

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ing. Sist. de Telecom., Sonido e Imagen



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“ADAPTACIÓN DE EMISORA FM A DAB”

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a:
Natalia Gimeno Muñoz

Tutor/a:
M^a Consulelo Part Escrivá

GANDIA, 2012

AGRADECIMIENTOS:

Quisiera hacer llegar mi inmenso agradecimiento a todas las personas que me han ayudado y apoyado de un modo u otro para poder llegar a realizar este trabajo, pero en especial a:

M^a Consuelo Part Escrivá, profesora tutor, por su constante apoyo y sus valiosas orientaciones y consejos durante la realización del proyecto.

Estela Pérez y Anna Irazo por permitirme utilizar el proyecto FM que realizamos juntas en la asignatura Redes de difusión y que posteriormente en el punto 6 de este proyecto yo he utilizado para llegar a una emisora con tecnología DAB.

“El éxito no se logra sólo con cualidades especiales es sobre todo un trabajo de constancia, de método y de organización.”

Autor: J. P. Sergent

ÍNDICE:

1. ABSTRACT.....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. CARACTERÍSTICAS DE EMISORA FM.....	8
3.1.- Funcionamiento.....	8
3.2.- Emisor.....	10
3.3.- Receptor.....	11
3.4.- Aplicaciones.....	12
4. CARACTERÍSTICAS DE EMISORA DAB.....	12
4.1.- Funcionamiento.....	12
4.2.- Elementos principales que lo componen.....	16
4.2.1.- Codificador MUSICAM.....	16
4.2.2.- Multiplexor.....	17
4.2.3.- Modulador COFDM.....	18
4.2.4.- Transmisor.....	19
4.3.- Receptor.....	22
4.4.- Aplicaciones.....	22
4.5.- DAB+.....	23
5. COMPARATIVA FM VS DAB.....	25
5.1.- Limitaciones para FM y DAB.....	26
5.2.- Ventajas DAB frente FM.....	28
5.3.- Ventajas DAB+ frente DAB.....	29
5.4.- Otros Sistemas.....	29
5.5.- Situación actual mundial y en España.....	33
6. SIMULACIÓN DE EJEMPLO PRÁCTICO DE PASO DE EMISORA FM A DAB.....	36
6.1.- Elementos de la emisora FM.....	36
6.2.- Elementos de la emisora DAB.....	38
7. CONCLUSIÓN.....	38
8. BIBLIOGRAFÍA.....	40
9. ANEXOS	
9.1.- Anexo I MUSICAM.....	43
9.2.- Anexo II COFDM.....	45
9.3.- Anexo III HE-AAC v2.....	50
9.4.- Anexo IV Proyecto FM.....	62
9.5.- Anexo V Proyecto DAB.....	77

1. ABSTRACT

In this project we intend to carry out the study of the existing broadcasting FM stations and its evolution to DAB digital radio stations. We will study the theory of evolution and change of the sound broadcasting frequency to DAB, then we will describe their main features and limitations and in addition we will explain a practical example of the change of an FM station to DAB:

1. Theoretical study of an FM station
2. Theoretical study of a DAB station
3. Comparison and transition from FM to DAB
4. A practical example: Change of FM station to DAB

DAB means *Digital Audio Broadcasting* and is a method for digital terrestrial transmission of radio signals that allows a much more efficient use of the frequency spectrum to the traditional analog radio. Instead of a single service by frequency as it is the case of FM, DAB allows a maximum of nine (or more) services in a single frequency. The interference that normally alters the analog reception, which is caused by radio signals that bounce around buildings and hills, is eliminated with the DAB signals. Since DAB automatically selects the strongest regional station, the reception is much clearer. DAB is transmitted by terrestrial networks and consumers are able to receive the services, with a selection of more than 1000 different devices. It was originally designed for mobility, consumers have the added advantage of hearing the services in the car, and while it is in movement, there is no need to re-tune the conductors that cross from one country to another. It is a digital technology that offers considerable advantages over the current FM radio, both for listeners and broadcasters. The most obvious benefit to listeners is the capacity of DAB to offer CD quality stereo sound, strong and reliable, even for mobile receivers, using only a simple rod antenna. In moving vehicles, in particular, the FM reception is often distorted or interrupted by the multipath interference, as a reflection of the hills and buildings become out of phase with the main signal. On the contrary, a powerful processor of the DAB receiver uses these "shadows" to reinforce the main signal. Listeners will benefit from the ease of using DAB receivers for they will be able to change between eight or more stations carried by each single multiplex retune without their appliances.

In the last 6 years, most developed countries have started the process of mass media digitalization. In this climate of technological enthusiasm –enhanced by the growth of the so-called new economy–, the audiovisual industry has started also his own transition to the new digital environment and the discussion about the date of the analogic switch-off. Focusing on radio, this debate had the European Union as an important player through the development of the Eureka 147 Digital Audio Broadcasting. But DAB has suffered important problems in its implementation during the latest years. In the Spanish situation, which we will review, a key factor can be added: DAB implementation is being used to rebalance the political and economic struggles in the broadcasting sector.

2. INTRODUCCIÓN

El importante desarrollo y avance de las telecomunicaciones, en concreto en radiodifusión sonora, ha tenido varios factores que ayudan a su progreso y una de ellas es la modulación de frecuencia, inyectándole dinamismo, popularidad e interés en todo el mundo, dando estímulos a la generación de ambiciosos planes tanto técnicos como empresariales.

El inicio de la FM hizo lograr importantes progresos en el cumplimiento del compromiso por parte de las organizaciones mundiales de expandir la cobertura de las comunicaciones a lo largo del mundo, de tal forma que se garantizó el acceso a la comunicación como un derecho fundamental de todos a un futuro no lejano.

La FM fue utilizada en un principio por la radiodifusión para crear canales radiofónicos. A continuación daremos a conocer los diferentes métodos de modulación de frecuencia que han aportado un gran desarrollo a las telecomunicaciones.

Existen básicamente dos tipos de modulación: la modulación ANALÓGICA, que se realiza a partir de señales analógicas de información (la voz humana, audio y vídeo en su forma eléctrica) y la modulación DIGITAL, que se lleva a cabo a partir de señales generadas por fuentes digitales (una computadora):

- Modulación Analógica: AM, FM, PM
- Modulación Digital: ASK, FSK, PSK, QAM

¿Qué es el DAB?

DAB significa Digital Audio Broadcasting y es un método para la transmisión digital terrestre de señales de radio que permite un uso mucho más eficiente del espectro de frecuencias que la radio analógica tradicional. En lugar de un solo servicio por frecuencia como es el caso de FM, DAB permite un máximo de nueve (o más) los servicios en una sola frecuencia. La interferencia que normalmente altera la recepción analógica, que es causada por las señales de radio que rebotan en edificios y colinas, se elimina con las señales DAB. Desde DAB selecciona automáticamente la emisora regional más fuerte y la recepción es mucho más clara. DAB se transmite por redes terrestres y los consumidores son capaces de recibir los servicios con una selección de más de 1000 dispositivos diferentes. Fue diseñado originalmente para la movilidad. Los consumidores tienen la ventaja añadida de escuchar los servicios en el coche y mientras está en movimiento no habrá necesidad de volver a sintonizar los conductores que cruzan de un país. Es una tecnología digital que ofrece considerables ventajas sobre la radio FM actual, tanto a los oyentes y a las emisoras. El beneficio más obvio para los oyentes es la capacidad de DAB para ofrecer sonido de calidad CD estéreo robusto y fiable incluso para receptores móviles, utilizando sólo una antena de varilla simple. En vehículos en movimiento, en particular, la recepción de FM es a menudo distorsionada o interrumpida por la interferencia multipath como reflejo de las colinas y edificios que llegan fuera de fase con la señal principal. Por el contrario, un potente procesador del receptor DAB utiliza estas "sombras" para reforzar la señal principal. Los oyentes se beneficiarán de la facilidad de uso de receptores DAB ya que serán capaces de cambiar entre las ocho o más estaciones transportadas por cada multiplex único sin resintonizar sus aparatos.

Elección del ancho de banda

Por su flexibilidad el DAB también ofrece una gama más amplia de programas de los que no están disponibles en FM. Cada múltiplex es capaz de transportar hasta seis programas de máxima calidad estéreo pero el ancho de banda puede ser perfectamente reasignado a un mayor número de servicios de calidad inferior, por ejemplo, una sola estación podría ofrecer a sus oyentes la opción de comentarios de voz mono en tres o cuatro eventos deportivos al mismo tiempo y luego combinar los flujos de bits para ofrecer una alta calidad de sonido para el concierto que sigue. Puede llevar texto e imágenes así como el sonido y todos los receptores estarán equipados para manejar los datos que no son de audio. Todos excepto los más pequeños serán capaces de mostrar por lo menos dos líneas de 16 caracteres de texto y permite a las emisoras transmitir datos sobre los programas asociados (PAD), como el título del álbum, letras de canciones o datos de contacto. Los servicios adicionales como información de tráfico y los deportes, el clima o los piensos del mercado de valores de prensa, ya se encuentran en su camino. Algunos incluso incluyen imágenes a todo color. Puede ser transmitida a un menor poder de FM y AM. Hoy en día los servicios sin la pérdida de cobertura incluso serán capaces de reducir los costos mediante la transmisión a baja potencia o de menos emisoras. DAB combina dos tecnologías digitales avanzadas para lograr la transmisión robusta y eficaz del espectro de audio de alta calidad y otros datos.

3. CARACTERÍSTICAS DE EMISORA FM

3.1.- FUNCIONAMIENTO

La FM consiste en variar la frecuencia de la portadora proporcionalmente a la frecuencia de la onda moduladora (información), permaneciendo constante su amplitud. A diferencia de la AM, la modulación en frecuencia crea un conjunto de complejas bandas laterales cuya profundidad (extensión) dependerá de la amplitud de la onda moduladora a consecuencia del incremento de las bandas laterales, la anchura del canal de la FM será más grande que el tradicional de la onda media, siendo también mayor la anchura de banda de sintonización de los aparatos receptores (especie de "puerta electrónica" de los aparatos receptores que permite que pase a la etapa de demodulación una determinada anchura de señal). Su principal consecuencia es una mayor calidad de reproducción como resultado de su casi inmunidad hacia las interferencias eléctricas. En consecuencia es un sistema adecuado para la emisión de programas (música) de alta fidelidad.

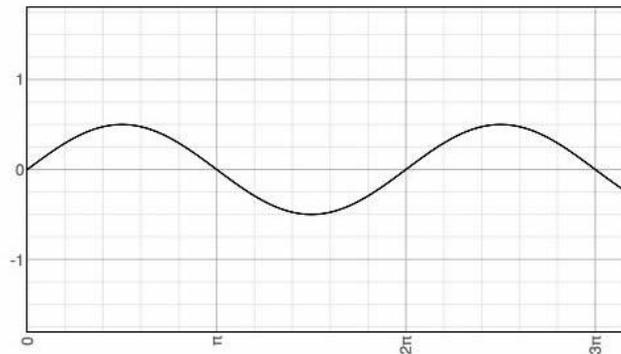
Forma de Onda de una señal de Frecuencia Modulada.

Fig. 1.- Señal Moduladora (Datos)

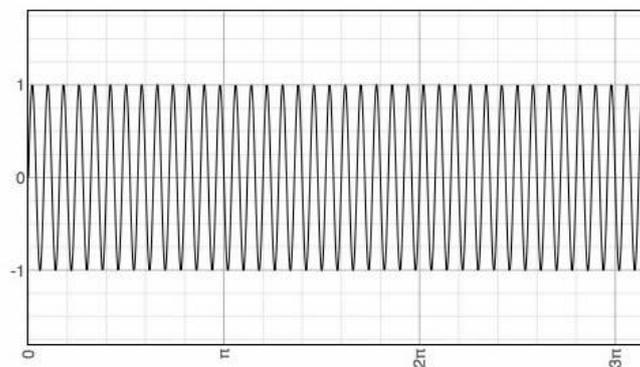


Fig. 2.- Señal Portadora

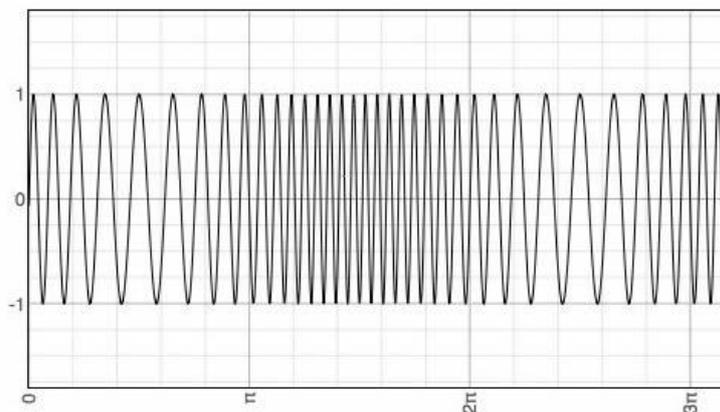


Fig. 3.- Señal Modulada

Las características principales de la frecuencia modulada son:

- su modulación
- su propagación por ondas directas como consecuencia de su ubicación en la banda de frecuencia de VHF.

