incluye Milagro, Naranjito, Bucay, Maridueña, El Triunfo, Naranjal y Balao de la provincia. del Guayas, La Troncal y las estribaciones del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de las provincias de Chimborazo, Cañar y Azuay. |
| FR001 ^(*) | 2,4,6 | Provincia de Los Ríos, e incluye El Empalme, Balzar, Colimes, Palestina, Santa Lucía, Pedro Carbo, Isidro Ayora, Lomas de Sargentillo, Daule, El Salitre, Alfredo Baquerizo Moreno y Simón Bolívar de la provincia del Guayas, cantón Pichincha de la provincia de Manabí y las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cotopaxi y Bolívar. |
| FP001 | 1,3,5 | Provincia de Pichincha, subzona 1 (independiente de la subzona 2). |

TABLA I.V Cobertura de Zonas Geográficas (Continuación)

| | | |
|----------------------|-------|--|
| FP002 | 1,3,5 | Provincia de Pichincha, subzona 2 (independiente de la subzona 1), comprende: Santo Domingo de los Colorados e incluye los cantones aledaños: El Carmen (de la provincia de Manabí), Rosa Zárate y la Concordia (de la provincia de Esmeraldas). |
| FS001 | 1 | Provincia de Morona Santiago. |
| FT001 ^(*) | 1,3,5 | Provincias de Cotopaxi y Tungurahua, excepto las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de la provincia de Cotopaxi y el cantón Baños de la provincia de Tungurahua. |
| FH001 ^(*) | 1,3,5 | Provincia de Chimborazo, excepto las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de esta provincia. |
| FU001 | 1,3 | Provincia de Sucumbíos. |
| FX001 | 6 | Provincia de Pastaza, incluido Baños (de la provincia de Tungurahua). |
| FY001 | 4 | Provincia de Galápagos. |
| FZ001 | 3 | Provincia de Zamora Chinchipe. |

TABLA II.V. Cobertura de Zonas Geográficas(Continuación)

Las frecuencias de trabajo son un dato importante ya que implica que las radios puedan tener diferentes características, como:

- Las frecuencias de radio AM, permiten mayor cobertura, pero usualmente la inversión debe ser superior en antenas y equipos de transmisión.
- Las frecuencias de radios FM no permiten grandes alcances como las de AM, pero tiene mejor calidad de sonido, mayor robustez frente a interferencias y menor costo en cuanto a infraestructura.



FIGURA I. 5ZONAS GEOGRÁFICAS DE RADIODIFUSIÓN¹⁰

1.6 SISTEMAS TRANSMISIÓN/RECEPCIÓN DE LA RADIO EN LA ACTUALIDAD.

Fundamentalmente son necesarios tres tipos de sistemas para que podamos escuchar la radio actualmente:

1.6.1 Sistema de emisión

Este se encuentra en la estación de radio, donde los sonidos emitidos son transformados en impulsos eléctricos, que viajan hasta la antena de la emisora.

¹⁰<http://es.scribd.com/doc/40268134/Bandas-de-Television-y-Frecuencia>

1.6.2 Sistema de Transmisión

Se encuentran en lugares preferiblemente altos o despejados. Allí se amplifica la señal original y a través de ondas viajan por el aire hasta llegar a cada uno de los hogares.

Ahora debemos enfatizar que cada emisora ya sea esta AM o FM cuenta con su propia frecuencia. Las mismas que están distribuidas en el espectro radio eléctrico desde los 88 a 108 MHZ. en el caso de FM con una canalización cada 400 KHZ. dentro de una misma zona geográfica y con un ancho de banda de 180 KHZ. para estaciones monoaurales y de 200 KHZ. para las estereofónicas, y en AM trabajan en la banda comprendida entre 535 a 1605 KHZ. La canalización es cada 20 KHZ. con un ancho de banda de 10 KHZ. La razón por la cual las emisoras solo ocupan 200KHZ.de los 400 establecidos para cada emisora es que debe existir una separación entre frecuencias que ayudan a que no existan interferencias entre ellas. De otra manera todas las emisoras se mezclarían en el receptor sin poder escuchar bien ninguna de ellas.

1.6.3 Sistema de Recepción

No es otra cosa más que el aparato receptor. Él se encarga de transformar las señales eléctricas en acústicas y así puedan ser recibidas por el radioescucha.

De manera general una estación de radiodifusión en la actualidad cuenta con un transmisor, su antena e instalaciones necesarias para asegurar un servicio de radiodifusión en un área de operación autorizada.

De acuerdo al servicio que brindan, las estaciones de radiodifusión se clasifican en: Servicio público, Comercial privada, Comunitarias y en basados en la

programación que transmiten podemos encontrar otra clasificación: Estaciones matrices y estaciones repetidoras.

Cada estación matriz transmite la programación generada en su propio estudio y dispone de tres instalaciones básicas

- Estudio
- Sistema de transmisión
- Enlace estudio-transmisor

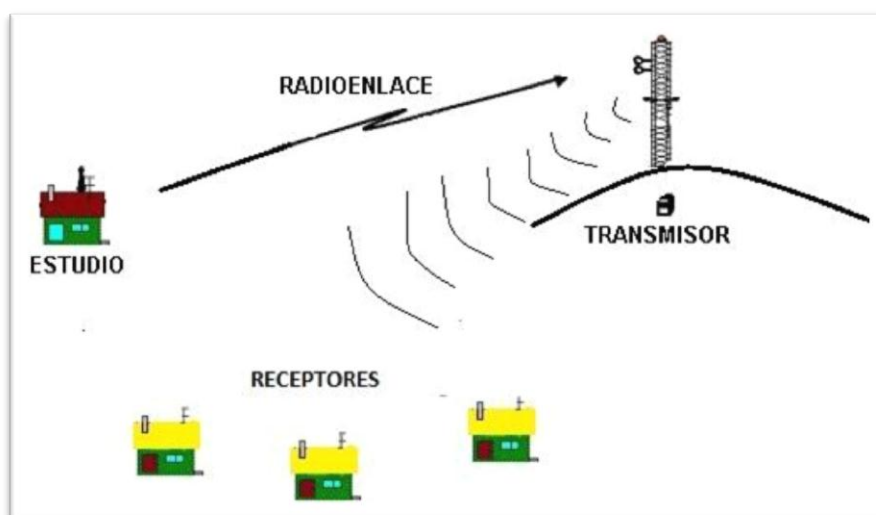


FIGURA I. 6 SISTEMAS USADOS PARA LA TRANSMISIÓN DE LA RADIO¹¹

Por otro lado una estación Repetidora, no cuenta con un estudio tan solo recepta en su totalidad la programación que envía la estación matriz y la transmite simultáneamente para ser recibida por el público en general.

¹¹ Realizado por las Autoras

1.7 ¿QUE ES RADIO DIGITAL?

La Radio Digital es la transmisión y recepción de sonido, el cual ha sido procesado utilizando una tecnología comparable con los aparatos reproductores o discos compactos. La técnica utilizada es el sistema DAB, este omite todos los sonidos no perceptibles por el oído humano, trasmitiendo una cantidad de datos en relación de uno a siete, de todos aquellos que pueden ser transmitidos en comparación con la señal original sin ninguna pérdida de calidad

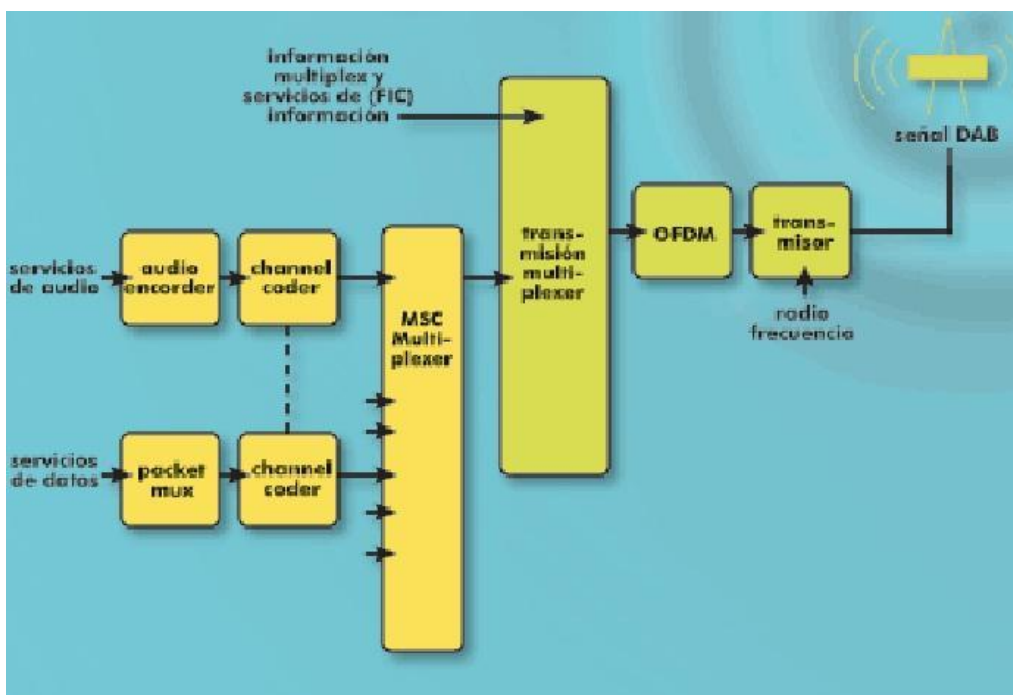


FIGURA I. 7 PROCESO DE GENERACIÓN DE LA SEÑAL DAB¹²

Las características más relevantes de la radio digital:

Las nuevas modulaciones digitales son mucho más eficientes que las modulaciones analógicas, gracias a ello ofrecen ventajas que las hacen atractivas:

¹²http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432011000300012&script=sci_arttext

1. La mejora de la calidad del sonido. Las nuevas técnicas de compresión de audio, como el popular formato MP3, o los menos conocidos AAC y OGG entre otros muchos, permiten retransmitir programas de radio con mayor calidad de sonido aprovechando mejor las características del canal de radio.
2. Las nuevas radios digitales pueden transmitir otros modos de audio, como es el sonido 5+1. Desde el punto de vista radioeléctrico las nuevas modulaciones permiten un uso más eficiente del espectro. Dicho de otro modo, con las nuevas radios digitales se podrán tener más emisoras de radio. Esto es especialmente positivo en aquellas grandes urbes donde no se otorgan más licencias porque el espectro está ya saturado y no hay frecuencias para más emisoras analógicas.
3. En la radio digital los sonidos se codifican en modo de datos, de forma similar a internet, y que se envían a los radioescuchas, que en sus receptores los decodifican y reciben los sonidos. Esto abre otras posibilidades: la radio digital al enviar datos, tiene la posibilidad de transmitir una amplia gama de información más allá del sonido, similar a los contenidos que recibimos de internet, con la salvedad de que será el radiodifusor el que elige los contenidos que envía. Esta particularidad permitirá, por ejemplo, tener en una pantalla información bursátil, turística, noticiosa, de tráfico, etc. La cual aparecería como imágenes,

fotos, o únicamente textos cortos que no desvíen la atención de un automovilista.

1.8 MODULACIÓN

La principal diferencia entre la radio convencional y la radio digital se da en su modulación ya que en un sistema de radio digital, las señales de modulación y demodulación son pulsos digitales, en lugar de formas de ondas analógicas. La radio digital utiliza portadoras analógicas, al igual que los sistemas convencionales.

Se denomina modulación al proceso de colocar la información contenida en una señal, generalmente de baja frecuencia, sobre una señal de alta frecuencia.

Debido a este proceso la señal de alta frecuencia denominada portadora, sufrirá la modificación de algunos de sus parámetros, siendo dicha modificación proporcional a la amplitud de la señal de baja frecuencia denominada moduladora.

A la señal que resulta de este proceso se la denomina señal modulada y es precisamente ésta la señal que se transmite.

Es necesario recalcar en este punto que las señales de transmisión corresponden a la portadora, mientras que las señales de datos corresponden a la moduladora.

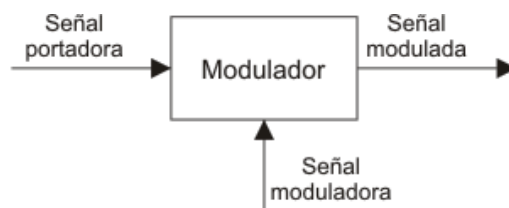


FIGURA I. 8 SISTEMA DE MODULACIÓN¹³

Básicamente, existen tres técnicas de modulación digital que se suelen utilizar en sistemas de radio digital:

- Transmisión (modulación) por desplazamiento de frecuencia (FSK),
- Transmisión por desplazamiento de fase (PSK)
- Modulación de amplitud en cuadratura (QAM).

Es preciso modular las señales por diferentes razones:

- 1) Si todos los usuarios transmiten a la frecuencia de la señal original o moduladora, no será posible reconocer la información inteligente contenida en dicha señal, debido a la interferencia entre las señales transmitidas por diferentes usuarios.
- 2) A altas frecuencias se tiene mayor eficiencia en la transmisión, de acuerdo al medio que se emplee.
- 3) Se aprovecha mejor el espectro electromagnético, ya que permite la multiplexación por frecuencias.
- 4) En caso de transmisión inalámbrica, las antenas tienen medidas más razonables.

¹³<http://www.emssiweb.com/cursos/tutoriales/fuentes-de-sonido-en-car-audio-4/el-radiocd-4/3-la-radio-25.html>

La modulación permite aprovechar mejor el canal de comunicación ya que posibilita transmitir más información en forma simultánea por un mismo canal y/o proteger la información de posibles interferencias y ruidos.

1.8.1 MODULACIÓN FSK

Sus siglas en inglés FSK significan Frequency-shiftkeying, es una modulación de frecuencia donde la señal moduladora (datos) es digital. Los dos valores binarios se representan con dos frecuencias diferentes (f_1 y f_2) próximas a la frecuencia de la señal portadora f_p .

$$v(t) = \begin{cases} V_p \text{ sen}(2\pi f_1 t) \text{ para un "1" binario} \\ V_p \text{ sen}(2\pi f_2 t) \text{ para un "0" binario} \end{cases}$$

Generalmente f_1 y f_2 corresponden a desplazamientos de igual magnitud pero en sentidos opuestos de la frecuencia de la señal portadora.

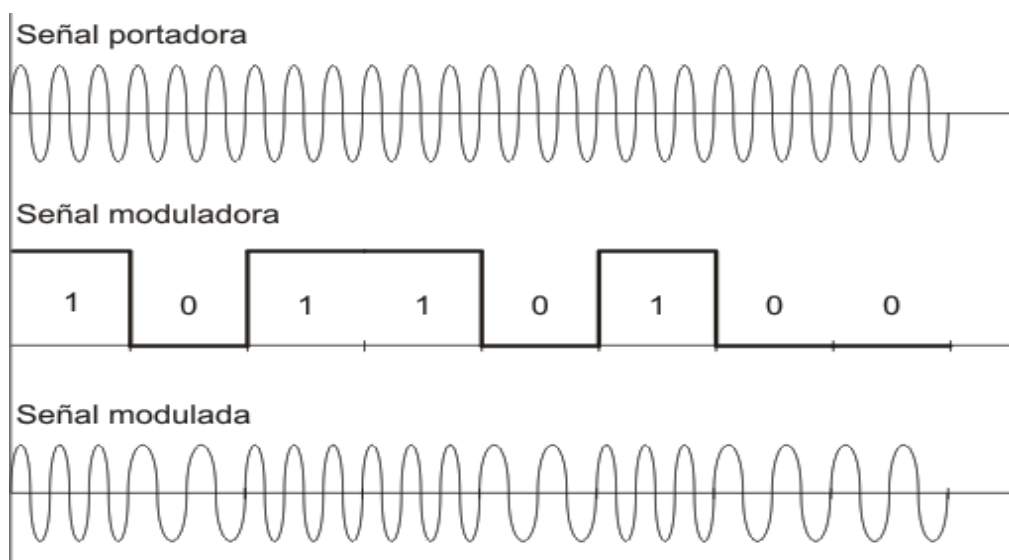


FIGURA I. 9 MODULACIÓN FSK¹⁴

¹⁴<http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/FSK>

El índice de modulación tiene gran incidencia en la señal modulada y determina los dos tipos fundamentales de FSK.

1.8.1.1 FSK de banda reducida o banda angosta

Si el índice de modulación es pequeño, $m_f < \frac{\pi}{2}$ (esto significa que la variación de frecuencia de la señal modulada produce una diferencia de fase menor que $\frac{\pi}{2}$), se tiene modulación de frecuencia en banda angosta y su espectro de frecuencias es similar al de ASK. La única diferencia es que en este caso, la amplitud de las armónicas se ve afectada por la frecuencia o sea, se tiene una pequeña modulación de amplitud, superpuesta a la FSK.

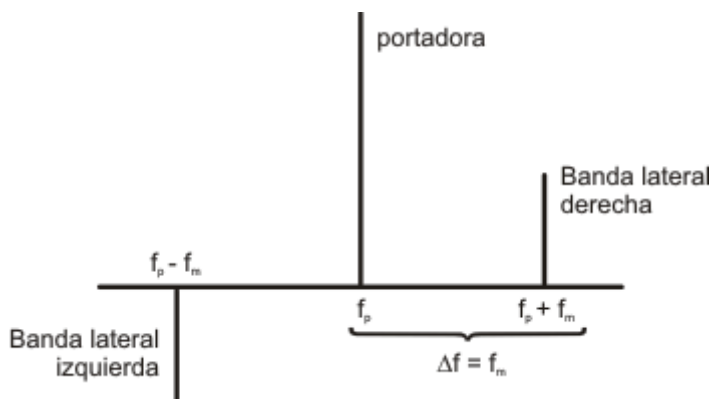


FIGURA I. 10 FSK DE BANDA ANGOSTA.¹⁵

El ancho de banda necesario para FSK de banda angosta es igual al necesario para ASK.

1.8.1.2 FSK de banda ancha

Las ventajas de FSK sobre ASK se hacen notables cuando el índice de modulación es grande es decir $m_f > \frac{\pi}{2}$.

¹⁵<http://es.scribd.com/doc/54532420/MODULADOR-FSK>

Con esta condición se aumenta la protección contra el ruido y las interferencias, obteniendo un comportamiento más eficiente respecto a ASK, puesto que en este caso la pequeña modulación de amplitud mencionada en el caso de FSK de banda angosta, se hace despreciable.

La desventaja es que es necesario un mayor ancho de banda, debido a la mayor cantidad de bandas laterales (un par por cada armónica).

1.8.2 Modulación PSK Desplazamiento de fase

PSK (Phase-shiftkeying), es una modulación de fase donde la señal moduladora (datos) es digital.

Existen dos alternativas de modulación PSK: PSK convencional, donde se tienen en cuenta los desplazamientos de fase y PSK diferencial, en la cual se consideran las transiciones.

Las consideraciones que siguen a continuación son válidas para ambos casos.

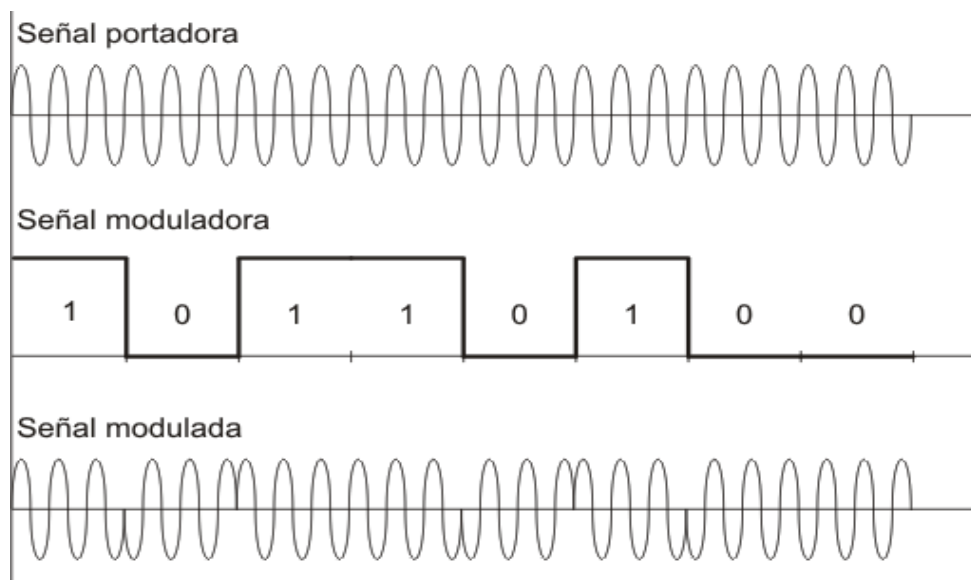


FIGURA I. 11 MODULACIÓN PSK¹⁶

¹⁶<http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/psk>

En PSK el valor de la señal moduladora está dado por

$$v_m(t) = \begin{cases} 1 & \text{para un "1" binario} \\ -1 & \text{para un "0" binario} \end{cases}$$

Mientras que la señal portadora es:

$$v_p(t) = V_p \cos(2\pi f_p t)$$

En donde V_p es el valor pico de la señal portadora y f_p es la frecuencia de la señal portadora.

La modulación PSK está caracterizada por

$$v(t) = v_p(t) \cdot v_m(t)$$

o sea

$$v(t) = V_p \cdot V_m \cos(2\pi f_p t)$$

Luego para $V_m = 1$

$$v(t) = V_p \cos(2\pi f_p t)$$

y para $V_m = -1$

$$v(t) = -V_p \cos(2\pi f_p t) = V_p \cos(2\pi f_p t + \pi)$$

Entre las dos últimas expresiones de $v(t)$, existe una diferencia de fase de 180° , y la señal varía entre dos fases, es por ello que se denomina 2PSK.

Al sistema modulador de 2PSK se lo suele comparar con una llave electrónica controlada por la señal moduladora, la cual conmuta entre la señal portadora y su versión desfasada 180° .

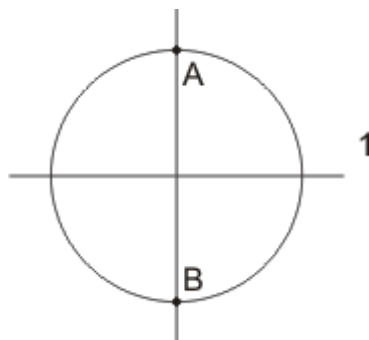


FIGURA I. 12 ESQUEMA PARA 2 PSK¹⁷

El radio de la circunferencia es igual a 1 y representa la amplitud normalizada de la portadora.

En el sistema PSK convencional es necesario tener una portadora en el receptor para sincronización, o usar un código auto-sincronizante, por esta razón surge la necesidad de un sistema PSK diferencial. Es diferencial puesto que la información no está contenida en la fase absoluta, sino en las transiciones. La referencia de fase se toma del intervalo inmediato anterior, con lo que el detector decodifica la información digital basándose en diferencias relativas de fase.

1.8.3 Modulación MPSK (Multi-PSK)

En este sistema la fase de la señal portadora puede tomar secuencialmente N valores posibles separados entre sí por un ángulo definido por

$$\theta = \frac{2\pi}{N}$$

¹⁷<http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/psk>

Este es un caso de transmisión multinivel, donde la portadora tomará los N valores posibles de acuerdo a los niveles de amplitud de la señal moduladora.

Dado que la cadencia de una transmisión de datos binarios está dada por la cantidad de veces que una señal cambia de nivel, observaremos como podemos enviar dos unidades de información (dos bits), mediante un solo cambio de nivel.

Tengamos la siguiente secuencia de bits

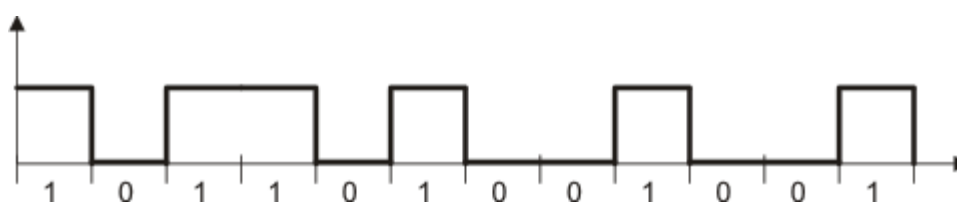


FIGURA I. 13 SEÑAL ENVIANDO DOS BITS EN UN SOLO CAMBIO DE NIVEL¹⁸

Si a los bits de la cadena de información los tomamos de a dos, tendremos

10 | 11 | 01 | 00 | 10 | 01

O sea que al tomar los bits de a dos de una señal binaria unipolar, hay solo cuatro combinaciones a la cuales se las denomina dibits.

| |
|----|
| 00 |
| 01 |
| 10 |
| 11 |

TABLA I.VI. Valores DIBITS¹⁹

¹⁸<http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/psk>

^{19, 20}<http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/psk>

Si a cada par de bits, le asignamos diferentes niveles o amplitudes de señal, se obtiene la siguiente tabla.

| Dibit | Nivel Asignado |
|-------|----------------|
| 00 | 0 |
| 01 | 1 |
| 10 | 2 |
| 11 | 3 |

TABLA I.VII. Asignación de Valores a DIBITS

Los cuales se pueden representar de la siguiente manera

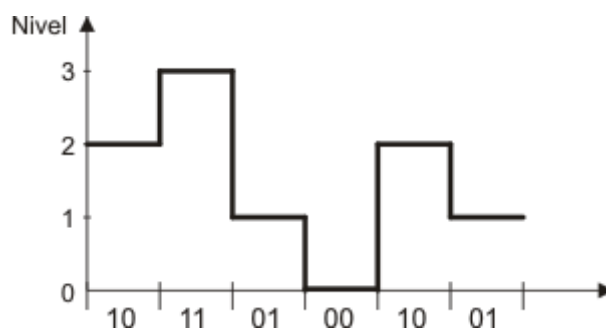


FIGURA I. 14 GRÁFICA DE DIBIT VS NIVEL²⁰

A los pulsos de las señales multinivel se los denomina dibits, puesto que en cada uno de ellos se envían dos bits. En forma similar se pueden obtener tribits, cuadribits, etc.

Este tipo de señales son las que se emplean en MPSK. Para el caso particular de $N = 4$, se tiene 4PSK o QPSK.

Como la señal portadora toma 4 valores posibles, se deberán producir 4 desplazamientos de fase que nos proveerán 4 fases distintas, correspondiendo cada uno de ellos a un dicit diferente. Para este caso, gráficamente tendremos los siguientes desplazamientos de fase:

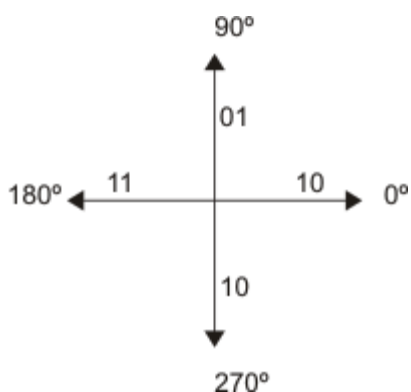


FIGURA I. 15 DESPLAZAMIENTOS EN DASE DE UN DIBIT²¹

Si recordamos que la velocidad de transmisión V_t está dada por

$$V_t = \frac{1}{T} \log_2 N$$

Al aumentar N estamos incrementando la velocidad de transmisión para el mismo ancho de banda, puesto que no hemos aumentado la velocidad de modulación.

Por otra parte el periodo de un dicit será el doble del periodo de un bit, o sea

$$T_{\text{dicit}} = 2T_{\text{bit}}$$

De donde se deduce que el ancho de banda para cada caso será

²¹<http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/psk>

$$BW_{dibit} = \frac{1}{T_{dibit}} = \frac{1}{2T_{bit}} = \frac{BW_{bit}}{2}$$

En consecuencia para la misma velocidad de transmisión V_t cuando se transmiten dibits, se requerirá la mitad del ancho de banda que para la transmisión de los bits individuales.

En el sistema 4PSK las señales son más sensibles a los efectos de interferencias y ello provoca un aumento en la tasa d error. Si se desea transmitir 4PSK con la misma tasa de error que en 2PSK, se debe aumentar en 3dB la relación señal ruido.

2.8.4 Modulación QAM

La modulación de amplitud de cuadratura es un sistema de la modulación en el cual los datos son transferidos modulando la amplitud de dos ondas de portador separadas, sobre todo sinusoidal, que son fuera de fase por 90 grados (seno y coseno). Debido a su diferencia de fase, se llaman los portadores de la cuadratura, entonces la modulación de amplitud de la cuadratura es la combinación de afinar de la modulación de amplitud y de desplazamiento de fase. Es una modulación digital avanzada, en la que su eficiencia se utiliza para la transmisión de datos a alta velocidad por canales con ancho de banda restringido.

Se asocian gran cantidad de aplicaciones a ella:

- Módems superiores a 2400 bps.
- Multitud de sistemas de transmisión de televisión, microondas, satélite, etc.
- En la modulación TCM

2.8.4.1 Funcionamiento

La modulación QAM consiste en modular por desplazamiento en amplitud (ASK) de forma independiente, dos señales portadoras que tienen la misma frecuencia pero que están desfasadas entre sí 90° . La señal modulada QAM es el resultado de sumar ambas señales ASK. Estas pueden operar por el mismo canal sin interferencia mutua porque sus portadoras al tener tal desfase, se dice que están en cuadratura.

La ecuación matemática de una señal modulada en QAM es:

$$a_n \cos(\omega t) + b_n \sin(\omega t)$$

Las amplitudes de las dos señales moduladas en ASK (a y b), toman de forma independiente los valores discretos a_n y b_n correspondientes al total de los "N" estados de la señal moduladora codificada en banda base multinivel, según la ecuación $N = n * m$.

Una modulación QAM se puede reducir a la modulación simultánea de amplitud $ASK_{n,m}$ y fase $PSK_{n,m}$ de una única portadora, pero sólo cuando los estados de amplitud $A_{n,m}$ y de fase $H_{n,m}$ que esta dispone, mantienen con las amplitudes de las portadoras originales a_n y b_n la relaciones que se indican:

$$QAM: A_n(\cos(\omega t)) + B_m(\sin(\omega t)) = A_{n,m} \cos(\omega t - H_{n,m})$$

Donde $A_n(\cos(\omega t))$ y $B_m(\sin(\omega t))$ están moduladas en ASK, $A_{n,m}$ esta modulada en ASK y $(\cos(\omega t) - H_{n,m})$ es una expresión modulada el PSK

- $A_{n,m} = \sqrt{A_n^2 + B_m^2}$
- $A_n = A_{n,m} \cos(H_{n,m})$

- $H_{n,m} = \arctan\left(\frac{B_m}{A_n}\right)$
- $B_m = A_{n,m} \text{sen}(H_{n,m})$

Estas expresiones se deducen fácilmente a partir de las siguientes:

$$A \cos(\omega t - h) = A \cos(\omega t) \cos(h) + A \text{sen}(\omega t) \text{sen}(h)$$

$$A \cos(\omega t - h) = a \cos(\omega t) + b \text{sen}(\omega t)$$

$$A \cos(\omega t - h) = a \cos(\omega t) + b \text{sen}(\omega t)$$

Donde:

$$a = A \cos(h)$$

$$b = A \text{sen}(h)$$

1.9 DEMODULACIÓN

Es el proceso mediante el cual es posible recuperar la señal de datos de una señal modulada.

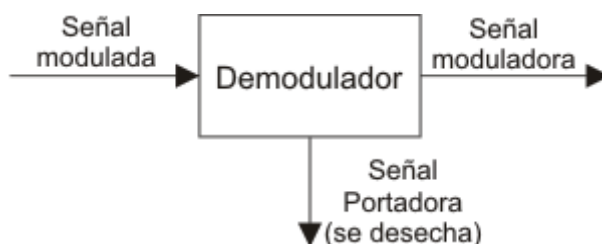


FIGURA I. 16 SISTEMA DE DEMODULACIÓN²²

²²<http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/psk>

1.10 COMPRESIÓN

La compresión de las señales es el proceso mediante el que se obtiene la reducción del caudal de datos a transmitir y/o almacenar.

Este proceso debe ser efectivo, lo que significaría que la técnica empleada para la reducción del caudal permita que el terminal receptor y/o reproductor, muestre la información de modo que luego de difundirla los observadores y oyentes no se encuentren en capacidad de notar la diferencia, de la señal original con la procesada.

Podríamos decir entonces que la compresión significa transmitir información utilizando menor tasa de datos.

1.10.1 Compresión de voz

Se ha realizado desde hace bastantes años, sobre todo para aplicaciones en comunicaciones telefónicas (300-3400Hz) y el modelo psicoacústico se basó más en las características del tracto vocal humano que en las características perceptuales, es decir, las propiedades del sistema auditivo.

1.10.2 Compresión de audio genérico

El objetivo es la compresión de audio de "alta fidelidad", en principio con un ancho de banda de 20 Hz a 20 KHZ. El primer estándar internacional fue MPEG (Motion Picture Experts Group). El modelo psicoacústico se basa principalmente en las características perceptuales del sistema auditivo humano. El sistema de transmisión de la radio digital funciona combinado dos

tecnologías digitales para producir un sistema de transmisión radial eficiente y muy solvente, la compresión y la multiplicación.

El sistema de compresión MUSICAM, que después se normalizó denominándose MPEG-1 Audio Capa 2 ó MP2, éste es un sistema de codificación que funciona eliminando sonidos que no serán percibidos por el oído humano. Cuando se presenten dos señales muy próximas en frecuencia y una de ellas sea más fuerte que la otra, la señal que tiene nivel inferior normalmente queda oculta y no será posible oírla. Asimismo, el oído tiene un umbral de ruido por debajo del cual no oye los sonidos. Lo que hacemos con este sistema es descartar todo lo que el oído no va a percibir. De esta forma se consigue disminuir el ancho de banda que se necesita para transmitir. Es un sistema muy parecido al MP3, pero necesita menor capacidad de procesamiento.

1.11 MULTIPLEXACIÓN

Las transmisiones se realizan frecuentemente entre dos equipos terminales de datos que se comunican por enlaces microondas, satélites, o cables, pero no se utilizan la capacidad total del canal, desperdiciando parte del ancho de banda disponible. Este inconveniente es solucionado mediante multiplexores, los mismos que son los encargados de repartir el uso del medio de transmisión en varios canales independientes, para permitir acceso paralelo a varios usuarios, siendo totalmente transparente a los datos transmitidos.

En un extremo, los multiplexores son equipos que reciben varias secuencias de datos de baja velocidad y las transforman en una única secuencia de datos de

alta velocidad, que se transmiten hacia un lugar remoto. En dicho lugar, otro multiplexor realiza la operación inversa obteniendo de nuevo los flujos de datos de baja velocidad originales. A esta función se la denomina demultiplexar.

Una de las técnicas fundamentales para llevar a cabo la multiplexación en el radio digital es COFMD:

El sistema COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*) es un múltiplex por división de frecuencias ortogonales en el que realizamos una codificación.

COFDM tiene la capacidad de superar por completo los efectos de trayectoria múltiple. Cuando se transmite una señal, obstáculos tales como cañones, edificios e incluso las personas, dispersan la señal que la hace tomar dos o más caminos para llegar a su destino. COFDM es resistente a los efectos de trayectoria múltiple, ya que utiliza múltiples portadoras para transmitir la misma señal.

Es un esquema de modulación que divide una señal digital única a través de 1.000 o más vehículos de la señal de forma simultánea.

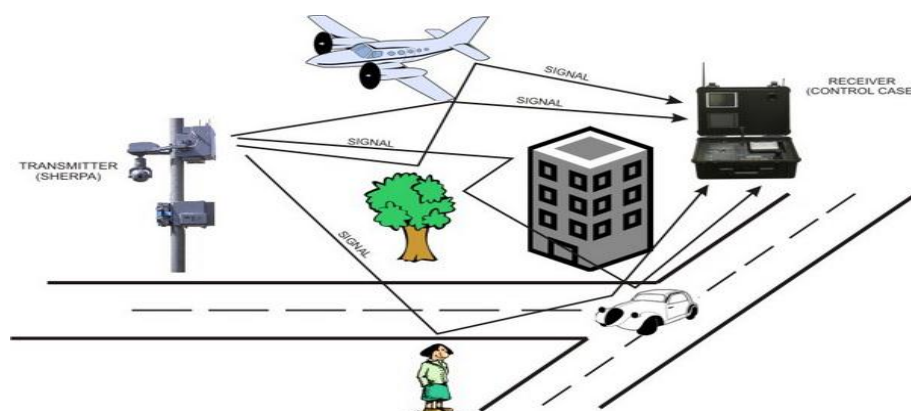


FIGURA I. 17 FUNCIONAMIENTO COFDM²³

²³<http://blog.pucp.edu.pe/item/17250/television-movil-gracias-a-dvb-sh>

Por un lado, la codificación introduce redundancia para poder detectar los errores de transmisión y corregirlos, y, además, el sistema utiliza diversidad en el tiempo, diversidad en el espacio y diversidad en frecuencia. La diversidad en el tiempo se consigue mediante un entrelazado en el tiempo de toda la información, de forma que si hay alguna perturbación, al tener la información distribuida es posible recuperarla mejor. Con la diversidad en frecuencia, utilizando una relación matemática exacta, la señal MUSICAM es dividida entre 1.536 frecuencias portadoras y conseguimos que la información se distribuya de manera discontinua en todo el espectro del canal y se vea menos afectada por las perturbaciones; y con la diversidad en el espacio conseguimos que se pueda enviar desde diferentes centros emisores y que todos ellos contribuyan positivamente creando una red de frecuencia única y, asimismo, que las reflexiones de la señal contribuyan positivamente en el receptor.

1.12 SIMULCAST

La transmisión simultánea (del inglés; Simulcast) es una contracción de '**simultaneousbroadcast**', y se refiere a la transmisión simultánea de la misma información a través de más de un medio o a la transmisión simultánea de más de un servicio en el mismo medio. Habitualmente se trata de transmisiones de radio o televisión.

Un ejemplo del primer caso es cuando se retransmite un concierto de música simultáneamente por dos o más de los siguientes medios: radio, televisión

terrestre, televisión satélite e Internet. En este caso se está haciendo simulcast por diferentes medios.

Un ejemplo del segundo caso es cuando a través de TDT se retransmite el audio en versión original y doblada al idioma local. En este caso se está haciendo simulcast de audios por el mismo medio.

1.12.1 Simulcast para optimizar el uso del espectro radioeléctrico

Hoy en día hay escasez de frecuencias libres para que se puedan ofertar servicios, por ello es que en algunos países los organismos reguladores del espectro radioeléctrico, a fin de mejorar la eficiencia espectral obligan a emitir algunos servicios en simulcast. Esto quiere decir que se podrá transmitir simultáneamente lo mismo y en la misma frecuencia desde todos los puntos, esto permitirá cubrir una amplia área geográfica, sin la necesidad de utilizar un gran número de frecuencias, con una sola frecuencia es suficiente para cubrir una extensa área.

En este tipo de simulcast la señal debe salir desde todas las 'fuentes' (puntos desde donde se emite) perfectamente sincronizada (modulación sin desfase) para evitar el efecto llamado 'distorsión simulcast'. Hay que tener en cuenta que en las zonas de solapamiento (lugares en los que el receptor recibe la señal de más de una fuente o repetidor), cualquier pequeño desfase entre las señales recibidas supone obtener una señal resultante deficiente, producto de la suma de las señales desfasadas (se trata de dos señales diferentes en la misma frecuencia). El resultado es una recepción deteriorada, más deteriorada cuanto mayor sea el desfase.

La ‘distorsión simulcast’ también puede aparecer por otro factor. Aunque consideremos que todas las fuentes generan señales perfectamente sincronizadas, al viajar estas hasta el receptor por diferentes caminos llegan a este con un pequeño desfase entre ellas producto de la diferencia entre las distancias recorridas, apareciendo el mismo efecto de empobrecimiento de la recepción en las zonas de solapamiento. La recepción se deteriorará en función de la diferencia entre el receptor y cada una de las fuentes.²⁴

1.12.2 SFN

La Red de Frecuencia Única (SFN o Single Frequency Network) es un tipo de radiodifusión donde distintos transmisores emiten la misma señal en el mismo canal de frecuencia. Análogamente con los sistemas de radiodifusión de FM y de AM, los sistemas de radiodifusión digital también pueden operar de este modo.

1.12.2.1 Descripción técnica

El esquema de la red de frecuencia única es de algún modo análogo a los sistemas que transmiten con macro diversidad, CDMA, “softhandoff” o redes de frecuencia única dinámica, es decir sistemas sin cables tales como telefonía móvil, o sistemas wifi.

En las redes de frecuencia única para la transmisión se puede considerar como una forma de propagación multicamino. Los receptores son los que reciben los ecos de la misma señal, de modo que pueden formar interferencia constructiva

²⁴ Federal Communications Commission (FCC) Home Page

o destructiva que pueden producir desvanecimientos o "fading". Esta problemática es especialmente sensible en las comunicaciones de banda ancha y las comunicaciones digitales de alta velocidad ya que los desvanecimientos son selectivos en frecuencia. También es importante tener en cuenta la llamada Interferencia Intersimbólica (ISI) debida a los ecos. Tanto los desvanecimientos como la ISI se pueden solucionar con esquemas de diversidad y filtros ecualizadores.

