

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERÍA**

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL
SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL EUREKA 147 EN EL
ECUADOR”**

PABLO RENATO HERRAN RENGIFO

Sangolquí – Ecuador

2007

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Certificamos que el proyecto titulado “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL EUREKA 147 EN EL ECUADOR” fue realizado en su totalidad por la Sr. PABLO RENATO HERRAN RENGIFO, como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero Electrónico.

Ing. Dario Duque.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Rodrigo Silva.
CODIRECTOR DE TESIS

Sangolqui, 2007

RESUMEN DEL PROYECTO DE GRADO

El presente proyecto de grado tiene por objetivo analizar la viabilidad para la implementación del estándar europeo de radiodifusión digital EUREKA 147 en nuestro país, para las bandas de frecuencias de AM y FM.

El sistema Eureka 147 utiliza la transmisión digital desde transmisores terrestres, entregando una calidad sonido igual a la de un CD a receptores móviles y portátiles, sin las interferencias derivadas de la saturación y la propagación por caminos múltiples.

Con el estándar Eureka 147 podemos canalizar mejor el Espectro de Radiodifusión, ya que con este sistema logramos entregar datos digitales que se combinan mediante una tecnología de transmisión digital conocida como COFDM dentro de un conjunto el cual está compuesto de más de 6 programas principales, con lo cual los proveedores tradicionales pueden añadir una variedad de datos de texto, gráficos y hasta páginas de Internet a su programación musical, por ejemplo: anuncios, o las letras de las canciones para aplicaciones de tipo "karaoke".

Sin embargo, el rango de frecuencias en la que trabaja este estándar es un problema a lo establecido en las presentes normas del país, ya que el CONARTEL debe realizar un reordenamiento del espectro, liberando las bandas de VHF-III y Banda L, para que este sistema pueda entrar sin problemas.

DEDICATORIA

A la persona que me indico que en esta vida uno nunca debe rendirse ni limitarse,
gracias Papá (Luis Gonzalo Rengifo).

Pablo Herrán

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la Virgen de la Dolorosa, a mi padre Luis Gonzalo Rengifo, por brindarme su sabiduría y guiarme en todos mis pasos y estar ahí cuando más lo necesitaba, a mis madres, Ruth Rengifo, Teresa Molina, Mariana Ullaguari, por demostrarme que ante cualquier adversidad uno saca la fuerza necesaria para poder llegar siempre a la cima, a mi hermano y a mi hermana quienes son las personas más especiales que la vida me ha dado, a mis directores y a todas aquellas personas que han llegado a mi vida y a mi corazón.

Pablo Herrán

PRÓLOGO

Con los nuevos avances tecnológicos, sobre todo en el campo de las telecomunicaciones, tenemos que preocuparnos de los posibles cambios que pueden afectar de forma radical a la radiodifusión.

Es por que la radio digital es la nueva forma de trasportar la señal radiofónica, y mediante el sistema Eureka 147 se logrará mejorar la señal sin distorsiones, se tendrá una mejor utilización de la potencia, obtendremos una gran calidad de sonido comparable a la de un CD, mejorando el aprovechamiento del espectro radio-eléctrico con nuevos servicios multimedia interactivos como texto, imágenes, mapas, juegos, con la posibilidad de obtener en la misma frecuencia, la misma emisora sin cambiar de dial, ya que el receptor se encargará de encontrar el repetidor más cercano o eligiendo una opción el receptor buscará las emisoras locales que emitan ese tipo de programas, este sistema puede funcionar en el rango de frecuencia de 30 [MHz] a 3 [GHz], y la capacidad útil que nos brinda este sistema es aproximadamente de 1.5 [Mbits/s], es decir puede transportar 6 programas estéreos de 192 [Kbits/s] y las velocidades de transmisión que este puede alcanzar es de 8 y 380 [Kbits/s], además combinando este sistema con GSM y GPS se puede enviar información de mapas, rutas de viajes a los coches, y por medio del sistema de transmisión se pueden emitir programas específicos por barrios, ciudades o regiones.

Con la radio digital no tendremos las interferencias tan comunes en la AM y la FM, pues este sistema es prácticamente inmune a interferencias puesto que hay un procesamiento de la señal que consigue controlar las diferentes señales que podamos recibir debidas a interferencias de edificios, montañas, movimiento (efecto Doppler), obstáculos, etc.

Una ventaja para las emisoras es que se necesita menos potencia para trasmitir la señal y es de mejor calidad, además pueden operar en un margen de frecuencias muy grandes, si en algún momento nos salimos de la cobertura, el

aparato se desconecta sin molestar, o puede sintonizar la misma emisora si está disponible en el área donde estamos en ese momento.

Es por eso que en el capítulo I se analizará cuán inmerso está nuestro país en lo que a transmisión de radio se refiere.

En el capítulo II se hará una introducción del sistema y trataremos sobre las formas de transmisión, recepción, compresión, multiplexación, de audio y video, así como los diferentes medios de transmisión.

Para el capítulo III se analizará los distintos aspectos regulatorios relativos a la radiodifusión digital en el mundo.

En el capítulo IV se establecerá los parámetros con los cuales se propondrá una norma técnica para la implementación de redes de radiodifusión digital en el Ecuador.

En el capítulo V se realizará un análisis costo beneficio tomando en cuenta una posible implementación de la Radio Difusión Digital Eureka 147 en el país.

Para concluir se realizará las respectivas conclusiones y recomendaciones tomando en cuenta la tecnología existente y costos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRÓLOGO	I
---------------	---

CAPITULO I

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR.

1.1 RESEÑA HISTORICA.	1
1.2 EL PODER DE LAS ONDAS	6
1.3 LA TECNOLOGÍA ANALÓGICA.....	12
1.4 TRANSFORMACIONES DE LA RADIO ANALÓGICA	13
1.5 SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR.....	17
1.6 COBERTURA.	17
1.6.1 AMPLITUD MODULADA (AM).....	18
1.6.2 ONDA CORTA (OC)	18
1.6.3 ONDA LARGA	19
1.6.4 FRECUENCIA MODULADA (FM).....	19
1.6.5 CUADRO DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN	22
1.6.7 RESUMEN DE LAS ESTACIONES DE LA RAFIOFUSION.....	26
1.7 DETERMINAR VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE LA RADIODIFUSION DIGITAL Y LA ANALÓGICA.	26

CAPITULO II

SISTEMA DE RADIODIFUSION DIGITAL EUREKA 147.

2.1	RESEÑA HISTORICA.	31
2.2	DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA.	34
2.3	ESTRUCTURA DE LA TRAMA EUREKA 147.....	39
2.3.1.	TIPOS DE INFORMACIÓN DEL EUREKA 147	39
2.3.2	TRAMA DE TRANSMISIÓN.....	42
2.3.2.1	CANAL DE SINCRONIZACIÓN	42
2.3.2.2	CANAL DE INFORMACIÓN RÁPIDA (FIC).....	43
2.3.2.3	CANAL DE INFOMACIÓN PRINCIPAL	43
2.3.3	MODOS DE TRANSMISIÓN DEL EUREKA 147.....	44
2.4	ESQUEMA DE LA RADIODIFUSIÓN EUREKA 147.....	48
2.4.1	CODIFICACIÓN FUENTE DEL SISTEMA.....	50
2.4.2	PROCESO DE LA SEÑAL	53
2.4.2.1	ACCESO CONDICIONAL	54
2.4.2.2	DISPERSIÓN DE LA ENERGÍA	54
2.4.2.3	CODIFICACIÓN CONVOLUCIONAL.....	55
2.4.2.4	ENTRELAZADO EN TIEMPO.....	56
2.4.2.5	GENERACIÓN DE LOS SÍMBOLOS QPSK	56
2.4.2.6	ENTRELAZADO EN FRECUENCIA	57
2.4.2.7	GENERACIÓN DE SÍMBOLOS D- QPSK. SÍMBOLOS DE SINCRONISMO.	57
2.4.2.8	GENERACIÓN DE SÍMBOLOS OFDM.....	58
2.4.2.8.1	MULTIPORTADORAS ORTOGONALES	59
2.4.2.8.2	SISTEMA DE MODULACIÓN OFDM.....	60
2.4.3	ASPECTOS DE PROPAGACIÓN	61
2.4.3.1	PROPAGACIÓN MULTTRAYECTO	61
2.4.3.2	ESPECTRO DE LA SEÑAL OFDM.....	62
2.4.3.3	MASCARA EUREKA 147.	65
2.5	ARQUITECTURA DEL SISTEMA EUREKA 147.....	68

2.5.1	INYECTOR	69
2.5.2	SISTEMA DE EMISIÓN (SE)	69
2.5.3	EQUIPAMIENTO.....	69
2.5.4	INTERFACES Y PROTOCOLOS.....	69
2.5.4.1	INTERFACES CON EL SISTEMA EMISOR	70
2.5.4.2	APLICACIÓN DLS	70
2.5.4.3	APLICACIÓN SLIDESHOW.....	70
2.6	SISTEMA DEL RECEPTOR.....	70
2.7	MODULACION COFDM	72
2.7.1	TRANSMISOR COFDM.....	76
2.7.1.1	ALEATORIZADOR DE ENERGÍA.....	77
2.7.1.2	CÓDIGO REED-SOLOMON	78
2.7.1.3	BARAJADOR EXTERNO.....	79
2.7.1.4	CÓDIGO CONVOLUCIONAL	81
2.7.1.5	BARAJADOR INTERNO.....	81
2.7.1.6	MODULADOR.....	83
2.7.1.7	ADAPTADOR DE TRAMA	84
2.7.1.8	IFFT	86
2.7.1.9	INTERVALO DE GUARDA	87
2.7.2	RECEPTOR COFDM.....	88
2.7.2.1	INTERVALO DE GUARDA	89
2.7.2.2	FFT	90
2.7.2.3	IGUALADOR.....	91
2.7.2.4	DEMULTIPLEXOR DE TRAMA	92
2.7.2.5	DECODIFICADOR DE LA INFORMACIÓN DEL SISTEMA	94
2.7.2.6	DESBARAJADOR DE SÍMBOLOS	95
2.7.2.7	DECODIFICADOR DE CANAL.....	96
2.7.2.8	DESBARAJADOR EXTERNO	96
2.7.2.9	DECODIFICADOR REED-SOLOMON	98
2.7.2.10	DESALEATORIZADOR DE ENERGÍA.....	99
2.8	MPEG 2.....	100
2.9	AUDIO MPEG2.....	102

CAPITULO III

ASPECTOS DE REGULACIÓN DE SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL EUREKA 147

3.1	INTRODUCCIÓN.....	104
3.2	APLICACIONES Y SERVICIOS	109
3.2.1	INFORMACIÓN DE TRÁFICO	110
3.2.2	FILTRADO DE MENSAJES TMC	110
3.2.3	INFORMACIÓN AL VIAJERO	111
3.2.4	GUIADO BAJO DEMANDA.....	112
3.2.5	DESCARGA DE SOFTWARE.....	112
3.2.6	IMPLEMENTACIÓN DE MECANISMOS DE PAGO	112
3.2.7	TRANSMISIÓN DE MAPAS DIGITALES	113
3.2.8	TRANSMISIÓN DE PÁGINAS WEB CON INFORMACIÓN DE TRÁFICO Y AL VIAJERO.....	113
3.3	EUREKA 147 EN EL MUNDO.....	114
3.3.1	ESTRATEGIAS DE INTRODUCCIÓN DEL ESTANDAR EUREKA 147 EN EUROPA.....	117
3.3.2	ESTRATEGIAS DE INTRODUCCIÓN DEL ESTANDAR EUREKA 147 EN ESPAÑA.....	121

CAPITULO IV

PROPUESTA DE LA NORMA TECNICA PARA EL ESTANDAR DE RADIODIFUSION DIGITAL EUREKA 147

4.1	OBJETO DE LA NORMA TECNICA PAR EL SISTEMA DE RADIODIFUSION EUREKA 147.....	128
4.1.1	BANDA DE FRECUENCIAS.....	129
4.1.2	DISPONIBILIDAD DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.....	130

4.1.3	CANALIZACIÓN EN LAS BANDAS DE RADIODIFUSIÓN.....	130
4.1.4	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS.....	131
4.1.5	DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FRECUENCIAS O CANALES.....	132
4.1.6	ÁREA DE SERVICIO.....	132
4.1.7	MODOS DE TRANSMISIÓN.....	133
4.1.8	ASPECTOS DE COBERTURA.....	134
4.1.9	ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS.....	137
4.1.10	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	138
4.1.11	CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE ELEMENTOS PARA LA CAPTACIÓN DE SERVICIOS TERRENALES.....	139
4.1.12	CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO PARA LA CAPTACIÓN DE SERVICIOS POR SATÉLITE.....	140
4.1.13	INMUNIDAD.....	141
4.1.14	CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPAMIENTO DE CABECERA.....	142
4.1.15	SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	144
4.1.16	INCUMPLIMIENTO Y SANCIONES.....	146
4.1.17	DISPOSICIONES GENERALES.....	146
4.1.18	PREVALECÍA.....	147
4.1.19	VIGENCIA.....	147

CAPITULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MIGRACIÓN DEL ESTÁNDAR ACTUAL AL ESTÁNDAR DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL EUREKA 147.

5.1	PLANIFICACION DE LA CONVERSIÓN A LA TRANSMISION EUREKA 147.....	148
5.1.1	ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA RADIO ANALÓGICA.....	149
5.2	PANORAMA DE LA CONVERSIÓN.....	151
5.2.1	RIESGOS.....	152
5.3	ESTIMACION ECONOMICA DE LA MIGRACION AL ESTANDAR EUREKA 147.....	154

5.4	DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE Y DIFUSIÓN.....	156
5.4.1	ESQUEMA GENÉRICO DE UNA RED DE TRANSPORTE.....	156
5.4.2	RED DE DISTRIBUCIÓN.....	157
5.4.3	SINCRONIZACIÓN DE LA RED.....	158
5.4.4	SISTEMA DE MONITORIZADO Y CONTROL.....	159
5.4.5	GRAFICO DE RECEPTORES EUREKA 147	160
5.4.6	FABRICANTES DE RECEPTORES EUREKA 147.....	161
	ÍNDICE DE TABLAS.....	162
	ÍNDICE DE FIGURAS	164
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	167
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
	CONCLUSIONES.....	169
	RECOMENDACIONES	171
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	172
	LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	175

CAPITULO I

Análisis de la Situación Actual de los Servicios de Radiodifusión en el Ecuador

1.1 RESEÑA HISTORICA.

La radio es el resultado de años de investigación y de la invención de diferentes artefactos que surgieron ligados al estudio y desarrollo de la electricidad. Antes de comenzar a analizar el cambio desde el sistema de radio analógico al digital, la historia de un invento que nació de otras tecnologías de difusión de la voz que no tenían precisamente como objetivo crear una industria radiofónica como la que conocemos en la actualidad, tiempo, espacio y materia fueron por mucho tiempo los obstáculos que hicieron imposible la comunicación a distancia entre los seres humanos. Pero en 1839 ésta situación de aislamiento comunicacional en la que se encontraba la humanidad comenzaría a cambiar radicalmente, ese año se invento el telégrafo, con lo cual se logró que la información viajara a la velocidad de la luz desde el emisor hacia el receptor.

Samuel F.B. Morse, emitió el primer mensaje instantáneo entre dos puntos alejados por kilómetros; desde Washington a Baltimore se transmitió la frase “lo que Dios ha forjado” en código Morse, de ésta manera se destruyeron definitivamente los obstáculos del tiempo (tardanza en la recepción de la información) y el espacio (emisor y receptor se aproximan con inmediatez), pero quedaba aún que vencer la barrera de la materia, para esto había que de alguna forma eliminar los cables, medio utilizado inicialmente por el telégrafo.

La siguiente proeza técnica sería el cruce del Océano Atlántico mediante un cable submarino en 1866 lo que extendió el alcance de la comunicación en clave Morse desde Europa hacia Norteamérica. Las distancias se habían acortado todavía más, pero aún no era posible extender la voz en su forma natural ya que sólo se transmitía en código Morse, entendible nada más para quienes lo estudiaban.

El siguiente paso sería la transmisión de la voz humana, el invento asociado a este avance tecnológico es el teléfono, que en estricto rigor y corrigiendo un “error histórico”, fue creado por el italiano Antonio Meucci en la década de 1860.

En 1850 llegó a Estados Unidos. En su casa de Staten Island, Nueva York, realizó numerosos experimentos de transmisión de la voz a través de cables, para ello construyó más de 30 aparatos distintos hasta que en 1860, con un rudimentario sistema de comunicación, logró unir su laboratorio ubicado en el sótano de la casa que habitaba con el dormitorio de su esposa en el segundo piso, comunicándose con ella que se encontraba muy enferma de artritis de forma exitosa.

Acá es donde la historia se torna injusta para este inventor italiano. En 1871, Meucci, imposibilitado de patentar su “teletrophone” como el lo llamaba por no contar con los 250 dólares que costaba el trámite, sólo consiguió registrar una patente temporal que por falta de recursos económicos venció cinco años después.

1876 Alexander Graham Bell, quien realizó experimentos en los laboratorios de Meucci y con sus mismos materiales, patentó el invento que este último había desarrollado años antes, obteniendo para sí todo el reconocimiento de la autoría de la invención del teléfono, y con ello, millones de dólares en ganancias.

Ahora podía escucharse la “voz viva” del interlocutor. La nueva técnica pone en contacto al emisor y receptor en una comunicación interactiva dialogada y a distancia, pero aún sigue existiendo la barrera física que impone el uso de cables para transportar los mensajes.

Muchas fueron las investigaciones que se hicieron en el campo de la electricidad antes de la aparición de la radio, estas se remontan hasta los trabajos del científico escocés, James Clerk Maxwell, quien en la segunda mitad del siglo XIX concretó exitosos estudios sobre unas misteriosas ondas electromagnéticas que viajarían a la velocidad de la luz, dichos experimentos los llevó a cabo basados en los aportes de otro importante científico de la época, el alemán Heinrich Hertz, padre de las ondas electromagnéticas que llevan su nombre, pero fue otro inventor, Oliver Lodge quien demostró empíricamente la existencia de las ondas hertzianas. En 1895 Lodge construyó un “cohesor”, como el lo llamó, que era un simple tubo de limaduras de hierro que permitía captar las ondas hertzianas, sin tener idea de la importancia económica que tendría su trabajo.

Para él, dicho “cohesor” era solo un aparato pedagógico. En 1897 Guglielmo Marconi, quien estaba muy al tanto de los avances de la nueva técnica “radial”, Enterado Meucci de la injusticia que se estaba cometiendo, protestó en la oficina de Patentes. Allí le respondieron que los papeles de intención de patentes se habían perdido.

Investigaciones posteriores descubrieron la existencia de relaciones ilícitas entre funcionarios de la Oficina de Patentes y la Bell Telephone Company fundada por Graham Bell.

En 1886 tuvo lugar un juicio que Meucci no ganó contra la compañía, mucho más rica y poderosa que él. Sin embargo, el Secretario de Estado americano de aquel entonces declaró que existían pruebas de la prioridad inventora de Meucci e inició una acción legal contra las patentes de la Bell Telephone Company, cuya celebración se dilató hasta 1896, siete años después de que Meucci muriera sumido en la más absoluta miseria y abandono, sin poder, por razones obvias, ser parte de una acción judicial que nunca llegó a término.

Guglielmo Marconi aprovechó sus conocimientos y viajó a Inglaterra para conversar con oficiales de la marina con el fin de convencerlos de probar sus logros en la implementación de un nuevo y eficiente sistema de comunicaciones para su flota. Lo que impulsaba a los militares británicos a experimentar con las

ondas de radio era una urgente necesidad más que un afán de progreso de la ciencia; sus naves, revestidas con corazas de hierro, requerían de nuevas formas de señalización y comunicación.

En vista de la necesidad resuelta, Marconi patentó ese mismo año el radiotelégrafo resolviendo con esto la atadura que imponía el uso de cables, si bien se había logrado trasportar el sonido a través del espacio celeste a grandes distancias y a múltiples oyentes, aún no es la voz humana; persiste todavía la necesidad de codificar y decodificar los mensajes utilizando el código Morse.

Del sistema Morse a la transmisión de la voz de forma inalámbrica había un pequeñísimo paso. En la nochebuena de 1906, los radiotelegrafistas de los barcos que navegaban por el Atlántico, frente a las costas de Estados Unidos escucharon por primera vez una voz que les hablaba en sus auriculares. Fue Reginald A.

Fessenden que preparó un aparato que permitía la transmisión de señales más complejas que las del sistema Morse. También había construido un transmisor sumamente poderoso para sus experimentos. Aquella noche memorable diversas personas hablaron por el aparato inalámbrico; una pronunció un discurso, otra leyó un poema e incluso el mismo Fessenden tocó el violín, nacía así de manera muy primitiva la radio como la conocemos actualmente. Ese mismo año, se descubrió que ciertos minerales, en un circuito sencillo eran capaces de detectar las emisiones de radio, tomando esto en consideración, cualquiera podía construirse un receptor de radio “a galena” sumamente barato.

En vista de los hechos históricos, no sería falso decir que la radio nunca fue concebida como tal, no como lo que se entiende por radiodifusión en nuestra sociedad actual. Quienes en un determinado momento de la humanidad trabajaron por crear este invento, no pensaron jamás el cambio que produciría para siempre en la historia de las comunicaciones, ni el mismísimo padre de la comunicación sin hilos, Guglielmo Marconi, pensaba a la radio como un medio de comunicación, ni siquiera utilizaba la palabra “medio”, en 1899, por ejemplo, la revista británica, *The Electrician* sostenía que los “mensajes dispersos sólo

transmiten energía de desecho al viajar con inútil persistencia hacia el espacio exterior”. En este mismo sentido en 1898 un redactor de la, también publicación inglesa, *Quarterly Review*, escribía acerca de la conmoción que producía entre las personas el nuevo invento de Marconi, este autor señalaba además que el nombre ideal para el sistema sería “telegrafía etérea”, puesto que “no era en realidad sin hilos”. En efecto se usaban hilos, “en cada extremo del aparato”. Otro autor señalaba que la radio era lo más cercano a la telepatía que el hombre conocía, puesto que era misteriosa al igual que los recientemente descubiertos rayos X en 1895.

Respecto de la idea que se tenía de la radio al momento de su creación, muy distante de ser un medio masivo de comunicación con el sentido que actualmente le damos a esta palabra, y más cercana al progreso de la telegrafía, los historiadores Asa Briggs y Peter Burke en su libro “De Gutenberg a Internet, Una Historia Social de los Medios de Comunicación”, explican lo siguiente: “La radio es el punto culmine de la historia de las comunicaciones del siglo XIX, fue concebida simplemente como sustituto de la telegrafía, así como los automóviles, punto culminante de la historia decimonónica del transporte, fueron concebidos como carruajes sin caballos: sólo los desearían las personas que tuvieran un carruaje. Pero ocurrió que la radio mostraría su máxima utilidad en los océanos o en continentes vastos y escasamente poblados, mientras que el hecho que sus mensajes señalizados, todos en Morse, pudieran ser recogidos por personas a las que no estaban dirigidos, su dimensión de transmisión radiofónica, no se consideró una ventaja, sino un grave inconveniente. Análogamente, el automóvil fue un producto de lujo y nadie se imaginaba un automóvil en una vivienda residencial con garaje, así como nadie asociaría más tarde esa casa con un aparato de radio”.

Los años que vendrían se caracterizarían por el perfeccionamiento del sistema (crear aparatos mejores y más baratos), la ampliación de la cobertura (crecimiento del radio territorial de transmisión y aumento de las audiencias) y la expansión por todo el mundo, además de la creación de empresas radiales dedicadas a la transmisión de programas, que ya comenzaban a pensar en los primeros años del siglo XX en todo el potencial que la radio podía ofrecer, donde se conjugan

instantaneidad y masividad, dichas cualidades no liberarían a la naciente industria radiofónica de duras disputas con la prensa escrita que veía amenazado su monopolio de la información, la entretención y la cultura. Serían años difíciles que la radio sabría sortear con éxito.

1.2 EL PODER DE LAS ONDAS

Para la gran mayoría de las personas, incluyendo a los expertos en el tema de los medios de comunicación, la radio comenzó a mostrar todo su potencial cuando ingreso en los hogares de las personas; primero en el mundo desarrollado (Estados Unidos, Gran Bretaña, Holanda, etc.) y luego en el resto del orbe incluyendo a nuestro país en las primeras décadas del siglo XX.

Antes de que se crearan las primeras empresas dedicadas a ofrecer la transmisión de “programas” en los Estados Unidos, existía una importante red de radioaficionados conocidos como hams quienes habían forjado contactos tanto a nivel nacional como internacional. En 1912, H. Collins en su libro *The Gíreles Man*, describía dichas redes como “el público más vasto del mundo”, anticipándose a lo vendría años más tarde. Por muchos años se menosprecio el alcance social que la radio podía tener, los sucesos que precedieron a la I Guerra Mundial y el desarrollo mismo del conflicto limitaron la aplicación de la incipiente técnica radiofónica al campo militar.

Esto quedó de manifiesto en numerosas ocasiones, como cuando en 1920 la Marconi Company disfrutaba de una “Licencia General” para producir “telefonía experimental”. Sin embargo, cuando comenzó a emitir piezas musicales, chocó con la dura oposición de la Junta de Telegrafía sin Hilos de Gran Bretaña, organismo que contaba con una fuerte representación militar. Esas transmisiones, sostenía la mencionada Junta, no solo interferían los mensajes de defensa, sino que convertían la radio, “sierva de la humanidad”, en “juguete para divertir a los niños”.

Poco a poco la radio comenzó a ganarse un espacio como medio de comunicación masivo, el transito seguro era hacia la creación y emisión de

programas radiales destinados a una audiencia anónima y masiva; conciertos, como el ofrecido por Enrico Caruso en el edificio de la Opera Metropolitana de Nueva York en 1910, eventos deportivos y resultados electorales, eran los primeros sucesos difundidos por una radiodifusión que estaba por aquel entonces, buscando entrar en la intimidad de las personas, así como ya lo había hecho el teléfono o el fonógrafo, por ejemplo.

A principios de la década del siglo 20 se produjo un boom radial en los Estados Unidos; universidades, escuelas, periódicos, etc. todos querían ser parte de la nueva moda; por aquel entonces a todo lo que “hablara” se le denominaba radio.

Dentro de este espectro de desarrollo, en 1920 nace en Pittsburg la KDKA fundada por el radioaficionado, Frank Conrad, considerada como la primera estación de radio de la historia ya que emitía una programación regular y continuada todos los días de la semana, a diferencia de los esporádicos experimentos de transmisión que se realizaban hasta ese entonces, con esto estamos ya en presencia de la empresa radial. Un año antes, en 1919, se crea la RCA (Radio Corporation of América) versión civil del monopolio militar que había controlado la radio durante la I Guerra Mundial.

En 1926 se crea en Estados Unidos la primera gran cadena radial, la National Broadcasting Company (NBC), que cuenta en sus inicios con 25 emisoras. En 1927 nace otra red de radios, la Columbia Broadcasting System (CBS) con 16 afiliadas., ese mismo año en Inglaterra aparece la British Broadcasting Corporation (BBC), entidad que encarnaba el monopolio estatal de las trasmisiones radiofónicas en el Reino Unido.

Con el paso de los años la audiencia se comienza a habituar al sonido radiofónico y reclama también por mayor calidad. Las emisoras estuvieron obligadas a conseguir recursos para mejorar sus equipos técnicos e incrementar la preparación de su personal.

A los pocos años ya se apreciaban ya los primeros intentos de crear programas informativos o noticiarios tal y como lo conocemos en la actualidad. El primer

diario hablado se emitió en 1923, un periodista, David Dary del Herald Tribune, comenzó a transmitir sumarios de noticias con una duración de quince minutos a través de la estación WJZ de Nueva York. Se empleaba a periodistas por que las radios no estaban en condiciones económicas de contar con su propio personal informativo y también por que las tres principales asociaciones de prensa (United Press, Internacional News Service y The Associated Press) no estaban dispuestas a vender noticias a la radio, lo que se hacia en un principio era tomar noticias de los diarios y simplemente leerlas frente al micrófono, en busca de satisfacer una necesidad informativa de quienes trabajan en las radioemisoras, aprovechando de paso la inmediatez y masividad de este medio, ante lo cual la prensa escrita como revistas, periódicos, etc. reaccionaron permanentemente con grandes boicots.

Las radios debieron buscar alternativas para salir airoas de la crisis, es así como en 1933, la CBS crea la primera agencia de noticias para la radio, CNS (Columbia News Service) y contrata a varios periodistas para su desarrollo. Las agencias y los diarios contraatacaron y consiguieron en 1934 crear el Press Radio News Bureau que impuso un acuerdo en el que ambas partes ceden en sus pretensiones, pero pronto fracasó.

Las emisoras independientes no se sometieron y continuaron dando información. La competitividad entre ambos medios es una realidad. La radio siguió en su empeño de dar noticias. Los acontecimientos previos a la II Guerra Mundial que presagiaban ya el inicio del conflicto, le dieron nuevos bríos a la radiodifusión al lograr transmitir con mayor rapidez que la prensa escrita, los hechos que suceden en Europa. Las agencias de prensa finalmente claudicaron ante el poder de la radio, y terminaron trabajando para ésta.

La radio vivió a partir de 1933 una “época de oro”, marcada por la expansión a nivel mundial. En los primeros años de la década del treinta se consolidaron las grandes cadenas de emisoras; hoy en día es prácticamente inconcebible la radio sin este tipo de organización en grandes consorcios para reducir los costos y tener un mayor potencial de programación.

Desde el punto de vista técnico se aportaron nuevos recursos para la expresividad y la información. Se aplicaron las técnicas telefónicas del duplex para unir las emisoras y transmitir en cadena y el múltiplex mediante la cual una emisora establece contacto directo y simultáneo con otras emisoras o con correspondientes en el territorio nacional y extranjero. También se incorporó la técnica del disco blando que permitió registrar el sonido y reproducirlo, lo cual posibilitó que se realizaran los primeros intentos de emitir programas en diferido.

El 30 de octubre de 1938 la cadena CBS emitió el programa “La Guerra de los Mundos”. Este fue un hito en la historia de la radio y las comunicaciones en general por múltiples razones, tanto expresivas como sociológicas; se trató de la adaptación para radio teatro que hizo Orson Welles de la novela homónima de H.G. Wells en la que la tierra es invadida por marcianos. Este acontecimiento fue seguido por 6 millones de personas que escuchaban el Mercury Theatre on the Air, cuando la músicaailable fue interrumpida por el fidedigno relato de una invasión. Lo genial de Welles estuvo en aplicar las técnicas de la transmisión en directo propias de la información a la narración de un hecho ficticio, tal enfoque provocó que la gente literalmente “se creyera el cuento”. Las personas ni siquiera atinaban a cambiar el dial para ver si las demás emisoras continuaban con su programación habitual; son el poder de la imaginación y la confiabilidad que suscita la información radiofónica los factores que provocaron tal impacto.

La radio también se interesó por conocer a su audiencia y el impacto que provocan sus emisiones en ésta. En la década de 1940 se realizaron los primeros estudios sociológicos del fenómeno radiofónico. Se comenzaba a hablar de raiting, un sistema de medición de la audiencia aún más sofisticado que la programación misma, con este, los patrocinadores medirían estadísticamente el impacto de los programas de radio en las audiencias, de la misma manera que años más tarde lo harían con la televisión, lo que prácticamente significaba definir la oferta programática en función de la demanda. En 1941, la A.C. Nielsen Company, diseñó la primera máquina de medición directa, el audímetro. Este aparato había establecido lo que en general se aceptaba como cifras de raiting, que años más tarde serían aplicadas a las transmisiones televisivas.

Previo a la II Guerra Mundial los gobiernos fascistas de Alemania e Italia, así como muchos otros regímenes a través de la historia utilizaron a la radio como medio para transmitir sus proclamas políticas y su doctrina de “sensibilización popular”. Durante la guerra la radio multiplicó sus servicios informativos, pero debió sufrir también de la censura y el control como arma propagandística y bélica, incluso en los países denominados democráticos, las radios sentían miedo y debían aplicar la autocensura, si no lo hacían se topaban con el aparato estatal que les imponía algún código determinado, situación que se alivió al término del conflicto.

Con la llegada de la televisión a fines de los años cuarenta y su posterior consolidación en las décadas posteriores, la radio, que había vivido su momento de auge, es abandonada por la audiencia que se entregó a la nueva tecnología.

Durante un tiempo la radio se limitó prácticamente solo a entregar noticias, disminuyeron las transmisiones en vivo y gran parte de los recursos técnicos, humanos y económicos se abocaron a la “pantalla chica”.

Alguna vez el “enemigo” fue la prensa escrita, a la cual se le venció, esta vez, contra la televisión, la radio debió echar mano a nuevas innovaciones técnicas para salir en buen pie de la crisis; la aplicación de los transistores, el desarrollo de la FM, la incorporación de la estereofonía y la explotación del magnetófono, fueron los avances que ayudaron a la radio a modernizarse.

La aplicación de los transistores trajo consigo una mejora en la calidad de los aparatos receptores, gracias a su reducción de tamaño y el desprendimiento de la atadura de los cables a la red eléctrica, la radio se convirtió en un medio portátil instalándose donde el oyente estuviera: playas, campos, estadios, automóviles, etc.

Entretanto la FM permitió explotar otra gama de frecuencias de menor alcance, pero de mayor calidad al ser poco susceptible a las interferencias, con esto se estimuló el crecimiento de las radios locales, de ciudades o barrios por ejemplo.

Se inició un nuevo periodo de expansión gracias a la multiplicación de las emisoras en FM que surgieron por todos lados.

Los programas informativos se adaptaron con rapidez a las exigencias de la actualidad, gracias al teléfono, la información pudo ser transmitida prácticamente desde el lugar donde se este, con esto la radio ganó en agilidad y se convirtió en el medio de la inmediatez, estandarte en su lucha contra la televisión. La radio es concebida ya como un medio sustancialmente informativo. Las emisoras comerciales prescinden incluso de la publicidad durante muchas horas si así lo exige el seguimiento de la información.

La Radio ofrece una información muy diversificada tanto por contenidos como por áreas de cobertura. En este sentido se habla de cuatro grandes ámbitos informativos: microinformación: pequeñas localidades y barrios de grandes ciudades, mesoinformación: regiones y provincias, macroinformación: ámbitos nacionales y estatales, y megainformación: coberturas internacionales. La radio se instaló en la médula de los conflictos, entró a los parlamentos, a los estadios, a los tribunales de justicia, donde sea que esté capta las voces de las personas implicadas en algún hecho determinado.

Hacia finales del siglo XX la radio vivió otro gran cambio ligado a la revolución tecnológica, hablamos de la introducción de la tecnología digital.

“El 22 de agosto de 1922 doscientas personas congregadas en el hall central del diario “El Mercurio”, escucharon atónitos “It’s a long way to Tipperary” (la marcha triunfante de los aliados de la Primera Guerra Mundial), música con la que se inauguraba la primera transmisión radial. Con un alcance de 100 kilómetros, fue recepcionada en las estaciones inalámbricas ubicadas en el Telégrafo del Estado, en el Palacio de La Moneda, en la Escuela de Artes y oficios y en Valparaíso”.

1.3 LA TECNOLOGÍA ANALÓGICA

Antes de comenzar de lleno con la tecnología digital, es necesario emprender un recorrido por su antecesora, vale decir, la tecnología analógica.

Mucho se ha dicho que la nueva tecnología, en este caso la digital, es ampliamente más ventajosa que la anterior debido a que no presenta problemas de interferencias ni ruido o lo que los expertos llaman “suciedad”. Más, esta afirmación no es del todo unívoca; Pese a todas sus desventajas, la tecnología analógica de audio ha llegado a un nivel que satisface a la mayoría abrumadora de los auditores. La diferencia entre una buena técnica analógica y la técnica digital no es espectacular. Pero esta última ofrece muchas ventajas tales como mayor placer de escucha, insensibilidad a las distorsiones y estabilidad.

Para el caso específico de la radio, la analogía se encuentra presente en el modo de captar las ondas de sonido que transitan por el aire. La técnica empleada para atrapar estas ondas y su posterior reproducción, transmisión y recepción es análoga a la existencia de tales ondas en el espacio. Sin embargo, para comprender la magia de la radio se debe recurrir al campo científico en donde se encuentran sus orígenes.

En el aire existen diferentes tipos de ondas invisibles que viajan de un lugar a otro producto de las diferentes presiones del aire. Para efectos de este seminario, las ondas que llaman nuestro interés son las ondas sonoras. Estas son muy importantes no sólo para el estudio de la radio sino para comprender nuestro sistema de habla ya que en el caso de la palabra y el sonido, las ondas sonoras se producen por nuestros labios que emiten movimientos y provocan el desplazamiento de aire. Como en el aire existen cargas eléctricas, el desplazamiento de éste provoca una oscilación espacial en ellas, creando así campos electromagnéticos. En el caso de nuestro oído, las ondas sonoras llegan al cerebro como impulsos nerviosos. Pero en el caso de la transmisión radial, las ondas sonoras por ser electromagnéticas, pueden capturarse ya que son magnéticas y ya que son eléctricas pueden transmitirse como impulsos eléctricos.

Por lo tanto, la transmisión y recepción de señales análogas están sujetas a los vaivenes de las entradas y salidas para las señales electromagnéticas. Es lo que se denomina comúnmente ruido y que se produce porque no siempre coinciden las oscilaciones de entrada con las de salida en un aparato captador de señales (coeficiente de distorsión).

En su recorrido por la superficie terrestre o la propagación ionosférica, las ondas electromagnéticas sufren multitud de obstáculos, entre ellos el ruido radioeléctrico, que se presenta en dos categorías. Los ruidos internos son producidos por cada uno de los elementos y equipos técnicos que intervienen en el proceso de producción y transmisión. Los ruidos externos son generados por fuentes accidentales naturales o industriales.”

Esta brillante pero aún incierta teoría, habría de comprobarla experimentalmente Heinrich Hertz, quién a partir de estudios realizados en laboratorios, diseñó circuitos eléctricos en donde corroboró la existencia de las ondas. Más tarde la unidad de medición de estas ondas llevarían el nombre de su descubridor: las ondas electromagnéticas se medirían en Hertz, KiloHertz y MegaHertz e indicarían la frecuencia en relación a ciclos por segundo con que las ondas se desplazan por el aire. Así, por ejemplo, al decir que una frecuencia es de 1 Megahertz, se está diciendo que las oscilaciones de las cargas eléctricas que hay en el aire se desplazan con una frecuencia de un millón de ciclos por segundo.

De esta manera, al dejar sentado definitivamente la existencia de ondas electromagnéticas en el aire, se logró un avance en el campo de las comunicaciones. Las señales electromagnéticas podrían ser emitidas desde un lugar y ser recibidas en otro más lejano.

1.4 TRANSFORMACIONES DE LA RADIO ANALÓGICA

Las transmisiones radiales permitieron la comunicación a larga distancia.

Sin embargo, para lograr un correcto alcance de las ondas sonoras se debió confeccionar diferentes inventos para conseguir una cobertura aceptable. El

inglés Lodge, diseñó un aparato para sus clases llamado “cohesor” que permitía captar las señales electromagnéticas referentes al sonido. Pero aún no nacía la radio como tal.

La historia de la radio se compone de procesos que implican transformaciones y etapas. Mariano Cebrián Herreros en su libro, *La Radio en la convergencia multimedia* distingue tres fases en la metamorfosis de la radio, de las cuales las dos primeras corresponden a la radio analógica:

“La primera generación estuvo definida por los pasos iniciales, por la ampliación de coberturas territoriales y por la incorporación creciente de contenidos. La segunda se produjo con la introducción de los transistores, la FM y el magnetófono. La tercera se emprende ahora con el salto de la radio analógica a la digital.”

La radio comenzó muy precariamente, ayudada en gran parte por la telegrafía sin hilos y utilizada básicamente para comunicaciones militares. Es por esto que en sus primeros años, no pasó más allá de ser un instrumento para curiosos científicos y emprendedores comerciantes. Cabe reiterar los esfuerzos de Maxwell y Hertz y otros tantos por descifrar los misterios de las ondas electromagnéticas, los que permitieron que otros hombres con el espíritu visionario como Guglielmo Marconi fuesen inventando cada vez más aparatos para perfeccionar la nueva comunicación a larga distancia.

En este contexto, y reafirmando a Cebrián Herreros en su distinción de tres fases de la radio, uno de los primeros desafíos grandes fue la difusión. Estados Unidos e Inglaterra fueron los países que más avanzaron en este sentido y posibilitaron que se transmitieran eventos sociales, deportivos, culturales, etc.

Basta recordar las transmisiones de Marconi de la Copa Náutica en Canadá o la transmisión radiofónica de un concierto gracias a Fessenden, entre otros.

Por otra parte, el tema de los contenidos abarcó otro espectro al cual enfocarse. Inglaterra fue el país en que se distinguió más notoriamente el sistema de

contenidos radiofónicos al emitirse tres espacios destinados a tópicos distintos para personas específicas pero que perfectamente pudiesen escucharse en forma compartida, sin hacer uso aún de la palabra “segmentación” de público.