Las características derivadas de su mayor anchura de canal no son consecuencia directa de la tecnología de FM (aunque este tipo de modulación necesita un mayor consumo de espectro), sino de una decisión política de comunicación. Cuando se desarrolló la frecuencia modulada, la banda de MF (tradicional en los servicios de radio) estaba completamente saturada por lo que

se adjudicó la banda de VHF, espectro que ofrecía grandes posibilidades de expansión para los nuevos servicios de radiodifusión. La televisión también se aprovechó de la saturación de media frecuencia. La ausencia de una limitación de la banda de VHF y el ánimo de otorgar a la FM la posibilidad de emitir programación de alta fidelidad, hizo que los canales de frecuencia modulada tuvieran una capacidad muy superior a sus necesidades. Aunque la anchura de los canales depende de decisiones concretas de cada Estado, la mayoría de las naciones han adjudicado a la FM unos canales con una anchura entre 100 y 200 KHz. Si consideramos que todo el espectro de audiofrecuencia necesita una amplitud de 20 KHz, podemos concluir que un canal de FM puede emitir simultáneamente por medio de una multiplexión de frecuencias entre cinco y diez canales completos de alta fidelidad (esta división no es exacta ya que se necesita la ubicación de frecuencias de separación entre cada una de las señales).

3.2.- EMISOR O TRANSMISOR

El primer bloque es el *oscilador* que, como su nombre indica, oscila o vibra generando una señal constante de alta frecuencia que usaremos como portadora. Como la señal que genera el oscilador es muy pequeña, necesitamos aumentarla con un *amplificador de radiofrecuencia (RF)*. Ahora ya tenemos la portadora lista para recibir la señal moduladora que llega de los estudios o centro emisor, es decir, para ser modulada. El *modulador* une la moduladora y la portadora en frecuencia (FM). La señal resultante será una portadora con una frecuencia entre 88 y 108 megahercios modulada en FM. Los diales de las emisoras, nos indican la frecuencia de la señal portadora. Figura 4.

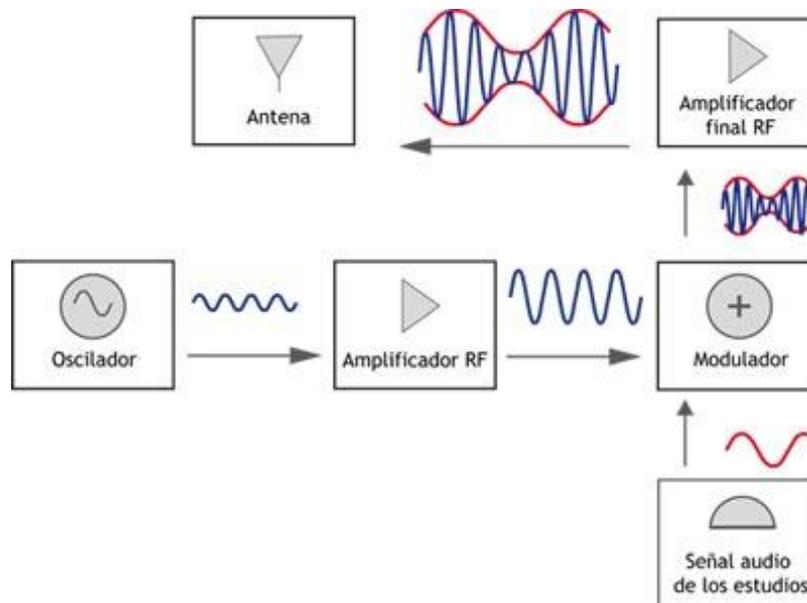


Fig. 4.- Diagrama por bloques de un transmisor

3.3.- RECEPTOR

Básicamente un receptor debe recibir las ondas electromagnéticas de radio, convertirlas en corriente eléctrica y luego separar la información de otras componentes (portadora, ruido, otras emisiones, etc.). Dado que generalmente la antena recibe un gran número de emisiones es necesario seleccionar la frecuencia deseada. Esto se hace con el amplificador de radiofrecuencia (filtro paso banda sintonizable). La señal recibida suele ser de bajo nivel de potencia y debe ser amplificada antes de que llegue al demodulador. Éste es el motivo por el que el circuito sintonizado tiene cierta amplificación en la banda de paso. El amplificador sintonizable de radiofrecuencia puede ser realizado con varias etapas conectadas en cascada. La información puede ahora ser detectada o en otras palabras puede ser demodulada. La señal resultante debe parecerse lo más posible a la moduladora del transmisor. La señal demodulada se amplifica con un amplificador de audio (si la señal es de fonía) hasta alcanzar un nivel de potencia suficiente para excitar a un altavoz. Las principales desventajas se encuentran en el amplificador de radiofrecuencia (en adelante amplificador de RF). Si este amplificador no realiza un buen filtrado, no sólo pasa por él la estación deseada, sino que también sus frecuencias adyacentes pasan al demodulador y distorsionarán la señal detectada. Esto indica que el amplificador sólo debe dejar pasar la estación deseada y rechazar todo lo que se halle fuera de esa banda (otras estaciones, ruido e interferencias). Generalmente la frecuencia de sintonía deseada es mucho mayor que el ancho de banda de la estación, lo que implica filtros con un factor de calidad muy grande que son de difícil realización. A esta dificultad hay que añadir que la frecuencia de sintonía de este amplificador debe ser variable para poder recibir diferentes estaciones transmisoras. Estos motivos hacen que sea muy difícil implementar un amplificador sintonizado de estas características. Esto fue lo que produjo la aparición del receptor superheterodino de radio.

Sus bloques son:

- Limitador: recorta los picos del ruido impulsivo, cambios o perturbaciones atmosféricas y ruidos introducidos por el hombre que se suma durante la transmisión de la señal FM amplificada, con el fin de presentar al discriminador una señal de amplitud constante.
- Demodulador (detector de FM o discriminador): la convierte en una señal de audio.
- Circuito de énfasis: compensa el preénfasis introducido en el transmisor de FM. Figura 5.

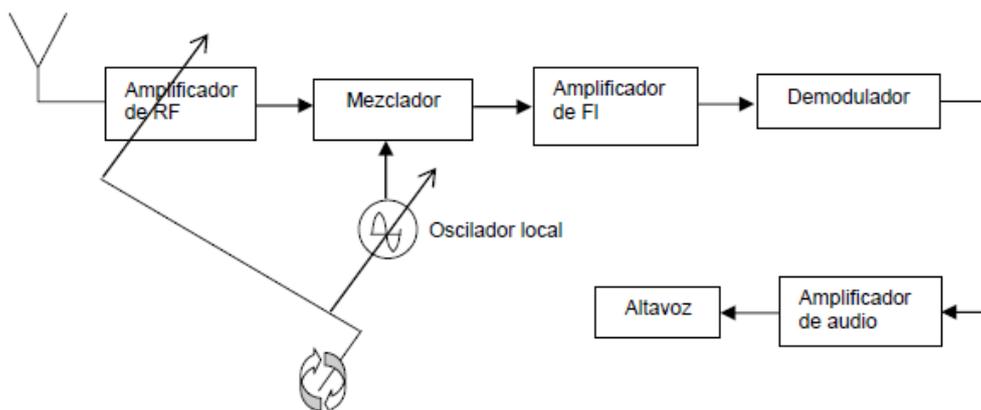


Fig.5.- Diagrama de bloques de un receptor de FM

3.4.- APLICACIONES

- ✓ la radio (radiodifusión, entre 87 y 108 MHz): los receptores emplean un detector de FM y el sintonizador es capaz de recibir la señal más fuerte de las que transmiten en la misma frecuencia.
- ✓ Televisión:
 - Subportadora de sonido: La información de sonido modula en frecuencia la subportadora de sonido, que posteriormente se une a las restantes componentes de la señal de TV para modular en AM la portadora del canal correspondiente y se filtra para obtener la banda lateral vestigial. El sonido NICAM es digital y no sigue este proceso.
 - SECAM: El sistema de televisión en color SECAM modula la información de color en FM.
- ✓ Micrófonos inalámbricos: Debido a la mayor insensibilidad ante las interferencias, los micrófonos inalámbricos han venido utilizando la modulación de frecuencia.
- ✓ Ayudas a la navegación aérea: Sistemas como el DVOR (VOR Doppler), simulan una antena giratoria que, por efecto Doppler, modula en frecuencia la señal transmitida.

4. CARACTERÍSTICAS DE EMISORA DAB

4.1.- FUNCIONAMIENTO

Generación de la señal DAB

Como podemos ver en la Figura 6, cada señal del servicio se codifica de forma individual en la fuente, en el error de protección y en el tiempo intercalado del codificador del canal. A continuación, los servicios son multiplexados en el canal de servicio principal (MSC), de acuerdo con uno pre-determinado y con la configuración ajustable múltiple. La salida del multiplexor se combina con el control de Multiplex y la información de servicio, que viajan en el canal de información rápida (FIC), formando los cuadros de transmisión en el multiplexor de transmisión. Por último, Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) se aplica a la forma de la señal DAB, que consiste en un gran número de portadores. La señal es entonces incorporada a la banda de radio de frecuencia que corresponda, amplificada y transmitida.

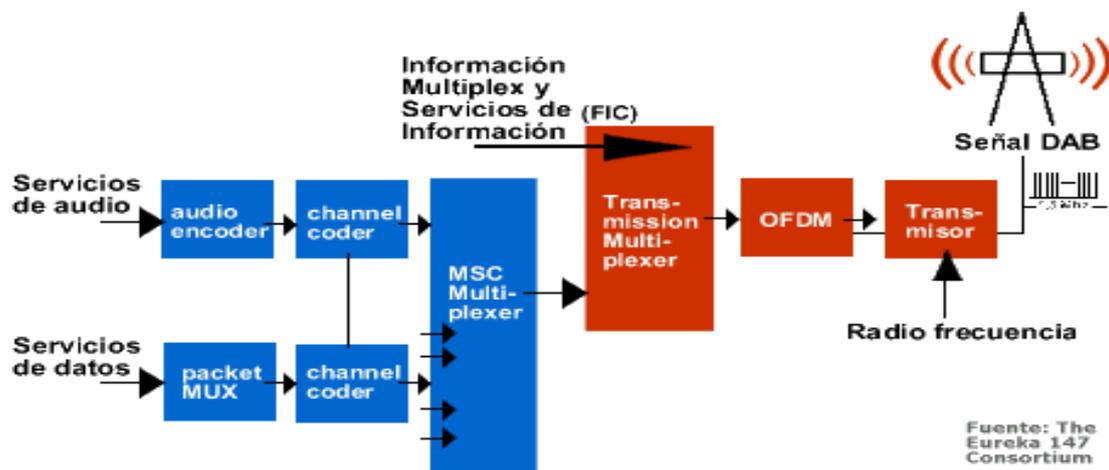


Fig.6.- Generador DAB

Recepción de una señal DAB

La figura 7 muestra un receptor DAB conceptual. El conjunto DAB está seleccionado en el sintonizador analógico. La salida digitalizada que se introduce en el demodulador OFDM y un decodificador de canales eliminan los errores de transmisión. La información contenida en el FIC se pasa a la interfaz de usuario para la selección de servicios y se utiliza para configurar el receptor adecuado. Los datos MSC son procesados en un decodificador de audio para producir las señales de audio izquierdo y derecho o en un decodificador de datos (paquetes Demux), según corresponda.

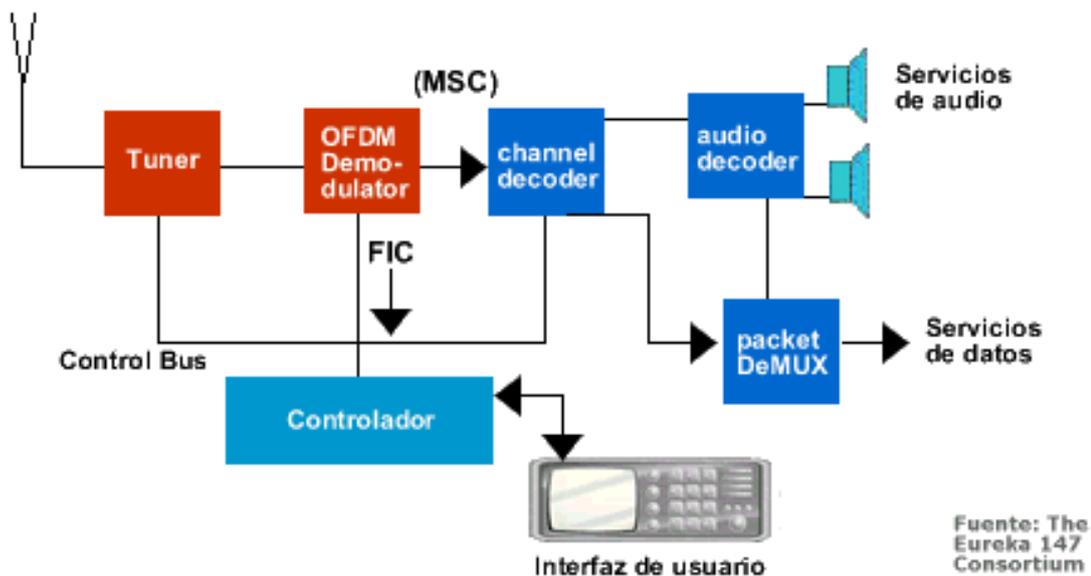


Figura 7.- Receptor DAB conceptual

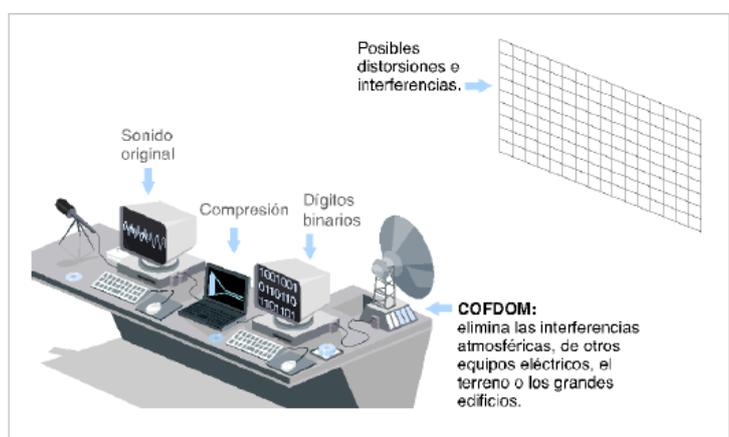
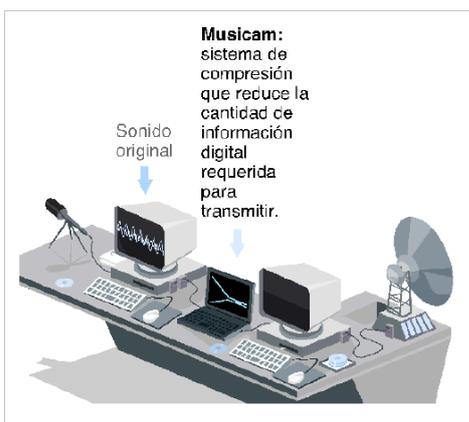
El sistema de transmisión de la radio digital funciona combinado dos tecnologías digitales para producir un sistema de transmisión radial eficiente y muy solvente.