En radiodifusión digital de banda ancha, la cancelación de las interferencias resulta más simple gracias a los métodos de modulación OFDM o COFDM. OFDM usa un gran número de moduladores de poco ancho de banda en lugar de un solo modulador con un gran ancho de banda. Cada modulador tiene su propio subcanal y su propia subportadora. Gracias a esto se puede introducir un intervalo de guarda entre símbolos que después nos permitirá eliminar la Interferencia Intersimbólica. Aunque los desvanecimientos sean selectivos en frecuencia, los podemos considerar llanos ya que las subportadoras que se usan son mucho más estrechas (banda estrechas). En este contexto se introducen los filtros ecualizadores y adicionalmente el sistema de corrección de errores FEC (Forward Error Correction) por si la mayoría de subportadoras se ven afectadas por los desvanecimientos y se ve comprometida la demodulación de forma correcta.

La modulación OFDM es usada en muchos sistemas de radiodifusión digital como el DAB, el HD Radio o el T-DMB. Todos ellos utilizan las redes de frecuencia única. Existen distintas alternativas a la modulación OFDM que

utilizan las redes de frecuencia única y cancelan las interferencias con otros métodos:

- Receptores Rakeen CDMA
- Canales MIMO (Ex: Arrays con antenas en fase)
- Modulaciones con una sola portadora con la combinación de intervalos de guarda y ecualización en el dominio frecuencial.

En las redes de frecuencia única, los transmisores y los receptores normalmente están sincronizados con los otros mediante GPS o una señal emitida por la estación base principal o por un reloj de referencia.

Para sincronizar los transmisores, la información de sincronización se introduce mediante un adaptador de SFN. Estos adaptadores introducen la información de sincronización en el stream de transporte de MPEG-2. Según que estándar que se use, tenemos:

- Paquetes MIP (en DVB-T y DVB-H)
- Paquetes SIP (en el estándar chino DTMB)
- Paquetes SHIP (en DVB-SH)

1.12.2.2 Ventajas

- Menor potencia de transmisión debido a la ganancia interna.
- Alta probabilidad de localización.
- Facilidad de ofrecer cobertura a las zonas de sombra con la reutilización de frecuencias.

1.12.2.3 Desventajas

- La red no se puede dividir.
- No se pueden usar determinados canales prohibidos.
- Es necesaria una sincronización entre los emisores.

1.13 ALGUNAS DE LAS VENTAJAS DE LA RADIO DIGITAL

Existen numerosas ventajas que la radio digital ofrece tanto para el usuario como en lo referente a la transmisión. La radio digital es mucho más que un guión digital. Debido a la forma en que transmite una señal, la radio digital puede duplicar el número de estaciones de radio que se puede conseguir en FM y puede dar acceso a muchos otros.

- *Gran calidad de sonido.*- La calidad de sonido con la radio digital puede ser muy similar a la de un CD, y nos permite también que los servicios puedan estructurarse y configurarse dinámicamente, variando la velocidad de transmisión.

En este sentido, Radio digital AM puede proporcionar una calidad de sonido equivalente al del estándar analógico FM que manejamos actualmente.

Por otro lado, la recepción de radio digital es mucho más resistente a las interferencias y elimina las imperfecciones que se ocasionan en la transmisión y recepción de radio analógica. Ahora debemos tomar en cuenta, aunque parece un poco obvio, que la calidad de transmisión

descrita se suministra solamente dentro del área de cobertura, ocasionándose si interferencias en zonas que están muy alejadas de transmisor de la emisora.

- *Un sonido más claro.*- La radio digital no sufre de los efectos molestos de la interferencia provocada por las malas las condiciones atmosféricas o interferencias eléctricas, que pueden echar a perder una transmisión en forma analógica. Con radio digital se eliminarán los silbidos y chisporroteos, además se reduce o elimina la decoloración y el aleteo, las emisoras no desaparecerán más y no se solaparán, desde luego y una vez más, siempre y cuando estén dentro del área de cobertura.
- *Fácil de usar.*- Con una radio digital no hay frecuencias. Existe una nueva forma de buscar nuestra emisora, y esta es elegir la emisora que desee por su nombre en la pantalla de visualización de texto. Esto nos libraré de tener que recordar el dial en la que se transmite.
- *Control de tiempo.*- Radio digital permite opciones como pausa, grabación de radio en vivo o retroceso del audio. Lo que nos permite mantener el control de lo que se escucha en la radio. Los radioyentes pueden detener el tiempo, retroceder en el tiempo, o aún mejor establecer un temporizador para grabar un programa en el futuro.
- *Libre.*- A diferencia de otros servicios digitales de radio y televisión, no es necesario pagar para recibir Radio Digital (radio por satélite es el único con suscripción). Una vez adquirido el receptor de radio digital se podrá disfrutar de todos los beneficios de ella totalmente gratis.

- *Mejor aprovechamiento del espectro radio-eléctrico.*- Radio digital brindará un uso más eficiente del espectro y la potencia, lo que implica un menor costo de transmisión.
- *Libertad de elección.*- En relación a lo mencionado anteriormente, una mejor distribución del espectro, permitirá a radio digital transmitir muchos más estaciones para que el usuario escoja el género de su preferencia. En promedio y dependiendo del lugar el oyente de radio digital ampliará casi doble su campo de elección de estaciones en comparación con lo que escucha a través de FM.
- *Servicios de valor añadido.*- Radio digital permite asociar al audio que se transmite información de texto, pudiendo ser esto el título o la letra de una canción o los nombres de los participantes en de foro de discusión. De la misma forma, se podrán transmitir nuevos servicios multimedia interactivos: imágenes, mapas, juegos en forma de resúmenes de noticias o información meteorológica.

La posibilidad de añadir aplicaciones que muestren información de mapas, rutas de viajes a los automóviles, se basarán en sistemas de localización geográfica si se realiza una Combinación de DAB con el GSM (sistema de comunicaciones móviles) y/o GSP (sistema de posicionamiento global).

Radio Digital ofrecerá los datos más sofisticados, se habla ya de la inclusión de una EPG -Guía electrónica de programas para la radio- que le permite seleccionar programas por género y preseleccionar lo que escucha.

- *Movilidad.* La radio digital terrenal permite su recepción incluso en movimiento a gran velocidad (por ejemplo, en el receptor de un vehículo). Se minimizan las interferencias y se logra la recepción ininterrumpida de la señal en una única frecuencia, ya que el receptor se encargará de encontrar el repetidor más cercano o eligiendo una opción (deportes, radios libres) el receptor buscará las emisoras locales que emitan ese tipo de programas. Por medio del sistema de transmisión se pueden emitir programas específicos por barrios, ciudades o regiones.

1.14 DESVENTAJAS

Para recibir señales digitales, es necesaria la adquisición de un receptor digital. Sin embargo estos receptores serán capaces, durante la época de transición, de captar también señales analógicas. Dependiendo del modelo su precio varía y algunos costarán más que los radios analógicos. Este es precisamente el principal problema que tiene que enfrentar la radio digital en su etapa inicial; si los costos no bajan los consumidores no se van a sentir tentados por un nuevo modelo de radio.

Este fenómeno ocurre no solo en el Ecuador sino en países en los que aún no se ha implementado la radio digital, es un tanto costoso ponerle fin a la era analógica. Así que el principal reto se convierte en conseguir que esos precios se reduzcan para poder ser adquiridos por los usuarios.

1.15 REGULARIZACIÓN

1.15.1 HISTORIA DE LOS ORGANISMOS DE REGULACIÓN

Antes de hablar acerca de los Organismos de Regulación en el Ecuador, mencionaremos los hechos más destacados que motivaron la creación de estos importantes Organismos del sector.

1972. Se crea el IETEL: Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones, acogiendo a las empresas locales y de larga distancia.

1992 Mediante la promulgación de la Ley Especial de Telecomunicaciones, se transforma el IETEL en Empresa Estatal de Telecomunicaciones: EMETEL, y se crea la Superintendencia de Telecomunicaciones como ente de regulación y control.

1995 Se promulgan reformas a la ley de 1992 y se crea el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL, como ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el país y se le otorga la representación del Estado para ejercer a su nombre esas funciones. Se le reconoce la calidad de Administración del Ecuador ante la U.I.T. Con las mismas reformas a la mencionada ley se crea la SNT, Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, como ente encargado de la ejecución de la política de telecomunicaciones en el país. La SUPTEL, Superintendencia de Telecomunicaciones pasa a desempeñar funciones de control y monitoreo del espectro

radioeléctrico, así como supervisión y control de operadores y concesionarios.

2000 En el mes de marzo se realizaron reformas a la Ley Especial de Telecomunicaciones, enfatizando el régimen de libre competencia en todos los servicios y la protección de los derechos de los usuarios. Además de la independencia de funciones que fueron otorgadas a los organismos creados, esto es: el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), como ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el Ecuador, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SNT), como ente encargado de la ejecución e implementación de las políticas emanadas por el CONATEL, incluyendo el Plan Nacional de Frecuencias aprobado por este organismo, (excepto las bandas de radio y televisión de competencia del CONARTEL y las de servicio móvil marítimo administrados por la Armada Nacional); y, la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) como el organismo de control y monitoreo del espectro radioeléctrico, así como de supervisión y control de operadores y concesionarios.

2009 Se crea el Ministerio de Telecomunicaciones MINTEL, de la fusión de los organismos que participaban antes en el área: el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL) y el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), que ahora se fusionan.

2012 La Asamblea Nacional, encabezada por el asambleísta Mauro Andino, preparan una nueva Ley de Telecomunicaciones, para mejorar entre otras cosas el espectro electromagnético en el país.

En la actualidad CONATEL ha asumido las competencias y atribuciones que estaban a cargo del CONARTEL, mientras que las funciones administrativas que ejercía el Presidente del CONARTEL son dirigidas por la SENATEL.

1.15.2 LEY ESPECIAL DE TELECOMUNICACIONES

La Ley Especial de Telecomunicaciones, rige todo el sector de Telecomunicaciones, fue aceptada y puesta en vigencia el diez de agosto de 1992 con sus diversas reformas en años posteriores siendo la última el trece de marzo del 2000.

Entre sus aspectos más importantes la presente ley cita:

“Mediante esta ley se crea el Consejo Nacional de Telecomunicaciones como ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el Ecuador, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones como ente encargado de la ejecución de las políticas en telecomunicaciones, y, nuevas funciones a la Superintendencia de Telecomunicaciones específicamente el control y monitoreo del espectro radioeléctrico.”

Esta ley está conformada por treinta y nueve artículos distribuidos en siete capítulos que abarcan temas como Aspectos fundamentales, tasas y tarifas, Plan de Desarrollo de las Telecomunicaciones, usuarios, sanciones, Organismos de Regulación como son Consejo Nacional De Telecomunicaciones, Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, y la Superintendencia De Telecomunicaciones, Régimen de libre competencia entre otros.

1.15.3 . ORGANISMOS DE REGULACIÓN Y CONTROL EN EL ÁREA DE TELECOMUNICACIONES

Los organismos encargados de la administración, regulación y control del Sector de Telecomunicaciones en Ecuador son: Ministerio de Telecomunicaciones MINTEL, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL; la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, SENATEL; y, Superintendencia de Telecomunicaciones, SUPERTEL.

²⁵“El MINTEL es el organismo rector del desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación que incluyen las Telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico. Tiene la finalidad de emitir políticas, planes generales y realizar el seguimiento y evaluación de su implementación, coordinar acciones de apoyo y asesoría para garantizar el acceso igualitario a los servicios y promover su uso efectivo”.

²⁵ Decreto Ejecutivo Nro. 8 del 13 de Agosto del 2009

²⁶“El Consejo Nacional de Telecomunicaciones tendrá la representación del Estado para ejercer, a su nombre, las funciones de administración y regulación de los servicios de telecomunicaciones, y es la Administración de Telecomunicaciones del Ecuador ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones”

El CONATEL está integrado por un representante del Presidente de la República, que será quien preside el consejo, el Jefe del Comando de las Fuerzas Armadas; el Secretario General del Consejo Nacional de Desarrollo (CONADE); el Secretario Nacional de Telecomunicaciones; El Superintendente de Telecomunicaciones; un representante designado conjuntamente por las Cámaras de Producción.

Entre las funciones del CONATEL están: dictar políticas de Estado con relación a las Telecomunicaciones; la aprobación de Planes, normas pliegos tarifarios, el uso del espectro, regulación y control de equipos y servicios de telecomunicaciones; además tienen la potestad de establecer términos, condiciones y plazos para otorgar las concesiones y autorizaciones del uso de frecuencias entre otras.

Por otro lado la SENATEL es el ente encargado de la ejecución de la política de telecomunicaciones en el Ecuador. Cuya misión es la siguiente:

²⁷“Promover el desarrollo armónico del sector de las telecomunicaciones, radio, televisión y las TIC, mediante la administración y regulación eficiente del espectro radioeléctrico y los servicios, así como ejecutará las políticas y

²⁶Ley Especial de Telecomunicaciones. Título I. Art. 1

²⁷ Resolución SNT-2006-008 del 19 de enero del 2006

decisiones dictadas por el CONATEL, con el fin de contribuir con el desarrollo de la sociedad”

Entre algunas de las funciones del SENATEL están: Cumplir y hacer cumplir las resoluciones del CONATEL; Ejercer la gestión y administración del espectro radioeléctrico; Elaborar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones y someterlo a consideración y aprobación del CONATEL; de manera similar se elaboran el Plan de frecuencias y normas de homologación y regulación; Suscribir contratos de concesión para la explotación de servicios de telecomunicaciones y para el uso del espectro radioeléctrico siempre que ellos sean autorizados por el CONATEL Otorgar la autorización necesaria para la interconexión de las redes; entre otras.

La Superintendencia de Telecomunicaciones tiene como misión ²⁸“Vigilar, auditar, intervenir y controlar técnicamente la prestación de los servicios de telecomunicaciones, radiodifusión, televisión y el uso del espectro radioeléctrico, para que se proporcione con eficiencia, responsabilidad, continuidad, calidad, transparencia y equidad; fomentando los derechos de los usuarios a través de la participación ciudadana, de conformidad al ordenamiento jurídico e interés general.”

Entre algunas de las funciones de este organismo de control están: Cumplir y hacer cumplir las resoluciones del CONATEL; El control y monitoreo del espectro radioeléctrico; El control de los operadores que exploten servicios de telecomunicaciones; además se encarga de la supervisión del cumplimiento de los contratos de concesión para la explotación de los servicios de

²⁸ www.supertel.gob.ec/index.php/Organizacion/Mision-y-vision.html

telecomunicaciones; normas de homologación y regulación que apruebe el CONATEL; controla la correcta aplicación de los pliegos tarifarios aprobados por el CONATEL; controlar que el mercado de las telecomunicaciones se desarrolle en un marco de libre competencia, con las excepciones señaladas en esta Ley; juzgar y sancionar a las personas naturales y jurídicas que incurran en las infracciones señaladas en la Ley Especial de Telecomunicaciones.

1.15.4 ORGANISMOS INTERNACIONES DE REGULACIÓN

La Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU es un organismo especializado de la ONU que se encarga de la regulación de las telecomunicaciones a nivel mundial. El personal especializado de la ITU elabora normas técnicas que garantizan la interconexión continua de las redes y las tecnologías, además de buscar las mejores técnicas para mejorar el acceso a las TIC. Estos documentos se denominan RECOMENDACIONES, y por este mismo hecho no tienen el carácter de obligatorio, pero a nivel internacional son tomadas muy en cuenta como su norma primordial. Este organismo nació en el año de 1934, su sede se encuentra en Ginebra (Suiza) y se encuentra distribuido en tres sectores:

- 2 UIT-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (antes CCITT).
- 3 UIT-R: Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones (antes CCIR).
- 4 UIT-D: Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT

El Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT R) es el organismo encargado de coordinar el amplio campo de servicios de radiocomunicaciones,

y se encarga de la gestión internacional del espectro de frecuencias radioeléctricas y las órbitas de los satélites.

CAPITULO II

ESTÁNDARES DE TRANSMISIÓN TERRENA PARA RADIO DIGITAL

2.1 INTRODUCCIÓN

Para todos es conocido la imperiosa necesidad de desarrollar sistemas que mejoren la calidad de la radio actual y que de la misma manera brinde servicios adicionales, ya que los usuarios son cada vez mas exigentes en cada uno de los nuevos servicios que se ofrecen en la actualidad y la radio no puede ser la excepción. Es así que a finales del siglo XX, principios del siglo XXI, se empezaron a difundir sistemas que sean de utilidad tanto para los oyentes como para radiodifusores, todas ellas se han basado en distintas filosofías de creación principalmente buscado adaptarlas a las necesidades de sus países creadores y además algunos de ellos buscan la manera más factible de transición entre el sistema analógico a digital.

En la actualidad son cuatro los estándares difundidos a nivel mundial los cuales se mencionan a continuación:

DAB (Digital Audio Broadcasting).- Este estándar empezó a difundirse a finales del segundo trimestre de 1995 en el Reino Unido, además de él otros países que utilizan este estándar son España, Italia, Suecia, Alemania, Francia Bélgica, Canadá y algunos países asiáticos, como China. Este sistema emplea para su transmisión la banda III (de los 174 a 230 MHz.) y banda L (de los 1452 a 1467MHz. Aunque también en determinados países es posible la transmisión en la banda UHF. Su principal ventaja es su gran calidad de audio, sin consumir demasiados recursos. Sin embargo DAB no permite la convivencia de los sistemas digital y analógico al mismo tiempo. Se han desarrollado algunas variantes de este sistema que pretende cubrir brechas o debilidades de este sistema entre las que se pueden mencionar DAB+, DMB, etc. Los precios de los receptores para este sistema fluctúan entre los 40 y 230 euros.

IBOC (In-band On-channel).- El sistema IBOC fue aprobado como estándar en abril de 2005. Entre los países que han adoptado este sistema están Estados Unidos de América, Tailandia, Indonesia, Nueva Zelanda, Brasil, Filipinas, Panamá, República Dominicana y Puerto Rico. Las bandas de transmisión utilizadas son inferiores a 30MHz. (AM), incluyendo así frecuencias de 535 a 1710 KHz. y en FM 88 a 108 MHz. Este sistema brinda la posibilidad de convivencia de la señal analógica y digital al mismo tiempo, aunque esto puede producir solapamientos, disminuyendo así la calidad de la señal. Los precios de los receptores fluctúan entre los 150 y 300 dólares.

DRM (Digital Radio Mondiale).- Fue desarrollado por el consorcio del mismo nombre conformado por fabricantes y radiodifusores de todo el mundo, en el año 1996. Algunas emisoras que se difunden a través de DRM son BBC World Service, HCJB, Radio Canadá International, Radio TelefísÉireann (Irlanda), Radio Exterior de España y Rai (Italia), Reino Unido está estudiando la posibilidad de introducir DRM en onda media para este año y la BBC ha realizado pruebas con una radio local en Devon, Inglaterra. El sistema funciona en frecuencias menores a los 30 MHz. (Onda larga, media y corta), en amplitud modulada aunque también se ha lanzado al mercado DRM+ en frecuencia modulada. Una ventaja sobresaliente de este sistema es permitir la convivencia de señales analógicas y digitales.

ISDB-TSB (Integrated Service Digital Broadcasting).-Este sistema perteneciente a la familia de sistemas ISDB-T se lanzó al mercado en Japón en el año 2003, a diferencia de los demás estándares ISDB-T es un sistema multimedia, que pretende captar tanto señales de televisión como de radio, además de servicios de datos en un mismo equipo; es decir un receptor portátil ISDB-TSB (Terrestrial Sound Broadcasting) puede recibir TV estándar, así como también sonido de calidad CD y datos. Este sistema trabaja en frecuencias entre 76 y 90MHz. Su ventaja más destacada es la calidad de audio que ofrece aún en condiciones de movilidad. El estándar utilizado para radio digital se ha difundido principalmente en Japón, aunque dado que es un estándar multimedia se ha difundido en varios países de Latinoamérica como estándar de televisión; algunos de ellos son Brasil (Con su modificación) Perú

Argentina Paraguay, en incluso Ecuador lo ha adoptado como la norma oficial para televisión digital.

El presente capítulo busca desarrollar cada uno de los estándares con sus respectivas características tanto generales como técnicas lo que nos permitirá analizar más adelante que estándar posee mayores posibilidades de adaptarse a nuestro país.

2.2 ESTÁNDAR DIGITAL AUDIO BROADCASTING

2.2.1 HISTORIA

DAB ha sido desarrollado desde 1981 en el Instituto de Radio Tecnología (IRT) Institut für Rundfunktechnik (centro de investigación de las cadenas alemanas). En el año de 1985 se realizó la primera demostración DAB que se celebró en la Conferencia Mundial de Radio Comunicaciones en Ginebra y en 1988 se realizaron las primeras transmisiones de DAB en Alemania.

DAB fue desarrollado como un proyecto de investigación de la Unión Europea, que comenzó en 1987. El Instituto Europeo de estándares de Telecomunicaciones ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*) eleva en 1995 al DAB a la categoría de estándar único europeo.

A partir de ese año empezaron las transmisiones regulares de DAB, el primer país fue Reino Unido y progresivamente los demás países europeos fueron apoyando el sistema. Su difusión ha permitido que sea expandido hasta cubrir gran parte del hemisferio norte, donde sólo Estados Unidos y algunos países centroasiáticos no han acogido como estándar.

La norma fue coordinada por el Foro europeo DAB, conformada en el año de 1995 que cuenta con la participación de más de 30 países. En 2006, el Foro Mundial de DAB se convirtió en el Foro Mundial de la DMB que ahora preside tanto el estándar DAB y DMB, este mismo foro, encargó a su Comité Técnico llevar a cabo los trabajos necesarios para adoptar el códec AAC+ de audio y fortalecer la corrección de errores de codificación.

Si hablamos de costos, la implementación de una radiodifusora análoga implica la adquisición un transmisor y una frecuencia propia por cada emisora. El sistema DAB por otro lado combina compresión y *multiplexing* para permitir la difusión de varios programas simultáneamente con un solo transmisor y una única frecuencia lo que representa un significativo ahorro económico ya que varias emisoras pueden transmitir con un solo transmisor, compartiendo los costos de adquisición y mantenimiento.

En la práctica existen empresas que poseen la propiedad de estos transmisores y son ellos quienes alquilan este servicio a varias radiodifusoras y se ocupan además de su mantenimiento.

Una característica muy importante de DAB es que está basado en estándares públicos que permiten que cualquiera pueda desarrollar nuevos servicios y aplicaciones

Se puede decir que el sistema DAB ha llegado a evolucionar el sistema de radio tradicional ya que ésta por ser analógica nunca lograría por si sola obtener las ventajas que el sistema DAB ofrece.

DAB fue el primer estándar basado en la técnica (OFDM) de modulación, que desde entonces se ha convertido en uno de los sistemas de transmisión más popular para los modernos sistemas de comunicación digital de banda ancha. El códec MPEG-1 Audio Layer II ("MP2") fue creado como parte del proyecto Eureka 147.

2.2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Entre las principales características de este estándar están:

Calidad de sonido: El estándar DAB consigue disminuir el ancho de banda a él asignado. Dado que no todos los sonidos contenidos en la trama en ese momento son percibidos por el oído humano, y por tanto no es necesario transmitirlos, a fin de conseguir este propósito DAB utiliza un sistema de compresión de sonido llamado MUSICAM.

Utilización del espectro.- El sistema DAB utiliza eficientemente el espectro y la potencia, pues trabaja en un único bloque de transmisión de potencia. Logra cubrir áreas locales, regionales, nacionales e internacionales.

Recepción de la señal.- DAB utiliza el sistema de transmisión COFDM que maneja un sistema de codificación para distribuir la información entre un elevado número de frecuencias. Con el cual se disminuyen los efectos que la propagación multitrayecto, producidas por las reflexiones en construcciones u obstáculos naturales que se presenten protegiendo la información contra perturbaciones e interferencias.

Movilidad.- El sistema DAB requiere una intensidad de campo bajo, lo que permite que la tecnología sea mucho más móvil que otros estándares.

Rango de frecuencias de transmisión: El sistema DAB Transmite en la banda III (174–240 MHz.) y la banda L (1452–1492 MHz.), aunque está diseñado para poder funcionar en el rango de frecuencias de 30 MHz. a 3.000 MHz. Ya que en algunos países como EEUU la banda L se encuentra asignada para uso militar.

Flexibilidad: Los servicios pueden estructurarse y configurarse dinámicamente. El sistema puede acomodar velocidades de transmisión entre 8 y 380 kbit/s incluyendo la protección adecuada.

Capacidad: Cada bloque (múltiplex) tiene una capacidad útil de aproximadamente 1,5 Mbit/s, lo que por ejemplo permite transportar 6 programas estéreo de 192 kbit/s cada uno, con su correspondiente protección, y varios servicios adicionales.

Servicios adicionales: Conjuntamente con la señal de audio digitalizada en un mismo receptor, se transmiten información adicional a través de una pantalla incorporada en él.

Usuarios en general.- Títulos musicales, autor, texto de las canciones en varios idiomas, fecha y hora, radio búsqueda, sistema de aviso de emergencia, información de tráfico, sistema de posicionamiento global, etc.

Grupos de usuarios.-Cancelación de tarjetas de crédito robadas, envío de imágenes y textos a tableros de anuncios electrónicos, etc.

Amplia gama de receptores DAB es el sistema más desarrollado en el mundo, es posible acceder a los servicios de DAB en una amplia gama de equipos receptores, hay más de 980 modelos de receptores en el mercado y sus precios van desde los 32 euros. Entre algunos tipos de modelos podemos enumerar:

- *Componentes de Alta Fidelidad:* Fueron los primeros radios digitales en ser lanzados al mercado son componentes de alta fidelidad o aparatos separados que pueden conectarse en sistemas pre-existentes, poseen una pantalla incorporada que permite mostrar informaciones relacionadas con el programa transmitido. Existen de dos tipos: Sintonizadores exclusivamente de DAB o sistemas combinados de DAB y FM/AM tradicional.
- *Tarjetas de audio digital para PC:* Además de permitir sintonizar programas radiales permite acceder a nuevos servicios de información. Ya se trabaja en la posibilidad de transmitir hojas de fax o páginas de Internet.
- *Receptores para automóviles:* consisten en una unidad compatible de DAB con CD y con un receptor de radio tradicional incluidas en una caja. Puede ir instalada debajo de los asientos o en el maletero del automóvil.
- *Receptores Portátiles:* En la Actualidad son del tamaño de un teléfono móvil celular y su precio medio ronda los 30 euros.

DAB, permite la transmisión de los servicios básicos de programas de audio de diferentes clases y tasas binarias entre 8 y 384 kbit/s. Entre los servicios de datos pueden estar: informaciones vinculadas a los programas, radiotexto, información comercial, mensajes de tráfico, informaciones para grupos de usuarios, video digital, etc.

2.2.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA

2.2.3.1 PROTOCOLO MOT (RO MOT) RULES OF OPERATION FOR THE MULTIMEDIA OBJECT TRANSFER PROTOCOL

MOT es un protocolo de transporte para la transmisión de contenido multimedia en canales de datos DAB a varios tipos de receptores con capacidades multimedia.

Existen diversas posibilidades para la transmisión de información, las mismas que vienen agregadas en el mecanismo común de transporte para los diferentes canales de datos de DAB, eso significa que el acceso al contenido multimedia está incorporado en el sistema DAB.

MOT garantiza interoperabilidad entre los diversos servicios de datos y tipos de aplicación, así como también con los diferentes dispositivos receptores que pueden ser del mismo o varios fabricantes.

El principal propósito del protocolo MOT es transmitir objetos de longitud finita de una fuente de información (un proveedor de contenidos o servicios) a un destino (un terminal).

2.2.3.1.1 Ventajas del protocolo MOT son:

No aplica restricciones al contenido que pueda ser transmitido.

Tanto la segmentación como la transmisión de paquetes son transparentes a la aplicación del usuario.

El estándar MOT existente puede ser ampliado de manera que sea compatible con el anterior.

Se debe especificar que el protocolo MOT, es utilizado para el nivel de transporte mas no para el nivel de aplicación, sin embargo contiene información básica de la administración de objetos y de la presentación del contenido multimedia.

El protocolo MOT, está limitado por el tamaño de los objetos que pueden ser transmitidos, que responde al tamaño máximo del cuerpo cuya limitación real es igual a 255MB.

EL campo Tamaño de Cabecera (Header Size), es el que limita (desde 1 byte a 8 Kbytes) cualquier información que pueda llevarse en la cabecera.

Existen dos métodos de transmisión en DAB para transportar objetos que son:

- El modo paquete
- El PAD (Datos asociados al programa).

2.2.3.1.2 Transmisión de Archivos en Formato MOT sobre DAB

Primero se debe reconocer el archivo, seguidamente crear la cabecera MOT, ésta tendrá tanto la identificación pura del fichero, como información adicional.

El cuerpo del MOT está referido como el fichero o el archivo, así si se obtiene el objeto con la cabecera más el cuerpo y está listo para la segmentación.

En esta fase de segmentación la estructura utilizada por los mecanismos para el transporte de datos son los grupos de datos MSC (Canal de Servicio Principal). En este proceso la cabecera del MOT y el cuerpo son segmentados de manera diferente el cuerpo se divide en segmentos de igual tamaño transportados en diferentes tipos de grupos MSC y el último segmento tendrá los bytes restantes.

El tamaño de los segmentos de la cabecera y el cuerpo son independientes, las consideraciones que se toman para realizar la segmentación son:

- Suministrar robustez a la transmisión.
- Facilitar la administración de segmentos en el decodificador de datos DAB.
- Minimizar la cabecera.

Este proceso se realiza en el nivel de transporte, a continuación del nivel de red, aquí se forman los paquetes de dos maneras diferentes: modo paquete o modo grupo de datos.

2.2.3.1.3 Parámetros de la cabecera:

Cabecera Básica.- Contiene datos importantes sobre el cuerpo, con campos como Tipo Contenido y Subtipo Contenido, los mismos que especifican exactamente el tipo información que contiene el cuerpo (Texto, Imagen, Audio, Vídeo, Transporte MOT, Sistema, Datos generales o Tabla propietaria); la cabecera básica se completan con los campos Tamaño Cuerpo y Tamaño Cabecera.

Cabecera De Extensión.- Tiene parámetros como, identificación, (Data Field Length) que indica el tamaño, (Data Field) define el valor del campo, Start Validity y el Expire Time, que indican al decodificador MOT a partir de qué momento podrá ser presentado un objeto MOT o invalidado respectivamente, y el parámetro Trigger Time que indica en qué momento exacto se debe mostrar el objeto después de la recepción.

Existe una sola versión de un objeto identificador en Nombre Contenido, el mismo que es obligatorio, y no se encuentra en la cabecera básica, identifica a todos los objetos MOT. Se debe especificar que no está permitido transmitir simultáneamente dos versiones del mismo objeto.

2.2.3.1.4 Modelo MOT e Interfaces

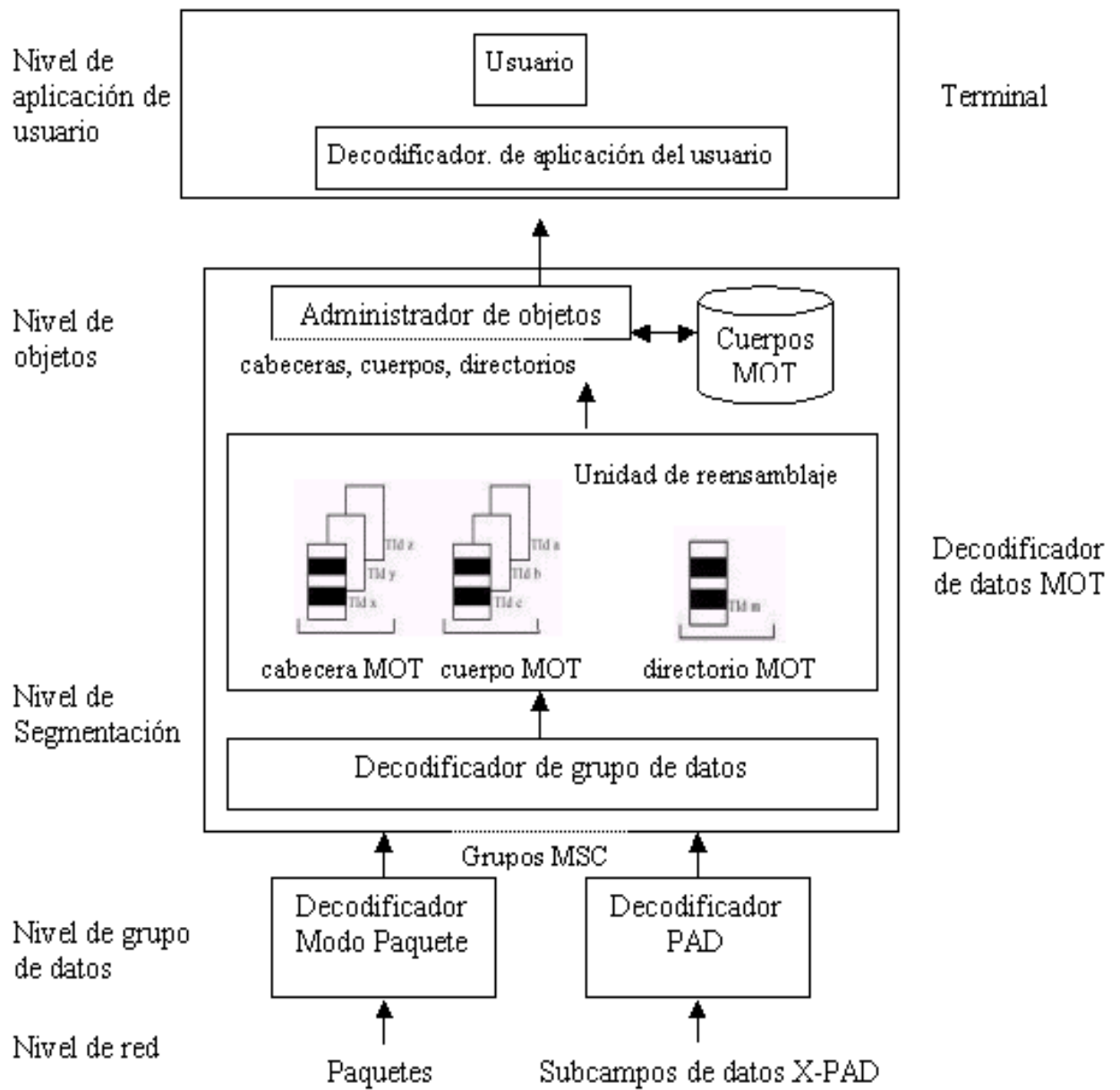


FIGURA II. 1 MODELO MOT²⁹

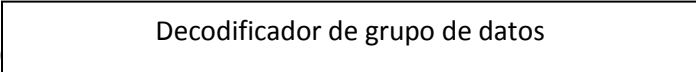
Decodificador MOT

Nivel de red.-

En el modo paquete, la dirección del paquete debe usarse para identificar el servicio en particular dentro del subcanal. La validación de cada paquete se verifica evaluando el CRC (Suma de comprobación) del paquete.

En el modo X-PAD, el tamaño del grupo de datos MSC viene del indicador Tamaño (Length) del grupo de datos inmediatamente precedido del comienzo del grupo de datos MOT.

Nivel de grupo de datos.-

La comprobación de cada uno de los grupos de datos MSC se verifica valorando su  datos del grupo MSC contiene un segmento completo. El correspondiente número de segmento y el TransportId los aporta la cabecera de sesión del grupo de datos.

Nivel de segmentación y nivel de objeto:

El decodificador de datos MOT está formado por dos partes:

La unidad de re-ensamblaje que re-ensambla cabeceras, cuerpos y directorios MOT.

²⁹ **FUENTE:** JAIME MARTÍN JIMÉNEZ Sistema DAB (Digital Audio Broadcasting) pp 13.

El administrador de objetos que controla a la unidad de re-ensamblaje, guardando los objetos recibidos y maneja las peticiones de la aplicación del usuario.

Tipos de grupos:

- Tipo 3:son de cabecera MOT
- Tipo 4 son los cuerpos MOT
- Tipo 5 son un cuerpo MOT y los parámetros CA,
- Tipo 6 son directorios MOT
- Tipo 1 son mensajes CA (Acceso Condicional), es decir, servicios de pago.

Los modos de operación del codificador:

El decodificador tendrá que trabajar en dos modos, Modo cabecera y modo directorio. Tanto la unidad de re-ensamblaje como el administrador de objetos están en el mismo modo.

Modo Cabecera (Aquí se procesan tanto cabeceras como cuerpos).-La unidad de re-ensamblaje evalúa consecutivamente los grupos de datos que llegan, ésta debe estar preparada para que muchos objetos se transmitan aplicando intervalos, por lo tanto se codifican casi en paralelo.

En esta unidad se mantiene una lista con TransportId de las cabeceras MOT, que es enviada al administrador de objetos por si hubieran más cabeceras con el mismo TransportId, estas sean apartadas. Cuando el MOT retira una

cabecera de su memoria, se lo comunica a la unidad de re-ensamblaje, entonces se eliminará el TransportId, y seguirá aceptando cabeceras TransportId.

Modo Directorios (Se encarga de procesar directorios y cuerpos).- La unidad de re-ensamblaje es independiente del modo en el que esté la unidad de reensamblaje MOT. Cuando el administrador haga una petición de cuerpo, esta unidad recibe una petición que incluirá TransportId y el tamaño de los cuerpos y quizá también el Tamaño Segmento (si se da en un directorio MOT) indicando que los cuerpos están siendo re-ensamblados. La unidad de re-ensamblaje puede entonces asignar memoria para los cuerpos requeridos.

Las objetos se almacenan en la unidad de administración y así permiten que las aplicaciones los pidan, que pueden hacerlo por ejemplo a través del su Nombre Contenido, o por etiqueta MOT, esto se permite que se reduzca el tiempo de acceso incluyendo también algunas estrategias de caché.

Además evalúa algunos parámetros MOT, para verificar que estos parámetros estén disponibles a la aplicación del usuario. Cuando un objeto expira debido al parámetro Expire Time, es quitado de la memoria y advierte a la aplicación de esto.

Nivel de aplicación

La descripción del nivel de aplicación de usuario no es parte de MOT, éste nivel pide objetos al decodificador MOT y los muestra.

2.2.3.1.5 Mecanismos de transmisión

Los Mecanismos de transmisión son los que permiten al receptor recuperar los datos y objetos perdidos, esto asegura una correcta recepción, para cumplir con ello se utiliza los siguientes métodos:

Repetición en el nivel de grupo de datos.- Los grupos de datos MSC(Main Service Channel) contienen segmentos MOT que son transmitidos más de una vez con el mismo contenido de datos.

Repetición en el nivel de objetos.- Es más confiable que la repetición en el nivel de grupo de datos. Se transmite un objeto más de una vez con el mismo TransportId, la misma segmentación y el mismo contenido en cabecera y cuerpo.

Retransmisión de objetos.- El objeto conserva el mismo Nombre Contenido en todas las retransmisiones asignando un nuevo TransportId si cambia algún parámetro.

Inserción de cabeceras MOT.- Se realiza transmisiones adicionales de la cabecera MOT junto a las repeticiones permitiendo a los decodificadores que pierdan la cabecera y la parte inicial de un objeto empezar a recoger las subsecuentes partes del objeto.

Se utiliza generalmente un mecanismo que permite transmisión/recepción de objetos en paralelo, el mismo que es el intercalado de objetos en el flujo MOT. Esta puede ser una transmisión de tipo cíclica o no cíclica.

Transmisión No Cíclica.- Es utilizada cuando se necesita sólo durante un período de tiempo un objeto, esta transmisión genera un problema cuando se realiza repetidamente y un receptor sintoniza después del inicio de esta transmisión ya que no podrá recibir los datos al no tener el inicio.

Transmisión Cíclica.- Esta transmisión evita el problema de la transmisión no cíclica ya que está orientada a las aplicaciones de usuario que necesitan tener objetos disponibles en el terminal durante mucho tiempo. Cada objeto se transmitirá muchas veces de manera consecuyente, esperando un período entre cada transmisión. Si se solicita un objeto MOT que no se encuentre en memoria, se espera al siguiente ciclo, e incluso dentro del mismo ciclo se puede repetir el mismo objeto.

Los objetos en un flujo cíclico MOT, se identifican por su Nombre Contenido, sin embargo es recomendable transmitir continuamente objetos importantes para mejorar el acceso al servicio.

2.2.3.2 GENERACIÓN DE LA SEÑAL EN DAB

En el siguiente gráfico se puede observar cómo se genera la señal DAB, cada señal de servicio se codifica de forma individual en la fuente, a continuación, los servicios son multiplexados en el canal de servicio principal (MSC) de acuerdo a un canal predeterminado, pero la configuración es ajustable. La salida del multiplexor se combina con el Multiplex de Control de Información de Servicio (FIC), que viajan en el canal de información rápida para formar los

cuadros en la transmisión de multiplexor. Por último, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) se aplica a la forma de la señal DAB, que consiste en un gran número de portadores. La señal es entonces incorporada a la banda de radio frecuencia que corresponda, amplificados y transmitidos.