En esta época, la radio aún no se erigía como un objeto de consumo masivo, de hecho cuando en Inglaterra se promulgó una ley que ampliaba la libertad en la radiodifusión, se dijo que esto era beneficio sólo de la sociedad de radioaficionados, vale decir, que no se concebía una gran cantidad de público, sino más bien era utilizada por aficionados, dentro de ellos los famosos Hams, en los que se puede esbozar por primera vez un bosquejo de lo que vendría a ser el aparato radial que todos conocemos actualmente. Gracias al descubrimiento de que algunos minerales poseían propiedades específicas que permitían captar señales de radio lejanas, muchos radioaficionados comenzaron a elaborar rudimentarios receptores de señal con las que podrían escuchar mensajes transmitidos a miles de kilómetros. Sin embargo, tanta libertad de comunicación llevó a los gobiernos a tomar medidas de control para evitar que, por ejemplo, mensajes militares pudiesen ser interceptados y en Inglaterra se dictó una ley para que todas las personas que poseyesen receptores de radio, se registrasen.

De este modo comenzaron los primeros intentos de transmisión radial en las que destacaron la Marconi Company en Estados Unidos y la BBC en Inglaterra. Las primeras señales se hacían en código Morse a través de un manipulador que expresaba sonido y silencios equivalentes a las palabras en Morse. Posteriormente, las transmisiones de voz se realizaban en emisoras que contaban con estudios adecuados acústicamente para emitir señales claras. Lo que se hablaba se transfería como impulsos eléctricos por medio de un micrófono que iba conectado a una toma de corriente. La señal generada debía ser amplificada a través de una antena para llegar a más distancia. Luego, en cada casa había aparatos receptores de estas señales y que poseían convertidores para transformar los impulsos eléctricos en señales perceptibles al oído humano.

La forma inicial de transmitir fue en base a la Amplitud Modulada, antes de explicar en sí este sistema, es conveniente aclarar que para que las señales puedan ser perceptibles a nuestros oídos se debe codificar dichas señales. Este

proceso de codificar se llama modulación, porque es un lenguaje para captar las ondas sonoras. Ahora bien, la modulación de amplitud es una forma de codificación basada en la expansión de la onda cuando se desplaza en el aire.

Uno de los avances más grandes y que aparece citado en La Radio en la Era Digital fue la invención del diodo. Este era una válvula llamada vulgarmente “tubo al vacío” que hacía las veces de receptor y convertidores de las señales electromagnéticas emitidas desde una emisora en el aparato convencional de radio que fue comercializado en la década de los veinte y treinta. Estas válvulas estaban compuestas en su interior por un filamento llamado cátodo. El cátodo conformaba el polo eléctrico negativo (hay que recordar que la corriente eléctrica fluye gracias a la polarización entre las cargas negativas y positivas) y el ánodo, que constituía el polo positivo. Ambos se encontraban en un espacio dentro de la válvula donde los electrones transitan libremente y la corriente viaja en una sola dirección, por lo tanto, se traspa a un demodulador, que es un instrumento que transforma los impulsos eléctricos provenientes de la corriente en ondas sonoras nuevamente posibles de oír.

Las válvulas eran muy grandes y hacían de la radio un instrumento muy poco confortable. Sin embargo, esto duró hasta la década de los cincuenta en que los científicos John Bardeen, Walter Brattain William Shockley descubrieron el transistor. Este era una minúscula pieza que reemplazaba a las válvulas para la recepción de las señales y que mereció el premio Nóbel por la profunda transformación que sufrió el aparato de radio.

Posteriormente, la amplitud modulada también perdió terreno tras la aparición de la frecuencia modulada. La ventaja principal consiste en su capacidad de producir una señal - ruido alta cuando la señal que se recibe es normal. Sin embargo, el mayor tropiezo que presenta son los magros resultados que se obtienen cuando las señales viajan a través de la ionosfera. Debido a esto, su uso se ha limitado a anchos de bandas menores.

Paralelamente, el magnetófono permitió la grabación de la voz. Las señales electromagnéticas provenientes del aire quedaban plasmadas en cintas

compuestas de materiales con propiedades magnéticas que atraían las señales y posteriormente podían ser escuchadas a través de equipos que reproducían esas señales en ondas sonoras.

Más tarde, la estereofonía hizo posible una mejor calidad de sonido. El sonido se dividía en dos canales, cosa que se asemejaba en gran medida a nuestros oídos que son capaces de percibir en qué dirección exacta proviene un sonido.

Aunque no ha logrado una similitud perfecta con la percepción auditiva del hombre, ha conseguido reproducir con mucha más “limpieza” de interferencias el sonido.

1.5 SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN EN EL ECUADOR.

Entre los servicios que la radiodifusión analógica presta hasta el momento, los de mayor interés son los siguientes:

La banda 156,8375 – 246 [MHz], son atribuidas para los servicios FIJOS y MÓVILES, se comparte con los enlaces radioeléctricos entre estaciones fijas, fijas-móviles y móviles-móviles con antenas direccionales punto-punto y punto-multipunto para el servicio de **radiodifusión sonora**.

En la banda de 1452-1492 [MHz], son atribuidas a los servicios FIJO, MÓVIL, RADIODIFUSIÓN y RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE, operan exclusivamente servicios de **radiodifusión satelital**.

1.6 COBERTURA.

La cobertura de los servicios de radio difusión en nuestro país se encuentra dividida en Amplitud Modulada (AM), Onda Corta (OC), Onda Larga (LW) y Frecuencia Modulada (FM):

1.6.1 AMPLITUD MODULADA (AM)

Son estaciones de radiodifusión que operan en la banda comprendida en 535 a 1605 KHz, más conocida como "Banda AM" u Onda Media estándar. Esta banda es la más popular en las áreas rurales por su cobertura extensa debido a su propagación por onda de tierra principalmente. El nombre proviene del tipo de modulación de la señal portadora.

La canalización es cada 20 KHz con un ancho de banda de 10 KHz.

El Plan Nacional de Frecuencias establece que las bandas 525 - 535 kHz, 535 – 1.605 kHz, 1.605 – 1.625 kHz, 1.625 – 1.705 kHz, son atribuidas al servicio de Radiodifusión Sonora en Amplitud Modulada.

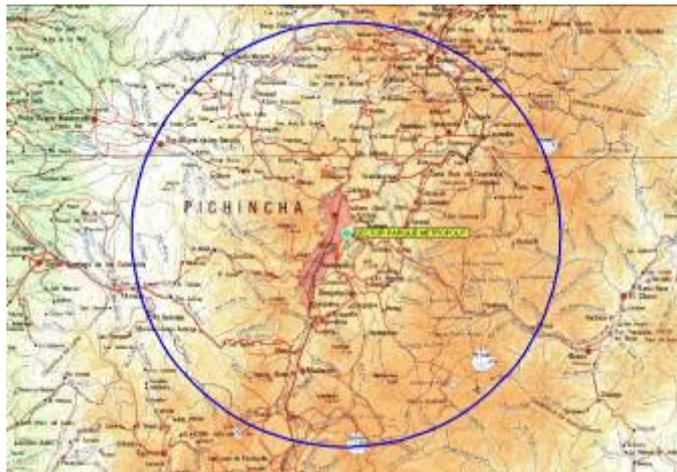


Figura 1.1 Área de Cobertura AM

1.6.2 ONDA CORTA (OC)

Son estaciones de radiodifusión que operan en 2 grupos de bandas de frecuencias: las bandas tropicales (90, 60 y también 120 mts) y las bandas internacionales. Las primeras son usadas en la zona tropical del planeta como alternativa a la radiodifusoras de onda media («standard») por lo que son usadas mayoritariamente por emisoras locales. Las segundas son usadas por las emisoras internacionales para sus emisiones de cobertura mundial.

Su particularidad es que la transmisión lo realiza a través de la llamada propagación ionosférica.

El Plan Nacional de Frecuencias establece que las bandas son: 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.

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.

1.6.3 ONDA LARGA

La banda de 150-519 kHz es conocida como la banda de onda larga (LW). La mayoría de las estaciones en esta banda son usadas como radiofaros para la navegación en las naves aéreas y marítimas, transmitiendo constantemente su clave de llamada. La recepción en esta banda es apropiada entre las 6:00 P.M. y la medianoche.

Algunos buques también usan esta banda, habiendo reservado la frecuencia 500 kHz como una estación de desastre o emergencia.

La mayoría de las estaciones en esta banda aplican el uso de la clave Morse, aún cuando algunas transmisiones con voz son emitidas en AM, para reportar las condiciones meteorológicas.

1.6.4 FRECUENCIA MODULADA (FM)

La radiodifusión que operan en la banda comprendida entre 88 a 108 MHz con una canalización de 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. Pueden formar sistemas con una estación matriz y repetidoras para emitir la misma y simultánea programación. Es la banda más popular para las zonas urbanas y su cobertura depende de la propagación por línea de vista así como difracción en obstáculos agudos. Eventualmente se tiene una propagación troposférica causada por hidrometeoros como la lluvia y la nieve en capas superiores de la atmósfera.

El Plan Nacional de Frecuencias establece que la banda de 88-108 MHz es atribuida exclusivamente al servicio de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada (FM).

El área de servicio es la circunscripción geográfica en la cual una estación irradia su señal en los términos y características técnicas contractuales, observando la relación de protección y las condiciones de explotación; comprende el Área de cobertura principal, que es la ciudad o poblado, específicos, cubiertos por irradiación de una señal de FM, y el Área de cobertura secundaria o de protección, que es la que corresponde a los alrededores de la población señalada como área de cobertura principal, que no puede ni debe rebasar los límites de la respectiva zona geográfica.

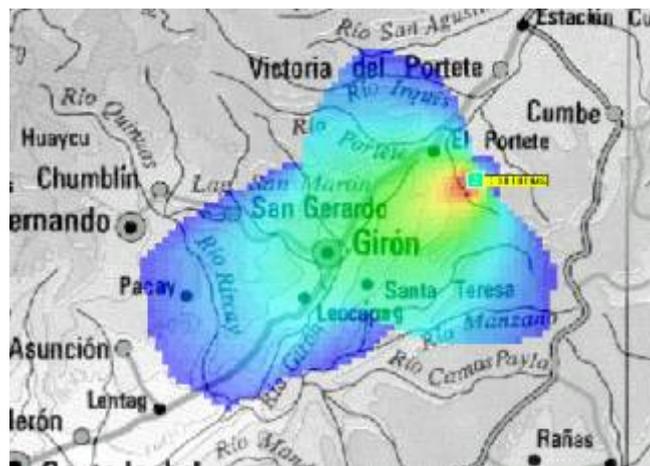


Figura 1.2 Área de Cobertura FM

El área de cobertura autorizada es la superficie que comprende el área de cobertura principal, más el área de cobertura secundaria de protección, y la

potencia permitida para la amplitud Modulada y Frecuencia modulada se explica detalladamente en el siguiente cuadro:

Frecuencia	Potencia
Onda media (AMPLITUD modulada – AM)	Nacionales (superior a 10 kilovatios)
	Regionales (mínima de 3 kilovatios y un máximo de 10 kilovatios)
	Locales (de 3 kilovatios como máximo). El mínimo de potencia de las estaciones Onda Media Locales, en las capitales de provincia y de otras ciudades cuya población pase de cincuenta mil habitantes, será de un kilovatio. En las ciudades cuya población no llegue a dicha cantidad, será de quinientos vatios.
Onda Corta para la zona TROPICAL	Mínima de un kilovatio y una máxima de diez kilovatios.
Onda Corta INTERNACIONAL O Decamétricas	Mínima de diez kilovatios.
Frecuencia Modulada (FM)	<p>La potencia mínima de las estaciones de frecuencia modulada será, en general, 250 vatios, con excepción de las que se ubiquen en ciudades cuya población exceda de doscientos mil habitantes, en las que será de 500 vatios.</p> <p>Las estaciones de baja potencia son utilizadas para cubrir las cabeceras cantonales o sectores de baja población, cuya frecuencia puede ser reutilizada por diferente concesionario, en otro cantón de la misma provincia o zona geográfica. Tienen un máximo de potencia de 250 w, su transmisor se ubica en áreas periféricas de la población a servir y el sistema radiante</p>

	está a una altura máxima de 36 metros sobre la altura promedio de la superficie de la población a ser servida.
Estaciones Repetidoras	De acuerdo al área a cubrirse y a la banda en la que se asignen los canales.

Tabla 1.1 Potencia Permitida para las Respectivas Frecuencias

Toda estación puede disponer de equipo de reserva para suplir provisionalmente al equipo transmisor principal, cuando éste debe ser reparado o en determinadas horas del día. En el primer caso, el equipo de reserva tendrá una potencia mínima de 10% en relación al principal, y, en el segundo, el 30%.

1.6.5 CUADRO DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN

Provincias	Onda Corta O.C	Amplitud Modulada A.M.	Frecuencia Modulada F.M		Total Radiodifusión Sonora
			Matriz	Repetidora	
Azuay	0	19	31	32	82
Bolívar	0	6	16	2	24
Cañar	0	8	15	10	33
Carchi	0	4	18	15	37
Chimborazo	1	18	20	14	53
Cotopaxi	1	13	16	1	31
El Oro	0	19	34	19	72
Esmeraldas	0	8	19	18	45
Francisco de Orellana	0	0	9	5	14
Galápagos	0	1	7	5	13
Guayas	0	51	72	42	165
Imbabura	2	15	24	10	51
Loja	5	11	35	23	74

Los Ríos	0	7	19	14	40
Manabí	0	17	51	28	96
Morona Santiago	8	2	14	17	41
Napo	3	2	8	14	27
Pastaza	0	2	10	5	17
Pichincha	4	55	68	27	154
Sucumbios	0	2	19	11	32
Tungurahua	1	19	17	23	60
Zamora Chinchipe	0	0	8	13	21
TOTAL:	25	279	530	348	1182

Tabla 1.2 Estaciones de Radiodifusión

1.6.6 ZONAS GEOGRAFICAS PARA LA RADIODIFUSION FM

La Norma Técnica Reglamentaria para Radiodifusión en Frecuencia Modulada Analógica, publicada en Registro Oficial N° 074 del 10 de mayo del 2000 y sus modificaciones publicada en el Registro Oficial N° 103 de 13 de junio de 2003, establece las siguientes zonas geográficas para la concesión de estaciones en frecuencia modulada.

Zonas Geográficas	Cobertura de las Zonas Geográficas (Incluye Grupos de Frecuencias)(1)
FA001	Azuay Cañar. Grupos de frecuencia 1, 3 y 5
FB001(2)	Provincia de Bolívar excepto las estribaciones occidentales del ramal occidental de, la Cordillera de los Andes. Grupo de frecuencia 6
FC001	Provincia del Carchi. Grupos de frecuencias 1 y 3
FD001	Provincia de Orellana. Grupo de frecuencia 1
FE001	Provincia de Esmeraldas, excepto Rosa Zárate y La Concordia que pertenecen a la zona P, subgrupo P1. Grupos de frecuencias 4 y 6

FG001(2)	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. Grupos de frecuencias 1, 3 y 5
FG002	Provincia del Guayas, subzona 2, (independiente de la subzona 1), comprende las ciudades de la Península de Santa Elena y General Villamil. Grupos de Frecuencias 1, 3 y 5
FJ001	Provincia de Imbabura. Grupos de frecuencias 2 y 6
FL001	Provincia de Loja. Grupos de frecuencias 2 y 5
FM001	Provincia de Manabí; excepto los cantones El Carmen y Pichincha. Grupos de frecuencias 1, 3 y 5
FN001	Provincia de Napo. Grupo de frecuencia 1
FO001(2)	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. Grupos de frecuencias 2, 4 y 6
FR001(2)	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. Grupos de frecuencias 2, 4 y 6
FP001	Provincia de Pichincha, subzona 1 (independiente de la subzona 2). Grupos de frecuencias 1, 3 y 5
FP002	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). Grupos de frecuencias 1, 3 y 5

FS001	Provincia de Morona Santiago. Grupo de frecuencia 1
FT001(2)	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. Grupos de frecuencias 1, 3 y 5
FH001(2)	Provincia de Chimborazo, excepto las estribaciones occidentales del ramal occidental de la Cordillera de los Andes de esta provincia. Grupos de frecuencias 1, 3 y 5
FU001	Provincia de Sucumbios. Grupos de frecuencias 1 y 3
FX001	Provincia de Pastaza, incluido Baños (de la provincia de Tungurahua). Grupo de frecuencia 6
FY001	Provincia de Galápagos. Grupo de frecuencia 4
FZ001	Provincia de Zamora Chinchipe. Grupo de frecuencia 3

Tabla 1.3 Zonas Geográficas para la Radiodifusión FM

Gráfica como se encuentra distribuidas las frecuencias en nuestro país.



Figura 1.3 Grafica de Distribución de Frecuencias en nuestro País

1.6.7 RESUMEN DE LAS ESTACIONES DE LA RADIODIFUSIÓN

Mes	Onda Corta O.C	Amplitud Modulada A.M.	Frecuencia Modulada F.M		Total Radiodifusión Sonora
			Matriz	Repetidora	
Enero 2006	25	279	530	348	1182
Febrero 2006	25	279	530	349	1183
Marzo 2006	25	279	530	349	1183
Abril 2006	25	280	530	349	1184
Mayo 2006	25	279	532	349	1185
Junio 2006	25	279	532	349	1185
Julio 2006	25	279	533	350	1187
Agosto 2006	25	279	533	351	1188
Septiembre 2006	25	279	533	352	1189
Octubre 2006	25	279	534	353	1191

Tabla 1.4 Resumen de las Estaciones de Radiodifusión

1.7 DETERMINAR VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL Y LA ANALÓGICA.

Con el comienzo de un nuevo siglo, medios como la radio se plantean la disyuntiva de mantener el tradicional proceso de elaboración analógica y difusión de la programación o evolucionar hacia vías digitales. Todo parece indicar que los ceros y los unos acabarán insertándose en el mundo radiofónico, a tenor de lo que está ocurriendo en otros medios como la televisión. El futuro que se plantea desde este presupuesto, por tanto, es apasionante si tenemos en cuenta las ventajas del complejo digital y la ocasión de introducir nuevos contenidos y un mayor servicio al oyente.

Como viene siendo habitual en todas las áreas en las que está presente la electrónica se tienden a reemplazar los sistemas analógicos existentes por otros digitales. En todas las transiciones el tiempo y esfuerzo invertido es muy elevado, pese a esto en el caso que nos ocupa, la radiodifusión sonora, el cambio merece la pena ya que la mejora que se consigue es muy apreciable.

Actualmente están presentes en todos los países sistemas de radiodifusión sonora analógicos, tales como FM o AM, estos sistemas adolecen de una serie de problemas:

- Emplea un ancho de banda muy elevado para la calidad que ofrecen si los comparamos con los sistemas digitales.
- La distancia de reutilización de los canales cuando se emplean transmisores analógicos es muy elevada por lo que aparece un problema bastante grave, la saturación del espectro radioeléctrico ya que hay que usar una gran cantidad de canales para dar cobertura de un mismo programa.
- Los usuarios no están contentos con la calidad que les ofrece la radiodifusión sonora analógica (FM o AM), sobre todo en los casos de recepción móvil o portátil (problemas de propagación multitrayecto y efecto Doppler), por lo que demandan una mejora en la calidad.
- La potencia de los transmisores es muy elevada y gran parte de la misma se desperdicia.
- La cantidad de aplicaciones sobre radiodifusión analógica está muy limitada.

El futuro de la radio ya está en marcha: se llama radio digital y supone un nuevo mundo lleno de ventajas para los radioyentes. Sin embargo, de momento sólo se están recorriendo los primeros pasos de un proceso que, como todo lo que implica cambio, deberá tener un proceso de adaptación.

El futuro de los medios de comunicación está encaminado hacia la digitalización. Poco a poco la señal analógica pasará a formar parte del pasado dejando paso a la señal digital, tanto en radio como en televisión. Las ventajas de esta nueva tecnología son múltiples, aunque de momento su implantación sigue un lento pero

continuo camino, debido principalmente al desconocimiento y al costo de los aparatos.

Las innovaciones y diferencias van en paralelo con los beneficios que obtiene el radioyente, entre sus principales virtudes destaca su versatilidad, ya que puede adaptarse fácilmente a las diferentes formas de distribución y a diferentes tipos de receptores y condiciones de recepción. Además, se puede transmitir varios programas y servicios digitales a través de un solo bloque de frecuencias denominado multiplexor, lo que permite a los emisores transmitir un amplio espectro de programas.

Estas características técnicas se transforman en claras ventajas para los oyentes. Las dos más notables son la calidad del sonido y la posibilidad de atravesar toda la Península escuchando una misma cadena sin tener que cambiar de emisora. La radio digital no sufre interferencias como actualmente ocurre con el sistema analógico y la calidad del sonido es ajena a las condiciones atmosféricas adversas o la cercanía de otros equipos eléctricos, es decir, se eliminan las interferencias. Por otra parte, la compresión del sonido ya no es imprescindible, lo que mejora la nitidez del mismo, el radioyente tiene la posibilidad de recibir información visual, ya que los nuevos aparatos de radio digital cuentan con pantallas de cristal líquido para completar lo que se está escuchando. Sin embargo, esta capacidad de recepción de datos no podrá sobrepasar el 20% de la capacidad total de cada bloque de frecuencias.

Las cadenas de radio, por lo menos las que tienen una gran difusión, comienzan a dar ese salto hacia la modernidad y empiezan, aunque por el momento a un ritmo lento, a sacrificar métodos analógicos por instrumentos digitales. Este proceso de digitalización se podría decir que toma cuerpo de dos modos. Por un lado está la digitalización en la emisión y recepción, y por otro lado, la transición binaria en el proceso de elaboración o producción radiofónica.

La radio digital es la transmisión y recepción del sonido que ha sido procesado usando una tecnología comparable a la usada en los reproductores de CD, es decir, un transmisor de radio digital procesa los sonidos en patrones de números, o "dígitos" de ahí el término "radio digital". Por el contrario, la radio analógica

tradicional procesa los sonidos en patrones de señales eléctricas que asemejan ondas de sonido. En conclusión tenemos algunas características técnicas de la radio digital:

- La radio digital FM es capaz de dar un sonido claro cristalino de calidad equivalente al de un disco compacto (CD, por sus siglas en inglés), o a la acústica de una sala de conciertos. Los receptores tienen un estándar en la calidad del sonido que es significativamente más claro que el sonido de la radio analógica convencional, así como el sonido de un CD es más claro que el de un disco normal. La radio analógica convencional no puede cumplir con este estándar.
- La radio digital AM es capaz de dar un sonido con una calidad equivalente al de la radio analógica FM estándar. El avance en la calidad del sonido digital AM está limitado al ancho de banda disponible del espectro. En cualquier caso, la calidad del sonido mejora en forma importante.
- La recepción de la radio digital tiene una enorme inmunidad a las interferencias y elimina muchas imperfecciones relacionadas con la transmisión y recepción de la radio analógica. Algunas interferencias en las señales de la radio digital se pueden deber a que la transmisora de la estación está lejos.
- Con la radio digital prácticamente no existe estática ya que dentro de cada receptor de la radio digital hay una pequeña computadora ("receptor inteligente") que es capaz de filtrar las señales indeseables. Por el contrario, un receptor analógico "no inteligente" no puede diferenciar entre la información útil y el ruido inútil, lo cual causa estática.

La radio digital le ofrece a los consumidores varias ventajas en comparación con la radio analógica tradicional, como:

- Mejor calidad de audio, señales más potentes y sin interferencias, y el poder tener nuevos servicios de audio auxiliares como canales múltiples de programación, servicios de audio a petición, y dispositivos interactivos.

- El potencial para desarrollar mejores diseños de radios con funciones simplificadas. Simplemente seleccione la estación que desea de las letras de identificación o nombres que aparece en la pantalla de cristal líquido (LCD, por sus siglas en inglés) del radio digital y la computadora integrada en la radio y realizara el resto por usted.
- El potencial para introducir nuevos datos y servicios de información cuando se introducen todas las operaciones "digitales", las que aparecerán en las pequeñas pantallas del radio. Por ejemplo, una estación puede enviar información en segundo plano, sobre una banda que está tocando música; los anunciantes pueden enviar información sobre descuentos y ofertas. Los radioescuchas pueden programar sus radios para recibir informes personalizados sobre el clima, noticias o precios de acciones.

Pese al gran avance que representa respecto a la radio analógica, la tecnología digital está tardando en asentarse. La radio analógica está fuertemente arraigada en la población y, al igual que ocurriese con el CD y ahora con el DVD, la implantación de nuevas tecnologías tiene que luchar contra el arraigo de las antiguas. Sin embargo, una de las mayores trabas se encuentra dentro de las propias emisoras con licencia de radio digital por su escaso interés en desarrollar y trabajar este nuevo medio, en este sentido, el precio de los receptores digitales también supone un gran impedimento, para muchos el mayor. Además, desde algunos sectores se apunta que los propios fabricantes no se deciden a apostar claramente por este tipo de aparatos, entre otras cosas porque al tratarse de alta tecnología, podrían quedarse anticuados con rapidez, el costo medio de un receptor de radio digital, se encuentra alrededor de los 300 dólares, lo cual es un importante desembolso que en muchos casos termina por hacer que los radioyentes esperen a que se abarate la tecnología, como ya ocurrió previamente con el CD o el DVD.

CAPITULO II

SISTEMA DE RADIODIFUSION DIGITAL EUREKA 147

2.1 RESEÑA HISTORICA.

Digitalizar es Convertir una magnitud física o una señal en una secuencia de números según ciertas reglas.

En el caso de la radio digital consiste en la toma de muestras del sonido a intervalos regulares de tiempo, de acuerdo con uno de los pilares de la digitalización como lo es el Teorema del Muestreo de Nyquist que señala que una señal, en este caso análoga, “quedará bien representada” por su “muestra” digital cuando la frecuencia (intervalos de tiempo) a la cual se la explora sea, a lo menos, de dos veces la mayor frecuencia existente en la señal original.

Los sonidos poseen frecuencias comprendidas entre los 20 y los 20.000 Hz por lo que ellos, de acuerdo a la teoría matemática, quedarán “bien representados” digitalmente si aplicando el Teorema de Nyquist la frecuencia de muestreo que se utilice sea de, al menos, $2 \times 20.000 \text{ Hz} = 40.000 \text{ Hz}$ (o 40 Khz.).

Los Compact Disc son una clara aplicación de la digitalización del sonido, en su realización se considera que la mayor frecuencia que es capaz de percibir el oído humano es de 22 Khz., por lo que el muestreo de la señal de audio original la efectúa a una frecuencia de 44.1 Khz.

La radio digital es la nueva forma de transportar la señal radiofónica, se presenta como un universo lleno de oportunidades y la enumeración de bondades no cesa: apretando un botón la información aparece escrita en la pantalla, se pueden ver reportes de noticias o del tiempo, Escuchar un disco compacto, conocer detalles del artista y hasta comprar ese disco, todo es posible gracias a esta cadena de datos que va junto con el audio.

El concepto de transmisión digital de audio se distingue en dos tecnologías fundamentales: el sistema IBOC (Utilizado en Estados Unidos) y el formato DAB (Eureka-147, Utilizado principalmente en Europa).

El sistema DAB nació en 1987 como un proyecto europeo denominado Eureka 147. Es un sistema que está utilizando una tecnología que posiblemente hoy en día no sea la más idónea. Pero esto es normal, pues desarrollar y normalizar un sistema y ponerlo en funcionamiento lleva tiempo, y para entonces ya hay nuevas tecnologías que lo superan.

El DAB es un sistema muy robusto diseñado para receptores tanto domésticos como portátiles y, especialmente, para la recepción en móviles; para la difusión por satélite y para la difusión terrenal y que, además del audio, nos permite introducir datos. Esta tecnología no tiene los problemas de la FM cuando se reciben muchas señales de diferentes puntos: del propio transmisor y otras reflexiones, dispersiones y difracciones que varían con el tiempo. Lo que se consigue con el sistema DAB es que la mayor parte de las señales que entran en el receptor se sumen, es decir, que contribuyan positivamente a la recepción.

La técnica DAB permite introducir muchos canales en el espectro, y con ello muchos programas, es decir, prácticamente se multiplica la capacidad de programas utilizando el mismo espectro. Además, el sistema permite emitir un gran número de programas por múltiplex, dependiendo de la calidad que se requiera. En España se ha establecido legalmente la difusión de seis programas por cada múltiplex.

La calidad de los programas en DAB es similar a la del disco compacto pero no exactamente la misma, aunque al oído le suene prácticamente igual. Para poder emitir 6 programas por el mismo múltiplex es necesario reducir información, eliminando aquella que el oído no puede oír, manteniendo una calidad conveniente para la radiodifusión, suficiente para un oído medio y que a un oído experto le cueste distinguir del original. Este sistema se basa fundamentalmente en dos principios: la codificación en la fuente MP2 y la del canal COFDM.

La codificación en la fuente, que originalmente se denominó Musicam y que después se normalizó denominándose MPEG2 ó MP2, es un sistema muy parecido al MP3 pero necesita menor capacidad de procesamiento que éste. Se basa fundamentalmente en poder reducir información que el oído no distingue. Cuando hay dos señales muy próximas en frecuencia y una de ellas es más fuerte que la otra, la señal que tiene nivel inferior normalmente queda enmascarada y no es posible oírla. Además, el oído tiene un umbral de ruido por debajo del cual no oye los sonidos. Lo que hacemos con este sistema es eliminar todo aquello que el oído no va a percibir. De esta forma se consigue disminuir el ancho de banda que se necesita para transmitir. Reduciendo por 6 la información es posible emitir 6 programas, utilizando la capacidad originalmente necesaria para un programa.

En realidad se transmite de forma continua “un contenedor” de información, donde por un lado se envía la información de su contenido y su configuración, para permitir al receptor conocer de forma muy rápida lo que se manda y seleccionar cualquiera de los contenidos (programas). Por otro lado, en el contenedor se envían los programas de audio y otros servicios adicionales, y dentro de cada programa de audio podemos introducir datos asociados a ese programa, como puede ser, por ejemplo, un mapa meteorológico cuando se esté informando sobre el tiempo.

La capacidad bruta de información del múltiplex es de 2.3 Mbit/s, pero en realidad lo que tenemos es un contenedor con 864 cajones, que se van rellenando con los programas y datos y se emiten de forma continua.

En la siguiente tabla podemos apreciar las características de la plataforma.

PARAMETROS	EUREKA 147
Banda	VHF-III,L-Band
Origen	Europa
Satélite	Posible
Hibrido	Posible
Bandwidth	Wideband 1.5MHz
Multiplexor de Servicios	Si
Método de Codificación de Audio	MPEG-1 Layer II y MPEG-2 Layer II
Calidad de Audio del Bit Rate.	Cerca al CD a 192 - 224kbps
Infraestructura	FM/TV y Infill sites
Estandarización	Extensiva
Habilitación del Receptor	Si
On-Air	Si

Tabla 2.1 Características del Estándar Eureka 147

2.2 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA.

El nombre Eureka 147 proviene del consorcio encargado de desarrollar el estándar europeo para la Radio Digital.

Este sistema es capaz de proporcionar de manera eficiente radiodifusión digital multiservicio de gran calidad, para receptores móviles, portátiles y fijos usando

únicamente una antena no direccional. Puede funcionar en cualquier frecuencia entre 30 Mhz. y 3 Ghz. para receptores móviles (más alta para la fija) y puede usarse en redes terrestres, por satélite, híbridas (satélite con complemento terrestre) y de difusión por cable.

El sistema Eureka 147 está pensado para utilizarse de una manera flexible, permite acomodar diferentes velocidades de transmisión y multiplexar digitalmente muchos tipos de fuentes y canales con diferentes opciones de codificación de los programas, de los datos asociados a éstos y de servicios de datos adicionales.

De manera análoga a cuando entramos en un multicine donde se exhiben varias películas y elegimos una de ellas, podemos entrar en un múltiplex DAB europeo y seleccionar varios programas de audio o servicios de datos, pues el sistema permite multiplexarlos para formar un bloque de 1.5 Mbit/s y ser emitidos juntos, obteniéndose la misma área de servicio para todos.

Las principales ventajas que ofrece el Eureka 147 sobre la radiodifusión tradicional son las siguientes:

- **Eficiencia en la utilización del espectro y la potencia:** Esto se consigue intercalando señales de varios programas junto a una especial característica de rehuso de frecuencia (Single Frequency Network, SFN) que permite a las redes de difusión extenderse, virtualmente sin límite, gracias a transmisores adicionales que llevan a cabo la misma multiplexación en la misma frecuencia. Utiliza un único bloque para una red internacional, nacional, regional o local con transmisores de baja potencia.
- **Mejoras en la recepción:** La información transmitida se reparte tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia de manera que los efectos de la distorsión del canal y la atenuación puedan ser eliminadas de la señal recibida en el receptor, incluso cuando trabaja en condiciones de fuerte propagación multitrayecto (debida a la reflexión en edificios y montañas). Para lograrlo, se codifican y se multiplexan las señales en OFDM

(Orthogonal Frequency División Multiplexing), distribuyendo la información entre un elevado número de frecuencias. Para proteger la señal de errores de transmisión el sistema se vale de 2 técnicas llamadas UEP y EEP (Unequal/Equal Error Protection). La primera es la preferible, pues ofrece más protección para los datos más críticos.

- **Calidad de sonido:** Podemos llegar a alcanzar una calidad equivalente a la de un CD gracias al layer II del estándar MPEG Audio (también conocido como MUSICAM). Este sistema aprovecha el efecto de enmascaramiento que se produce debido a las características psicoacústicas del oído humano, ya que éste no es capaz de percibir todos los sonidos presentes en un momento dado, y por tanto no es necesario transmitir los sonidos que no son audibles. De esta forma eliminamos la información redundante. Típicamente el múltiplex contiene 6 programas de audio estéreo de gran calidad (192 kbps) usando el estándar MPEG-1 Audio, además de servicios adicionales.
- **Flexibilidad:** Los servicios pueden estructurarse y configurarse dinámicamente. Por ejemplo, una emisora de radio durante un programa donde se debate o dialoga puede emitir usando una velocidad baja (con 64 o 96 kbps es suficiente), ocupando un ancho de banda pequeño, mientras que a otras horas puede emitir audio estéreo con velocidades mayores (128 o 192 kbps) y por lo tanto con más ancho de banda.
- **Servicios de datos:** Junto a la señal de audio se transmiten otras informaciones: Canal de información. Transporta la configuración del múltiplex, información de los servicios, fecha y hora, información del tráfico, avisos de emergencia, etc.
- **Datos asociados al programa (PAD):** Se dedican a la información directamente relacionada con los programas de audio: títulos musicales, autor, texto de las canciones en varios idiomas. La capacidad del PAD es ajustable (mínimo de 667 bit/s con MPEG-1 o 333 bit/s con MPEG-2)

Servicios adicionales. Por ejemplo el envío de imágenes y textos a tableros de anuncios electrónicos, incluso vídeo. Puede ofrecer Acceso Condicional (CA) para servicios de pago aunque la administración específica del suscriptor no forma parte del estándar Eureka 147.

- **Coberturas:** la cobertura puede ser local, regional nacional y supranacional. El sistema es capaz de añadir constructivamente las señales procedentes de diferentes transmisores en el mismo canal, lo que permite establecer redes de frecuencia única para cubrir un área geográfica determinada en la que es posible utilizar pequeños transmisores para cubrir las zonas de sombra dejadas por aquellos.
- Todos estos datos se reciben a través de una pantalla incorporada al receptor.

Las condiciones atmosféricas pueden afectar la recepción de una señal análoga. Estas señales también pueden ser interrumpidas por cercanías de cerros y edificios altos. Este tipo de interferencia FM es llamada "multitrayecto" (multipath). Eureka 147 evita este problema transmitiendo una serie de bits digitales, los cuales todavía pueden ser reconocidos aun en presencia de interferencia. Tal interferencia es esencialmente ignorada por los equipos europeos DAB con la ayuda de un sistema llamado COFDM.

COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). Este sistema usa una relación precisa matemática que divide la señal de radio a lo largo de 1536 portadoras de frecuencias distintas al igual que el tiempo. Esto asegura que, aunque parte de la señal sea afectada por interferencia o la señal se pierde por un periodo corto, el receptor va a ser capaz de recuperar la fuente original y reconstruirla perfectamente. COFDM permite también que la misma frecuencia pueda ser utilizada en todo el país. Esto significa que no es necesario re-sintonizar la radio del auto cuando uno viaja de una ciudad a otra.

El sonido cristalino calidad-CD que produce DAB europeo se debe al sistema altamente eficiente de compresión de sonido conocido como MUSICAM el cual funciona descartando el sonido que no es detectable por el oído humano.

El sistema EUREKA 147 está diseñado para operar en la banda L, ubicada en la región de las microondas entre 1452 y 1492 Mhz, o también en la Banda III VHF (entre 216 y 240 Mhz), de acuerdo a la sanción oficial recibida de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), una de cuyas Recomendaciones lo denomina Digital System A para su utilización en radiodifusión de sonido digital tanto terrestre como desde satélites.

El sistema posee una capacidad de 1.5 Mbps sobre los cuales se pueden transportar diversos programas.

La banda L, para efectos de la asignación de los canales de radiodifusión, se encuentra dividida en bloques. En cada bloque se incluye un canal de sincronismo (SYNCH) y de información (FIC) con información dirigida al aparato receptor, incluyendo los datos correspondientes a servicios adicionales.

Cada uno de estos bloques posee un ancho de banda 1536 Khz. (diez veces mayor que el de nuestras FM), admite un volumen máximo de datos de 1500 Kb/s y es emitido por un solo transmisor. (Recordemos que en las estaciones de televisión la portadora de video se encuentra bastante separada en frecuencia de la portadora de audio, pero que ambas se emiten en un solo bloque desde un transmisor único).

Si recordamos que un CD genera 1411.2 Kb/s, uno de estos bloques apenas alcanzaría para transmitirlo, pero aquí entran a jugar los “algoritmos de compresión” que reducirán la cantidad de bits y que permitirán que varias programaciones (radios), hasta completar los 1500 Kb/s, compartan el bloque, la frecuencia y el mismo transmisor.

Si implementáramos el sistema Eureka, donde existen 35 radios FM y 20 de AM, los bloques en teoría disponibles en la banda L podrían albergar hasta 50 radios, a un promedio de 6 radios por bloque, y aún quedar espacio disponible para otras.

Si bien se ha hecho reserva de esta banda para estos efectos (en virtud de una Recomendación de la UIT Unión Internacional de Telecomunicaciones, la Subsecretaría de Telecomunicaciones modificó el Plan General de Uso del Espectro Radioeléctrico, mediante publicación en el Diario Oficial del 23 de Noviembre de 1998, a fin de atribuir la banda de 1452 a 1492 Mhz. a la Radiodifusión Sonora Digital) ella no está totalmente desocupada y deberá ser compartida con la radiodifusión sonora desde satélites, modalidad que ya se encuentra también operando en otras latitudes.

Como éste es un sistema que se encuentra en operación desde hace bastante tiempo, el mercado ya dispone de receptores para ella y su penetración, en términos de la población cubierta por emisiones digitales en algunos países es la siguiente: Inglaterra 80 %, Alemania 65 %, España 50 %, Canadá 35 %, Francia 25 %.

2.3 ESTRUCTURA DE LA TRAMA EUREKA 147

En este tema se trata de reflejar de manera global la arquitectura de la trama Eureka 147, por lo que comenzaremos por una descripción de los bloques iniciales de la trama señalando el tipo de información que transportan, para luego describir la trama de transmisión.

2.3.1. TIPOS DE INFORMACIÓN DEL EUREKA 147

En la trama Eureka 147 es posible difundir distintos tipos de datos. En general los datos pueden ser de audio, información relativa al audio, datos de otro tipo de servicios (bolsa, tráfico, noticias, etc). Cada uno de estos tipos de información se transporta en una de las partes en que se divide la trama.

En la trama del Eureka 147 se definen:

- **Servicios:** Cada uno de los programas o canales de la trama.
- **Componentes de servicio:** Son las partes en las que se divide cada servicio, principalmente son datos o sonido. Estos componentes se transportan en diferentes subcanales o incluso en el FIC (Fast Information Channel).
- **Subcanales:** Son las partes de la trama donde se transportan los componentes de servicio.

Es posible que los componentes de servicio sean compartidos por varios servicios, también es posible reconfigurar los servicios de modo que cambien sus componentes. Todos estos detalles lo debe tener en cuenta el operador del multiplex a la hora de definir la estructura completa de la trama, además, el operador debe ser capaz de realizar la reconfiguración de manera dinámica y eficiente para lo que debe desarrollar un sistema de gestión y control.

Los principales bloques de datos de la trama con los tipos de información que pueden incluirse en los mismos y sus funciones se detallan a continuación:

- a. **Datos de control del múltiplex (MCI):** En este bloque se difunden los datos de control necesario para demultiplexar la trama de audio así como los servicios que incluyen, como:

La organización de los subcanales, posición, tamaño y protección.