Primero está el sistema de compresión MUSICAM, que después se normalizó denominándose MPEG-1 Audio Capa 2 ó MP2 (MPEG Audio Layer II) para lograr una relación de compresión de 7:1 sin pérdida perceptible de calidad; este sistema se basa en el funcionamiento del oído humano y sólo conserva los componentes audibles del sonido. Funciona descartando sonidos que no serán percibidos por el oído humano. 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. Es un sistema muy parecido al MP3 pero necesita menor capacidad de procesamiento que éste. 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 y 1536 frecuencias diferentes dentro de la banda 1'5, 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. La segunda tecnología es COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*). Es un múltiplex por división de frecuencias ortogonales en el que realizamos una codificación. Por un lado, la codificación introduce redundancia para poder detectar los errores de transmisión y corregirlos y, además, el sistema utiliza diversidad en el tiempo, diversidad en el espacio y diversidad en frecuencia. La diversidad en el tiempo se consigue mediante un entrelazado en el tiempo de toda la información, de forma que si hay alguna perturbación al tener la información distribuida es posible recuperarla mejor. Con la diversidad en frecuencia, utilizando una relación matemática exacta, la señal MUSICAM es dividida entre 1.536 frecuencias portadoras y conseguimos que la información se distribuya de manera discontinua en todo el espectro del canal y se vea menos afectada por las perturbaciones. Con la diversidad en el espacio conseguimos que se pueda enviar desde diferentes centros emisores y que todos ellos contribuyan positivamente creando una red de frecuencia única y, asimismo, que las reflexiones de la señal contribuyan positivamente en el receptor. Las interferencias que perturban la recepción de señal FM causadas normalmente por edificios o montañas, son eliminadas por medio de la tecnología COFDM. Esto significa que una misma frecuencia puede ser utilizada en todo un país sin que sea preciso volver a sintonizar el receptor cuando se está viajando (red de frecuencia única).

Un multiplexado de radio digital está formado por 2.300.000 bits, los cuales son utilizados para transportar audio, datos y un sistema de protección contra errores de transmisión. De estos, alrededor de 1.200.000 bits se utilizan para el servicio de audio y datos. Durante un día, un número de bits puede ser asignado para cubrir cada servicio. Cada multiplexado puede transportar una mezcla de emisiones estéreo o mono, así como servicios de datos. El número de programas depende de la calidad exigida para cada uno de ellos. Los servicios varían a lo largo del día dependiendo de la programación.



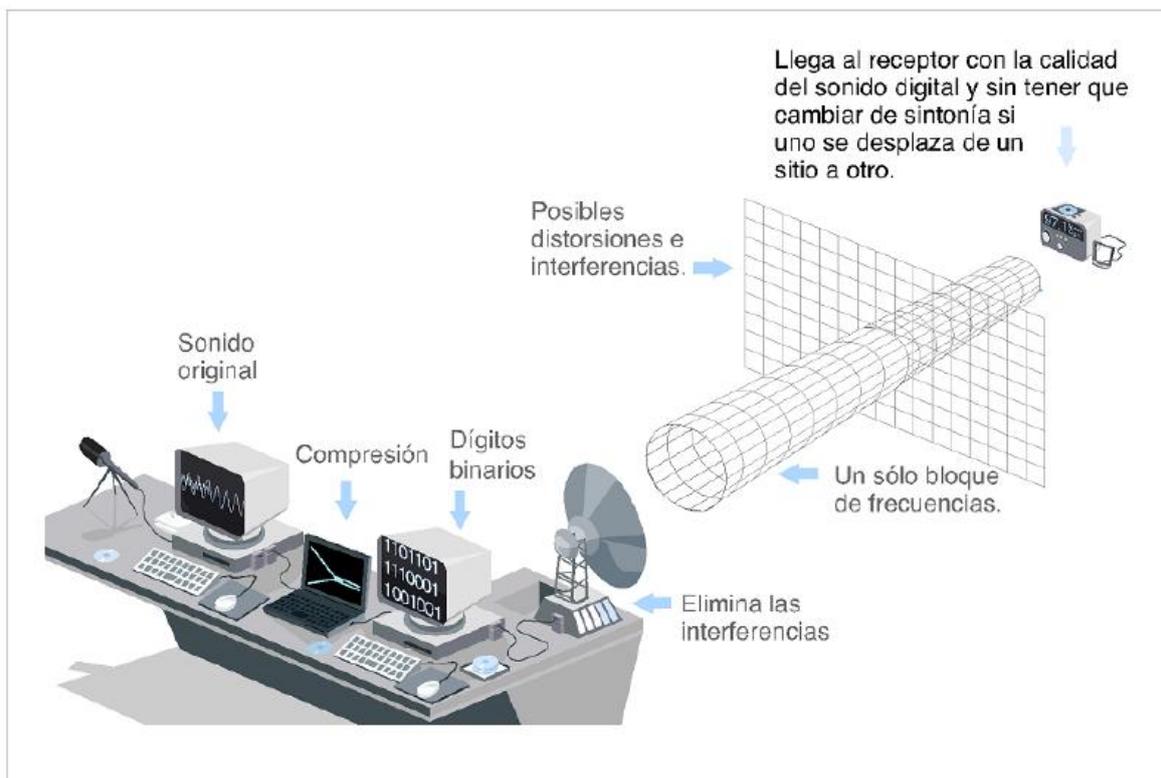


Fig. 8.- Esquema en tres figuras de ejemplo de transmisión DAB

Como la grabación digital, DAB comienza con el sonido muestreado, EUREKA 147 especifica una tasa total de 48.000 y una tasa media de 24.000 muestras por segundo. Un muestreo completo de audio tasa genera una velocidad de 1,5 Mbit / s, por lo que la señal debe ser comprimida para su difusión. La señal se codifica a una velocidad de 8-384 kbit / s, dependiendo de la calidad del sonido deseado y el ancho de banda disponible. El Programa Asociado de Datos (PAD) y la señal de error se incorporan y son individualmente protegidos y etiquetados antes de la multiplexación. Los organismos de radiodifusión pueden ajustar dinámicamente la composición de los multiplex para llevar a cualquier combinación de servicios a partir de seis programas estéreo de alta calidad de hasta 20 programas de mono. Información sobre la configuración actual de los multicines junto con otros datos de error de protección también se incluyen.

La red DAB

En una red DAB, sin embargo, todos los transmisores deben operar en una sola frecuencia. Las señales de los transmisores de vecinos se combinan en lugar de causar interferencia. Ese tipo de red de frecuencia única (SFN) hace tres veces más eficiente el espectro radioeléctrico que la FM, liberando más frecuencias para llevar más servicios. La extrema sensibilidad de los receptores de DAB, por su parte, significa que el DAB se puede transmitir a una energía mucho más baja que la FM sin pérdida de calidad de la señal. DAB está diseñado para las especies terrestres, por cable y emisiones por satélite para el futuro, que pueden ser utilizados para entregar los servicios paneuropeos o como un medio rentable de cubrir las zonas rurales de gran tamaño.

4.2.- ELEMENTOS PRINCIPALES QUE LO COMPONEN

Estos son los 4 elementos principales que componen el sistema DAB, los cuales hacen posible su eficiencia:

- 4.2.1.- Codificador MUSICAM
- 4.2.2.- Multiplexor
- 4.2.3.- Modulador COFDM
- 4.2.4.- Transmisor

4.2.1.- CODIFICACIÓN Y COMPRESIÓN DE AUDIO DIGITAL: MUSICAM

Este método de codificación reduce la cantidad de información a una séptima parte sin degradar la calidad de la señal recibida. Para esta compresión de información se parte de técnicas de codificación psico-acústicas especificadas por MPEG-2 LayerII y de la respuesta del oído humano, basándose en una serie de efectos que sin deteriorar la calidad de la señal, posibilita eliminar información redundante o inservible e inaudible para el sistema de audición del organismo humano. Estos son los efectos que considera:

- Sólo tonos por encima del límite audible son percibidos por el oído, eliminando de este modo frecuencias inferiores a 20 Hz y superiores a 20 KHz.
- La percepción es diferente a distintas frecuencias.
- Tonos de menor nivel que se encuentre próximos en frecuencia a tonos de mayor nivel quedan enmascarados y no se pueden oír. También quedan enmascarados aquellos de menor nivel que están precedidos o seguidos de tonos de mayor nivel (enmascaramiento ó *sound masking* en el cual se conciben las llamadas curvas de umbral; el umbral de audibilidad de un sonido aumenta en presencia de otro sonido enmascarante).

Actualmente es un tema aún en estudio ya que hay diferentes aspectos y teorías al respecto. Algo interesante de destacar es la naturaleza no causal del enmascaramiento de sonidos ya que un ruido fuerte (disparo) puede enmascarar a un sonido débil previo al disparo. Algunos psicólogos afirman que el oído humano puede percibir sonidos fuertes más rápido que los débiles. En la realidad las señales son más complejas y el umbral de enmascaramiento está cambiando constantemente.

Esta técnica de codificación permite que, teniendo a la entrada de nuestro decodificador MUSICAM una señal de Audio de 16 bits estéreo (calidad CD: $16 * 2 * 44,1 = 1411$ Kbps), obtengamos a la salida la misma señal reducida a una tasa de 192 Kbps (**7 veces menor**). Para más información consultar el anexo I MUSICAM.

4.2.2.- MULTIPLEXOR (Codificación de la Transmisión y Multiplexing)

La información a ser entregada al auditor, ya sea audio, servicios personales, datos ó multimedia, deben ser combinados en una sola trama al momento de transmitirse (multiplexión) dando origen a una trama de datos.

La trama DAB multiplexada distingue tres elementos (figura nº9):

- ✓ Canal de sincronización, necesario para la sintonización y el timing del transmisor con el receptor.
- ✓ Canal de información rápida (FIC), encargado de llevar información respecto de la estructura y tipo de datos, además de permitir la decodificación de información individual.
- ✓ Canal de servicio principal (MSC), contienen las tramas de audio o paquetes de datos de los diferentes servicios impartidos. Esta es la parte importante de la información por la que el usuario paga.