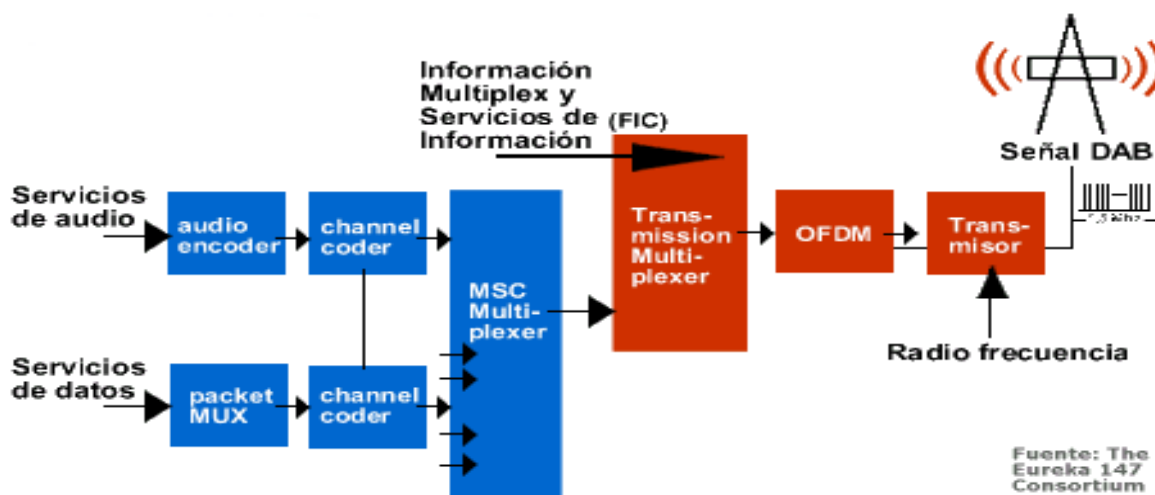


FIGURA II. 2 GENERACIÓN DE LA SEÑAL DAB³⁰

2.2.3.3 RECEPCIÓN DE UNA SEÑAL DAB

La siguiente figura muestra un receptor DAB conceptual. El conjunto DAB está seleccionado en el sintonizador analógico. La salida digitalizada se introduce en el demodulador OFDM y un decodificador de canales para eliminar los errores de transmisión. La información contenida en el FIC se pasa a la interfaz de usuario para la selección de servicios y se utiliza para configurar el receptor

³⁰ FUENTE: JAIME MARTÍN JIMÉNEZ Sistema DAB(Digital Audio Broadcasting) pp10

adecuado. Los datos MSC son procesados en un decodificador de audio para producir las señales de audio izquierdo y derecho o en un decodificador de datos (paquetes Demux), según corresponda.

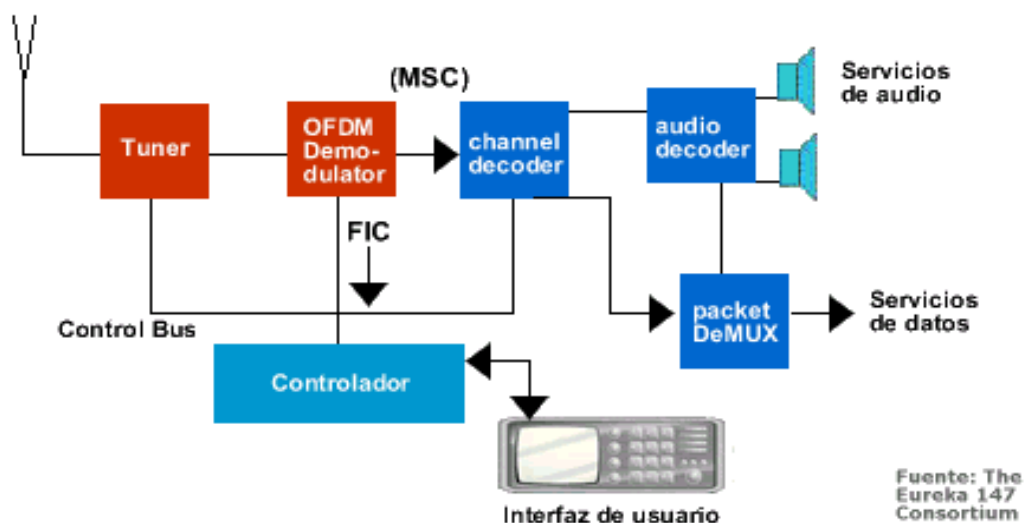


FIGURA II. 3RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DAB³¹

En el sistema DAB la señal fuente es un audio de calidad muestreado con $f_s=48$ KHZ. y codificado en PCM con 16 bits por muestra, utiliza el formato MUSICAM, cuyo objetivo final es conseguir una calidad de disco compacto, manteniendo una tasa binaria limitada. Se trata de una técnica de codificación perceptual en sub-bandas con un nivel de cuantificación variable, en las cuales la asignación de bits a cada una de ellas pretende optimizar la relación señal ruido; la transmisión en cada una de ellas depende de su umbral de percepción así como también del enmascaramiento debido a las demás bandas.

³¹ FUENTE: JAIME MARTÍN JIMÉNEZ Sistema DAB(Digital Audio Broadcasting) pp10

La señal digital por cada canal de audio es de 768 kb/s, y dependiendo del modo de codificación que se utilice existen varios algoritmos de compresión del codificador que reducen esta tasa en diferente cuantía. Por otro lado buscando reducir costos en la fabricación de los receptores, se ha diseñado la carga de procesado de forma asimétrica de tal manera que sea menor en el decodificador que en el codificador.

| MODO | SEÑAL | GAMA DE TASAS BINARIAS |
|------|----------------------------------|--------------------------|
| 1 | MONOCANAL | 32-192 |
| 2 | ESTÉREO (CANALES R Y L) | 64- 384 (excepto 80Kbps) |
| 3 | DUAL(DOS CANALES INDEPENDIENTES) | 64- 384(excepto 80Kbps) |
| 4 | ESTÉREO COMBINADA(CONJUNTA LY R) | 64- 384(excepto 80Kbps) |

TABLA II. IMODOS DE TRANSMISIÓN DAB³²

2.2.3.4 MODOS DE TRANSMISIÓN

Eureka 147 o DAB ha definido de ancho de banda de 1,5 MHZ. para el canal, entonces se establecen cuatro diferente modos de transmisión en función de las bandas de frecuencia de transmisión³³:

Modo I: 1536 portadoras. Este modo se ha establecido para transmisiones hercianas terrenales, en frecuencia por debajo de 300 MHZ. Es el apropiado

³² FUENTE: JOSÉ MARÍA HERNANDO RÁBANOS. *Transmisión por Radio. Cap 8 pp593.*

³³ Fuente: Anexo: TICs para un edificio de viviendas de alta calidad Por: Guillermo Calero González

para redes de frecuencia única y, por lo tanto, para implementar servicios de radiodifusión sonora de ámbito nacional. Permite distancias entre transmisores de hasta 60 Km.

Modo II: 384 portadoras. Modo que se establece en la banda hasta 1,5 GHZ, poco adecuado para redes de frecuencia única, ya que permite distancias entre transmisores muy pequeñas. Es adecuado para servicios locales y regionales.

Modo III: 192 portadoras. Modo definido para transmisiones de radiodifusión sonora digital por satélite, en frecuencias por debajo de 3 GHZ. La WARC-92, consideró para estos servicios 1,5; 2,3 y 2,6 GHZ, pero recomendó, por motivos económicos y técnicos, la utilización de la banda de 1,5 GHZ. Este modo es el adecuado para servicios que exceden al país y para coberturas nacionales.

Modo IV: 768 portadoras. Es el último que fue definido y añadido a la especificación original. Se trata de establecer redes de frecuencia única utilizando los emplazamientos actuales de los transmisores de FM, servicios de ámbito nacional. Es menos resistente al ambiente urbano.

A continuación se muestra una tabla con las características de cada uno de los modos antes mencionados:

| CARACTERISTICA | | | MODO | | | | RELACION |
|----------------|--------------------------------|---------------------|------|------|------|------|----------|
| | | | I | II | III | IV | |
| A | PERÍODO DE SIMBOLO | T _{SIMB} | 1246 | 312 | 156 | 623 | |
| B | TIEMPO UTIL | T _μ (μS) | 1000 | 250 | 125 | 500 | |
| C | TIEMPO DE GUARDA | T _g (μS) | 246 | 62 | 31 | 123 | C=A-B |
| D | NUMERO DE PORTADORAS | N | 1536 | 384 | 192 | 768 | |
| E | NUMERO DE BITS POR SIMBOLO | | 3072 | 768 | 384 | 1536 | E=2.D |
| G | PERÍODO DE TRAMA | T _t (μS) | 96 | 24 | 24 | 48 | |
| H | BLOQUES FIB POR TRAMA | | 12 | 3 | 4 | 6 | |
| I | BITS FIB CODIFICADOS POR TRAMA | kbit/s | 9216 | 2304 | 3072 | 4608 | I=768.H |
| J | VELOCIDAD MEDIA FB | kbit/s | 96 | 96 | 128 | 96 | J=I/G |
| K | SÍMBOLOS FIC POR TRAMA | | 3 | 3 | 3 | 3 | K=I/E |
| L | CAMPOS CIF POR TRAMA | | 4 | 1 | 1 | 2 | |
| M | DURACIÓN SÍMBOLO NULO | μS | 1297 | 324 | 168 | 648 | |
| N | SÍMBOLOS COFDM POR TRAMA | | 72 | 72 | 144 | 72 | |
| O | SEPARACIÓN ENTRE PORTADORAS | KHZ | 1 | 4 | 8 | 2 | |
| P | ANCHURA DE BANDA | KHZ | 1536 | 1536 | 1536 | 1536 | P=D.N |

TABLA II. II CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE DAB³⁴

2.2.3.5 MULTIPLEXACIÓN DAB

Dependiendo del modo de transmisión que sea seleccionado para la transmisión se estructuran en tramas con la señal múltiplex, junto con las señales de información de control y control de errores.

La trama se divide en tres canales los cuales son:

-*Canal de Sincronización.*- El canal de sincronización está formado por dos símbolos:

-Símbolo nulo de inicio de trama en el que no hay emisión y

-Símbolo de referencia de fase, que se utiliza en demodulación de datos en el receptor.

³⁴ **FUENTE:** JOSÉ MARÍA HERNANDO RÁBANOS. *Transmisión por Radio. Cap 8pp595.*

-Canal FIC (Fast Information Channel).-Transporta información del sistema que indica la naturaleza y estructura de los servicios del MSC, así como su evolución temporal. Debido a que la codificación en el canal FIC carece de entrelazado temporal, el retardo de su decodificación es mínimo, lo que a su vez permite incluir servicios de datos por paquetes tipo LCD (Low Constrained Data) que son sensibles al retardo.

El FIC también se subdivide en bloques FIB (Fast Information Blocks) los que están formados por 256 bits, 240 de datos y 16 de redundancia cíclica. Cada bloque FIB se codifica con un código interno convolucional de tasa 1/3, que origina un conjunto de 768 bits.

Los FIB, a su vez, se dividen en Grupos FIG (Fast Information Groups) que contienen de 1 a 30 bytes, poseen una cabecera de 1 byte que indica la función y tamaño del grupo.

-Canal MSC (Main Service Channel).-Transporta los flujos binarios correspondientes a los programas de multiplex y señales de datos y servicio.

Se subdivide en campos CIF (Common Interleaved Frame). Los cuales tienen un tamaño de 55296 bits cada uno y una duración de 24 ms, por lo que la tasa binaria de la trama CIF es 2,304 Mb/s (55296/24). La capacidad de cada CIF se asigna a los diferentes servicios mediante multiplexación temporal. Cada CIF se divide a su vez en unidades de capacidad CU (Capacity Unit) de 64 bits cada una, Por lo que cada CIF está conformado por 864 CUs (55296/64). La capacidad ofrecida por cada CU es 64/24: 2,67 kb/s.

El FIC transporta la información sobre la asignación de CUs a los diferentes servicios del múltiplex, llamada MCI (Multiplex Configuration Information). Un servicio concreto se inserta en un flujo de varias CU consecutivas que se mantendrán en todas las CIF mientras el servicio esté activo.

El entrelazado temporal aplicado a la codificación de canal se realiza con una profundidad de 16 CIFs. Por consiguiente se produce un retardo en la comunicación (codificación y decodificación) igual a $2 \times 16 \times 24$: 768 ms.

2.2.3.6 MPEG

MPEG Moving Picture Experts Group (Grupo de Expertos en Imágenes Móviles), es un grupo de la ISO y la familia de estándares de compresión y de formatos de archivo de video digital.

ASPEC Y MUSICAM son dos esquemas de codificación que constituyeron los fundamentos para las tres capas de audio del estándar ISO MPEG 1.

MUSICAM fue la base para las capas I y II a tal punto que la capa II es prácticamente idéntica al MUSICAM y Layer I es una versión simplificada de éste. Ambos, Layer I y II cumplieron los requerimientos de la ISO para la tasa de bits de 192 y 128 Kbps respectivamente para la primera mitad de 1991, por lo que su especificación quedó establecida y las aplicaciones pudieron comenzar a hacer uso de ésta.

Layer III combina las mejores ideas de ASPEC y MUSICAM. El proceso de fusión requirió una cantidad de tiempo considerable, gran cantidad de

modificaciones y nuevos desarrollos por lo que su especificación recién estuvo lista para los fines de la primera mitad de 1992. Los primeros productos comerciales para Layer III recién estuvieron disponibles en el mercado en 1993.

Los principales formatos de compresión MPEG son:

³⁵MPEG -1: “Codificación de imágenes en movimiento y audio asociado para medios de almacenamiento digital hasta 1.5 Mbit/s” es el estándar inicial de compresión de audio y vídeo. Proporciona video con una resolución de 352x240 a 30 frames por segundo (fps). Esto produce una calidad de video levemente inferior a la calidad de los videos convencionales VCR. Incluye el formato de compresión de audio de Capa 3 (MP3).

MPEG -2: “Codificación genérica de imágenes en movimiento e información de audio asociada” estándar para audio y vídeo para difusión de calidad de televisión. Ofrece resoluciones de 720x480 y de 1280x720 a 60 fps, con calidad CD de audio. Esto es suficiente para la mayoría de estándares de TV, incluyendo NTSC, e incluso HDTV. MPEG-2 se utiliza para servicios de TV por satélite y señales de TV digital por cable. MPEG-2 puede comprimir un vídeo de 2 horas en algunos gigabytes. Aunque descomprimir una secuencia de datos Mpeg-2 no requiere muchos recursos del ordenador, la codificación a formato Mpeg-2 requiere considerablemente más energía para el proceso.

MPEG-3: La planificación original contemplaba su aplicación a sistemas HDTV; finalmente fue incluido dentro de MPEG-2.

³⁵<http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/presentacion/mpeg.html>

MPEG-4: "Codificación de objetos audiovisuales "algoritmo estándar de compresión de gráficos y video basado en la tecnología de Mpeg-1 y de Mpeg-2 y de Apple QuickTime. Los archivos Mpeg-4 son más pequeños que archivos JPEG o QuickTime, así que se diseñan para transmitir vídeo e imágenes a través de un ancho de banda estrecho y pueden mezclar vídeo con texto, gráficos y capas de animación 2D y 3D.

MPEG -7: formalmente llamado *Multimedia Content Description Interface*, Mpeg-7 proporciona un sistema de herramientas para contenido multimedia. Mpeg-7 se diseña para ser genérico y no apunta a un uso específico.

MPEG -21: Incluye un *Rights Expression Language (REL)* y un *Rights Data Dictionary*. A diferencia de otros estándares MPEG que describen métodos de compresión y codificación, Mpeg-21 describe un estándar que define la descripción del contenido y también los procesos para acceder, buscar, almacenar y proteger el copyright del contenido.

2.2.4 VENTAJAS

Este sistema brinda muchos beneficios algunos de los cuales ya han sido mencionados con anterioridad entre ellas que destacan fundamentalmente la mejora considerable en calidad de sonido comparada con la radio analógica, desde luego si se toma en cuenta las especificaciones técnicas que brinda el Foro DMB, una mejor distribución del espectro radioeléctrico y, su mayor carta de presentación, los servicios adicionales que sin lugar a duda marcan la diferencia entre la radio analógica y la radio digital. A estas ventajas fundamentales se le puede agregar:

Movilidad.- DAB dispone nativamente de un entrelazado temporal de los bits, adecuado para la recepción en movilidad.

Selección de programas fácil El estándar permite la selección de las emisoras disponibles a través de sus nombres en lugar de buscar las bandas de onda como se hace en la actualidad por medio de un menú de texto simple.

A pesar de la variedad de servicios adicionales, los receptores de DAB son simples y fáciles de usar.

2.2.5 DESVENTAJAS

Aunque son varias las ventajas de este sistema, DAB presenta un problema considerable ya que los receptores DAB consumen mucha energía. Por ejemplo, un receptor híbrido FM/DAB consume baterías 6 a 12 veces más rápido con DAB que con FM.

Cuando los radioescuchas mantienen una combinación entre la radio analógica y la radio digital DAB, estas 2 transmisiones muestran un retardo la una con relación a la otra, por lo que lo que se oye es una mezcla confusa al escucharlos a los 2 juntos, dentro de un mismo hogar por ejemplo.

Técnicamente hablando, si consideramos que el sistema DAB está orientado a audio éste no requeriría de niveles de protección muy elevados como, por ejemplo, los requeridos para vídeo, considerando aquello DAB cuenta con una débil codificación de corrección de errores en la capa física, pero esto ha provocado que incluso dentro del área de cobertura, cuando se producen demasiados errores la señal no logra regenerarse adecuadamente y llegando

hasta en algunos casos la pérdida total de la señal. Con la finalidad de cubrir esta falencia, nació el nuevo estándar DAB+.

2.2.6 DAB EN EL MUNDO

El sistema DAB ha llegado a revolucionar el mercado, puesto que la radio analógica nunca lograría ofrecer las ventajas que brinda la radio digital. Aunque el costo económico que esto conlleva debido al cambio de infraestructuras, software, y preparación técnica acerca del tema supone frenar de cierta manera su implantación a nivel mundial. Prácticamente toda Europa recibe la señal de DAB algunos con transmisiones regulares y otros en fase experimental.

2.2.7 DAB+

2.2.7.1 HISTORIA

World DMB que se conocía anteriormente como el Foro WorldDAB ha buscado equilibrar los beneficios de la estabilidad e innovación, mejorando en algunos puntos débiles el estándar DAB, lo que ha provocado mayor confianza en los dueños de radios, en los fabricantes y el mayor mercado los radioescuchas. Este nuevo estándar pretende ofrecer nuevas prestaciones logrando mayor competitividad en el mercado mundial.

Las pruebas de este nuevo estándar se comenzaron a realizar en el 2006, DAB+ se ha estandarizado como ETSI TS 102563. Fue hasta febrero del 2007 su lanzamiento oficial. DAB+ no es compatible con los equipos receptores de DAB. Esta innovación de DAB buscó principalmente la mejora del códec HE-

AAC. Ya que emplea el códec de audio AAC+ lo que lo hace aproximadamente dos veces más eficiente que su antecesor. Se han superado los problemas presentados por la codificación de corrección de error en DAB, lo que ha permitido robustecer en gran medida la calidad de la recepción. Este sistema utiliza un sistema de transmisión similar a la televisión digital, la radiodifusión en VHF Banda III (de los 174 a 240 MHz.) Otra de sus significativas mejoras es el uso más eficiente del espectro. DAB+ también proporciona nuevas características tales como el desplazamiento de texto, EPG, proyección de diapositivas y, en algunos receptores de animación.

2.2.7.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

A continuación se muestra algunas características que ofrece DAB+:

- Utiliza compresión MPEG-4 AAC de alta eficiencia perfil v2 (HE-AACv2). El cual es considerado el códec de compresión más eficiente hasta el momento, a través de la combinación de tres tecnologías:
 - El códec de audio AAC (Advanced Audio Coding).
 - Emplea SBR (Spectral Band Replication), cuya principal función es mejorar los códecs de audio, al combinarse con un códec de compresión de audio. SBR se ha combinado con AAC para formar Mpeg-4 HE-AAC. Así el códec transmite en frecuencias bajas mientras que SBR reconstruye las frecuencias altas basándose en información que proporciona el rango de frecuencias ya comprimido por el códec. Esta información

necesita una tasa mucho menor que la que se requiere para codificar la banda alta de audio con el códec central.

- Estéreo paramétrico (PS): Hoy en día los servicios de DAB+ permiten la transmisión de sonido envolvente superando la calidad de sonido de DAB que transmite en mono o estéreo. Como sucede esto pues, DAB+ transmite información surround junto con la señal estéreo, Aquí podemos suponer dos escenarios, en el primero los receptores estéreo ignorarán dicha información y solo decodificarán la señal estéreo. Por otro lado los receptores con capacidad MPEG Surround reconocerán la señal logrando así reproducir el sonido envolvente.
- HE-AAC v2 ofrece mayor nivel de flexibilidad. Ya que forma una gran estructura la cual permite utilizar AAC normal para altas velocidades de bits, AAC y SBR (HE-AAC) para tasas medias de bits y AAC, SBR y PS (HE-AAC v2) para las tasas de bits bajas.

Así pues un multiplexor usando MPEG Audio de Capa II (DAB) podrá transmitir hasta 9 canales 128kbps, si el multiplexor utiliza HE-AAC v2 (DAB+) podrá transmitir 28 canales a 40kbps y un canal a 32kbps. MPEG Audio Layer II y HE-AAC v2 (DAB and DAB+) permiten la transmisión de 5 canales a través de MPEG Audio Layer II a 128 kbps y 12 canales usando HE-AAC v2 a 40kbps y un canal con HE-AAC v2 a 32 kbps. Es importante recalcar que la calidad de sonido entre el servicio de radio de 128kbps con MPEG Audio Capa II y el servicio de radio de

40kbps con HE-AAC v2 es similar e incluso superior en algunos casos. Resultado así que DAB+ ofrece la misma calidad de audio percibida por DAB en alrededor de un tercio de la tasa de bits.

- El área de cobertura geográfica de los servicios de radio con HE-AAC v2 es un poco más grande que el de los servicios de radio que utilizan MPEG Audio Layer II.
- Entre algunos de los servicios que ofrece DAB+ se pueden mencionar etiquetas dinámicas de información como, título, autor, titulares de noticias, imágenes fijas, anuncios de tráfico o mapas del tiempo.
- MPEG Audio Layer II y HE-AAC v2 pueden coexistir en un solo conjunto.

2.2.7.3 VENTAJAS

Algunas ventajas que ofrece DAB+ son:

- Mayor número de estaciones por multiplexor.
- Mayor gama de emisoras para la elección de radioescuchas
- Brinda servicios multimedia
- Entrega de audio robusto
- Uso más eficiente del espectro radioeléctrico
- Los receptores son compatibles con emisiones que utilicen MPEG Capa II.
- Reducción en los costos de transmisión para estaciones digitales.
- Permite re-ajuste del tiempo de respuesta
- Es posible MPEGSurround.

2.2.7.4 SITUACIÓN DE DAB+ EN EL MUNDO

Varios son los países que han reconocido los beneficios de DAB +. Australia ha tomado DAB+ como su estándar oficial para radio digital, otros países, como Italia, Alemania, Suiza, República Checa, los Países Bajos, Malta, Malasia y China han mostrado interés en este sistema. Por otro lado los fabricantes de receptores aseguran un creciente número de unidades para este sistema.

2.2.8 DMB

2.2.8.1 HISTORIA

Corea siempre ha sido líder en innovación tecnológica y en este sentido han incursionado también en cuanto a radio digital se refiere. El KMIC organizó la “Promotion Conference for Terrestrial Digital Broadcasting” en donde se discutiría la introducción de la radio digital en marzo de 1997. Allí se aconsejó que se adoptara Eureka-147 como el estándar nacional en abril del 2001. Pero no fue hasta diciembre del 2002 cuando se lo realizó. La tendencia comenzó cuando las compañías de telecomunicaciones coreanas se dieron cuenta de la necesidad de aumentar la eficiencia de los limitados recursos de ancho espectral del país. En este punto, la industria coreana dio el primer paso hacia la difusión de radio digital, dándose cuenta de la posibilidad de proporcionar servicios de vídeo y datos, apareciendo a finales de 2002.

De este modo, el desarrollo de la digitalización de la radiodifusión de SDMB ha sido propulsado por la empresa privada, como SK Telecom, mientras que ha sido iniciativa estatal el desarrollo de TDMB.

DMB ha sido desarrollado en Corea por el Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) desde el año 2005, para las transmisiones terrestres basados en una idea del sistema designado como T-DMB (Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting). Aunque las siglas de esa norma coreana sean prácticamente las mismas que la norma china, estas dos no tienen nada que ver, DMB ofrece otras herramientas de codificación de audio y de corrección de errores respecto el modelo DAB y DAB+, DMB posee algunas similitudes con el estándar para televisión móvil DVB-H (Digital Video Broadcasting Handheld).

DMB es la siguiente generación de radiodifusión de servicios digitales, permite que el usuario disfrute de servicios con una calidad de audio como el de un Cd estéreo, además también servicios de video o datos en tiempo real, desde cualquier lugar.

Entre algunos de los países que han adoptado este sistema están Francia, Indonesia, Italia, y Suiza, mientras que China y el Reino Unido lo han adoptado con fines comerciales.

2.2.8.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Es un sistema de transmisión digital de audio, video y datos para sistemas de comunicaciones móviles y portátiles. Se ha diseñado para diferentes tipos de aplicaciones como pueden ser los teléfonos móviles, PDAs o sistemas de instrumentación para el automóvil.

Este sistema permite que la radio se transmita un solo canal de datos permitiendo la fusión de la transmisión de audio e imágenes al mismo tiempo.

DMB, según la especificación técnica se clasifica en dos sistemas, el primero de ellos se basa en CDM (Code Division Multiplexing), basados en principios de comunicación móvil, y el segundo motivo de nuestro estudio, se basa en OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), es un estándar para radio y televisión digital en Europa.

Entre algunas de las características principales están:

Codificación de Video: MPEG 4 Part 10 (H264), es lo más reciente en cuanto a estándares de codificación de video, está aprobado por la ITU-T como Recomendación H.264.

Codificación de Audio: HE-AAC V2 (AAC+) o bien MPEG 4 Part 3 BSAC (Bit Sliced Arithmetic Coding), los servicios de audio de DMB, soportan radiodifusión de audio estéreo estandarizada a la tasa de muestreo de 24, 44.1, 48KHZ, estos deben proporcionar la calidad de CD para la radiodifusión sólo de audio y una calidad superior a la FM analógica para el audio acompañado de video, la tasa máxima de bits establecida para el audio estéreo es de 128kbps.

Tecnología BIFS (Binary Format for Scenes) para servicios de datos interactivos.

Los datos son multiplexados en paquetes MPEG -2 TS (Transport Stream) y paquetes MPEG2 PES (Packetized Elementally Stream)

DMB permite mediante un solo multiplex, servicios de TV móvil, audio (DAB y DAB+) y datos.

Este sistema establece un Ancho de banda de 1.5 [MHZ.]y utiliza la banda L y la banda III (VHF).

DMB-T permite proporcionar siete servicios de vídeo, 13 de audio, y ocho canales de datos.

Las redes DAB se pueden adaptar a redes DMB.

Este sistema presenta una mejora en movilidad ya que se ha desarrollado para una recepción más robusta a alta velocidad (> a 300 Km/h), al aplicarse codificación Reed Solomon y Entrelazado Convolutivo.

DMB se ha diseñado para ser compatible con RDS (Radio Data System).- Protocolo de comunicaciones que permite enviar datos digitales junto con la señal de audio, las cuales no son percibidas por el radio escucha.

DMB está en la capacidad de proveer servicios de datos, como EPG o la transmisión de información al instante como son noticias, o datos meteorológicos.

Existen dos modalidades:

T-DMB: DMB Terrestre

S-DMB: DMB Satelital

Para que la señal pueda mantener una calidad aceptable, debe proporcionar al menos una sensibilidad de -96 dBm y así garantizar una tasa de error de 10^{-4}

2.2.8.3 ESTRUCTURA DEL ESTÁNDAR T-DMB

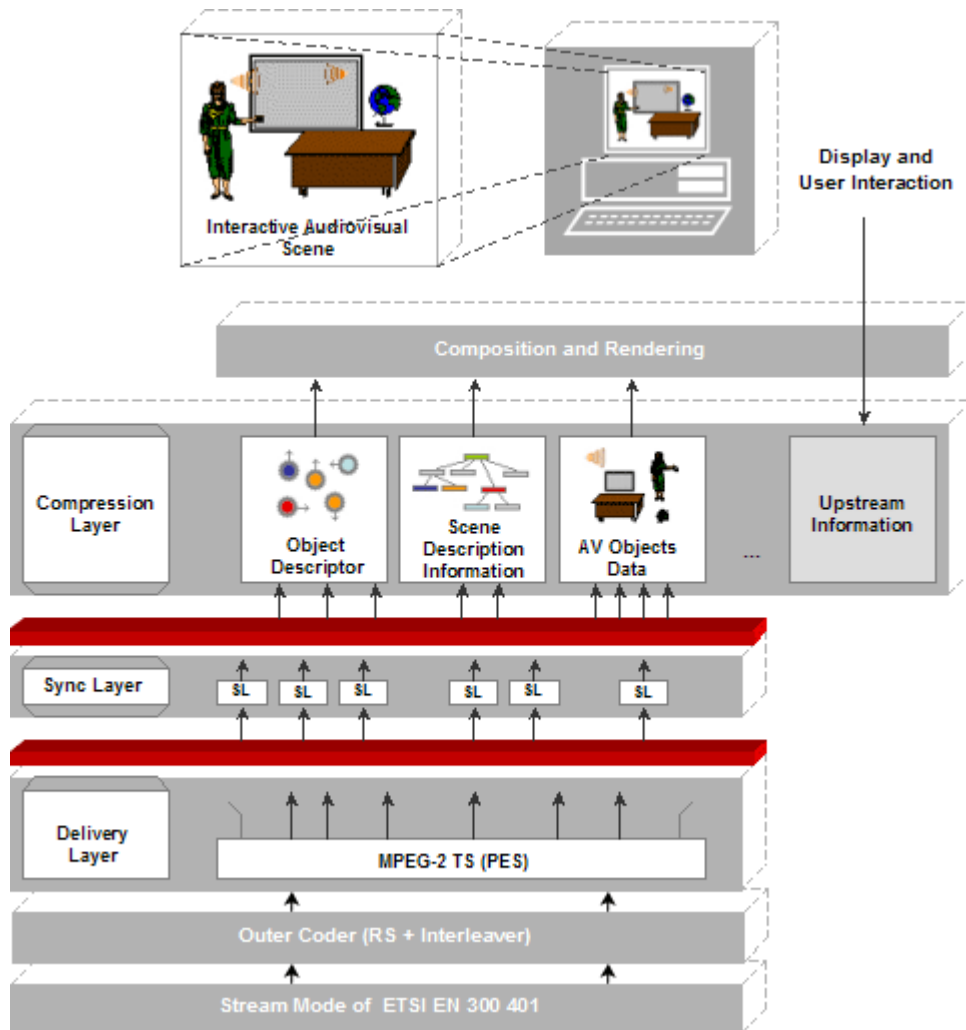


FIGURA II. 4 CADENA DE LA TERMINAL DE PROCESAMIENTO DE DMB³⁶

Es importante adoptar las más modernas tecnologías de codificación para conseguir incrementar la calidad de los servicios, tomando en cuenta la corrección de errores, información de la configuración del multiplexado bajo, una tasa de protección de $\frac{1}{2}$ y datos de sincronización, la capacidad disponible para el estándar de video debe ser de aproximadamente 1Mbps.

³⁶ FUENTE: http://www.worlddab.org/about_worlddmb

Por otro lado, la codificación avanzada de vídeo MPEG-4, la cual tiene una alta eficiencia en la transmisión multimedia a una baja tasa de transferencia, es usada par codificar los contenidos de vídeo y una codificación aritmética de bit desplazado (BASC) para la codificación del audio, además se adopta la codificación BIFS para los datos interactivos relacionados con los contenidos de vídeo. Primeramente, cada stream es encapsulado en un paquete en la capa de sincronismo (SL), estos paquetes son multiplexados para la creación de la trama MPEG-2 TS, la cual es generalmente usada en sistemas de transmisión digital. Los streams MPEG-2 TS son codificados para minimizar los errores mediante Reed Solomon (RS). Estos streams son insertados dentro del canal de modo stream del sistema DAB.

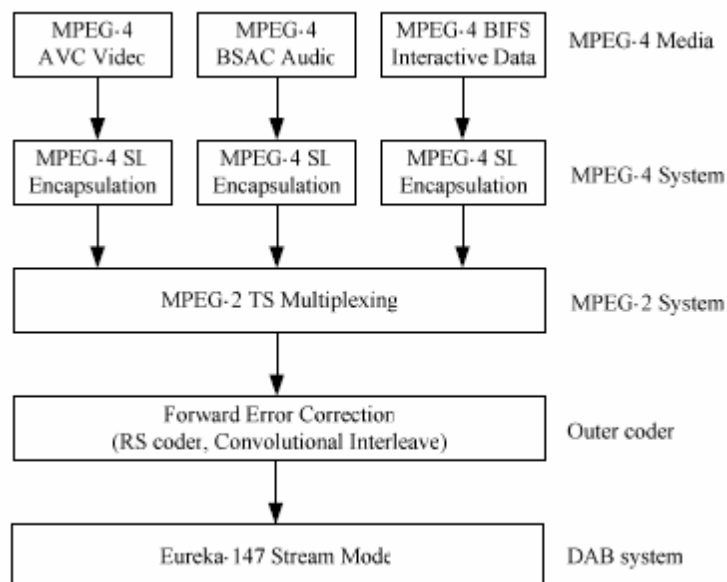


FIGURA II. 5 ESTRUCTURA DEL ESTÁNDAR DEL SERVICIO DE VIDEO EN T-DMB³⁷

³⁷ FUENTE: http://www.lpi.tel.uva.es/~miguel/pdf/ingenieria_ondas_II/trabajos/0506/DMB_Trabajo.pdf

2.2.8.4 DMB EN EL MUNDO

Aunque aún se encuentran en período de pruebas esta tecnología se está difundiendo ampliamente, ya son 14 los países que utilizan este sistema en Europa y varios otros países han llevado a cabo pruebas o ensayos, algunos de estos países son:

Alemania en el cual T-DMB lanzó su servicio comercial entre junio de 2006 y abril de 2008, principalmente para la Copa Mundial de Fútbol de 2006, Francia a finales del 2007, Noruega.- desde mayo del 2009, Ghana.- desde mayo del 2008, Reino Unido, Nueva Zelanda, Portugal, Dinamarca Australia, la República Checa, Indonesia, Italia, Kuwait, Luxemburgo, Malasia, Malta, Países Bajos, Singapur, Sudáfrica, España, Suecia, Suiza entre otros.

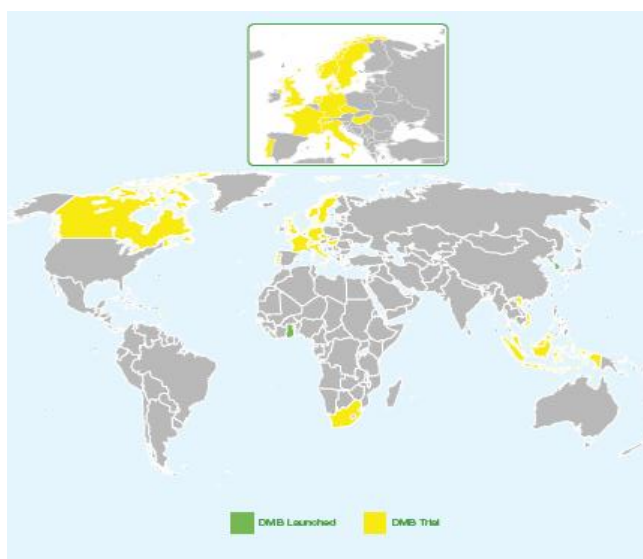


FIGURA II. 6 PAÍSES QUE UTILIZAN O HAN REALIZADO PRUEBAS CON DMB³⁸

³⁸ FUENTE: http://www.worlddab.org/rsc_brochure/hires/24/rsc_brochure_20120130.pdf. Enero del 2012

2.2.9 SITUACIÓN DE DAB Y SUS VARIANTES DAB+ Y DMB EN EL MUNDO

Tanto DAB, como DAB + y DMB forman parte de la tecnología estándar Eureka 147, permite su transmisión mediante la misma infraestructura de red mientras sean compatibles. Varios son los países han optado por ser parte de la norma, así tenemos Reino Unido utiliza DAB, Suiza utiliza DAB y DAB +, Australia utiliza DAB y en Francia han elegido la radio DMB, mientras que en Corea del Sur utiliza DMB TV móvil.

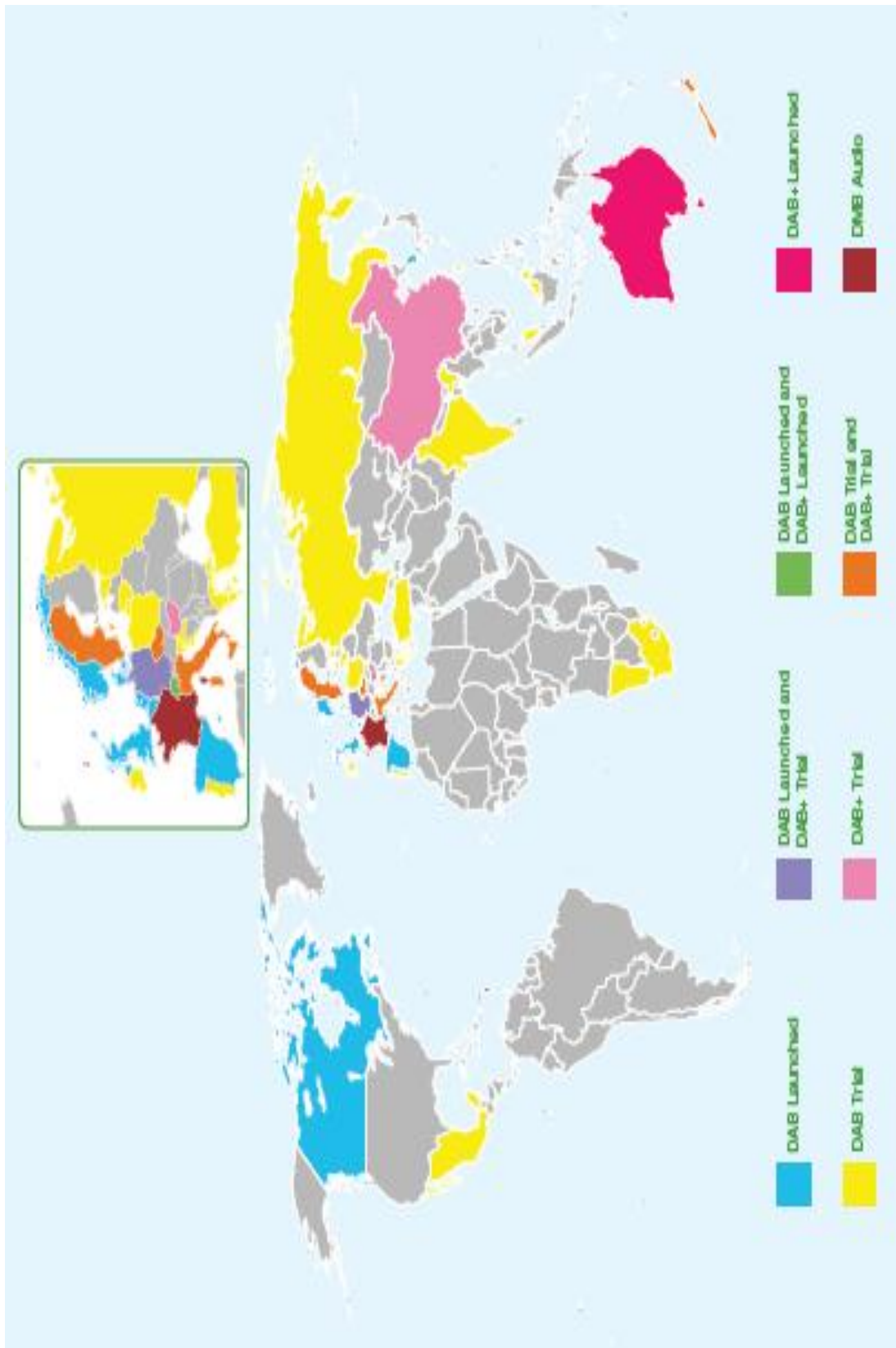


FIGURA II.VII Países Que Han Adaptado O Estudiado El Estándar DAB Y Sus Variantes DAB+ y DMB³⁹

³⁹FUENTE: WORLD DMB. Global Broadcasting Update DAB/DAB+/DMB. Enero del 2012

2.2.10 RECEPTORES DAB, DAB+, DMB

En la actualidad existen aproximadamente 980 diferentes modelos de receptores en el mercado que pueden satisfacer las necesidades de todos y cada uno de los radioescuchas, estos modelos se pueden encontrar en el mercado que van desde los 40 euros. Los receptores DAB no cuentan con la posibilidad de actualizarse a DMB o DAB+, Sin embargo los receptores DAB+ si son compatibles con DAB, de la misma forma los receptores DMB, poseen la capacidad de recibir tanto servicios de video DMB como servicios de audio DAB y DAB+.

Entre los tipos de receptores disponibles para este estándar tenemos:

Receptores para el hogar—Entre los modelos de este tipo tenemos reproductores de Cds, Radio relojes o sistemas midi, este tipo de receptores son los más populares en el mercado. Entre los fabricantes de este tipo podemos mencionar PURE Digital o Sony.


Receptores de automóvil – El mercado de los receptores en el automóvil, es y será siempre muy importante para los fabricantes de equipos. Entre los proveedores de receptores Digitales se incluyen Continental AG, Harman/Becker, Alpine, J y K Electrónica del automóvil y Robert Bosch.

Adaptadores – La nueva tendencia de radio digital intenta que los usuarios accedan a esta tecnología de la manera mas accesible posible es por eso que los fabricantes de estos sistemas han diseñado adaptadores que permitan

integrar la radio digital a productos ya vendidos como teléfonos móviles, PCs y receptores para el automóvil.