- La lista de todos los servicios de la trama.
- Los enlaces entre los servicios y sus componentes.
- Los enlaces entre los componentes de servicio y los subcanales.
- Los datos necesarios para la demultiplexación.

- Canal de datos de información rápido (FIDC). En este bloque se distribuyen datos de forma rápida, esto se consigue al no realizarse el entrelazado en el tiempo en el FIC (Fast Information Channel) que es la parte de la trama de transmisión donde se transportan estos datos.
- b. Información de servicio (SI):** En este bloque se difunde información suplementaria de los servicios. Se pueden incluir anuncios, información de frecuencia, como por ejemplo la frecuencia asociada al servicio en FM, idioma, etiquetas de los programas.
- c. Servicio de programas de audio:** En esta parte se incluye la información de sonido de cada programa.
- d. Datos asociados al programa (PAD):** Este tipo de datos están relacionados con un canal de audio, puede tratarse de la letra de las canciones, títulos, autores.

Los datos PAD se pueden transmitir en carrusel, en DLS (Dynamic Label Segment), en momentos concretos.

- e. Servicio de datos en general:** En este bloque se puede transportar cualquier tipo de datos. Dichos datos se denominan NPAD (Datos No Asociados al Programa).

El operador debe manejar todos los componentes de servicio de los distintos centros de contribución. Así, debe decidir la manera de ir recogiendo cada uno de los componentes para gradualmente ir reuniendo todos ellos hasta llegar al proveedor de trama, lugar en donde se genera la trama DAB. Para esto, el operador debe establecer las distintas redes de transporte con sus interfaces asociados y los equipos DAB necesarios en cada centro, como por ejemplo, codificadores, multiplexores de servicio, multiplexores de trama, etc.

2.3.2 TRAMA DE TRANSMISIÓN

En este apartado se describe la trama de transmisión que es la unidad de información que transporta los datos desde la fuente de datos al receptor de los mismos.

La transmisión en el sistema Eureka 147 se realiza mediante la emisión constante de la trama de transmisión. La estructura de esta trama está íntimamente relacionada con el modo de transmisión elegido para el sistema pero la estructura global de esta trama se mantiene en los distintos modos.

La trama de transmisión (TT) es la base de la que parte el modulador COFDM para generar la señal. Su estructura general es la siguiente:



- FIC: Fast Information Channel.
- MSC: Main Information Channel.

Figura 2.1 Trama de Transmisión

2.3.2.1 CANAL DE SINCRONIZACIÓN

Esta parte de la trama de transmisión tiene como objetivo incluir la información necesaria para que la trama se demodule correctamente, sincronización de la trama, control automático de frecuencia, estimación del estado del canal y como última función, sirve para transportar la información de identificación del transmisor.

El canal de sincronización está formado por los dos primeros símbolos OFDM de cada trama de transmisión. La información que se incluye en cada símbolo es:

- Primer símbolo: Se incluye el símbolo nulo, que se usa para sincronizar los receptores. Además, opcionalmente puede ser incluida la información de identificación del transmisor.
- Segundo símbolo: En este símbolo se emite la fase de referencia para efectuar el proceso de demodulación D-QPSK.

2.3.2.2 CANAL DE INFORMACIÓN RÁPIDA (FIC)

Esta parte de la trama ayuda al receptor a acceder a la información de la trama de forma rápida. Se incluye también la información necesaria para que el receptor pueda conocer la configuración del canal principal de servicio (MSC) y pueda demultiplexarlo.

El FIC no se entrelaza en el tiempo para no introducir retardos en su demultiplexación y así poder conseguir el resto de los datos de la trama de forma rápida.

La topología exacta de este bloque depende del modo de transmisión escogido.

EL FIC se divide en el Bloque de Información rápida (FIB). En el FIB se transportan los siguientes tipos de datos:

- Datos en el Canal de Datos de Información Rápido (FIDC).
- Información de Servicio (SI).
- Información de Configuración del Múltiplex (MCI).

2.3.2.3 CANAL DE INFORMACIÓN PRINCIPAL

Este es el canal por donde se llevan los datos (PAD y NPAD) y el audio.

Nuevamente su configuración depende del modo de transmisión elegido.

La unidad que forma el MSC es la Trama Común Entrelazada (CIF). El MSC se compone de distintos subcanales. Cada uno de estos subcanales puede llevar varios componentes de servicio (audio o datos). La organización de estos subcanales se controla mediante el MCI (Multiplex Configuration Information).

Existen dos modos para el canal principal de servicio:

- **Modo Ráfaga:** Se transmite un único componente de servicio por subcanal, Se aplica a los datos PAD y opcionalmente a los NPAD.
- **Modo Paquete:** Es posible transmitir simultáneamente varios componentes de servicio en cada subcanal, se puede aplicar este modo a la información de servicio (SI) y a los datos NPAD.

2.3.3 MODOS DE TRANSMISIÓN DEL EUREKA 147.

Para el sistema DAB se han definido un total de cuatro modos de transmisión.

Estos modos definen ciertos parámetros que regulan por ejemplo el número de portadoras, duración de la trama de transmisión, número de bloques FIB por trama, número de símbolos por trama.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros que son definidos en cada uno de los modos:

Parámetro	Modo I	Modo II	Modo III	Modo IV
L	76	76	153	76
K	1536	384	192	768
T _F	96 ms	24 ms	24 ms	48 ms

T_{NULL}	1,297 ms	324 us	168 us	648 us
T_S	1,246 ms	312 us	156 us	623 us
T_U	1 ms	250 us	125 us	500 us
D	96 Km	24 Km	12 Km	48 Km

Tabla 2.2 Parámetros de Modos de Transmisión del Estándar Eureka 147

El significado de los parámetros es:

- **L**: Número de símbolos OFDM por trama de transmisión.
- **K**: Número de portadoras.
- **TF**: Duración de la trama de transmisión.
- **TNULL**: Duración del símbolo nulo.
- **TS**: Duración del símbolo OFDM.
- **TU**: Inversa de la separación entre portadoras. Intervalo de guarda.
- **D**: Distancia máxima nominal entre transmisores.

Además, se tienen los siguientes bloques FIB y FIC según el modo.

MODO	FIB en trama de transmisión	FIC en trama de transmisión
I	12	4
II	3	1
III	4	1
IV	6	2

Tabla 2.3 Tramas de transmisión del Estándar Eureka 147

Los modos son empleados según el tipo de red que se esté implementando, así, el Modo I está recomendado para redes de frecuencia única (SFN) por debajo de 300 MHz. El Modo II se emplea para redes SFN en banda L o para redes híbridas de satélite y terrestres. El Modo III es más apropiado para satélite al tener mayor

separación entre las portadoras. Finalmente, el Modo IV fue añadido posteriormente para establecer redes SFN en banda L que permitieran mayor separación entre transmisores, o lo que es lo mismo con mayor intervalo de guarda. La mayor separación entre portadoras hace que el sistema se comporte mejor ante el efecto Doppler, de este modo el tercer modo es el más robusto ante dicho efecto.

El operador en el momento de establecer el servicio debe designar el modo de transmisión que empleará para difundir el múltiplex.

En el esquema siguiente se observa la trama de transmisión y la arquitectura para cada modo de transmisión.

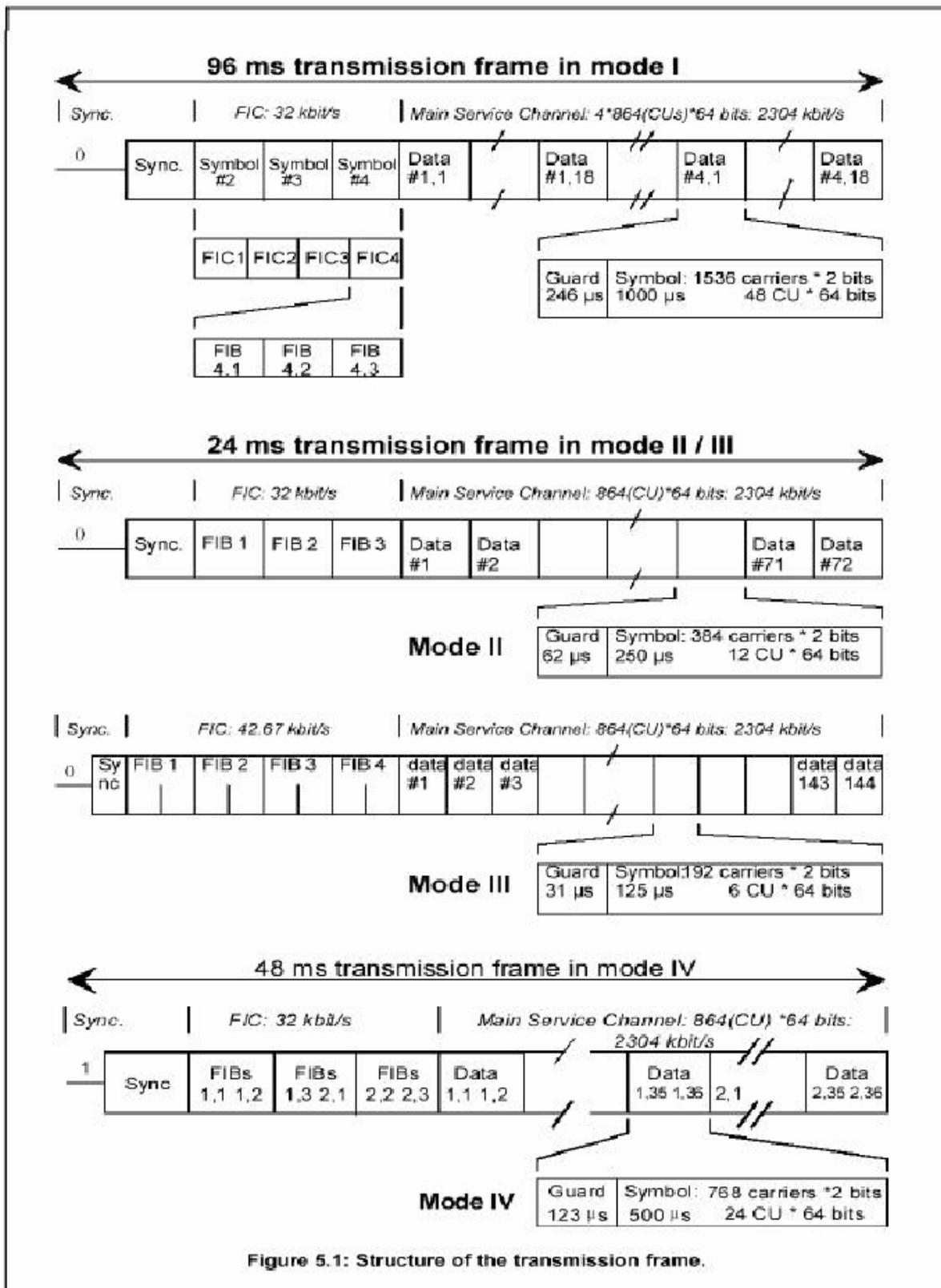


Figura 2.2 Arquitectura del Modo de Transmisión del Estándar Eureka 147

2.4 ESQUEMA DE LA RADIODIFUSIÓN EUREKA 147.

El esquema para obtener la señal Eureka 147 se expone a continuación:

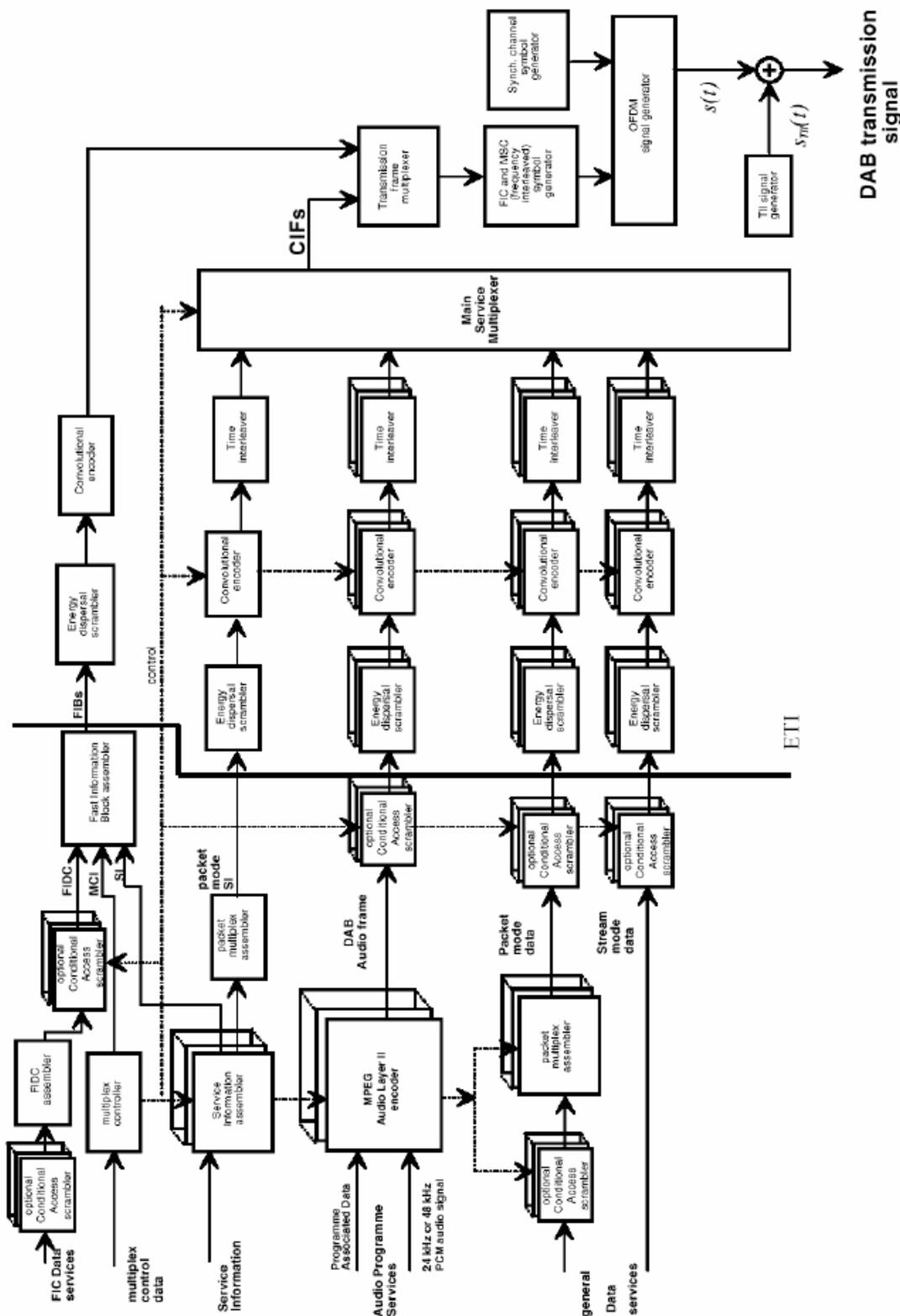


Figura 2.3 Esquema de la Radiodifusión Eureka 147

Este sistema digital presenta dos características esenciales:

- **Tipo de modulación:** Multiplexación por división en frecuencia de portadoras ortogonales codificadas (COFDM).
- **Tipo de codificación:** MUSICAM (Mpeg-1/2 Audio Layer II).

El sistema Eureka 147, es un sistema que operará en cualquier parte del espectro situado entre 30 MHz y 3 GHz. Es posible la radiodifusión de la señal empleando medios terrestres (T-DAB), por satélite (S-DAB) o ambas topologías al mismo tiempo, redes híbridas.

Además, el sistema Eureka 147 ha sido desarrollado pensando en distintos modos de recepción, de esta forma se ha considerado la recepción fija, portátil y móvil.

Las principales ventajas del sistema Eureka 147 se deben a la modulación OFDM, gracias a las características de esta técnica es posible:

- Conseguir que parte de los ecos, que en la mayoría de los casos deterioran la calidad de la señal en la parte de recepción, contribuyan de forma activa a la recepción.
- Debido al punto anterior es posible trabajar en redes de frecuencia única, esto es, emplear la misma frecuencia o canal para difundir un mismo programa por distintos transmisores en un área extensa. Es posible emplear de forma positiva la interferencia co-canal, de esta forma, el espectro es aprovechado de una manera muy eficiente.
- La división de la información en diversas portadoras hace que el sistema sea muy robusto ante los desvanecimientos selectivos, así, es muy recomendado su uso para recepción portátil y móvil.

Actualmente los esfuerzos en el desarrollo de redes Eureka 147 están centrados principalmente en el uso de la banda VHF y la banda L. La primera de ellas está

dedicada de forma mayoritaria al establecimiento de redes de área extensa, en banda L se están estableciendo redes terrestres locales y de difusión por satélite.

2.4.1 CODIFICACIÓN FUENTE DEL SISTEMA.

El primer paso para crear un sistema digital consiste en obtener la información del sistema en este formato, el digital. Para esto en el caso de la radiodifusión sonora es necesario digitalizar la información de audio de los programas.

El sistema eureka 147 emplea un sistema de codificación denominado MUSICAM (MP2) que corresponde al sistema de codificación MPEG.

El MPEG define las técnicas de codificación de audio y vídeo. Es el tipo de codificación empleado en redes de radiodifusión digital de audio (DAB) y también es la norma que rige la codificación del sonido e imagen en sistemas de radiodifusión digital.

De entre las tres capas distintas propuestas en la norma MPEG la capa II fue escogida para el sistema Eureka 147 y otros servicios de radiodifusión tras realizarse un gran número de pruebas.

En primer lugar fue desarrollada la norma MPEG-1 que en su segunda capa define el sistema de codificación de señales de audio MIC (Modulación por Impulsos Codificados), muestreadas con distintas frecuencias de muestreo (32, 44,1 y 48 KHz), empleándose tasas binarias que van desde los 32 a los 384 Kbps dependiendo de si el canal es monofónico o estereofónico. Posteriormente, fue elaborada la norma MPEG-2 que tenía como principal objetivo lograr la codificación de audio de más canales y conseguir aplicar la norma inicial a señales muestreadas a menor frecuencia. Así, se puede concluir que el sistema Eureka 147 emplea codificación MPEG Audio

Layer II (MUSICAM). Cuando se muestrea a 48 KHz se usa la norma MPEG-1 y cuando la frecuencia de muestreo es de 24 KHz se sigue la norma MPEG-2. La frecuencia de muestreo de la señal MIC, tanto de entrada en la parte de

transmisión como de salida en la parte de recepción, debe ser siempre 48 KHz, cuando se usa MPEG-2 es necesarios cambiar la frecuencia de muestreo de 48 KHz a 24 KHz en ambos extremos de la cadena.

El codificador procesa la señal MIC y genera una salida de tasa binaria desde 8Kbps a 384 Kbps.

El sistema MUSICAM lo podemos definir como un sistema de codificación que emplea diferentes técnicas estadísticas y modelos psicoacústicos del oído humano para comprimir la información de audio eliminando la información redundante e imperceptible.

Además, los codificadores incluyen en la trama de salida los datos PAD (Program Associated Data) del programa y CRC (Código de redundancia cíclica). La trama de audio se puede observar en la siguiente figura.

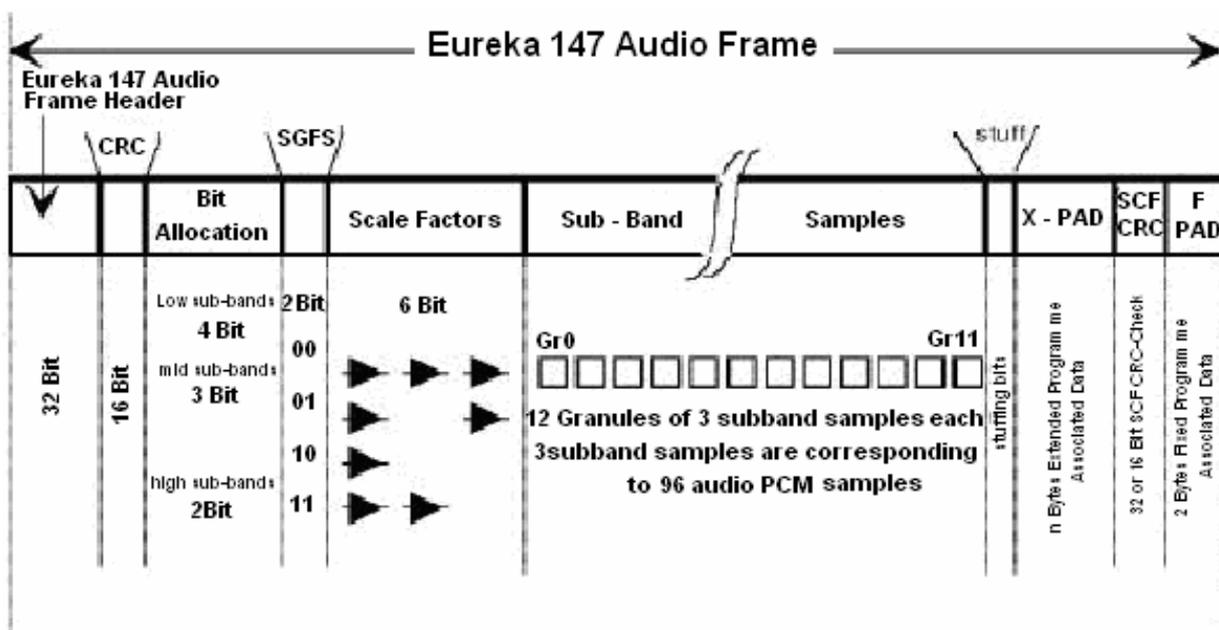


Figura 2.4 Trama de Audio

En la figura 2.5 se muestra el diagrama de bloques de un codificador de audio para Eureka 147.

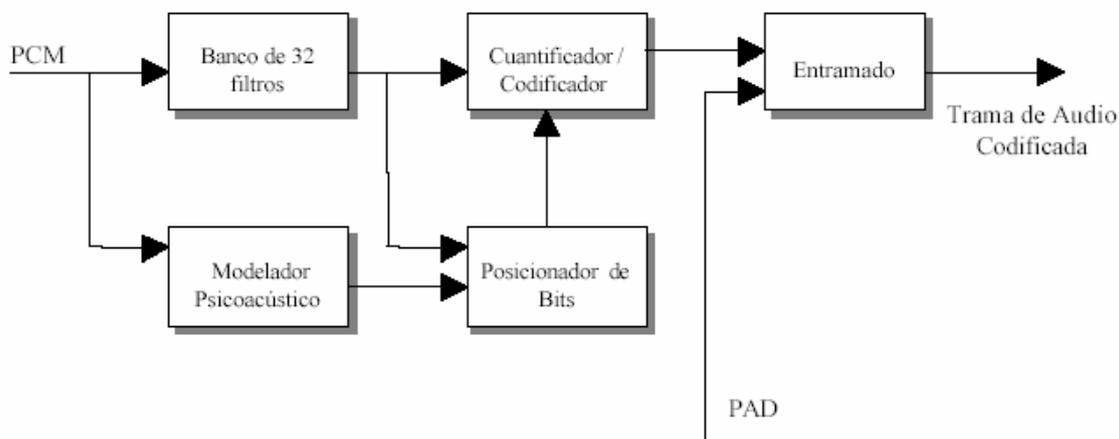


Figura 2.5 Diagrama de Bloques del Codificador de Audio

La señal de entrada PCM es conducida en primer lugar a un banco de 32 filtros que reparte la señal de entrada en 32 bandas distintas (grupos de 36 muestras), el Modelador Psicoacústico determina la forma en la que el Cuantificador/Codificador tratará cada banda. Para hacer esto último el Posicionador de Bits recoge los datos del Modelador Psicoacústico y determina el trato que recibirá cada banda respetando en cualquier caso la duración y tamaño de la trama de audio. Finalmente, en el bloque de entramado se forma la trama de audio DAB (audio + PAD) que se corresponde con 1152 muestras PCM y tiene una duración de 24 ms, se incluye la información de audio y los datos necesarios para su decodificación.

El Modelador Psicoacústico consigue eliminar la información que el oído humano no percibe:

- Sonidos por debajo del umbral audible.
- Sonidos que quedan enmascarados por otros más intensos.

En la figura 2.6 presentaremos el diagrama de bloques del decodificador en forma simplificada.

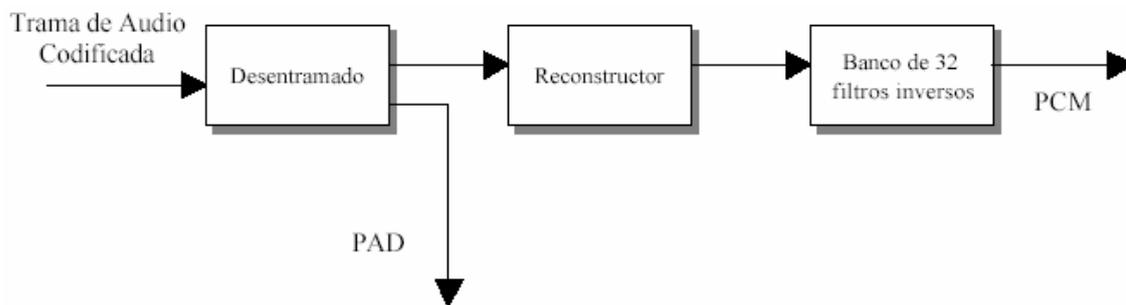


Figura 2.6 Diagrama de bloques del Decodificador

En primer lugar se desentrama el audio codificado para de este modo conseguir por separado audio, PAD, datos de reconfiguración, El bloque Reconstructor usando la información de control recupera las 32 bandas que finalmente se filtran de forma inversa a la empleada en el codificador para obtener de nuevo la señal PCM inicial.

Con este método de codificación se consigue comprimir la señal de audio disminuyendo el flujo binario de salida sin que se degrade la calidad de la señal.

Es posible difundir un canal monofónico con tasas de 32, 48 y 56 Kbps, dos canales o estereofónicos a partir de 64 Kbps y se consigue sonido de alta calidad a partir de 224 Kbps.

2.4.2 PROCESO DE LA SEÑAL

Tras la obtención de la señal codificada se realizan una serie de procesos previos a la modulación propiamente dicha, en donde se generan los símbolos OFDM. Los procesos más importantes que se realizan son:

- Dispersión de energía.
- Codificación convolucional.
- Entrelazado en el dominio del tiempo.
- Entrelazado en el dominio de la frecuencia.

2.4.2.1 ACCESO CONDICIONAL

Este bloque de procesado es opcional y sólo se emplea cuando existe información que debe ser accesible sólo para unos determinados usuarios.

Es posible enviar datos con acceso condicional tanto en modo ráfaga como en modo paquete, y en el FIDC (Fast Information Data Channel).

Las tres funciones principales que desarrolla el bloque de acceso condicional son:

- **Aleatorización / Desaleatorización:** Con este proceso se pretende encriptar la información de forma que sólo sea accesible para ciertos usuarios. El usuario debe poseer el desaleatorizador apropiado así como un código especial denominado CW (Control Word). Es posible aplicar distintos encriptados a un mismo servicio.
- **Control del acceso condicional:** Difunde los requisitos necesarios y los códigos necesarios para que los usuarios con acceso puedan ejercer esta función.
- **Gestión del acceso condicional:** Se encarga de gestionar el acceso condicional. Así, se autoriza a los receptores de distintas formas según la manera de suscripción a un servicio encriptado (por tema, por tiempo, por programa). Esta posibilidad de encriptar la información proporciona un gran abanico de posibilidades a los proveedores de programas.

2.4.2.2 DISPERSIÓN DE LA ENERGÍA

La misión de este proceso es asegurarse de que la energía de la señal se distribuya uniformemente y mantenga un nivel medio constante.

Para hacer esto se suma la señal de entrada con una secuencia pseudoaleatoria. Con esto se consigue que la señal presente las propiedades espectrales de este tipo de señales. Así la energía se distribuye de manera uniforme en el espectro.

Empleando en recepción la misma secuencia pseudoaleatoria es posible deshacer este proceso.

Una secuencia pseudoaleatoria se genera a partir de un polinomio generador y un registro de desplazamiento.

2.4.2.3 CODIFICACIÓN CONVOLUCIONAL.

La salida del dispersor de energía se introduce a un codificador convolucional. La misión de este bloque es generar un código de redundancia que sirva para poder corregir los errores que aparecen en la recepción por efecto de la propagación de la señal. Así, se añaden al flujo binario de entrada una serie de bits que sirvan para reducir la probabilidad de error del sistema.

La codificación convolucional puede ser aplicada de dos formas distintas:

- **Unequal Error Protection (UEP):** diseñada especialmente para audio.
- **Equal Error Protection (EEP):** Diseñada tanto para datos como para audio.

De esta manera se puede aplicar una redundancia distinta a cada fuente de audio. Lo único que hay que tener en cuenta es que la tasa binaria de salida cumpla con los requisitos establecidos. Las posibles tasas de codificación son:

- 1/3, máximo nivel de protección.
- 3/7.
- 1/2.
- 3/5.
- 3/4, nivel mínimo de protección.

El operador del servicio es el encargado de asignar el valor de protección.

2.4.2.4 ENTRELAZADO EN TIEMPO

El entrelazado en tiempo tiene como objetivo lograr independizar la probabilidad de error de los bits del mismo código convolucional.

Si tenemos un código y por motivos de propagación se produce un fallo es muy probable que el fallo no se dé en un solo bit, sino que queden afectados varios de los bits que forman el código. Si esto ocurre se pierde toda la utilidad del código convolucional. La solución del entrelazado temporal consiste en separar en el tiempo los bits de un código de forma que no se transmitan consecutivamente, si la separación entre los bits es suficiente para poder considerar que las condiciones de la propagación tengan gran posibilidad de haber variado se consigue que los fallos que afectan a cada bit del código sean independientes.

El entrelazado temporal es muy efectivo cuando se considera recepción móvil. Al incluir este entrelazado en el tiempo se producen retardos en la demultiplexación, por este motivo no se aplica este proceso al FIC.

2.4.2.5 GENERACIÓN DE LOS SÍMBOLOS QPSK

Tras el entrelazado en el tiempo se realiza la multiplexación del MSC y el FIC. Tras este multiplexado se lleva la trama a un mapeador de símbolos QPSK. Para generar los coeficientes de los símbolos QPSK en primer lugar es necesario dividir la trama, así se asignan los símbolos OFDM dividiéndose la trama. Una vez separados los símbolos OFDM estos se llevan a un mapeador de símbolos QPSK. Este bloque se encarga de calcular los coeficientes de los símbolos QPSK en el dominio de la frecuencia.

Posteriormente es posible aplicando la Transformada Discreta Inversa de Fourier generar la señal OFDM en el tiempo partiendo de las muestras espectrales de los símbolos QPSK.

La forma de generar los símbolos OFDM a partir de la trama de transmisión (MSC + FIC) depende del modo de transmisión elegido.

El siguiente paso consiste en realizar un entrelazado en frecuencia para proteger al sistema contra los desvanecimientos selectivos, finalmente se generan símbolos D-QPSK y se introducen los símbolos de sincronismo, símbolo nulo y de fase.

2.4.2.6 ENTRELAZADO EN FRECUENCIA

Los símbolos QPSK que se corresponden con los símbolos OFDM de la trama son llevados a diferentes portadoras, se separan los datos consecutivos en diferentes frecuencias. Con este procedimiento se consigue gran robustez ante los desvanecimientos selectivos que afectan a ciertas frecuencias. Al realizar este entrelazado en frecuencia de las muestras se consigue que en caso de producirse un desvanecimiento selectivo no queden afectadas las muestras sucesivas de la señal.

Nuevamente la forma de realizar el entrelazado en frecuencia depende del modo DAB escogido para la transmisión.

2.4.2.7 GENERACIÓN DE SÍMBOLOS D- QPSK. SÍMBOLOS DE SINCRONISMO.

Tras entrelazar la señal en frecuencia en las distintas portadoras se aplica una modulación diferencial a cada uno de las portadoras.

Este bloque se encarga de generar símbolos D-QPSK a partir de los símbolos QPSK generados en el mapeador QPSK. Para realizar esto se suma una fase de referencia a los coeficientes de los símbolos QPSK. La utilización de una modulación diferencial se debe a que con este tipo de modulación se disminuye en gran manera la complejidad del receptor.

Al emplear una fase de referencia es necesario que el demodulador conozca este valor para poder remodular el primero de los datos recibidos. A partir de aquí se puede usar la fase de los datos anteriores. Por este motivo es necesario introducir

en la trama un símbolo de sincronismo de fase que ayude al receptor a realizar la demodulación correctamente.

Además de este símbolo de fase se inserta un símbolo nulo al principio del símbolo OFDM de un valor conocido para sincronizar al demodulador de forma que conozca el momento en que debe comenzar a demodular. Dichos símbolos de sincronismo se incluyen en el canal de sincronización.

Por otro lado se añade a la trama información acerca del transmisor en el que se genera la misma. Esta información se denomina TII (Transmitter Identification Information).

2.4.2.8 GENERACIÓN DE SÍMBOLOS OFDM

El siguiente paso en la formación de la señal Eureka 147 es la modulación, esta es una de los procesos más importantes en este sistema y aporta una gran parte de las ventajas del mismo, robustez ante el desvanecimiento selectivo, ancho de banda del sistema.

La modulación empleada en el Eureka 147 es OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), que se puede definir de forma sencilla como una técnica multiportadora que emplea portadoras ortogonales moduladas a bajo nivel y multiplexadas en frecuencia.

De la modulación del sistema Eureka 147 se puede destacar como se ve influida por la configuración que se haya escogido para la trama, de esta forma, el número de portadoras, por ejemplo, depende del modo empleado para la trama. El modo define la duración del símbolo, entre otros parámetros, y con ello la separación de las portadoras OFDM al tener que estar separadas por la inversa del período de símbolo.

Además de emplearse la modulación OFDM se ha realizado un procesado de la señal previo, aplicándose por ejemplo, un código convolucional o sendos entrelazados en tiempo y en frecuencia, con estos procesos se consigue hacer la

señal más robusta frente a errores. Cuando se usan estos procesos la modulación completa pasa a denominarse con las siglas COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

2.4.2.8.1 MULTIPORTADORAS ORTOGONALES

El sistema Eureka 147 modula un número fijo de portadoras con un flujo de información de tasa binaria baja. El período de símbolo depende del Modo DAB que se esté empleando, este a su vez fija la separación entre portadoras que delimita el número de las mismas en un canal de ancho de banda 1,536 MHz, que es el que ocupa la señal Eureka 147.

Al modular a baja velocidad se consigue reducir el ancho de banda de la señal modulada lo que es una gran ventaja, por otra parte es posible introducir un intervalo de guarda en cada símbolo que posibilita el funcionamiento en SFN aprovechándose los ecos constructivamente.

Para que no exista interferencia intersimbólica entre las distintas portadoras estas deben ser ortogonales. Dos señales son ortogonales cuando su producto escalar es nulo. De forma más intuitiva podemos hacer el siguiente razonamiento, en Eureka 147 se modula una portadora con QPSK, el espectro de la señal modulada es una función sinc:

- Nulos en $f_c \pm n/T$.
- T: período de símbolo de la información.
- $n= 1,2,3, \dots$,
- f_c : frecuencia de la portadora.
- Máximo en la frecuencia de la portadora.

De esta forma si tenemos un sistema multiportadora y separamos las portadoras una distancia igual a la inversa del período de símbolo (T), los máximos de cada señal coincidirán con los nulos del resto. Si además, hacemos un muestreo en los instantes de las portadoras evitamos la interferencia intersimbólica. La conclusión es por lo tanto que las portadoras moduladas son ortogonales cuando están

separadas $1/T$, o lo que es lo mismo, cuando el máximo de una coincide con el nulo del resto. La señal OFDM para el sistema Eureka 147 está compuesta por lo tanto por un número de portadoras que depende del modo, existiendo 4 valores, 192, 384, 768, 1536. Estas portadoras son moduladas a bajo nivel en D-QPSK y se reparten en un ancho de banda de 1,536 MHz.

El espectro que se obtiene ocupa este ancho de banda de forma plana.

2.4.2.8.2 SISTEMA DE MODULACIÓN OFDM

Intuitivamente el sistema de modulación puede verse con un sistema de N moduladores D-QPSK, siendo N el número de portadoras del sistema Eureka 147. El sistema demodulador sería el inverso.

Sin embargo, haciendo un análisis matemático es posible comprobar como la expresión de una señal OFDM en el tiempo puede ser expresada mediante la expresión de una Transformada Discreta Inversa de Fourier (IDFT) y ciertos factores de escala. Así, aplicar esta transformada a los símbolos DAB de cada portadora en el dominio de la frecuencia equivale a usar los N moduladores QPSK diferenciales. En el extremo del receptor se aplica el proceso inverso, la Transformada Discreta de Fourier (DFT) obteniéndose a partir de las muestras de la señal en el tiempo de nuevo los símbolos de cada una de las portadoras. Resumiendo, en el extremo transmisor se parte de las muestras de la señal OFDM en el dominio de la frecuencia (mapeado QPSK) y se aplica la IDFT para obtener la señal OFDM en el tiempo. En el extremo opuesto, el receptor se aplica el proceso inverso, transformación tiempo-frecuencia.

El esquema de un modulador/demodulador OFDM es el siguiente:





Figura 2.7 Esquema del Modulador / Demodulador OFDM

Tras obtener la señal OFDM se introduce el intervalo de guarda. El intervalo de guarda es el responsable de absorber los efectos de la propagación multitrayecto de forma que los ecos que se reciben dentro del intervalo de guarda contribuyan positivamente a la recepción de la señal. Por otra parte el intervalo de guarda posibilita el funcionamiento en redes de frecuencia única, como se ha mencionado los ecos contribuyen de forma positiva, así, es posible que varios transmisores cubran una misma zona geográfica en el mismo canal ya que la interferencia cocanal deja de ser interferencia. Con la inserción del intervalo de guarda en cada símbolo, la duración del mismo pasa a ser:

- $TS = TU + _$, donde:
- TS es el tiempo de símbolo.
- TU es el tiempo útil de símbolo.
- $_$ es el intervalo de guarda.

2.4.3 ASPECTOS DE PROPAGACIÓN

2.4.3.1 PROPAGACIÓN MULTTRAYECTO

En un escenario de radiodifusión habitual, siempre existen diferentes rayos que llegan al receptor. El hecho de recibir ecos de la señal principal puede causar un gran nivel de interferencia que impida la correcta recepción de la señal.

Para evitar que los ecos afecten a la señal, normalmente se han empleado antenas receptoras directivas ya que las señales interferentes llegan en direcciones diferentes a la de la principal. El empleo de antenas directivas es

sencillo en el caso de recepción fija pero no es factible en recepción portátil o móvil al no poder orientar la antena al transmisor.

En radiodifusión digital sonora se ha dado un giro a estas técnicas, no se pretende eliminar la recepción de ecos de la mayor forma posible sino que se intenta que los ecos se sumen a la señal principal para aumentar el nivel de campo en recepción.

Para conseguir este comportamiento de los ecos en el sistema Eureka 147 se trabaja en redes de frecuencia única.

2.4.3.2 ESPECTRO DE LA SEÑAL OFDM

El espectro de la señal Eureka 147 se caracteriza por la modulación OFDM. Hay que tener en cuenta que el espectro depende del modo de transmisión que se ha escogido para la red.

Como características comunes se pueden decir que todos los modos emplean transmisión multiportadora, que en todos los modos el ancho de banda del espectro es 1,536 MHz y que en este ancho de banda el espectro presenta planicidad.

A continuación se muestran las gráficas del espectro de cada uno de los modos.

- Espectro del Modo I Eureka 147, 1536 portadoras.

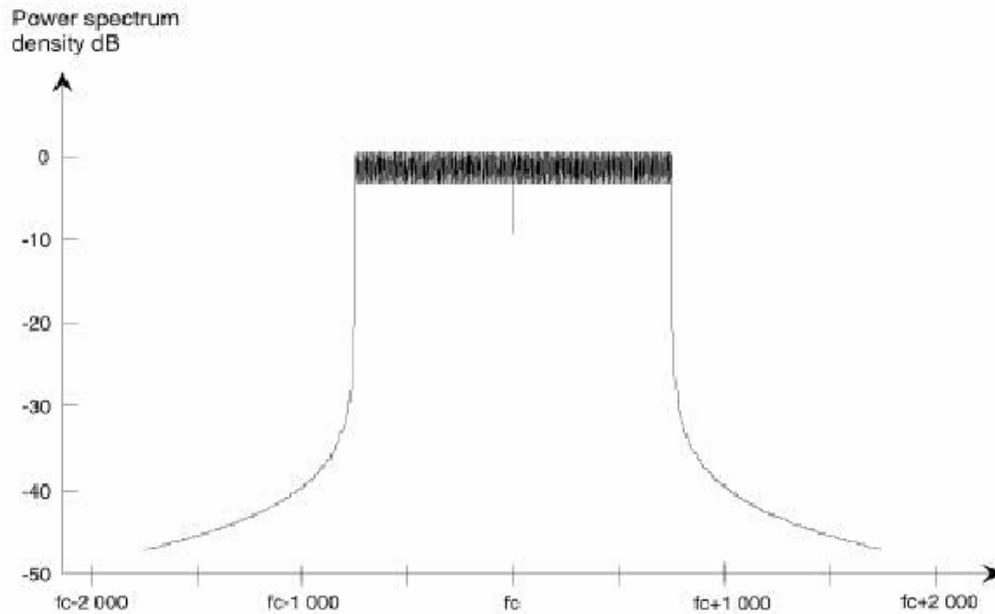


Figura 2.8 Espectro del Modo I del Estándar Eureka 147

- Espectro del Modo II Eureka 147, 384 portadoras.