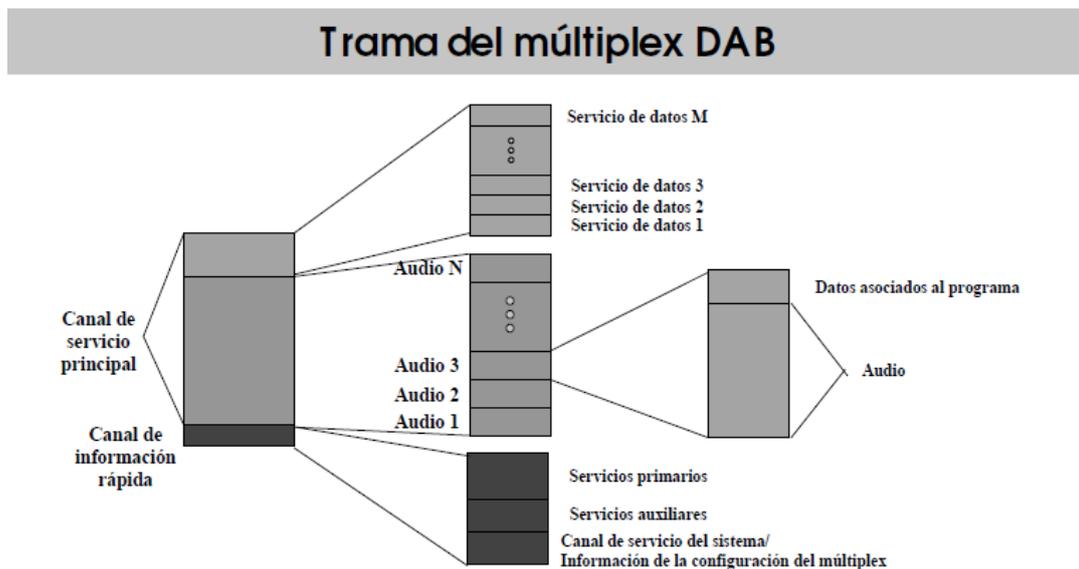


Fig. N°9

Se realiza una codificación convolucional entrelazada de tiempo y de frecuencia (secuencias pseudo-aleatorias) para proveer una fuerte protección contra errores de bit de manera que los datos recibidos se consideran casi libres de errores. La capacidad de datos bruta de una señal DAB es de 3Mbit/s aproximadamente, del cual el Canal de Servicio Principal (MSC) ocupa 2.3 Mbit/s. Al usar codificación de canal agregando redundancia, la tasa neta de información a transmitir está entre los 0.6 y 1.8Mbit/s. Para el multiplex nacional de la BBC el canal de información neta en el MSC es de 1.2Mbit/s. Multiplexando 7 servicios diferentes son: 4 servicios de audio de alta calidad a 192kbit/s (CD estéreo) y 3 servicios audio mono de 96kbit/s principalmente para transmisión de noticias y deportes y las sesiones del Parlamento. Gracias a la flexibilidad de MUSICAM se pueden lograr distintos tipos de servicio. Variando principalmente la tasa de bits y el nivel de protección de la información, algunas configuraciones por ejemplo son:

- ✓ 5 programas de audio a 256kbit/s. Con 58kbit/s de otros datos de la programación.

- ✓ 6 programas de audio a 192kbit/s (calidad CD estéreo). Con 45kbit/s para otros programas de datos.
- ✓ 2 programas de audio de 256kbit/s y 3 programas de audio de 192kbit/s, con un canal de datos de 150kbit/s.
- ✓ 18 programas de audio usando 96kbit/s (CD's mono). Con 1 canal de datos usando 1824kbit/s.

Los interfaces de entrada al multiplexor (desde el codificador) son varios:

- RDSI (B1 + B2 + D: 2 canales bidireccionales de datos en 65 Kbits/s cada uno y uno de señalización.).
- G703/G704 (Interfaz de 2048 Kbits/s con dos propósitos: Posibilita, por una parte, conectar varios multiplexores en cascada, ya que la salida normalizada del multiplexor es igualmente G703/G704. Y en segundo lugar, permite multiplexar varios MUSICAM localmente y transmitir posteriormente).
- X21, V.35/36/37.
- WG ½.

4.2.3.- MODULADOR COFDM

La modulación tiene como fin fundamental adecuar los datos que se quieren transmitir a las características del canal empleado. El canal de radiodifusión utilizado para recepción móvil en áreas urbanizadas como ciudades es particularmente un entorno hostil para las transmisiones: interferencia industrial, bastante multipropagación causada por obstáculos naturales que necesitan de un sistema de modulación sofisticado si se desea un nivel de comunicación excelente... El moldeamiento del canal con multipropagación (multipath) asume que la señal recibida es la suma de señales retardadas y esparcidas. El esparcimiento de la señal (debido a árboles, otros vehículos, etc.) se puede modelar por factores que multiplican a la señal original y retardada. Estos factores obedecen a una distribución de Raleigh con una función de probabilidad determinada.

Bajo este contexto de canal los problemas que se presentan se pueden resumir en dos aspectos:

- ✓ Respuesta al impulso del canal: debido a su esparcimiento causa interferencia intersimbólica a medida que la tasa de bits aumenta.
- ✓ Características dinámicas del canal: como resultado del entorno cambiante que rodea a un vehículo en movimiento. Esto causará degradación en la estimación de la fase del receptor (efecto Doppler).

Para compensar estos problemas en la transmisión y otros se desarrolla la modulación COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). Esta modulación es un sistema de transmisión en paralelo, es decir, varios datos son transmitidos en el mismo instante de tiempo por múltiples portadoras que se eligen de forma que sean ortogonales entre sí. El principio de ortogonalidad define la separación entre portadoras de manera que sea exactamente igual al recíproco del periodo de símbolo útil, es decir, que los máximos de una portadora coincidan con los ceros de la otra.

Este modulador COFDM es la pieza básica del sistema y el que aporta las mayores ventajas tecnológicas. Está basado en la modulación multiportadora que proporciona la recepción

incluso en movimiento con altos niveles de seguridad y calidad. Las ventajas tecnológicas que aporta esta modulación COFDM son:

- Permite el envío de un elevado volumen de información garantizando la recepción en equipos móviles.
- El sistema se muestra inmune al efecto Doppler (efecto de variación de la frecuencia en función del desplazamiento perjudicial en Frecuencia Modulada) y permite la recepción con alta calidad.
- Determina la posibilidad de configurar Redes de Frecuencia única lo que facilita la recepción de un programa en la misma frecuencia en todo el territorio de cobertura. Esto representa una gran ventaja respecto a la F. M., donde el usuario debe resintonizar continuamente el receptor de su vehículo a medida que se desplaza por zonas no cubiertas por un mismo centro emisor.
- Representa un ahorro de energía y recursos importante ya que radia diferentes programas y servicios de datos a través de un mismo transmisor.
- Capacidad para recuperar la información con los mínimos errores posibles cuando se produce la recepción de una señal directa y una de retardada en el tiempo por efecto de rebotes y reflexiones.

Para más información consultar el anexo II COFDM.

4.2.4.- TRANSMISIÓN

Ya hemos visto que la señal modulada en COFDM consiste en 1536 portadoras espaciadas 1KHz todas ellas moduladas en QPSK. Vista en un osciloscopio la señal COFDM es muy parecida a una señal de ruido con gran amplitud de pico resultado de la suma de las portadoras individuales. La relación entre pico y potencia térmica de la señal DAB está entre 7 a 10 dB como se puede observar en la siguiente figura 10:

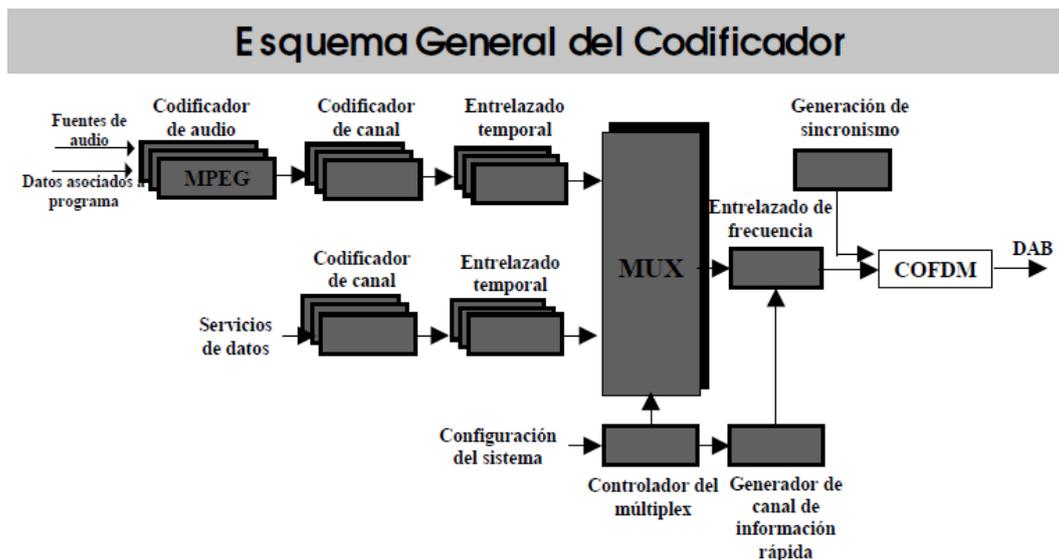


Fig. 10.- Espectro de una señal COFDM

El amplificador del transmisor debe ser capaz de transmitir esta potencia de pico con una extrema linealidad, si no aparecerían productos de intermodulación dentro (degradarían la relación S/N) y fuera de la señal (provocarían interferencias con otros servicios) DAB. Pero antes

de amplificar hay que convertir la señal DAB a las frecuencias donde se podría dar el servicio DAB.

Existe dos posibles bandas de trabajo o el canal 11 y 12 de TV (UHF) o la banda L (1452 a 1492 MHz).

La conversión en frecuencia se hace en dos pasos. El primero convierte la señal de banda base 2,048 MHz a frecuencia intermedia siendo esta FI la misma que la de los actuales transmisores de TV. El segundo pasaría de FI al bloque asignado dentro del canal 11 o 12 de TV (VHF). Es recomendable que la frecuencia del oscilador local sea ajustable en pasos pequeños igual a 25Hz. Asimismo es usual que los osciladores locales se enganchen a una frecuencia de entrada muy estable, por ejemplo, 10MHz. Esta puede provenir de un receptor de GPS. Además del control de etapas de amplificación posteriores, la sección de FI contiene un corrector de linealidad en amplitud y fase con el objeto de mejorar la salida del transmisor. La potencia de salida del excitador se controla con un acoplador directivo.

Las diferentes potencias de salida de los transmisores dependerán de la frecuencia de trabajo, ya sea VHF o banda L. Así pues en VHF se dispone de amplificadores de 250 W que, combinados adecuadamente, nos darán las diferentes salidas de potencia en VHF, 250, 500,750 o 1000 W mientras que en banda L (1452-1492 MHz) el amplificador base es de 100 W proporcionando potencias de salida de 100, 200, 300 o 400 W.

Lo que si es importante destacar es que cada módulo amplificador dispone de protecciones contra potencia reflejada excesiva, potencia de entrada excesiva y sobretensión. En cuanto al conjunto de amplificadores ya combinado tienen un control del nivel de potencia que previene de sobreexcitaciones de los amplificadores cuando uno de estos falla. Este control además habilita al excitador con 4 distintos niveles de potencia de salida.

A la salida de cada transmisor deberá de integrarse un filtro paso banda que limita las emisiones fuera de la banda de frecuencia ocupada por las portadoras de acuerdo con las máscaras propuestas por el CEPT en el acta final de Wiesbaden en julio de 1995.

REDES DE FRECUENCIA ÚNICA:

El tomar ventaja de la multipropagación es una idea que permitirá crear la llamada red de frecuencias únicas en donde la interferencia causada por transmisores a grandes distancias del mismo programa y en la misma frecuencia dejará de ser considerada como negativa, algo que con los sistemas FM habría sido imposible de concebir. Trabajar en redes de frecuencia única es una de las principales ventajas del DAB. En un principio se podría pensar que el multitrayecto es debido a causas exclusivamente naturales pero el hecho de tener herramientas para paliar los efectos del mismo puede inducir a pensar que de manera artificial se introduzca un multitrayecto controlado como consecuencia del empleo de redes de frecuencia única. Para la radiodifusión de una misma señal por parte de dos transmisores geográficamente adyacentes se tiene que usar dos canales distintos precisamente por culpa del multitrayecto. Usando la modulación COFDM se podría tener una red de transmisores que operen todos en la misma frecuencia, una red de frecuencia única (SFN). COFDM se apoya en el intervalo de guarda para paliar los efectos del multitrayecto, sea este natural o artificial, fruto de que un receptor reciba señales procedentes de diversos transmisores.

Aparte del mejor aprovechamiento del espectro, otra ventaja de las redes de frecuencia única es que debido a la adición de señales provenientes de dos transmisores cercanos pertenecientes a la red se produce una ganancia que se denomina ganancia de red. Esta ganancia trae consigo múltiples ventajas:

- La infraestructura para la radiodifusión es más barata (necesita menos potencia en los transmisores).
- Hacen un mejor uso de la potencia transmitida.
- Logra una mejor cobertura.

Un inconveniente es que la división de la red no es posible, es decir, en caso de querer radiodifusión regional sería necesaria la creación de una red por ámbito de radiodifusión.

La estructura de las redes de transmisores de DAB puede ser de estos 3 modelos básicos:

- Transmisor único.
- Redes de frecuencia única con antenas no directivas también llamadas “redes abiertas”.
- Redes de frecuencia única con antenas directivas también llamadas “redes cerradas”.

En las redes de frecuencia única se definen 4 distancias fundamentales:

- 1.- El radio de cobertura es la distancia entre el centro del área cubierta y el perímetro de la misma.
- 2.- La distancia de reutilización es la distancia entre los límites de 2 zonas de DAB donde se usa el mismo bloque de frecuencia llevando información distinta.
- 3.- La distancia entre transmisores es la distancia entre los diferentes centros de transmisión de una red de frecuencia única.
- 4.- La distancia entre los límites de dos áreas cubiertas servidas por dos servicios diferentes.