En la actualidad los receptores multi-chip han mostrado un reciente crecimiento en el volumen de sus ventas esta nueva alternativa busca que los receptores funcionen en todos los mercados y hagan uso de cada uno de los beneficios de las plataformas.

⁴⁰A continuación se muestra una pequeña muestra de equipos con estos sistemas:

| | |
|---|---|
|  | <p>DR1010</p> <p>Modo de transmisión: DAB</p> <p>DAB funciones: 10 presintonías para DAB</p> <p>Las características adicionales: reloj, alarma, control remoto, display LCD</p> |
|  | <p>DR1210</p> <p>Modo de transmisión: DAB</p> <p>DAB funciones: 10 presintonías para DAB</p> <p>Las características adicionales: reloj, alarma, control remoto</p> |
|  | <p>DR3100</p> <p>Modo de transmisión: DAB (Banda III)</p> <p>DAB funciones: 10 presintonías para DAB</p> <p>Las características adicionales: Pantalla LCD</p> |

⁴⁰ FUENTE: http://www.worlddab.org/products_manufacturers. La lista de productos corresponde al 26 de enero del 2012

| COWON - A3 | |
|---|--|
|  | <p>Modo de transmisión: DMB , DAB, FM, MP3, WMA</p> <p>Las características adicionales: jack de auriculares, USB, pantalla TFT LCD, altavoces estéreo</p> <p>Dimensiones (W x alto x profundidad): 133,0 x 78,5 x 22,0 mm</p> <p>Venta al por menor de 430 euros (aprox.)</p> |
| ReignCom (Iriver) - NV Classic | |
|  | <p>Modo de transmisión: DMB, DAB, MP3, WMA</p> <p>DAB funciones: Presentación de diapositivas, EPG</p> <p>Las características adicionales: búsqueda automática de emisoras, 4 MB de espacio en disco, ranura SD, jack de auriculares, funcionamiento con batería recargable, GPS, pantalla de 7 "de pantalla táctil</p> <p>Venta al por menor a 185 euros (aprox.)</p> |
| ReignCom (Iriver) - B30 | |
|  | <p>Modo de transmisión: DMB, DAB, DAB+ , MP3, WMA</p> <p>DAB funciones: Presentación de diapositivas</p> <p>Las características adicionales: búsqueda automática de la estación, espacio en disco 16 GB, ranura SD, USB, funcionamiento con batería recargable, pantalla LCD iluminada</p> <p>Peso: 84 gramos</p> |
| Alan Electronics - ALBERT DR 315 | |
|  | <p>Modo de transmisión: DAB , DAB+ , FM</p> <p>Las características adicionales: reloj, del sueño</p> <p>Dimensiones (W x alto x profundidad): 280,0 x 148,0 x 170,0 mm</p> <p>Venta al por menor a 200 euros (aprox.)</p> |

| Alan Electronics - ALBERT DR 80 | |
|---|---|
|  | <p>Modo de transmisión: DAB, DAB +, FM Las características adicionales: toma de auriculares, pantalla LCD Dimensiones (W x alto x profundidad): 176,0 x 110,0 x 100,0 mm Peso: 400 gramos Venta al por menor a 90 euros (aprox.)</p> |
| OXX Digital Classic DAB+ | |
|  | <p>Modo de transmisión: DAB , DAB +, FM, WiFi-Streaming, MP3 DAB funciones: 4 presintonías para DAB Las características adicionales: búsqueda automática o manual de la estación, salida analógica, reloj, alarma, del sueño, repetición de alarma, el funcionamiento de la batería, pantalla LCD iluminada, altavoces mono, varios colores Venta al por menor en 179 euros (aprox.)</p> |
| SONY - CDX-DAB700U | |
|  | <p>Recepción de radio DAB/DAB+/DMB-R y FM/AM Incluye una antena DAB de alta sensibilidad y fácil instalación Sintonizador 'Digital ClarityTuner' capaz de ampliar el área de recepción estéreo Entrada frontal USB para la conexión de iPod/iPhone/Walkman Optimizador automático de niveles para ajustar los cambios en el volumen de reproducción entre las distintas fuentes de música SensMe™ crea canales de música temáticos para adaptarse al estado de ánimo del radioescucha. Amplificador 'Dynamic Reality Amp' con una alta potencia de salida de 4x 52W Entrada USB situada en la parte frontal Entrada estándar de 3,5 mm</p> |

TABLA II.III RECEPTORES DAB⁴¹

⁴¹FUENTE: ORIGINAL

2.3 IBOC

2.3.1 HISTORIA

El estándar y la tecnología IBOC (“In Band On Channel”, por sus siglas en inglés), comenzó a desarrollarse en el año 2000 por la empresa Ibiqity Digital Corporation. La tecnología IBOC, fue aprobada en 2002 como estándar digital único para AM y FM por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC), en abril del 2005 el comité Nacional de Sistemas de radio (NRSC) de los Estados Unidos aprobó el estándar NRSC 5.

Este estándar se conoce también como HD Radio por sus siglas en inglés (Hybrid Digital), cuyo nombre se ha empleado para fines comerciales, es el único sistema digital de radiodifusión terrestre sonora autorizado en los Estados Unidos. Este sistema nació por la iniciativa de radios privadas norteamericanas. Los dueños de Ibiqity incluyen 15 de las 20 cadenas de radiodifusión más importantes. La utilización de un estándar mundial es hoy en día una utopía, dado que dependiendo de la zona geográfica el espacio radioeléctrico dedicado a radiodifusión es distinto.

La principal ventaja es que, además de representar una inversión menor para la conversión de las estaciones existentes hoy día permite la transmisión simultánea en la misma banda concesionada, ya sea de AM o de FM, de la señal analógica y la digital y una economía de escala por la cercanía con Estados Unidos que utilizan el mismo estándar digital.

Además, en las estaciones de FM se permite el “multicasting”, que es la capacidad de emitir varios programas a través de una misma frecuencia, donde en analógico hoy sólo se transmite uno.

IBOC permite a las emisoras tener transmisiones de señales digitales, en simultáneo con señales analógicas, sin tener que utilizar otra banda de frecuencias, y sin que haya ninguna interferencia entre ambas, lo que se conoce como un modo híbrido del estándar, el otro modo es el de totalmente digital.

Este tipo de transmisión de forma híbrida permite además la posibilidad de que los receptores actuales no queden obsoletos pues el usuario u “oyente” será quien tome la decisión final, puede seguir recibiendo señales analógicas aún cuando el transmisor también este transmitiendo digitalmente, y recibirá entonces la señal analógica que se transmite aunque se perderá como es obvio de la programación digital que prepare la estación de radio.

Esta nueva tecnología está cobrando impulso en varios países de del mundo, incluyendo Brasil, México y Filipinas, así como también se están realizando pruebas y demostraciones del sistema en países como Canadá, China, Colombia, Alemania, Indonesia, Jamaica, Nueva Zelanda, Polonia, Suiza, Tailandia, Ucrania, entre otros países.

2.3.1.1 IBIQUITY DIGITAL CORPORATION

iBiquity es una compañía privada, en la que sus inversionistas incluyen a líderes globales en la tecnología, la radiodifusión, la fabricación, los medios de comunicación e industrias financieras. Esta empresa nace de la fusión de

EEUU Digital Radio y Digital Radio Lucent, su principal objetivo era la creación de IBOC un sistema de radio digital para Estados Unidos y alrededor del mundo. Su sede está ubicada en Columbia, Maryland, y además posee oficinas adicionales en Basking Ridge, Nueva Jersey , y Pontiac, Michigan.

2.3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

HD Radio opera en bandas de la radiodifusión tradicional, en ese caso la de AM (530 KHZ. a 1710 KHZ.) y FM (87.5 MHZ. a 108.0 MHZ.). 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.

Dado que HD Radio es un estándar controlado por Ibiquity, (Fabricantes de equipos de transmisión o recepción) es necesario pagar una licencia a Ibiquity para incorporar esta tecnología. Las emisoras tienen que comprar licencias para el software. Y cualquier desarrollo futuro del sistema será controlado por Ibiquity.

El sistema HD Radio elimina la necesidad de nuevas atribuciones de frecuencias. Cualquier interrupción debida a la transición al sistema digital se reduce a un mínimo tanto para los radiodifusores como para los consumidores, al usarse la infraestructura y espectro existentes, preservando al mismo tiempo el servicio analógico existente durante tanto tiempo como sea necesario. Para lograr la transmisión dual (analógica y digital al mismo tiempo), el sistema efectúa en realidad una triple transmisión, es decir sigue transmitiendo como

antes la señal a la analógica y en los espacios colocados como separación entre emisoras coloca dos señales iguales para los receptores digitales, a ambos lados de la señal analógica.

Si nos referimos al punto de vista de regulación, la transición en este sistema no supone ser muy complicada. Ya que no hay que reorganizar el uso del espectro, bastaría solo con organizar el nuevo uso de las frecuencias ya concesionadas.

En cuanto a Costos HD Radio requiere para la transmisión de nuevos equipos, además es necesaria la adquisición de una licencia para el software, que es propiedad de Ibiqity.

En los Estados Unidos donde este sistema se encuentra ya en pleno funcionamiento, para un sistema básico, (permite la difusión de una señal digital y analógica al mismo tiempo), tiene un costo aproximado entre 5.000 y 10.000 dólares. Si es necesaria la transmisión de otros servicios adicionales o a su vez más señales digitales es necesaria la compra de 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.

Al igual que en otros sistemas un punto débil es que los receptores consumen demasiada energía. Por ejemplo, receptor pequeño consume dos pilas alcalinas en aproximadamente dos horas. Al momento en Estados Unidos existen varios modelos de receptores a la venta y sus precios bordean los 100 dólares o más.

2.3.3 VENTAJAS

- Brindar a los oyentes una señal de mejor calidad dentro del área de cobertura.
- El sistema permite a los oyentes seguir escuchando las estaciones AM/FM locales en las radios analógicas existentes, así como en los nuevos receptores de HD Radio, con todos los servicios adicionales que ofrece el sistema.
- Representa a los empresarios un aumento en sus ingresos pues pueden transmitir los dos sistemas a partir del mismo transmisor.
- A través de las capacidades de multidifusión el radiodifusor puede ofrecer flujos de programación nueva, además del uso de aplicaciones de datos y servicios.
- Lograr competitividad y de cierto modo frenar en cierto grado la migración del radioyente a otros formatos digitales como son iPod, CD, DVD, MP3, etc.

2.3.4 DESVENTAJAS

- Se han realizado pruebas en Estados Unidos que han mostrado que las interferencias ocasionadas por los equipos que tienen esta norma pueden ser muy graves para las emisoras pequeñas, existen solapamientos con radios analógicas de los canales adyacentes.
- Por otro lado IBOC en su versión AM es muy inestable por la noche casi imposibilitando su transmisión, provocadas por las condiciones de propagación en esas horas.

- Una de las mayores desventajas sin duda, al menos para radios pequeñas locales o regionales, es que al tratarse de una tecnología privada, los radiodifusores no solo deberán costear la adquisición de transmisores, sino que también deben asumir el pago de tasas anuales por el uso de la licencia que bordean los 10000 dólares.

2.3.5 ESTRUCTURA DEL SISTEMA

3.3.5.1 MODOS DE FUNCIONAMIENTO

El sistema IBOC FM puede funcionar en los modos:

Híbridos.- En el modo híbrido la señal digital se transmite en bandas laterales primarias a ambos lados de la señal analógica.

Híbrido ampliado.- En el modo híbrido ampliado la señal digital se transmite en bandas laterales primarias a ambos lados de la señal analógica, aquí se amplía la banda utilizada por la señal digital sin pérdida de la señal analógica.

Totalmente Digital. En el modo totalmente digital todo el ancho de banda se utiliza para la transmisión de las señales digitales por lo que aporta capacidades mejoradas de funcionamiento.

El modo híbrido ampliado e híbrido mantiene la señal de FM analógica, mientras que el totalmente digital no lo hace.

El diseño de IBOC proporciona una flexibilidad a las formas de transición para una economía digital de difusión sistemática

2.3.5.1.1 Modo Híbrido

Es también conocido como simulcast, ya que la señal digital queda a los laterales de la analógica pero se reduce en amplitud. En este modo se puede recibir señal en analógico y en digital aunque la digital no sea de una calidad total.

El modo híbrido hace que durante la introducción del sistema, puedan utilizarse la recepción del programa tanto en los nuevos receptores digitales como con los receptores convencionales de modulación de frecuencia y lo interesante de este modo es la diversidad en el tiempo entre ambas señales, analógico y digital.

En el proceso la señal analógica se retarda a la señal digital para que exista sincronización entre ambas señales, en el momento de que el receptor conmuta a la recepción analógica cuando se produce un elevado porcentaje de bits erróneos de la señal digital. La señal analógica sirve de respaldo de la señal digital.

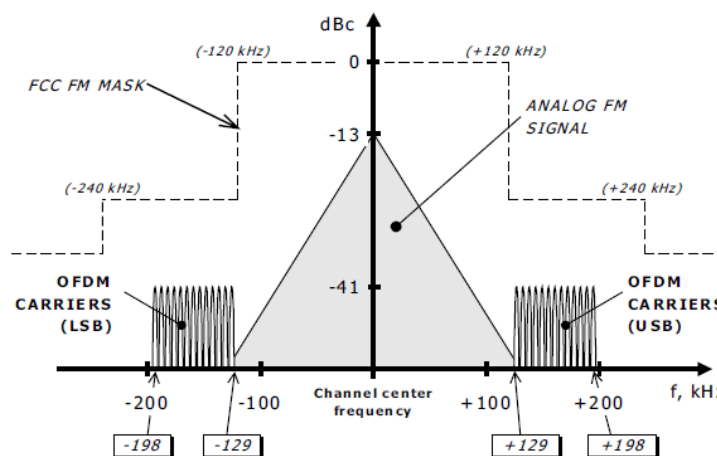


FIGURA II. 7 SISTEMA IBOC FM SEÑAL DE DENSIDAD ESPECTRAL DE POTENCIA⁴²

⁴²FUENTE: WHITAKER JERRY Radio Transmission Systems. Cap 2 pp 2.93

2.3.5.1.2 Modo Híbrido Ampliado

La señal digital también se transmite en las bandas laterales en ambos lados de la señal analógica y como en el Modo Híbrido, con la diferencia que en este modelo se reduce la amplitud de la señal analógica, y las bandas laterales digitales son ampliadas hacia la señal analógica para aumentar la capacidad digital y disminuir la análoga.

Este modelo también permite que durante la transición sea posible la recepción del programa tanto por los nuevos receptores digitales, como los convencionales incorporando la diversidad en el tiempo entre ambas señales, tanto la analógica como la digital.

La señal análoga se retarda respecto a la señal digital para tener sincronización entre ambas señales para la situación en que el receptor conmuta a la recepción analógica cuando se produce un elevado porcentaje de bits erróneos de la señal digital.

El modo extendido amplía el ancho de banda utilizado por la señal digital en detrimento de la señal analógica.

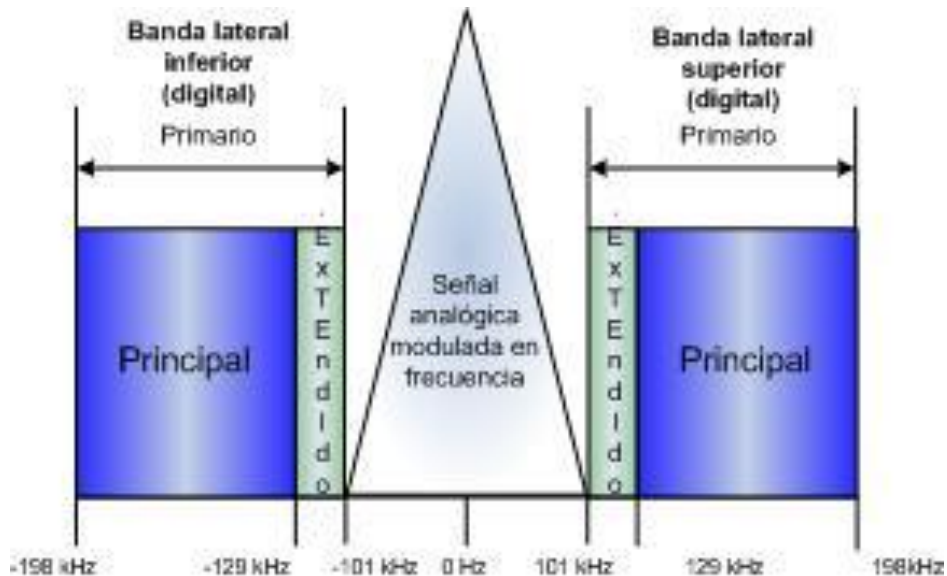


FIGURA II. 8MODO HÍBRIDO AMPLIADO DE IBOC FM.⁴³

2.3.5.1.3 Modo totalmente digital

La principal diferencia entre los modos es que en el sistema totalmente digital se suprime totalmente la señal analógica, es transmitida solo la señal digital, permitiendo el funcionamiento óptimo del modo, se desplazan en frecuencia las señales digitales y se aumenta su potencia, transmitiendo bandas laterales secundarias en el espectro de frecuencias que ocupaba la señal analógica.

Es posible que los radiodifusores pasen del sistema híbrido al sistema totalmente digital cuando el número de receptores analógicos hayan desaparecido que se predice no será en mucho tiempo.

⁴³ FUENTE: VÁZQUEZANGIE. La Radiodifusión Digital en Venezuela. ¿Cuál Sistema se Adoptará?. Pp 3.

Para el modo totalmente digital el estándar habla de una tasa de 270 a 300 Kbps máximo, pero con adicionales como sonido surround, además en este modo también se presenta la condición fall back es cuando hay interferencia, y el equipo receptor puede registrar una señal de calidad baja como por ejemplo 20 o 25 Kbps.

Las emisoras en modo totalmente digital permiten dividir en 4 canales de baja potencia y 3 de potencia total, lo que nos da un total de 7 por estación; y definido en HD Radio estos canales pueden tener calidad de 100 Kbps que corresponde a un CD, o de 25- 50 Kbps que es FM, o de 12 Kbps lo que es considerado AM, o simplemente con calidad de 5 Kbps que es la de la voz.

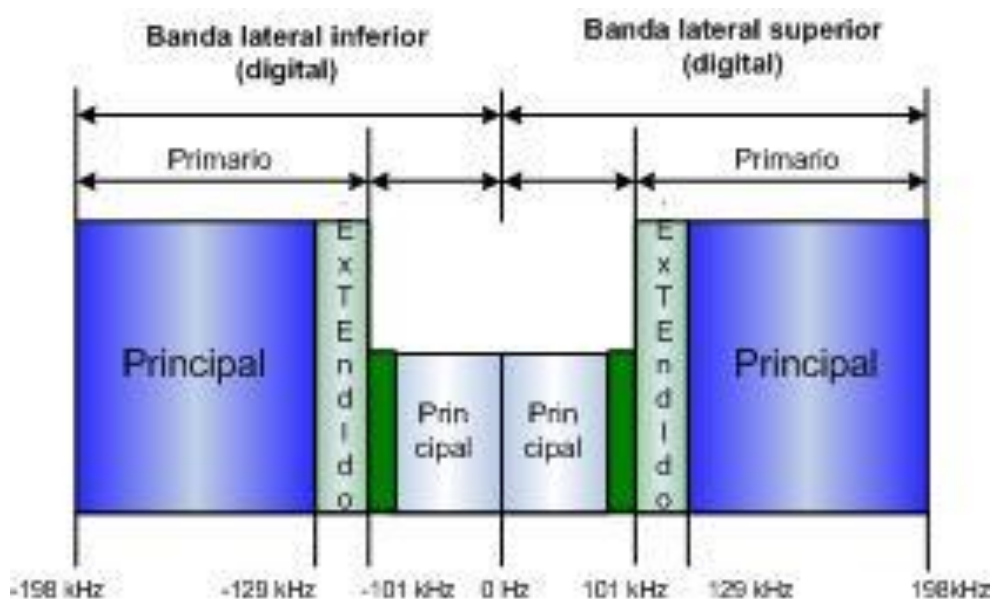


FIGURA II. 9MODO TOTALMENTE DIGITAL⁴⁴

⁴⁴ **FUENTE:** VÁZQUEZ ANGIE. *La Radiodifusión Digital en Venezuela. ¿Cuál Sistema se Adoptará?* .Pp 3.

2.3.5.2 IBOC FM MODO DIGITAL

Las estaciones pueden pasar del modo híbrido al modo totalmente digital mediante la eliminación de la banda monofónica de audio.

Bloque Funcional del Sistema

La estructura básica de los bloques funcionales del sistema, que comprende los siguientes componentes básicos:

- Codificador y compresión de la fuente de audio.
- Codificación de canal.
- Entrelazado en tiempo y en frecuencia.
- Generador de señal OFDM.
- Subsistema de transmisión.

En el sistema IBOC una vez que se digitaliza el audio, junto a los datos y servicios suplementarios, alimenta al dispositivo cuya función es de distribuir aleatoriamente los datos. Para configurar los modos de servicio se utilizan canales lógicos cuatro principales y seis secundarios, un canal lógico es un trayecto de señal que transporta tramas de datos con una calidad de servicio determinada.

Los canales lógicos principales son (P1, P2, P3, PID), de los cuales P1, P2 y P3 se utilizan para configurar los diferentes servicios de audio primario y el canal PIDS aporta el servicio de datos primario (IDS) ,

Los canales lógicos secundarios son (S1, S2, S3, S4, S5 y SIDS), de cuales los canales S1, S2, S3, S4 y S5 se utilizan solo en el sistema totalmente digital

para la transmisión de datos o de sonido ambiental, el SIDS aporta el servicio de datos secundario. El canal de control del sistema (SCCH, System Control Channel) transporta la información de control y estado relativos al modo de funcionamiento y parámetros de configuración.

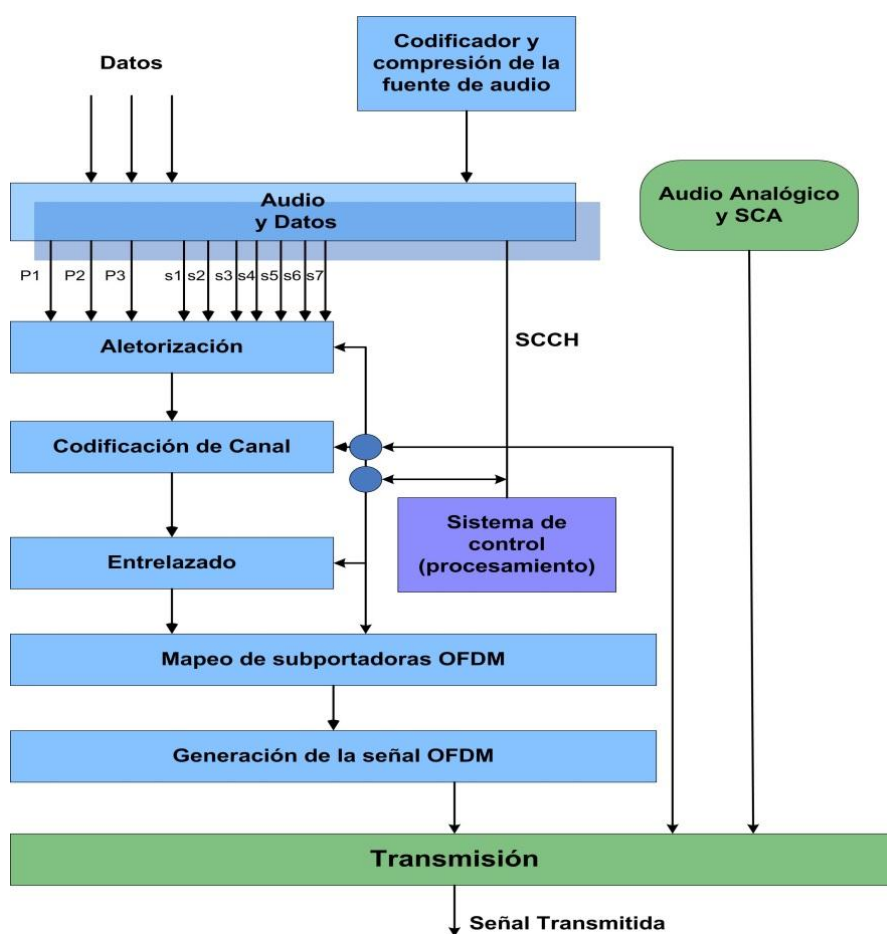


FIGURA II. 10 DIAGRAMA DE BLOQUE FUNCIONAL IBOC⁴⁵

⁴⁵ FUENTE: VÁZQUEZ ANGIE. Paper La Radiodifusión Digital en Venezuela. ¿Cuál Sistema se Adoptará? Pp. 4

2.3.5.3 SISTEMA IBOC FM.

La compresión de los datos se hace uso de algoritmos basados en el efecto psicoacústico de oído humano. Se consiguen velocidades de transmisión de solo 96 kb/s.

En el proceso de codificación se añaden bits redundantes que facilitan la detección y corrección de errores. El sistema IBOC FM utiliza códigos convolucionales de Viterbi. Se diseñan técnicas específicas de corrección avanzada de errores FEC (*Forward Error Correction*). La corrección es dificultosa cuando el intervalo en que se producen los errores es de larga duración. La solución es el entrelazado en el tiempo de los datos en la transmisión y su reordenación en la recepción. Se implementa la señal OFDM. Las subportadoras OFDM se ordenan en grupos denominados divisiones de frecuencia. Cada división de frecuencia está constituida por 18 subportadoras para datos y una subportadora de referencia, una de tipo A y otra de tipo B. Las portadoras están espaciadas 363,373 Hz.

2.3.5.4 SISTEMA IBOC AM

En los últimos años varias empresas de los EEUU, en colaboración con la FCC (Federal Communications Commission), han realizado pruebas de laboratorio y de campo para la estandarización de un sistema de radiodifusión sonora digital en las bandas de frecuencias por debajo de los 30 MHz.

Por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT) se establecieron los requisitos básicos que deberían satisfacer los futuros sistemas de

radiodifusión sonora digital en las bandas de frecuencias por debajo de los 30 MHz:

- Capacidad para la transmisión de audio y datos.
- Calidad de la señal de audio recibida similar a la de las estaciones de frecuencia modulada.
- Alta compresión de audio.
- Compromiso entre robustez de la señal recibida y la calidad del audio.
- Eficiencia en la utilización del espectro radioeléctrico.
- Posibilidad de transmisión de señales estereofónicas
- Codificación y compresión de la fuente de audio

El codificador y compresor de la fuente de audio reduce la velocidad binaria necesaria para transmitir canales de audio de alta calidad. Se hace un algoritmo basado en el efecto psicoacústico de oído humano para la compresión de los datos, y se consigue la transmisión de canales de audio de alta calidad.

Se utiliza el efecto psicoacústico del oído humano, para transmitir exclusivamente aquella información no redundante. Es analizado cada porción del espectro de audio y únicamente se codifica aquellas componentes necesarias para el oyente. Los tonos enmascarados por otros próximos son eliminados.

2.3.5.5 CODIFICACIÓN DE CANAL

La codificación del canal mejora el desempeño del sistema incrementando la robustez de la señal. El tamaño de los vectores de canal lógico se incrementa en proporción inversa a la tasa de código. Las técnicas de codificación se configuran por el modo de servicio. A la salida del codificador de canal, los vectores retienen su identidad, pero se distinguen por un subíndice "G" como por ejemplo, "P1G".

El proceso de codificación se caracteriza por la codificación convolucional perforada que se aplica a cada canal lógico para la corrección de errores. Se utilizan diferentes polinomios de codificación y varias matrices perforadas. Los canales lógicos tienen distintas tasas de codificación.

En el proceso de codificación se añaden bits redundantes para la detección y corrección de errores, esto minimiza la probabilidad de error de la señal decodificada en el receptor.

Errores producidos por fading, interferencias, ruido u otras causas en el trayecto transmisor-receptor pueden ser corregidos en el receptor. Se diseñan técnicas específicas de corrección avanzada de errores FEC (Forward Error Correction) basadas en estudios realizados para el tipo de interferencias asociadas a estas bandas de frecuencia.

Los sistemas de corrección de errores funcionan bien si los errores están distribuidos de manera aleatoria, la corrección se dificulta cuando el intervalo en que se producen los errores es de larga duración, la solución es el

entrelazado en el tiempo de los datos en la transmisión y su reordenación en la recepción.

Algunos efectos de propagación son susceptibles de causar determinados problemas: los desvanecimientos selectivos pueden afectar a grupos de portadoras próximas en frecuencia.

Para dispersar los errores producidos por desvanecimientos selectivos en frecuencia y de esta forma poder corregirlos en recepción se utilizan técnicas de entrelazado en frecuencia.

2.3.5.6 SEÑAL OFDM

Las subportadoras OFDM se ordenan en grupos denominados divisiones de frecuencia, cada división de frecuencia está constituida por 18 subportadoras para datos y una subportadoras de referencia, una de tipo A y otra de tipo B.

Las portadoras están espaciadas en 363,373 Hz, la estructura de subportadoras del canal completo para ambas bandas laterales se muestran en la siguiente figura, cada cuadro corresponde a una división de frecuencia:

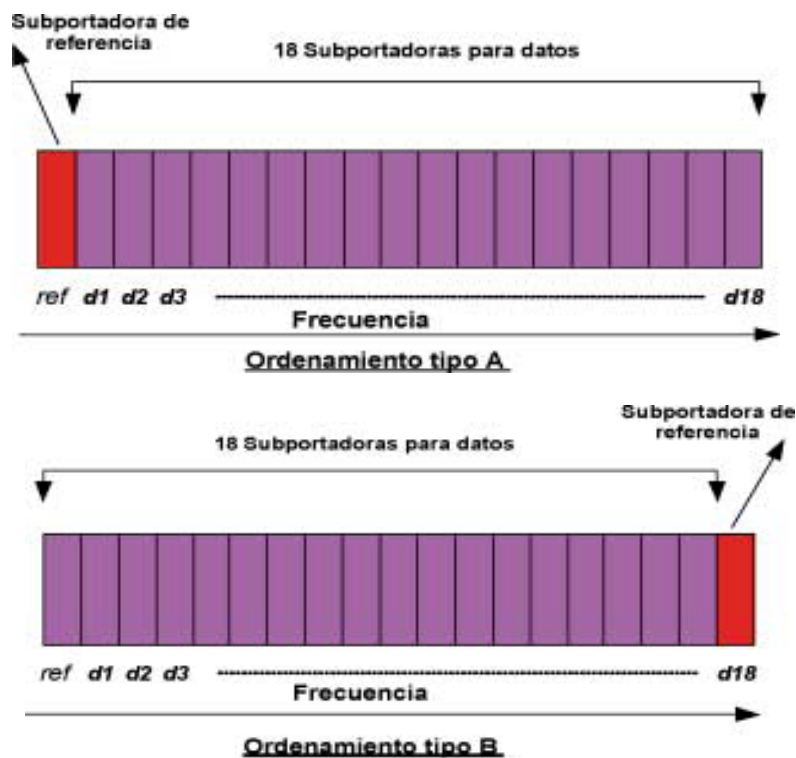


FIGURA II. 11 SUBPORTADORAS TIPO A Y TIPO B⁴⁶

Cada partición de frecuencia consiste en dieciocho subportadoras de datos y una subportadora de referencia, las subportadoras de audio o datos codificado son del d1-d18, y la de referencia transporta el control del sistema L1. Las subportadoras son ensambladas en particiones de frecuencia y varían según la localización de la partición de frecuencia dentro del espectro.

Como se puede ver las subportadoras son numeradas a partir del -546 hasta 0 y a partir de la frecuencia de centro hasta +546 en el extremo superior de la asignación de la frecuencia del canal.

⁴⁶ FUENTE: DEL AMO LUIS. Antena de Telecomunicación. Dic del 2006 pp 21

En cada partición de frecuencia se añaden cinco subportadoras, aparte de las de subportadoras de referencia que también son de referencia en el espectro y en los números de subportadoras -546,-279, 0, 279, 546.

2.3.6 FMEXTRA

Este sistema fue desarrollado por una empresa privada en California, denominada por Digital Radio Express. Es otro sistema híbrido que al igual que Hd Radio permite la transmisión dual (analógico/digital) así como también la transmisión de datos.

FM extra opera sobre las frecuencias que en la actualidad utiliza la radio analógica de FM. Transmite digitalmente en la subportadora (subcarrier), lo cual representa una ventajosa diferencia con el sistema de Radio HD, ya que no requiere de costosos equipos para la transmisión de las señales digitales en las bandas laterales de la frecuencia. Lo que acarrea otra ventaja al compararla con HD, y es que evita los problemas de interferencia con frecuencias adyacentes.

Entre otro de los servicios de FMEXTRA están que tienen la capacidad de recibir audio digital en un teléfono 3G o directamente desde internet.

Este sistema esta basado en los estándares MPEG, Los códecs usados en este sistema son AAC y AAC+ v1 y v2 y frecuencias de muestreo de 8 KHZ. (calidad de teléfono) y a 96 KHZ. (sonido envolvente de calidad). AMR-WB + permite crear más múltiples programas de audio, así como también multimedia limitada.

Al lograrse la compresión de la voz, el ancho de banda en este sistema se reduce considerablemente.

El ancho de banda de radiodifusión para audio digital va desde los 40 kbit / s, si comparte el ancho de banda con las actuales señales analógicas, o de 156 kbit / s, si es totalmente digital.

La cobertura es similar a la FM, Este sistema no requiere costosos aparatos, de preferencia un transmisor de alta potencia ya que sino su cobertura no será muy buena y conectado a él se requiere un codificador especial, lo que podría ser básicamente una computadora equipada con hardware y software especial para procesar el audio, en resumen este sistema se ejecuta desde una sola unidad de rack caja llamada Encoder X1, y su control se realiza totalmente a través de software. Por lo mencionado anteriormente el costo para este sistema bordea los 9000 dólares

Un problema que presenta este sistema es que solo hay un receptor disponible en el mercado, este es Capta FMeXtra a un precio aproximado de 150 dólares.

La señal en este sistema se divide de manera que el equipo de música RBDS (Radio Broadcast Data System), u otras subportadoras existentes pueden ser protegidos, a expensas del ancho de banda. Aunque este tipo de protección no ocurre si se transmite en el modo mono.

FMeXtra en el Mundo

Este sistema se encuentra muy poco difundido ya que son las pocas emisoras que han adoptado FMeXtra están principalmente en los Estados Unidos y Holanda.

⁴⁷A continuación se muestra un listado de emisoras que utilizan este sistema

Entre las emisoras Estadounidenses tenemos:

KBAY, 94.5 FM, San Jose, CA; KRPR, 89.9 FM, Rochester, MN; KNXR , 97.5 FM, Rochester, MN; WBUZ (FM), FM 102.9, La Vergne, TN; WHBQ-FM, 107.5 FM, Germantown, TN; KBNL, 89.9 FM Laredo, TX; WLYF , 101.5 FM, Miami, FL

En Benelux

93.9 FM, Megastad, Rotterdam, Países Bajos, llevando Clásicos Megastad; 96.5 FM, FM Imagina, Bruselas, Bélgica, simulcast; 100.7 FM, Q-music , Lopik, Países Bajos, llevando BemBem Radio; 101.2 FM, Radio Cielo, Hilversum, Países Bajos, llevando TMF Radio FM Kink; 102.4 FM, Radio 538, Terneuzen, Países Bajos, llevando a Radio 10 Gold y JuizeFM; 105.3 FM, Radio Delta, Twente, Países Bajos, llevando Delta Piraat; 106,1 FM, FM Oro, Bruselas, Bélgica, simulcast.

Resto de Europa

Antena 1, 89.1 FM, en Heilbronn, Alemania y Otto FM, 103.4 FM, Varese, Italia.

⁴⁷<http://en.wikipedia.org/wiki/FMeXtra>

Transición

FMeXtra usa la banda FM y funciona en modo híbrido. Al usar el subcarrier en vez de las bandas laterales, en muchos países no necesita ninguna autorización especial del regulador.

2.3.7 CAM-D

Compatible Amplitude Modulation – Digital (CAM-D) es una propuesta híbrida de radio digital en formato de radiodifusión AM, expuesta por el conocido ingeniero de difusión Leonard R. Kahn .

El sistema es una tecnología de bandas dentro del canal, que utiliza banda lateral de cualquier estación de radio AM. La información analógica se sigue utilizando hasta un paso de banda de alrededor de 7.5KHZ., con el estándar de modulación de amplitud.

La falta de agudos de información que normalmente carece AM se transmite digitalmente más allá de este. De mezcla de audio en el receptor luego se mezcla de nuevo juntos.

A diferencia de otras tecnologías IBOC como HD Radio de iBiquity, Kahn aparentemente no ofrece un camino directo a todas las transmisiones digitales. Sin embargo, la ventaja es que ocupa mucho menos de las bandas laterales, lo que causa mucho menos interferencia a los canales adyacentes , de ahí el "Compatible" en el nombre. El problema de la interferencia ha plagado de HD Radio en AM, junto con el hecho de que, como CAM-D, es de propiedad .

La disponibilidad de receptores

En la actualidad, hay una cantidad limitada de receptores especiales capaces de recibir CAM-D. De acuerdo con Leonard Kahn sin embargo, el sistema se ha visto el potencial de crecimiento en el último año (2007).

Capacidad de actualización de los transmisores existentes

KCI (Kahn Communications, Inc., la compañía que inventó CAM-D) utiliza como uno de sus principales puntos de venta que algunos emisores no están directamente ampliable a transmitir Radio HD. Es cierto que los mayores transmisores pueden carecer de la pureza de transmisión necesarios para apoyar la norma de transmisión digital de HD Radio, pero los transmisores más recientes son más propensos a ser capaces de actualizar a transmitir Radio HD. CAM-D se dice que trabajar con una variedad más amplia de los transmisores existentes, lo cual es un punto de venta para los pequeños radiodifusores con presupuestos limitados.

Aspectos técnicos y diferencias con otros métodos de radio digital:

CAM-D se dice para agregar información de alta frecuencia, programas transmitidos digitalmente. Esto proporciona una mayor fidelidad que, bajo adecuadas condiciones de la señal analógica se puede permitir en las estaciones de AM para transmitir la música y el contenido de otro programa con un sonido más real.

La diferencia significativa entre iBiquity s 'HD Radio AM y CAM-D es el de la diversidad de tiempo . Es decir el esquema de HD Radio AM emite dos copias

del programa de compensación por unos pocos segundos, que si la señal se pierde brevemente permite mantener el audio ininterrumpida de los programas (por ejemplo, conducir bajo un paso elevado, múltiple en las áreas urbanas, rayos, conmutación de transitorios, etc.).

Un problema importante de transmisión analógica AM es que está sujeto a la mala relación señal-ruido debido al ruido de radio frecuencia de fuentes artificiales y naturales, tales como lámparas fluorescentes, motores, conmutadores y los relámpagos. Simplemente añadiendo información de alta frecuencia no produce una alta fidelidad . HD Radio señales de AM, sin embargo, un mejor uso de la señal de ancho de banda ya menudo crean CAM-D no produce interferencias en los canales 10 KHZ. o más de la frecuencia central.

CAM-D es un sistema que se aplica a la onda media y, posiblemente, la transmisión de onda corta. Dado que los receptores están diseñados para múltiples bandas, un receptor que necesita una arquitectura muy diferente para el CAM-D requiere un circuito especial que se incrementará su costo. Esto es similar a HD Radio , y otros servicios de radio digital. Ya que todos ellos requieren un circuito nuevo, inevitablemente, el precio de fabricación se incrementará. Este precio es probable que comiencen a disminuir una vez que la tecnología se convierte en resultado. Puesto que todas las radios nueva emisión se están moviendo a la plena formatos digitales que decodificar con el hardware casi idéntico (XM , Sirius , HD Radio (en modo digital), Digital Audio Broadcasting , Digital Radio Mondiale) en el largo plazo, la sobrecarga de los

circuitos analógicos hará una pena el costo de implementar la tecnología en los radios en el futuro.

2.3.8 IBOC EN TODO EL MUNDO

Las pruebas de este estándar en Estados Unidos comenzaron en el 2003, pero los beneficios de la tecnología HD Radio han sido de gran interés en varios países en todo el mundo. En pleno uso y apogeo de este estándar está su país desarrollador EEUU, su país vecino Canadá y Filipinas. Entre algunos de los países que están realizando pruebas o han iniciado transmisiones a nivel regional están: Brasil, República Dominicana, Jamaica, México, Panamá, Suiza, Indonesia, Rumania, Ucrania y Tailandia (en este país se ha creado una red de radio pública IBOC HD en la capital Bangkok, y cuyo objetivo eran los pasajeros de transporte público la lograrlo se han instalado más de 10.000 receptores de HD Radio en los autobuses). Las pruebas de campo se han completado o está en proceso en países como República Checa, China, Colombia, El Salvador, Francia, Alemania, Nueva Zelanda, Polonia, Puerto Rico, Vietnam.