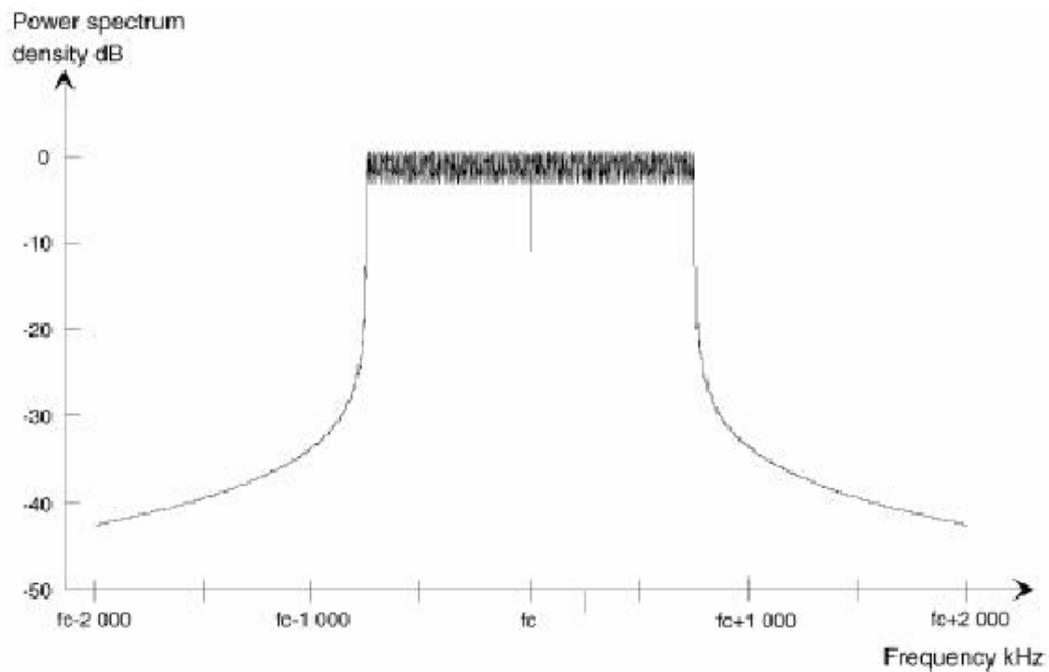


Figura 2.9 Espectro del Modo II del Estándar Eureka 147

- Espectro del Modo III Eureka 147, 192 portadoras.

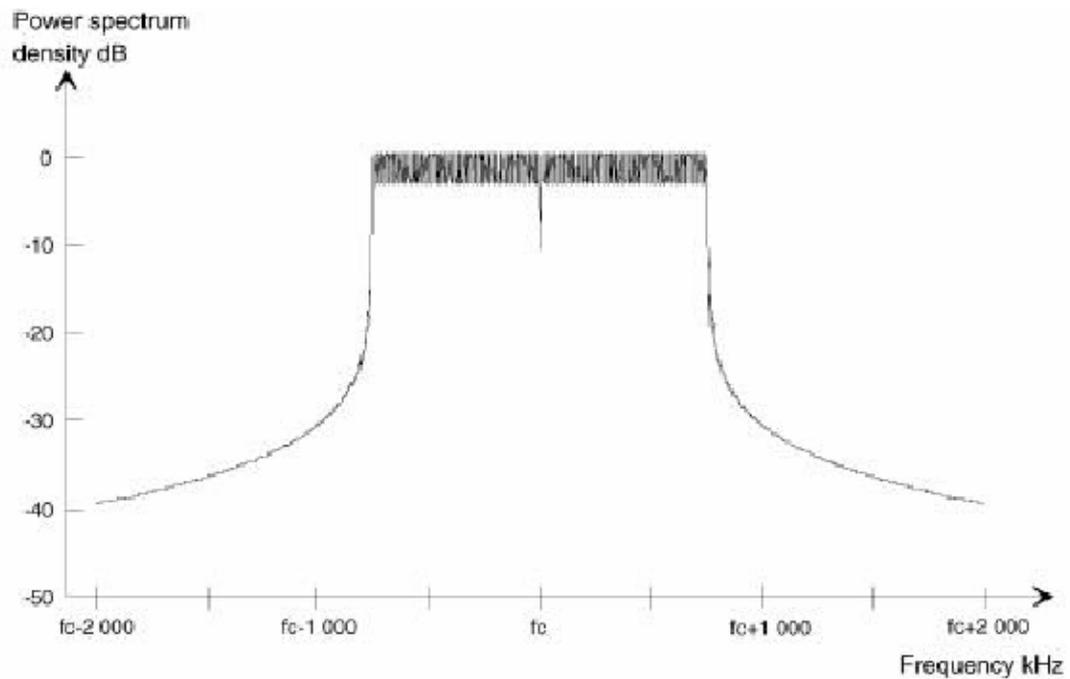


Figura 2.10 Espectro del Modo III del Estándar Eureka 147

- Espectro del Modo IV Eureka 147, 768 portadoras.

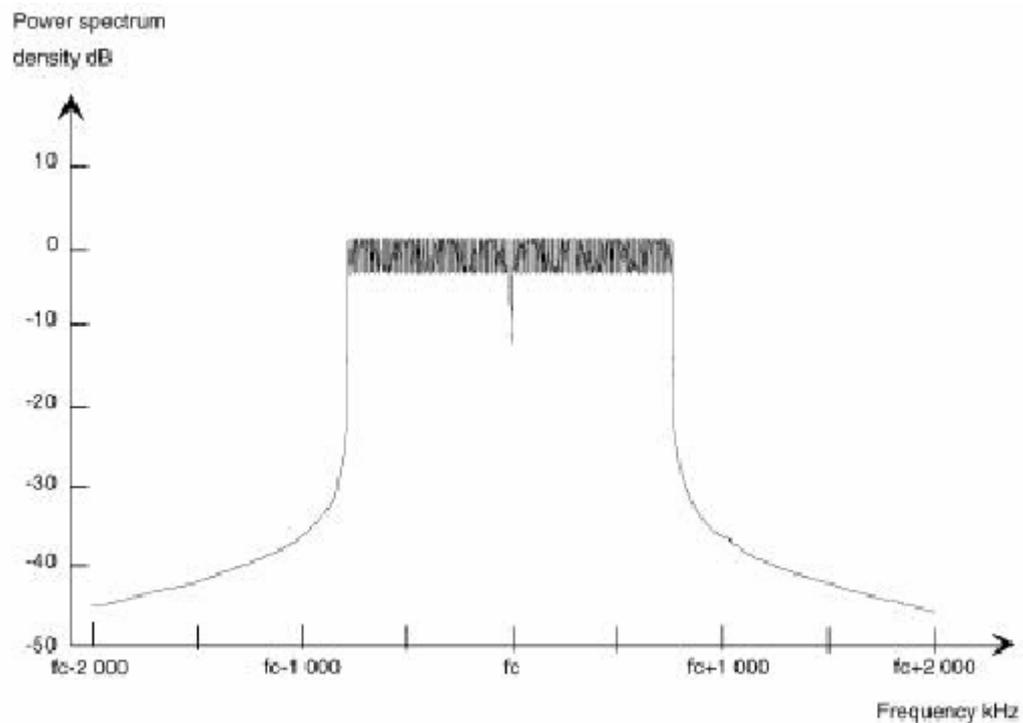


Figura 2.11 Espectro del Modo IV del Estándar Eureka 147

2.4.3.3 MASCARA EUREKA 147.

Una vez generada la señal que va ser radiodifundida es necesario filtrarla para evitar la creación de interferencias a los canales adyacentes.

La máscara del filtro es distinta según el caso particular de cada transmisor, así, los transmisores que se encuentren en zonas en las que pueda afectar en mayor grado la interferencia de canal adyacente deben tener una máscara más restrictiva.

El operador de servicio debe ser consciente de la importancia que tiene, eliminar la interferencia de canal adyacente, por este motivo debe realizar todo lo posible para evitar este tipo de interferencia.

Las máscaras del filtro para banda III y banda L son:

- Máscara para banda III.

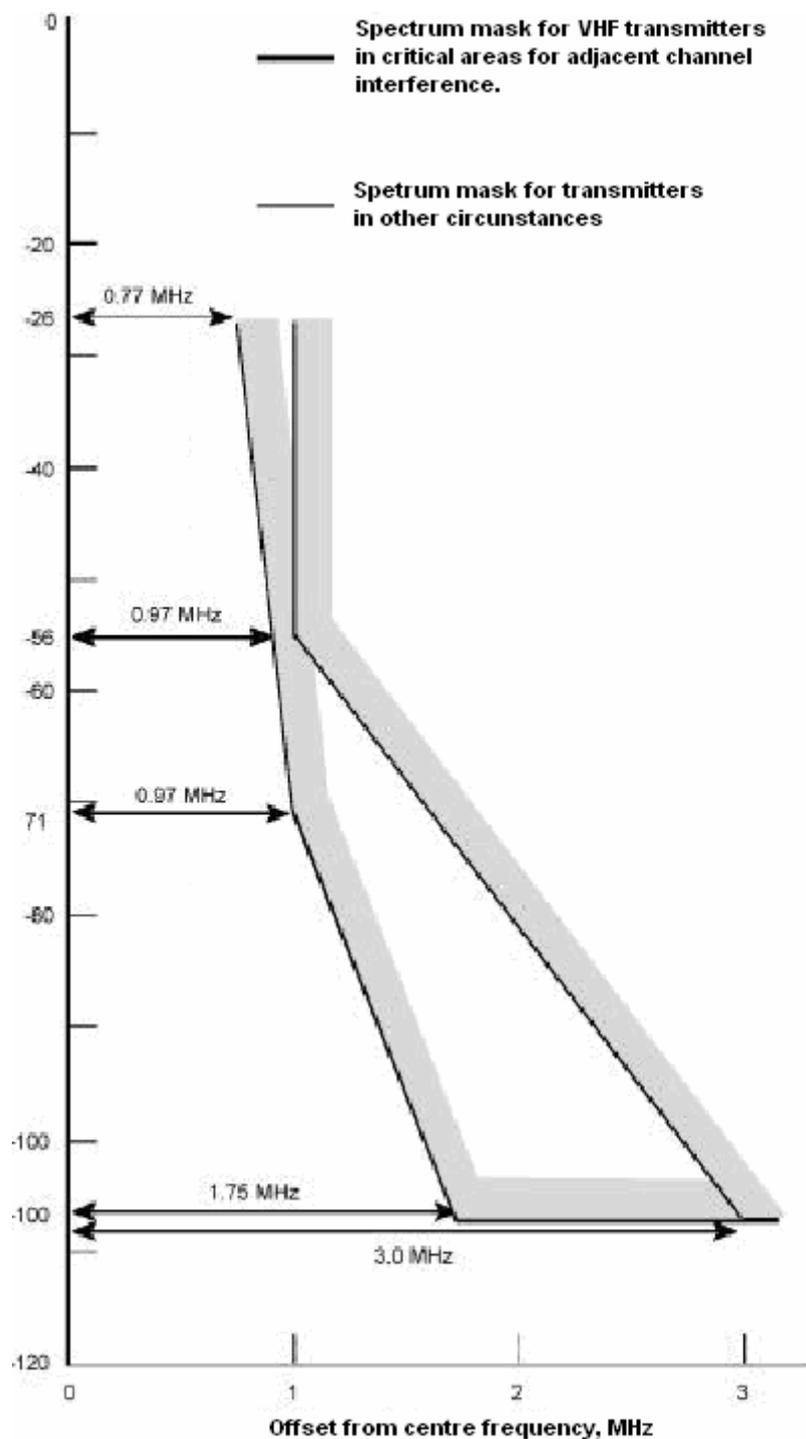


Figura 2.12 Máscara para la Banda III

- Máscara para banda L.

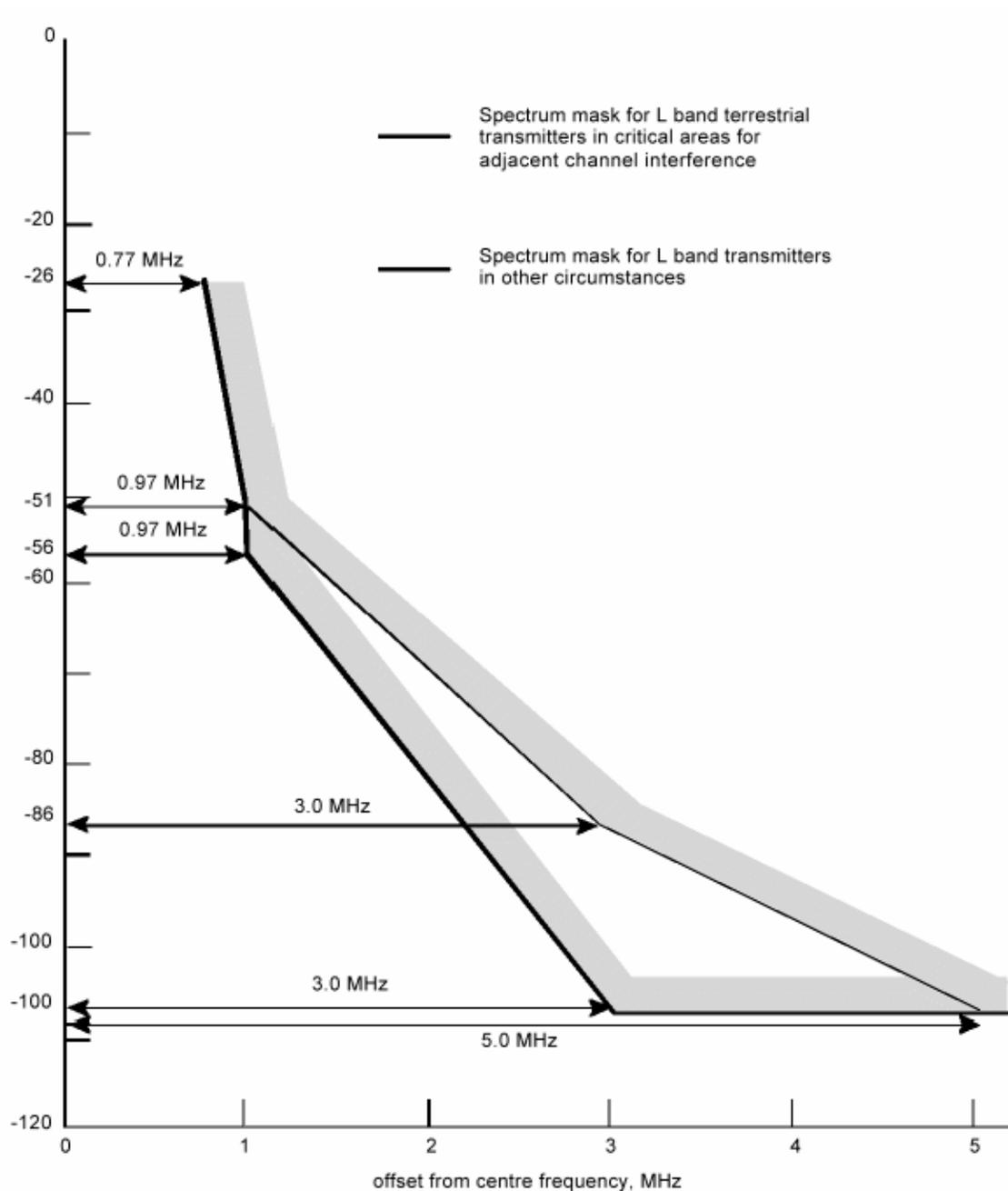


Figura 2.13 Máscara para la Banda L

Una vez filtrado el espectro de la señal radiada será el siguiente.

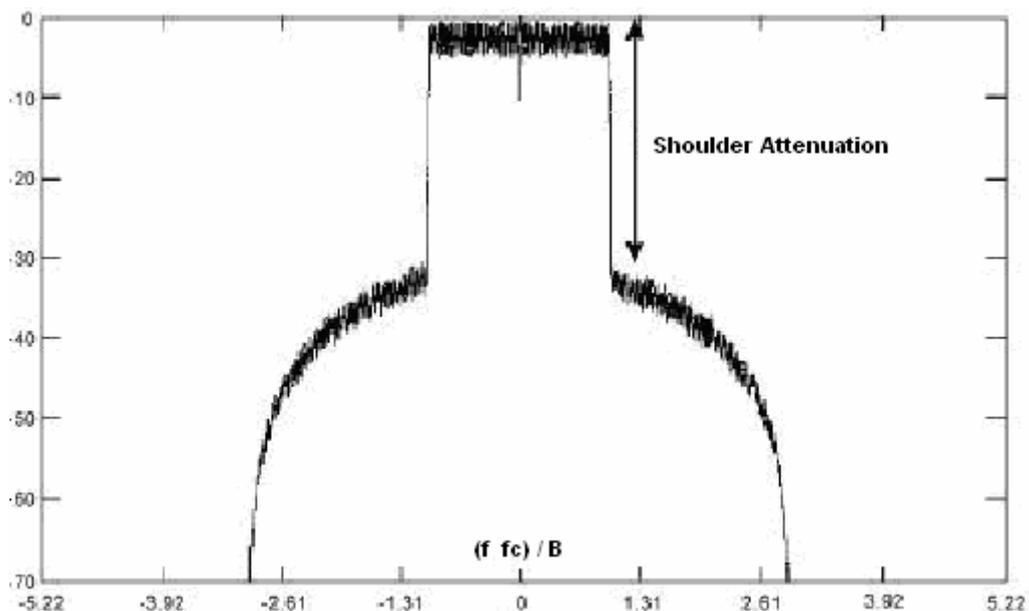


Figura 2.14 Espectro Filtrado de la Señal Radiada

2.5 ARQUITECTURA DEL SISTEMA EUREKA 147.

En la siguiente figura se presenta un esquema del sistema Eureka 147 (DAB) y de los elementos que lo componen:

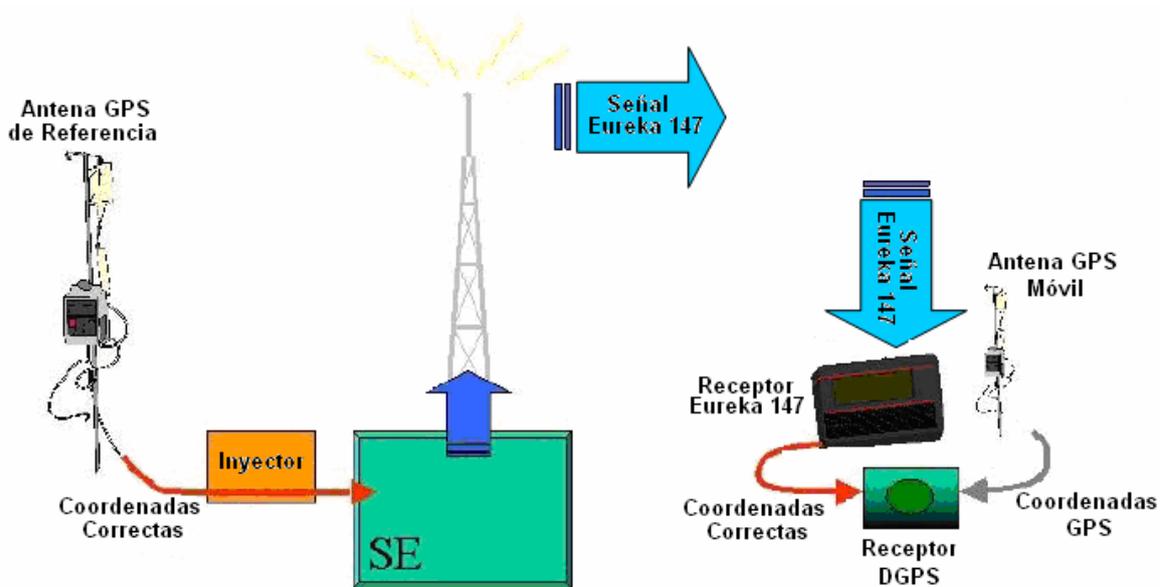


Figura 2.15 Esquema del Servicio Eureka 147

2.5.1 INYECTOR

Se trata del sistema que recibe las coordenadas correctoras de la antena de referencia y las inserta en un canal transparente a la velocidad adecuada.

El inyector deberá residir, preferiblemente, en un elemento externo al Sistema de Emisión, típicamente en el sistema que se utilice para gestionar aplicaciones multimedia en la plataforma de radio digital. La situación más deseable es que este mismo sistema de gestión de aplicaciones multimedia disponga de mecanismos de configuración, monitorización y gestión de procesos inyectores de este tipo, para que sea posible utilizarlos en cualquier tipo de aplicación que requiera el envío de flujos de datos, así como monitorizar su correcto funcionamiento.

2.5.2 SISTEMA DE EMISIÓN (SE)

Es el equipamiento que inserta los datos en la trama de transporte DAB. Se trata de productos comerciales proporcionados por los proveedores habituales de equipamiento DAB.

2.5.3 EQUIPAMIENTO

El equipamiento necesario para hacer que el sistema funcione es:

- Una máquina con arquitectura UNIX en la que reside el inyector.
- Los equipos de inserción de datos en la trama DAB.
- Los equipos emisores DAB.
- Los receptores DAB dotados al menos de Salida para canal transparente de datos.

2.5.4 INTERFACES Y PROTOCOLOS

Las principales interfaces que se identifican en el sistema Eureka 147 (DAB) son:

2.5.4.1 INTERFACES CON EL SISTEMA EMISOR

Las interfaces con el sistema emisor son dependientes del suministrador de estos equipos, y deben venir especificadas en la documentación que los acompañe.

En particular, las interfaces con el equipamiento usado en el piloto son sockets TCP/IP, que permiten al inyector comunicarse con el equipo DAISY de ITIS.

2.5.4.2 APLICACIÓN DLS

La aplicación DLS del IGN mostrará unos textos sobre donde obtener más información relacionada con el DGPS sobre DAB: dirección web, canal NPAD.

2.5.4.3 APLICACIÓN SLIDESHOW

En modo SlideShow se mostrarán una serie de imágenes sobre el servicio: esquema de funcionamiento y breve explicación del proyecto RECORD.

2.6 SISTEMA DEL RECEPTOR.

La Figura 2.16 muestra de un modo esquemático el funcionamiento de un receptor Eureka 147.

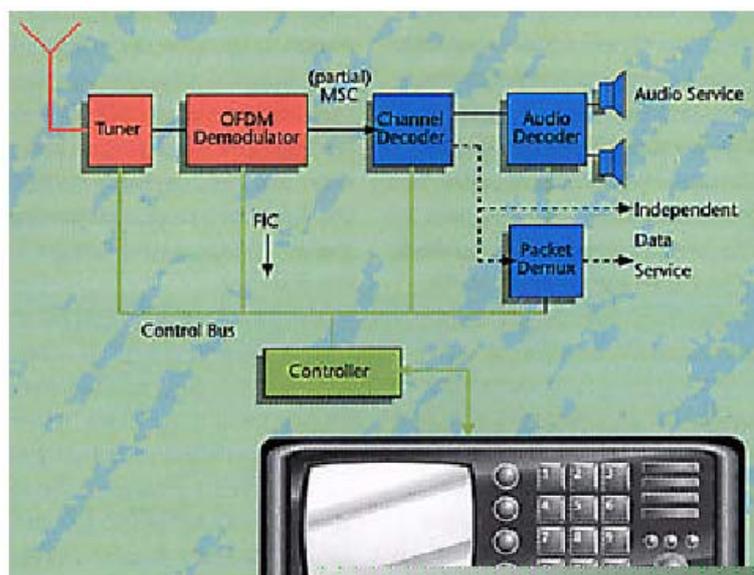


Figura 2.16 Diagrama de Funcionamiento de un Receptor Eureka 147.

El primer componente es un sintonizador, el cual es manejado por el usuario, permite seleccionar una frecuencia determinada. Frente a las emisiones de FM, al seleccionar una frecuencia no se selecciona un programa sino un conjunto, compuesto por uno o varios programas emitidos simultáneamente.

El segundo bloque es el demodulador COFDM, el decodificador de canal separa los diferentes programas, y presenta a su salida:

- La información de audio (mono o estéreo), en formato analógico o digital, y datos del programa elegido de entre los componentes del conjunto.
- Los servicios de datos no asociados a ningún programa de audio.

Todas estas funciones están controladas mediante un microcontrolador, cuyas funciones están accesibles a través del teclado.

En definitiva, el receptor se presenta al usuario como cualquier otro receptor de radio, controlable mediante un teclado. La diferencia estriba en la presencia de un display para la presentación de aplicaciones multimedia, y en los diferentes interfaces de salida disponibles para el acceso a la señal analógica y digital.

La Figura 2.17 muestra el diagrama de bloques completo del receptor Eureka 147.

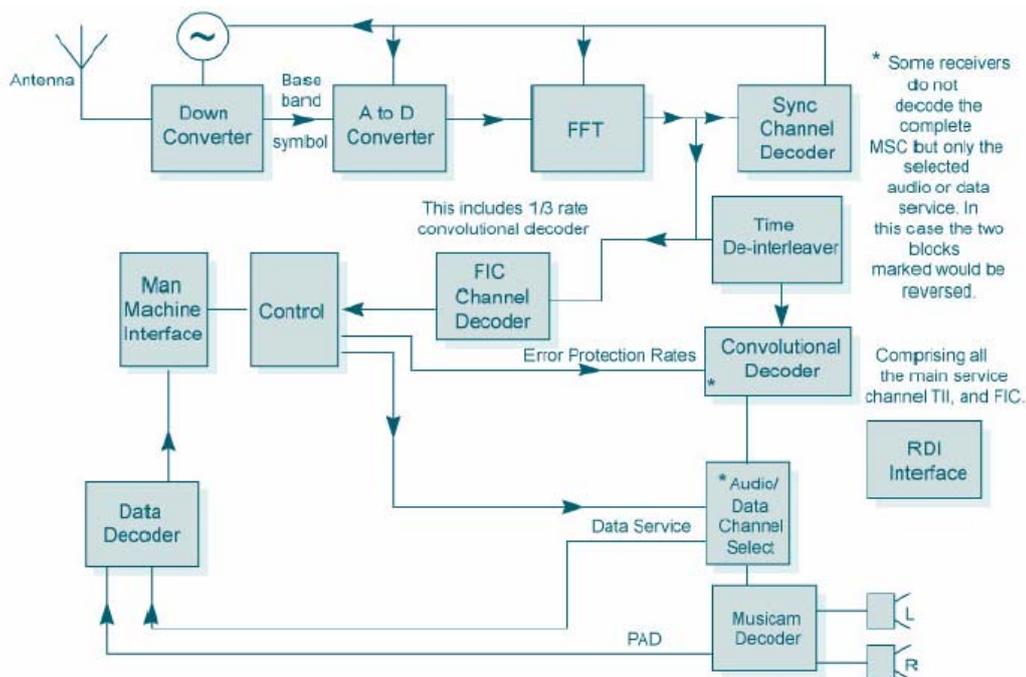


Figura 2.17 Diagrama de Bloques del Receptor Eureka 147

Como se observa, el equipo receptor funciona tanto en banda III como en banda L.

2.7 MODULACION COFDM

COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) son las siglas que denotan la modulación elegida para transportar la señal de radio digital, el principio de la modulación ortogonal se basa en que los máximos de cada portadora se hacen coincidir con los ceros de las otras, como se puede apreciar en la figura.

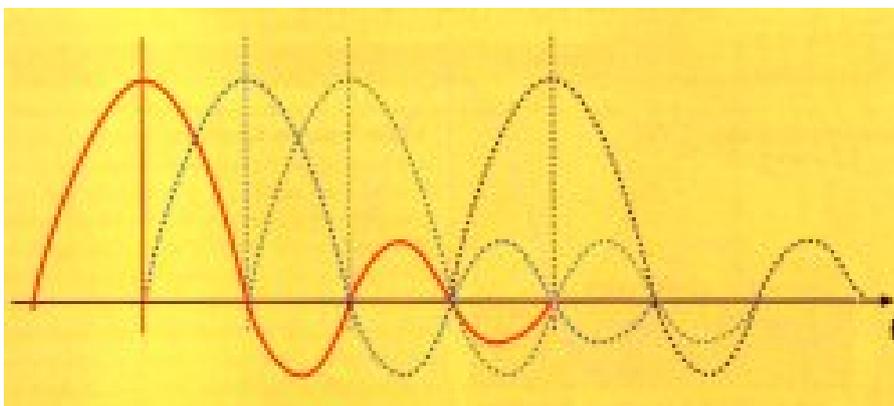


Figura 2.18 Modulación Ortogonal

La presencia de trayectos múltiples en propagación de radio es un fenómeno que se debe a las reflexiones (ecos) de las ondas sobre el suelo o los obstáculos presentes en el trayecto que une el emisor al receptor. En transmisión analógica o digital, este fenómeno es la causa de desvanecimientos de la señal recibida. En analógica, la consecuencia es la fuerte degradación de la relación señal-ruido de video pudiendo llegar hasta una imagen inexplorable. En digital estos desvanecimientos degradan fuertemente la tasa de error binario; este es el fenómeno de interferencia íter símbolo.

La técnica COFDM permite explotar estos trayectos múltiples que, por la naturaleza de la modulación, son constructivos. Es decir que el receptor COFDM se alimenta del conjunto de señales que le llegan: cada eco aporta su contribución al mejoramiento de la relación señal-ruido y de la tasa de error.

La técnica COFDM se basa en una distribución tiempo-frecuencia de la información individualmente modulada a bajo nivel. Esta equivale a preferir una transmisión paralela a una transmisión en serie, y se vuelve no selectivo en frecuencia al canal con respecto a cada una de las portadas. En otros términos, el tiempo símbolo en cada una de las portadas se vuelve netamente mas largo que el tiempo de despliegue de los ecos, minimizando así la interferencia íter símbolo. Además la inserción de un intervalo de guardia temporal permite absorber los ecos y sacar partido de manera constructiva. La figura 2.19 muestra la representación tiempo frecuencia de la señal COFDM.

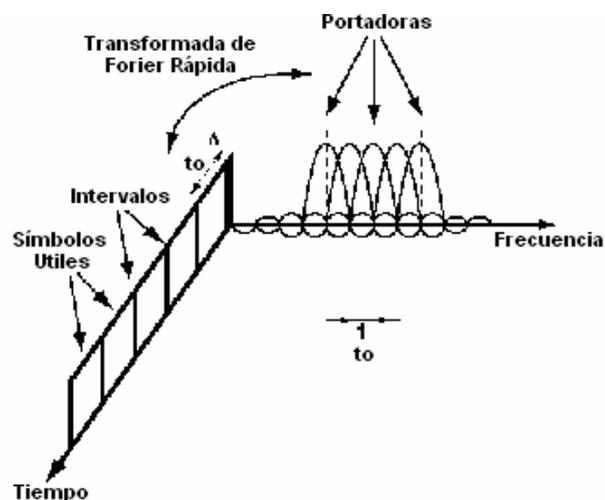


Figura 2.19 Representación Tiempo – Frecuencia de la Señal COFDM

La distribución de la información en N señales transmitidas en paralelo no constituye una condición suficiente para una transmisión sin errores: interesándonos a uno cualquiera de ellos, podemos considerar que, según su posición en el campo frecuencial, será recibido con una atenuación mas o menos importante, consecuencia de interferencias destructivas o constructivas.

Pero si sólo se aplicara este principio, algunas informaciones serían bien transmitidas mientras que otras serían absorbidas por los desvanecimientos del canal. En el caso extremo en el que un eco de amplitud idéntica a la de la señal principal crea un desvanecimiento local absoluto, es interesante observar que la tasa de error no disminuye, y esto, sea cual fuera la potencia emitida. Si suponemos por ejemplo que el 1% de las portadoras está apagado a la entrada del receptor, la tasa de error llega a su máximo en 5×10^{-3} .

La técnica COFDM explota de manera sistemática los trayectos múltiples entre el emisor y el receptor utilizando el hecho que señales suficientemente separadas en frecuencia y en tiempo no pueden ser afectadas de forma idéntica. Las informaciones transmitidas en diferentes instantes sobre portadoras alejadas del espacio de las frecuencias son entonces unidas entre ellas por una codificación que produce una redundancia que asegura al receptor la posibilidad de reconstituir las informaciones perdidas durante la transmisión, gracias a la correlación que las une a las informaciones correctamente recibidas. Esto puede ser realizado por una codificación convolutiva asociada a un entrelazamiento en tiempo y en frecuencia.

La diversidad aportada por este entrelazamiento juega un rol vital en el sistema. El decodificador solo puede funcionar correctamente si las sucesivas muestras presentadas a su entrada son afectadas por distorsiones independientes. En la práctica, estas distorsiones están fuertemente correlacionadas en tiempo y en frecuencia. El entrelazamiento tiene como efecto romper esta correlación, y permite al decodificador integrar los fenómenos de desvanecimientos locales en toda la banda y en toda la profundidad del entrelazamiento temporal: los rendimientos del sistema ya solo dependen entonces de la relación entre señal y ruido medio.

Cuando el canal es casi invariable en tiempo, la diversidad en frecuencia es suficiente para asegurar un buen funcionamiento del sistema: desde ese punto de vista, la existencia de trayectos múltiples es una forma de diversidad y debe ser considerada como una ventaja. En efecto, la relación entre señal y ruido medio aumenta ni bien la señal recibida es reforzada por ecos que no pueden combinarse de manera destructiva sobre el conjunto de la banda de la señal: este es el caso cuando los ecos están separados por un tiempo de propagación mínimo superior a la inversa del ancho de la banda de la señal.

En conclusión, la asociación de la distribución tiempo - frecuencia de la información y de la codificación permite aprovechar plenamente la propagación por trayectos múltiples, particularmente explotando los ecos constructivos – estadísticamente mayoritarios – para aumentar la potencia útil de la señal recibida y a la vez ayudar a la recuperación de la información perdida en los ecos destructivos.

Una ventaja adicional de la señal COFDM es que se puede transmitir en redes de una sola frecuencia un número determinado de programas. Esto es posible porque el máximo de retardo de la señal resultante de la distancia del transmisor es más corta que el intervalo de guarda.

La trama ETI se distribuye en 1536 portadoras (en modo 1), que cada una de ellas están moduladas QPSK a la correspondiente baja velocidad. Las portadoras están colocadas de forma que una no influya en las demás. Como resultado el periodo de cada símbolo que se obtiene es considerablemente superior que cualquier retardo de señal. Existen distintos modos de transmisión que quedan reflejados en el cuadro.

MODOS DE TRANSMISIÓN				
Parámetros del Sistema	I	II	III	IV
Duración del Frame	96 ms	24 ms	24 ms	48 ms
Duración del Símbolo Null	1297 us	324 us	168 us	648 us
Duración del Intervalo de Guardia	246 us	62 us	31 us	123 us
Rango de Frecuencia Nominal	< 375 MHz	<1.5 GHz	<3 GHz	<1.5 GHz

Duración del Símbolo Useful	1 ms	250 us	125 us	500 us
Duración del Símbolo Total	1246 us	312 us	156 us	623 us
Número de Portadoras Radiadas	1536	384	192	768

Tabla 2.4 Modos de Transmisión

Por ejemplo, para transmisión en modo 1 la distancia máxima entre transmisores es de 90 Km; los receptores recibirán las señales de otros transmisores como ecos útiles y por tanto no provocarán interferencias.

2.7.1 TRANSMISOR COFDM

A continuación se presenta el diagrama de bloques del transmisor:

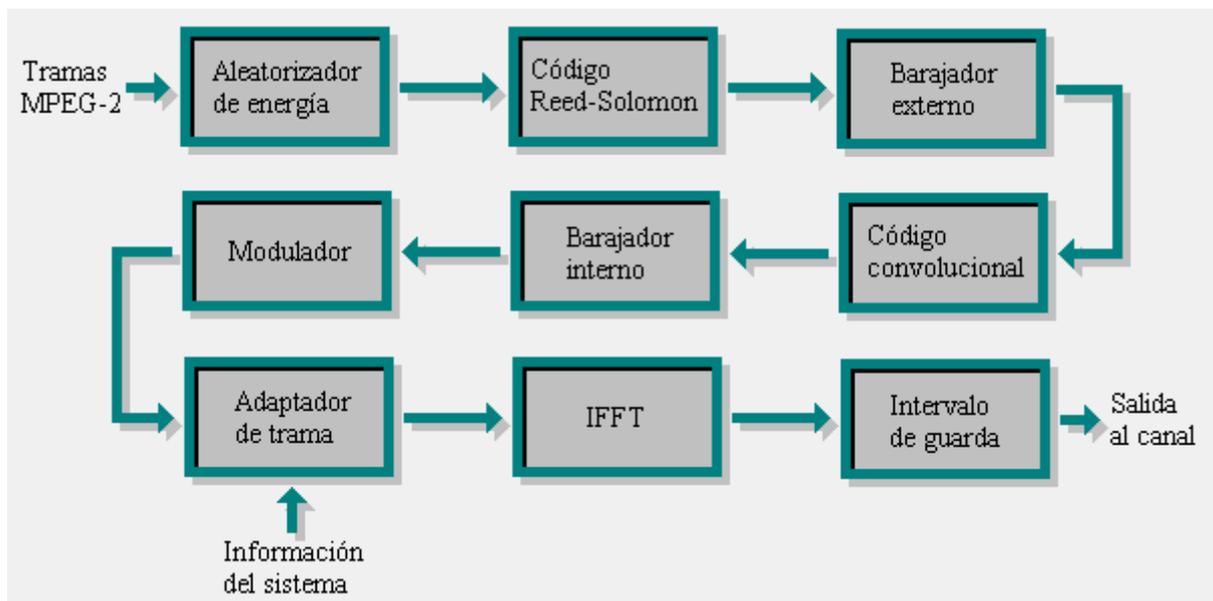


Figura 2.20 Transmisor COFDM

En el diagrama se puede ver cada uno de los elementos que conforman la cadena emisora y su disposición. Se ha omitido la parte de radiofrecuencia y se muestra la ubicación e interconexión entre elementos tal y como viene recogido en el estándar.

Los tres primeros elementos del diagrama son comunes a otros estándares vigentes como el estándar de difusión vía satélite y difusión por cable. Estos elementos se orientan fundamentalmente a la implementación de un codificador

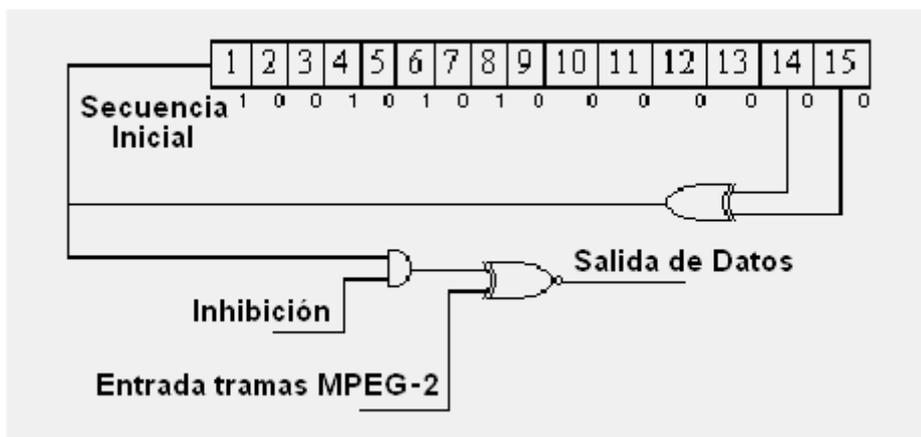


Figura 2.22 Obtención de la Secuencia Pseudo Aleatoria

El proceso de aleatorización consiste en hacer una O-exclusiva entre los bits que componen los datos de entrada y la secuencia pseudo aleatoria obtenida.

CÓDIGO REED-SOLOMON

Este bloque va a ser el primer paso para conseguir robustez contra errores. Su inclusión viene motivada porque a la salida del decodificador de canal en el receptor se tiene una tasa de bits erróneos del orden de 10^{-4} la cual es muy elevada para la transmisión de la señal. Así, la introducción de este código consigue obtener a la salida del receptor unas tasas de errores muy bajas.

Este codificador implementa un código bloque del tipo Reed-Solomon, que pertenece a una subclase de los códigos BCH en la que los elementos con los que se trabaja son grupos de bits, ocho en este caso.