Para poder trabajar en una red de frecuencia única lo que hay que garantizar es que todos los transmisores de la red estén transmitiendo el mismo bit en el mismo instante. Esto se consigue de la siguiente manera:

- 1.- Habrá que añadir una supertrama de sincronización a la salida del multiplexor por lo que habrá que añadir un equipo que convierta el interface de transporte de la trama ensamble independiente de la red ETI (NI) a la que lo adapta a la red ETI(NA).
- 2.- Cada modulados CODFM deberá poder convertir la trama ETI (NA) a ETI (NI).
- 3.- Tanto los moduladores de CODFM como el multiplexor deberán estar sincronizados mediante GPS.

USO DE BANDAS DE FRECUENCIAS:

Por otra parte, dependiendo de la zona del espectro radioeléctrico utilizado para la transmisión, se dan ciertas características a considerar. Por ejemplo, se argumenta que moviendo las actuales emisoras AM/FM hacia la Banda-L, todas las compañías tendrán la misma oportunidad de competir ya que se estaría ocupando un espacio no saturado. Dicho de otra forma, cada radioemisora puede entrar al mercado digital con iguales capacidades donde la creatividad marcará la diferencia.

Sin embargo, existen otras propuestas de uso de bandas. En Estados Unidos no se usa la Banda-L para las transmisiones digitales de audio. Ellos argumentan que utilizar una tercera banda implicaría nueva competencia a las otras dos existiendo dos mercados paralelos

(incluyendo el de los receptores). Luego se habla de proyectos "In Band on Channel" ó IBOC. En el Reino Unido, la BBC ha estado transmitiendo en la Banda III de los 217.5-230[Mhz].

4.3.- RECEPTOR

Para recibir los servicios de la Radio Digital se necesita un receptor con un diseño específico. Se necesita Casi la misma cantidad de procesamiento de señal para decodificar la señal DAB como para codificar, por lo que cada receptor DAB se basa en potentes chips especializados de silicio integrados.

El receptor invierte la codificación de audio y multiplexación aplicada durante la transmisión eliminando los errores de transmisión al mismo tiempo. A continuación, convierte el audio digital para señales analógicas izquierda y derecha y los transmite a los altavoces. A pesar de la variedad de servicios adicionales, los receptores de DAB son simples y fáciles de usar.

Tipos de receptores existentes:

- **Componentes de Alta Fidelidad:** las primeras radios digitales que han salido al mercado son componentes de alta fidelidad o aparatos separados que pueden conectarse en sistemas preexistentes. Estos sintonizadores son de dos tipos diferentes: Sintonizadores exclusivamente de DAB o sistemas combinados de DAB y FM/AM tradicional. Todos los aparatos, sin importar cuál sea su capacidad de sintonización, tienen una pantalla incorporada que permite mostrar informaciones relacionadas con el programa transmitido.
- **Receptores para automóviles:** estos consisten en una unidad compatible con DAB de CD con un receptor de radio tradicional incluidas en una caja (parecida a las de los CD para automóviles) que puede ir instalada debajo de los asientos o en el maletero del automóvil.
- **Tarjetas de audio digital para PC:** estos sintonizadores no sólo permiten oír programas radiales sino que permiten acceder a nuevos servicios de información. En el futuro, la DAB permitirá transmitir hojas de fax o páginas de Internet.
- **Sistemas de Alta Fidelidad:** la segunda generación de sintonizadores de radio digital estará incluida en los nuevos sistemas de Hi-Fi. La llegada del sistema DAB significa que sus componentes (CD y radio digital) serán compatibles entre sí.
- **Receptores Portátiles:** actualmente son del tamaño de un teléfono móvil celular.

4.4.- APLICACIONES

El DAB es un medio de difusión de elevada capacidad que admite la transmisión de canales de audio, datos, imágenes e incluso vídeo con aplicaciones múltiples lo que hace del sistema un medio de información unidireccional potente y de amplia cobertura:

Mediante el canal de datos asociado al programa PAD (Programme Audio Data):

- ✓ datos sobre la canción que se emite en ese instante.

- ✓ publicidad asociada como el distribuidor del disco precios.
- ✓ información complementaria de la emisora.
- ✓ anuncios de tráfico con rutas alternativas.
- ✓ mapas del tiempo.
- ✓ etc.

Mediante canales de datos independientes:

Se pueden transmitir canales de datos de información independiente no generada por el radiodifusor en formato de velocidad variable en múltiplos de 8 Kbps. Esto proporciona un volumen de aplicaciones enorme con informaciones visualizables por pantalla como:

- ✓ envío de señales diferenciales GPS que permiten posicionamientos geográficos con precisiones de $\pm 1-1$ cm.
- ✓ periódico electrónico con el acceso a los medios de información de manera directa.
- ✓ servicios especializados de información del tiempo con imágenes del satélite actualizadas en tiempo real.
- ✓ envío de paquetes de software a destinatarios específicos (cabe recordar las aplicaciones de 'Acceso Condicional').
- ✓ sistemas de control a distancia como órdenes de movimiento de vallas publicitarias, puesta en marcha de sistemas de iluminación o calefacción, etc.
- ✓ correo electrónico.
- ✓ sistemas de búsqueda <paging> y telemensajería.
- ✓ vídeo.

4.5.- DAB+

DAB + está basado en el estándar original de DAB pero utiliza un códec de audio más eficiente. Considerando que el DAB utiliza MPEG Audio Layer II (más conocido como MP2), DAB + utiliza HE-AAC v2 (mejor conocido como MP4 o AAC +). Esto permite que la calidad subjetiva de audio sea igual o mejor y se transmitirá a velocidades de bits más bajas. Este códec de audio es el esquema de compresión de audio más eficaz disponible en todo el mundo y permite hasta tres veces mayor número de servicios por multiplex DAB original: a 40 Kbps subcanal con HE-AAC v2 proporciona una calidad de audio similar (incluso un poco mejor en la mayoría de los casos) como MPEG Audio Layer II a 128 Kbps.

HE-AAC v2 combina tres tecnologías:

- El códec de audio AAC núcleo (Advanced Audio Coding).
- Una extensión de ancho de banda herramienta SBR (Spectral Band Replication) que mejora la eficiencia mediante el uso de la mayor parte de la tasa de bits disponible para las frecuencias más bajas (banda baja) de la señal de audio. El decodificador genera las frecuencias más altas (banda alta) mediante el análisis de la banda baja y la información proporcionada por el lado del encóder. Esta información parte las necesidades de tasa

de bits mucho menos de lo que se requiere para codificar la banda alta con el códec de audio principal.

- Estéreo paramétrico (PS): un mono down-mix y la información se codifica en lugar de una señal estéreo convencional. El decodificador reconstruye la señal estéreo de la señal mono usando la información de lado HE-AAC v2 que es un superconjunto del códec AAC núcleo. Esta estructura superconjunto permite el uso normal AAC para altas velocidades de bits, AAC y SBR (HE-AAC) para la velocidad de bits media o AAC, SBR y PS (HE-AAC v2) de baja velocidad de bits. Por lo tanto, HE-AAC v2 ofrece el mayor nivel de flexibilidad para la emisora.

HE-AAC v2 ofrece la misma calidad de audio percibida en aproximadamente un tercio de la tasa de bits necesarios para subcanal MPEG Audio Layer II. La codificación de audio se utiliza también en DRM y, por ejemplo, DMB para el audio de la televisión. Dispositivos que también incluyen DMB o DRM se pueden beneficiar del hecho de que la codificación de audio para esta gama de tecnologías es esencialmente el mismo. Para más información consultar el anexo III HE-AAC v2. Otros sistemas que utilizan CAA son:

- iPod
- DRM (Digital Radio Mondiale)
- 3GPP / 3GPP2
- T-DMB
- S-DMB (Corea)
- MediaFLO
- ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting, Japón)
- DVB-H
- XM Satellite Radio (EE.UU.)
- HD Radio (EE.UU.)

Corto retardo Zapping

Un importante criterio de diseño para el DAB + fue un breve "zapping" demora. Tanto el tiempo que tarda en cambiar de servicio de radio de una a otra estación en el conjunto DAB mismo, así como el tiempo que toma para sintonizar una radio en otro conjunto de DAB se redujo al mínimo.

Sonido envolvente

En la actualidad todos los servicios de radio DAB son mono o estéreo. Sin embargo, DAB + también proporciona los medios para transmitir el sonido envolvente de una manera compatible con versiones anteriores. Utilizando el formato MPEG Surround es posible transmitir una señal estéreo junto con la información surround lateral. El estándar de radio estéreo ignora esta información lateral y decodificar la señal estéreo. MPEG Surround receptores evaluará la información lateral y reproducirá el sonido envolvente. Así que a una velocidad relativamente baja adicional, la emisora puede aumentar la experiencia de audio en los receptores de sonido envolvente y aún así proporcionar un sonido de alta calidad para todas las otras radios.

Todas las funcionalidades disponibles para los servicios de MPEG Audio Layer II también están disponibles para DAB +:

- Anuncios de tráfico.
- PAD multimedia (etiquetas dinámicas tales como información sobre el título del artista o titulares de las noticias).

- Las imágenes fijas como los mapas del tiempo, imágenes y otros contenidos multimedia.
- Servicio de la lengua y la información del tipo de programa (por ejemplo, Música Clásica, Música Rock, Deporte), etc.

MPEG Audio Layer II y HE-AAC v2 servicios de radio pueden coexistir en un mismo conjunto. El área de cobertura geográfica de los servicios de radio usando HE-AAC v2 es ligeramente mayor que el de los servicios de radio usando el formato MPEG Audio Layer II. El aumento de la eficiencia ofrece ventajas para los gobiernos y los reguladores (mejor eficiencia del espectro), las emisoras (menor coste por estación) y consumidores (una opción más amplia de las estaciones). DAB + está diseñado para proporcionar la misma funcionalidad que los servicios DAB original de radio incluyendo los siguientes servicios (por ejemplo, para el mismo servicio en otro conjunto de DAB o la FM simulcast), los anuncios de tráfico y de PAD multimedia (por ejemplo, etiquetas dinámicas tales como información sobre el título del artista o noticias titulares, gráficos complementarios e imágenes, etc).

5.- COMPARATIVA FM VS DAB

El receptor de Radio Digital podríamos decir que es inteligente y activo en comparación con el actual. Puede hacer mucho más que sintonizar estaciones como:

- Facilidad de localización de Emisoras. Basta con seleccionar el nombre de la estación y el receptor hará el resto, localizando el canal donde se encuentra la transmisión deseada.
- Para radios de auto, se puede realizar el Handoff automático cambiando de una señal con fading a una nueva señal de mayor potencia y de la misma estación ya que el receptor monitorea el estado de la señal a su alrededor. De esta forma el auditor no notará el cambio tal como ocurre en telefonía celular.
- Al poseer pantalla LCD, el "auditor" podrá ver títulos de canciones, nombre del álbum, letras, obtener información en tiempo real, tráfico, estado del tiempo, emergencias, servicios de búsqueda (paging), etc.
- Un punto importante es el de poder contar con cobertura nacional con sólo un estudio central permitiendo la llamada Red de Frecuencia Única (Single Frequency Network, SFN) constituyendo una de las principales mejoras respecto de la tradicional AM/FM.

Todo ello hará cambiar los hábitos de emisoras que deberán cambiar contenidos, formatos y, en definitiva, la forma de hacer radio y radioyentes que constituyen un mercado cada vez más exigente y golosos en el consumo de las nuevas tecnologías y el mundo de las telecomunicaciones. Esto supondrá la mayor revolución de las cadenas de radio, la publicidad, la medición de audiencia y los contenidos.

5.1.- LIMITACIONES DE FM y DAB

Las emisiones de radio en FM han llegado prácticamente al límite de calidad y prestaciones. Incluso así presentan una serie de limitaciones que son las que han dado pie al desarrollo del nuevo sistema de radio digital. Éstas son:

- los problemas de recepción donde se presentan problemas de ruidos, distorsiones, cancelaciones de la señal recibida cuando se trata de vehículos en movimiento...
- la elevada saturación del espectro radioeléctrico lo que implica perturbaciones de unas emisiones sobre otras para la proximidad de frecuencias. Este efecto es especialmente acusado en las grandes ciudades. Para evitar interferencias entre los transmisores de múltiples graves se utiliza una red de FM que utiliza diferentes frecuencias en cada área.
- la limitada capacidad del sistema de FM analógico actual en la transmisión de información adicional. El RDS admite una velocidad de 1.187,5 bps, el 50% de los cuales corresponden aproximadamente a datos de emisora.

La propagación de la banda de VHF (al igual que la UHF y frecuencias superiores) se realiza por medio de las llamadas ondas directas o espaciales que se caracterizan por su direccionalidad y, en consecuencia, su limitada cobertura (las ondas directas se pierden en el espacio cuando confluyen con la línea del horizonte). Esta direccionalidad hace que las señales de FM puedan ser fácilmente absorbidas o "apagadas" por los obstáculos que encuentra en su trayectoria. La banda de VHF tiene un índice de refracción atmosférica (pequeño declive que hace que su cobertura máxima sea superior al simple horizonte óptico) superior a las bandas de frecuencia más altas (UHF por ejemplo) y en consecuencia pueden alcanzar mayores coberturas. A pesar de la refracción troposférica, la propagación de la banda de VHF se caracteriza por su pequeña cobertura como consecuencia de la direccionalidad de las ondas directas o espaciales. Su pequeña cobertura convierte a la frecuencia modulada en un servicio de radio fundamentalmente local aunque el empleo de repetidores puede incrementar su cobertura. La escasa longitud de onda de esta banda de frecuencia hace que las antenas sean de pequeñas dimensiones y consecuentemente tengan una polarización horizontal. Sus semejanzas con las antenas de televisión (en longitud y polarización) producen que en la mayoría de los hogares la antena de FM esté incorporada en la propia antena de TV y, en definitiva, las antenas de televisión sirvan para la captación de señales de modulación en frecuencia.