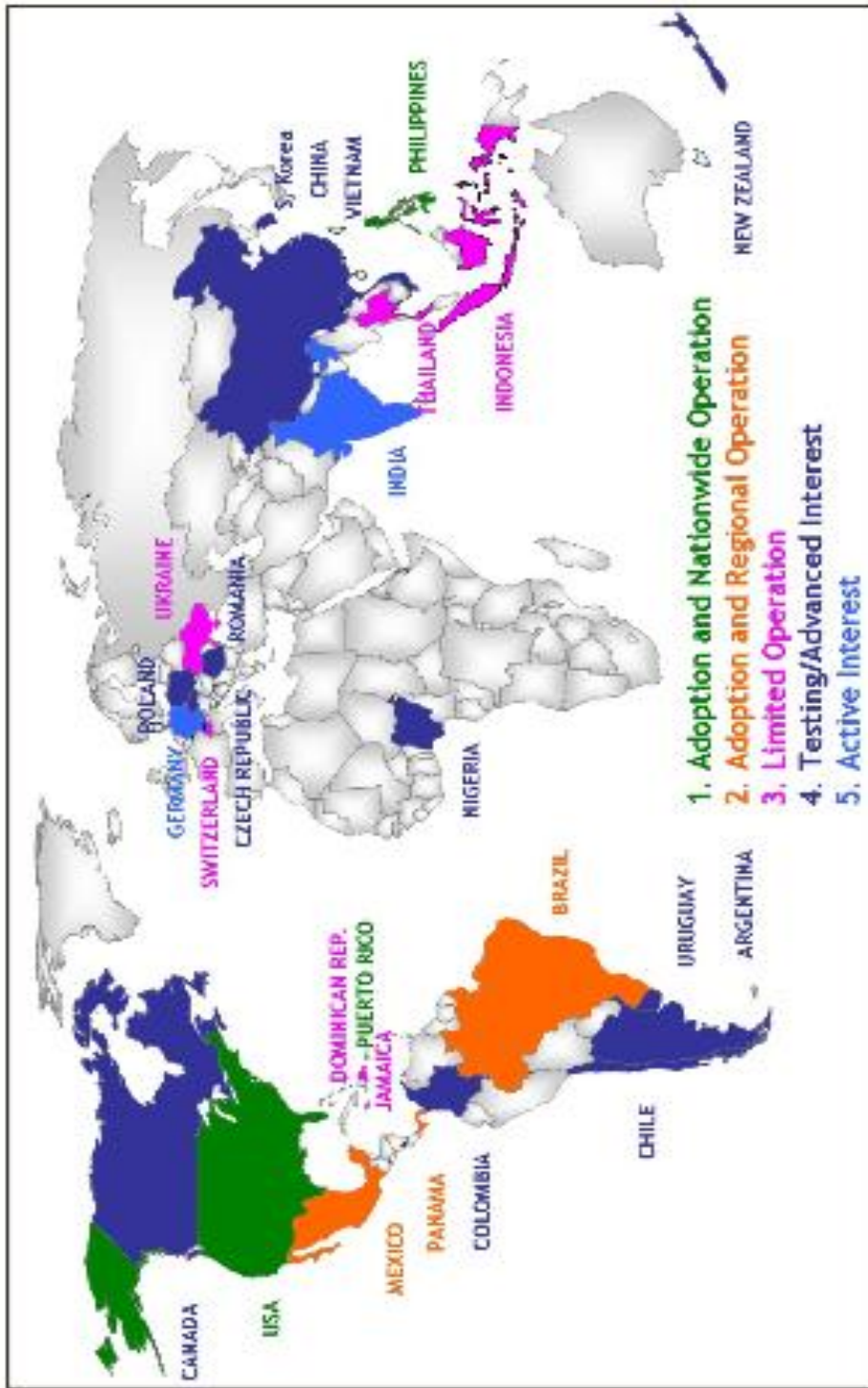



FIGURA II. 12 SITUACIÓN DE IBOC EN EL MUNDO⁴⁸

2.3.9 RECEPTORES

Existe alrededor de 60 modelos de receptores de Radio HD, entre algunos de los fabricantes de receptores están:

BMW, Clarín, Cydle, Day Sequerra, Denon, Dual, Vado, Garmin, Gigaware, Hyundai Insignias Jaguar Jensen móvil JVC, JVC Arsenal, Kenwood, Excelon, Kia, LandRover, Lincoln Marantz, McIntosh, Mercedes-Benz, Microsoft, MINI, Niles Audio Onkyo, Pionero, Rolls-Royce, Sangean, Vástago, Sherwood, Sony, Subaru TEAC, Tesla Toyota, Volkswagen, Volvo, Yamaha.

⁴⁹A continuación se muestra algunos de los modelos disponibles para este estándar, tanto para el hogar como para el automóvil.

| Producto | Características |
|--|---|
| <p data-bbox="263 1406 427 1473">ADA Suite 8300</p>  | <p data-bbox="657 1406 1374 1621">Precio: \$ 4,999.00 8 zonas, doble sintonizador receptor AV Interfaz RS-232 vaivén tercera parte de sistemas de control Requiere tarjeta sintonizadora de alta definición (HDM-1)</p> |

⁴⁸FUENTE: <http://www.ibiquity.com/international>

⁴⁹ http://www.ibiquity.com/hd_radio/hdradio_buy_an_hd_radio/hdradio_products

**Denon
AVR-2311CI**



PRECIO: \$ 899.00
Funciones soportadas:
iTunes Tagging / rotulado de canciones
Conectividad: iPod puerto
La tecnología HD Radio
iTunes Tagging
7.1 canales, 105 vatios por canal
Dolby, DTS, Audyssey procesamiento
Multi-zona, HDMI 1.4^a
XM, la interfaz del iPod

**Sangean
HDR-1**



PVP recomendado: 199,99 dólares
Alarma
Auto TuningSystem (ATS)
Auto Preset sistema
20 posiciones de memoria (10 FM, 10 AM)
Pantalla LCD retro iluminada
Muestra información como: Número de canal, frecuencia del canal, Etiqueta de conjunto, la etiqueta de servicio, Etiqueta dinámica, el modo de transmisión, Velocidad de datos, Servicio de Secundaria, Disponibilidad
FM RDS (por confirmar)
Tono y control de graves
EQ pre-sets
Reloj
Alarma w / Protectora de Animales de Wake Sistema
Repetir la función
Temporizador ajustable
Capacidad de multicast
Programa Asociado del servicio de datos (PAD)
Recepción de radio digital híbridos y Full
Aux-In para conectar iPod o MP3
Control Remoto
Table Top
142 presintonías

**Sherwood
RD-7405HDR**



PRECIO: \$ 199.99
Alarma
Auto TuningSystem (ATS)
Auto Preset sistema
20 posiciones de memoria (10 FM, 10 AM)
Pantalla LCD retro iluminada
Muestra información como:
Número de canal, canal de frecuencia,
Etiqueta de conjunto, la etiqueta de servicio,
Etiqueta dinámica, el modo de transmisión,
Velocidad de datos, Servicio de Secundaria
Disponibilidad
FM RDS (por confirmar)
Tono y control de graves
EQ pre-sets
Reloj
Alarma w / Protectora de Animales de Wake
Sistema
Repetir la función
Temporizador ajustable
Capacidad de multicast
Programa Asociado del servicio de datos (PAD)
Recepción de radio digital híbridos y Full
Aux-In para conectar iPod o MP3
Control Remoto
Table Top
142 presintonías

**Yamaha
RX-A1000**



PRECIO: \$ 299.00
7.1-CH Inicio de doble zona Theater Receptor
60 vatios RMS por canal
Dolby Digital - Dolby Pro LogicIIx
Totalmente etapa de amplificación discreta para
todos los canales
5 modos de DSP Surround (Theater, Hall, el
estadio, más 2 más)
192 KHZ./24 bits de audio D a los convertidores
de todos los canales
2 entradas HDMI - Una salida HDMI
2 entradas de video compuesto, 1 salida de vídeo
compuesto
Subwoofer Preamp Output
Zona 2 Audio Preamp y salidas de los altavoces
3 entradas digitales (2 coaxiales y 1 óptico)
Ajustable A / V sincronización demora
Varias etapas de control de gama dinámica
Cuarzo PLL sintetizado de AM / FM de
sintonización

| | |
|--|---|
| | 30 AM / FM presintonías |
| <p>Polk Audio: I-Sonic Entertainment System</p>  | <p>Precio: \$ 1,099.95 Funciones soportadas: iTunes Tagging / rotulado de canciones Conectividad: iPod puerto La tecnología HD Radio 7.1 canales, 105 vatios por canal Dolby, DTS, Cinema DSP de procesamiento De doble zona; HDMI 1.4a XM, la interfaz del iPod HDMI 1.4ª</p> |
| <p>SONY: HD Radio™</p>  | <p>Precio: \$ 289.00 Reproducción: CD, MP3 Funciones soportadas: iTunes Tagging / rotulado de canciones Conectividad: iPod puerto HD Radio FM / AM Recepción La tecnología HD Radio iTunes Tagging CD, CD-R, CD-RW, MP3, WMA Frente entrada auxiliar Placa frontal desmontable USB de control directo de iPod Display OEL</p> |
| <p>Sintonizador ADA DuoTuner</p>  | <p>Compatible con: SWAN Precio: \$ 999.00 La tecnología HD Radio Sintonizador con capacidad dual o cuatro Salida digital óptica NOAA / RDS capaz En el panel frontal de control / pantalla para múltiples sintonizadores. Nota: Este producto está disponible a través de instaladores profesionales y distribuidores.</p> |
| <p>Alpino TUA-T550HD</p> | <p>Compatible con múltiples unidades de Radio HD Precio: \$ 199.95 Funciones soportadas: iTunes Tagging / rotulado de canciones Se integra con las unidades principales de Alpine HD Radio Ready iTunes Tagging</p> |

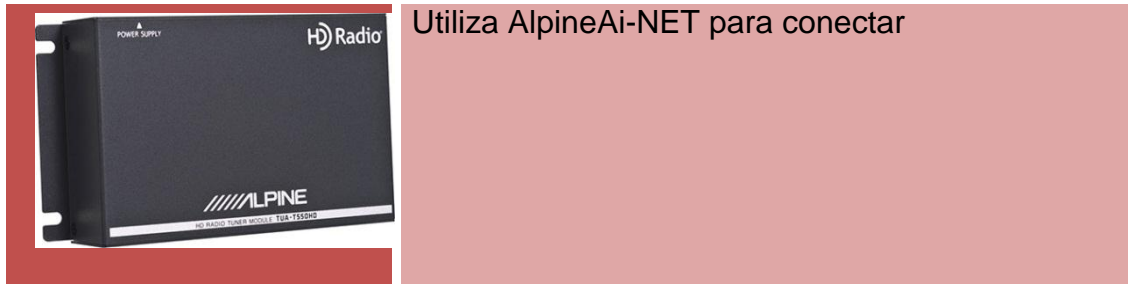


TABLA II. IV RECEPTORES IBO⁵⁰C

2.4DRM

2.4.1 HISTORIA

El sistema ha sido desarrollado, probado y estandarizado en solo cinco años por el consorcio DRM. Aunque fundado el 5 de marzo de 1998 en Guangzhou (China), emergió de una reunión informal en París en septiembre de 1996. Surgió la necesidad de crear un grupo de trabajo con la tarea de establecer cometidos y estructurar una organización formal denominada Digital Radio Mondiale (DRM).

Entre algunas de las empresas que conforman el consorcio están Radio France Internationale, Télé Diffusion de France (TDF) Voice of América, Servicio Mundial de la BBC, Radio Netherlands y fabricantes de transmisores como Thales, Telefunken y Harris y de receptores como Sony y Sangean.

⁵⁰FUENTE: ORIGINAL

DRM es el trabajo de un grupo de más de 80 radiodifusores (50 de ellos activos y cooperantes), fabricantes de equipos, organismos reguladores y operadores de red, para conseguir un sistema no propietario, recomendado por la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y con el apoyo del estándar IEC 62272-1, otorgado por la IEEE (International Electro technical Committe). Las especificaciones técnicas fueron publicadas por el ETSI (9/2001) bajo la referencia TS 101 980 v1.1.1.

De todos es conocido los desvanecimientos o fading y los ruidos estáticos interferentes que sufren estas señales, debido a las contrafases provenientes de la reflexión de las mismas señales en accidentes orográficos, edificios, etc.

La calidad básica de la radio digital DRM mejora exponencialmente la calidad de las señales de la clásica AM, acercándola a la de las transmisiones de FM. Otra ventaja que ofrece DRM al compararlo con la actual radio analógica es que si se emplea un transmisor de baja potencia y la emisora decide utilizar para sus transmisiones este sistema, su cobertura será mucho mejor. DRM en condiciones óptimas puede obtener una señal digital completamente nítida, sin interferencias ,ruido y desvanecimientos.

2.4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

- El sistema Digital Radio Mondiale (DRM) es una fórmula abierta, para emisiones de radio en bandas por debajo de 30MHZ. Está apoyado por la UIT y normalizado como ETSIES 201 980.
- En lo referente a bandas VHF, DRM+ ofrece una calidad de sonido similar a las radios de FM con las ventajas de uso de los sistemas

digitales las que pueden ser entre otras: una mayor solidez, menos energía de transmisión y/o un incremento de la cobertura, y por ultimo pero no menos importante configurarlo de tal manera que utilice menos espectro que las emisiones actuales en FM.

- En DRM se puede emplear una gran variedad de contenidos de audio y tiene la capacidad de integrar texto y datos que se pueden mostrar en el display del receptor, para mejorar la satisfacción del usuario.
- El DRM funciona en las bandas de difusión AM actuales y está diseñado para ajustarse a los planes de difusión en rigor, con señales de un ancho de banda de 9 KHZ. o 10 KHZ. También dispone de modalidades de un ancho de banda de 4.5 KHZ. o 5 KHZ., y de mayores anchos de banda - 18 KHZ. o 20 KHZ. - para que el DRM pueda funcionar junto a las emisiones AM en cualquier mercado.
- DRM mejora la calidad de sonido en AM notoriamente además de su sustancial mejora en la fiabilidad del servicio ya que explota las propiedades de propagación exclusivas de las bandas AM.
- El sistema DRM emplea una modulación COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). Esto quiere decir que los datos, tanto los del audio codificado como los metadatos asociados, se transmiten mediante un número de portadoras muy próximas que están agrupadas en un canal de transmisión.
- DRM puede operarse en una sola frecuencia y también en multifrecuencia (SFN/MFN) así como también brinda la posibilidad de frecuencias alternativas. DRM permite utilizar la norma de técnica única

para proporcionar cobertura desde ámbitos nacionales (alrededor de 1.000 Km.) hasta comunidades locales (de un radio alrededor de 1 Km).

- Este sistema cuenta con tres códecs de audio MPEG ofrece una codificación de audio (AAC) y codificación de voz (CELP y HVXC), los mismos permiten cubrir voz y música así como también un rango muy grande de velocidades de transmisión de bits.
- DRM se ha creado de tal manera que permita la compatibilidad de transmisiones tanto digitales como analógicas, lo que permitirá una transición mucho más llevadera ya que se podría realizar este proceso en fases. DRM busca adaptarse a los equipos existentes de tal forma que los dueños de radiodifusoras no tengan que realizar una inversión tan fuerte. Por ejemplo algunos los transmisores analógicos se pueden modificar para conmutar fácilmente entre emisiones digitales y analógicas.
- Otro servicio que cabe destacar en este sistema es que la Guía de Programación Electrónica (GPE), que permite a los usuarios que cuenten con receptores apropiados el acceso al programa de emisiones así como también les permitirá grabarlos si así lo desea.
- Un punto fuerte de este sistema, y que una vez más representa un beneficio presupuestario, es la reducción de los costes de energía de transmisión, ya que DRM ha logrado operar en niveles de energía que van desde unos pocos vatios en 26 MHz. hasta varios cientos de kilovatios en onda larga.

2.4.3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA

2.4.3.1 LOS ESTÁNDARES DE DRM

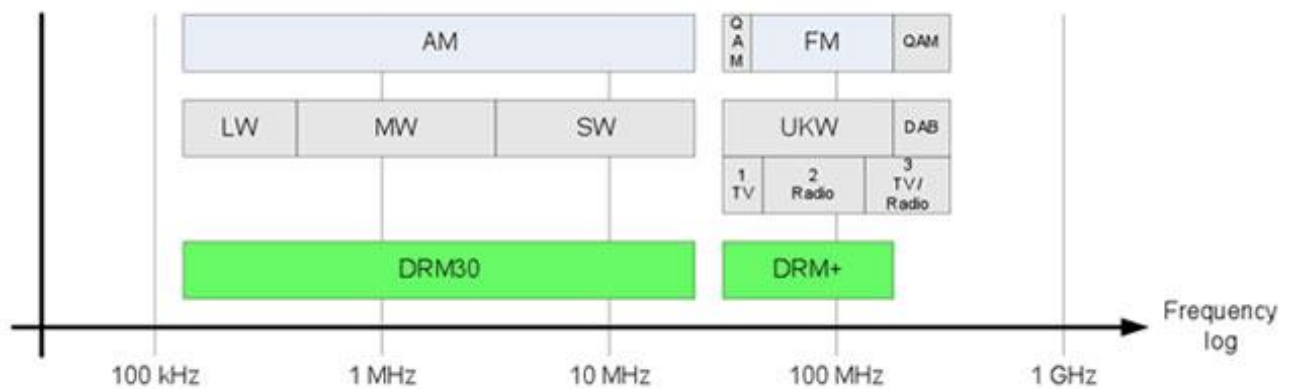


FIGURA II. 13 ESTÁNDARES DE DRM⁵¹

En el sistema DRM se pueden detallar varios modos de operación los mismos que de manera general se dividen en dos grupos que son:

Modo “DRM30”, que diseñado para ser empleado en bandas por debajo de los 30MHz. dentro de este modo se clasifica en tres tipos de ondas:

⁵¹ http://www.DRM.org/i/summary_ref.jpg

- a) Onda larga de 150 KHZ. a 529 KHZ. (LW).
- b) Onda media de 530 KHZ. a 1710 KHZ. (MW) Aquí se ubica la tradicional radio AM.
- c) Onda Corta de 1711 KHZ. a 30 MHZ. (SW).

Modos “DRM+”, utilizan el espectro radial entre los 30 a 174 MHZ., está focalizado en la radiodifusión FM.DRM+ fue aprobado en 2009 por la ETSI.

2.4.3.2 ARQUITECTURA DRM

El sistema es capaz de ofrecer cuatro prestaciones de audio y de datos codificados. En el extremo transmisor la señal de audio analógica debe convertirse a la modalidad digital. La tasa binaria que surge de este proceso de digitalización se reduce a través de una codificación de fuente.

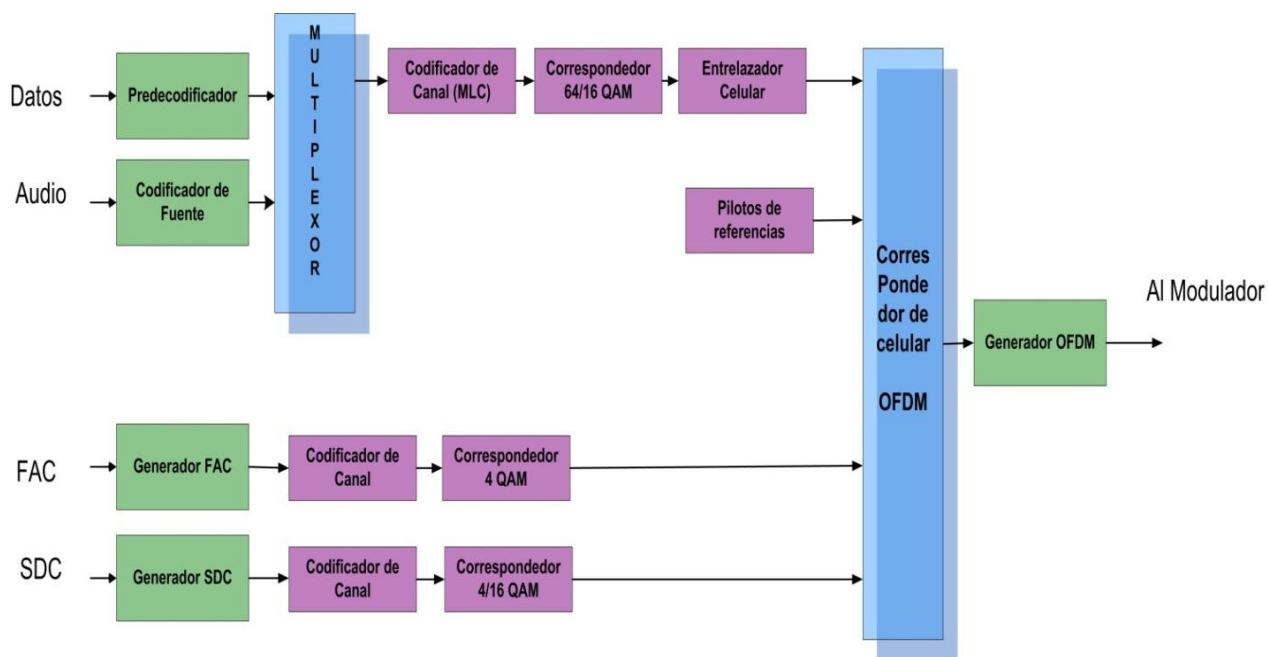


FIGURA II. 14 ARQUITECTURA DRM

Los datos codificados de fuente se multiplexan con los demás datos que forman la carga útil (payload). Este multiplexado de la carga útil sufre entonces una codificación del canal para mejorar su robustez a costa de un aumento de la tasa de bits. La codificación es del tipo multinivel MLC (Multilevel Coding) con dos posibles niveles de protección: UEP (Unequal Error Protection) y modulación jerárquica. Después de esta codificación los datos son correspondidos (mapping) con la constelación pertinente (16 o 64 QAM). Luego se le aplica un entrelazado celular para finalmente combinarse en un correspondedor con los canales auxiliares.

El canal principal MSC (Main Service Channel) es el de mayor capacidad, lleva la carga útil y presenta cuatro flujos que puede ser de audio o datos.

El sistema dispone de dos canales auxiliares, el canal de acceso rápido FAC (Fast Access Channel) y el canal de descripción de servicio SDC (Service Description Channel).

Respecto del FAC, está constituido por 64 bits por cada trama de 400 ms. Informa al receptor sobre el ancho de banda, el tipo de modulación utilizada en el SDC y MSC.

2.4.3.3 MODOS DE TRANSMISIÓN DE CODFM

Están definidos cuatro modos de transmisión, A, B, C y D, con distintos parámetros, que son útiles tanto en condiciones de propagación favorables como es la propagación de onda de superficie en la banda de ondas hectométricas, como en condiciones de propagación desfavorables, como es la propagación por onda ionosféricas con trayectos múltiples a larga distancia en la banda de ondas decamétricas.

| MODO | INTERVALO DE GUARDA | ESPACIAMIENTO DE PORTADORAS | Nº Portador | ROBUSTEZ |
|-------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|
| A | 2.6 ms | 41.6 Hz | 240/216 | Baja |
| B | 5.3 ms | 46.9 Hz | 213 | Media |
| C | 5.3 ms | 69.2 Hz | 144 | Alta |
| D | 7.3 ms | 107.1 Hz | 93 | Muy alta |

TABLA II. V MODOS DE TRANSMISIÓN

Según el tipo de propagación, y en cada uno de estos modos es posible elegir el tipo de modulación y la velocidad binaria de codificación. Es necesario seleccionar la combinación óptima de los parámetros, dependiendo de las condiciones de propagación particulares, que permita asegurar que la señal es recibida con la calidad más alta posible para cumplir con la calidad del servicio y cobertura deseados.

| Modos de Transmisión | Condiciones típicas de propagación | Bandas de Frecuencia |
|-----------------------------|--|------------------------------------|
| 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 superior | Sólo ondas Decamétricas |

TABLA II.VI⁵² MODOS DE TRANSMISIÓN POR EL TIPO DE PROPAGACIÓN

El modo A está diseñado para entregar la velocidad de codificación binaria más alta posible con cobertura por onda de superficie. El modo B será generalmente la primera opción para los servicios con cobertura por ondas ionosféricas. Cuando las condiciones de propagación son más duras, tales como en trayectos largos, con saltos múltiples o incidencia casi vertical, donde se producen fuertes y varias reflexiones, puede ser necesario emplear los modos C o D.

2.4.3.4 SÍMBOLO OFDM

Un conjunto de subportadoras durante un segmento de tiempo se denomina símbolo. En DRM cada símbolo contiene aproximadamente 200 subportadoras, espaciadas a través de los 9/10 KHZ. El número preciso de subportadoras depende del modo de funcionamiento utilizado, que a su vez define una trama concreta de transmisión de 400ms.

Para implementar la modulación COFDM se realiza una partición del canal de transmisión en el dominio del tiempo y de la frecuencia:

⁵² http://www.rtve.es/DRM/doc/sistema_DRM.pdf

- El dominio de la frecuencia es dividido en un conjunto de estrechas "sub-bandas de frecuencia".
- El dominio del tiempo es dividido en un conjunto de pequeños y contiguos "segmentos de tiempo".

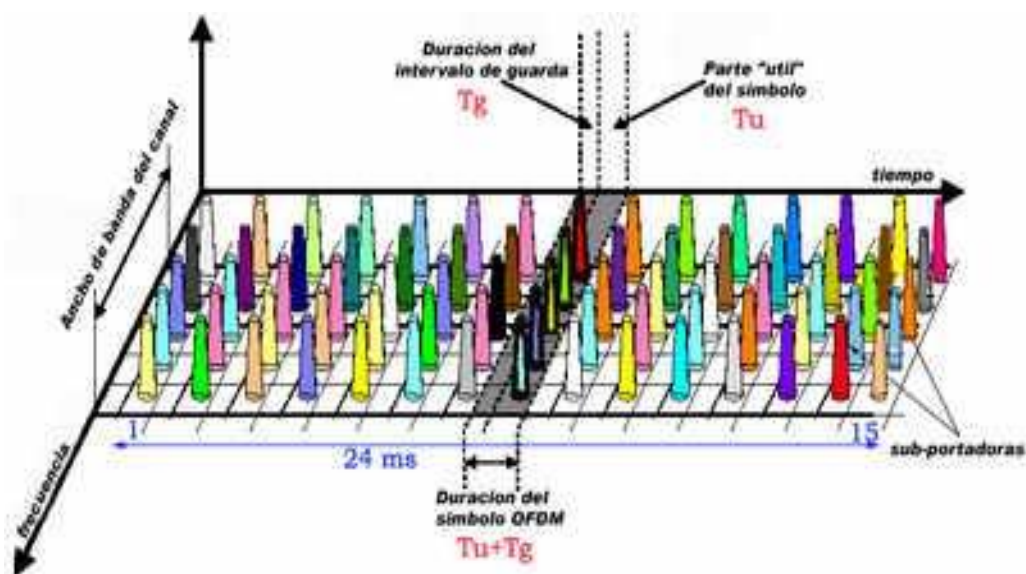


FIGURA II. 15 OFDM

2.4.3.5 MODULACIÓN COFDM

Durante cada segmento de tiempo, las subportadoras son moduladas con datos codificados. El número de bits transmitidos por cada subportadora, depende de la clase de modulación utilizada.

El modo define la duración del símbolo y con ello la separación de las portadoras OFDM, ya que estas están separadas la inversa del período de símbolo.

2.4.3.6 COMPRESIÓN DE AUDIO

El sistema DRM puede usar tres tipos diferentes de codificación de audio, dependiendo de las preferencias del operador.

- El MPEG4 AAC se usa como un codificador de amplia funcionalidad que proporciona la mayor calidad.
- El MPEG4 CELP, se utiliza para la codificación de voz en alta definición cuando no hay contenido musical.
- HVXC también para codificar la voz en ausencia de música, pero con una tasa de transferencia de información menor, es decir, cuando el factor espacio es determinante y no nos preocupa tanto la calidad.

El grado de robustez de la señal puede ser seleccionado en función de las condiciones meteorológicas o físicas que puedan afectar a la propagación de la señal.

Para la decodificación de la señal DRM básicamente se parte de la señal capturada de la señal de IF de la última etapa de recepción del equipo de radio, generalmente de 10.7 MHz. para equipos de doble conversión, y 455 KHz. para triple conversión.

Luego esta señal se aplica a un convertidor, que transforma el IF anterior a otra señal de IF en el rango de 10 a 12 KHz. Esta nueva señal de IF, que está dentro del rango de señales auditivas, se aplicará entonces a la entrada de la tarjeta de sonido de una computadora. A partir de allí, el trabajo de decodificación lo realizará el software decodificador de DRM, que puede ser obtenido por internet, ya sea gratuitamente o de pago. Se necesitará un oscilador de 467 KHz., bien con un cristal de cuarzo, o un oscilador digital tipo AD9835 y controlado por un 16F84. Ya que a los 467 KHz. les restamos los

455 KHZ. de la frecuencia intermedia del receptor y obtenemos justo los 12 KHZ.

2.4.4 VENTAJAS

- Ofrece mayor calidad de sonido en radios AM similar a la actual radio de FM y en Fm con calidad similar a Cd.
- Permite al coexistencia de señales analógicas y digitales
- La señal es mucho más robusta, y requiere menos energía de transmisión, así como también logra un incremento en la cobertura.
- Un gran beneficio de este sistema es que es un sistema abierto. Es decir se dispone de acceso libre a las normas técnicas completas de tal manera que todos los fabricantes tengan la capacidad de diseñar y fabricar los equipos de una manera equitativa logrando un ambiente de competitividad y su consecuente reducción de costos. Tanto para lo radiodifusores que tendrán que invertir en transmisores y demás equipos necesarios como también para los usuarios que deberán invertir en nuevos receptores con capacidad DRM.

2.4.5 DESVENTAJAS

Aunque este sistema es libre y permite la convivencia entre señales digitales y analógicas, esto no han sido suficiente para una fabricación a

gran escala de equipos principalmente receptores, lo que conlleva el elevado costo de estos equipos. Esto supone un problema para la adopción de este sistema en varios países en los que si bien se han realizado pruebas que han mostrado la eficiencia del estándar, algunas radios principalmente pequeñas se mantienen en incertidumbre por la inversión (la cual muchos de ellos no se encuentran en capacidad de efectuar) necesaria para realizar la transición, y si su inversión se verá recuperada dependiendo de la aceptación que muestren de los radioescuchas que también deberán adquirir equipos receptores.

2.4.6 DRM+

Se asignó con este nombre a la Norma DRM que utiliza frecuencias más altas. Estas bandas están situadas entre 30 y 174 MHz., lo cual consta en la especificación técnica de DRM+ publicada el 31 de Agosto de 2009, por el European Telecommunications Standards Institute (ETSI) como ETSI ES 201 980 V3.1.1

Dado que solo es una modificación de DRM, DRM+ cuenta con el mismo tipo de señalización y multiplexado, la misma modulación OFDM aunque con nuevos parámetros y los mismos códecs de audio

DRM+ emplea el espectro radioeléctrico conforme a la normativa internacional de la banda de FM (88 a 108 MHz.). Por tanto ocupa 95 KHz. por canal con un plan de canales de 100 KHz. Así también esta modificación proporciona tasas de 35 kbps a 185 kbps con relación señal/ruido de 2 dB a 14dB y, al igual que el DRM, permite difundir hasta cuatro servicios.

2.4.7 EL SISTEMA DRM EN EL MUNDO

Entre los países que han adoptado este estándar podemos enumerar Reino Unido, España, Alemania, Francia, Italia, Portugal, Luxemburgo, India, y se encuentran realizando pruebas en otros países Hungría, Canadá, Nueva Zelanda, Países Bajos, Suecia, Rusia y Ecuador. Existen algunas emisoras internacionales en onda corta que utilizan este estándar, como son: Vatican Radio, BBC World Service, Deutschland radio, HCJB, Radio Canadá International, Deutsche Welle, Radio Netherlands, Radio TelefísÉireann (Irlanda), Radio Exterior de España, Rai (Italia) y Radio New Zealand International.

El Reino Unido está estudiando la posibilidad de introducir DRM en onda media en 2012 y la BBC ya hizo pruebas con una radio local en Devon, Inglaterra.

2.4.8 EQUIPOS

El primer receptor de DRM fue presentado en Ámsterdam en el 2002. Este equipo fue desarrollado por la compañía Coding Technologies junto con la BBC y la AFG. Los nuevos equipos deben soportar tanto los modos de transmisión digital como los de transmisión analógica, ya que se requiere que la transición se realice de un modo gradual. De hecho los receptores serán bastante caros en un inicio pero con el pasar del tiempo, cuando se difunda un poco mas el estándar y la producción de receptores se realice a gran escala los precios se reduzcan.

Por otro lado los transmisores modernos pueden modificarse con una sencillez relativa para permitir que puedan realizarse, al mismo tiempo que las transmisiones analógicas las transmisiones en DRM. Dado que la onda media ha experimentado un gran cambio en países que utilizan este estándar sobre todo por la mejora de la calidad de sonido, las empresas de radiodifusión ya están utilizando transmisiones digitales en onda media. De hecho no hay muchos receptores en el mercado, y los que están en el mercado están principalmente orientados a radioaficionados con interés en la radio internacional en onda corta.

En el Anexo 1, se podrán ver los perfiles de receptores para radio digital, el cual que se encuentra disponible en la página oficial de DRM, este documento sirve de guía a los organismos de radiodifusión así como también a los fabricantes de equipos.

Fundamentalmente un receptor de radio típico debe contener varios bloques:

- I. Antena
- II. RF Front End⁵³
- III. Demodulador / Demultiplexor
- IV. Decodificador de Audio / Servicio de Datos
- V. Amplificador / Altavoz
- VI. Controlador de Micro-procesador / Controlador del Display

Tanto la antena como el amplificador y el altavoz son elementos usados ya en la recepción analógica de igual manera se usarán en la radiodifusión digital. Los demás componentes se han diseñado en módulos e incluso existen

⁵³ Es un término usado para los circuitos que se encuentran entre la antena y la primera etapa de frecuencia intermedia (FI), cuyos componentes procesan la señal entrante original.

compañías se han especializado en ello, lo que permite a los fabricantes la integración de la radio digital en los productos existentes o nuevos muy rápidamente.

El estándar DRM comparte varios puntos en común con el estándar de radio digital, World DMB principalmente en las áreas de codificación de audio y datos auxiliares, lo que simplifica el diseño de receptores multiestándar. Sin embargo en el mercado actual existen varios receptores diseñados especialmente para captar la señal digital, estos dispositivos cuentan con pantallas a color que sirven de apoyo a las nuevas características que ofrece DRM.

⁵⁴Entre algunos de los equipos existentes para este sistema están

Chengdu NewStar electrónico (CDNSE) DR111



Es un receptor del estándar DRM que hace énfasis en la reducción de costos aunque cumple con todos los requisitos mínimos. Está basado en la tecnología de receptor central CDNSE DRM y la plataforma de nuevo desarrollo digital de radio, DR111 es una de las mejores soluciones. Se puede convertir en receptor portátil y un coche con el mínimo esfuerzo.

Himalaya DRM 2009

⁵⁴ Fuente: www.DRM.org/products



El DRM2009 Himalaya es una radio independiente del radio digital DRM/AM / FM de servicios. Este receptor portátil puede ser usado tanto con corriente eléctrica o con pilas. Además cuenta con la ranura de tarjeta SD, ya que puede ser utilizado además como un reproductor de

MP3.



MSWAY MDR-S100 Este receptor es compatible con DRM/DRM+/AM/FM Este receptor cuenta con funciones básicas, este receptor se encuentra actualmente en desarrollo, será lanzado a mediados del 2012.

| CATEGORÍA | DETALLE |
|--------------------|---|
| Recepción de radio | DRM 30 (SW / MW / LW) Analógica AM / FM Número de estaciones que se pueden guardar en memoria: más de 100 |
| Función DRM | DRM servicio de texto Afs (frecuencia de conmutación automática) |
| Audio | Decodificación: estéreo / códec: AAC |
| Poder | Adaptador dc / 12v |
| Tamaño | 270mm x125mm x 82mm |

| | |
|------------------|---|
| Interfaz externa | Puerto para auriculares Puerto de entrada aux-in Puerto de salida |
| Adicionales | Altavoz - 70mm x 79mm (5w) Antena: camino de la antena (tipo sma) Botones: mode / set / stop / stdn / volumen Hora / fecha |

TABLA II. VII Características MSWAY

Radio DRM - MDR-M200



⁵⁵Sistema profesional para monitoreo DRM.

| CARACTERÍSTICAS | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------------|---|
| Especificación (ETSI ES 201980) | Robustez Modo A, B, C, D (DRM30) |
| | Robustez modo E (DRM +) |
| Interfaz gráfica de usuario | La interfaz básica de usuario gráfica muestra información diversa (por ejemplo, SNR, MER, los errores de audio de la unidad, CRC COSUDE / |

⁵⁵<http://blog.imsway.com/>

| | |
|-------------------------------|---|
| | FAC, Estimación de la frecuencia de desplazamiento, el nivel de protección, la información del flujo, BER), marca de DRM de servicio y mensajes de texto DRM |
| | La interfaz gráfica de usuario extendida añade sincronización de tiempo, el espectro de canal de estimación, diagramas de constelación y la respuesta de impulso |
| Decodificador de audio | Hasta 4 streams de audio con una tasa máxima de bits de 186 kbit / s pueden ser decodificados usando AAC + decodificador. Varias funciones de audio, por ejemplo, Spectral Band Replication (SBR), Parametric Stereo (PS). Salida de audio para tarjeta de sonido |
| | MPEG Surround 5.1 |
| Decodificador de datos | Sitio Web de difusión, presentación de diapositivas MOT, PRBS |
| | Journaline Data Service Decodification |
| Los dispositivos de entrada | Frontend RF, archive guardado |
| | TCP, UDP |

TABLA II. VIII CARACTERÍSTICAS DE RADIO DRM - MDR-M200



FIGURA II. 16 SISTEMA DE MONITOREO RADIO DRM - MDR-M200

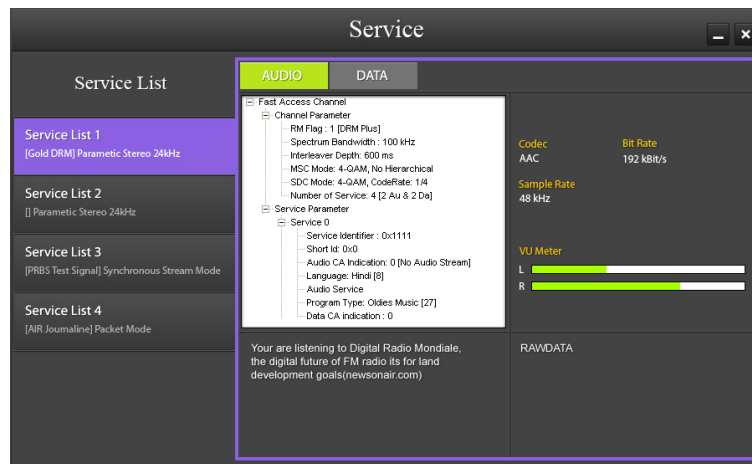


FIGURA II. 17 SISTEMA DE MONITOREO RADIO DRM - MDR-M200



FIGURA II. 18 SISTEMA DE MONITOREO RADIO DRM - MDR-M200

Ventajas que ofrece software

- Soporte multi-banda (DRM30 / DRM +)
- Amplio rango de recepción (-10dBm ~ 112dBm)
- GPS incorporado (interfaz USB)
- Interfaz de usuario intuitiva
- Conveniente registro de GPS (guardarlo en formato KML para Google Earth.)
- Ventana de solución basada en software (Win7, XP)

TechniSatMultyRadio



MultyRadio soporta la tecnología de recepción analógica (FM / MW / LW / SW) y combina esto con su sucesor digital de las normas de radio digital con el estándar DRM (Digital Radio Mondiale).

Uniwave Di-Wave 100



Ofrece todas las funciones de radio digital multimedia como por ejemplo el nombre de la emisora, la información del programa, presentación de diapositivas ITV y variación en tiempo de escucha. La radio puede recibir emisiones de DRM en SW, MW y LW, así como también en radio FM analógica. El receptor también tiene un puerto USB / SD-lector y reproducción MP3/MP4.

Starwaves Box Car



Es un conversor para vehículos y embarcaciones que funcionan con el estándar DRM, pueden además recibir la onda analógica en onda corta, mediana o larga.

DRM + Prueba de receptor



Receptor de prueba para PC basado en DRM+ que permite investigar y demostrar las capacidades de audio y multimedia de DRM+ de radiodifusión, así como también realiza pruebas de campo y campañas intensivas de medición.

Excitador DRM30 de DIGIDIA



Es un producto perteneciente a la línea de productos CORO DRM de DIGIDIA. Este excitador realiza la codificación de audio y la codificación de canal y no requiere por lo tanto cualquier sonido externo / el contenido del servidor al igual que el modulador este equipo se encuentra en los sitios de transmisión.

Especialmente diseñado para las aplicaciones de transmisión de DRM, tiene todas las características técnicas y prestaciones de una alta gama de productos y al mismo tiempo un tamaño compacto y precio competitivo.

Cuenta con un codificador de audio AAC + integrado e inserción mensajes de texto. Este concepto hace mucho más fácil su utilización, ya que sólo tienen que manejar una entrada de audio analógica y / o digitales. Para que puedan operar en el DRM del mismo modo que opera AM en la actualidad. Es posible utilizar DRM sólo, o sólo AM o DRM / AM simultánea.

Características principales

- Fuente de alimentación automática de rango (85-264 VAC/47-63Hz)
- El panel frontal con pantalla LCD
- Codificador MPEG4 AAC HE v2 integrado con mensaje de texto asociado
- Mono, estéreo y estéreo paramétrico (Con SBR).
- Modulador DRM compatible con ES 201 980
- Trabajan en todas los modos A, B, C y D
- Todos los modos estándar de QAM (MSC 64 o 16 y de la COSUDE 16 o 4)
- Ancho de banda del canal DRM 4.5/5/9/10/18 y 20 KHZ.