En el estándar, el código Reed-Solomon definido es el sistemático RS(204,188,8) lo que quiere decir que ante una entrada de 188 bytes añade 16 bytes de paridad lo que da un total de 204 bytes, obteniendo la capacidad de corregir hasta 8 bytes erróneos arbitrarios.



Figura 2.24 Funcionamiento del Barajador Externo

El sistema está compuesto por dos conmutadores y doce ramas en las que hay intercalados un número creciente de registros. Los conmutadores siempre están sincronizados, lo que quiere decir que si el de entrada apunta a una rama el de salida coge datos de la misma rama. Cada vez que un dato entra por una rama ambos conmutadores pasan a la siguiente posición (de forma cíclica).

La aleatorización se ve reflejada en el hecho de que en cada rama exista un número determinado de registros que provoca un retardo variable entre la entrada de un dato por un conmutador y la salida por el otro.

Cada registro contiene capacidad para 17 bytes. Estos registros se comportan como colas FIFO y caracterizan el comportamiento que presenta cada rama.

Partiendo de la primera rama que no posee ningún registro, el número de registros que posee cada rama se incrementa en una unidad con respecto a la anterior, llegando así a la duodécima rama, que posee once registros. Una característica que conviene resaltar es que los bytes dirigidos por la primera rama no sufren ningún retardo. Esta circunstancia se aprovecha con fines de sincronización; así, los bytes de sincronismo de las tramas MPEG-2 van siempre dirigidos por la primera rama.

Una última consideración a realizar es que al empezar a trabajar, y debido a las colas FIFO, el bloque pasa por un periodo transitorio (en este periodo se entregan

a la salida bytes que no pertenecen a la estructura de datos de la entrada) que hay que tener en cuenta para su posterior eliminación.

2.7.1.4 CÓDIGO CONVOLUCIONAL

Este elemento constituye el primer bloque que forma parte del codificador de canal. La función que va a desarrollar va a ser la codificación de los bits que se presentan a la entrada mediante la introducción de bits de redundancia que habilitarán la corrección de errores en recepción.

El funcionamiento del convolucional está basado en registros de memoria (de capacidad de 1 bit) y sumas módulo dos. La codificación de los bits se realiza a partir del valor del bit presente a la entrada y los valores de los m bits anteriores que están guardados en los registros.

El codificador convolucional que define el estándar se construye a partir de un código convolucional que denominaremos como código base. Por lo tanto, se definirá este código en primer lugar, para posteriormente, obtener las distintas tasas que el estándar contempla en función del código base.

El código convolucional base está formado por seis registros de memoria y dos bits de salida por cada bit de entrada, los polinomios que generan el código son:

$$g_1(D) = 1 + D + D^2 + D^3 + D^6$$

$$g_2(D) = 1 + D^2 + D^3 + D^5 + D^6$$

2.7.1.5 BARAJADOR INTERNO

El barajador interno tiene como misión limitar en lo posible la longitud de las ráfagas de errores que se puedan producir durante la transmisión para que estas no desborden la longitud máxima soportada por el código corrector intentando conseguir así una decodificación libre de errores.

Para conseguir esta limitación se implantan dos barajadores, uno que trabaja a nivel de bits y otro que trabaja a nivel de grupos de bits (símbolos).

El barajador de bits consigue que los grupos de bits que dan lugar a un símbolo no estén formados por bits consecutivos de la entrada. Esto se consigue barajando los bits siguiendo un patrón fijo que se basa en una rotación cíclica.

Los bits serializados que provienen del bloque anterior se agrupan de 126 en 126 y cada grupo se introduce en los registros de cada una de las ramas que conforman el barajador.

El número de ramas depende de la modulación empleada, así, para la QPSK y la 16-QAM habrá cuatro ramas y para la 64-QAM seis ramas.

Una vez que tenemos cada registro lleno con los 126 bits, se les aplica una rotación que depende de la rama con la que se esté trabajando. Después de aplicar dicha rotación los bits de cada rama pasan a alimentar la entrada del barajador de símbolo.

En la figura 2.25 se puede observar un diagrama de bloques del barajador interno:

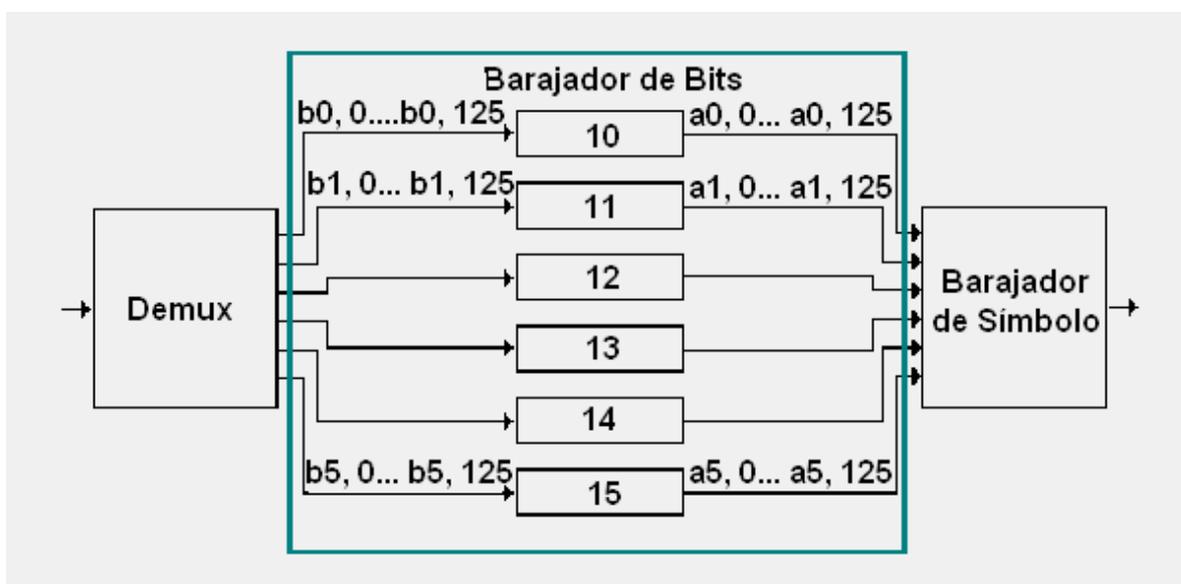


Figura 2.25 Diagrama de Bloques de Barajador Interno

El último bloque de la figura 2.25 es el barajador de símbolo que como se observa agrupa los bits de 4 en 4 (QPSK o 16-QAM) o de 6 en 6 (64-QAM) cogiendo uno de cada rama.

Ahora que ya se han formado los símbolos, el barajador de símbolo será el encargado de desordenarlos. El barajador de símbolo es el primer bloque que se ve afectado por el modo de transmisión. Dependiendo del modo utilizado la profundidad de trabajo de este barajador será de 1512 posiciones en el modo 2K o 6048 en el modo 8K; con profundidad de trabajo se quiere decir la cantidad de símbolos que se cogen cada vez para desordenar.

Debe observarse que, puesto que en el barajador de bits, en cada ejecución, se crean 126 grupos de bits (símbolos) hacen falta 12 ejecuciones de este barajador para cubrir las 1512 posiciones en el caso de trabajar en el modo 2K, mientras que para cubrir las 6048 posiciones del modo 8K hacen falta 48 ejecuciones.

Para finalizar cabe destacar que al desordenar símbolos lo que se está consiguiendo es separar portadoras (cada símbolo modula una portadora) que estén correlacionadas entre sí de forma que ante un desvanecimiento profundo la posibilidad de que símbolos contiguos se vean afectados, sea pequeña. Así, una portadora atenuada puede ser recuperada a partir de la correlación que existe con otras portadoras que no han sido atenuadas.

2.7.1.6 MODULADOR

En el segundo bloque del barajador interno, la unidad de trabajo ya eran los símbolos. Realmente se trabajaba con grupos de bits que posteriormente iban a dar origen a los símbolos. Justamente este elemento, el modulador, será el que se encargue de hacer la conversión de grupos de bits a símbolos.

Las constelaciones recogidas en el estándar son las siguientes: QPSK, 16-QAM y 64-QAM. Todas estas constelaciones tienen en común que la asignación binaria de los elementos se corresponde a un código Gray. Un código Gray se caracteriza por tener una diferencia de un solo bit entre dos símbolos que estén a

distancia mínima. Si la relación señal a ruido es suficientemente alta es mucho más probable que un símbolo sea confundido con un símbolo vecino que con otros que disten mucho del símbolo inicialmente transmitido.

De los bits que forman parte de la asignación binaria de un símbolo, algunos de ellos están relacionados con la parte real del mismo y otros con la parte imaginaria. Por ejemplo, en el caso de emplear una 64-QAM (6 bits), los bits 0, 2 y 4 están relacionados con la parte real de los símbolos y los bits 1, 3 y 5 con la imaginaria.

Para finalizar hay que decir que los símbolos de la constelación deben de ser multiplicados por unos valores para conseguir que estén normalizados en energía.

2.7.1.7 ADAPTADOR DE TRAMA

Llegados a este punto ya tenemos una representación en forma compleja de los datos que se desean transmitir, pero aunque ya tenemos los datos preparados para ser transmitidos es necesario enviar alguna información adicional para que el receptor pueda realizar una correcta decodificación de los datos. En el modo 2K se tenían 1512 símbolos cada uno de los cuales va a modular una portadora, sin embargo se van a transmitir 1705 portadoras, es decir 193 portadoras llevarán esta información adicional. En el modo 8K se dispondrá de 769 portadoras.

La información adicional que va a ser transmitida es:

- **Señales piloto:** van a servir para conseguir sincronización y una estimación del comportamiento del canal.
- **Señales de información del sistema:** se utilizarán para indicar en el receptor cuales son los parámetros empleados en la transmisión, como puede ser el modo usado, el valor del intervalo de guarda.

La señal que se va a transmitir soporta una estructura de trama como la que se muestra en la figura 2.26:

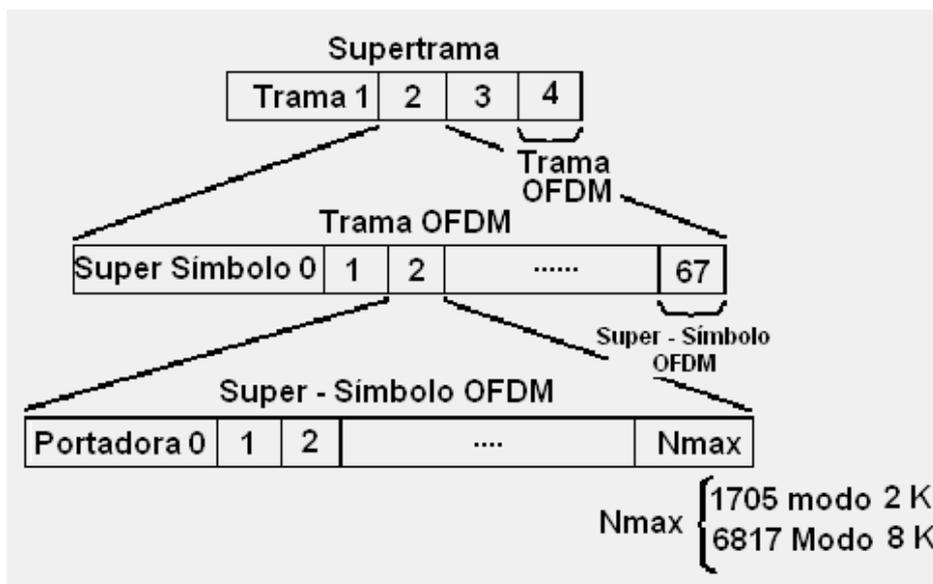


Figura 2.26 Estructura del Adaptador de Trama

El elemento básico es la trama OFDM; cada trama se divide en 68 supersímbolos y, por último, cuatro tramas constituyen una supertrama. Esta estructura que se acaba de presentar y el número de portadoras de datos en los dos modos vienen determinados por la intención de que, al final de una supertrama, el número de salidas del codificador Reed-Solomon sea un número entero.

- **Señal Piloto**

Hay dos tipos de señales piloto atendiendo a su disposición dentro del supersímbolo. Diferenciamos entre aquellas señales que siempre modulan las mismas portadoras y aquellas otras que modulan distinta portadora en función de la posición del supersímbolo dentro de la trama COFDM.

La característica diferenciadora entre las portadoras de las señales piloto y el resto de las portadoras es que las primeras son transmitidas con una potencia mayor. De hecho se cumple que para los símbolos de datos la energía vale 1 mientras que para las portadoras de las señales piloto esta energía vale 16/9.

Los dos tipos de señales piloto son: las de posición fija que ocupan 45 portadoras en el modo 2K y 177 en el modo 8K y las de posición variable que

cambian su posición de supersímbolo a supersímbolo siguiendo un patrón que se repite cada cuatro supersímbolos.

- **Las Señales de Información del Sistema**

La función de esta señalización es llevar los parámetros con los que está trabajando el esquema transmisor hasta el receptor para que éste pueda hacer una correcta decodificación de la señal que le llega. En concreto la información que se transmite es:

- La constelación empleada.
- El valor del intervalo de guarda empleado.
- La tasa del codificador convolucional.
- Otros parámetros que se aplican en caso de transmisión jerárquica y que aquí no hemos tratado.

La información del sistema siempre modula las mismas portadoras dentro de un supersímbolo OFDM. El número de portadoras usadas es de 17 en el modo 2K y 68 en el modo 8K. Las portadoras de información del sistema emplean la modulación DBPSK.

2.7.1.8 IFFT

Una vez que se tienen todos los datos distribuidos en frecuencia, el siguiente paso que establece el estándar es la aplicación de la IFFT con lo cual, a partir de este punto, se pasa a trabajar en el dominio temporal.

La realización del algoritmo de la IFFT para que sea eficiente, el número de puntos con los que debe trabajar tiene que ser potencia de dos, por lo que en el modo 2K se trabaja con 2048 puntos y en el modo 8K con 8192.

2.7.1.9 INTERVALO DE GUARDA

Este es el último bloque del transmisor y trata de combatir el multitrayecto, ya que ésta es una característica habitual en el tipo de canal para el que está destinada esta modulación.

La modulación emplea una técnica que consiste en habilitar un cierto intervalo temporal que se añade al intervalo de tiempo necesario para la transmisión de un supersímbolo. Con esto se evita que unos símbolos se vean afectados por otros (interferencia inter-símbolo), aunque un símbolo siempre puede ser afectado por una versión retardada de sí mismo (interferencia intrasímbolo).

Los efectos se pueden observar en la figura 2.27, en donde el símbolo K de la señal directa se ve afectado por la versión retardada de sí mismo. Ahora bien, si la duración del intervalo de guarda está bien dimensionada, el símbolo K de la señal directa no se ve afectado por el símbolo K-1 de la señal retardada, cosa que sí ocurriría en caso de no existir el intervalo de guarda.

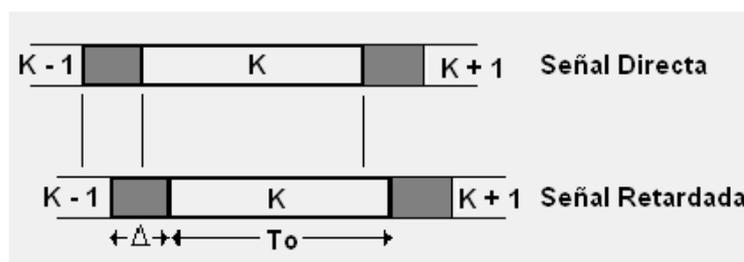


Figura 2.27 Intervalo de Guarda

La realización de este bloque se lleva a cabo mediante una extensión cíclica de la salida de la IFFT. Esto nos lleva a que la duración total del periodo de símbolo será $T_{\text{Símbolo}} = T_0 + \Delta$, siendo T_0 el símbolo útil en el intervalo y en el cual se concentra toda la información transmitida, y Δ , es la duración del intervalo de guarda. Esta extensión cíclica no es más que la copia de un determinado número de las últimas muestras de la salida de la IFFT, y la colocación al principio a modo de prefijo, como se muestra en la figura 2.28.

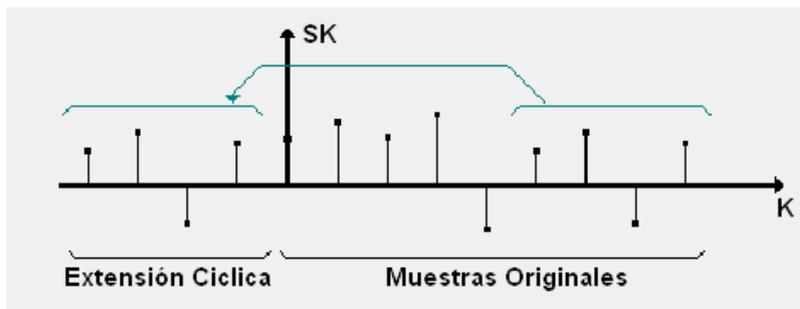


Figura 2.28 Extensión Cíclica

La desventaja de la introducción del intervalo de guarda consiste en una reducción de la eficiencia espectral, ya que hay que transmitir muestras duplicadas que no aportan nueva información.

El estándar considera cuatro posibles valores para la duración del intervalo de guarda.

Estos cuatro valores son 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32 de la duración de la parte útil del periodo de símbolo de cada uno de los dos modos posibles.

En la tabla 2.5 se muestra el número de muestras de las que se componen el intervalo de guarda atendiendo al valor de su duración y al modo de transmisión utilizado:

	$\Delta/T_o = 1/4$	$\Delta/T_o = 1/8$	$\Delta/T_o = 1/16$	$\Delta/T_o = 1/32$
Modo 2K	512	256	128	64
Modo 8K	2048	1024	512	256

Tabla 2.5 Número de Muestras del Intervalo

Nótese que el envío de un mayor número de muestras en el intervalo de guarda tiene repercusión directa en las tasas binarias que se logran transmitir.

2.7.2 RECEPTOR COFDM

A continuación se presenta un esquema donde se puede ver la disposición de los distintos bloques que componen la cadena receptora de un receptor COFDM:

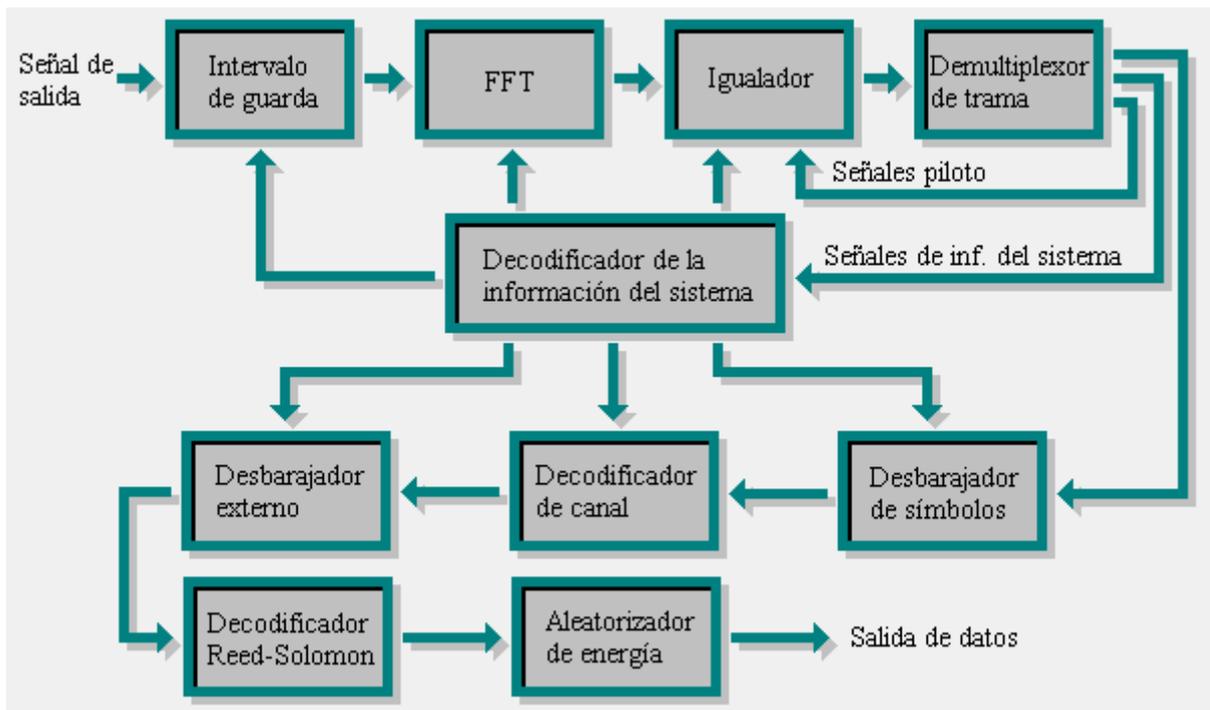


Figura 2.29 Receptor COFDM

Las especificaciones dadas en el estándar no condicionan la realización del receptor, ya que únicamente imponen un límite temporal, que restringe el retardo máximo permitido para que el receptor entregue tanto imágenes como sonido. En consecuencia, las especificaciones recogidas en el estándar dejan una total libertad a la hora de implementar el sistema receptor ya que no establece restricciones para poner en práctica cualquier tipo de solución.

A pesar de esta libertad para implementar el receptor, en muchos casos la mejor solución es implementar un bloque que realice la función inversa del correspondiente bloque del transmisor.

De igual forma que en el transmisor, se puede hacer una división del dominio de trabajo antes y después de la realización de la FFT que son el temporal y frecuencia, respectivamente.

2.7.2.1 INTERVALO DE GUARDA

Este primer bloque del receptor tiene como misión la eliminación del intervalo de guarda en transmisión, introducido justo antes de la salida al canal con el objetivo

de evitar los efectos del multitrayecto con respecto a la interferencia intersímbolo, de forma que la única interferencia posible sea la denominada como intrasímbolo.

La señal recibida se muestrea con un periodo de muestreo de $T = 7/64 \mu s$, y se toman un número determinado de muestras según el modo de transmisión y el valor de la duración del intervalo de guarda. La eliminación del intervalo de guarda consiste en no tener en consideración las M primeras muestras de cada periodo de símbolo, como se muestra en la figura 2.30:

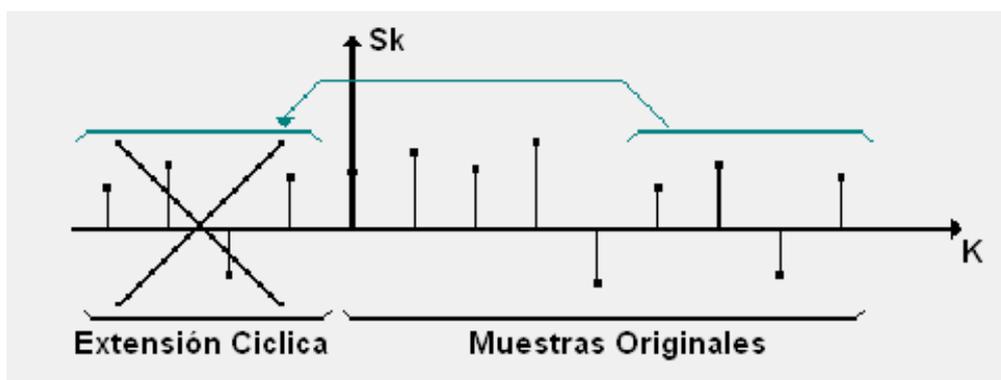


Figura 2.30 Primeras Muestras de Cada Período de Símbolo

El valor que ha de tomar M se puede observar en la tabla 2.5 que se encuentra en función del modo de transmisión y de la duración del intervalo guarda.

Una vez eliminado el intervalo de guarda, las muestras restantes llevan toda la información necesaria para una correcta demodulación y constituirán la entrada del siguiente elemento.

2.7.2.2 FFT

Este bloque tiene como objetivo realizar la operación inversa a la IFFT de la cadena transmisora, por lo que ahora se realizará la transformada de Fourier directa (FFT).

En la siguiente figura 2.31 se muestran los pasos a realizar en este bloque para obtener la información adecuada que espera el siguiente elemento de la cadena receptora (el igualador).

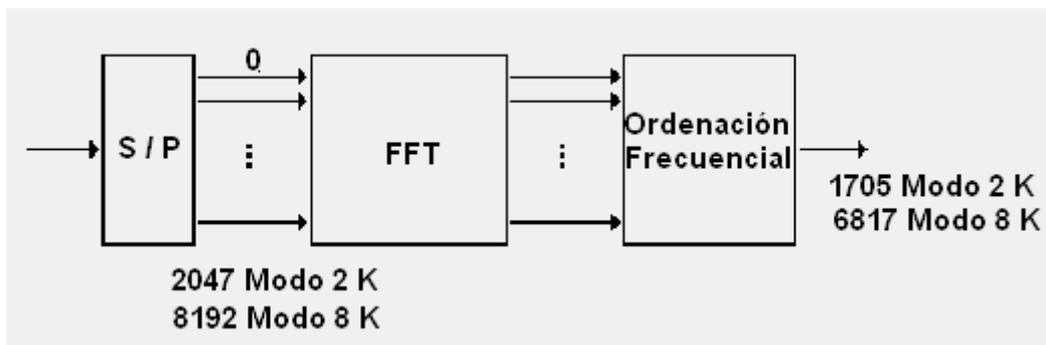


Figura 2.31 Obtención de la Información Adecuada.

El número de puntos que se utilizarán en el algoritmo de la FFT dependerá del modo de transmisión usado, 2048 puntos para el modo 2K y 8192 puntos para el modo 8K, para poder realizar el algoritmo de la IFFT había que completar con ceros las muestras de entrada hasta obtener 2048 o 8192 puntos, según el caso.

Por lo tanto, en el receptor, después de realizar la FFT es necesaria una ordenación frecuencial para eliminar los puntos correspondientes a las altas frecuencias y que no llevan información ya que valen cero. Esta ordenación frecuencial consiste en descartar esos valores nulos y serializar solamente 1705 o 6817 valores dependiendo del modo de transmisión.

2.7.2.3 IGUALADOR

Una vez hecho el paso del dominio temporal al frecuencial, el igualador tiene como misión mitigar en lo posible las distorsiones inherentes al canal.

Debido a que no existen canales perfectos, el receptor será alcanzado por diversas señales que serán versiones retardadas del rayo directo, por lo que el intervalo de guarda elimina la interferencia intersímbolo, y la misión del igualador será la de eliminar la interferencia intrasímbolo intentando compensar la acción del canal.

Si el número de portadoras transmitidas es suficientemente grande, el comportamiento frecuencial del canal no será selectivo, es decir, se puede

considerar que la influencia del canal para cada portadora se reduce a una atenuación y una fase, siempre que el canal sea estable durante el periodo de tiempo que dura un supersímbolo.

Si denominamos H_k al valor con el que el canal afecta al ancho de banda ocupado por la portadora k -ésima, la igualación, según el criterio de cero forzado se realiza multiplicando la portadora k -ésima por $1/H_k$. Este criterio no tiene en cuenta el ruido presente, por lo que ante nullos espectrales, H_k será un valor alto y el ruido que acompaña a la señal en esas frecuencias se verá tremendamente amplificado.

Si se quiere tener en cuenta el efecto combinado del ruido y de la interferencia, se puede optimizar según el criterio del mínimo error cuadrático, en la que la portadora k -ésima se ve multiplicada por el coeficiente

$$I_k = \frac{H_k}{|H_k|^2 + \sigma_n^2 / \sigma_a^2}$$

Donde σ_n^2 es la varianza de ruido aditivo y σ_a^2 es la varianza de los símbolos transmitidos.

Para obtener los valores de H_k se usan las señales piloto insertadas en todos los supersímbolos. Así, se hace una buena estimación en las frecuencias donde están situadas las señales piloto, mientras que el resto de los H_k se calculan mediante interpolación.

2.7.2.4 DEMULTIPLEXOR DE TRAMA

En un supersímbolo OFDM no sólo se transmiten datos, sino que ciertas portadoras son moduladas con otro tipo de señales que sirven para facilitar el trabajo del receptor. Estas otras señales son:

- Las señales piloto, tanto de posición fija como variable, son las encargadas de llevar al receptor información del comportamiento del canal.

- Las señales de información del sistema, que son de posición fija, llevan parámetros que son necesarios en el receptor para poder realizar una correcta decodificación de los datos recibidos.

Debido a que cada portadora lleva información de distintos tipos, se hace necesario realizar una separación entre los distintos tipos de información; este es el objetivo del demultiplexor de trama. Este bloque se encarga de sacar por tres canales distintos los datos, la información del sistema y las señales piloto. En la figura 2.32 se observa dicha separación de canales:

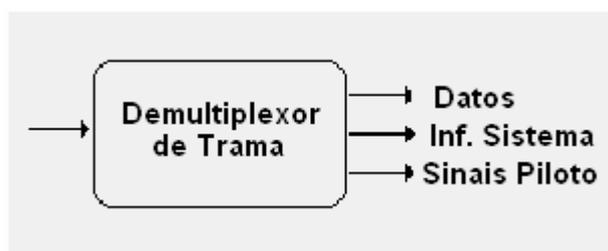


Figura 2.32 Demultiplexor de Trama

Cabe destacar que en el caso de las señales piloto también saca la posición de la portadora que modula cada señal (es decir, la frecuencia de cada señal piloto), lo cual es muy útil para el trabajo del igualador.

Otro aspecto importante de este bloque es que tiene que haber una buena sincronización para realizar un buen desentramado. Esto se hace en un principio con las portadoras de las señales piloto, ya que éstas fueron transmitidas con una potencia mayor que el resto.

Además, como el patrón que siguen estas portadoras al ser moduladas es conocido, el trabajo de sincronización se ve facilitado.

2.7.2.5 DECODIFICADOR DE LA INFORMACIÓN DEL SISTEMA

La información del sistema es importante para un correcto funcionamiento del receptor. De su decodificación depende que el receptor elija de forma adecuada los parámetros para realizar una correcta decodificación de los datos.

Este bloque se encargará de la decodificación de la información transportada por las portadoras asignadas a tal fin. Las muestras correspondientes a estas portadoras se encuentran a la entrada de este elemento a partir de la entrega realizada por el demultiplexor de trama.

En el proceso de decodificación de la información del sistema podemos distinguir tres etapas diferenciadas:

- En la primera etapa se intentará deshacer la modulación DBPSK obteniendo una secuencia que puede no estar libre de errores, por lo que en el transmisor se empleó un código bloque para su corrección.
- Por consiguiente la segunda etapa consistirá en pasar los bits decididos por el decodificador con el código BCH.
- La última etapa consistirá en obtener los valores de los parámetros de transmisión en función de los bits obtenidos en la etapa anterior.

La figura 2.33 muestra estas tres etapas:

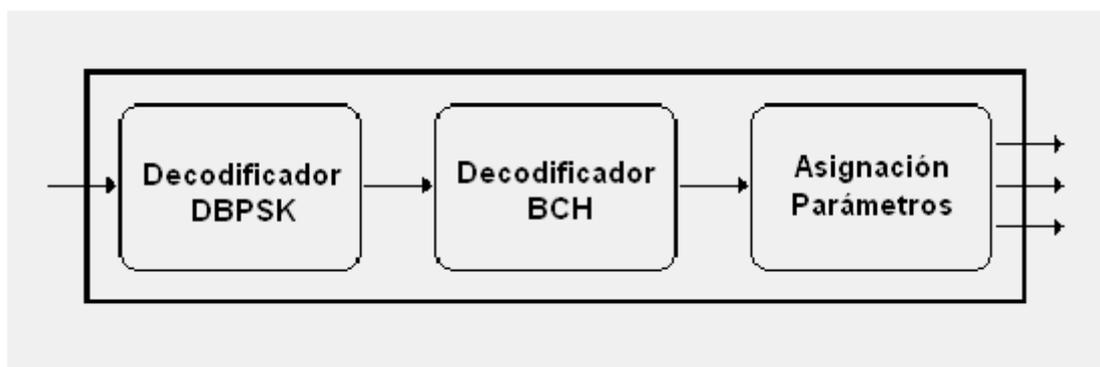


Figura 2.33 Proceso de Decodificación

La modulación DBPSK se emplea para determinar los valores correspondientes a las portadoras encargadas de transportar la información del sistema. Para obtener esta información es necesario tomar un bit de cada supersímbolo de una trama OFDM. Para realizar la demodulación es necesario tener guardados en memoria los valores de las muestras correspondientes a los supersímbolos anteriores (17 para el modo 2K y 68 para el modo 8K).

El siguiente elemento hace uso de la redundancia añadida en transmisión para la protección contra errores. El código sistemático BCH (67,53,t=2) proporciona esta protección.

2.7.2.6 DESBARAJADOR DE SÍMBOLOS

El demultiplexor de trama tiene tres salidas: las señales piloto, que son usadas por el igualador de canal; la información del sistema y los datos

A la entrada del desbarajador de símbolos, los datos son valores complejos, para lo cual implementa la función inversa de la segunda parte del barajador interno implementado en la transmisión.

En el barajador interno, las unidades de trabajo son grupos de bits que conforman los símbolos.

En el transmisor lo que se hacía era alejar los símbolos correlacionados entre sí para que, en el caso de que hubiese un desvanecimiento, no se viesen afectados todos a la vez y así ayudar a la recuperación de la información. Por lo tanto aquí, en el desbarajador de símbolo, lo que se hará será deshacer lo barajado en el transmisor (agrupar las portadoras correlacionadas).

Es importante señalar que, en este bloque, no se toma ninguna decisión sobre los valores recibidos, simplemente se reubican los datos.

Para realizar su tarea, este bloque usa la misma permutación que la empleada por el transmisor. Así, a la entrada se tienen 1512 valores complejos (en el modo

2K) o 6048 (en el modo 8K), y después de aplicar la permutación se obtienen a la salida la misma cantidad de valores complejos. Se consigue así que los símbolos recuperen la ordenación primitiva que tendrían de no haber barajador de símbolo.

La figura 2.34 da una idea de cómo funciona la permutación:

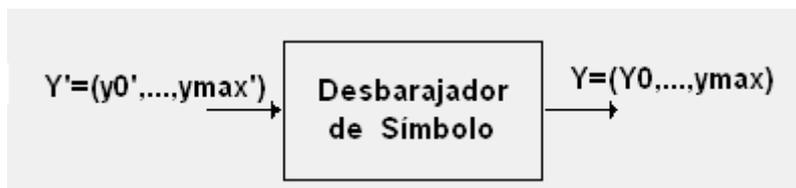


Figura 2.34 Funcionamiento de la Permutación

2.7.2.7 **DECODIFICADOR DE CANAL**

El decodificador de canal es el bloque del que van a depender en mayor medida las prestaciones del receptor. En transmisión el codificador de canal está formado por el código convolucional, el barajador interno y la constelación.

En teoría el decodificador de canal debería de ser el bloque que deshiciera las acciones realizadas por los bloques anteriormente mencionados del transmisor, sólo que ahora hay que tomar decisiones sobre la señal recibida. Como en el bloque anterior (el desbarajador de símbolo). El estándar da libertad para la realización del receptor, y es en este bloque donde se puede hacer uso de esta libertad para crear receptores con diferentes esquemas.

2.7.2.8 **DESBARAJADOR EXTERNO**

Después de las decisiones tomadas en el decodificador de canal lo que obtenemos es una secuencia binaria que no está libre de errores de transmisión.

El estándar pone como límite superior aceptable a la salida del bloque anterior una tasa de errores de 2×10^{-4} .

Esta tasa de errores es muy elevada para esta aplicación, por lo que se introduce el barajador externo en el transmisor y el equivalente en el receptor para así poder bajar la tasa de errores hasta un límite que hace que se pueda considerar que se ha realizado una comunicación libre de errores.

La misión que tiene el desbarajador externo es la de limitar las longitudes de las posibles ráfagas de errores que se puedan producir, para que los errores estén lo más dispersos posible. Con esto se logra que su detección y corrección sea más fácil de realizar.

Este elemento trabaja a nivel de bytes ya que el código externo está diseñado para dar protección a estas unidades. El funcionamiento de este bloque es el siguiente:

- Los bytes son paralelizados por el conmutador de entrada. El conmutador funciona de forma cíclica: cada vez que dirige un byte por una rama, conmuta a la siguiente posición.
- A la salida hay otro conmutador que siempre está apuntando a la misma rama que el conmutador de entrada y que recoge un byte de la cola FIFO situada en esa rama.
- Las colas FIFO que forman parte de cada rama disminuyen su número de registros a medida que vamos aumentando el número de la rama. Así, llegamos a que la última rama no tiene ningún registro
- Cada registro tiene una capacidad de 17 bytes, lo cual concuerda con el sistema equivalente en transmisión.

Las características se pueden observar en el gráfico 2.35

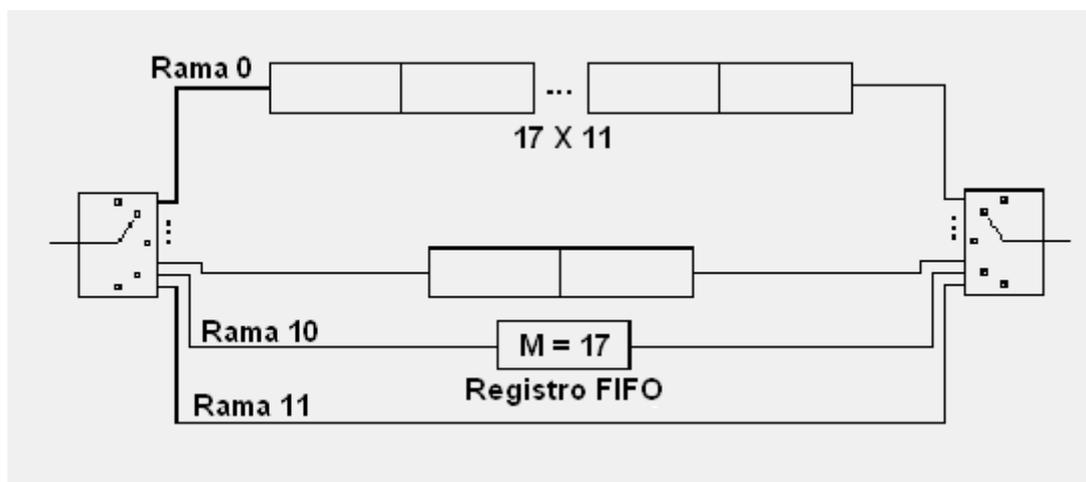


Figura 2.35 Desbarajador Externo

La única característica que diferencia el barajador en transmisión del desbarajador en recepción es que los registros crecen de forma contraria, lo cual tiene como objetivo compensar los retardos introducidos en transmisión, de forma que todos los bytes sufran el mismo retardo.

Al igual que en el barajador, al principio hay un estado transitorio mientras los registros no se llenan con bytes y esto ha de ser tenido en cuenta para eliminar los bytes que sobran.

2.7.2.9 DECODIFICADOR REED-SOLOMON

En el bloque anterior se limitaba la longitud de las ráfagas de errores para facilitar la detección y corrección de los mismos. El encargado de hacer esa detección y corrección es el decodificador Reed-Solomon.

El código empleado en transmisión fue el código sistemático RS(204,188,t=8), que tiene la capacidad de corregir hasta ocho bytes erróneos de los 204 bytes que constituyen la entrada en una ejecución, ya que este código posee una distancia mínima de $2t+1$. Como se ha podido observar la unidad de trabajo de este decodificador es el byte.

información a la entrada del transmisor ha de ser la misma que la información obtenida a la salida del receptor.

2.8 MPEG 2

MPEG (Moving Picture Experts Group), también conocido como Musicam, es un estándar de compresión de audio, video y datos establecido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Originariamente había 4 tipos diferentes MPEG-1, 2 ,3 y 4 que se diferencian en la calidad y ancho de banda usado.

Ofrece tres ventajas: compatibilidad mundial, gran compresión y poca degradación de la imagen. El estándar no especifica cómo se debe hacer la compresión. Los diferentes fabricantes luchan para determinar el mejor algoritmo, manteniendo siempre la compatibilidad.

Está pensado de manera que la descompresión sea relativamente sencilla y barata. Sin embargo, la compresión es realmente compleja y hasta hace poco, cara.

Una cadena MPEG se compone de tres capas: audio, video y una capa a nivel de sistema. Esta última incluye información sobre sincronización, tiempo, calidad, etc.

MPEG-1: Establecido en 1991, se diseñó para introducir video en un CD-ROM. Pero en aquel entonces eran lentos, por lo que la velocidad de transferencia quedaba limitada a 1.5 Mbits y la resolución a 352 x 240 pixels. La calidad es similar al VHS. Se usa para videoconferencias, etc. Si es usado a mayor velocidad, es capaz de dar más calidad.

MPEG-2: Establecido en 1994, se diseño para ofrecer mayor calidad con mayor ancho de banda (típicamente de 3 a 10 Mbits). En esa banda, proporciona 720 x 486 pixels de resolución, es decir, calidad de TV. Ofrece compatibilidad con MPEG-1.