Las dificultades de recepción de la FM en los automóviles (generalmente antenas de polarización vertical) han motivado que las estaciones de frecuencia modulada empleen con frecuencia antenas diseñadas para radiar la señal en ambos planos, horizontal y vertical. Estas antenas, denominadas de polarización circular, permiten que los receptores capten la misma intensidad de señal independientemente de la polarización de la antena receptora.

La propagación de la señal de la frecuencia modulada debe ser visión directa. Las torres sólo sirven para soporte de las antenas irradiantes. La normativa indica que las plantas transmisoras deben ubicarse fuera del perímetro urbano.

A continuación determinaremos las limitaciones para DAB:

- Coste de los receptores y falta de determinación de los fabricantes: el gran problema del actual estancamiento del DAB como estándar mundial es la falta de un parque de receptores que motive a los emisores y a los operadores a convertir al DAB en el referente para la radio digital que se anunció hace un lustro que sería en la actualidad. Hoy se comercializan en algunos países varios equipos fabricados por empresas como *Grundig*, *Kenwood* o *Pioneer* por precios que oscilan entre los 480 y los 1.100 euros, aproximadamente. Estos precios han impedido la venta masiva de estos ingenios tecnológicos lo que ha valido de excusa a emisores y operadores para no desarrollar los contenidos y canales necesarios para la transmisión digital. A su vez, la falta de canal y producto es precisamente lo que, según los fabricantes, está motivando a que no se vendan equipos.
- Obsolescencia tecnológica: Una vez exista un parque de equipos receptores el problema será que éstos se quedarán obsoletos a corto y medio plazo ya que si bien las posibilidades de mejora del audio analógico eran mínimas, el mundo digital ha revolucionado el audio que ha visto como en pocos años se han desarrollado sistemas de compresión que han permitido transmitir sonido de más calidad a través de canales de ancho de banda limitado. De este modo, el MUSICAM podría quedarse obsoleto –si es que no lo está ya– antes incluso de que el DAB consiga índices de penetración aceptables. La solución sería diseñar equipos abiertos en lugar de los cerrados que se están fabricando ahora. De este modo el oyente podría mejorar las posibilidades de su receptor sin tener que adquirir equipos nuevos.
- Ubicación específica en un punto del dial como rasgo cualitativo de la industria: la posición que una emisora ocupa dentro de un dial la distingue del resto de emisoras. Son muchos los oyentes que sintonizan una emisora por conocer su ubicación tradicional en el espectro. Es cierto que el DAB permite el etiquetado de las emisiones con lo que resulta más fácil encontrar la señal deseada pero podemos decir que el nuevo reordenamiento del dial que implica la implantación del DAB y el consiguiente *apagón analógico* atajarán este tradicional reparto de posiciones, perjudicando a unas estaciones y favoreciendo a otras.
- Además de los problemas de carácter político como el control estatal del nuevo sistema, en el caso especialmente de las *redes únicas*:
"El sistema Eureka 147 exige que todos los servicios en una zona pasen por un proveedor de matriz digital central. Este papel de vigilante puede reglamentarse en países democráticos con el fin de dar acceso a emisoras de radios no gubernamentales y no comerciales pero habría que preguntarse sobre el control que se ejercería en países menos democráticos o con inestabilidad política."

5.2.- VENTAJAS DEL DAB FRENTE FM:

- Fácil selección de programas: en lugar de buscar longitudes de onda como en la actualidad, los usuarios pueden seleccionar todas las emisoras disponibles o formatos preferidos de un menú de texto simple.
- Recepción mejorada: elimina las interferencias y los problemas de múltiples amplias áreas geográficas con una señal aún sin interrupciones. Una vez que los servicios completos están en marcha, el conductor será capaz de atravesar todo un país con la misma estación sin desvanecimiento de la señal, sin alterar la frecuencia.
- Un receptor lo hace todo: los servicios de música y los datos pueden ser recibidos a través de los mismos receptores. Por otra parte, los receptores de DMB pueden recibir estos servicios de música y datos, así como de vídeo y gráficos.
- Programa de asociados de datos: DAB / DAB + / DMB emisiones pueden mostrar información de texto en detalle mucho mayor que el sistema RDS como los hechos de fondo del programa, un menú de emisiones futuras y la información complementaria de publicidad. Las emisoras de radio también pueden mostrar imágenes y otros servicios interactivos. Pequeñas pantallas se pueden agregar a un receptor que puede mostrar información visual tan diversa como los mapas del tiempo, la información del CD, la información del tráfico y la seguridad, las actualizaciones de valores y la TV móvil.
- Servicios de información: servicios de otras fuentes de la emisora se incluyen en el mismo canal para que el usuario acceda a su antojo. Estos incluyen titulares de noticias, información meteorológica más detallada o incluso los últimos precios de las acciones.
- Dirigida a música o los servicios de datos: debido a la tecnología digital, permite una gran cantidad de información diferente y específicos grupos de usuarios de la información que puede ser objetivo con gran precisión, ya que cada receptor puede ser redireccionable.
- Amplia gama de receptores: es posible acceder a DAB / DMB servicios en una amplia gama de equipos receptores, incluidos los receptores de radio fijas, móviles y portátiles con pantallas o pantallas incluidas, las computadoras personales y algunos teléfonos móviles. Otros tipos de receptores incluyen: USB, cámaras digitales, PDAs, reproductores MP3, televisores de bolsillo, radios de automóviles, pantallas de televisión y muchos más.
- DAB Tecnología: sistema diseñado para la recepción móvil terrestre. Los servicios de DAB se encuentran disponibles en las redes terrestres y el mismo receptor puede ser utilizado para proporcionar programas de radio y / o servicios de datos nacionales, regionales, locales y cobertura internacional. El sistema DAB requiere una intensidad de campo bajo lo que permite que la tecnología sea mucho más móvil que otros estándares.
- Reducción de los costes de transmisión de las emisoras: DAB / DAB + / DMB permite a las emisoras ofrecer una amplia gama de material de forma simultánea en la misma frecuencia. Esto no sólo da cabida a un número mucho mayor de programas para aumentar la elección del usuario sino que también es importante la reducción de costos.

5.3.- VENTAJAS DEL DAB+ FRENTE DAB:

- El último códec MPEG-4 de audio ofrece un rendimiento excepcional en eficiencia.
- Más estaciones pueden ser emitida por un múltiplex.
- Estación de mayor elección para los consumidores.
- Un uso más eficiente del espectro radioeléctrico.
- Reducción de los costes de transmisión de las emisoras digitales.
- Nuevos receptores compatibles con las actuales emisiones de MPEG Audio Layer II.
- Compatible con el desplazamiento de texto existentes y los servicios multimedia.
- Entrega de audio robusto.
- Optimizado para la radio transmitida en vivo.
- Los organismos de radiodifusión o los reguladores pueden seleccionar cualquiera de los estándares MPEG Audio Layer II o la codificación de audio adicional o ambos para adaptarse a su país.
- Rápida re-ajuste de tiempo de respuesta (bajo retardo zapping).
- MPEG Surround es posible.

5.4.- OTROS SISTEMAS:

● **DMB (Digital Multimedia Broadcasting)**: es una tecnología de transmisión digital de audio, video y datos para sistemas de comunicaciones móviles y portátiles. Diseñada para diferentes tipos de aplicaciones como pueden ser los teléfonos móviles, PDAs o sistemas de instrumentación para el automóvil. Los usuarios de esta tecnología son capaces de reproducir en sus terminales móviles audio estéreo de alta calidad y reproducir video en tiempo real. Existen dos modalidades:

- T-DMB (terrestre): se basa en Digital Audio Broadcasting (DAB) al cual se le agrega la capacidad de transmitir video y otras herramientas de codificación de audio y corrección de error. El desarrollo y difusión del T-DMB está a cargo del WorldDMB, junto con el standard DAB
- S-DMB (satélite): utiliza la Banda S (satélite)

Para soportar los contenidos multimedia y poder transportarlos, el estándar DMB incorpora varias herramientas de corrección de errores y transporte como los códigos RS (Reed-Solomon), paquetes MPEG2 TS (Transport Stream) y paquetes MPEG2 PES (Packetized Elementally Stream). Para poder procesar estos contenidos multimedia DMB utiliza los siguientes códec, para video MPEG-4 Part 10 (H264), para audio MPEG-4 Part 3 BSAC y para otros datos MPEG-4 Part 1 Core2D@Levell.

• **DMR (Digital Radio Mondiale)**: es un conjunto de estándares de radiodifusión sonora de radio digital desarrollado por el consorcio Digital Radio Mondiale usando las frecuencias y concesiones otorgadas a las transmisiones de Amplitud Modulada (AM) y Frecuencia Modulada (FM). Hay que destacar que ningún país es propietario de este sistema de radio digital, por lo cual dicho sistema ha sido desarrollado e implementado por el consorcio Digital Radio Mondiale.

Los estándares son:

- **DRM30**, para bandas menores a 30 MHz de AM que son:
 - Onda Larga de 150 kHz a 529 kHz (LW por sus siglas en inglés de Longwave).
 - Onda Media de 530 kHz a 1710 kHz (MW por sus siglas en inglés de Mediumwave) o sea la tradicional la radio AM.
 - Onda Corta de 1711 kHz a 30 MHz (SW por sus siglas en inglés de Shortwave).

Logrando así una señal digital completamente nítida, sin interferencias, ni ruido ni desvanecimiento. Si una emisora decide utilizar para sus transmisiones el sistema de radio digital DRM, puede transmitir su señal utilizando un transmisor de baja potencia y tener una cobertura aceptable en comparación con el sistema de radio analógico.

- **DRM+**, aprobado en 2009 por la ETSI, para el espectro radial entre los 30 a 174 MHz, que corresponden las emisiones de las radios FM.

Características principales:

- Canal mono con ancho de banda » 10 KHz.
 - Estándar Mundial para transmisión de audio por debajo de 30 MHz (Onda Larga, Onda Media y Onda Corta).
 - Constituido como consorcio en 1998.
 - Aprobado por la UIT el 4 abril del 2001.
 - Su lanzamiento fue previsto para el 2003.
 - Canales de 9-10 KHz de ancho de banda (superior a AM » 7KHz).
 - Usa AAC ó CELP, entrelazado temporal y codificación convolucional.
 - Permite trabajar tanto en sistemas SFN como MFN.
- **En USA iBiquity** basado en el sistema IBOC. También existía el IBAC pero fue desestimado. Características principales:
- Sistema IBOC (In Band On Channel): intenta compatibilizar la transmisión FM analógica con una nueva digital en el mismo canal.
 - Añade portadoras digitales en la misma banda usada para la transmisión analógica sin que interactúen entre sí.
 - Usado en USA.
 - Usa Perceptual Audio Coder (PAC™) como compresor de audio.

• **ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting):** o Transmisión Digital de Servicios Integrados es un conjunto de normas creado por Japón para las transmisiones de radio digital y televisión digital. Como la norma europea DVB, ISDB está conformado por una familia de componentes. La más conocida es la de televisión digital terrestre (ISDB-T e ISDB-Tb) pero también lo conforman la televisión satelital (ISDB-S), la televisión por cable (ISDB-C), servicios multimedia (ISDB-Tmm) y radio digital (ISDB-Tsb). Estos estándares utilizan MPEG-2 y son capaces de entregar televisión de alta definición. Tanto ISDB-T como ISDB-Tb permiten recepción de móviles en bandas de TV. 1seg es el nombre de un servicio ISDB-T para recepción en telefonía móvil, computadores portátiles y vehículos.

La norma fue nombrada por su similitud con ISDN (*Integrated Services Digital Network* en inglés), porque ambas permiten la transmisión simultánea de múltiples canales de datos (un proceso llamado multiplexación). También se parece a otro sistema de radio, denominado Eureka 147, que llama a los grupos de estaciones en un transmisión "un ensamble"; es muy parecido al estándar DVB-T que también es multicanal. ISDB-T opera en canales de TV sin usar, una aproximación tomada por otros países para televisión pero nunca antes para radio.

ISDB-Tsb (terrestrial sound broadcasting) es la norma para la radio digital terrestre.^{8 9 10} La especificación técnica es la misma que ISDB-T. ISDB-Tsb soporta el codec MPEG2, transmitida por BST-OFDM usando 1 o 3 segmentos, siendo compatible con el servicio 1Seg de ISDB-T. Su implementación está planificada para julio del 2011, después del apagón de la televisión analógica y usaría dichas frecuencias liberadas (90-108 MHz). La radiodifusión analógica en FM de Japón (que se ubica entre 76 y 90 MHz) no sería reemplazada. El ISDB-Tsb sería un servicio radial complementario al FM analógico. En este caso se están usando las frecuencias correspondientes al canal 7 en VHF (188-192 MHz).