Perfil del cliente típico: emisoras de radio, operadores de redes, integradores de sistemas de radio, datos de proveedores de contenido

Modulador DRM30 DIGIDIA



Es un producto perteneciente a la línea de productos DRM de DIGIDIA. Este modulador realiza la codificación de canal y modula la señal DRM30. Al igual que el excitador este equipo se encuentra en los sitios de transmisión. Es un equipo de muy alto rendimiento diseñado principalmente para las aplicaciones de transmisión de DRM.

Características principales

- Fuente de alimentación automática de rango (85-264 VAC/47-63Hz)
- El panel frontal con pantalla LCD
- Manejo de FAC, SDC and MSC
- Tanto el modulador como excitador DRM30 de Digidia cumplen con ES 201 980
- Trabaja en los modos A, B, C y D
- Ancho de banda del canal DRM 4.5/5/9/10/18 y 20 KHZ.
- Tasa de decodificación (igual/desigual) de 1/4 a 8/9 –
- Opera en MFN y SFN (receptor GPS integrado para SFN)
- Altas prestaciones de modulación (MER, estabilidad)

Perfil del cliente típico: emisoras de radio, operadores de redes, integradores de sistemas de radio, datos de proveedores de contenido

TRANSMISOR DRM30 OPUS 26MHZ.- 250W de DIGIDIA



Es un producto adecuado y compacto para transmitir una señal DRM en las bandas de 26 MHz. a 250 W de potencia típico de DRM (Contiene el Excitador DRM integrado).

Opus es un transmisor compacto y profesional, especialmente diseñado para entregar alta calidad de la señal DRM en las bandas comprendidas entre 20 MHz. y 27MHz. Incluye el excitador DRM con una entrada estándar MDI (Ethernet RJ-45) y es totalmente compatible con el estándar DRM (modos de gestión, parámetros de modulación y anchos de banda de DRM, incluyendo 18 KHZ. / 20 KHZ.). El proceso de sincronización en una red SFN también está disponible como una característica estándar (receptor GPS interno incluido).

OPUS está disponible con una potencia típica de DRM de 250W. Un sistema de corrección de errores también se incluye en el equipo para obtener las mejores prestaciones posibles en la salida del transmisor.

Características:

- Fuente de alimentación Monofásico principal (VAC 230 a 47 a 63Hz), Excitador DRM con receptor GPS interno para la sincronización de alto nivel y propósitos SFN.
- Servidor Web interno para fines de control remoto, configuración, monitoreo y mantenimiento a través de páginas HTML.
- LCD en el panel frontal para el control local, la instalación y monitoreo. Reporte de alarmas a través de SNMP (traps programables).

Perfil del cliente típico: emisoras de radio, operadores de redes, integradores de sistemas de radio, datos de proveedores de contenido

2.5 ISDB-TSB

2.5.1 HISTORIA

ISDB por sus siglas en inglés (Integrated Service Digital Broadcasting), es un estándar japonés que integra de forma sistemática diversos tipos de contenidos digitales, entre los que podemos mencionar HDTV, SDTV, sonido, gráficos y /o texto. Este estándar debe cubrir una amplia gama de necesidades que pueden diferir de un servicio a otro.

El estándar fue propuesto a la UIT-R (CCIR) en el año de 1973, aunque la investigación para este estándar proviene desde los años sesenta, en los laboratorios de la NHK. Este estándar es mantenido por la organización japonesa ARIB (Asociación de Industrias y Negocios de Radiodifusión) la cual está conformada por varias empresas tanto japonesas como de otros países dedicadas al campo de la radiodifusión, fue esta asociación quien creó el estándar ISDB-T y de la misma forma están encargados de mantenerla.

Las características técnicas de ISDB mantienen una oferta flexible ya que está diseñado para la entrega fija, móvil o portátil, pudiendo también operar en canales de anchura variable.

Entre las principales normas del sistema ISDB están:

- Banda de 2,6 GHZ de radiodifusión móvil.
- ISDB-S Televisión vía satélite
- ISDB-T Terrestre
- ISDB-C Cable)

- ISDB-TsB

Esta última, ISDB-TSB, es la especificación para radiodifusión digital terrestre, esta basado en la ARIB STD-B29 y las normas del UIT-R BS.1114. Japón comenzó a realizar pruebas de radiodifusión, el 1 de diciembre de 2003. Se basa en el estándar de televisión ISDB-T utilizado en Japón, y por lo tanto, utiliza partes de esta tecnología para la radiodifusión sonora digital y servicios de datos adicionales. La especificación técnica es muy similar a la especificación ISDB-T, con la excepción de que el ISDB-TsB utiliza una forma de transmisión de banda estrecha con una y tres segmentos.

SDB-TSB ha sido diseñado para operar en las bandas de VHF II (90 a 108 MHz.) y III (170 a 222 MHz.) y UHF bandas IV (470 a 585 MHz.) y V (585 A 770) También ofrece mayores opciones de contenido tales como la entrega de programas de vídeo de baja tasa de *bits*. Además este estándar se ha diseñado para un consumo bajo de energía lo cual es importante para la fabricación de receptores portátiles.

Dado que este estándar ha sido diseñado pensando en las necesidades fundamentalmente de Japón sería importante considerar que la radio analógica en ese país se ubica en las frecuencias entre 76 y 90 MHz. Radio digital ha sido planificada para funcionar en las frecuencias entre 90-108 MHz. Es por ello que la radio analógica en ese país no sería remplazada sino considerada como un servicio radial complementario al FM analógico.

2.5.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

ISDB-TsB comparte la capa física con ISDB-T. Es decir la transmisión de radio es *parte* del espectro de televisión.

Esta norma se utiliza únicamente en la red terrestre.

Este estándar emplea (COFDM) con los modos 2K, 4K y 8K.

Utiliza un ancho de banda de 1 o 3 segmentos BST-OFDM de aproximadamente 500 [KHZ.] cada uno, en canales de 6 [MHZ.], 7 [MHZ.] u 8 [MHZ.].

Soporta codificaciones de fuente MPEG de capa II, AC-3 y MPEG 2 AAC

La velocidad de datos en ISDB-TSB es de 330 kbits/s en cada segmento

Además de transmisión de audio y video, ISDB también define conexiones de datos con internet como un canal de retorno sobre varios medios y con diferentes protocolos.

Fuente de Audio Coding MPEG-2 AAC

Un sistema de codificación de audio de gran alcance capaz de resultados superiores a las tasas de bit estéreo por debajo de 128 kb/s.

Advanced Audio Coding, o AAC, es uno de los varios sistemas de codificación de audio especificado en el estándar MPEG-2 (ISO / IEC 13818-7). Dolby Laboratories comenzó a administrar el MPEG-2 AAC programa de licencias de patentes en 1998, y hoy en día con Via Licensing ofrece una licencia conjunta

para las patentes MPEG-2 AAC de AT & T, Dolby, Fraunhofer IIS, LG Electronics, Philips y Sony.

MPEG-2 AAC es el formato de audio utilizado en el sistema de emisión digital japonés, conocido como ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting). MPEG-2 AAC es también la base de la tecnología de codificación de audio utilizado por Sirius XM Radio, un servicio de radio por satélite operativo en los Estados Unidos.

MPEG-2 AAC se ha ampliado con funciones y características adicionales en formato MPEG-4 AAC. Sin embargo, las empresas que crean productos para las aplicaciones descritas anteriormente no pueden exigir estas nuevas herramientas de AAC, y para tales aplicaciones, ofrecemos el estándar MPEG-2 AAC.

2.5.3 ESTRUCTURA DE ISDB-T

De manera general, el sistema de transmisión digital está compuesto por 3 bloques funcionales: Fuente de codificación de bloque, bloque múltiplex, y bloque de transmisión de codificación.

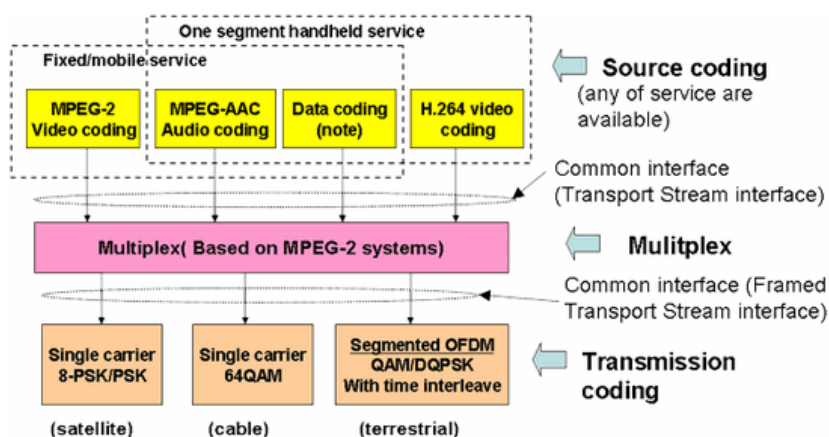


FIGURA II. 19 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DEL SISTEMA DIGITAL ISDB⁵⁶

El esquema de transmisión se basa en la banda de transmisión OFDM segmentado. Un canal OFDM (al igual que en el sistema de radiodifusión de televisión digital terrena) consta de conjuntos de bloques de frecuencias llamadas segmentos OFDM, que tienen una estructura portadora de uso común. En el caso del sistema con un ancho de banda 6MHZ., todos los segmentos tienen un ancho de banda de 1/14 MHZ. para facilitar la utilización de frecuencias y sintonización de canales.

El ancho de banda de cada segmento es equivalente a 1/14 de canal el cual es aproximadamente 430 KHZ., Se usan en tres modos los cuales dependen del espaciamiento del portador OFDM, los cuales son de 4 KHZ. para el modo 1, 2 KHZ. Para el modo 2 y finalmente 1 KHZ. para el modo 3. La duración efectiva de símbolo es de 252, 504 y 1008 correspondientemente. Los intervalos de guardia pueden seleccionarse entre 4 extensiones: 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32 de duración efectiva de símbolo. Así también son cuatro los esquemas de modulación posibles: QPSK, 16 QAM, 64 QAM y DQSPK. La corrección de

⁵⁶Fuente: <http://www.dibeg.org/techp/structure/structure.html>

errores emplea Reed-Solomon para el exterior y códigos convolucionales para el interior, La longitud del entrelazado puede ir entre 0 y 1 segundos. La interferencia multitrayecto se suprime insertando un intervalo de guardia en el dominio de tiempo, haciendo posible así al sistema a operar en SFN.

ISDB-T para el sistema de radiodifusión permite transmitir la señal con dos tamaños de anchos de banda. La primera un solo segmento, y una versión extendida que permite triplicar la tasa de bits de información del sistema, con tres segmentos, oscila entre 280 kbps a 5.2 Mbps. dependiendo de la combinación de los parámetros de transmisión.

| MODO | 1 | 2 | 3 |
|-----------------------------|---|-----------|-----------|
| SEGMENTOS | 1 o 3 | | |
| ANCHO DE BANDA | 430 o 1,3 Mbps | | |
| SEPARACIÓN ENTRE PORTADORAS | 3,97KHZ. | 1,98KHZ. | 0,99KHZ. |
| TOTAL DE PORTADORAS | 109/325 | 217/649 | 433/1297 |
| PORTADORAS DE DATOS | 96/288 | 192/576 | 384/1152 |
| PORTADORAS TMCC, AC, CP, SP | 13/37 | 25/73 | 49/145 |
| MODULACIÓN | QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK | | |
| LONGITUD DE SÍMBOLO | 252µs | 504 µs | 1008 µs |
| INTERVALO DE GUARDA | 1/4 ~1/32 de la longitud del símbolo | | |
| SÍMBOLOS/CUADRO | 204 | | |
| DURACIÓN DE CUADRO | 53~64ms | 106~129ms | 212~257ms |
| CÓDIGO INTERNO | Código convolucional (1/2 , 2/3, 3/4, 5/6,7/8) | | |
| CÓDIGO EXTERNO | 204,188 CÓDIGO RS | | |
| INTERLEAVING | TIEMPO Y FRECUENCIA | | |

TABLA II.IX PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN PARA ISDB-TSB⁵⁷

⁵⁷ FUENTE: http://www.dibeg.org/news/previous_doc/0706_3Argentina_ISDB-T_seminar/Argentina_ISDB-T_seminar_3_transmission_system%28spanish%29rev1.pdf

De acuerdo con la modulación que se emplee, a continuación se muestra la velocidad de transmisión que se puede lograr con este sistema

| | 1 segmento | 3segmentos |
|---|------------|------------|
| ANCHO DE BANDA | 430 Kbps | 1,3 Mbps |
| QPSK $r=1/2$ $T_g=1/4$ | 280kbps | 0,84 Mbps |
| QPSK $r=1/2$ $T_g=1/16$ | 330 kbps | 0,99Mbps |
| QPSK $r=2/3$$T_g=1/16$ | 440 kbps | 1,32 Mbps |
| 16QAM $r=1/2$ $T_g=1/16$ | 660kbps | 1,98Mbps |
| 64QAM $r=7/8$ $T_g=1/32$ | 1,87 Mbps | 5,20Mbps |

TABLA II.X VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA⁵⁸

La velocidad de transferencia no depende del modo de transmisión, sino de la modulación, velocidad de codificación e intervalo de guarda.

En el caso de transmisión con tres segmentos, se puede configurar de ser necesario dos parámetros de transmisión diferentes. Sin embargo, el entrelazado en frecuencia debe permanecer segmento debe permanecer contenida en un segmento central de la banda de transmisión lo que permite mantener la compatibilidad con receptores de un segmento, lo que se denomina en ISDB como recepción parcial.

⁵⁸http://www.dibeg.org/news/previous_doc/0706_3Argentina_ISDB-T_seminar/Argentina_ISDB-T_seminar_3_transmission_system%28spanish%29rev1.pdf

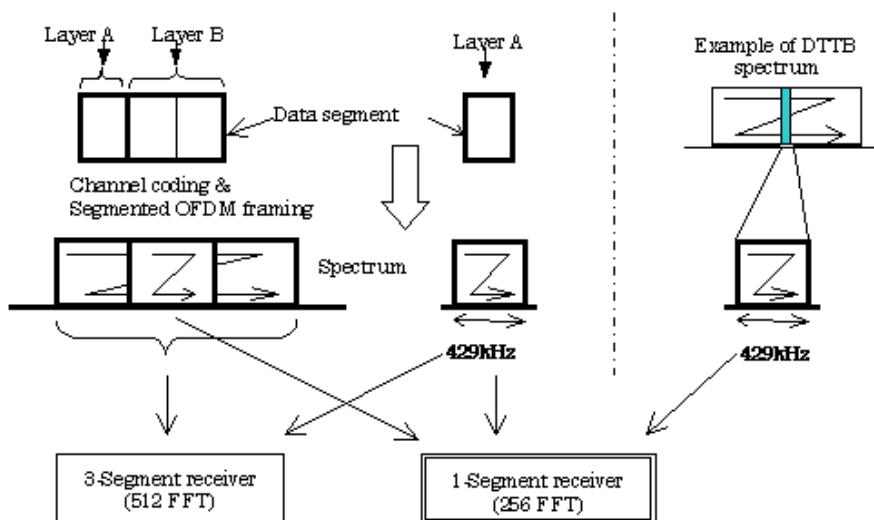


FIGURA II. 20 TRANSMISIÓN DEL SONIDO DE ISDB-T Y RECEPCIÓN PARCIAL⁵⁹

2.5.3.1 ONE SEG

El servicio One-seg, usa un segmento del ancho de banda de 6MHz., no necesita otro canal, por lo que tampoco es necesario otro transmisor, lo que representa el ahorro significativo en cuanto a costos se refiere, además este servicio ahorra significativamente el consumo de energía ya que opera con una recepción de banda estrecha. Es muy importante recalcar que existen el servicio One segment - audio y además el servicio One segment - TV sin embargo ambos dado que han adoptado la misma norma ISDB-T funcionan de igual manera en cuanto a codificación y transmisión se refiere. Este servicio se inició experimentalmente en 2005, y oficialmente el 1 de abril del 2006.

El sistema para la transmisión de servicio emplea AAC para audio con una velocidad máxima de transmisión de 64 kbit/s y H.264 para video los cuales se encapsulan en canales MPEG2. One-seg utiliza 64 QAM para modulación con

⁵⁹ www.ee-techs.com/nhk/isdb.doc

una relación $\frac{1}{2}$ FEC a $\frac{1}{8}$. La resolución máxima de vídeo es de 320 x 240 píxeles, a una velocidad máxima de 128 kbit/s. Los accesos condicionales y control de copiado no existen en la transmisión 1seg, sin embargo cada fabricante de receptores puede limitar la función de grabado.

Un punto a favor de este estándar y precisamente del Servicio One-seg, es su uso en el caso de prevención de desastres, cuyo propósito es lograr que los receptores se enciendan automáticamente a través de una señal de alerta la cual se une a la señal que se transmite. Sin embargo este servicio necesita cumplir con dos requerimientos mínimos portabilidad y EWS⁶⁰, por lo que actualmente se encuentra en etapa de investigación y desarrollo por la HNK.

Otra característica importante de este estándar es que maneja una utiliza un sistema de “administración de derechos y protección”, que busca la resguardo de la información que se transmita ya que debido a que el sistema es completamente digital, éste se vuelve vulnerable a su copia en un DVD o grabador de alta definición.

2.5.4 VENTAJAS

Este sistema a diferencia de otros estándares busca ofrecer varios servicios en un paquete y que sea el usuario el que decida en qué momento utilizar determinado servicio; es así que ISDB-T permite la transmisión de televisión y radio así como servicios adicionales en un mismo equipo.

⁶⁰ EWS se refiere a un Sistema de Alerta Temprana(EarlyWarningSystem)

El sistemas ISDB-T Brinda varios servicios algunos de ellos interactivos, que implica la transmisión de datos, como pueden ser juegos o compras a través del internet, lo que lógicamente implica que cuente con un canal de retorno de igual manera con capacidad de transmisión de datos.

Proporciona robustez a la interferencia multiruta así mismo a la interferencia de canales adyacentes, o ruidos que se generen por líneas de poder o motores cercanos.

Este estándar permite un uso eficiente del espectro dada la Transmisión jerárquica que emplea.

Provee SFN (Single Frequency Network) y tecnología on-channel repeater. SFN hace uso eficiente del recurso de frecuencia (espectro).

Proporciona EPG (Electronic Program Guide, o guía electrónica de programas).

2.5.5 DESVENTAJAS

El estándar japonés ha sido diseñado para operar entre las frecuencias 90 a 108 MHz., pensado en no coincidir con la radio analógica que en aquel país opera entre las 76 a 90 MHz. Lo que no sería posible en el Ecuador dado que FM en este país opera entre los 88 a 108 MHz., por lo cual se debería hacer una modificación para adaptarse al espectro usado en Ecuador.

El ancho de banda que requiere el funcionamiento del sistema ISDB-TSB, no permite la convivencia de las transmisiones analógicas y digitales, por lo que la transición en el Ecuador sería complicada.

2.5.6 ISDB-T EN EL MUNDO

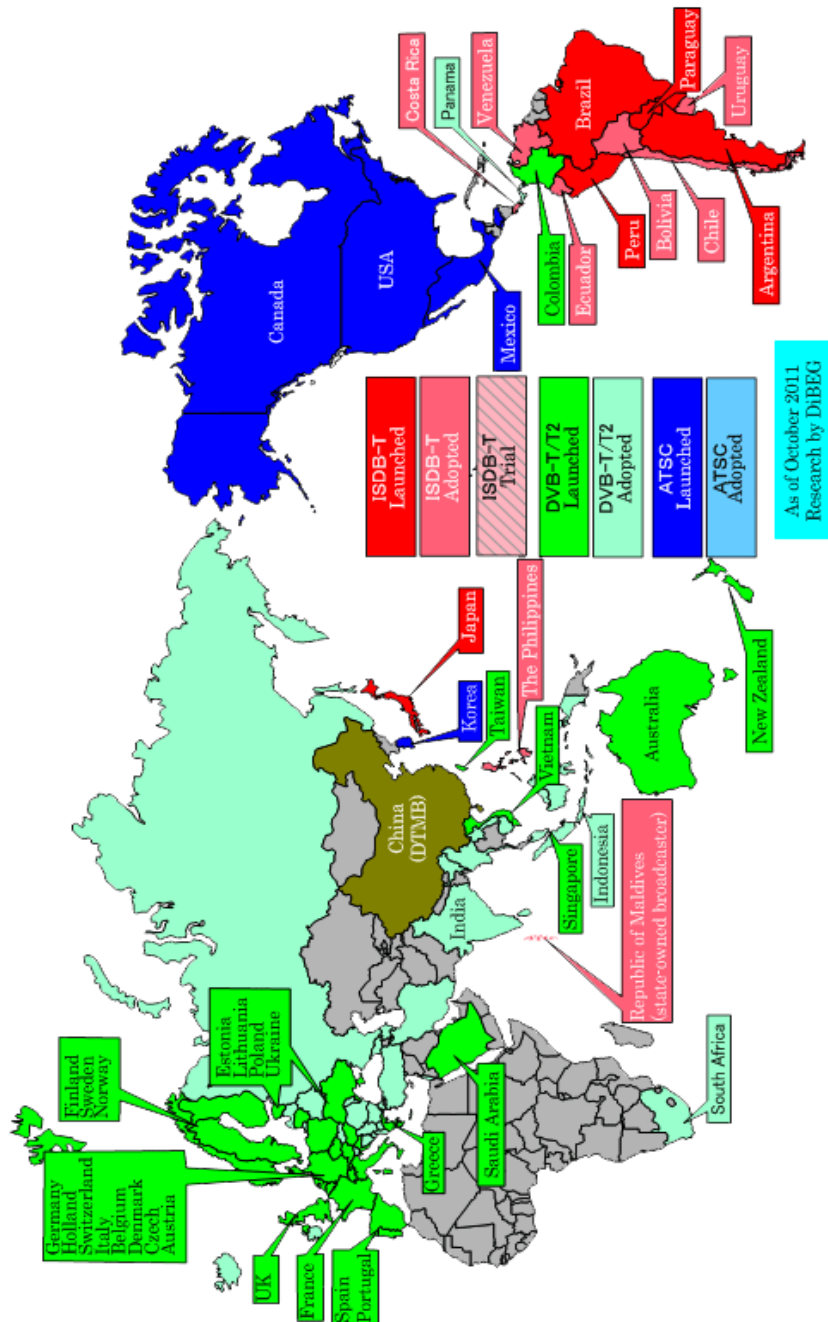


FIGURA II.

21 SITUACIÓN ACTUAL DE ISDB-T EN EL MUNDO⁶¹

⁶²A continuación se muestra una lista de los países que han adoptado este estándar o han tomado la decisión de hacerlo. Es importante recalcar que el

⁶¹Fuente: <http://www.dibeg.org/world/world.html>

estándar como uso para radio digital solo se ha implementado en Japón, mas los países que se enumeran a continuación lo han adoptado únicamente como estándar para televisión digital.

| PAÍS | ADOPCIÓN | INICIO DE TRANSMISIÓN |
|-------------------|---|--------------------------|
| Brasil | 29 de junio del 2006 | 02 de diciembre del 2007 |
| Perú | 23 de abril del 2009 | 30 de marzo del 2010 |
| Argentina | 28 de agosto del 2009 | 28 de abril del 2010 |
| Chile | Aprobó la decisión el 14 de septiembre del 2009 | |
| Venezuela | Aprobó la decisión el 6 de octubre del 2009 | |
| Ecuador | Aprobó la decisión el 26 de marzo del 2010 | |
| Costa Rica | Aprobó la decisión el 25 de mayo del 2010 | |
| Paraguay | Aprobó la decisión el 01 de junio del 2010 | |
| Filipinas | Aprobó la decisión el 11 de junio del 2010 | |
| Bolivia | Aprobó la decisión el 05 de julio del 2010 | |
| Nicaragua | Aprobó la decisión el 10 de agosto del 2010 | |
| Uruguay | Aprobó la decisión el 27 de diciembre del 2010 | |
| Maldivas | Aprobó la decisión el 19 de octubre del 2011 | |

TABLA II. XI PAÍSES QUE HAN ADOPTADO ISDB-T

⁶²Fuente: <http://ja.wikipedia.org/wiki/ISDB>

Algunos países en los que se llevó a cabo pruebas de difusión son: Angola, Mozambique, Botswana, Colombia, Cuba, Belice, Guatemala, Salvador, Honduras, Tailandia.

2.5.7 RECEPTORES

A continuación se muestran algunos equipos que permiten captar esta señal con sus respectivas especificaciones:

ADAPTADOR TV DIGITAL USB 3G MEDIA ISDB-T MOD. TV33A



ESPECIFICACIONES

- * Frecuencia de recepción: 48.25 - 863,25 MHZ.
- * Tamaño FFT 2K o 8K.
- * Banda ancha: 6MHZ.de multiplexación.
- * USB 2.0
- * El número máximo de sectores de filtrado: 32PIDs
- * Ingeniería: Software
- * Captura de flujo: PES & TS
- * Formato de vídeo: MPEG-II y del perfil del nivel principal
- * Formato de audio: MPEG-II Audio Layer I & II

REQUISITOS

- * Procesador: Pentium 4 - 1,7 GHZ o superior
- * Memoria: 256 MB de RAM o superior
- * Video: tarjeta de vídeo VGA con 32 MB o más de memoria
- * 1 Un puerto USB 2.0 libre

Tarjeta de sonido compatible con Windows

- * Windows Vista / XP / 7

ISDB-1 TV Stick



ISDB-1 TV Stick se cumple con la norma del Sistema de la televisión japonesa (ISDB), puede soportar la observación en tiempo real, pausar, grabar y reproducir. Además ofrece EPG, apoyo time-shifting, escaneo automático, Grabación programada

CARACTERÍSTICAS:

- Completo sistema ISDB recepción de ancho de banda (6MHZ.)
- Soporte tanto para HDTV y SDTV
- El apoyo de alta velocidad de la señal digital terrestre recibe
- Apoyo a la observación en tiempo real, grabación
- Apoyo a la reproducción de programas de televisión ISDB

- Soporte de grabación tiempo
- Apoyo a capturar imágenes de vídeo favoritos y almacenar en cualquier momento
- Soporte de pantalla completa de juego e inteligente que se extiende-
- La compatibilidad con EPG.
- Función de escaneo inteligente puede ayudar a exploración rápida a los programas favoritos.
- La grabación programada se puede apoyar a almacenar sus programas favoritos de TV.
- Escaneo automático y manual de todos los canales
- Soporte multi-idioma.
- Soporte de múltiples canales de vista previa.

ESPECIFICACIONES:

- Interfaz: USB 2.0
- Entrada de vídeo: One-Seg y ISDB-T
- Entrada de audio: pista izquierda y derecha
- FM Rango: 473.143-803.143MHZ.
- Modulación : (BST) OFDM
- Dimensión: 86 * 25 * 10 mm
- Peso: 22,5 g
- Resolución de la imagen: 320x240 (QVGA).
- Requisitos del sistema:
- CPU: Pentium IV 1.8 GHZ o superior

- Funcionamiento del sistema: Windows 2000 SP4, Windows XP SP2
- DirectX9.0c o superior
- Memoria: 128 MB
- 500M de espacio disponible en disco duro o superior
- CD-ROM
- Ranura USB 2.0

ISDB-212



DESCRIPCIÓN:

- Vídeo de HSBTV/D/ISDB-T, de MPEG-2/MPEG-4, del SD y conformidad de DivX
- Lengua de OSD: Inglés y otros idiomas según la petición
- Formato de video 1080i, 720p, 576p, 576i.
- Menú de fácil utilización
- Búsqueda manual o automática del canal
- Ayuda EPG.
- Función de cerradura parental
- Función del contador de tiempo

- Capacidad para almacenar hasta 1000 canales
- Función teledirigida completa
- Función de PVR

ESPECIFICACIONES:

- Recepción de frecuencia VHF-alto: 174MHZ. a 230MHZ.
- Frecuencia ultraelevada: 474MHZ. a 858MHZ.
- Ancho de banda: 6, 7 u 8MHZ.
- Modulación video: COFDM.
- Modo de transmisión: 2K y 8K
- Carrier de modulación: QPSK, 16QAM, 64QAM

⁶³Receptor de la UMT 3601E HD



CARACTERÍSTICAS

- HD MPEG-4 (H.264) / SD de la ayuda MPEG-2
- Guía Electrónica de Programas.
- Varias secciones de un paquete TS
- Apoyo PVR

⁶³http://es.made-in-china.com/co_unionmanibd/product_UMT-3601E-HD-ISDB-T-Receiver-With-PVR-Support_huorshrhy.html

- Teletexto y subtítulos de apoyo
- Multi-Formato de registro y reproducción
- Apoyo formato OGG
- Desplazada en el tiempo de grabación
- Canal de búsqueda en automático y manual

ESPECIFICACIONES

- Sintonizador
- Rango de frecuencia: 170-380MHZ. (VHF), 380-900 MHZ. (UHF)
- Demodulador: COFDM
- Ancho de banda de canal: 6 MHZ.
- Impedancia de entrada: 75Ω
- Decodificador de Video: MPEG-4 SP @ L3 a ASP @ L5, H. 264 HP @ L 4.1
MPEG-2 MP @ ML, MPEG-1
- Formato de vídeo: PAL / NTSC
- Resolución de vídeo: 1080i / p, 720p, 576i / p, 480i / p
- Decodificador de audio: MPEG-1 Layer I / II, MPEG-2 Layer II
- Modo de audio: Mono, Dual Channel, Stereo
- Frecuencia de muestreo: 32 KHZ., 44,1 KHZ. y 48 KHZ.
- Frecuencia de la CPU: 400 MHZ.
- Memoria Flash: 4 MB
- RAM (DDR2): 128 Mbytes
- Entrada RF: F-hembra tipo

- Salida A / V: Y / Cb / Cr, CVBS, izquierda / derecha de audio (2 x RCA)
- Salida de Video Digital: HDMI
- Salida de audio digital S / PDIF
- Ethernet: interfaz RJ-45
- Interfaz serial RS 232
- Puerto USB 2.0:
- Tamaño: 258 * 196 * 45 (L x W x H) mm
- Peso: 1,8 kg
- Voltaje de Entrada: AC 100-240V, 50/60Hz
- Consumo de energía: Max 10 W

CAPITULO III

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ESTÁNDARES DE RADIO DIGITAL TERRENA

3.1 INTRODUCCIÓN

Los estándares de radio digital han sido desarrollados principalmente basados en particularidades técnicas, económicas y políticas de cada una de las regiones o países desarrolladores. Es por esto que la radiodifusión como medio de comunicación y como negocio, ha seguido caminos distintos, por lo cual es importante estudiar cada una de las características desarrolladas por cada estándar y compararlas con sus similares, y de esta manera seleccionar uno, que se adapte a las condiciones de nuestro país.

En el presente capítulo pretendemos desarrollar un resumen de los estándares anteriormente estudiados, que nos permita resaltar sus características principales, para posteriormente, explicar cada uno de los parámetros a través

de los cuales procederemos a la evaluación de las características que poseen los diferentes sistemas.

Al final del capítulo podremos encontrar en tablas la evaluación de cada sistema acorde al desempeño que muestran frente a cada uno de los parámetros seleccionados para la evaluación, logrando de esta manera, seleccionar un estándar que cumpla con la mayor parte de los parámetros que a nuestro análisis son los más importantes para la realidad ecuatoriana.

3.2 DAB (DIGITAL AUDIO BROADCASTING)

DAB (Digital Audio Broadcasting, Emisiones Digitales de Sonido) apareció en 1994 y fue desarrollado por La Unión Europea de Radiodifusión a través del proyecto Eureka 147.

Técnicamente esta forma de difusión se configura en bloques, que contienen varios canales estéreo y múltiples servicios, con un ancho de banda inferior 1,5MHZ. que se puede dividir en varias portadoras de señal (actualmente FM tiene sólo una).

La señal es comprimida se filtra para transmitir sólo lo que el oído humano es capaz de percibir, con lo que reduce hasta aproximadamente siete veces la cantidad de información a transmitir; también es codificada, y se hace por medio de un sistema Musicam -mpeg con una tasa de bits de 192kbps, que proporciona una calidad similar a la de un disco compacto.

3.2.1 TRANSICIÓN DEL SISTEMA DAB

El sistema DAB, opera en bandas de frecuencias distintas a la radio AM o FM, para la transición del sistema actual a DAB, las emisoras tendrán que transmitir con DAB manteniendo también las transmisiones análogas, ya que de este modo cubrirán la audiencia que no cuente con los receptores DAB.

El período de transición puede tener una duración de muchos años, ya que es necesario reemplazar todos los receptores, depende mucho también de la fecha que los organismos reguladores fijen para el apagón analógico ya que el sistema no cuenta con un set-top-box para los receptores de radio, como si lo hay para la televisión digital.

3.2.1.1 EMISORAS

El sistema DAB requiere que las emisoras inviertan en nuevos y costosos transmisores, para la transmisión de la señal en formato digital, pero en el caso de las ciudades con varias emisoras el costo de funcionamiento puede ser compartido, cabe recalcar también que los transmisores DAB requieren más energía eléctrica para sus transmisores que la que actualmente se utiliza para los transmisores analógicos.

Las diferentes potencias de salida de los transmisores dependerán de la frecuencia de trabajo, ya sea VHF o banda L. Así pues en VHF se dispone de amplificadores de 250 W que, combinados adecuadamente, nos darán las diferentes salidas de potencia en VHF, 250, 500,750 o 1000 W, mientras que

en banda L (1452-1492 MHz.) el amplificador base es de 100 W proporcionando potencias de salida de 100,200,300 o 400 W, un modelo de transmisor de éste tipo sería el fabricado por Rohde-Schwarz que tiene una línea de transmisores UHF/VHF R&S SLx8000, que están disponibles para ATV, DTV, y DAB/T-DMB.

El primer transmisor DAB de baja potencia está disponible en tres modelos con potencias de 75 W, 150 W y 300 W y se presenta en dos versiones: sobremesa y para instalar en rack. Debido a su concepto de ahorro de espacio el R&S SLA8000 ocupa solo tres o cuatro (modelo de 300 W) unidades de altura.

3.2.1.2 RECEPTORES

Para recibir los servicios del sistema DAB se necesita un receptor específicamente diseñado para el efecto. Los aparatos domésticos y los que se han diseñado para automóviles ya están disponibles en los países donde se ha adoptado el sistema DAB como estándar. Empresas como Arcam, Cymbol, Tag Mac Laren y Panasonic han lanzado aparatos de Radio Digital y muchos otros fabricantes ya los están preparando. Clarion, Grundig, Kenwood, JVC, Pioneer y Sony tienen a la venta radios digitales para automóviles.

El sistema DAB es el más desarrollado en el mundo, esto según el *World DAB Forum/World DMB Forum*, una asociación que representa a la industria, hay 980 modelos de receptores en el mercado a precios que comienzan en 32

euros. Los receptores DAB consumen mucha energía. Esto plantea un problema importante para los receptores portátiles.

3.3 DRM (DIGITAL RADIO MONDIALE)

En español *radio digital mundial* es un conjunto de estándares de radiodifusión sonora de radio digital desarrollado por el consorcio Digital Radio Mondiale usando las frecuencias y concesiones otorgadas a las transmisiones de Amplitud Modulada (AM) y Frecuencia Modulada (FM).

DRM permite el aumento del número de estaciones de Radiodifusión dentro de la banda actualmente asignada para Radiodifusión FM, ya que cada emisión de FM ocupa un ancho de banda de 200 KHZ. y una emisión DRM en la misma banda utiliza un ancho de banda de sólo 100 KHZ. Teniendo en consideración que una emisión DRM puede contener 4 programas de audio diferentes, sería posible que las radios de una misma región se unieran, por ejemplo, y haciendo uso de las posibilidades que DRM ofrece, se podría aumentar en 4 veces el número de estaciones.

3.3.1 TRANSICIÓN DEL SISTEMA DRM

DRM utiliza la frecuencia de la radio AM de 530 KHZ. a 1710 KHZ., esto implica que no hay que reorganizar la utilización del espectro radiofónico, ya que el Ecuador trabaja en las mismas frecuencias para AM, únicamente se deberá autorizar un nuevo uso de las frecuencias.

DRM funciona en modo híbrido, que quiere decir que se puede transmitir de manera simultánea en formato analógico y en digital, esto facilita la introducción de la radio digital pues los receptores existentes seguirán

funcionando, pero para obtener una mejor calidad de audio o el servicio adicional se necesita un receptor digital.

3.3.1.1 EMISORAS

El sistema DRM, fue desarrollado para aprovechar los transmisores existentes lo que significa reducción de costos, la principal inversión sería un computador que se encargaría de hacer la codificación digital para transmisores de hasta 1 KW. para transmisores más potentes que requieren adaptadores en el transmisor.

Es muy probable que se lancen al mercado en este año dos transmisores de 1000 kW de onda media en Rajón y Kolkata, aunque existen más modelos de transmisores de gestión de derechos digitales los mismos que estarán disponibles entre junio 2012 a marzo 2013.

3.3.1.2 RECEPTORES

No hay muchos receptores en el mercado. Los que existen son principalmente para el mercado de los radioaficionados con interés en la radio internacional en onda corta.

Receptores de onda corta más baratos se comercializan, pudiendo utilizarlos para decodificar transmisiones de DRM, con sólo conectarse a un ordenador a través de la tarjeta de sonido ejecuta el software en el host. Esto puede ser una opción más atractiva para las personas que deseen escuchar las transmisiones de DRM que la compra de un costoso autónomo receptor de DRM, que puede costar \$100 o más dólares.

3.4 IN BAND ON CHANNEL (HD RADIO)

El estándar In band On Channel ha sido desarrollado por la empresa estadounidense *Ibiquity Digital Corporation*, la cual nació por la iniciativa de los dueños de varias emisoras de ese país y demás personas adheridas al medio de la radiodifusión. Los dueños de *Ibiquity* incluyen a 15 de las 20 cadenas de radiodifusión más importantes. Este sistema se ha comercializado bajo el nombre de HD radio y se puede emplear tanto en bandas AM, como en FM, su principal característica es que permite la coexistencia de sistemas analógicos y digitales, en las mismas bandas en las que se opera en la actualidad. Por otro lado es un punto importante considerar que este sistema permite adaptar los equipos analógicos usados en la actualidad para que reciban la nueva señal digital tan solo añadiendo un sintonizador HD o HDTuner como se conoce en el mercado. Lo cual permitirá que los usuarios de la radio digital se vean atraídos a este nuevo servicio a un costo no muy elevado.

3.4.1 TRANSICIÓN DE HD RADIO

Dado que HD Radio ocupa las mismas frecuencias de radio AM y FM que se ocupa en la actualidad el proceso de transición para este sistema se vuelve mucho más fácil, considerando además que permite su funcionamiento en modo híbrido.

Para la realidad del Ecuador, y en general la de los países latinoamericanos, los costos representan un punto importante a ser considerado en la adopción de un estándar, el hecho de que los receptores analógicos pueden adaptarse mediante un sintonizador HD para captar la nueva señal digital es una ventaja

significativa de este estándar, pues así los usuarios podrán verse atraídos a los beneficios que brinda este sistema sin que tengan que pagar nuevos y costosos receptores, al menos en el período de transición, sin embargo, los radiodifusores si deberán realizar una costosa inversión, ya que además de que deberán cambiar sus equipos, este sistema por ser propiedad de Iqity requiere del pago anual de su licencia de uso.

Ya que desde el punto de vista técnico este sistema cumple con las condiciones para adaptarse a los sistemas análogos de radiodifusión ecuatoriana, desde el punto de vista legal, la adopción del sistema si requerirá de algunas modificaciones que nos permitan cumplir con este objetivo ya que si bien no se requiere la reorganización del espectro, si es necesario la autorización del nuevo uso de las frecuencias que en la actualidad se emplean en emisoras analógicas, además se podrían añadir algunos criterios sobre el desarrollo de contenidos digitales y servicios de multiprogramación.

3.4.1.1 EMISORAS

Como ya hemos mencionado el principal rubro que deberán afrontar los radiodifusores, es el pago anual de la licencia por el uso del software. En EEUU la licencia del sistema básico, (uso señal analógica/digital) cuesta entre cinco y diez mil dólares, y se deben pagar licencias adicionales si el radiodifusor desea ofrecer otros servicios o transmitir más señales digitales (hasta cuatro). La inversión necesaria para emplear el sistema HD Radio entre licencias y cambio de equipos puede variar entre los 30.000 y 100.000 dólares. Sin embargo mediante convenios las radios públicas en Estados Unidos tuvieron un acceso

a las licencias a precios menores. Sería necesario, de aceptarse este estándar, buscar la posibilidad de realizar convenios con el país norteamericano, o que el gobierno realice convenios con los radiodifusores que permitan el desarrollo de este sistema en el país.

3.4.1.2 RECEPTORES

Ibiquity ha desarrollado varios modelos de receptores para este sistema cuyos precios comienzan en los 90 dólares, estos modelos podrán ser usados en el hogar o pueden adaptarse a los automóviles, dependiendo de su modelo cuentan con una pantalla que permitirá visualizar los datos adicionales que se transmiten junto con la señal de audio.

3.5 INTEGRATED SERVICES DIGITAL BROADCASTING- TERRESTRIAL SOUND BROADCASTING

ISDB-TsB es parte del conjunto de normas ISDB-T, la cual es empleada también para televisión digital terrestre. A diferencia de los otros sistemas, no ha sido concebida con la idea de reemplazar a la radio analógica, sino más bien ser utilizada como un servicio complementario. Utiliza 1 o 3 segmentos, por lo que es compatible con el servicio 1Seg de ISDB-T. En el país desarrollador de este sistema se realizan pruebas desde el 2003, patrocinadas por Digital Radio Promotion Association (DRP). Dado que Japón no busca competir con los otros sistemas en cuanto a radio digital se refiere, el sistema no ha sido difundido en otros países para este propósito.