MPEG-3: Fue una propuesta de estándar para la TV de alta resolución, pero como se ha demostrado que MPEG-2 con mayor ancho de banda cumple con este cometido, se ha abandonado.

MPEG-4: Está en discusión. Se trata de un formato de muy bajo ancho de banda y resolución de 176 x 144 pixels, se diseñó para videoconferencias sobre Internet, etc. Realmente está evolucionando mucho y hay fantásticos codificadores soft que dan una calidad semejante al MPEG-2 pero con mucho menor ancho de banda. Es la última moda.

La compresión interframe, usada por MPEG, crea fotogramas de referencia para luego comparar los anteriores o posteriores con él. Sólo las diferencias son almacenadas. Por tanto el codec no tiene que almacenar cada fotograma, sino lo distinto con el anterior.

En MPEG se distinguen tres tipos de fotogramas:

I o Intraframes,

P o Foto Predicha

B o Frames Bidireccionales.

Las I son los únicos fotogramas completos en una cadena MPEG. Contienen pues una información completa, lo que las convierte en posibles puntos de acceso aleatorio. La P es una frame basada en una anterior pero conteniendo sólo las diferencias. Están muy comprimidas. Las B se referencian tanto a una anterior como a una futura y son las que menos ocupan. Nunca se usan como referencia para otras.

Las técnicas de compresión son dos:

- **Compensación de Movimientos (Motion Compensation):** Esta etapa determina cómo las frames P o B se relacionan con los fotogramas de referencias. El primer paso es dividir cada imagen en bloques de 16 x 16

pixels que se comparan con bloques equivalentes en otro fotograma, si son similares se obtiene una buena compresión. Si se detecta movimiento en el bloque se almacena un "vector de movimiento".

- **Redundancia Espacial:** Esta etapa comprime aún más describiendo las diferencias entre bloques, usando un proceso matemático llamado Discrete Cosine Transform (DCT), los macrobloques son divididos aún más en bloques de 8 x 8 que hacen un seguimiento de los cambios de color y brillo en el tiempo.

Se denomina GOP a la mínima cadena MPEG completamente decodificable por sí sola, por tanto debe tener una frame I y sus referenciadas P o B. Este concepto es importante en el campo de la edición.

2.9 AUDIO MPEG2

Originalmente había dos propuesta: para el mercado americano el sistema elegido fue el Dolby Digital, para el europeo el sistema sería el MPEG-2 LII Audio, pero finalmente fue impuesto el Dolby Digital para todo el mundo. En cualquier caso, todo decodificador debe obligatoriamente soportar, al menos, el sistema Dolby Digital, las diferencias entre ambos son pequeñas o nulas desde el punto de vista del usuario, soportan el sistema de altavoces llamado 5.1 (cinco canales y un subwoofer), pero para la industria americana no le interesa tener que hacer diferentes versiones o formatos. Evidentemente, para películas antiguas que no lleven el sonido en Dolby Surround, se emplean una o dos pistas de sonido PCM.

Una gran ventaja del DVD es la presencia de bandas sonoras y subtítulos en varios idiomas, permitiendo cualquier combinación de ellos (se puede oír en inglés con subtítulos en alemán para aprender dos idiomas a la vez).

El uso del DVD como sistema de audio de alta calidad, soporta 2 o 4 canales a 48/96 Khz y 20/24 bits, lo cual brinda al usuario la misma calidad que la empleada en el estudio de grabación.

A la hora de codificar algo en formato MPEG-2 hay que mantener o usar originales de la máxima calidad. MPEG-2 no se lleva nada bien con vídeos o películas degradados y con ruido. Todo el mecanismo de predicción y compresión

se vuelve loco. Incluso vídeos calidad S-VHS contiene suficiente ruido como para perturbar al codificador MPEG.

Dado que el codificador está continuamente buscando cambios entre imágenes, verá un ligero ruido como un cambio, generando los correspondientes vectores de movimiento, como dicen en la industria del MPEG: basura de entrada = megabasura de salida, es importante usar filtros de entrada para mejorar fuentes ruidosas. A menudo, estos filtros son mucho más caros que el propio codificador MPEG. Si se dispone de fuentes digitales es mejor no pasarlas a cinta analógica, sino transcodificar directamente, de ahí la importancia de la salida Firewire de las cámaras DV.

CAPITULO III

ASPECTOS DE REGULACIÓN DE SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL EUREKA 147

3.1 INTRODUCCIÓN.

Pensando en sustituir a los servicios de AM y FM analógicos convencionales, Eureka 147 (DAB) utiliza la transmisión digital desde transmisores terrestres, entregando una calidad de CD a receptores móviles y portátiles sin las interferencias derivadas de la saturación y la propagación por caminos múltiples. Además, Eureka 147 tiene la capacidad de transmitir texto y datos gráficos, incluyendo páginas de Internet.

Eureka 147 está perfectamente indicado para la entrega simultánea de contenido multimedia de alto volumen. Los proveedores tradicionales pueden añadir una variedad de datos de texto o gráficos a su programación musical, por ejemplo, anuncios o las letras de las canciones para aplicaciones tipo "karaoke". A medida que prosigue la migración de medios, la entrega por DAB de periódicos y faxes se convertirá en una realidad. Los usuarios también podrán acceder en tiempo real a información sobre el tráfico, el tiempo o financiera. Además, Eureka 147 se utilizará para transferencias de ficheros y actualizaciones de software o bases de datos. Los proveedores de contenidos de Internet podrán enviar a los usuarios información codificada en HTML y los usuarios podrán sintonizar concursos y otras aplicaciones interactivas.



Figura 3.1 Señal Multitrayecto

La técnica de codificación de audio MPEG (Motion Picture Experts Group) permite insertar datos adicionales en el bitstream, aplicando al mismo tiempo los principios de la psicoacústica para mantener una elevada calidad de audio. Las interferencias se evitan mediante el uso de un sistema de transmisión de banda ancha combinado con la detección y corrección de errores. El modelo OSI para Eureka 147 especifica 7 capas, desde la capa física hasta la capa de presentación. Una capa intermedia de transporte identifica el audio y los servicios de datos auxiliares y los multiplexa. Dentro de esta capa, hay dos canales que transportan los datos en el interior del multiplexor del sistema: 1."Canal de Información Rápida" (FIC), que transporta información acerca del multiplexor, TMC, paginación, Acceso Condicional (encriptación), Información del Tipo de programa (PTY), etc. 2."Canal de Servicio Principal" (MSC), que se utiliza para servicios de datos generales, incluyendo Datos Asociados al Programa (PAD), como la identificación de la canción y del artista, letras de canciones y datos de control del margen dinámico (DRC).

Con el Eureka 147, la señal de audio de cada programa se convierte en una cadena digital de bits de datos. Estos datos digitales se combinan mediante una tecnología de multiplexación conocida como COFDM dentro de un Conjunto (el conjunto está compuesto de más de 6 programas principales), así como de programas adicionales con datos asociados para usar con servicios auxiliares de datos. COFDM disemina la cadena de datos en los espectros de tiempo y frecuencia, eliminando los efectos de las interferencias de radio. Esto da una continua calidad de sonido de CD para un placer de escucha interrumpida. COFDM también permite la creación de una Red de Frecuencia Única (SFN).

Esto permite al radiodifusor construir un sistema de transmisores y que todos ellos utilicen la misma frecuencia, eliminando la necesidad de tener que ir resintonizando.

Dentro del consorcio Eureka-147, hay empresas e institutos de investigación de los principales países del primer mundo, con una mayoría de empresas japonesas y alemanas. Tras ser recomendado este estándar por diferentes organizaciones como el Comité Técnico de la Unión de Radiodifusión y la Unión Internacional de Telecomunicaciones en los años 1993 y 1994 respectivamente, el proyecto europeo Eureka-147 ha sido ya aceptado hasta en Canadá, país que llevaba experimentando mucho en el campo de la radio digital. Aunque EEUU aún no haya tomado el camino marcado por los europeos y siga pensando más en la propia iniciativa de sus grandes empresas del audiovisual para la recepción digital vía satélite, no parece que el Eureka 147 (DAB) vaya a tener problemas para su establecimiento general a nivel mundial.

La importancia de las ventajas para el consumidor de la Radio Digital DAB variará en función del mercado, el segmento de productos y el tipo de consumidor. Entre las numerosas mejoras de la radio FM, Eureka 147 brinda ventajas fundamentales que se harán indispensables para el consumidor, a saber:

- Mayor calidad de recepción fija y móvil.
- Radiodifusor:
 - SFN (Single Frequency Network)
 - Una frecuencia con distintos programas y servicios
- Usuario:
 - Calidad de audio comparable a la de un CD
 - La señal no sufre atenuación
 - No sufre interferencias debido al multipath
 - Equipos de radio más amigables
 - Los programas tienen mucha más información integrada, no solo audio.
 - Es posible añadir información de terceros

- No es compatible con las radios actuales de FM
- Flexibilidad en el uso del canal radioeléctrico (número de programas vs. calidad).
- Posibilidad de aumentar la oferta de programas.
- Eureka DAB es un sistema de radiodifusión digital multiservicio diseñado para la recepción en receptores móviles, portátiles o fijos con una antena simple no direccional.
- El sistema puede operar a cualquier frecuencia desde los 30 MHz a los 3 GHz.
- Se puede usar en redes de radiodifusión terrestres, por satélite, híbridas (satélite con transmisiones terrestres auxiliares) y en redes de cable. Las emisiones terrestres de radio digital son denominadas T-DAB, mientras que a las emisiones vía satélite se les denomina S-DAB.
- La recepción sin interferencia
- Una selección más amplia de emisoras digitales exclusivas que no pueden accederse por AM y FM
- Radios digitales DAB de uso sencillo
- Servicios de valor añadido:
 - Capacidad de transmisión de datos independientes y asociados a los programas.
 - Presentación de imágenes fijas.

Dentro de los servicios de valor añadido que nos ofrecerá la radio digital hay que mencionar: la mensajería (paging), información de tráfico y navegación, información relacionada con los programas que se emitan, bancos de datos específicos (estadísticas, noticias temáticas, sistema de posicionamiento global, títulos musicales, autor, imágenes, textos, etc.) e información meteorológica. Todos ellos a velocidades entre 8 y 38 Kbits/seg

El sistema llamado “Datos Asociados con Programas” cambiará la experiencia radiofónica de los usuarios. A modo de ejemplo, el texto por radio les permite saber quién es el artista que está interpretando o dónde pueden adquirir entradas a conciertos. Gracias al eureka 147, una emisora posee suficiente flexibilidad

como para ofrecer una selección de escucha, prestando servicios de audio múltiples simultáneamente, como por ejemplo más de una crónica de fútbol.

Otros contenidos de datos transformarán su radio en un dispositivo de recepción de multimedia: guías electrónicas de programas, secuencias de vídeo de un gol marcado por su jugador favorito y el texto de las últimas noticias cuando quiera que deseen recibirlas.

La tecnología digital permite incorporar en los receptores una gama mucho más amplia de funciones y brinda la oportunidad de aprovechar los diversos servicios de datos. Se están creando modelos con diferencias significativas destinadas a los distintos mercados y que incluyen las características siguientes:

- Modelos de uso sencillo que pueden sintonizarse con sólo apretar un botón.
- Modelos “de moda” integrados con MP3 tanto para los jóvenes como para los mayores.
- Sonido de alta calidad para los amantes de la música.

Nuevo espectro radioeléctrico disponible: La radio comercial europea ha crecido rápidamente durante la última década, pero ahora se caracteriza por un mercado en declive debido a la escasez de espectro radioeléctrico. DAB proporciona nuevas frecuencias utilizadas eficientemente a las que usted puede acceder. La cantidad de espectro tanto en la Banda L como en la Banda III asignada al DAB está aumentando constantemente en toda Europa.

Además el sistema Eureka 147 es eficiente en el uso del espectro y la potencia puesto que usa un único bloque de transmisión de baja potencia. La cobertura puede ser local, regional, nacional y supranacional. Con este sistema se mejora en la propagación al superar reflexiones por obstáculos, mayor protección ante interferencias y perturbaciones, todo ello debido al sistema de codificación que distribuye la información en un amplio número de frecuencias.

Un ejemplo de solución mediante DAB del problema del espectro es el de Virgin Radio del Reino Unido, que sólo podía conseguir una frecuencia AM nacional para sus programas consistentes principalmente en música. DAB proporcionó un mecanismo de difusión con el cual podía brindar a un alto porcentaje de la población del Reino Unido un sonido estéreo de alta calidad.

Cada bloque (multiplex) tiene una capacidad de 1.5Mbits que le permiten llevar 6 programas estéreo de 192Kbits cada uno y varios servicios adicionales, todos estos servicios se pueden configurar dinámicamente.

3.2 APLICACIONES Y SERVICIOS

Las siguientes aplicaciones han sido identificadas como posibilidades para el Eureka 147 (DAB) a corto o medio plazo. Algunas de ellas necesitan o pueden complementarse si se desea con GSM para proporcionar bidireccionalidad y/o GPS para localización geográfica.

- Información de tráfico y al viajero.
- Información meteorológica.
- Información turística.
- Información de transportes públicos.
- Filtrado de mensajes TMC.
- Guiado bajo demanda.
- Descarga de software.
- Difusión de web sites.
- Difusión (general o personalizada) de mapas digitales.
- Implementación de mecanismos de pago.
- Planificación multimodal de viajes.
- Otros tipos de guiado y navegación.
- Reservas y pago electrónicos.
- Difusión de información pública.
- Difusión personalizada de información privada.
- Acceso personalizado a Internet.

- Control de tráfico.
- Servicios de emergencia.
- Gestión de flotas.
- Gestión de car pooling.

De entre estas posibilidades, los miembros del DAB Comité identificaron las siguientes aplicaciones como las de mayor prioridad para su implementación:

3.2.1 INFORMACIÓN DE TRÁFICO

Puede ser un servicio gratuito o de pago (probablemente pre-pago). El contenido de la información puede ser de varios tipos: nacional, internacional, urbano, interurbano, proporcionando tiempos de viaje, estado del tráfico, restricciones, etc. También se incluye dentro de este servicio la información meteorológica relativa al tráfico, pero no la información meteorológica general, la cual formaría parte de un servicio distinto.

Este servicio debe ser independiente del idioma y para la localización de los eventos es necesario un mecanismo de referenciación de localizaciones. Permite la posibilidad del uso del GSM para solicitar información o para informar sobre cambios del estado del tráfico en el lugar por el que circula el usuario. También se pueden contemplar soluciones más sofisticadas con el uso de GPS, mapas digitales y sistemas de navegación, aunque la implementación de este tipo de servicios se prevé a más largo plazo.

3.2.2 FILTRADO DE MENSAJES TMC

Más que una aplicación es una tecnología o funcionalidad. El protocolo DAB está preparado para la inclusión de mensajes TMC, por lo que el filtrado de los mismos es una funcionalidad muy deseable en los receptores. El filtrado puede hacerse por localización geográfica, por tipo de información, o combinaciones de ambos. Para el filtrado por zona geográfica puede utilizarse una característica de DAB llamada TII (Transmitter Identification Information) que identifica el transmisor

desde el que se está recibiendo la señal. También puede integrarse el canal GSM para petición detallada o específica de información, con la posibilidad de hacer el servicio de pago.

El canal de mensajes de tráfico (TMC) tiene como utilidad el envío de mensajes de tráfico codificados de una forma eficiente. Los mensajes TMC son reconocidos por decodificadores dedicados expresamente para ello, que interpretan una selección de los mensajes más relevantes y los transforman en un output comprensible para el usuario, ya sea mediante un display o sintetizando voz.

La información proviene de diferentes fuentes (como autoridades de tráfico, policía, etc.) y son compiladas en una base central (por ejemplo un ordenador). Posteriormente, se mandan al Proveedor del servicio TMC. El proveedor todavía puede editar los mensajes recibidos de la base central, antes de mandarlos al radiotransmisor.

Hay que destacar que la implementación del TMC bajo DAB es opcional.

Los mensajes TMC bajo DAB tienen reservado el FIG (5/1) en el canal FIDC.

En cuanto a recomendaciones para la implementación y presentación, los mensajes de tráfico, decodificados del TMC, pueden ser mostrados u ofrecidos al oyente vía un sintetizador de voz.

3.2.3 INFORMACIÓN AL VIAJERO

Un servicio de este tipo proporcionaría información sobre hoteles, gasolineras, talleres, acontecimientos de interés turístico o comercial, etc. Se prevé que parte de la información sería gratuita y difundida de forma general, y el resto de pago y proporcionada por solicitud vía GSM, con la posibilidad de integrar el uso de mapas digitales y sistemas de navegación.

3.2.4 GUIADO BAJO DEMANDA

Utilizando una red de transmisores con estructura celular y la potencia de la señal recibida en el receptor se pueden determinar direcciones generales que debe seguir el usuario. Sin embargo, a este nivel el guiado es un servicio de naturaleza bastante general. Pero si se utiliza la comunicación bidireccional añadiendo el GSM para solicitud de información y transmisión de la posición (en el caso de uso del GPS), y sistemas de navegación, se puede proporcionar un servicio de guiado tan preciso como se quiera. Actualmente el guiado bajo demanda se basa en la comunicación verbal entre el usuario y el proveedor del servicio, por lo cual todavía queda mucho por desarrollar en este tipo de aplicaciones hasta convertirlas en un servicio automático y totalmente electrónico.

3.2.5 DESCARGA DE SOFTWARE

Como su nombre indica, este servicio proporciona software a través de DAB. Esto puede utilizarse, por ejemplo, para actualizar aplicaciones instaladas en receptores. La descarga puede realizarse automáticamente al sintonizar un canal determinado o previa petición del usuario. Esta aplicación impone la necesidad de un receptor con características especiales, más inteligente por decirlo de algún modo, puesto que debe saber cuando es necesaria una actualización de software y de qué tipo.

3.2.6 IMPLEMENTACIÓN DE MECANISMOS DE PAGO

No es en sí mismo un servicio sino una funcionalidad. La creación de toda la variedad de servicios que se han comentado requerirá la implantación de mecanismos de pago dentro de un modelo comercial para todas estas aplicaciones. Dependiendo de los servicios ofrecidos y los medios de transmisión, varias modalidades de pago serán posibles (suscripción, dinero electrónico, etc).

3.2.7 TRANSMISIÓN DE MAPAS DIGITALES

El propósito de este servicio es transmitir mapas de áreas concretas para sistemas de navegación. Un ejemplo que suele utilizarse es el de un transmisor en la Torre Eiffel que difunde continuamente el mapa digital de París para sistemas de navegación. También existe la posibilidad de transmitir actualizaciones de mapas a sistemas de navegación para evitar nuevas distribuciones de CD-ROMs, aunque esta idea supone muchos requisitos para los receptores (principalmente respecto a sistemas de almacenamiento de información).

Uno de los problemas para el desarrollo de esta aplicación con carácter general es que los mapas digitales que se utilizan actualmente tienen un formato propio, de esta forma, el ejemplo de la transmisión del mapa digital de París quedaría restringido a un sistema de navegación en particular. Una solución que se está contemplando es la utilización del formato GDF, a partir del cual se puede convertir a muchos otros formatos utilizados por sistemas de navegación. Sin embargo, este tema no está resuelto todavía ya que en la conversión se pierde información que puede ser importante para la navegación.

Otra alternativa es la utilización de la comunicación bidireccional (con GSM) para solicitar el mapa digital de un proveedor en particular, creando así un servicio personalizado que puede ofrecer también la posibilidad de elegir una zona concreta, un tipo de información específico, etc.

Finalmente, cabe también comentar que la transmisión de mapas digitales requiere mucha capacidad de transmisión y, dependiendo de los casos, podría no ser factible la utilización del DAB salvo que se dedicase un canal exclusivamente a ello.

3.2.8 TRANSMISIÓN DE PÁGINAS WEB CON INFORMACIÓN DE TRÁFICO Y AL VIAJERO.

Es otra opción que tiene el proveedor de servicio para transmitir información de tráfico y al viajero. Ya existen páginas específicamente dedicadas a este tipo de información utilizando todas ellas el formato HTML de Internet, por lo que, en

principio, solamente habría que resolver el tema del formato de transmisión de la información a través de DAB. También hay, sin embargo, otros temas que deben ser discutidos como la presentación al usuario, las posibilidades de navegación por el web, "applets & plug-ins", etc., elementos todos ellos que incrementarían la complejidad del terminal del usuario.

3.3 EUREKA 147 EN EL MUNDO.

El sistema Eureka-147 permite el desarrollo de la radio digital, es un proyecto europeo que se ha implantado también en países que no pertenecen a la Unión Europea. En la actualidad, estos países están comparando el sistema europeo para la transmisión digital de señales, conocido con las siglas DAB (Digital Audio Broadcasting), con el sistema americano IBOC (In Band-On Channel).

Países como Australia, Canadá, China, Hong Kong, India, Israel, Malasia, Noruega, Singapur, Corea del Sur, Sudáfrica o Taiwan trabajan para que el desarrollo de la radio digital sea posible.

Singapur fue el primer país del mundo que ofreció los servicios de radio digital a una nación entera el 19 de diciembre de 1999.

En el ámbito de apoyo a esta nueva tecnología hay que destacar la actividad de la Autoridad de Emisión de Singapur (SBA) encargada de regular la situación de la radio digital. Este organismo encabeza el Singapore DAB Forum, y que está formado por 100 miembros, ha invertido unos 5400216 millones de euros en la creación de la fundación Digital Broadcasting Development para alentar a las partes interesadas en el desarrollo del DAB y promover la radio local. Este organismo también ha otorgado seis licencias de radio digital para emisiones en pruebas.

Taiwan, uno de los países más interesados en la fabricación de los receptores DAB, estuvo observando el sistema Eureka-147 desde 1995. El 1 de marzo de 2000 el ministro de Transportes y Comunicaciones distribuyó diez licencias de radio digital. Dos de estas licencias son explotadas hoy día por la emisora pública

CBS y la privada BBC. El grupo británico fue el primer operador DAB en Taiwan y ya llega a un 13% de la población, lo que supone un número de tres millones de personas. La emisora liderada por el gobierno patrocina varias emisoras, entre ellas el sistema de radio de la policía, que proporciona información sobre las condiciones del tráfico de las carreteras de las mayores ciudades del país a través del sistema DAB.

En China, las tres estaciones que siguen el proyecto Eureka-147 están situadas en la provincia de Guangdong desde 1996. Los tres lugares donde operan son Foshan, Guangzhou (antes Canton) y Zhosgshan.

Otra extensa nación, India, se ha sumado al proyecto. La emisora pública All India Radio (AIR) comenzó de forma experimental la emisión de la señal digital en Nueva Delhi en 1997 con un transmisor de 125W colocado en una torre de 100 metros de altura. La señal llega a diez millones de personas. La Radio Digital Terrestre, que utiliza la tecnología europea DAB, se introducirá en Calcuta, Mumbai y Chennai en los próximos dos años.

En Malasia las pruebas en Banda III, que hace posible la transmisión en gran pantalla de la radio digital, se están realizando en Johore Bahru (en el límite con Singapur). El gobierno ha concedido una Tasa de Libre Operacionalidad para la radio digital y sus aplicaciones multimedia.

En Hong Kong, la RTHK (Radio Televisión Hong Kong) lanzó tres plataformas DAB en 1998 que sirvieron de partida para la implantación de la Radio Digital Terrestre en el país.

En Noruega, las emisiones regulares comenzaron el 1 de febrero de 1999 y ofrecían servicios públicos y comerciales. Se puede conducir de norte a sur, desde Steinkjer a Porsgund (900 km), escuchando la radio digital. La ruta sigue las dos principales carreteras entre Trondheim y Oslo (600 km) a lo largo de los grandes valles de Gudbrandsdalen y Oesterdalen.

En Israel, Bezeq, la Corporación de Telecomunicaciones de Israel, ha lanzado transmisiones DAB desde 1996, para lo que utiliza el canal 12/VHF. A finales de 1998, Bezeq comenzó la segunda etapa de la emisión DAB. Existen cinco

transmisores en una configuración SFN (Single Frequency Network) para cubrir al 85% de la población. En un futuro, con el permiso oficial de emitir de forma regular, las emisoras planean cambiar la frecuencia dentro de la Banda III VHF (Very High Frequency).

Si en Corea del Sur el ministro de Información y Cultura ha anunciado que el sistema Eureka 147 se adoptará en los próximos cinco años, en Súdrica a finales de 1997 las transmisiones experimentales comenzaron en Banda III y Banda L (transmisión local de la radio digital) cubriendo Johannesburgo con una señal DAB. Esto fue el punto de partida de las primeras pruebas piloto en África. La cobertura alcanza a un 10% de la población. La Southern African Digital Broadcasting Association (SADIBA) participa en la venta y en las demostraciones de la tecnología DAB.

Australia comenzará sus emisiones en el segundo semestre de 2001 en Banda L para la transmisión local de radio digital junto con la banda internacional de frecuencias para la transmisión analógica de emisoras de radio stereo (FM). De esta manera los servicios digitales y los servicios tradicionales de la VHF se podrán utilizar en algunas regiones de país. Los operadores de radio existentes serán los que ofrezcan los primeros servicios de radio digital durante un largo período de prueba.

Existe un permanente testeo en Camberra, con el que se está explorando el rendimiento del SFN para la transmisión simultánea de señales DAB en amplias áreas a partir de varios transmisores. En junio de 1999 un servicio piloto, llamado Radio Digital 2000, se inauguró oficialmente en Sydney. La Radio Digital 2000 consiste en dos transmisores SFN, los cuales trasladan contenidos desde cinco redes: ABC, Austero, ARN, Macquarie y 2KY Racing Radio. NTL está instalando un segundo sistema piloto en Melbourne para empezar su emisión en el año 2001.

Todo indica un crecimiento progresivo de la presencia del DAB en el mundo. La tecnología ya funciona en toda Europa, y algunos países del Este (Hungría, Polonia, República Checa, Eslovenia), Asia y Oceanía.

Actualmente existen varias emisoras de radio que ofrecen sus programas a través del Eureka 147 (DAB). A continuación se presenta un listado de estas emisoras, clasificado por ámbitos de cobertura:

- Red de cobertura nacional sin posibilidad de desconexión regional:
 - **FU-E:** Radio1, Radio Clásica, Radio3, Radio Exterior de España, Vocento, M80 Radio
- Redes de cobertura nacional con posibilidad de desconexión regional:
 - **MF1:** Radio1, Radio5, Cadena Cope, Radio Marca, Intereconomía, El Mundo
 - **MF2:** Cadena Ser, Onda Melodía, Onda Cero, Punto Radio, Kiss FM, Europa FM.

Además, existen redes de emisiones con carácter autonómico con y sin capacidad de desconexiones provinciales. La radio digital también ofrecerá emisiones de cobertura local. Ya en algunas Comunidades Autónomas, como Catalunya, existen emisiones de ámbito autonómico desde hace tiempo.

3.3.1 ESTRATEGIAS DE INTRODUCCIÓN DEL ESTANDAR EUREKA 147 EN EUROPA.

A lo largo de la última década se han ido sucediendo importantes eventos en Alemania, ya sean plataformas, planes piloto o toma de decisiones relevantes. Durante 1990 se creó la plataforma German DAB cuyo papel era coordinar y controlar toda actividad que se relacionara con la introducción del Eureka 147 (DAB) en Alemania.

La plataforma German DAB reúne hoy a casi 60 miembros del mundo de la radiodifusión y las telecomunicaciones.

En la IFA (Internationale Funkausstellung, una de las más importantes exhibiciones en electrónica y comunicaciones desde hace 75 años) de 1993 en Berlín se tomaron varias decisiones en la estrategia alemana para introducir el Eureka 147 (DAB) y se definió una prueba piloto para introducir el DAB en varios Länders del país. Sus objetivos eran cuatro: instalar una primera red de transmisores, suministrar una gran cantidad de receptores para los Länders

seleccionados, emitir programas y ofrecer servicios con nuevos contenidos y diseminar información sobre el sistema Eureka 147 para acelerar su aceptación.

Posteriormente, en IFA 95, la prueba piloto se inició oficialmente en 11 de los 16 Länders alemanes. Desde entonces se realizan emisiones en la Banda II (175 a 240 MHz) para T-DAB y en la Banda L para S-DAB.

En 1997 ya se emitía más de 50 programas de radio a través del Eureka 147 y más de la mitad de éstos eran exclusivos para la radio digital no pudiendo recibirse por el sistema convencional de FM.

Entre los servicios complementarios, los programas de datos asociados (PAD) incluyen información de tráfico y noticias y otros canales de datos ofrecen información de servicios públicos de transporte, meteorología, información de turismo, etc.

La cobertura del DAB alcanza durante el 97 un 36% de la población alemana. Todo esto ofreciendo más de un centenar de programas y servicios, y con la participación tanto de radiodifusores privados como públicos.

En Francia, durante 1991 se creó el Club Eureka 147 (DAB). Se trataba de un foro en el que se comenzaron a dar cita todos los sectores relacionados con la industria de la radio (telecomunicaciones, radiodifusión y fabricantes de receptores) con el objetivo de introducir en Francia el nuevo sistema de radio digital desarrollado en el marco europeo.

En 1993 se comenzaron los experimentos con el DAB en Francia. Se empezó a emitir en pruebas desde París mediante dos emisores distribuyendo diez programas diferentes, cuatro de ellos realizados por Radio France.

Tras esta etapa experimental el sistema entró en una etapa preoperativa. En 1996 se otorgaron tres licencias de transmisión DAB en el área de París para transmitir durante cinco años. De estas transmisiones se encargaron TDF y Sogetec, que

proporcionaron cinco programas de audio y 10 de datos asociados (PAD) a través de la banda L.

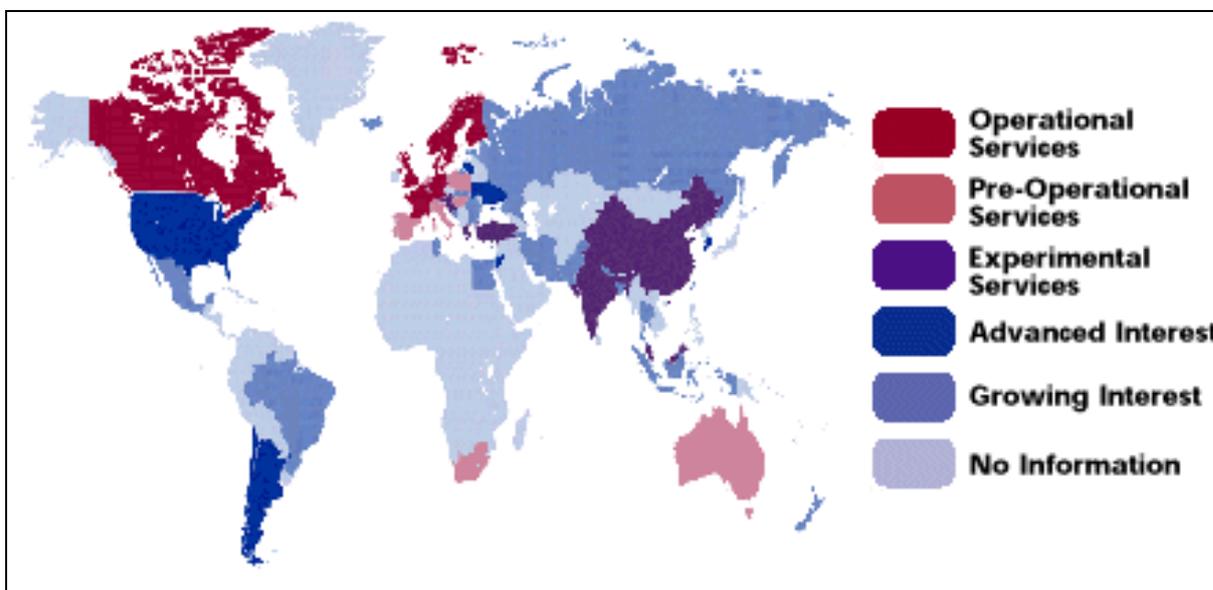


Figura 3.2 Situación del Desarrollo del Eureka 147 en Diferentes Países del Mundo

A mediados de 1997 CSA (Conseil Supérieur de l'Audiovisuel) proporcionó un primer borrador del reparto de frecuencias. El lanzamiento comercial del Eureka 147 en Francia se llevaría a cabo en el año 1998.

Por lo que respecta al Reino Unido, en 1993 se estableció el UK DAB Forum gracias al Parlamento británico, con el fin de coordinar y promover la introducción de servicios difundidos mediante DAB en el país.

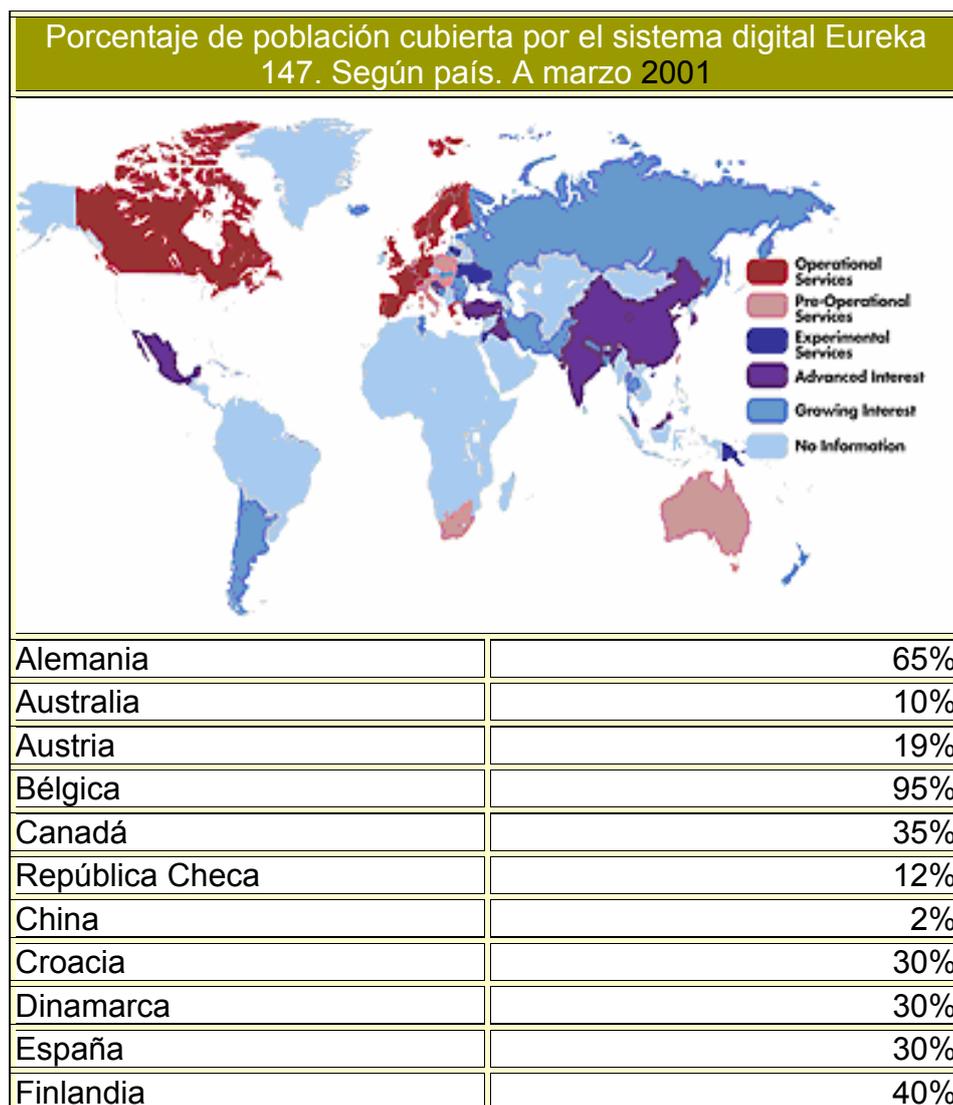
La implantación del DAB en el Reino Unido es coordinada por la BBC que estableció servicios regulares en 1995 en la zona de Londres y proximidades después de las primeras pruebas en 1992. Ya en 1996 se estableció la legislación definitiva para el desarrollo del sistema en la Broadcasting Act.

En 1997 el gobierno británico autorizó la privatización de la red de transmisión y se promovió la instalación de una red de transmisores que alcanzó una cobertura del 60% de la población en 1998.

En la actualidad, 20 emisoras de radio realizan transmisiones DAB en Londres utilizando tres estaciones de multiplexado en la Banda III.

Los contenidos ofrecidos por la BBC, en simulcasting (difundido mediante FM y al mismo tiempo vía DAB), son todos sus programas de radio analógica además de nuevos canales de música especializados, programas deportivos y cobertura continua de los debates del Parlamento. Como servicios de datos ofrece resúmenes de noticias y titulares deportivos y financieros. Las emisoras comerciales se limitan a la retransmisión de sus programas y estudian cómo introducir esta nueva tecnología en la radio local.

A continuación presentamos un cuadro con los respectivos porcentajes de introducción que posee el sistema Eureka 147.



Francia	26%
Hungría	60%
India	1%
Israel	85%
Italia	30%
Noruega	50%
Polonia	8%
Portugal	70%
Reino Unido	78%
Singapur	100%
Suecia	85%
Suiza	55%
Suráfrica	10%
Taiwán	10%
Turquía	12%

Tabla 3.1 Porcentajes de Introducción del Sistema Eureka 147 en el Mundo

3.3.2 ESTRATEGIAS DE INTRODUCCIÓN DEL ESTANDAR EUREKA 147 EN ESPAÑA.

En el país de España se acaba de aprobar el Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrenal el 23 de julio de 1999 en el que se relacionan las bandas de frecuencia a utilizar, así como las respectivas formas de concesión de los distintos programas.

Se establecerán tres tipos de redes:

- 1) Dos redes globales de cobertura nacional con capacidad para efectuar desconexiones territoriales.
- 2) Redes de frecuencia única con una cobertura territorial autonómica en las que a cada Comunidad Autónoma se le asigna un bloque diferente, guardando la compatibilidad radioeléctrica en cuanto a Comunidades con límites territoriales comunes.
- 3) Una red global en cada Comunidad Autónoma con capacidad para efectuar desconexiones territoriales.

Para la gestión directa de la radiodifusión sonora digital terrenal se asignarán por el Ministerio de Fomento al ente público Radio Televisión Española y a los entes públicos de las Comunidades Autónomas diversos bloques.

La implementación del Eureka 147 (DAB) en la sociedad española se pretende efectuar gradualmente en cuatro fases:

En la 1ª fase se implementará la red de frecuencia única de ámbito nacional (FU-E) garantizando una cobertura del 20% de la población del país, y redes de cobertura territorial autonómica (FU-XX) garantizando una cobertura del 10% de la población en cada Comunidad.

En la 2ª fase se implementará las redes MF-I y MF-II (redes globales de cobertura nacional con capacidad para efectuar desconexiones territoriales) garantizando una cobertura del 20% de la población nacional, y redes MF-XX (redes globales con capacidad para efectuar desconexiones territoriales, una por Comunidad Autónoma) garantizando una cobertura del 10% de la población autonómica.

Durante la 3ª fase se expandirá el uso de todas las redes implementadas, con el objetivo de completar, al menos, una cobertura del 80% de la población en su ámbito territorial.

Por último, en la 4ª fase se continuará expandiendo el uso de todas las redes implementadas, con el objetivo de completar, al menos, una cobertura del 95% de la población en su ámbito territorial.

Existe un múltiplex nacional sin desconexiones. Es un múltiplex que tiene que transmitir en todo momento la misma información en toda España. Es el múltiplex denominado de frecuencia única (FUE) por donde se emiten los programas: Radio 1, Radio Clásica, Radio 3, Radio 5 Todo Noticias, Consorcio Comeradisa y Grupo Godó.



Figura 3.3 Cobertura Nacional para la Banda III

Además de este múltiplex hay otros dos múltiplex nacionales que permiten desconexiones territoriales, denominados MFI y MFII. En el MF-I están dos programas de Radio Nacional, Radio 1 y Radio 5 Todo Noticias, y otros cuatro de emisoras privadas.