Características principales:

- Compatible con el sistema japonés para transmisión digital de TV (ISDB-T, Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial).
- Codificación según MPEG AAC

TABLA COMPARATIVA DE APLICACIONES:

APLICACIONES	DAB	DAB+	DMB
BIFS BIFS es una abreviatura de "formato binario para escenas". BIFS proporciona un marco completo para el motor de presentación de MPEG-4 terminales. BIFS permite diferentes MPEG-4 medios de comunicación para ser mezclados con gráficos en 2D y 3D, manejar la interactividad y lidiar con los cambios locales o remotos de la escena a través del tiempo. BIFS ha sido diseñado como una extensión de la especificación de VRML 2.0 en un formato binario.	✘	✘	✔

APLICACIONES	DAB	DAB+	DMB
<p>Difusión Web</p> <p>La aplicación Web de difusión permite la transmisión de los sitios web completos para uso fuera de línea en un receptor de radio digital el cual debe estar equipado con el software del navegador web. Además de páginas HTML vinculadas también elementos multimedia como imágenes, gráficos animados, archivos mp3 o vídeos pueden ser ofrecidos.</p>	✓	✓	✗
<p>EPG - Electronic Program Guide</p> <p>Guía de programación electrónica (EPG) para DAB está diseñado para ofrecer características similares para el usuario como EPG televisión pero para la radio y los servicios de datos asociado.</p>	✓	✓	✗
<p>Journaline</p> <p>Journaline es un servicio de datos muy joven que fue normalizado a nivel internacional por el Foro WorldDMB para su uso en DAB y DRM en otoño de 2007. Su funcionalidad del núcleo se asemeja al de una revista electrónica o el teletexto en un televisor.</p>	✓	✓	✗
<p>Presentación de diapositivas</p> <p>Presentación de diapositivas hace que sea fácil para mejorar sus emisiones de radio digital con efectos visuales mediante los formatos estándar de imagen web y las herramientas estándar de publicación en la web. Cualquier cosa que te puede convertir en un archivo JPEG, PNG o APNG (PNG animados) se puede emitir en DAB y precisa disparado para que aparezca en el tiempo con el audio.</p>	✓	✓	✗
<p>Sonido envolvente</p> <p>"¡Traiga el Carnegie Hall a su sala de estar!" podría ser el eslogan de música multi-canal. La experiencia de sonido es posible gracias a una configuración especial de los oradores, el llamado sonido envolvente 5.1 sistema de home theater. Tres de los cinco altavoces se colocan delante del oyente y dos en la parte trasera, mientras que el subwoofer produce las notas bajas y se puede colocar fuera de la vista. El oyente se ve inmediatamente envuelto por la música y es capaz de sentir físicamente. Esta experiencia espacial se crea mediante la entrega de los reflejos del ambiente y las colas de reverberación de una sala de conciertos o de un ambiente de estudio a través de los altavoces traseros.</p> <p>A través de la integración del altavoz central, el panorama de sonido se mantiene estable en un espacio más grande. Además, el efecto de sonido envolvente invade al oyente desde todas las direcciones.</p>	✓	✓	✗
<p>TMC / TPEG</p> <p>Tráfico e información turística.</p>	✓	✓	✓

5.5.- SITUACIÓN ACTUAL MUNDIAL Y EN ESPAÑA

Realidad Mundial

Hace menos de un año que han aparecido los primeros productos de consumo para Eureka 147 DAB. Se encuentran tanto equipos para radiodifusión como para recepción incluso en automóviles. Entre las principales marcas se encuentran Bosch, Phillips, Sony, Panasonic, Pioneer, Blaupunkt, Grundig, Kenwood.

Existe un Foro Mundial DAB, el cual asegura que al menos 20 países como China, Canadá, Australia, India y varios países europeos disponen o dispondrán en un corto plazo, servicios digitales operativos. Sin embargo existen importantes costos que se debe asumir en cada país: la planificación de una red nacional de frecuencias (planificación de uso de frecuencias), pago de regalías a los autores del proyecto Eureka 147 y costo de los aparatos, los cuales aparecen en el mercado con altos precios.

Pero habría que preguntarse para qué necesitamos esta nueva tecnología y por qué está siendo fomentada tan intensamente por organismos radiofónicos regulatorios, los fabricantes y los políticos. Las simples razones económicas provistas por un sistema en que la oferta supera la demanda y las innovaciones son raras hacen que nuevas oportunidades de negocios en nuevos segmentos de mercado crezcan y se conviertan en una poderosa razón en la implementación de esta tecnología.

El éxito de DAB +

Muchos países de todo el mundo han reconocido los beneficios de la DAB + para su mercado individual. El Gobierno australiano ha anunciado DAB + como el estándar de radio digital oficial en el país con un despliegue comercial implementado con éxito desde mayo de 2009 y Malta se convirtió en el primer país europeo en lanzar una red DAB + en 2008. Otros países como Italia, Alemania, Suiza, la República Checa, los Países Bajos, Malasia y China también han expresado su interés en el despliegue comercial de servicios de DAB +. Las pruebas y ensayos se llevan a cabo en todo el mundo. DAB + es más eficiente que DAB. Durante el proceso de normalización, las pruebas de campo se llevaron a cabo en el Reino Unido y Australia. Les dieron una serie de resultados interesantes:

- Se demostró que el área de cobertura geográfica de los servicios de radio usando HE-AAC v2 es ligeramente mayor que el de los servicios de radio usando el formato MPEG Audio Layer II.
- Servicios de audio con HE-AAC v2 realizan unos 2-3 dB mejor en el umbral de audibilidad. Esto significa que en algunas zonas cercanas a la zona de cobertura en servicios de MPEG Audio Layer II ya mostró sonidos audibles y HE-AAC v2 servicios de radio no mostraron sonidos audibles.
- El comportamiento del error de MPEG Audio Layer II es diferente a la de HE-AAC v2. Con MPEG Audio Layer II más débil será la señal de DAB, con HE-AAC v2 no se producen sonidos audibles pero cuando la señal es demasiado débil, un mayor número de cuadros de sonido se pierde y esto provoca cortos períodos de silencio (fade-out y fade-in). En comparación con los servicios de radio

usando el formato MPEG Audio Layer II, los servicios de radio usando HE-AAC v2 se pueden hacer frente a una calidad de señal ligeramente inferior DAB pero el margen de recepción libre de errores a la pérdida de recepción es más pequeña.

Para determinar la calidad del audio en bitrates bajos, las pruebas de sonido fueron realizadas por la EBU (European Broadcasting Union) en 2003. Para el audio estéreo, las pruebas de sonido muestran que:

- a una tasa de bits de audio de 48 Kbps HE-AAC ofrece de buena a excelente calidad.
- a una tasa de bits de audio de 64 Kbps ofrece una excelente calidad.

En el momento de estas pruebas, HE-AAC v2 aún no estaba disponible pero con seguridad se puede suponer que su rendimiento será similar o incluso mejor que la de HE-AAC.

El PS (Parametric Stereo) herramienta, que se añadió después de las pruebas de la UER, aumenta significativamente la calidad de audio percibida en las tasas de bits más baja. Cabe señalar que las tasas de bits de estas pruebas de audición son puras tasas de bits de audio DAB y no las tasas de bits subcanal.

Las pruebas de audio realizadas en Australia en 2005 confirmó que HE-AAC v2 ofrece calidad similar de audio percibida en aproximadamente un tercio de la tasa de bits necesarios para subcanal en comparación con MPEG Audio Layer II.

Realidad en España

España comenzó a emitir radio digital en abril de 1998 en Madrid, Barcelona y Valencia. También ha habido ensayos de puesta en servicio en el País Vasco y Cataluña. Por si fuera poco, da la sensación de que el desarrollo de DAB está paralizado en España, sin que exista un claro proyecto del gobierno para su desarrollo. Incluso el web del Foro de la Radio Digital (asociación formada por las principales empresas del sector y que busca impulsar el desarrollo del DAB) parece estar “dormido” desde hace años.

Pese a todo, el DAB da lentamente sus primeros pasos en España aunque las primeras licencias se concedieron en Marzo de 2000 y el Consejo de Ministros alcanzó un acuerdo sobre la radio digital en junio de 2011 y aprobó un Plan para la digitalización radiodifusión terrenal con las siguientes medidas:

- Flexibilidad para los organismos de radiodifusión con el fin de permitir la migración a DAB+.
- Estudio de un posible traslado de los multicines.
- Actividades promocionales a través del Foro Español DAB.
- DAB+ los juicios.
- Estudio de las condiciones necesarias para determinar la fecha en que posiblemente el apagón analógico

En la actualidad aún podemos considerar que está en pruebas ya que:

- La cobertura es aún escasa: aproximadamente el 51% de la población con una geográfica muy limitada. El Plan Técnico Nacional de la Radiodifusión Sonora Digital previó diferentes fases de introducción del DAB de las que se han cumplido las dos primeras. Al finalizar la tercera (prevista hasta el 31 de diciembre de 2011) se emitiría al 80% de la población, cubriendo ciudades adicionales (*Albacete, Almería, Ávila, Burgos, Cáceres, Cádiz, Castellón de la Plana, Ceuta, Ciudad Real, Córdoba, Cuenca, Gerona, Huelva, Huesca, Jaén, León, Lérida, Lugo, Melilla, Mérida, Orense, Palencia, Pontevedra, Salamanca, San Sebastián, Santiago de Compostela, Segovia, Soria, Tarragona, Teruel, Toledo y Zamora*) y, al menos, todas las localidades con más de 50.000 habitantes.
- Los servicios adicionales de datos apenas existen: como mucho aparece en la pantalla de los aparatos DAB un mensaje de texto recordándote que estás sintonizando la radio digital y con mucha suerte aparece una dirección de correo para que envíes tus comentarios... o sea, nada. Como ocurre en la TDT.
- En la práctica la calidad de emisión depende del "bitrate" utilizado por la emisora. En España la mayor parte de las emisoras comerciales utilizan 160 Kbps y Radio Nacional 192 Kbps (excepto en su canal Radio Clásica, que emite con 224 Kbps). Esto ni mucho menos quiere decir que estas emisoras se oigan "peor que la FM" (no hay ruidos de fondo, ni pérdidas de señal...) pero sí que se oyen mucho peor de lo que se podrían o se deberían oír.

A día de hoy en algunas zonas de algunas ciudades podemos escuchar las 18 emisoras (que se adjudicaron en el 2000). De Radio Nacional de España se reciben *RNE1, Radio Clásica, Radio 3, Radio 5 y Radio Exterior de España*. Además de la *Cadena SER*, la *COPE*, *M80*, *Onda Cero*, *Radio España*, *Vocento*, *Intereconomía*, *Radio Marca*, *El Mundo Radio*, *SRDT*, *ABC Audio* y *Kiss FM*. Existe la *Español DAB Association* (Forum of Digital Radio) que comprende tanto a nivel nacional radiodifusores públicos y privados que es el responsable de DAB/DAB+ en España.

6.- SIMULACIÓN DE EJEMPLO PRÁCTICO DE PASO DE EMISORA FM A DAB

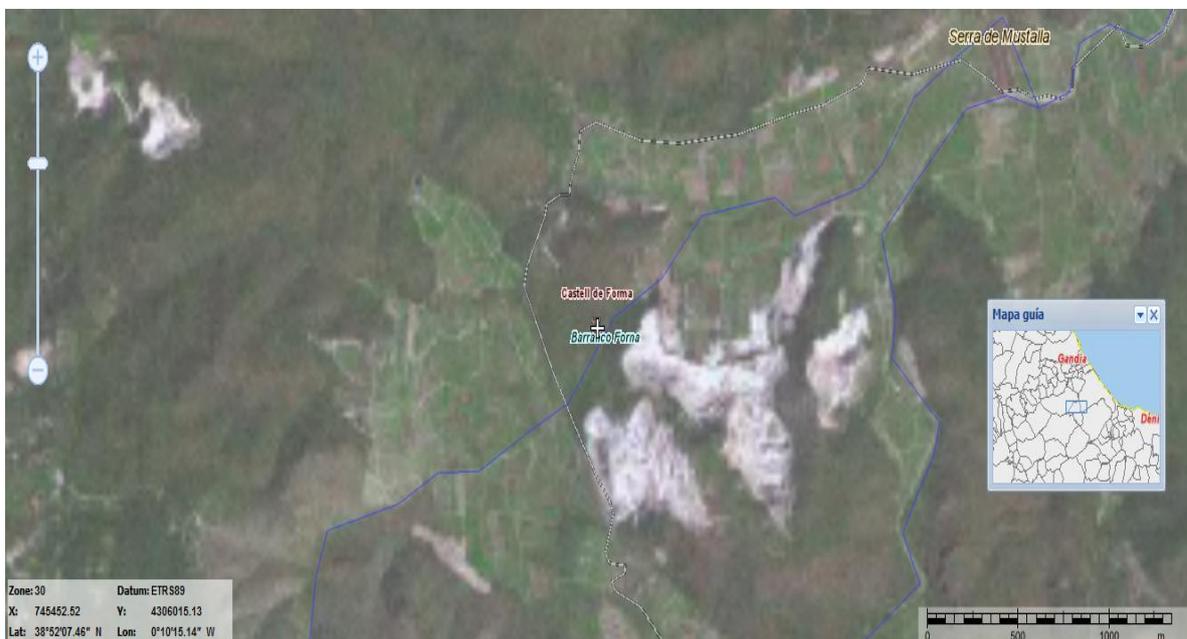
En este apartado del proyecto pretendemos hacer una simulación práctica del la adaptación de una emisora ficticia de FM ubicada en Forna a DAB, ya que si ocurre en este ámbito lo mismo que en el ámbito de la televisión (paso de analógico a digital), esta radio no podría seguir emitiendo, ya que su transmisión no estaría adaptada a las exigencias de la transmisión-recepción digital.