3.5.1 TRANSICIÓN DE ISDB-TSB

Si bien el sistema se ha difundido en otros países diferentes al desarrollador Japón, esto ha sido por el servicio de televisión, no así el servicio de radio digital. Dado que el sistema opera entre las frecuencias 90 a 108 MHz., no podría adaptarse a la radio ecuatoriana AM pero si a FM. Un punto en contra de este sistema y un obstáculo para su adopción en el Ecuador, es que no permite el modo híbrido de transmisión analógica/digital, lo cual implicaría migrar el sistema en su totalidad a digital y no parcialmente como si lo permiten otros sistemas. Por la idea con la que este sistema fue concebido, él no busca ahorrar espacio en el espectro radioeléctrico, por lo que no cumpliría con uno de los principales objetivos de la transición el cual es brindar un mayor número de emisoras puesto que el espectro para la radiodifusión en el Ecuador se encuentra prácticamente saturado.

Sería importante considerar sin embargo que este estándar también puede operar en frecuencias de la banda III (de los 174 a 240 MHz.), punto que se podría tomar en consideración en el Ecuador aunque esto requeriría la reorganización del espectro; puede ser éste un aspecto beneficioso para el país ya que esto no limitaría la existencia de la tradicional radio analógica sino que, al igual que el país desarrollador Japón, se podría considerar a la radio digital como un servicio complementario de la radio analógica ofreciendo novedosos servicios adicionales.

3.5.1.1 Emisoras

En el sistema ISDB-TSB para las emisoras el costo de los transmisores sería lo más costoso en la transición, ya que este sistema no permite la convivencia de analógica y digital.

3.5.1.2 Receptores

Es necesaria la adopción de nuevos equipos para captar la señal de este sistema, aunque los equipos son los mismos que se utilizan en televisión digital, algunos decodificadores que se pueden encontrar en el mercado van desde los 100 dólares y algunos televisores de 32 pulgadas por ejemplo de alta definición fabricados por empresas coreanas como Lg o Samsung tienen un costo promedio de 1100 dólares⁶⁴, estos precios se van reduciendo según la escala de producción. Los decodificadores brasileños para televisión digital son considerados los más económicos de los países que han adoptado la norma. Debemos considerar también que para este sistema se han desarrollado adaptadores USB y además se ha adaptado en celulares, notebooks, laptops, reproductores de dvd, sistemas de navegación entre otros.

A continuación se muestra una tabla que resume las principales características de cada uno de los estándares estudiados:

⁶⁴ <http://www.taringa.net/posts/noticias/3276017/Argentina-adoptara-el-estandar-japones-de-TV-Digital.html>

| PARÁMETROS | DAB | | | IBOC | | DRM/DRM + | ISDB-TSB |
|--|---|---|---|-------------------------------------|--|---|---|
| | DAB | DAB+ | DMB | AM | FM | | |
| ORIGEN | Europa | Europa | Europa | Estados Unidos | Estados Unidos | Europa | Japón |
| ESTÁNDAR | Abierto | Abierto | Abierto | Propiet. | Propiet. | Abierto | Abierto |
| FRECUENCIAS EN LAS QUE TRABAJA EL SISTEMA | BANDA III (174 a 240 MHZ.) y BANDA L (1452 a 1492 MHZ.) Y BANDA UHF | Banda III (174-240MH Z.) | 174-230MH Z. (banda III) y banda L | AM (535 A 1710 KHZ.) | FM (88 A 108 MHZ.) | AM (535 A 1710 KHZ.) FM (88 A 108 MHZ.) | VHF II (90 a 108 MHZ.) y III (170 a 222 MHZ.) y UHF IV (470 a 585 MHZ.) y V (585 A 770MHZ.) |
| CAPACIDAD DE DATOS | En 1,5 MHZ.(6 programas de 192kbps) | 128, 40,32 Kbps | En 1,5 MHZ. (vídeo) y hasta 13 canales de audio | 5kbps, 12kbps | 96kbps | 4,5, 5, 9, 10, 18,20KHZ. | 430 (1 segmento) y 1,3 (3 segmentos) |
| MODULACIÓN | COFDM QPSK | COFDM | COFDM | COFDM | COFDM 1068 Portadoras | COFDM 16 QAM,64 QAM | COFDM, DQPSK.QPS K,16QAM,64 QAM |
| CODIFICACIÓN DE AUDIO | MPEG-1 Layer II y MPEG-2 Layer II | MPEG Layer II HEAAC V2 | MPEG 4 HEAAC V2 | MPEG-2 AAC PAC | MPEG-2 AAC PAC | MPEG-1 Layer II y MPEG-2 Layer II, AAC, AC3 | MPEG-2 AAC |
| SERVICIO DE AUDIO | Calidad de CD, mono-estéreo | estéreo - surround | estéreo-surround | Calidad de FM, mono-estéreo | Calidad de CD, mono-estéreo | Calidad de FM, mono-estéreo | Calidad de CD, mono-estéreo |
| CAPACIDAD HÍBRIDA DE TRANSMISIÓN | No | No | No | Si | Si | Si | No |
| MULTI SERVICIOS | Hasta 6 canales de 192kbps | 28 canales a 40kbps y un canal a 32kbps | 7 servicios de video 13 de audio y 8 de datos | Hasta 2, uno de audio, uno de datos | Hasta 4, audio, datos a tasas ajustables | Hasta 4, audio, datos a tasas ajustables | Hasta 2 canales de audio con tasas ajustables |
| RECEPTORES DISPONIBLES EN EL MERCADO | SI | SI | SI | SI | SI | SI | SI |
| EN FUNCIONAMIENTO | SI | SI | SI | SI | SI | SI | SI |

TABLA III. I RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE CADA SISTEMA⁶⁵⁶⁵FUENTE: ORIGINAL

3.6 Situación actual en países vecinos

3.6.1 Panamá

Este país adoptó el 12 de mayo de 2009 el estándar estadounidense In band On Channel (IBOC) para la digitalización de servicios de radiodifusión tanto en la banda de AM como FM, Para las pruebas realizadas iniciaron a finales del 2008 para las cuales fueron consideradas HD Radio de IBOC, DAB (Eureka 147) y el DRM (Digital Radio Mondiale). La Comisión Técnica de Radiodifusión Digital se fundamentó en parámetros como eficiencia, mejoras en la recepción, rango de frecuencias de transmisión, calidad de sonido, multiplexado, capacidad, flexibilidad, servicios de datos y cobertura. Además se realizaron estudios, análisis y pruebas relacionadas con aspectos sociales, económicos y regulatorios de los estándares existentes en el mercado, como resultado de todo esto, Panamá optó por HD Radio como la opción que más se adecuaba a los requerimientos de este país. En la actualidad la emisora Antena8 cuenta con la transmisión digital a prueba en Panamá. Y la emisora Hossanna si bien ha adquirido los equipos necesarios aún se encuentra en el proceso legal respectivo.

3.6.2 Perú

Luego de la adopción del estándar de Televisión Digital Terrestre (TDT) en abril de 2009, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones publicó una resolución donde ha creado una Comisión Sectorial encargada de emitir un informe técnico sobre la Radiodifusión Sonora Digital Terrestre (RDT).

Dicha Comisión, conformada por representantes de las direcciones de autorizaciones en telecomunicaciones, regulación y asuntos internacionales, y

control y supervisión, así como del Consejo Consultivo de Radio y Televisión (CONCORTV), deberá presentar su informe técnico al Viceministerio de Comunicaciones en 60 días hábiles desde la fecha de su instalación.

3.6.3 México

Este país anunció el 16 de junio de 2011 la adopción del estándar Estado Unidense IBOC como es estándar digital para radio tanto en bandas AM como FM, dicho anuncio fue realizado por parte del Presidente Felipe Calderón en un evento que contó con la presencia de los radiodifusores, y representantes del área de telecomunicaciones. Un comunicado de prensa en este país ha anunciado que las primeras estaciones iniciarán transmisiones regulares el 2 de abril de 2012, las emisoras que realizarán lo dicho son Imagen 90.5 e Ibero Radio 90.9. Sin embargo, el documento publicado menciona que la transición al nuevo sistema IBOC es voluntaria, permitiendo, la posibilidad continuar probando otros estándares digitales.

Se prevee que la inversión que implica esta migración podría ser de más de 15 millones de dólares, ya que cada empresa que desee adecuar a IBOC sus equipos deberá invertir aproximadamente 290 mil pesos (23mil dólares).

IBOC, estándar digital para México, de la empresa Ibiquity en Maryland, Estados Unidos, que es la propietaria de la tecnología, deja en el camino a las otras tecnologías para radio digital, como son la europea DAB-Eureka 147 (Digital Audio Broadcasting), la francesa DRM Digital Radio Mondiale y la versión coreana de la misma, DMB Eureka.

3.6.4 Brasil

Brasil anunció a finales del mes de marzo del 2010, su decisión por el modelo tecnológico para radio digital a utilizarse, se trata del SBRD, sistema brasileño para radio digital, es decir Brasil no ha optado por un estándar en particular, más bien ha avalado dos sistemas: tanto el estándar Estado Unidense IBOC In Band on Channel como el europeo Digital Radio Mondiale (DRM), se han venido realizando pruebas con estos dos estándares desde el año 2005, en esencia, los dos sistemas brindan el mismo servicio percibido por el usuario final, pero la diferencia en la calidad de la transmisión de señales de AM y FM genera dudas e incertidumbre entre los radiodifusores. El Ministro de Comunicaciones de ese país ha realizado declaraciones manifestando que dejarán a criterio del mercado si los dos modelos se pueden coexistir o si optaran por alguno de ellos en particular. DRM se utiliza en ese país principalmente para la emisión de la señal AM logrando muy buenos resultados en cuanto a calidad de sonido se refiere. Por otro lado esta IBOC cuya principal ventaja es el modo híbrido en el que se transmite, aunque al no ser un sistema libre, se deben pagar las licencias de utilización. De cualquier manera, existen radiodifusores que se inclinan por el estándar IBOC y otros por el estándar DRM es por eso que el gobierno ha decidido ampliar el plazo de pruebas hasta el mes de abril del año en curso, dichas pruebas se están realizando en cuatro ciudades Brasilia, Sao Paulo, Río de Janeiro y Belo Horizonte, tanto en radios FM, en radios comunitarias como en radios AM.

3.6.5 Argentina

La Asociación de Radiodifusoras privadas argentinas (ARPA) realizó varias pruebas en la banda AM con la tecnología HD Radio en el año 2004, las mismas que se realizaron en Buenos Aires. También se han realizado pruebas adicionales de la tecnología a principios del 2007, sin embargo y aunque los resultados de estas pruebas fueron exitosos, no se han realizado ensayos con los demás sistemas digitales en este país. Es por esta razón que no se ha adoptado hasta la actualidad un sistema para radio digital en este país debiendo también agregar que la atención del gobierno se encuentra centrada en el despliegue de la Televisión digital.

3.6.6 Colombia

En este país la empresa Broadcast Electronics ha instalado equipos de transmisión HD Radio de BroadcastElectronics (BE), con la emisora Tropicana 102.9 MHZ. de la Red Caracol, esta fue la primera emisora en realizar transmisiones con esta tecnología digital. Estas pruebas en la banda FM con la tecnología HD Radio se llevaron a cabo en la ciudad de Bogotá entre los años 2008 y 2009. Sin embargo el gobierno de ese país aun no se ha pronunciado sobre la adopción oficial de algún estándar.

3.6.7 Puerto Rico

Este país adoptó el estándar Estadounidense In band on channel como norma nacional en el año 2009.

3.6.8 República Dominicana

Desde los últimos meses del año 2008 Raíces FM radio de República Dominicana inició operaciones de HD Radio FM. Dos estaciones más desde entonces han empezado a regular las emisiones digitales. Sin embargo INDOTEL, el regulador del espectro en ese país, ha anunciado que cualquier estación puede utilizar la tecnología HD Radio con carácter provisional, sin que se realice ningún anuncio oficial sobre la adopción de algún estándar en particular hasta la actualidad.

3.6.9 Trinidad y Tobago

A partir del año 2010, WEFM se convirtió en la primera estación de radio en ese país que está realizando pruebas con el estándar HD Radio.

3.7 Criterios de evaluación considerados para la comparación de los estándares

Para la evaluación de los estándares anteriormente revisados emplearemos varios parámetros, entre los que se encuentran algunos criterios de evaluación considerados en la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT R BS1514-1, además añadiremos a ellos parámetros que a nuestro juicio permitirán evaluar particularidades del Ecuador los cuales complementarían de mejor manera a los sugeridos por la ITU para la adopción de un estándar para la radiodifusión digital en el Ecuador.

3.7.1 Descripción de Parámetros que serán utilizados para la evaluación de estándares.

A continuación se mencionan y describen los criterios seleccionados para la evaluación de los sistemas estudiados.

1. Calidad de audio no degradada por el códec.
2. Compatibilidad con los transmisores nuevos y existentes.
3. Funcionamiento de la red a una sola frecuencia.
4. Costo y complejidad del receptor.
5. Interferencia.
6. Compatibilidad con los formatos analógicos existentes.
7. Utilización eficaz del espectro radioeléctrico.
8. Costo de la transición análogo-digital.
9. Licencia de operación.
10. Existencia de Receptores (facilidad de obtención de Rx).
11. Existencia de Transmisores de venta en el mercado y variedad de modelos existentes.
12. Necesidad de variación en la normativa jurídica.

A continuación se citan las definiciones según la recomendación de la UIT:

3.7.1.1 “Calidad de audio no degradada por el códec

Medida de la percepción subjetiva de la señal de audio comprimida y codificada procedente de la fuente de entrada básica sin ruido inducido ni otros problemas de transmisión.

3.7.1.2 Compatibilidad con los transmisores nuevos y existentes

Capacidad para transmitir eficazmente las señales del sistema utilizando:

- *Las combinaciones de transmisor y antena actualmente disponibles sin necesidad de modificar los equipos o con una modificación muy pequeña.*
- *Los equipos de transmisor y de antena específicamente diseñados para transmitir dichas señales.*
- *Capacidad de tales configuraciones para funcionar con niveles aceptables de emisiones no esenciales.*

NOTA – Muchos organismos de radiodifusión desearán o necesitarán utilizar su planta de radiodifusión analógica existente para ofrecer los nuevos servicios digitales durante bastante tiempo.

3.7.1.3 Funcionamiento de la red a una sola frecuencia

Debe evaluarse la capacidad de cualquier nuevo sistema para funcionar como una red a una sola frecuencia. Muchos organismos de radiodifusión lo consideran una característica muy conveniente.

3.7.1.4 Costo y complejidad del receptor

Deben considerarse las posibilidades de los receptores básicos y avanzados. El costo del receptor está relacionado evidentemente con otros criterios; será preciso realizar una estimación aproximada del costo para cada criterio y variante.

3.7.1.5 Interferencia

Calidad subjetiva y objetiva de la señal de audio proporcionada por el sistema cuando funciona con interferencia cocanal y/o de canal adyacente procedente de fuentes digitales o analógicas. Debe tenerse en cuenta la capacidad de la señal para superar la interferencia en sus propias zonas de servicio y su tendencia a provocar interferencia a otras emisiones de radiodifusión fuera de esas zonas.

3.7.1.6 Compatibilidad con los formatos analógicos existentes

Durante la fase de transición entre el actual entorno de radiodifusión analógica y el futuro entorno digital, los servicios digitales y analógicos deberán coexistir. Para facilitar esta coexistencia deben considerarse algunos aspectos:

- *La interferencia cocanal y de canal adyacente;*
- *La capacidad de los organismos de radiodifusión para mantener la actual audiencia de los sistemas analógicos mediante la radiodifusión simultánea (simulcasting) mientras se establece la base de receptores digitales;*
- *La capacidad del sistema digital para funcionar dentro de las actuales limitaciones que impone el marco reglamentario.*

3.7.1.7 Utilización eficaz del espectro

El sistema debe utilizar el espectro radioeléctrico de manera más eficaz que los servicios analógicos existentes. Un sistema más eficiente desde el punto de vista de la utilización del espectro deberá proporcionar una calidad equivalente

con una anchura de banda inferior o una mejor calidad para la misma anchura de banda.”

3.7.1.8 Costo de transición.-

En este parámetro consideraremos la inversión económica que necesitan realizar los radiodifusores para la transición de radio analógica a digital, dado que si bien un estándar ofrece mejores características técnicas, si el radiodifusor no tiene la capacidad de realizar la inversión, el objetivo de transición no se podría realizar, si bien es importante considerar un sistema libre o no, es también importante considerar aquellos estándares que nos permitan la reutilización parcial de equipos analógicos, que solo necesitarán la adición de módulos digitales y cuyo costo no se igualará al de equipos totalmente nuevos, sin que esto limite las bondades que ofrece el sistema. Por otro lado la transición debe también considerar aquellas emisoras pequeñas que estarían en riesgo de desaparecer al no poder costear la transición de su estación radiodifusora.

3.7.1.9 Licencia de operación.-

Es un parámetro importante a ser considerado ya que es un valor económico que se debe adicionar a la inversión necesaria para poner en funcionamiento un nuevo sistema. Nos permitirá analizar si un pago de una tasa periódica justifica las bondades que ofrece el estándar.

3.7.1.10 Existencia de Receptores (facilidad de obtención de Rx).

La existencia de receptores es un parámetro también de los más importantes, ya que se debe tomar en cuenta si hay disponibilidad de receptores en el

mercado de cada uno de los estándares, que éstos sean fáciles de adquirir y que exista una variedad de modelos para satisfacer las necesidades de los radioescuchas. Por otro lado la fabricación en serie de equipos ya sean totalmente digitales o adaptadores de equipos analógicos permitirá la reducción de costos.

3.7.1.11 Existencia de Transmisores de venta en el mercado y variedad de modelos existentes.-

Mediante este parámetro podremos analizar si las emisoras una vez hayan adoptado tal o cual sistema contarán con el número suficiente de equipos necesarios para la transmisión de radio digital. A través de este parámetro evaluaremos la variedad en modelos de equipos con los que cuenta cada estándar.

3.7.1.12 Necesidad de variación en la normativa jurídica.-

Este parámetro busca establecer un estándar que no necesite una gran variación en la Ley de Telecomunicaciones y demás normas que controlan la radiodifusión y el espectro radioeléctrico, y que pueda adaptarse con pocos cambios al nuevo sistema digital. Si bien este parámetro podría no ser tomado en consideración frente a otros que miden las condiciones técnicas del sistema, nos permitirá realizar un análisis entre dos sistemas que posean similares especificaciones técnicas.

3.8 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ESTÁNDARES DE RADIO

DIGITAL

Para realizar la comparación entre los Estándares de Radio Digital, hemos asignado un peso a cada parámetro antes descrito, las cantidades que a continuación se mencionan se han establecido de manera subjetiva, según su importancia a nuestro criterio los hemos calificado sobre un cien por ciento.

| PARÁMETROS | Pond.del Factor % | DAB | ISDB-TsB | IBOC | DRM |
|---|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Calidad de audio no degradada por el códec. | 11 | 8 | 9 | 10 | 9 |
| Compatibilidad con los transmisores nuevos y existentes | 10 | 2 | 2 | 7 | 9 |
| Funcionamiento de la red a una sola frecuencia | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Costo y complejidad del receptor(-) | 6 | 4 | 2 | 4 | 3 |
| Interferencia | 6 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| Compatibilidad con los formatos analógicos existentes | 12 | 5 | 3 | 12 | 12 |
| Utilización eficaz del espectro | 12 | 8 | 2 | 12 | 12 |
| Costo de transición | 12 | 8 | 8 | 7 | 11 |
| Licencia de operación(*) | 5 | 5 | 5 | 0 | 5 |
| Existencia de Receptores | 10 | 9 | 4 | 8 | 7 |
| Existencia de Transmisores | 8 | 7 | 4 | 7 | 7 |
| Necesidad de variación en la normativa jurídica | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| SUMATORIA | 100 | 66 | 50 | 79 | 88 |

(*) Licencia de Operación.- Requiere: Menor peso; No requiere: Mayor peso

TABLA III. II EVALUACIÓN DE PARÁMETROS⁶⁶

⁶⁶FUENTE: ORIGINAL

En la gráfica que se muestra a continuación podemos observar la evaluación de cada sistema sobre un total de cien puntos, a través de la cual podemos ver que el sistema que mejor se desenvuelve es Digital Radio Mondiale con 88/100, seguido por el sistema IBOC 79/100, a continuación se encuentra el sistema DAB 66/100, y finalmente el estándar Japonés ISDB-TSB 50/100.

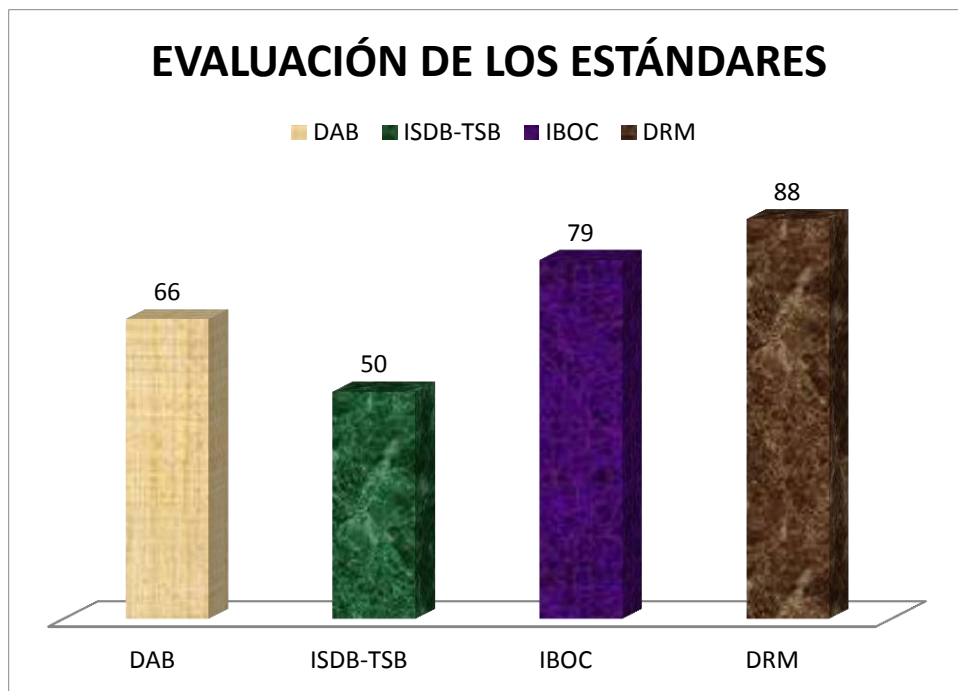


FIGURA III.1 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS EN CADA SISTEMA⁶⁷

Después del análisis realizado podemos observar que la diferencia entre los dos primero estándares no es grande, tomando las siguientes ubicaciones:

1. DRM
2. IBOC

⁶⁷FUENTE: ORIGINAL

3. DAB

4. ISDB-TsB

De donde se deriva que, a nuestro criterio y basándonos en el estudio realizado de las características de cada sistema, el estándar que mejor se adaptaría a las condiciones del Ecuador sería el Estándar DRM, por múltiples beneficios que se detallarán a continuación. Se podría considerar además como segunda alternativa el sistema IBOC que aunque requiere el pago anual de una licencia de uso, ofrece grandes ventajas tanto para la radio analógica AM como FM logrando al igual que DRM su transmisión en modo híbrido lo que permite una transición más fácil para el Ecuador, por otro lado este sistema también permite adaptar algunos equipos analógicos. Es importante resaltar que varios países de la región han tomado en consideración este sistema e incluso algunos de ellos ya lo han adoptado como norma para su país lo que supone facilitará el comercio de los equipos tanto transmisores como receptores en la región.

Como tercera opción mencionaremos el estándar DAB, que si bien es cierto es el estándar más conocido y difundido en el mundo por ofrecer muchos beneficios, requiere de una inversión fuerte para la transición ya que se deben adquirir transmisores nuevos para poder operar la radio digital, de la misma manera es necesaria la adquisición de receptores específicos diseñados para que puedan captar la señal digital, considerando también que ni siquiera los receptores DAB son compatibles con nuevas versiones como DAB+ y DMB.

La cuarta opción es ISDB-TsB, considerando que fue concebido bajo la idea de complementar la radio analógica FM mas no reemplazarla, es un sistema que presenta algunas desventajas para ser adaptado por el Ecuador, principalmente no permite la convivencia de las señales analógica y digital simultáneamente, por esta razón la transición sería más difícil, ya que sería necesario cambiar todos los equipos para la transmisión digital, por otro lado este sistema no se encuentra ampliamente difundido⁶⁸, de hecho solo se utiliza en el país desarrollador Japón, este estándar no requiere de licencia de funcionamiento.

3.9 JUSTIFICACIÓN DEL ESTÁNDAR ELEGIDO

El estándar que mejor se adapta a las necesidades del Ecuador es Digital Radio Mondiale (DRM), presenta varios beneficios que pueden ser de mucho provecho en el Ecuador; es un sistema libre, que opera de manera híbrida, es decir permite la transmisión simultánea analógica y digital, este sistema puede ser operado tanto en la banda AM como FM, trabaja sobre las mismas frecuencias en las que lo hace la actual radio analógica, lo que no implicaría la reorganización del espectro sino solo la utilización de los actuales espacios de separación entre emisoras analógicas.

⁶⁸Es importante considerar que el sistema ISDB-T se ha conocido en varios países bajo del concepto de Televisión Digital, más no Radio Digital.

DRM, permitirá entre otras cosas un renacimiento de la radio AM, la cual en la actualidad es muy pocas veces escuchada, problema que se resolverá a través de la mejora en la calidad de audio que provee este sistema.

El punto más fuerte de este sistema es que permitiría que la transición sea paulatina pudiendo incluso llegar a durar varios años, lo cual es de gran ayuda para los radiodifusores que podrían cambiar sus equipos poco a poco o adaptar, de cumplir con las condiciones técnicas, algunos de los equipos analógicos mediante la adición de nuevos módulos digitales.

El estándar DRM, ha resultado muy atractivo en varios países de América Latina, quienes han realizado pruebas e incluso algunos ya lo han adoptado como norma oficial de radio digital para su país. Lo que supone facilitará, de adoptarse este sistema en el Ecuador, el comercio de equipos tanto transmisores como receptores.

Si bien es cierto, en un período inicial se supone que los receptores serán bastante costosos, será un problema que se podrá solucionar en cuanto se inicie la producción en masa, donde se espera que los precios sean solamente un poco más caros que el de los actuales receptores analógicos, pero que sean ampliamente justificados por las nuevas bondades que ofrece la radio digital.

CAPITULO IV

TRANSICIÓN DE RADIO ANALÓGICA A RADIO DIGITAL TERRESTRE

4.1 INTRODUCCIÓN

Como ya hemos mencionado en capítulos anteriores son muchas y muy variadas las ventajas que se presentan con la transmisión de la radio digital, se conseguirá el eficiente uso del espectro radiofónico, ya que reduce a una sola la frecuencia de cobertura nacional por estación, es importante resaltar también que los usuarios que recepten esta señal difícilmente podrán seguir siendo llamados “oyentes” pues esta innovador servicio ofrece varias características adicionales que permiten la interactividad del usuario.

Hoy en día la señal analógica la podemos escuchar tanto en AM como en FM, pero esta puede sufrir alteraciones hasta llegar al receptor, sin embargo la radio digital tiene la capacidad de evitar estas interferencias o por lo menos reducirlas en un alto grado.

Las mejoras técnicas que ofrece la radio digital son muchas entre las más relevantes podemos nombrar las siguientes:

- Mayor calidad de sonido
- Mejor uso de las ondas radiofónicas, lo que implica la posibilidad de añadir más servicios y programas.
- Ausencia de la interferencia, ya que las señales analógicas han sido convertidas en dígitos binarios.

La radio ha dejado atrás su tradición y funcionamiento para comenzar a formar parte de la era digital, así como lo han hecho otros medios de comunicación como la prensa y la televisión.

Las radiodifusoras, para lograr la transición a la radio digital, deben cambiar los equipos que actualmente utilizan o a su vez comprar los módulos que les hagan falta a sus transmisores para comenzar a transmitir en digital, éstas si se emplean un modo de transmisión híbrido usarán señales analógicas y digitales en un mismo canal de AM o FM, lo que conlleva que retransmitirán en dos formatos una misma programación, hasta que se fije la fecha del apagón analógico para la radiodifusión.

Cabe destacar que los radioescuchas podrán percibir las estaciones analógicas con pocas alteraciones, y si quieren disfrutar de todas las ventajas de la radio digital deberán adquirir receptores digitales, lo que les permitirá percibir señales digitales aunque también se podrán sintonizar estaciones que aún cuenten con transmisión analógica.

Tres son las formas conocidas en las que se puede transmitir radio digital: Radio digital terrena, la cual ha sido motivo de nuestro estudio, la radio digital por satélite, y la radio Web siendo ésta última la más novedosa, ya que las emisiones se pueden escuchar tanto directamente como en diferido, estableciendo nuevas fronteras de comunicación, además permite la interactividad de los oyentes y la recepción de imágenes y publicidad al instante.

En la actualidad los receptores no están técnicamente preparados para recoger la señal digital, por lo que es necesario adaptarlos, lo que permitirá que se pueda combinar la recepción digital con las tradicionales FM y AM u otra alternativa aunque más costosa sería la adquisición de nuevos equipos.

El ordenador personal puede convertirse en un receptor radiofónico, gracias a las tarjetas de radio digital para PC que actualmente se comercializan en el mercado.

4.2 LA RADIO DIGITAL EN EL MUNDO

La radio digital es una tecnología relativamente nueva en Latinoamérica pero que en realidad empezó a desarrollarse a finales del siglo XX, sin embargo los países o grupos desarrolladores de cada uno de los estándares para radio digital se han basado principalmente en condiciones o características particulares de esa región o país, como ya hemos mencionado anteriormente de manera general son cuatro los estándares conocidos a nivel mundial para radio digital terrena, sin embargo existe variantes en algunos sistemas, las que se han producido por la necesidad de solucionar problemas o deficiencias de

dichos sistemas. El primer estándar conocido como Eureka 147 y el cual ha sido muy difundido a nivel mundial por ejemplo tiene algunas variantes como DAB+, DMB, empleados en países como Reino Unido donde se utiliza DAB, Suiza utiliza DAB y DAB+, Australia utiliza DAB y en Francia han elegido la radio DMB, mientras que en Corea del Sur utiliza DMB TV móvil, existen también variantes de este sistema menos conocidas como son eDAB y DXB. Como contraparte del estándar Europeo y tratando de competir con él nace el estándar IBOC comercializado como HD Radio, el estándar estadounidense opera tanto en AM como en FM, su principal ventaja es la capacidad para la transmisión de manera híbrida, dicho sistema ha ido ganando terreno en los últimos años en Latinoamérica, quienes si bien no ha tomado una decisión definitiva sobre el estándar a adoptar, si han realizado varias pruebas con este sistema, entre los países que emplean este sistema se pueden contar Canadá, Filipinas, México y Panamá y se han realizado pruebas en Brasil, República Dominicana, Jamaica, Suiza, Indonesia, Rumania, Ucrania y Tailandia, República Checa, China, Colombia, El Salvador, Francia, Alemania, Nueva Zelanda, Polonia, Puerto Rico y Vietnam, es el único sistema que requiere el pago de una licencia; al igual que en DAB muestra una variante CAM-D y aunque no es considerada una variante de este sistema también se ha dado a conocer su similar gratuito FM-Extra.

Este sistema incorpora servicios interesantes para atraer la fidelidad de los oyentes ya que la calidad de audio de AM es igual que la de FM tradicional, y otros beneficios más.

Al igual que IBOC, DRM (Digital Radio Mondiale), también permite la transmisión de manera híbrida, es decir analógico y digital al mismo tiempo, este sistema se ha ido innovando continuamente, presenta una variante la cual es DRM+ que opera en las bandas entre los 30 y 174 MHz. DRM es un sistema estandarizado de radio en forma digital, es libre y de uso universal, este estándar ha sido desarrollado por un conjunto de emisoras y empresas internacionales.

Este estándar está siendo adoptado rápidamente en algunos países, por la robustez que ofrece y por la facilidad de modificación que permite en los transmisores y receptores, los países que hoy en día ya emiten con este formato son entre los más importantes España, China, Francia, Inglaterra, Alemania, en Latinoamérica DRM está apenas conociéndose, no se ha difundido mucho, pero existen ya algunas emisoras que comienzan a emitir su señal con este sistema como es el caso de Brasil y Chile.

DRM no solo brinda calidad de sonido sino que además permite un ahorro energético que a diferencia de DAB es muy significativo, ya que no se requiere alimentar a transmisores caros y poderosos que se utilizan en otros sistemas para la transmisión una señal digital en onda corta con DRM se requiere de 100 a 200 vatios para lograr una distancia de hasta 5 kilómetros, en transmisión de onda corta.

ISDB-TSB es la norma japonesa para la radiodifusión digital terrestre, es parte del conjunto de normas de ISDB-T que fundamentalmente lo comercializan para televisión digital, conocido es por todos que Japón es un país que se

encuentra innovando continuamente en varios aspectos y la radio no marca la diferencia, sin embargo en aquel país radio digital no nació bajo el concepto de suplir la radio analógica como en los otros estándares, en realidad cumple la función de complementarla, el principal objetivo de la radio en ese país es ofrecer servicios adicionales, como el de un sistema de alerta que pueda encender los receptores al registrar un sismo por ejemplo y que permita salvar vidas. Éste sistema no se ha difundido en el mundo de hecho solo es empleado en el país desarrollador Japón, esta innovándose hasta la actualidad y ofreciendo cada día más servicios.

4.3 TRANSICIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA A LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL

La transición de la radio analógica a radio digital debe efectuarse de manera armoniosa, y en el tiempo en el que los organismos reguladores fijen el apagón analógico para la radiodifusión, se debe considerar también el estado económico, político, social de grandes medianas y pequeñas radiodifusoras que les permitan cumplir con ciertos parámetros establecidos. Un modelo de transición realizado el año pasado en el país de México se puede observar en el Anexo 2, en el que se desarrollan las características anteriormente mencionadas.

4.3.1 Ventajas del proceso de transición a la radiodifusión digital

La radio digital presenta ventajas innegables para el consumidor y para los operadores, estas ventajas derivan de la posibilidad de tratar y comprimir los

datos digitales de manera más eficiente que en el caso de las señales analógicas.

4.3.1.1 Ventajas para el Consumidor

- Posibilidades más amplias de elección de programas, gracias al gran número de cadenas y estaciones de radio.
- Una mayor flexibilidad de utilización a causa de la mejor recepción portátil y móvil.
- Una mayor interactividad gracias a unos servicios de información más avanzados

4.3.1.2 Ventajas para el Operador

Liberación de frecuencias suplementarias. El espacio disponible permite reutilizar partes del espectro de radiofrecuencias.

4.3.2 TRANSMISIÓN

La transmisión de la señal se puede hacer de manera netamente digital, o de manera híbrida; para la transmisión digital haría falta un transmisor de DRM, y para la transmisión híbrida se puede añadir a los equipos que ya poseen un excitador DRM que le permitirán la transmisión digital.

4.3.2.1 TRANSMISIÓN DIGITAL

A continuación se muestran los equipos necesarios para una radio totalmente digital:

4.3.2.1.1 Estudio.-

La instalación de las estaciones, deberán realizarse cumpliendo los parámetros técnicos que se hayan definido en el contrato de concesión, la instalación también puede ser compartida con otras estaciones.

Estudio principal.-El estudio de radio o locutorio, es el lugar donde se lleva a cabo la locución de los programas de radio. Los locutorios suelen contener en su interior un equipamiento técnico bastante escaso. Habitualmente encontramos una mesa redonda o de media luna con entradas para conectar auriculares y micrófonos, un par de monitores (altavoces) y unos pilotos indicadores con luces rojas y verdes. El estudio principal podrá recibir y difundir programación mediante frecuencias auxiliares y cualquier otro tipo de enlace debidamente autorizado por el CONATEL. Un sistema automatizado e independiente, instalado en el sitio donde se encuentre funcionando el transmisor, no constituye estudio principal, pues se altera la esencia del contrato.

Estudios secundarios.- Aquellos localizados fuera del área de cobertura principal, que pueden ubicarse en la misma o diferente zona geográfica; serán de carácter permanente o temporal y destinado para programación específica, podrán acceder a enlaces para la transmisión o utilizar cualquier otro enlace que no requiera autorización expresa.

Estudios móviles.- Los que fundamentalmente tienen como origen de la programación, vehículos o sitios especiales del territorio nacional o del exterior,

tienen programación de carácter ocasional y utilizan como enlaces frecuencias auxiliares, terrestres, satelitales u otros sistemas.

Equipos del Estudio.-

Los equipos necesarios dentro del estudio son:

Consola.- Es el elemento central del estudio, también denominado mezclador, ya que con este aparato “mezclamos” las diferentes fuentes de sonido, ya sean estos Cds, micrófonos, o la computadora. Algunas consolas poseen un híbrido telefónico que permite la recepción de llamadas al aire.

Algunas opciones que se pueden considerar son la DBA Mix 52, S-500 de Solidyne, One MiX-100 de OMB.

Computadora.- Es otro elemento importante dentro del estudio, ya que permite la edición del audio. Lo más importante al considerar al momento de adquirir una Pc, es su tamaño en disco, por el elevado número de canciones que en él se almacenan, además de capacidad de memoria RAM y una adecuada tarjeta de sonido.

En la actualidad las emisoras emplean un *Software de automatización radial* el mismo que permite la programación automática. Para cumplir con este objetivo existen varios programas que requieren el pago de una licencia como son Dinesat, Radio 5, Raduga o Jazler, aunque se pueden emplear también algún software libre como por ejemplo Zara Radio o Raditaudio.

Micrófonos.- Es necesario invertir en micrófonos de buena calidad, sobre todo si dentro de la programación se cuenta con varios programas en vivo. Se

pueden añadir delante de los micrófonos un filtro para evitar los molestos golpes.

Algunos de los micrófonos recomendados por los entendidos son MD-421 o E835 de Sennheiser o los Shure SM7B o SM58 de la misma marca.

Audífonos (auriculares).-Son utilizados por los locutores o invitados a la radio para que se escuchen. Es un elemento muy importante y pocas veces utilizado sobretodo en radios que no cuentan con una separación entre el área de locución y los controles.

Equipo de monitoreo.- Que permiten mantener un control de lo que realmente está saliendo al aire, ya que no basta solo con vigilar la señal que sale de la consola, sino su paso por los demás equipos, el equipo de monitoreo puede constar de una simple radio sintonizada en la frecuencia en la que se esté transmitiendo, o equipos sintonizadores, pero son un poco más costosos.

Otros equipos de audio.- Estos son algunos equipos que en la actualidad casi no se emplean ya que las computadoras han reducido su uso. Sobre todo en emisoras que operan en FM. Sin embargo se describen a continuación:

- *Lectores de discos compactos CD.*- Permiten la reproducción de los Cds, Es posible colocar una lectora de CD en la computadora y evitar este elemento.
- *Caseteras.*- Empleadas cuando los reporteros usan las antiguas grabadoras de cassette. En la actualidad más útil comprar grabadoras digitales.

- *Tocadiscos (tornamesas, platos).*- Es conveniente mantenerlos en el estudio de producción para recuperar los viejos discos

4.3.2.1.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Los equipos de transmisión especialmente las antenas transmisoras deben utilizar lugares que estén alejados de aeropuertos, sistemas de radiocomunicación de socorro, seguridad nacional, seguridad de la vida y radiofaros.

Los transmisores de las estaciones radiodifusoras de onda corta y media deberán estar ubicados fuera del perímetro urbano, y límites poblados de la ciudad, si los transmisores se tuvieran que ubicar cerca de instalaciones militares se tiene que solicitar la autorización respectiva al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, excepto en lugares donde ya existen otras instalaciones.

Para la debida autorización de la ubicación de la antena se realizará un estudio de ingeniería que es presentado por el solicitante, en el que se establece que no interfiera a otras estaciones de radiocomunicaciones o sistemas de telecomunicaciones.

- **Transmisor DRM.**-Es el elemento principal del sistema de transmisión, se encarga de procesar la señal que llega del estudio y amplificarla. Todo transmisor se compone de algunas etapas, en primer lugar encontramos el *oscilador* que a través de su vibración genera la señal portadora la cual es una señal constante de alta frecuencia. Dado que la

señal generada es muy pequeña, es necesaria aumentarla con un amplificador de radiofrecuencia (RF). Los diales de las emisoras, indican la frecuencia de la señal portadora. El siguiente paso con la portadora lista es modular la señal que llega de los estudios. El equipo modulador une la portadora y la moduladora, lo cual se puede lograr tanto en frecuencia (FM) como en amplitud (AM). La señal resultante dependiendo del transmisor será una portadora con una frecuencia entre 88 y 108 MHz., si se modula en FM o entre 500 y 1600 KHZ. en AM.

Los componentes antes mencionados reciben el nombre de *excitador*, aunque si después no tiene amplificadores, se le denomina directamente *transmisor*.

El amplificador permite aumentar la potencia de la señal de salida del excitador, en grandes transmisores por ejemplo de 1 o 5 KW, Allí el transmisor consta de dos fases el excitador y la etapa de potencia o amplificador. Los pequeños transmisores son sólo excitadores que salen al aire con potencias de 10 a 50 watts.