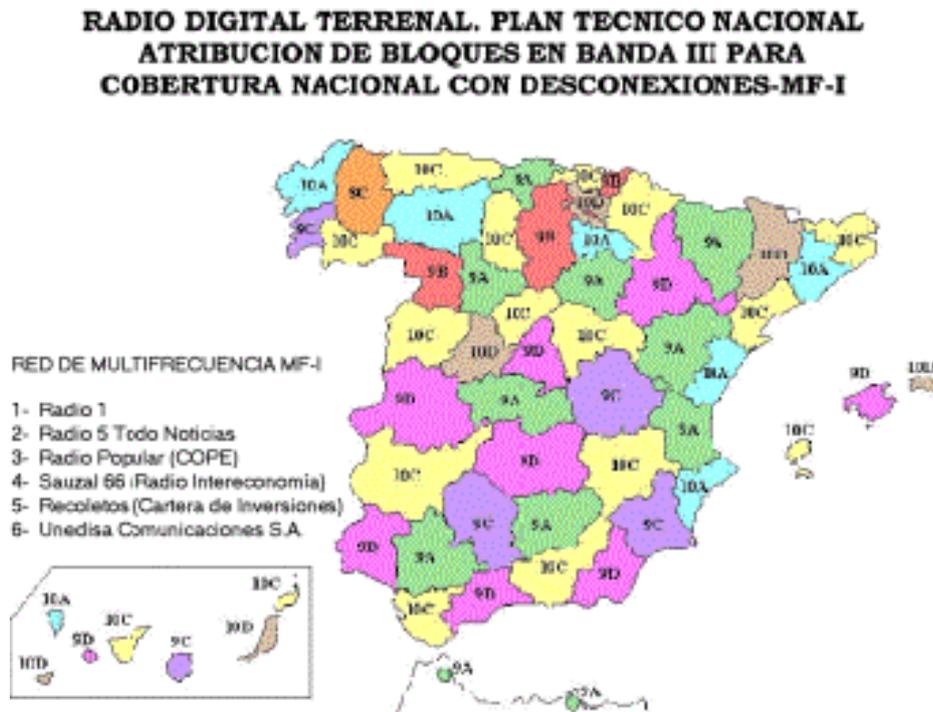


Figura 3.4 Cobertura Nacional para la Banda III con Desconexión MF-I

**RADIO DIGITAL TERRENAL. PLAN TECNICO NACIONAL
ATRIBUCION DE BLOQUES EN BANDA III PARA
COBERTURA NACIONAL CON DESCONEXIONES-MF-II**

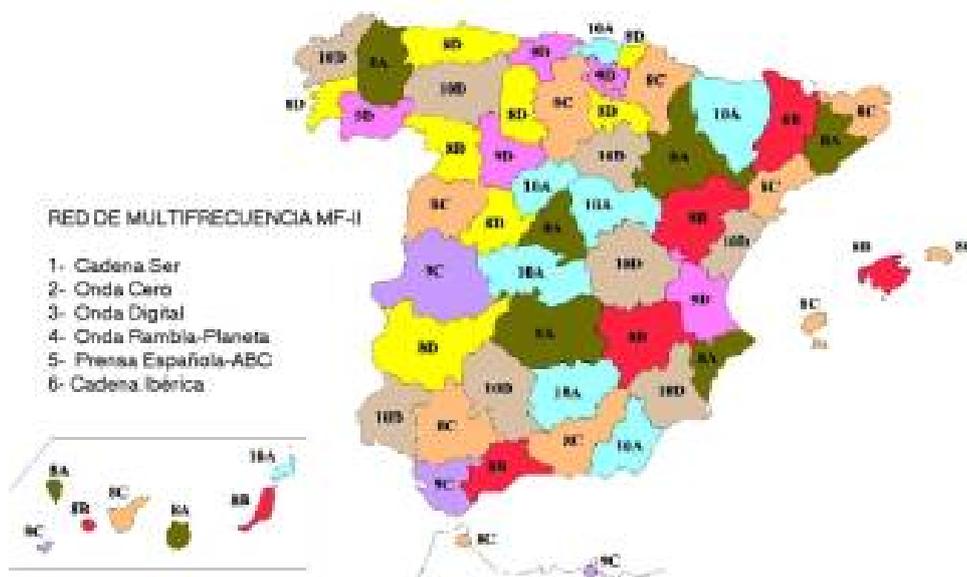


Figura 3.5 Cobertura Nacional para la Banda III con Desconexión MF-II

Se han planificado también los múltiplex autonómicos. A cada comunidad autónoma se le han asignado dos múltiplex con 6 programas en cada uno de ellos, de los cuales la propia autonomía podría reservarse hasta 3 programas, y los otros 3 asignarlos a concesionarios.

Se dispone, por tanto de tres múltiplex nacionales, con un total de 18 programas, actualmente en funcionamiento, y otros dos múltiplex autonómicos, que permiten en total 12 programas, pendientes de los correspondientes concursos. También se han planificado los múltiplex para la radio local. La radio digital se ha planificado no para un punto, no para una localidad sino para una comarca o territorio en torno a esa localidad, utilizando la misma frecuencia, de forma que se pueda cubrir bien con un único transmisor o con varios transmisores en la misma frecuencia, ya que esta tecnología lo permite. Al igual que se han planificado múltiplex nacionales con una misma frecuencia para cada provincia, en el ámbito local se dispone de una misma frecuencia para toda una comarca o territorio.

El esquema de distribución de la red con desconexiones nacionales es el siguiente: los radiodifusores envían un programa a la cabecera nacional donde se

multiplexan todos los programas y se mandan al satélite, éste se recibe en las emisoras territoriales, que podrán introducir su propio programa si fuese necesario, que lo vuelven a remitir al operador para distribuirlo a los centros emisores. La red nacional sin desconexiones es mucho más simple: se envía el programa a la cabecera nacional y ésta al satélite para distribuirlo directamente a los centros emisores.

Cuando se dispone, como es el caso de RNE, de varios programas en el mismo múltiplex, se pueden escoger diferentes estrategias, en función de la calidad que se quiere difundir, para la difusión de esos programas. Se ha optado por atribuir a Radio Clásica el mayor ancho de banda, por tanto la mejor calidad, y a Radio Exterior, que tiene menor contenido musical, se le ha dado un ancho de banda inferior. La capacidad utilizada suma el total de la atribuida.

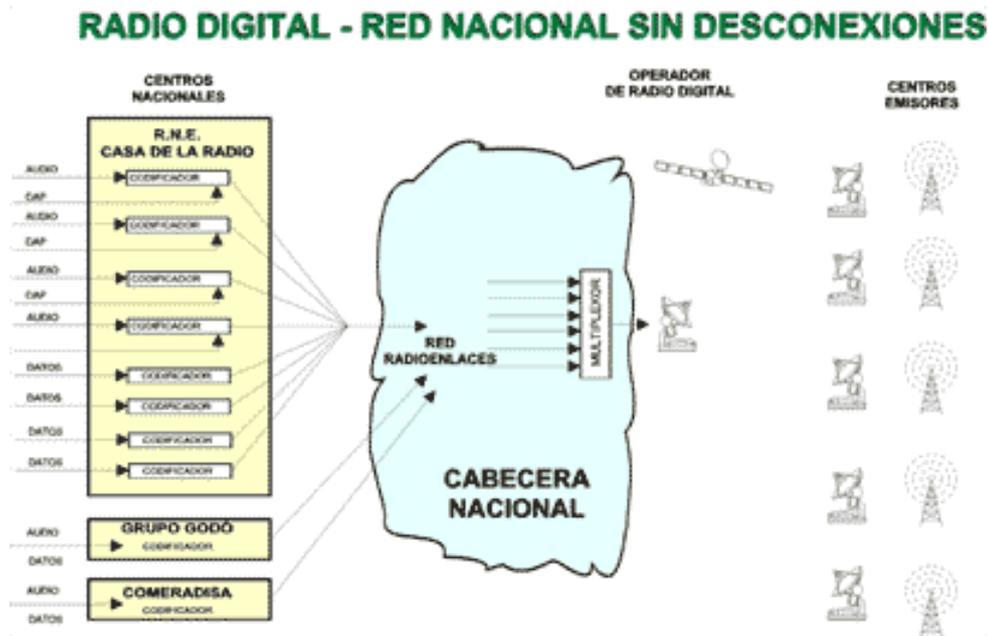


Figura 3.7 Radio Digital – Red Nacional sin Desconexiones

La calidad que se obtiene está en función del ancho de banda. El sistema Eureka 147 (DAB) permite utilizar dos sistemas de compresión: el MPEG1 (MP1) y el MPEG2 (MP2). El primero es el normal para velocidades altas, mientras que el MP2 permite utilizar una frecuencia de muestreo mitad, en lugar de utilizar los 48 KHz de frecuencia de muestreo del MP1 se utiliza 24 KHz, para obtener a bajas

velocidades una mejor calidad. Por ejemplo, con 20 kbit/s en MP2 se obtiene una calidad similar a la de 70 kbit/s con el MP1.

El Plan Técnico Nacional nos permite utilizar un máximo de un 20% de toda la capacidad del canal, bloque o múltiplex, para transmitir datos, pero ha de tenerse en cuenta que utilizar la capacidad para datos reduce la calidad de los programas.

Si difundimos 6 programas con calidad 192 Kbit/s, y grado de protección 3, queda un pequeño canal de 32 Kbit/s para introducir datos. Sin embargo, si utilizamos 160 kbit/s y un nivel de protección 2, en lugar de 6 programas solamente podríamos difundir 5 programas. Es decir, dependiendo del grado de protección y de la velocidad de transmisión podemos difundir más o menos programas. Si de una velocidad de 192 Kbit/s bajamos a una inferior, por ejemplo, 160 Kbit/s con el mismo grado de protección 3, podemos difundir 7 programas en lugar de 6 programas, dejando para datos 224 kbit/s, como se indica en la figura 3.8. Por lo tanto, es un sistema flexible pero con una capacidad limitada, con lo cual la capacidad que utilizamos para programas no la podremos utilizar para datos.

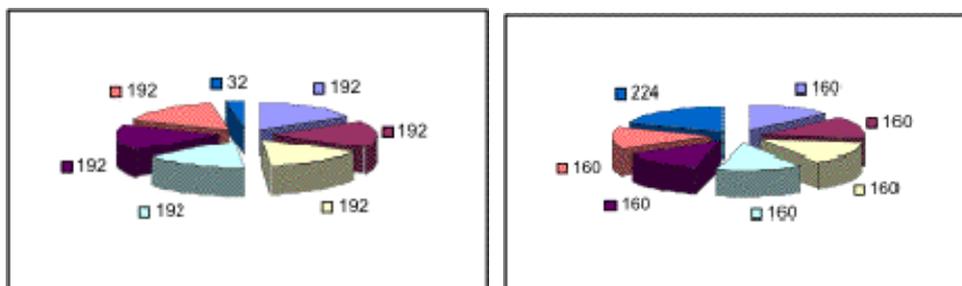


Figura 3.8 Capacidad para Utilización de Programas

La cobertura de los programas de radio digital (DAB) de RNE, S.A., es la que se indica en el mapa siguiente:

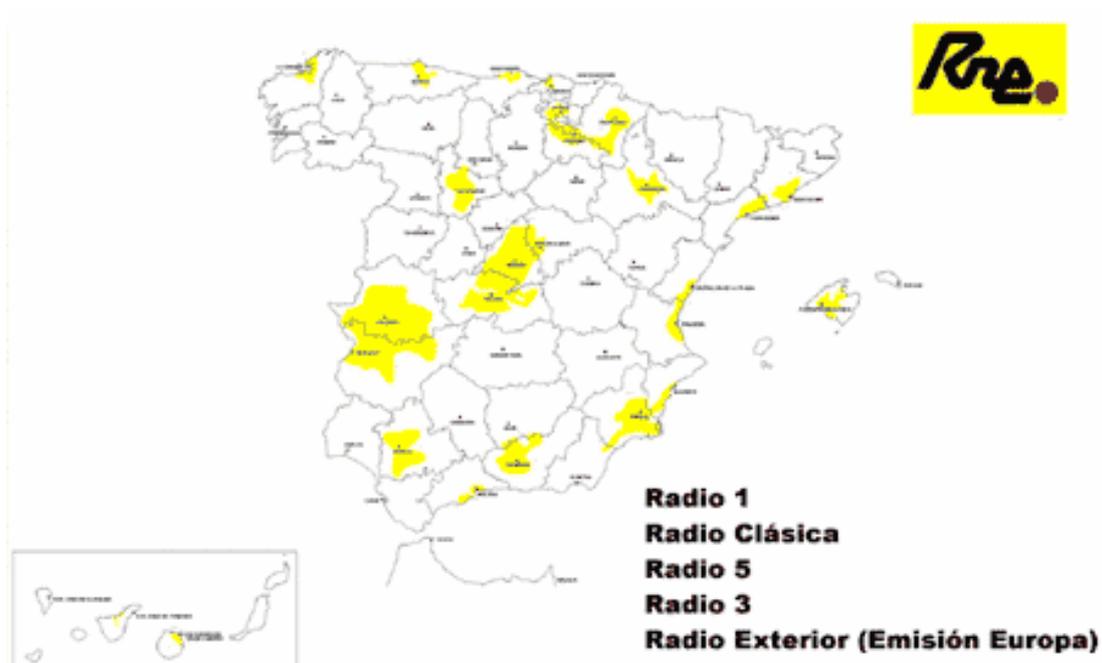


Figura 3.9 Cobertura del Estándar Eureka 147

<p>MF-1 Madrid - canal 9D Barcelona - canal 10A</p>	<p>Radio 1 Radio 5 Cope Digital Intereconomía Radio Marca El Mundo</p>
<p>MF-2 Madrid - canal 8A Barcelona - canal 8A</p>	<p>Ser Digital Onda Cero Radio Quiero Radio Onda Rambla Punto Radio Radio España</p>
<p>FU-E Madrid - Barcelona canal 11B</p>	<p>Radio 1 Radio Clásica Radio 3 Radio 5 Comeradisa Grupo Godó</p>

Tabla 3.2 Cobertura del Estándar Eureka 147

CAPITULO IV

PROPUESTA DE LA NORMA TECNICA PARA EL ESTANDAR DE RADIODIFUSION DIGITAL EUREKA 147

4.1 OBJETO DE LA NORMA TECNICA PAR EL SISTEMA DE RADIODIFUSION EUREKA 147.

El objeto de la presente norma técnica es establecer las características técnicas que deberá cumplir la Infraestructura destinada a la captación, adaptación y distribución de señales de radiodifusión sonora procedentes de emisiones terrenales y satelitales.

La misma que será utilizada de manera conjunta con las Especificaciones Técnicas Mínimas de las Edificaciones en materia de Telecomunicaciones, que establecen los requisitos que deben cumplir las canalizaciones, recintos y elementos complementarios destinados a albergar la infraestructura común de telecomunicaciones.

Esta disposición ha sido sometida al procedimiento de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y de reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información.

Se analizará los principales problemas que plantea la migración de la radiodifusión analógica a la digital. La sustitución de la radiodifusión analógica por un sistema basado en técnicas digitales, ofrece enormes ventajas en cuanto que permite un mejor aprovechamiento del espectro y mejora las posibilidades de

transmisión, de tal manera que podrán ofrecerse nuevos servicios, más posibilidades de elección para el consumidor y más competencia.

El objetivo es crear un entorno favorable para impulsar la productividad, modernizar los servicios públicos y dar la oportunidad de participar en la sociedad mundial de la información, fomentar los servicios seguros, las aplicaciones y los contenidos basándose en una infraestructura de banda ancha ampliamente disponible para el futuro de la radiodifusión digital y la migración a esta nueva tecnología.

Cada bloque de frecuencias de cobertura nacional o en su caso local, integrará inicialmente, seis programas diferentes, susceptibles de ser explotados las veinticuatro horas del día. La capacidad a ser utilizados por los servicios adicionales de transmisión de datos no sobrepasará el 20% de la capacidad total de cada bloque de frecuencias del servicio de radiodifusión sonora digital.

En función del desarrollo tecnológico para el futuro y con el fin de establecer un mayor número de programas por bloque de frecuencias, siempre que ello no vaya en decremento de la calidad de los servicios que se vienen prestando las entidades que accedan al aprovechamiento de programas dentro de un mismo bloque de frecuencias, estas podrán asociarse entre sí para la mejor gestión de todo lo que afecte al bloque de frecuencias en su conjunto o establecer conjuntamente las reglas para esta finalidad.

4.1.1 BANDA DE FRECUENCIAS

El servicio de radiodifusión sonora digital se explotará en las siguientes bandas de frecuencias:

a) 195 a 216 MHz (bloques 8A a 10D).
b) 216 a 223 MHz (bloques 11A a 11D).
c) 1452 a 1467,5 MHz (bloques LA a LI).
d) 1467,5 a 1492 MHz.

Tabla 4.1 Banda de Frecuencias

4.1.2 DISPONIBILIDAD DE ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.

1. Con el cuadro nacional de atribución de frecuencias, las estaciones de radiodifusión sonora que funcionen en la banda de frecuencias 209 a 223 MHz, pueden solicitar autorización para continuar sus emisiones en un canal radioeléctrico alternativo en la banda de 470 a 830 MHz.
2. La banda de frecuencias 1452 a 1492 MHz deberá estar disponible para el servicio de radiodifusión sonora digital terrenal, no se realizarán nuevas asignaciones de frecuencia en esta banda a estaciones de otros servicios de radiocomunicaciones, pudiendo solicitar los actuales usuarios nueva concesión o afectación de dominio público radioeléctrico en otra banda que sea utilizable, de acuerdo con el cuadro nacional de atribución de frecuencias.

4.1.3 CANALIZACIÓN EN LAS BANDAS DE RADIODIFUSIÓN

Se establecen bloques con una separación de 13 a 53 [kHz], la canalización de los bloques de frecuencias es la siguiente:

Banda	Bloques	Frecuencias [MHz]
VHF 3	8 ^a	195,168-196,704
	8B	196,880-198,416
	8C	198,592-200,128
	8D	200,304-201,840
	9 ^a	202,160-203,696
	9B	203,872-205,408
	9C	205,584-207,120
	9D	207,296-208,832
	10 ^a	209,168-210,704

	10B	210,880-212,416
	10C	212,596-214,128
	10D	214,304-215,840
	11 ^a	216,160-217,696
	11B	217,872-219,408
	11C	219,584-221,120
	11D	221,296-222,832
L	LA	1.452,192-1.453,728
	LB	1.453,904-1.455,440
	LC	1.455,616-1.457,152
	LD	1.457,328-1.458,864
	LE	1.459,040-1.460,576
	LF	1.460,752-1.462,288
	LG	1.462,464-1.464,000
	LH	1.464,176-1.465,712
	LI	1.465,888-1.467,424

Tabla 4.2 Canalización de Bloques de Frecuencias

4.1.4 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Los bloques de frecuencias en la banda 195 a 216 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito territorial provincial o, en su caso, insular, que se integrarán para constituir redes multifrecuencias de ámbito nacional, la capacidad espectral excedentaria se destina a la cobertura local.

Los bloques de frecuencias de la banda 216 a 223 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito nacional, la capacidad espectral excedentaria se destina a la cobertura local.

Los bloques de frecuencias de la banda 1452 a 1467,5 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito local.

Los bloques de frecuencias de la banda 1467,5 a 1492 MHz se destinan, principalmente, al establecimiento de redes de frecuencia única de ámbito local, estas frecuencias corresponden a la Banda IV la misma que esta reservada para un futuro.

4.1.5 DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FRECUENCIAS O CANALES

La distancia mínima para que se cumplan los valores que garantizan la intensidad de los campos establecidos para las estaciones sin que ocurra interferencia se encuentran en la respectiva norma, la cual se tomará como referencia en la Propuesta de la Norma Técnica para radiodifusión digital Eureka 147.

4.1.6 ÁREA DE SERVICIO

Es el área geográfica en la cual una estación irradia su señal en los términos y características técnicas, para lo cual se toma en cuenta la relación de protección y las condiciones de explotación.

Servicio sin Costo: Son Aquellos servicios que no representan ningún costo alguno al usuario, la transmisión de datos es la que se indica a continuación:

1. Nombre de la Estación.
2. Título de la Canción.
3. Nombre del intérprete.
4. Teléfono de la estación.

Además las radio estaciones tiene la obligación de proveer información necesaria en caso de emergencia o catástrofe.

Servicio Pagados: Estos servicios son aquellos que serán instalados una sola vez, y el proceso de digitalización estará completo.

El costo o propuestas de costo para estos servicios, así como las modificaciones en este punto, estarán a cargo de los organismos gubernamentales como son la SUPTEL y el CONARTEL.

4.1.7 MODOS DE TRANSMISIÓN

El sistema Eureka 147 (DAB) tiene cuatro modos de transmisión, según el número de portadoras usadas:

- **I:** 1536 portadoras.
- **II:** 384 portadoras.
- **III:** 192 portadoras.
- **IV:** 768 portadoras.

Nº de símbolos COFDM por trama:

- **I:** 78.
- **II:** 78.
- **III:** 155.
- **IV:** 78.

En los cuatro modos hay dos símbolos COFDM usados exclusivamente por el sistema.

De momento hay dos bandas habilitadas de radiofrecuencia para el sistema Eureka 147:

- **Banda III:** de 216 a 230 [MHz]
- **Banda L:** de 1452 a 1467.4 [MHz]

4.1.8 ASPECTOS DE COBERTURA

Concepto GIZ (Guard Interval Zone): Este concepto consiste en que las señales de diferentes transmisores no entran en conflicto por retardos excesivos desde algunos de los transmisores.

Tx mode	I	IV	II	III
Carriers #	1536	768	385	192
C. spacing	1	2	4	8
$T_{\text{Symbol}} (\mu \text{ s})$	1000	500	250	125
$1T_{\text{Guard}} (\mu \text{ s})$	246	123	~ 62	~ 31

A mayor T_{GUARD} , Mayor GIZ posible

Tabla 4.3 Cuadro del Concepto GIZ

Esparcimiento Doppler: El movimiento del receptor significa que desde el mismo se percibe un desviación en frecuencia llamada Doppler que depende de la velocidad instantánea. En COFDM este fenómeno se generaliza a un *esparcimiento Doppler* en toda la banda ocupada causado por el elevado número de portadoras.

El factor clave es el espaciamiento entre portadoras asignado por diseño.

El modo IV DAB es más sensible a este efecto que el modo II por la separación entre portadoras. Tal sensibilidad a la velocidad del receptor se agrava por $T_{\text{SYMBOL}}(\text{mode IV}) > T_{\text{SYMBOL}}(\text{mode II})$.

Optimización de una Red SFN: Si se usan muy pocos transmisores (alejados entre ellos), las zonas potencialmente afectadas por ISFNI son potencialmente mayores. El CIR cobra importancia donde hay dificultades para hacer llegar la señal).

Formas de Mejorar el CIR:

- Aumentar la potencia de transmisión
- Variar la posición del transmisor
- Elevar mas el transmisor
- Moldear el haz de antena
- Añadir gap filters en puntos concretos

Separación Experimental entre Estaciones Transmisoras DAB Modo II:

(D_{TX} = Distancia entre transmisores)

$T_{GUARD} = 62\mu s$, $D_{TX} = 18.6Km$ No hay ISFNI, o lo que es lo mismo, la suma constructiva de ecos no decrece abruptamente con la distancia.

Empíricamente se ha visto que, D_{TX} puede llegar a 35Km.

Esparcimiento Doppler en DAB Modo II: La situación más destructiva se da cuando el móvil se aleja de un centro transmisor y se acerca directamente a otro. En tal caso hay que considerar atenuaciones suplementarias de hasta 4dB para $BER = 10^{-4}$

En otras palabras, SNR ha de aumentar en 4dB para mantener la calidad del canal.

Aunque teóricamente deberíamos considerar velocidades de hasta 200Km/h se han detectado los siguientes límites con $L < 4dB$:

DAB L-band modo II 184 Km/h

DAB L-band modo I 46 Km/h

Por lo tanto, se considera la velocidad máxima para disponer de calidad en recepción de 150Km/h en modo II DAB.

El Nuevo Modo IV: El modo I limita severamente la velocidad máxima de los receptores.

En modo IV los transmisores pueden estar más espaciados que en modo I.

Todos los transmisores están dentro de GIZ:

$$D_{TX} = 37\text{Km con } T_{GUARD} = 123 \text{ us}$$

A 1.5 GHz han dado velocidades máximas de 40Km/h y 60Km/h en áreas metropolitanas&semi-urbanas y rurales respectivamente.

Dentro de L.O.S. (Line Of Sight) no hay problemas hasta 80 y 120Km/h respectivamente.

Modulación COFDM (Coded Orthogonal Frequency Multiplexing Division)

Banda	Nº portadores	BW(MHz)
III(174-240)	1536/168/384	1536
L(1452-1495)	768/384/192	1536
S	192	1536

Tabla 4.4 Modulación COFDM

Asignación de Bloques del ITU para DAB:

12	bloques	VHF (II)	88 - 108 [MHz]
38	bloques	VHF (III)	174 - 240 [MHz]
23	bloques	L - band	1452 - 1942 [MHz]

Tabla 4.5 Asignación de Bloques para el Estándar Eureka 147

Formato de Entrada al Excitador: MUSICAM es formato de audio digital DAB de entrada de entrada al excitador COFDM. Acepta de 4 a 6 canales de calidad CD los cuales pueden ser transmitidos por el mismo bloque DAB. Lo que ahora se llama bloque es el equivalente analógico de *canal*.

Variación Dinámica de Capacidad de Información: Dado el aumento espectacular de la capacidad de información debidamente multiplexada, además se pueden cambiar en tiempo real el BER y el número de programas por bloque de manera dinámica.

FIC: Aparte de los canales de reducida capacidad que se puedan multiplexar con toda la información, existe un canal adicional no cambiable llamado *Fast Information Channel* al que todos los receptores pueden acceder.

El FIC sirve generalmente para información de tráfico, paging, periódicos electrónicos.

4.1.9 ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS

La empresa encargada de asignar las frecuencias será el CONARTEL, previo la presentación del informe técnico de la SUPTEL, en base a los parámetros de la presente norma técnica, observando la disponibilidad de canales y el Plan Nacional de Distribución de Frecuencias, además de un análisis de interferencias y la ubicación del transmisor.

Para la etapa de la asignación se realizará de acuerdo a distintos criterios, los cuales se presentarán en orden de importancia, las mismas que serán expuestas a continuación:

- Antigüedad de la solicitud.
- Objetivo de la estación (necesidad por catástrofes naturales, cobertura a lugares desatendidos, valores culturales, educación y desarrollo agropecuario), si es una estación local o nacional y la innovación tecnológica que propone, esta última también toma en cuenta la utilización de la radiodifusión digital.

Todo representante podrá reutilizar un cocanal en una misma zona geográfica para cubrir su provincia con repetidoras. El intercambio de frecuencia con los representantes o cambio por otra frecuencia disponible es factible únicamente con una solicitud y autorización de el CONARTEL.

Todo representante puede solicitar a él CONARTEL el cambio de frecuencia a otra disponible, siempre y cuando esta se encuentre dentro de lo establecido en esta norma.

4.1.10 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Ancho de Banda: 1.5 [MHz] con tolerancia de 5%

Frecuencia de Banda Base para Audio: Desde 30 [MHz] hasta 3 [GHz].

Separación entre Portadoras: El estándar Eureka 147 no tiene portadoras de uso exclusivo, por lo tanto el espaciamiento entre portadoras es:

- **Modo I:** 1[kHz].
- **Modo II:** 4[kHz].
- **Modo III:** 8[kHz].
- **Modo IV:** 2[kHz].

La precisión esperada absoluta de las portadoras es:

- **Modo I:** 10Hz.
- **Modo II:** 40Hz
- **Modo III:** 80Hz
- **Modo IV:** 20Hz
- $f_0=2048\text{MHz}$. $T = 1/ f_0$.

Las frecuencias de muestreo fijadas para un MiniDisc y DVD son: 32, 44.1 y 48 [KHz], mientras que para las Velocidades de bits se encuentran entre: 32 y 192kbps para la señal mono y entre 64 y 384kbps para el canal estéreo, es decir 32 Bandas escaladas logarítmicamente.

Porcentaje de Modulación: Para sistemas monofónicos o estereofónicos, únicamente 100%.

Nivel de Ruido de la Portadora: El nivel de ruido deberá estar por lo menos 45 dB por debajo del nivel que produce la señal.

Bit Error Rate (BER): La tasa de error considerable es de 1×10^{-4} lo que constituye que las pruebas a realizarse deberán estar diseñadas para que máximo 1 bit de cada 10000 se encuentre erróneo.

Potencia de Operación o Potencia Efectiva Radiada (PIRE): Dentro de la banda de 30 MHz hasta 40 GHz, no deberá exceder los siguientes valores medidos en un ancho de banda de 120 kHz:

- 20 dBpW en el rango de 30 MHz a 960 MHz.
- 43 dBpW en el rango de 960 MHz a 2,5 GHz.
- 57 dBpW en el rango de 2,5 GHz a 40 GHz.

La especificación se aplica en todas las direcciones excepto en el margen de $\pm 7^\circ$ de la dirección del eje de la antena.

4.1.11 CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DE ELEMENTOS PARA LA CAPTACIÓN DE SERVICIOS TERRENALES

Las antenas y elementos anexos: soportes, anclajes, riostras, etc. Deberán ser de materiales resistentes a la corrosión o tratados convenientemente a estos efectos.

Los mástiles o tubos que sirvan de soporte a las antenas y elementos anexos, deberán estar diseñados de forma que se impida, o al menos se dificulte la entrada de agua en ellos y, en todo caso, se garantice la evacuación de la que se pudiera recoger.

Los mástiles de antena deberán estar conectados a la toma de tierra del edificio a través del camino más corto posible, con cable de al menos, 12.5 mm^2 de sección.

La ubicación de los mástiles de antena, será tal que haya una distancia mínima de 5 metros al obstáculo o mástil más próximo; la distancia mínima a líneas eléctricas será de 1.5 veces la longitud del mástil.

La altura máxima del mástil será de 6 metros. Para alturas superiores se utilizarán torretas.

Los mástiles de antenas se fijarán a elementos de fábrica resistentes y accesibles y alejados de chimeneas u otros obstáculos.

Las antenas y elementos del sistema captador de señales soportarán las siguientes velocidades de viento:

- Para sistemas situados a menos de 20 m del suelo: 130 km/h.
- Para sistemas situados a más de 20 m del suelo: 150 km/h.

Los cables de conexión serán del tipo intemperie o en su defecto deberán estar protegidos adecuadamente.

4.1.12 CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO PARA LA CAPTACIÓN DE SERVICIOS POR SATÉLITE

El conjunto para la captación de servicios por satélite, cuando exista, estará constituido por las antenas con el tamaño adecuado y demás elementos que posibiliten la recepción de señales procedentes de satélite, para garantizar los niveles y calidad de las señales.

Radiación de la Unidad Exterior: Los límites a las radiaciones no deseadas serán los siguientes:

- Emisiones procedentes del oscilador local en el haz de $\pm 7^\circ$ del eje del lóbulo principal de la antena receptora.
- El valor máximo de la radiación no deseada, incluyendo tanto la frecuencia del oscilador local como su segundo y tercer armónico, medida en la interfaz de la antena (ya considerados el polarizador, el transductor

ortomodo, el filtro pasabanda y la guía de onda de radiofrecuencia) no superará los siguientes valores medidos en un ancho de banda de 120 kHz dentro del margen de frecuencias comprendido entre 2,5 y 40 GHz:

- El fundamental: -60 dBm.
- El segundo y tercer armónicos: -50 dBm.

4.1.13 INMUNIDAD

Susceptibilidad Radiada: El nivel de intensidad de campo mínimo de la señal interferente que produce una perturbación que empieza a ser perceptible en la salida del conversor de bajo ruido cuando a su entrada se aplica un nivel mínimo de la señal deseada no deberá ser inferior a:

Rango de Frecuencias [MHz]	Intensidad de Campo Mínima
Desde 1.15 hasta 2000	130 dB(μ V/m)

Tabla 4.6 Susceptibilidad Radiada

La señal interferente deberá estar modulada en amplitud con un tono de 1 kHz y profundidad de modulación del 80 por 100.

Susceptibilidad Conducida: A cada frecuencia interferente la inmunidad, expresada como el valor de la fuerza electromotriz de la fuente interferente que produce una perturbación que empieza a ser perceptible en la salida del conversor de bajo ruido cuando se aplica en su entrada el nivel mínimo de la señal deseada, tendrá un valor no inferior al siguiente:

Rango de Frecuencias [MHz]	Intensidad de Campo Mínima
Desde 1,5 hasta 230	125 dB(μ V/m)

Tabla 4.7 Susceptibilidad Conducida

La señal interferente deberá estar modulada en amplitud con un tono de 1 kHz y profundidad de modulación del 80 por 100.

4.1.14 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPAMIENTO DE CABECERA

El equipamiento de cabecera estará compuesto por todos los elementos activos y pasivos encargados de procesar las señales de radiodifusión sonora, las características técnicas que deberá presentar la instalación a la salida de dicho equipamiento son las siguientes:

PARÁMETRO	UNIDAD	BANDA DE FRECUENCIA	
		15 - 862 MHz	950 - 2150 MHz
Impedancia	Ω	75	75
Pérdida de retorno en equipos con mezcla tipo "Z"	dB	≥ 6	-
Pérdida de retorno en equipos sin mezcla	dB	≥ 10	≥ 6
Nivel máximo de trabajo/salida	dB μ V	120	110

Tabla 4.8 Características del Equipamiento de la Cabecera

Para los canales se utilizarán moduladores en banda lateral y el nivel autorizado de la portadora de sonido estará comprendido entre -8 dB y -20 dB.

Asimismo para las señales que son distribuidas con su modulación original, el equipo de cabecera deberá respetar la integridad de los servicios asociados a cada canal (teletexto, sonido estereofónico, etc.) y deberá permitir la transmisión de servicios digitales.

Características de la Red: En cualquier punto de la red, se mantendrán las siguientes características:

PARÁMETRO	UNIDAD	BANDA DE FRECUENCIA	
		15 - 862 MHz	950 - 2150 MHz
Impedancia	Ω	75	75
Pérdida de retorno en cualquier punto	dB	≥ 10	≥ 6

Tabla 4.9 Características de la Red

Características Técnicas de los Cables Coaxiales: Los cables coaxiales empleados para realizar la instalación deberán reunir las siguientes características técnicas:

- Conductor central de cobre y dieléctrico polietileno celular físico.
- Pantalla cinta metalizada y trenza de cobre o aluminio.
- Cubierta no propagadora de la llama para instalaciones interiores y de polietileno de color negro para instalaciones exteriores.
- Impedancia característica media: $75 \pm 3 \Omega$
- Pérdidas de retorno según la atenuación del cable (α) a 800 MHz:

Tipo de cable	5 – 30 MHz	30 – 470 MHz	470 – 862 MHz	862 – 2150 MHz
$\alpha \leq 18$ dB/100m	23 dB	23 dB	20 dB	18 dB
$\alpha > 18$ dB/100m	20 dB	20 dB	18 dB	16 dB

Tabla 4.10 Características Técnicas de los Cables Coaxiales

Se presumirán conformes a estas especificaciones aquellos cables que acrediten el cumplimiento de las normas UNE-EN 50117-5 (para instalaciones interiores) y UNE-EN 50117-6 (para instalaciones exteriores).

Tolerancia de Frecuencia: La variación de frecuencia admisible máxima para la portadora principal será de ± 30 Hz.

Distorsión Armónica: La distorsión armónica total de audiofrecuencia desde las terminales de entrada de audio del transmisor hasta la salida del mismo, no debe exceder el 5% con una modulación del 100% para frecuencias entre 20 Hz y 5 kHz.

Estabilidad de la Potencia de Salida: Los dispositivos a instalarse compensarán las variaciones excesivas de la tensión de línea u otros, y no debe ser menos al 95%.

Protecciones Contra Interferencias: La generación de interferencias, y la óptima implementación de equipos para atenuarlas es completamente

responsabilidad del concesionario que deben atenuar las interferencias en por lo menos 80 dB.

Niveles de Emisión no Esenciales: Estos niveles deben atenuarse con 80 dB como mínimo por debajo de la potencia media del ancho de banda autorizado y con una modulación del 100%.

4.1.15 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

La modificación o sustitución de los equipos de un sistema de transmisión serán permitidas siempre y cuando no se alteren las características originales y con previa inspección de la SUPTEL.

Transmisor: El diseño de este equipo de transmisión se ajustará a los parámetros técnicos y a las características autorizadas; además, deberá contar con instrumentos de medición básicos.

Características técnicas de las estaciones.

1. Las características técnicas de las estaciones de radiodifusión sonora digital terrenal en cada emplazamiento serán las que se establezcan por el CONARTEL.
2. Algunas estaciones pertenecientes a una red de frecuencia única podrán utilizar un bloque de frecuencias distinto al previsto en este plan técnico, como consecuencia de acuerdos de coordinación internacional o para garantizar la compatibilidad radioeléctrica con zonas limítrofes, previa autorización del CONARTEL.

Línea de Transmisión: La línea que alimenta a la antena a utilizarse deberá ser cable coaxial o guía de onda con características esenciales para el correcto acoplamiento entre el transmisor y la antena.

Enlaces: Los enlaces deberán ajustarse a los parámetros técnicos que garanticen la transmisión libre de interferencias y en el caso de señales híbridas o completamente digitales tendrán enlaces digitales.

Las frecuencias auxiliares para enlace requieren autorización expresa. La utilización de todo tipo de enlace impone el cumplimiento de las obligaciones previstas en el plan tarifario.

Los enlaces que no utilicen frecuencias radioeléctricas pueden ser utilizados siempre y cuando el concesionario informe y notifique lo correspondiente al CONARTEL.

Las frecuencias principales de los servicios de radiodifusión no podrán ser utilizadas para implementar enlaces.

Infraestructura de Red Soporte del Servicio: Las entidades habilitadas, para emitir programas de radiodifusión sonora empleando tecnología digital, podrán hacerlo con sus propias infraestructuras de red soporte del servicio de radiodifusión sonora o contratando su uso con terceros.

A estos efectos se entenderá como infraestructura de red soporte del servicio de radiodifusión sonora, las licencias individuales, habrán de prestarse por una entidad que haya obtenido la oportuna licencia individual.

Utilización de Infraestructuras: Con el fin de favorecer la rápida introducción del servicio de radiodifusión sonora digital terrenal, en los concursos que se convoquen para la adjudicación de concesiones para la explotación del servicio, mediante el empleo de bloques de frecuencias o programas, se valorará la utilización de infraestructuras ya existentes y, particularmente, el uso compartido de los emplazamientos y de los sistemas de antenas de emisión.

4.1.16 INCUMPLIMIENTO Y SANCIONES

Es una infracción técnica de tipo IV del Reglamento a la Ley de Radiodifusión y Televisión el incumplimiento de las disposiciones impartidas respecto al reordenamiento de frecuencias y del respectivo plan.

Si se llegaren a descubrir incumplimiento se suspenderán las emisiones hasta que se realicen las correcciones correspondientes.

4.1.17 DISPOSICIONES GENERALES

Los canales y frecuencias asignados, así como el número correspondiente no serán modificados ni alterados sin aprobación de él CONARTEL.

Disposiciones Transitorias: El plan de reubicación de frecuencias de las bandas que llegare a aprobarse por el CONARTEL, será parte sustancial de la presente norma y se ejecutará en un plazo de 90 días, con participación de la SUPTEL.

Cuando se haya realizado la reubicación de frecuencias, las interferencias que existieren por excesos de potencia o patrones de radiación no definidos, se solucionarán estableciendo potencias efectivas radiadas máximas desde donde se encuentran instalados los transmisores. La resolución emitida por el CONARTEL será razonada y tendrá carácter obligatorio para los concesionarios.

Las modificaciones en los parámetros técnicos en las concesiones afectados por la presente norma, incluyendo el cambio de frecuencia, serán dispuestas mediante resolución del CONARTEL, registradas por la Superintendencia de Telecomunicaciones y notificadas oficialmente al concesionario para que proceda a la respectiva modificación del contrato, conforme lo dispone el último inciso del Art. 27 en vigencia de la Ley de Radiodifusión y Televisión.

4.1.18 PREVALECÍA

La presente Norma Técnica para Radiodifusión Digital Eureka 147 actual prevalece por sobre cualquier otra disposición o resolución presente o pasada, consecuentemente queda derogado todo aquello que se le oponga de manera general o expresa.

4.1.19 VIGENCIA

A partir de la publicación en el Registro Oficial. Dado y firmado en Quito, en la sala de sesiones del CONARTEL, en la fecha correspondiente a su firma.

CAPITULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MIGRACIÓN DEL ESTÁNDAR ACTUAL AL ESTÁNDAR DE RADIODIFUSIÓN DIGITAL EUREKA 147.

5.1 *PLANIFICACION DE LA CONVERSIÓN A LA TRANSMISION EUREKA* 147.

La "**conversión digital**" ("switchover"), es decir, la transición de la radiodifusión analógica a la digital, es un proceso complejo con implicaciones económicas y sociales que van más allá de una mera migración técnica. El desarrollo de la radiodifusión digital es positivo ya que mejora la variedad y la calidad de los servicios, especialmente gracias a la compresión. Este aumenta tanto el rendimiento del espectro como la capacidad útil de la red.

Las fuerzas del mercado y la demanda del consumidor son las que deben impulsar la digitalización de la radiodifusión, que es un importante reto industrial. La libertad de empresa y los incentivos pueden ayudar a la consecución de este objetivo. También es crucial informar a los consumidores de modo que sepan cuándo llevar a cabo la migración y cuáles son las distintas opciones, este debe ser un proceso impulsado por el mercado, no un simple cambio infraestructural, sin un valor añadido para el ciudadano, el éxito de la conversión digital se verá facilitado por una actuación coordinada de los numerosos actores interesados (empresas de radiodifusión, fabricantes de equipo, minoristas, administraciones, etc.)