En cuanto a la transmisión digital DRM debe asegurarse que la potencia digital sea 7 dB menor que la potencia analógica para ondas hectométricas y 4 dB menor para ondas decamétricas lo que asegura una misma área de cobertura designada.

- **Antena de transmisión.-** Una antena se puede definir como “un dispositivo metálico capaz de radiar o recibir ondas electromagnéticas”,

por lo tanto es considerado como un transductor capaz de convertir ondas electromagnéticas en eléctricas y viceversa.

- **Líneas de transmisión.-** Se debe utilizar cable coaxial para alimentar la antena, la impedancia permitirá el acoplamiento adecuado entre transmisor y antena, y esto permite minimizar las pérdidas de potencia.
- **Conectores y componentes de RF.-** Por medio de los conectores el cable puede ser unido a otro cable o aun componente de la cadena de RF. Hay una gran cantidad de adaptadores y conectores diseñados para concordar con diferentes tamaños y tipos de líneas coaxiales

4.3.2.1.3 SISTEMA DE ENLACE MICROONDA.-

El sistema de enlace microonda esta conformado fundamentalmente por tres componentes: una unidad externa de RF (Radio Frecuencia) y una unidad interna de RF, y una antena que posee una corta y flexible guía de onda.

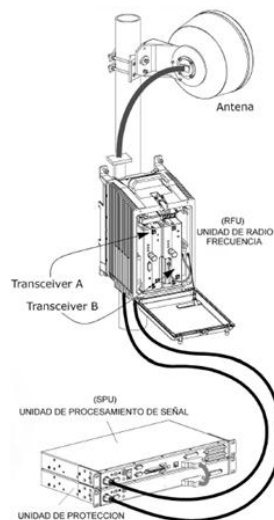


FIGURA IV. 1 SISTEMA DE ENLACE MICROONDA.⁶⁹

⁶⁹FUENTE: ROSERO VICTOR. Tesis Análisis de Alternativa de Optimización del Sistema de Comunicaciones Petroproducción Enlace Distrito Quito- Distrito Amazónico. Pp43

El sistema microonda utiliza tecnología halfduplex generalmente opera en frecuencias que se encuentran alrededor de los 12 GHz, 18 y 23 GHz, a través de las cuales se pueden conectar dos localidades cuya distancia entre ellas sea de hasta 25 km, y en frecuencias entre los 2 y 6 GHz para transmitir a distancias entre los 30 y 50 km.

Los equipos que se utilizan para el enlace, deben cumplir con estándares técnicos los mismos que tienen la misión de garantizar la comunicación sin provocar interferencia.

Para la radiodifusión sonora digital se requieren enlaces en las bandas destinadas para frecuencias auxiliares del servicio de radiodifusión, pero las frecuencias principales del servicio de radiodifusión sonora de amplitud modulada no podrán ser utilizadas para enlaces.

- *Unidad de Radio Frecuencia (URF).*- También conocido como un modulador de Radiofrecuencia, este dispositivo convierte la señal de audio y video a una señal de RF, está conformado por un módulo transceptor y una unidad de acoplamiento con la antena, la cual posee en su interior un filtro de RF de transmisión y otro de recepción, en este dispositivo se pueden conectar terminales de vídeo o audio.
- *Unidad de Procesamiento SPU.*-Está conformada por varios módulos como son el módem, un controlador y un multiplexor, los dos primeros son comunes para todas las capacidades y aplicaciones y el multiplexor ofrece varias interfaces y capacidades lo que permite que se puedan adaptar a las diferentes aplicaciones como PDH, SDH, SONET, IP, etc.

ANTENAS DE ENLACE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN.-

Son dispositivos destinados a transmitir y a recibir ondas electromagnéticas. Están conformados por dos partes el reflector y el alimentador, estas antenas pueden ser omnidireccionales y direccionales. Desde un punto de vista funcional tanto las antenas transmisoras como receptoras son iguales, sin embargo en la práctica presentan ligeras diferencias. La antena transmisora debe contar con una potencia suficientemente grande para que la señal sea captada en el destino, emite señales de una sola frecuencia o de un ancho de banda muy reducido, las antenas receptoras por otro lado cuentan con un ancho de banda mucho más amplio ya que reciben señales de varias frecuencias, estas señales son generalmente muy débiles, por lo que deben ser amplificadas posteriormente. Entre algunas de las características de las antenas se pueden mencionar:

- *Ancho de banda.*- Es el rango de frecuencias en las que opera la antena.
- *Ganancia de una antena.* Indica la capacidad de emisión de una antena. La cual se obtiene comparando la potencia emitida en la dirección preferente con la potencia media emitida en todas las direcciones. Si la antena es isotrópica su ganancia es la unidad.
- *Eficiencia de una antena.*- Es la relación entre la potencia emitida por la antena y la potencia captada por la antena receptora, este parámetro nos permite conocer las pérdidas que se producen en el proceso de transmisión.

- *Longitud de antena.*-Depende fundamentalmente de la frecuencia de la señal a emitir o recibir. Estas dimensiones deben ser al menos del orden de una décima parte de la longitud de onda de la señal.
- *Cable para enlace de microonda.*- Para interconectar la unidad de procesamiento con la unidad de radiofrecuencia se requiere un cable externo y otro interno RG8

4.3.2.2 TRANSMISIÓN HÍBRIDA

Si el Ecuador adopta el estándar recomendado en este estudio, las emisoras durante un período indeterminado difundirán su señal de modo híbrida; es decir, esas estaciones combinarán de manera simultánea la transmisión de sus programas en formato digital con la de programas en formato analógico, de manera que quienes posean aparatos receptores con sintonía digital podrán escuchar las transmisiones en ese formato, mientras que quienes utilicen los actuales receptores analógicos escucharán sólo las de ese tipo.

El Excitador DRM es el equipo que se necesitaría para poder transmitir de manera híbrida además de los antes nombrados en la transmisión digital como antena de transmisión, línea de transmisión, conectores y componentes RF y el sistema de enlace microonda.

Excitador DRM.- Alimenta a cualquiera de los transmisores de amplificación lineal o cualquier transmisor de radiodifusión AM (tipo PDM / PSM, el tipo de síntesis digital directa, etc.) Puede manejar múltiples programas de audio encapsulados en un sistema DRM / DI formato MDI, entrada analógica de audio analógico de radiodifusión AM, o se puede combinar con una entrada de

DRM / DI MDI para la difusión simultánea. Además, proporciona una señal de radiofrecuencia no modulada a través de un sintetizador digital interno que cubre toda la gama de frecuencias de AM.

4.4.- OPERACIÓN DE LAS ESTACIONES.-

En los contratos de concesión se estipulan varias condiciones de operación así como también restricciones en relación al sistema radiante, potencia, atenuación de señales no esenciales entre otros.

Luego de haber concluido las instalaciones, el radiodifusor debe comunicar a la Superintendencia de Telecomunicaciones el inicio de operaciones de la estación, la cual podrá disponer la inspección de dichas instalaciones y la constatación de que las características técnicas de operación cumplan con los parámetros técnicos autorizados en el respectivo contrato de concesión. El concesionario debe proveer la información necesaria así como también brindar todas las facilidades a los funcionarios de la Superintendencia de Telecomunicaciones, tanto para la inspección inicial como para algunas inspecciones periódicas que se deben realizar durante la operación regular de la emisora.

CONCLUSIONES

1. La Radio Digital ha venido a revolucionar la radiodifusión a nivel mundial, mediante este estudio hemos podido identificar cuatro principales estándares para radio digital terrena, algunas de ellas presentan variantes las cuales se han desarrollado por la necesidad de cubrir vulnerabilidades, estos sistemas son Digital Audio Broadcasting, DAB también conocido como Eureka 147 con variantes como DAB+ y DMB, In band on Channel (IBOC), Digital Radio Mondiale (DRM) que presenta su variante DRM+, y finalmente Integrated Services Digital Broadcasting –Terrestrial Sound Broadcasting ISDB-TSB, cada uno de los cuales fueron creados a partir de las necesidades particulares de cada país u organización desarrollador, por lo que no existe un sistema de uso universal.
2. Para una radio digital son necesarios equipos para el estudio, el sistema de transmisión y para el sistema de transmisión microonda, donde la mayor inversión para los dueños de las estaciones de radio sería el sistema de transmisión, de hecho varias emisoras (FM en su mayoría) ya cuentan con equipos de estudio digitales. Lo que puede hacer que la transición sea menos fuerte en cuanto a inversión se refiere por parte de los dueños de las radiodifusoras.
3. Del estudio realizado se deriva que el sistema DRM es el estándar que se adapta de mejor manera para el nuevo formato de radio digital en el

Ecuador ya que cuenta con varias ventajas fundamentalmente durante el período de transición, entre las que podemos mencionar que brinda una señal robusta, opera en modo híbrido lo que quiere decir que transmite simultáneamente en modo analógico y digital, no requiere la reorganización inmediata del espectro electromagnético ya que aprovecha espacios de separación que hoy se utilizan entre emisoras analógicas, requiere relativamente poca energía de transmisión y finalmente es un sistema abierto es decir que es posible un acceso libre a las normas técnicas, de tal manera que todos los fabricantes tengan la capacidad de diseñar y fabricar equipos para esta tecnología.

4. El sistema DRM es utilizado para radio digital en onda media, ofrece características muy novedosas a costos relativamente reducidos frente a los demás estándares existentes, dado que cuentan con la posibilidad de adaptar módulos a los equipos analógicos que le permitan digitalizar la señal.
5. DRM emplea una modulación COFDM, puede operar en una sola frecuencia o en multifrecuencia (SFN/MFN), cuenta con tres códec de audio MPEG los mismos que permiten cubrir voz y música.
6. Es importante, una vez seleccionado un estándar, contar con un número importante de equipos tanto receptores como elementos útiles para la transmisión en el mercado ecuatoriano ya que esto garantizará el

desarrollo de la radio digital en el país. Logrando así que tanto radiodifusores como usuarios se vean atraídos a este nuevo servicio.

7. Al realizar el análisis comparativo subjetivo de los estándares de radiodifusión digital terrena, se recomiendan según la calificación obtenida en el siguiente orden: Digital Radio Mondiale (DRM) 88/100, In Band on Channel (IBOC) 79/100, Digital Audio Broadcasting (DAB) 66/100, y finalmente Integrated Service Digital Broadcasting- Terrestrial Sound Broadcasting (ISDB-TSB) 50/100.

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable que al adoptar de un nuevo formato digital para la radio en el Ecuador, se cumplan con todas y cada una de las especificaciones descritas en la norma técnica, de tal forma que los beneficios que el sistema ofrece se cumplan en su máximo potencial y esto justifique la inversión que deben realizar tanto radiodifusores como radioescuchas.
2. El gobierno del Ecuador debe aportar en este importante proceso, mediante convenios o acuerdos con radiodifusoras y fabricantes de equipos, créditos a radiodifusoras entre otros, para que a través de ellos la radio digital en el Ecuador se pueda desarrollar favorablemente.
3. Independientemente del sistema que se adopte, sería importante considerar que el Ecuador necesita un sistema que brinde la posibilidad de transmisión híbrida ya que esto hará más llevadero el período de transición, principalmente para pequeñas y medianas radiodifusoras que podrán cambiar sus equipos paulatinamente y mientras tanto continuar transmitiendo de manera analógica en dicho proceso. De igual manera para los oyentes que podrán adquirir gradualmente nuevos receptores pero que podrán continuar escuchando radio, aunque analógica, desde sus antiguos equipos, por otro lado sería recomendable considerar la situación actual de la radio digital en los países vecinos, ya que un sistema adoptado en una región más extensa permitiría su desarrollo de

mejor manera que aisladamente en un solo país, tanto en el plano comercial por la importación de equipos, como también en capacitaciones acerca del tema a radiodifusores y demás personas del medio de telecomunicaciones.

4. De adoptarse otro sistema al recomendado en esta investigación para el funcionamiento de Radio Digital en el país, se podría considerar el sistema IBOC que ofrece ventajas similares a las de DRM pero que requiere el pago de una licencia anual para su utilización, lo cual podría solucionarse a través de convenios que realice el gobierno de turno con las radiodifusoras, lo propio se podría realizar con sistemas como DAB e ISDB-TSB que requieren de una fuerte inversión inicial por ser sistemas totalmente digitales.
5. Es recomendable realizar foros de discusión y grupos de investigación que aporten acerca de la radio digital en el Ecuador y el mundo, ya que es un tema relativamente nuevo en el país y de manera general en toda Latinoamérica. Dichos foros ayudarán a difundir los beneficios que ofrece este nuevo servicio entre radiodifusores y oyentes.
6. Sería importante que se realicen pruebas en el Ecuador con los cuatro estándares que son motivo de nuestro estudio, pues esto permitiría obtener datos del real desempeño de cada sistema en la geografía ecuatoriana.

RESUMEN

La presente investigación es un Estudio Comparativo de los Estándares de Radiodifusión Digital Terrena orientado a definir su Aplicabilidad en el Ecuador, la cual ha sido realizada por estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones y Redes. Se han empleado los métodos analítico y comparativo a través de la investigación de los cuatro estándares de radio digital terrena: Digital Audio Broadcasting, "DAB", In Band On Channel "IBOC", Digital Radio Mondiale "DRM" y finalmente Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial Sound Broadcasting "ISDB-TSB"; además se han detallado características de la radio analógica en el Ecuador. Si bien es cierto que de manera general la radio digital permitiría, en cualquiera de sus formatos, una mejora significativa en cuanto a calidad y distribución se refiere, del estudio se deriva que **Digital Radio Mondiale "DRM"** con un 88% es el sistema que mejor se adaptaría en el territorio ecuatoriano para la adopción del nuevo formato digital, por varias de sus condiciones como su capacidad de transmisión de manera híbrida durante el período de transición, operación sobre las mismas bandas de frecuencia empleadas actualmente por la radio analógica, su capacidad de adaptabilidad de equipos analógicos al nuevo formato digital entre otras. Sugerimos la adopción del sistema "DRM" para radio digital en el Ecuador o, de no adoptarlo, un sistema que permita la transmisión de forma híbrida ya que esto facilitaría el proceso de

transición de la radio analógica a digital y su consecuente desarrollo en el Ecuador.

SUMMARY

The present investigation is a Comparative Study of the Earth Digital Broadcasting Standards oriented to define its applicability in Ecuador, which has been done by students from Electronic Engineering in Telecommunications and Networks School. The analytic and comparative methods have been used through the investigation of the four earth digital broadcasting standards: Digital Audio Broadcasting "DAB", In Band on Channel "IBOC", Digital Radio Mondiale "DRM", and finally Integrated Service Digital Broadcasting- Terrestrial Sound Broadcasting "ISDB-TSB", in addition characteristics of the analogical radio in Ecuador have developed. Although is certain that in a general way the digital radio would allow in any of its formats a meaningful improvement in quality and distribution, from the study it is derived that **DIGITAL RADIO MONDIALE "DRM"** with an 88% is the system that better would adapt in the Ecuadorian territory for the adoption of the new digital format, because of a several of its conditions such as: Its transmission capacity in a hybrid way during the transition period, operation over the same frequency bands used currently by the analogical radio. Its adaptability capacity from analogical equipment to the new digital format, among others. It is suggested that the Digital Radio Mondiale "DRM" be adapted for digital radio in Ecuador, or if is not so, a system that permit the transmission in a hybrid way, since this would facilitate the transition process from analogical radio to digital one and its development in Ecuador.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- ACC** Algoritmo de Compresión Con pérdida.- Es un formato informático de señal digital de audio basado en la ONU.
- ANCHO DE BANDA** Es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período dado. El ancho de banda se indica generalmente en bits por segundo (bps), kilobits por segundo (Kbps), o megabits por segundo (Mbps).
- BANDA III** Es el nombre de una frecuencia de radio dentro de la gama de frecuencia muy alta parte del espectro electromagnético.
- BANDA L** Es un rango de radiofrecuencia de las Microondas IEEE US que usa las frecuencias de 1,5 a 2,7 GHZ. Esta gama debería ser muy utilizada por las cadenas de radio digital DAB.
- BITS** El bit es la unidad mínima de información empleada en informática, en cualquier dispositivo digital, o en la teoría de la información.
- BLOQUES FIB** (Fast Information Blocks) DAB El FIB tiene 256 bits y dispone de un campo de la FIB de datos y un CRC.

El campo FIB datos consta de una o más Grupo de Información Rápida

BROATCAST Transmisión de un paquete que será recibido por todos los dispositivos en una red

CABLE RG8 El cable coaxial RG-8 se utiliza en redes locales sin cable y en equipos de alta frecuencia. En conformidad con el estándar MIL-C-17.

CAMPOS CIF (Common Interleaved Frame). Salida digital en serie desde el multiplexor de servicio principal, que está contenida en la parte de servicio del canal principal de la trama de transmisión.

CANAL FIC FAST INFORMATION CHANNEL (DAB) El FIC es un canal de tiempo no es un entrelazado de datos con protección fija error igual. En particular, se utiliza para enviar la información de configuración del múltiplex DAB (MCI) y opcionalmente servicio de información y servicios de datos.

CANAL MSC (Main Service Channel). El MSC es un canal de tiempo intercalada con datos, dividida en un número de sub-canales que están codificados convolucionalmente individualmente, con protección de error igual o desigual. Cada sub-canal puede llevar uno o más componentes de servicio. Utilizados para transportar los componentes de servicios de audio y datos.

CELP Algoritmo codificado que ha sido desarrollado para sistemas de radio digital, el cual proporciona una gran calidad a las conversaciones, con una velocidad de transmisión muy baja (10 Kbit/s en la modulación de impulsos codificados de 64 Kbit/s).

CÓDEC Es la abreviatura de *codificador-decodificador*. Describe una especificación desarrollada en software, hardware o una combinación de ambos, capaz de transformar un archivo con un flujo de datos (*stream*) o una señal.

CÓDEC AAC+ El AAC+ (AACPlus o HE-AAC) es un formato audio digital comprimido con pérdida para transmisión de audio.

CÓDEC HE-AAC Es un formato de compresión de audio digital con pérdidas definido como un perfil MPEG-4 Parte 3 de audio en la ISO/IEC 14496-3 basado en la Replicación de banda espectral (Spectral Band Replication (SBR) y el estéreo paramétrico (Parametric Stereo (PS)).

CODIFICACIÓN Consiste en la traducción de los valores de tensión eléctrica analógicos que ya han sido cuantificados (ponderados) al sistema binario.

- COFDM Método de modulación (la división en pequeñas unidades, cronológico de transmisión de anidación, en las frecuencias portadoras diferentes).
- COMPRESIÓN Es la reducción del volumen de datos tratables para representar una determinada información empleando una menor cantidad de espacio.
- DAB Método para la transmisión digital de señales de radio para la recepción móvil, desarrollado por proyecto EUREKA 147
- DECODIFICADOR El decodificador es un dispositivo que acepta una entrada digital codificada en binario y activa una salida.
- DEMODULADOR Dispositivo que permite transformar una señal analógica en digital.
- DRM Digital Radio Mondiale (DRM, en español *radio digital mundial*) es un conjunto de estándares de radiodifusión sonora de radio digital desarrollado por el consorcio Digital Radio Mondiale usando las frecuencias y concesiones otorgadas a las transmisiones de Amplitud Modulada (AM) y Frecuencia Modulada (FM).

EFICIENCIA DE UNA ANTENA Se puede definir como la relación entre ganancia y directivita.

ENTRELAZADO DE FRECUENCIA La técnica de entrelazado entre las componentes armónicas pares e impares de dos señales diferentes para minimizar la interferencia entre ellas.

EPG Guías electrónicas de programas (EPG) y las guías interactivas de programas proporcionan a los usuarios de la televisión, la radio y otras aplicaciones de medios con los menús actualizados continuamente muestran transmisión de programación o de la programación de la información para la programación actual y futura.

ETRI Electronics and Telecommunications Research Institute es un gobierno respaldado por el instituto de investigación en el Daedeok ciudad de la ciencia, en Daejeon, República de Corea. A partir de 2008, ETRI tiene cerca de 3000 empleados en alrededor de 2000 de ellos son investigadores.

ETSI EuropeanTelecommunication Standard Institute es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial.

ETSIEN ETSI la norma europea Parte del nombre del documento ETSI, por ejemplo, EN 300 401.

EXCITADOR Es un circuito que recibe una señal y la envía para activar otro bloque del mismo.

FADING Traducido como desvanecimiento. La señal es emitida por el transmisor, el cual puede tener múltiples copias las cuales circulan por diferentes vías. El Fading es causado por el retraso en la propagación, no solo distorsiona la señal recibida, sino que también causan interferencias.

FALL BACK Característica mediante la cual dos terminales de comunicación pueden enlazarse a baja velocidad a pesar de experimentar interferencias.

FIG (Fast Information Groups).- Grupos de información que contienen de 1 a 30 bytes. Conformado por información de configuración de Multiplex (MCI), Servicio de Información (SI), FIC canal de datos (FIDC) y de acceso condicional (CA).

GANANCIA DE UNA ANTENA La ganancia de una antena se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia y la densidad de potencia que radiaría a la misma distancia una antena isotrópica con la misma potencia entregada.

HALF-DUPLEX Protocolo de envío de información, es capaz de transmitir en los dos sentidos, pero no de forma simultánea.

HVXC Codificación Vector de excitación armónica. Es un algoritmo de codificación de muestras de voz, Soporta velocidades de entre 2 y 4 kbps. Aunque también opera a tasas de bits tales como 1,2 y 1,7 kbps Es utilizado en radiodifusión digital, telefonía por internet y comunicaciones por satélite. Es parte de MPEG-4.

IBOC In band on channel Sistema desarrollado por Ibiqity Digital Corporation. Cuya principal característica es su capacidad para transmitir de manera híbrida, analógica/digital.

IRT Instituto para las Tecnologías de Radiodifusión. Es un instituto puntero en Europa, que fue fundado en 1956 como el instituto de investigación y desarrollo central para las organizaciones de difusión televisiva públicas en Alemania, cuyo principal objetivo es la investigación y desarrollo de nuevos sistemas y su estandarización.

ISDB-TSB Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial Sound Broadcasting. Pertenece a la familia de sistemas ISDB-T. ES Formato japonés para radio

digital, concebido bajo la idea de complementar la radio analógica. Difundido principalmente en el país desarrollador. Ofrece características como movilidad, calidad de audio y servicios adicionales.

KMIC El Ministerio de Información y Comunicación o MIC Es un ministerio del gobierno de Corea del Sur. Su sede está ubicada en Jongno-gu, en el centro de Seúl.

MFN *Redes de frecuencia múltiple.* Es un tipo de red donde distintas frecuencias o radiofrecuencias son utilizadas para transmitir contenido audiovisual. Hay dos tipos destacados de redes de frecuencia múltiple: horizontales y verticales.

MOT Protocolo de transmisión utilizado en DAB para la transferencia de archivos de datos orientadas al audio o de canales de datos. Se adapta a las necesidades de los servicios multimedia y de las limitaciones específicas dadas por las características de transmisión del sistema DAB. Es compatible con dos modos de transporte diferentes, el modo de ITV de cabecera y el modo de directorio de MOT.

MPEG El Moving Picture Experts Group (MPEG) es un Grupo de Trabajo de expertos que se formó por ISO y IEC para establecer estándares para el audio y la transmisión video. Los estándares MPEG constan de diferentes *Partes* cada una de las cuales cubren un

aspecto determinado de la especificación. El estándar especifica *Perfiles* (herramientas disponibles) y Niveles rango de valores para las propiedades asociadas a ellos).

MPEG-1 Codificación de imágenes en movimiento y audio asociado para medios de almacenamiento digital de hasta alrededor de 1,5 *Mbit/s* (ISO/IEC 11172). Diseñado básicamente para permitir que las imágenes en movimiento y sonido puedan ser codificados en la tasa de bits de un disco compacto.

MPEG-2 MPEG Audio Layer II es un códec de audio definido por la ISO / IEC 11172-3. Se trata de un estándar de codificación dominante para la radiodifusión sonora como parte de la radio digital DAB y DVB estándares de televisión digital, y es el núcleo de la norma más conocida de MP3.

MULTICASTING O Multidifusión, Es el envío de la información en una red a múltiples destinos simultáneamente. Para poder recibirla, es necesario establecer un "grupo multicast". El cual tiene asociado una dirección de internet.

MUSICAM Patrón de enmascaramiento Adaptado Universal subbandas integrada de codificación y multiplexación Se utiliza como sinónimo de MPEG Audio Layer II.

OFDM Frecuencia Ortogonal-Division Multiplexing Se utiliza como sinónimo de COFDM.

PDA También se denomina organizador personal, diseñada como agenda electrónica con un sistema de reconocimiento de escritura Los cuales pueden realizar varias de las funciones que hace una computadora de escritorio como crear documentos, correo electrónico, reproducir archivos de audio, entre otras.

RADIOFRECUENCIA Frecuencias de las ondas electromagnéticas de la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 KHZ. y unos 300 GHZ empleadas en la radiocomunicación.

RDS Sistema de radiodifusión de datos es un protocolo de comunicaciones que permite enviar datos digitales junto con la señal de audio, las cuales no son percibidas por el radio escucha. Aunque una parte de esos datos se ven presentados en una pantalla del aparato receptor.

RECEPTORES Son dispositivos electrónicos que permiten la recuperación de las señales vocales o de cualquier otro tipo, dotados de un módulo multi-chip el cual es un encapsulado especializado donde múltiples circuitos integrados son empaquetados en un

substrato unificado, facilitando su uso como un solo.

ROBUSTEZ Es la capacidad para redirigir el tráfico a zonas seguras cuando hay fallos.

SDMB Es un sistema que forma parte de DMB, que en este caso particular transmite los datos a través del satélite.

SFN Red de Frecuencia Única Red de transmisores DAB comparten la misma frecuencia de radio para lograr una cobertura de área grande.

SIMULCAST Término empleado en transmisiones de radio o televisión. Se refiere a la transmisión simultánea de la misma información a través de más de un medio o a la transmisión simultánea de más de un servicio en el mismo medio.

STREAMS Se refiere a una secuencia de mensajes de usuario que debe entregarse al nivel superior de forma ordenada.

TDMB Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting, Difusión Multimedia Digital Terrestre, es un sistema digital de Difusión terrestre. Que forma parte de DMB.

TRANSDUCTOR Un transductor es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente a la salida. El sistema puede ser mecánico, electromagnético o acústico.

UIT La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

ANEXOS

ANEXO 1

Receiver Profile 1 – Standard Radio Receiver

This is an audio receiver with at least a basic alphanumeric display.

Spectrum DRM reception in the MF (530 KHZ. to 1720 KHZ.), HF (2.3 MHZ. to 27 MHZ.) and international FM (87.5 to 108 MHZ.) bands is mandatory in all territories.

DRM reception in other broadcasting bands is mandatory on a regional basis

according to the licensed service plan

DRM reception in all broadcasting bands below 174 MHZ. is recommended.

Channel decoding of all defined channel band-widths is mandatory.

Audio Stereo decoding (including Parametric Stereo) is mandatory if a stereo capable

output is provided.

Emergency warning Implementation of the emergency warning/alert feature is mandatory.

Text Service label (station name) display is mandatory.

Text message display is mandatory on products with a 2-line display or better

(except for in-car products).

Journaline presentation is recommended.

Support for regional character sets is recommended according to the region the

product will be manufactured for or sold into.

EPG Electronic Programme Guide presentation is recommended.

Traffic & Travel For in-car products, TPEG and TMC decoding is recommended.

Service following DRM to DRM service following (automatic frequency switching) is mandatory.

For products that include analogue service decoding (e.g. AM-AMSS, FM-RDS),

DRM to analogue service following is mandatory.

For products that include other digital radio systems, DRM to digital service

following is recommended.

Receiver Profile 2 – Rich Media Radio Receiver

This is an audio receiver with a colour screen display of at least 320 x 240 pixels.

All Receiver Profile 1 functionality, *plus:*

Audio Surround Sound decoding is recommended.

Text Journaline presentation is mandatory.

EPG Electronic Programme Guide presentation is mandatory. Decoding of the

advanced EPG profile is recommended.

Slide Show Slide Show presentation is mandatory.

ANEXO 2

MODELO DE TRANSICION EN MEXICO

ACUERDO POR EL QUE SE ADOPTA EL ESTANDAR PARA LA RADIO DIGITAL TERRESTRE Y SE ESTABLECE LA POLITICA PARA QUE LOS CONCESIONARIOS Y PERMISIONARIOS DE RADIODIFUSION EN LAS BANDAS 535-1705 KHZ. Y 88-108 MHZ., LLEVEN A CABO LA TRANSICION A LA TECNOLOGIA DIGITAL EN FORMA VOLUNTARIA

Primero.- Se adopta el estándar IBOC, de conformidad con el estándar NRSC-5-B y su futuro desarrollo, para la transmisión digital terrestre de la radiodifusión, (en adelante la "Radio Digital Terrestre" o "RDT") en las bandas de 535-1705 KHZ. y de 88-108 MHZ.

El Estado mantiene la reserva de las demás bandas referidas en el Acuerdo de reserva, en las que la Comisión no ha establecido una decisión sobre las tecnologías de radiodifusión digital que, en su caso, se implanten en nuestro país.

Segundo.- Se establece la Política de Transición a la RDT, (en adelante la "Política") de acuerdo con los siguientes objetivos:

- a) **Uso eficiente del espectro:** hacer un uso pleno de las tecnologías digitales de transmisión utilizando el sistema IBOC en las bandas de AM y FM.
- b) **Impulso a la radiodifusión** fomentar el sano desarrollo de los concesionarios y permisionarios de estaciones de radio, mediante condiciones que promueven las inversiones en el desarrollo de la infraestructura para la aplicación de los avances tecnológicos que redunden en un mejor servicio a la población.
- c) **Nuevos contenidos:** alentar el desarrollo de nuevos contenidos digitales para impulsar la penetración de la RDT, en especial mediante los servicios de multiprogramación e información complementaria para ofrecer un mejor servicio de radiodifusión a la población.
- d) **Calidad:** establecer condiciones para mejorar la calidad de audio que recibe actualmente la población.

Tercero.- La transición a la RDT de los concesionarios y permisionarios de radiodifusión que operen en las bandas de 535-1705 KHZ. o de 88-108 MHZ. se realizará de forma voluntaria previa autorización de la Comisión.

Cuarto.- Los concesionarios y permisionarios de radiodifusión que inicien la transición a la RDT deberán utilizar el estándar IBOC en modo híbrido de señales analógicas y digitales, para transmitir cuando menos la réplica digital de la señal analógica en su área de cobertura.

A tal efecto, deberán evitar interferencias y garantizar el mejor aprovechamiento de la banda en la que operen.

Quinto.- Los concesionarios y permisionarios que inicien la transición a la RDT podrán transmitir múltiples programas dentro del mismo canal de transmisión, así como la información complementaria que permita ofrecer un mejor servicio de radiodifusión a la población.

Sexto.- Los concesionarios y permisionarios que inicien la transición a la RDT y únicamente transmitan en señal digital la misma programación que en el servicio analógico, deberán ofrecer una calidad de audio mayor a la que ofrecen en sus transmisiones analógicas.

Séptimo.- Los concesionarios y permisionarios que deseen llevar a cabo transmisiones de RDT deberán solicitar autorización a la Comisión para realizar las modificaciones técnicas a las instalaciones de la estación de radio para el uso del estándar IBOC adoptado. Dichas modificaciones deberán realizarse dentro de 240 días hábiles contados a partir de la fecha en que la Comisión notifique al concesionario o permisionario la autorización respectiva.

Octavo.- Los concesionarios y permisionarios interesados en ofrecer múltiples programas dentro del mismo canal de transmisión, deberán informar por escrito a la Comisión, respecto del número de programas de radiodifusión que transmitirán y la identificación de los mismos. Transcurrido un plazo de 30 días hábiles, sin que la Comisión realice objeción u observación alguna, podrán iniciar la transmisión de dichos programas, sin que medie una autorización por parte de la Comisión. Lo anterior, sin perjuicio de cualesquiera otras autorizaciones y/o permisos que el concesionario o permisionario pueda requerir de cualquier otra autoridad competente en materia de contenidos.

Noveno.- Los concesionarios y permisionarios autorizados para transmitir con RDT deberán cumplir en todo momento, con las disposiciones y leyes aplicables a la materia, así como con lo establecido en su título de concesión o permiso, para las transmisiones de los contenidos de sus programas.

Décimo.- La información sobre las estaciones que operen utilizando el estándar IBOC, así como aquella relacionada con los servicios de multiprogramación que ofrezcan, se hará del conocimiento del público mediante el portal de Internet de la Comisión. Esta información será actualizada mensualmente, lo que permitirá dar un seguimiento del avance del proceso de transición a la RDT y se tomará en cuenta para los fines que establece el artículo Décimo Tercero del presente Acuerdo.

Décimo Primero.- Los receptores de las señales de la RDT para el servicio de radiodifusión, deberán ser compatibles con la tecnología IBOC, de conformidad con lo establecido en el artículo 2o. de la Ley Federal de Radio y Televisión.

Décimo Segundo.- Los servicios de telecomunicaciones que pudieran prestarse en las bandas de radiodifusión señaladas, se resolverán de conformidad con lo establecido en la Ley Federal de Telecomunicaciones y las disposiciones aplicables. Sin perjuicio de lo anterior, el servicio de radiodifusión deberá prestarse en todo momento, manteniendo continuidad en los servicios que actualmente recibe la población.

Décimo Tercero.- La presente Política podrá revisarse y, en su caso, ajustarse a la evolución del proceso de transición tecnológica de la RDT. La Comisión analizará el desarrollo del proceso de implementación y transición a la RDT, a fin de evaluar el desarrollo del mismo y, en su caso, reorientar la presente Política.

La Comisión elaborará un reporte de avance del proceso de transición a la RDT, con relación al año inmediato anterior, y publicará en el mes de mayo mediante su portal de Internet, una versión pública de dicho reporte con la información pública que corresponda, en términos de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental.

En caso de ser necesario, la Comisión realizará las adecuaciones a la presente Política, para lo cual tomará en cuenta lo señalado en los reportes anteriores y las recomendaciones que, en su caso, emita el Comité Consultivo de Tecnologías Digitales de Radiodifusión, así como las disposiciones legales aplicables.

Décimo Cuarto. Las infracciones a lo dispuesto en el presente Acuerdo y en las autorizaciones que al efecto expida la Comisión, se sancionarán en términos de la Ley Federal de Radio y Televisión, la Ley Federal de Telecomunicaciones y demás disposiciones legales o administrativas aplicables.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- El presente Acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO.- Se deroga el inciso a) del numeral segundo del Acuerdo por el que se reserva el uso de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, para realizar trabajos de investigación y desarrollo, relacionados con la introducción de la radiodifusión digital, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de marzo del año 2000.

TERCERO.- Se derogan aquellas disposiciones administrativas que contravengan lo establecido en el presente Acuerdo.

Atentamente

Dado en la Ciudad de México, Distrito Federal, a 18 de mayo de 2011.- Por el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones: el Presidente, **Mony de Swaan Addati.**- Rúbrica.- Los

Comisionados: **José Luis Peralta Higuera, Gonzalo Martínez Pous y José Ernesto Gil Elorduy.**- Rúbricas.

El presente acuerdo fue aprobado por el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones en su XI Sesión Ordinaria del 2011 celebrada el 18 de mayo de 2011, mediante acuerdo P/180511/142.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- 1.-**BEUTLER., R.**, Digital Terrestrial Broadcasting Networks., Berlin-Alemania., Springer., 2008., Pp 11-42.
- 2.- **BRUCE G.**, La Radio Popular y Comunitaria En La Era digital, El bit de la Cuestión., Buenos Aires- Argentina., Amarc-Alc., 2010., Pp 13-16.
- 3.-**ESPAÑA., M.**, Servicios Avanzados de Telecomunicación., Madrid-España., Díaz de Santos., 2003., Pp. 16-41.
- 4.-**FRANQUET., R.**, Radio digital en España: Incertidumbres tecnológicas y amenazas al pluralismo., Madrid-España., Fundación Alternativas., 2008., 52Pp.
- 5.- **HOEG., W.**, y otros., Digital Audio Broadcasting: Principles and Applications of DAB, DAB+ and DMB., 3a.ed., Londres - Reino Unido., John Wiley & Sons., 2009., 452Pp.
- 6.-**JONES., G.**, A Broadcast Engineering Tutorial For Non-Engineers., 3ª.ed., Washington D.C.- EEUU., Focal Press., 2005., Pp 213-220.
- 7.-**KALIVAS., G.**, Digital Radio System Design., Londres - Reino

Unido., John Wiley & Sons., 2009., Pp. 306-339.

- 8.-**KEFAUVER., A.**, y otros., Fundamentals of Digital Audio.,
Wisconsin-Estados Unidos., A-R Editions., 2007., Pp 32-65.
- 9.-**MAXSON., D.**, The IBOC Handbook: Understanding HD Radio
Technology., Washington D.C.- Estados Unidos., Focal Press.,
2007., 497Pp.
- 10.-**MERAYO., A.**, La Radio en Iberoamérica: Evolución, Diagnóstico,
Prospectiva., Sevilla-España., Comunicación Social., 2009.,
461Pp.
- 11.-**RAY., T.**, HD Radio Implementation: The Field Guide for Facility
Conversion., Washington D.C.- Estados Unidos., Focal Press.,
2008., 213Pp.
- 12.-**TOMASI., W.**, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas., 4a.ed.,
México D.F.- México., Prentice Hall., 2003., Pp. 467-516.
- 13.- **VILCHES., L.**, La Migración Digital., Barcelona-España.,
GEDISA., 2001., Pp. 201 -304.
- 14.-**UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.,** NORMA
TÉCNICA., Sistema para radiodifusión sonora digital en las
bandas de radiodifusión por debajo de 30 MH., UIT-R BS.1514-1.,
2002., Pp35.
- 15.-**PUENTE., M.**, Estudio de Factibilidad para la Implementación del
Servicio de Radiodifusión Digital DRM (Digital Radio Mondiale) en

el Ecuador., Facultad de Ingeniería Electrónica., Escuela de
Ingeniería Electrónica., Escuela Politécnica Del Ejército., Quito-
Ecuador., **TESIS.**, 2005., 324Pp.

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

16. CÓMO FUNCIONA LA RADIO DIGITAL

http://www.analfatecnicos.net/pregunta.php?id=72#_ftn1

2011-09-05

17.- FSK - DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA

<http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/FSK>

2011-09-05

RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL TERRESTRE

18. <http://www.mendeley.com/research/transmission-system-isdbtsub-sb-digital-terrestrial-sound-broadcasting/>

19. <http://www.isdbt-television-digital.com/tag/integrated-services-digital-broadcasting/>

2011-09-07

20.- VENTAJAS DE RADIO DIGITAL

http://www.ehow.com/list_5777017_advantages-digital-radio.html

2011-09-08

21.- COMPRESIÓN DE RADIO Y AUDIO DIGITAL

<http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Quinta%20sesion.pdf>

2011-09-12

SISTEMA DIGITAL BS RADIODIFUSIÓN

22. <http://www.nhk.or.jp/strl/publica/bt/en/fe0001-2.html>

23. <http://www.nhk.or.jp/strl/publica/bt/en/pa0006.html>

2011-09-22

RADIO DIGITAL

24. <http://www.supertel.gob.ec/index.php/Radiodifusion-Television-y-Audio-y-Video-por-susc/informacion-basica-radiodifusion.html>

25. <http://www.tecmundo.com.br/3444-2010-o-ano-da-radio-digital-nobrasil.htm#ixzz1unfPwcCk>

2011-09.25

LA RADIO Y LA TELEVISIÓN EN LA ERA DIGITAL

26. http://www.amarc.org/documents/articles/Radio_TV_en_era_digital.pdf

2011-09-28

27. http://www.worlddab.org/news/document/1828/Eureka__16_FINAL_300dpi_March_1_.pdf

2011-09-31

ESTÁNDAR DAB

28. <http://www.worlddab.org/>

2011-10-02

29. <http://tecnicaaudiovisual.kinoki.org/radio/dab.htm>

2011-10-02

ESTÁNDAR IBOC

30. <http://www.ibiquity.com/>

2011-11-01

31. http://www.nxtbook.com/nxtbooks/newbay/rwla_201108/index.php?startid=1#/0

2011-11-06

32. http://www.ubiquity.com/international/hd_radio_adoption_around_the_world

2011-11-11

ESTÁNDAR DRM

33. <http://www.DRM.org/>

2011-12-03

34. http://www.cypsela.es/especiales/pdf187/digital_radio.pdf

2011-12-04

35. <http://www.astrosurf.com/luxorion/qs1-DRM.htm>

2011-12-07

36. <http://www.DRMradio.co.uk/modes.html>

2011-12-09

ESTANDAR ISDB-T

37. <http://www.dibeg.org/>

38.- http://www2.rohde-schwarz.com/file_13415/ISDB-T_po_en.pdf

39. <http://manuelemartinez.com.ar/norma-japonesa-isdbt-television-digital-arg>

2011-12-20

ESPECIFICACIÓN PARA ISDB-T

40. <http://www.nhk.or.jp/strl/open99/de-2/shosai-e.html>

41. http://www.dibeg.org/techp/feature/isdb-t_Spanish.pdf

2012-01-01

42. <http://www.isdbt-television-digital.com/tag/caracteristicas-de-isdb-t/>

43. <http://www.dibeg.org/techp/structure/structure.html>

2012-01-02