Toda intervención deberá ser no discriminatoria y neutra desde el punto de vista tecnológico. Todo tratamiento diferenciado de los actores del mercado debe justificarse. El cierre de la radiodifusión analógica sólo podrá tener lugar cuando la digital haya logrado una penetración casi universal, teniendo en cuenta todas las posibilidades mencionadas, con el fin de minimizar los costes sociales.

Las normas técnicas de los equipos y la información al consumidor, debe facilitar y promover el acceso a servicios de valor añadido. La Comunicación propone también que se lance un debate sobre los aspectos de la conversión relativos al espectro, como parte del nuevo marco comunitario en este ámbito, esto supondría debatir las distintas estrategias posibles para aumentar la transparencia en torno al valor económico del espectro asignado a los servicios de radiodifusión terrestre, el objetivo es fomentar una utilización eficaz y flexible del espectro, salvaguardando a la vez las funciones esenciales de la radiodifusión.

No está previsto proponer una fecha común para el cierre de la radiodifusión analógica o la prohibición de vender receptores analógicos a escala comunitaria. Sin embargo, se continuará haciendo un seguimiento de los mercados nacionales de la radiodifusión digital.

5.1.1 ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA RADIO ANALÓGICA

El aspecto más importante en una estación de radiodifusión, es la generación de audio, la cual es generada en los estudio de locución, estudio de producción y estudios remotos, el siguiente paso a seguir es el transporte del audio, para finalmente encontrar la etapa de transmisión, a continuación se muestra un diagrama de bloques de la estación de radiodifusión analógica.

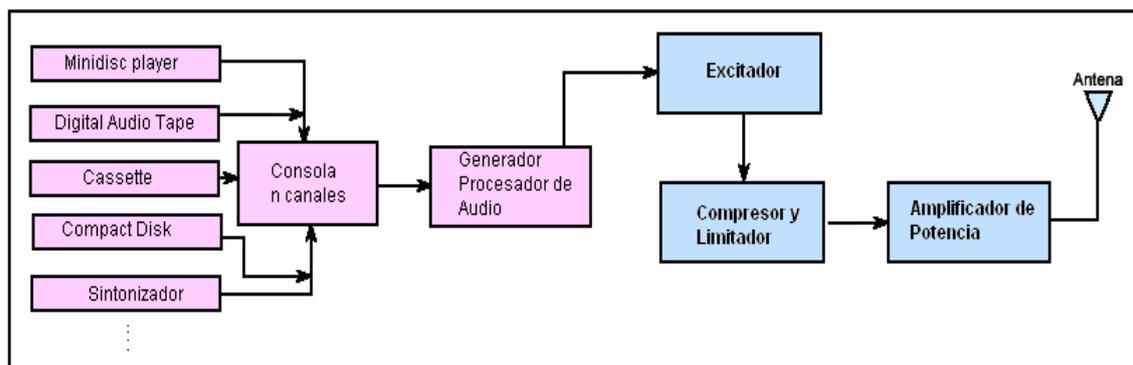


Figura 5.1 Diagrama de Bloques de la Estación de Radiodifusión Analógica

Al momento existen diferentes fabricantes en el mercado, para poder adquirir los equipos de radiodifusión necesarios para la implementación de una estación, de la misma manera varían en el precio al momento de implementarla, de acuerdo al fabricante, a continuación se proporciona una lista de precios de acuerdo a los elementos descrito en el gráfico anterior.

Estación FM Analógica	Precio (USD)
Equipo de Estudios	8280 a 17268
Procesador de Audio Digital	7400 a 10400
Enlace Radioeléctrico	2996
Transmisor	9748
Antena	2275
COSTO TOTAL	30699 a 42687

Tabla 5.1 Lista de Precios de Equipos de una Estación FM

Estación AM Analógica	Precio (USD)
Equipo de Estudios	8280 a 17268
Procesador de Audio AM	4550 a 6350
Enlace Radioeléctrico	2996
Transmisor	16543
Torre con iluminación	5400
Instalación de Radiales	1700
Caseta de sintonía	3000
COSTO TOTAL	42469 a 53257

Tabla 5.2 Lista de Precios de Equipos de una Estación AM

5.2 PANORAMA DE LA CONVERSIÓN

En el ámbito de la radio denominado conjuntamente "radiodifusión", se llama "conversión digital" al proceso de migración de la radiodifusión analógica a la digital, que comienza con la introducción de la digitalización y termina con el cierre de la radiodifusión analógica. Son posibles distintas variantes en función de la velocidad y duración del proceso, de las partes participantes y del grado de intervención pública.

Cada país sigue su propia ruta en la conversión, normalmente en función de las condiciones locales de radiodifusión. Lo ideal sería que el cierre de la radiodifusión analógica tuviera lugar una vez que la radiodifusión digital hubiera alcanzado una penetración amplia y quedaran pocos usuarios analógicos. De lo contrario el impacto sería socialmente negativo y muchos hogares simplemente se verían privados de la noche a la mañana de servicios de radio; o sería económicamente nocivo, si para evitar tales consecuencias se introdujeran unas medidas demasiado costosas o que falsearan las condiciones del mercado.

Esta conversión es mucho más que una migración técnica. Teniendo en cuenta el papel de la radio en la sociedad moderna, el impacto no es sólo económico sino también social y político. La conversión incide en todos los segmentos de la cadena de valor de la radiodifusión, por ejemplo en la producción de contenidos, es necesario introducir mejoras en todos estos apartados para adaptarse a la radiodifusión digital. El reto principal tiene lugar en el lado de la recepción: sustituir o adaptar la extensa cantidad de receptores analógicos actualmente en funcionamiento, esto puede hacerse por medio de receptores digitales integrados a la radio.

En cuanto a las ventajas de la radiodifusión digital, algunas de ellas van ligadas al propio proceso de conversión, mientras que otras sólo se obtendrían al final del proceso, con el cierre de la radiodifusión analógica, todas las ventajas se derivan de la posibilidad de procesar y comprimir datos digitales, permitiendo una

utilización de la capacidad de la red mucho mayor que en el caso de las señales analógicas. Tales ventajas se traducen en mejoras de varios tipos:

En primer lugar, hace posible la oferta de unos servicios de radiodifusión nuevos o mejorados; programas adicionales; complementos a la programación tradicional; mayor calidad de imagen y sonido; transmisión de datos y oferta de servicios interactivos, incluidos los de la Sociedad de la Información o los de tipo Internet.

En Segundo lugar, mayor competencia en el mercado y estímulo de la innovación gracias a la llegada de nuevos competidores en distintos niveles de la cadena de valor, por ejemplo de radiodifusores u operadores de aplicaciones interactivas. Por otro lado, la conversión llevaría consigo ciertas ventajas concretas para algunas categorías de actores en el mercado: reducción de los costos de transmisión; aumento de las ventas de receptores digitales; mayores facilidades para el almacenamiento y tratamiento de contenidos. En realidad, las ventajas e inconvenientes pueden variar según los actores implicados, así como según el contexto local o las redes de que se trate.

En la actualidad la migración hacia la radiodifusión digital se ve afectada por la situación del sector de la información y la comunicación, caracterizada por una limitación del capital disponible. Esto disminuye en cierta manera la urgencia de efectuar la conversión con el fin de descongestionar el espectro. Por otro lado, el potencial de mercado de los servicios convergentes está tardando en materializarse, y la disponibilidad del consumidor a la hora de pagar por ello es un tanto incierta.

5.2.1 RIESGOS

La radiodifusión tiene una mayor tradición de intervención pública que otros sectores de la información y la comunicación, como son las telecomunicaciones, en las que el impacto de la liberalización ha sido mayor, lo que explica la repercusión política y social de los contenidos, que hace necesaria la implantación de unas exigencias mínimas de calidad y pluralismo, la intervención es aún mayor

en el caso de la radiodifusión terrestre por el intenso uso que hace del espectro, que es un recurso público escaso.

Pero el entorno en el que se ha desarrollado la implantación de la radiodifusión analógica y la digital ha sido muy diferente. Cuando se introdujo la radiodifusión analógica sólo existía la posibilidad de emisión terrestre; no había competencia y el mercado estaba totalmente dominado por la intervención y la reglamentación. Hoy en día existen varios tipos de redes, un alto nivel de competencia y una evolución tecnológica mucho más rápida. En tales circunstancias, la transición a la radiodifusión digital supone un gran reto industrial que debe ser promovido por el mercado.

La intervención de las autoridades públicas para facilitar y supervisar el proceso sólo es justificable si atiende a objetivos de interés general.

Es necesario evaluar los riesgos tanto en la existencia de intervención pública como su ausencia. La no intervención puede desembocar en deficiencias de mercado y poner en peligro los objetivos de interés general, en el sentido anteriormente expresado. En cuanto a los riesgos de la intervención, hay que citar la manipulación de los objetivos políticos por parte de los operadores concernidos con el fin de compensar los riesgos comerciales, reduciendo así la competencia y el estímulo a la innovación. Puede provocar efectos negativos tales como el "riesgo moral" o ausencia de iniciativa comercial, que puede en última instancia frenar el proceso de conversión. En la práctica estos operadores intentarán exagerar las ventajas derivadas de la difusión digital, mezclando los beneficios privados y los colectivos, y podrían persuadir a las autoridades para que les apoyen (financieramente, a través de la legislación o de otra manera) en nombre del interés general, con el objetivo de aumentar la competitividad sobre sus rivales. Si la concesión de tal apoyo no se justificara de forma transparente podría resultar en una distorsión de mercado.

Por otro lado, una intervención pública inapropiada por cualquier razón (por ser desproporcionada, discriminatoria, o llevada a cabo en el momento inoportuno), o

incluso el simple anuncio de la misma, puede resultar contraproducente. Puede crear obstáculos adicionales a la adopción de la radiodifusión digital, estimulando la avidez de intervención pública. Por ejemplo si un gobierno anuncia demasiado pronto que, poco tiempo antes del cierre analógico, se subvencionarán los receptores digitales, los usuarios no tendrán ningún aliciente para comprar receptores. Del mismo modo, la imposición demasiado temprana de normas técnicas aún inmaduras o de costosa implantación puede desalentar la inversión. Finalmente, toda intervención de las autoridades nacionales ha de ser compatible con la legislación comunitaria, en particular con la de mercado interior y derecho de la competencia.

5.3 ESTIMACION ECONOMICA DE LA MIGRACION AL ESTANDAR EUREKA 147

La estimación económica de la conversión para la transmisión Eureka 147 dependerá de varios factores, entre ellos:

- Potencia de la emisora.
- Estación transmisora de 1 o dos portadora a 2 Mbps.
- Antena Tx/Rx Banda Ku (Ø 2.4 m).
- Transceptor Banda Ku 16 W o 40 W.
- Conmutador de redundancia 1+1.
- Modulador a 2 Mbps.
- Unidad de redundancia de módem 1+1.

Estación receptora:

- Antena 1.2 m receptora incluyendo 1 soporte galvanizado a T LNB PLL.
- Demodulador a 2 Mbps en Banda L.
- Equipos de fabricación reciente que cumplan con los requisitos del Estándar Eureka 147.

Se puede observar que en el caso de cada emisora será distinto a otra, y sus costos también.

Los receptores diseñados para el estándar Eureka 147 se encuentra entre los 200 y 1500 dólares y su promoción no siempre satisface a los radioescuchas, puesto que no perciben una gran diferencia entre el sonido que captan, al compararlo con la gran inversión que representa, sin contar que no se reciben nuevos programas o servicios por el empleo del equipo.

El costo por equipamiento en una emisora nueva con equipos 100 por ciento digitales es alto, para lo cual se muestra una lista de precios estimado en el mercado actual.

Estación digital	
Equipo	Precio (USD)
Cabina de Transmisión	120000
Cabina de Producción	150000
Procesador de Audio	10000
Enlace de Estudio de Planta	20000
Planta de emergencia	10000
Antenas	3000
Aire Acondicionado	5000
Activación de la Emisora	49600
total	367600

Tabla 5.3 Lista de Precios de Equipos para una Estación Eureka 147

Además, para la utilización del audio de las estaciones ya existentes, es necesario un procesador para establecer el enlace y emisión radial, el cual tiene un costo aproximado de 80 mil dólares, dando como resultado 447600 Dólares.

Para cualquier empresario, el proceso es representativo y no queda ahí, ya que es menester un estudio de distribución de frecuencia para garantizar que los 40 MHz que hay en la banda L quepan en las estaciones de AM y FM en operación, en tal sentido ya se conocen estudios que hipotéticamente para la cobertura nacional tendrían un costo de 30 mil dólares.

No se puede confiar en la plena accesibilidad del mercado, dado que la señal analógica y digital están creadas de forma independiente y alimentadas por

amplificadores separados, la primera utilizará la red ya existente y la segunda, empleará un amplificador lineal. Las señales de combinación de 10 db alimentarán la antena.

5.4 DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE Y DIFUSIÓN.

5.4.1 ESQUEMA GENÉRICO DE UNA RED DE TRANSPORTE

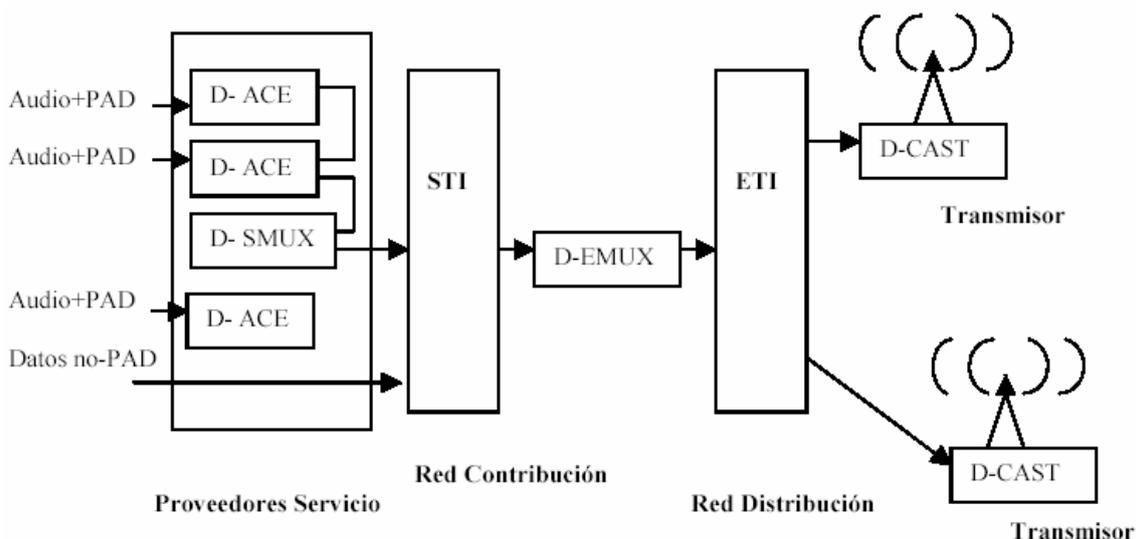


Figura 5.2 Esquema Genérico de una Red de Transporte

La señal de audio y los datos asociados a programa (PAD) se multiplexan y codifican en el codificador multimedia (D-ACE). Existe un codificador de este tipo para cada programa. En el multiplexor de servicio (D-SMUX) se realiza una primera multiplexación de los programas elaborados en un mismo estudio (por una determinada empresa). Desde este multiplexor se trasladan hasta el multiplexor de ensamblado (D-EMUX) a través de la red de contribución utilizando para ello el estándar STI (interfaz de transporte de servicio). Los datos no asociados a programa (no-PAD) también se transportan hasta el multiplexor desde el centro de producción utilizando este estándar.

Por último, la red de distribución se encarga de transportar la señal de salida del multiplexor de ensamblado (D-EMUX) (multiplexación de los 6 programas + datos no-PAD) hasta los transmisores utilizando el protocolo ETI (interfaz de transporte de ensamblado).

La función del D-CAST es realizar la codificación COFDM en los transmisores Eureka 147 (DAB).

Además puede ser equipado con un receptor interno GPS para tareas de sincronización de los transmisores de una red de frecuencia única.

La red tiene una capacidad útil de aproximadamente 1.5 Mbit/s, lo que nos permitiría transportar 6 programas, con la correspondiente protección, y servicios adicionales; aparte de los datos no asociados a programas, Además los servicios pueden configurarse dinámicamente.

5.4.2 RED DE DISTRIBUCIÓN.

La distribución se realiza desde el multiplexor de ensamblado hasta una red nacional de transmisores. Se utiliza un sistema de distribución vía satélite al ser el esquema más sencillo para transportar la información desde un punto en concreto (multiplexor de ensamblado) hasta los centenares de transmisores utilizados para la transmisión de la señal hasta los receptores. La utilización de redes de otro tipo (enlaces terrenales o de cable) implicaría una enorme complejidad lo que supondría un alto costo.

A continuación se presentan un par de esquemas de implementación de la red de distribución:

Arquitectura de la estación transmisora:

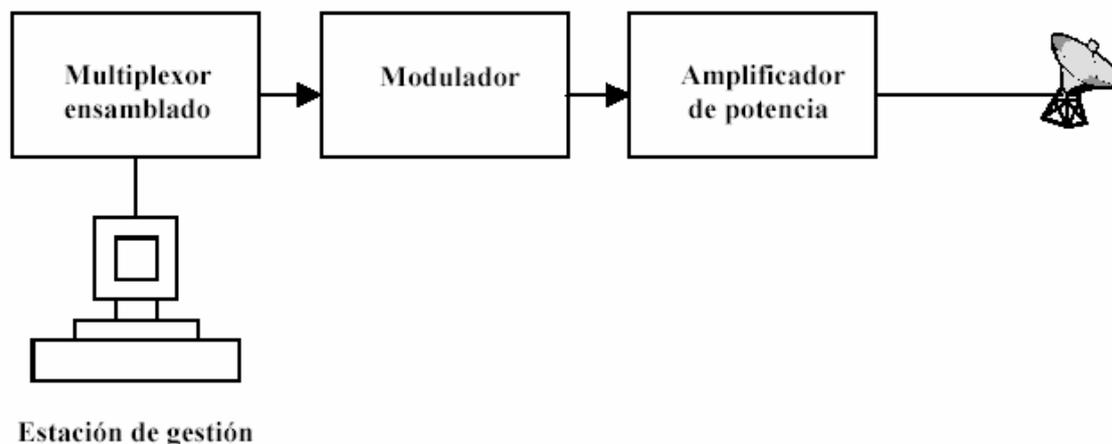


Figura 5.3 Arquitectura de la Estación Transmisora

Arquitectura de la estación receptora:

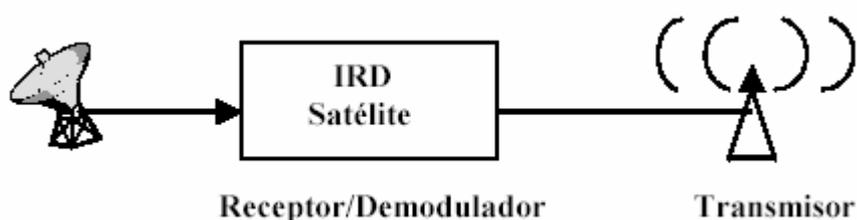


Figura 5.4 Arquitectura de la Estación Receptora

5.4.3 SINCRONIZACIÓN DE LA RED.

Para evitar interferencias, los transmisores que pertenecen a la misma red de frecuencia única deben estar sincronizados entre sí.

Para obtener precisión en frecuencia se utiliza una referencia en frecuencia externa GPS (10 MHz). Para obtener precisión temporal, aparte de una referencia temporal externa GPS (1pps), se utilizan marcas de tiempo insertadas en la trama ETI (interfaz de transporte de ensamblado). Estas marcas de tiempo se insertan en el multiplexor de ensamblado y son extraídas en el transmisor para realizar la alineación de trama. (El objetivo es compensar la diferencia de retardos).

En la siguiente figura se representa la red de sincronización:

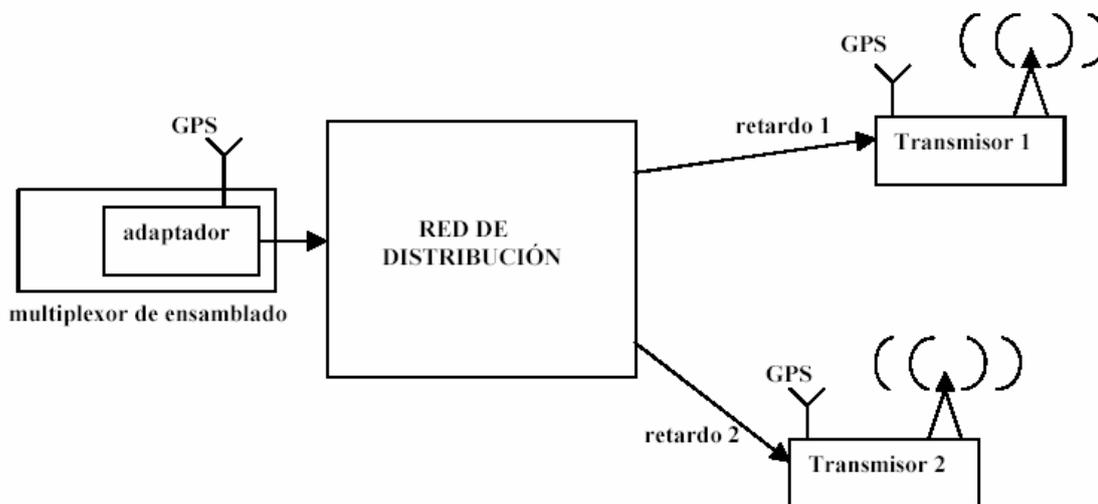


Figura 5.5 Red de Sincronización

5.4.4 SISTEMA DE MONITORIZADO Y CONTROL.

Este sistema se utiliza para realizar el monitoreo y control de todos los elementos del sistema: elementos de generación de las tramas del DAB (codificadores, multiplexores,...), elementos de subida y bajada del satélite, centros transmisores, así como otros elementos de las redes de contribución y de distribución. Para realizar el telecontrol de todos los elementos del sistema dispone de uno o varios centros de supervisión. Además debe tratarse de un sistema abierto, para que pueda adaptarse a cualquier arquitectura del sistema y a cualquier tipo de equipamiento.

Esquema general del sistema de monitorizado y control:

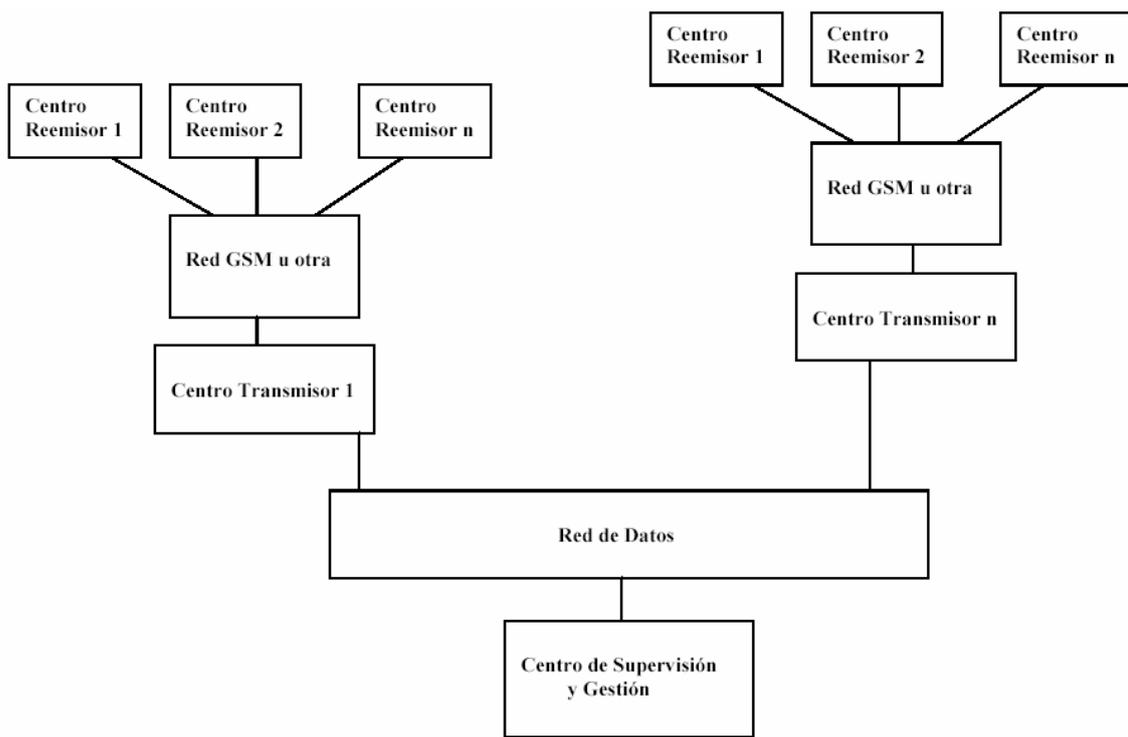


Figura 5.6 Esquema General del Sistema de Monitoreo y Control

5.4.5 GRAFICO DE RECEPTORES EUREKA 147



Figura 5.7 Gráficos de Receptores para el Estándar Eureka 147

5.4.6 FABRICANTES DE RECEPTORES EUREKA 147.



Figura 5.8 Lista de los Fabricantes de Receptores para el Estándar Eureka 147

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

TABLA 1.1 POTENCIA PERMITIDA PARA LAS RESPECTIVAS FRECUENCIAS 22	
TABLA 1.2 ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN.....	23
TABLA 1.3 ZONAS GEOGRÁFICAS PARA LA RADIODIFUSIÓN FM.....	25
TABLA 1.4 RESUMEN DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN.....	26

CAPÍTULO II

TABLA 2.1 CARACTERÍSTICAS DEL ESTÁNDAR EUREKA 147	34
TABLA 2.2 PARÁMETROS DE MODOS DE TRANSMISIÓN DEL ESTÁNDAR EUREKA 147.....	45
TABLA 2.3 TRAMAS DE TRANSMISIÓN DEL ESTÁNDAR EUREKA 147	45
TABLA 2.4 MODOS DE TRANSMISIÓN.....	76
TABLA 2.5 NÚMERO DE MUESTRAS DEL INTERVALO	88

CAPÍTULO III

TABLA 3.1 PORCENTAJES DE INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA EUREKA 147 EN EL MUNDO	121
TABLA 3.2 COBERTURA DEL ESTÁNDAR EUREKA 147.....	127

CAPÍTULO IV

TABLA 4.1 BANDA DE FRECUENCIAS	129
TABLA 4.2 CANALIZACIÓN DE BLOQUES DE FRECUENCIAS	131
TABLA 4.3 CUADRO DEL CONCEPTO GIZ	134
TABLA 4.4 MODULACIÓN COFDM.....	136
TABLA 4.5 ASIGNACIÓN DE BLOQUES PARA EL ESTÁNDAR EUREKA 147	136
TABLA 4.6 SUSCEPTIBILIDAD RADIADA	141
TABLA 4.7 SUSCEPTIBILIDAD CONDUCTIDA.....	141
TABLA 4.8 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPAMIENTO DE LA CABECERA ...	142
TABLA 4.9 CARACTERÍSTICAS DE LA RED.....	142
TABLA 4.10 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CABLES COAXIALES	143

CAPÍTULO V

TABLA 5.1 LISTA DE PRECIOS DE EQUIPOS DE UNA ESTACIÓN FM.....	150
TABLA 5.2 LISTA DE PRECIOS DE EQUIPOS DE UNA ESTACIÓN AM.....	150
TABLA 5.3 LISTA DE PRECIOS DE EQUIPOS PARA UNA ESTACIÓN EUREKA 147.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1.1 ÁREA DE COBERTURA AM	18
FIGURA 1.2 ÁREA DE COBERTURA FM.....	20
FIGURA 1.3 GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS EN NUESTRO PAÍS	25

CAPÍTULO II

FIGURA 2.1 TRAMA DE TRANSMISIÓN.....	42
FIGURA 2.2 ARQUITECTURA DEL MODO DE TRANSMISIÓN DEL ESTÁNDAR EUREKA 147.....	47
FIGURA 2.3 ESQUEMA DE LA RADIODIFUSIÓN EUREKA 147.....	48
FIGURA 2.4 TRAMA DE AUDIO	51
FIGURA 2.5 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CODIFICADOR DE AUDIO	52
FIGURA 2.6 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL DECODIFICADOR.....	53
FIGURA 2.7 ESQUEMA DEL MODULADOR / DEMODULADOR OFDM	61
FIGURA 2.8 ESPECTRO DEL MODO I DEL ESTÁNDAR EUREKA 147	63
FIGURA 2.9 ESPECTRO DEL MODO II DEL ESTÁNDAR EUREKA 147	63
FIGURA 2.10 ESPECTRO DEL MODO III DEL ESTÁNDAR EUREKA 147	64
FIGURA 2.11 ESPECTRO DEL MODO IV DEL ESTÁNDAR EUREKA 147.....	64
FIGURA 2.12 MÁSCARA PARA LA BANDA III.....	66
FIGURA 2.13 MÁSCARA PARA LA BANDA L.....	67
FIGURA 2.14 ESPECTRO FILTRADO DE LA SEÑAL RADIADA.....	68

FIGURA 2.15 ESQUEMA DEL SERVICIO EUREKA 147	68
FIGURA 2.16 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN RECEPTOR EUREKA 147. 70	
FIGURA 2.17 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL RECEPTOR EUREKA 147	72
FIGURA 2.18 MODULACIÓN ORTOGONAL.....	72
FIGURA 2.19 REPRESENTACIÓN TIEMPO – FRECUENCIA DE LA SEÑAL COFDM	73
FIGURA 2.20 TRANSMISOR COFDM.....	76
FIGURA 2.21 REPRESENTACIÓN DE LA TRAMA DE 188 BYTES	77
FIGURA 2.22 OBTENCIÓN DE LA SECUENCIA PSEUDO ALEATORIA	78
FIGURA 2.23 REPRESENTACIÓN DE LA TRAMA DE LA REED - SOLOMON .	79
FIGURA 2.24 FUNCIONAMIENTO DEL BARAJADOR EXTERNO	80
FIGURA 2.25 DIAGRAMA DE BLOQUES DE BARAJADOR INTERNO.....	82
FIGURA 2.26 ESTRUCTURA DEL ADAPTADOR DE TRAMA.....	85
FIGURA 2.27 INTERVALO DE GUARDA	87
FIGURA 2.28 EXTENSIÓN CÍCLICA	88
FIGURA 2.29 RECEPTOR COFDM.....	89
FIGURA 2.30 PRIMERAS MUESTRAS DE CADA PERÍODO DE SÍMBOLO.....	90
FIGURA 2.31 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN ADECUADA.....	91
FIGURA 2.32 DEMULTIPLEXOR DE TRAMA	93
FIGURA 2.33 PROCESO DE DECODIFICACIÓN	94
FIGURA 2.34 FUNCIONAMIENTO DE LA PERMUTACIÓN.....	96
FIGURA 2.35 DESBARAJADOR EXTERNO	98
FIGURA 2.36 REPRESENTACIÓN DE LA TRAMA DEL DECODIFICADOR REED - SOLOMON.....	99

CAPÍTULO III

FIGURA 3.1 SEÑAL MULTITRAYECTO	105
FIGURA 3.2 SITUACIÓN DEL DESARROLLO DEL EUREKA 147 EN DIFERENTES PAÍSES DEL MUNDO	119
FIGURA 3.3 COBERTURA NACIONAL PARA LA BANDA III.....	123
FIGURA 3.4 COBERTURA NACIONAL PARA LA BANDA III CON DESCONEXIÓN MF-I	123
FIGURA 3.5 COBERTURA NACIONAL PARA LA BANDA III CON DESCONEXIÓN MF-II	124
FIGURA 3.7 RADIO DIGITAL – RED NACIONAL SIN DESCONEXIONES.....	125
FIGURA 3.8 CAPACIDAD PARA UTILIZACIÓN DE PROGRAMAS.....	126
FIGURA 3.9 COBERTURA DEL ESTÁNDAR EUREKA 147	127

CAPÍTULO V

FIGURA 5.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ESTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN ANALÓGICA	150
FIGURA 5.2 ESQUEMA GENÉRICO DE UNA RED DE TRANSPORTE	156
FIGURA 5.3 ARQUITECTURA DE LA ESTACIÓN TRANSMISORA.....	158
FIGURA 5.4 ARQUITECTURA DE LA ESTACIÓN RECEPTORA.....	158
FIGURA 5.5 RED DE SINCRONIZACIÓN	159
FIGURA 5.6 ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL.....	160
FIGURA 5.7 GRÁFICOS DE RECEPTORES PARA EL ESTÁNDAR EUREKA 147.....	160
FIGURA 5.8 LISTA DE LOS FABRICANTES DE RECEPTORES PARA EL ESTÁNDAR EUREKA 147	161

GLOSARIO DE TERMINOS

AIC: Auxiliar Information Channel

CA: Conditional Access

CD: Conditional Access

CIF: Common Interleaved Frame

COFDM: Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex

CPI: Centro Proveedor de Información

CPSD: Centro Proveedor de Servicios de Datos

CRC: Cyclic Redundancy Code

CU: Capacity Unit

DAB: Digital Audio Broadcasting

EEP: Equal Error Protection

EWS: Emergency Warning System

FIC: Fast Information Channel

FIDC: Fast Information Data Channel

FPAD: Fixed Program Associated Data

FU-E: Frecuencia Única Española

GPS: Global Positioning System

GSM: Global System Mobile

HTML: Hypertext Markup Language

JPEG: Joint Pictures Expert Group

MCI: Multiplex Configuration Information

MF-I: MultiFrecuencia I

MF-II: MultiFrecuencia II

MFN: Multiple Frequency Network

MOT: Multimedia Object Transfer protocol

MPEG: Motion Picture Experts Group

MSC: Main Service Channel

NPAD: Non Program Associated Data

TMC: Traffic Message Channel

PAD: Program Associated Data

RDS: Radio Data System

RTB: Red Telefónica Básica

SAI: Servidor de Actualización de la Información

SFN: Single Frequency Network

SI: Service Information

SMS: Short Message System

UEP: Unequal Error Protection

VHF: Very High Frequency

ITS: Interfaz de Transporte de servicio

ITE: Interfaz de Transporte de Ensamble

SE: Servicio de Emisión

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El estándar de Radiodifusión Digital Eureka 147 (DAB) ofrece una gran eficiencia en la utilización del Espectro y la Potencia.
- El rango de frecuencia de transmisión en la cual trabaja la Radiodifusión Digital Eureka 147(DAB) esta entre los 30 [MHz] y 3[GHz].
- Cada bloque o multiplex cuenta con una capacidad útil de 1,5 Mbit/s, permitiendo transmitir 6 programas estéreo de 192 Kbits/s cada uno, con su protección correspondiente.
- El estándar de Radiodifusión Digital Eureka 147 (DAB) puede ofrecer varios servicios adicionales como envío de mapas mediante GPS, Internet, etc.
- Los servicios pueden estructurarse y configurarse dinámicamente, variando la velocidad del sistema entre los 8 y los 380 Kbits/s, lo que permite una gran flexibilidad.
- El estándar de radiodifusión Digital Eureka 147 (DAB) permite multiplexar varios programas y servicios de datos, obteniendo un bloque que se emite de manera conjunta.
- El estándar de Radiodifusión Digital Eureka 147 (DAB) ofrece una calidad de sonido equivalente a la de un disco compacto.
- En el estándar de Radiodifusión digital Eureka 147 (DAB) la señal de audio se transmite acompañada del canal de información que incluye la configuración del multiplex, información de los servicios,

fecha y hora, información sobre el estado del tráfico, etc, además de otros datos asociados al programa y servicios adicionales que pueden ir dirigidos a un grupo reducido de usuarios como por ejemplo la cancelación de tarjetas de crédito robadas.

- El receptor en el estándar de Radiodifusión Digital Eureka 147 (DAB) detecta automáticamente señales analógicas ó digitales cuando se tiene la transmisión en el modo simulcast.
- El estándar de Radiodifusión Digital Eureka 147 (DAB) esta diseñado para operar en la banda L, la cual esta ubicada en la región de las microondas entre los 1452 y 1492 [MHz], o también en la banda III VHF que se encuentra entre los 216 y 240 [MHz].
- El ancho de banda de cada bloque del estándar de Radiodifusión Digital Eureka 147 (DAB) es diez veces mayor que el ancho de banda de nuestra radio FM.
- Para que el estándar de Radiodifusión Eureka 147 (DAB) pueda empezar a transmitir las Radiodifusoras deben realizar una inversión inicial sumamente costosa, al igual que su implementación.
- El estándar Eureka 147 (DAB) permite transmitir datos o señales de audio y video siempre y cuando los receptores sean los adecuados.
- La migración hacia el estándar Eureka 147 (DAB) depende del nivel de inserción de la tecnología digital entre los usuarios de radio.
- Los receptores del estándar Eureka 147 (DAB) no pueden trabajar en otras bandas en las cuales se encuentran diseñados estos receptores, es decir en las banda L (1452 y 1492 MHz) y banda III (216 y 240 MHz).

RECOMENDACIONES

- Para que el estándar de Radiodifusión Digital Eureka 147 (DAB) pueda funcionar satisfactoriamente el Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL) debería liberar la banda L (1452 y 1492 MHz), y la banda III VHF (216 y 240 MHz).
- Al momento de la transmisión de la información se la debe garantizar un nivel mínimo de potencia en la entrada del receptor de 4 dBm o los datos se pueden perder sin lograr llegar al destino.
- El Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL) debe no solamente velar por el beneficio de los radiodifusores, si no también debe mirar la necesidad de la comunidad para que esta goce de nuevos servicios.
- La adquisición de los receptores por el momento para el cliente es muy costosa.
- Las radiodifusoras de AM como FM si quieren utilizar este estándar deben migrar totalmente con nuevos equipos de transmisión y de recepción, ya que el estándar Eureka 147 (DAB) no se acopla a las frecuencias en las que se encuentran trabajando estas radiodifusoras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Santillana, S.A., "La radio en la era digital" María del Pilar Martínez-Costa, 1997.
- Jorge Navas Elorza, "Posibilidades de la difusión de datos como valor añadido al servicio Eureka 147 (DAB)", Dirección General de Tráfico, 2000.
- PALACIO, Jakobe: "La Radiovisión, el nuevo medio multiservicio". Universidad del País Vasco, 1998.
- Hoy por Hoy, primera emisión en sonido digital de la radio en España, Cadena SER, 1996.
- www.worlddab.org, Para saber todo sobre la radio digital: desde sus comienzos hasta el último avance de este medio en todo el mundo.
- www.dalet.com, Sitio oficial de Dalet, programa digital para la producción de programas.
- www.el-mundo.es/radio, Sitio español especializado Radio Digital.
- <http://www.baquia.com/com/20031128/art00012.print.html>, Sitio español especializado en la Radio Digital.
- <http://www.emisiondigital.com/>, Sitio donde se pueda escuchar sonido digital.
- <http://www.radiodigitaldab.com/>, Sitio donde se puede encontrar todo sobre el sistema DAB.
- www.ibiquity.com, Sitio del consorcio que dio origen a la Radio Digital en Estados Unidos.

- <http://www.guiadelaradio.com/dab.htm>, Revista española sobre Radio Digital.
- www.bbc.co.uk/spanish, Una de las pioneras. La emisora pública británica emite en la actualidad seis canales de radio a través del sistema múltiple.
- www.conicyt.cl, Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica.
- <http://www.dab.ch/de/textvortrag.htm> /,) "Bericht über die Antennen-Messungen Liestal". 15 Juli 1998.
- <http://www.rtve.es/dab/>, Sitio donde se explica qué es el DAB.
- <http://www.dab.ch/de/textvortrag.htm> /, Sendernetze des Pilotprojektes DAB Bern-Oberland, K12 und L-Band".
- www.rds.org.uk.
- www.usadr.com.
- www.ert.rwth-aachen.de.
- www.dabis.ch.
- www.etsi.org.
- [www.cipres.cec.uchile.cl/~el54d/trabajos_exposiciones/radio_digital/Radio %20Digital.htm](http://www.cipres.cec.uchile.cl/~el54d/trabajos_exposiciones/radio_digital/Radio%20Digital.htm).
- www.fcc.gov.

- http://www.dcc.uchile.cl/~jpiquer/Internet/inet_chi.html.
- www.archiradios.cl/adimark.ppt.
- <http://www.weblandia.com/radio/init-e.htm>.
- <http://www.timecast.com>.
- http://cab-acr.ca/future_of_radio.htm.
- www.archiradios.cl.
- <http://www.ntl.com/guides/digitalradio/anoraks/networks.asp>.
- www.conartel.gov.ec/
- www.supertel.gov.ec/

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE
RADIODIFUSIÓN DIGITAL EUREKA 147 EN EL ECUADOR”

ELABORADO POR:

Pablo Renato Herrán Rengifo

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Tcn. de E.M. Xavier Martínez
**Decano de la
Carrera de Ingeniería Electrónica**

Dr. Jorge Carvajal
**Secretario Académico de la
Carrera de Ingeniería Electrónica**

Sangolqui, 2007