6.1.- Elementos de la emisora FM

Ubicación del centro emisor:

Castillo de Forna (Forna-Valencia)

Coordenadas: 38N5207N
0W1015



Planos

Mapas topográficos a escala 1:50000.

Mapas topográficos a escala 1:10000.



Bases jurídicas de la concesión

Se consiguió la concesión de este proyecto mediante concurso público. Según la resolución publicada en el BOE Noviembre del 2005 la estación estará situada en el Castillo de Forna ubicado en el término municipal de L'Atzúvia. La antena estará instalada sobre uno de los torreones.

La PRA autorizada será de 2500 W y la frecuencia de trabajo de 105.9 MHz.
Se adjuntan los datos de la autorización provisional del BOE:

Localidad	Forna
Edificio	Castillo de Forna
Coordenadas	38N5220N 0W1015
Frecuencia	105.9 MHz
Hef máxima	210 m
PRA	2500 W
Polarización	Mixta
Direccionalidad	ND
Campo pre-existente	0.00015 W/m ²

Pliego de condiciones técnicas

- Antena dipolo banda II, de polarización vertical modelo AT12-522 de RYMSA.
- Transmisor FM media y alta potencia 2kw mod. PS2 de VIMESA.
- Mástil carraqueado de IKUSI.
- Cable de cobre trenzado y aislado MILAG RG-213.

Las especificaciones técnicas están en el anexo IV proyecto FM.

6.2.- Elementos de la emisora DAB

En base a los valores obtenidos en el proyecto de FM, elegimos los elementos de la nueva emisora:

- Antena MY 1150: hemos elegido esta antena porque trabaja en el rango de frecuencias de la banda II y III (195-223MHz), su polarización es vertical con Hbeamwidth omnidireccional y Vbeamwidth de 80° y su ganancia es de 2,15dBi.
- Patch panel: este patch está pensado para una posible posterior ampliación o bien para incorporar otros transmisores sobre la antena o bien para un sistema de antena partida en todas sus posibles combinaciones. Esto nos permite una gran versatilidad en un futuro.
- Power splitters: con un rango de frecuencias de 174-230MHz y unas pérdidas de inserción menores de 0,18dB.
- Cavity filters: trabajan a las mismas frecuencias (174-230MHz)
- Transmitter (SDT 502 NRK-1): de potencia 2400w atendiendo a la PRA obtenida para FM, aunque podíamos haber elegido uno de menor potencia ya que sabemos que DAB con menor potencia tiene mayor cobertura.
- Mástil caraqueado de IKUSI
- Cable de cobre trenzado y aislado MILAG RG-213: lo único a tener en cuenta es que a estas frecuencias de trabajo este cable atenúa un poco más la señal, pero no le daremos importancia ya que el conjunto amplifica más la señal de lo que el cable la puede atenuar.

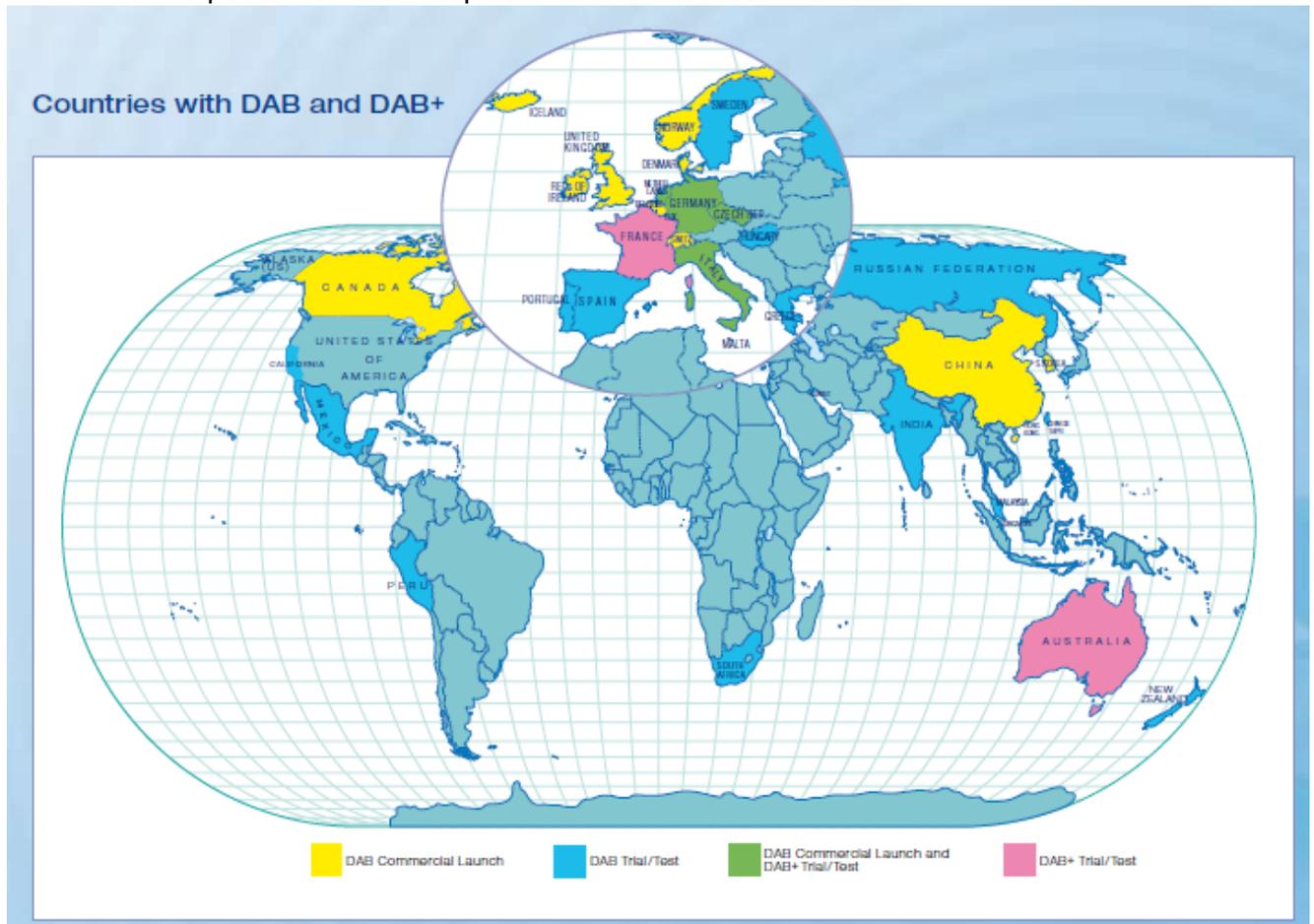
Las especificaciones técnicas están en el anexo V proyecto DAB.

7.- CONCLUSIÓN

Por lo que parece, en España no se implantará el sistema DAB, sino el DAB+ por las ventajas descritas anteriormente en este documento. La adopción del DAB+ tiene sentido pues es cierto que la codificación en MP2 utilizada en el DAB (junto con la debilidad de sus protocolos de corrección de errores) supone, entre otros inconvenientes, que los multiplex (“canales”) tengan una capacidad de datos (“eficiencia espectral”) relativamente baja y, por lo tanto, sólo puedan portar unas pocas emisoras (*... aunque el número de emisoras posibles aumenta si se disminuye la calidad de cada una de ellas, algo que los gobiernos siempre están tentados a hacer*). El sistema DAB+ provee tanto al auditor como al radioemisor de nuevas oportunidades y significativos beneficios en comparación a los sistemas analógicos existentes y al DAB. Proveerá una recepción confiable y robusta para servicios de audio de alta calidad incluyendo multimedia hacia receptores portátiles: móviles y fijos. Finalmente se puede afirmar que el sistema DAB+ asegura que la radio está preparada para entrar a la era digital aunque en nuestro país esté paralizado.

Tengo que destacar que para implantar una emisora digital, podemos utilizar las infraestructuras de radiodifusión FM, como torretas, cableado, ubicaciones elegidas para la cobertura, etc; pero si debemos cambiar la tecnología, es decir los equipos transmisores y receptores ya que su tecnología es totalmente diferente debido a su naturaleza, ya que una es analógica y la otra digital. Por esto resulta tan cara la adaptación para las radios y no parecen estar muy interesadas por ahora en este cambio pues les supone un gran coste económico.

A continuación podemos ver un mapa mundial con la situación actual:



8.- BIBLIOGRAFÍA

- Legislación vigente de la SETSI (<http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/es-ES/Paginas/index.aspx>):
 - Artículo 45.4 de la Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones.
 - RECOMENDACIÓN UIT-R P.1546-4. MÉTODOS DE PREDICCIÓN DE PUNTO A ZONA PARA SERVICIOS TERRENALES EN LA GAMA DE FRECUENCIAS DE 30 A 3000 MHz.
 - RECOMENDACIÓN UIT-R P.370-7. CURVAS DE PROPAGACIÓN EN ONDAS MÉTRICAS Y DECIMÉTRICAS PARA LA GAMA DE FRECUENCIAS COMPRENDIDAS ENTRE 30 Y 1 000 MHz
 - Real Decreto 802/2011, de 10 de junio, por el que se modifica el Plan técnico nacional de la radiodifusión sonora digital terrestre, aprobado por el Real Decreto 1287/1999, de 23 de julio.
 - RECOMENDACIÓN UIT-R P.368-9
 - RECOMENDACIÓN UIT-R BS.412-9
 - RECOMENDACIÓN UIT-R P.310
 - RECOMENDACIÓN UIT-R P.833

- Documentación: (asignaturas del curso de adaptación al grado)
 - Redes de difusión
 - Sistemas de televisión y vídeo

- Modulación FM de Banda ancha. Camacho García, Andrés 2011. Polimedia:
<https://polimedia.upv.es/visor/?id=02d4d183-5800-0646-a6c4-b29c9c107f94>
- Radio frequency: the generation, propagation and reception of signals and noise Albert A. Smith Piscataway: IEEE Press cop. 1998
- Radiocomunicación. Carlos Crespo Cadenas Madrid: Pearson Educación D.L. 2008
- Webs:
 - www.ero.dk
 - <http://www.dabbarcelona.inf>
 - <http://www.radiodigitaldab.com>
 - <http://www.rtve.es/dab/>

ANEXOS

ANEXO I: MUSICAM

Este método de codificación reduce la cantidad de información a una séptima parte sin degradar la calidad de la señal recibida. Para esta compresión de información se parte de técnicas de codificación psico-acústicas especificadas por MPEG-2 LayerII y de la respuesta del oído humano, basándose en una serie de efectos que sin deteriorar la calidad de la señal posibilita eliminar información redundante o inservible e inaudible para el sistema de audición del organismo humano. Éstos son los efectos que considera:

- Sólo tonos por encima del límite audible son percibidos por el oído, eliminando de este modo frecuencias inferiores a 20 Hz y superiores a 20 KHz.
- La percepción es diferente a distintas frecuencias.
- Tonos de menor nivel que se encuentren próximos en frecuencia a tonos de mayor nivel quedan enmascarados y no se pueden oír. También quedan enmascarados aquellos de menor nivel que están precedidos o seguidos de tonos de mayor nivel (enmascaramiento ó *sound masking* en el cual se conciben las llamadas curvas de umbral; el umbral de audibilidad de un sonido aumenta en presencia de otro sonido enmascarante).

Actualmente es un tema aún en estudio ya que hay diferentes aspectos y teorías al respecto. Algo interesante de destacar es la naturaleza no causal del enmascaramiento de sonidos, ya que un ruido fuerte (disparo) puede enmascarar a un sonido débil previo al disparo. Algunos psicólogos afirman que el oído humano puede percibir sonidos fuertes más rápido que los débiles. En la realidad las señales son más complejas y el umbral de enmascaramiento está cambiando constantemente.

Esta técnica de codificación permite que, teniendo a la entrada de nuestro decodificador MUSICAM una señal de Audio de 16 bits estéreo (calidad CD: $16 * 2 * 44,1 = 1411$ Kbps), obtengamos a la salida la misma señal reducida a una tasa de 192 Kbps (**7 veces menor**).

Para ello se van a dar una serie de procesos que a continuación detallaremos:

a.- La señal de audio (24[KHz] en banda base=BW de la señal con calidad CD muestreada a: $f_s = 48$ KHz) digitalizada es dividida por circuitos de filtros en 32 sub-bandas de idéntico ancho de banda: $BW = 750$ Hz ($= [(f_s/2) / 32]$). Lo anterior se realiza con DSP's que realizan FFT (Transformada Rápida de Fourier) de 1024 bits, entregando 512 valores del espectro, es decir, muestras cada 46[Hz] del espectro de audio original.

b.- Conocidos los componentes de frecuencia, se divide el espectro en las 32 sub-bandas cada una con 16 bits (512/32). Esta división del espectro permite la distribución óptima de los bits de acuerdo a los requerimientos psico-acústicos. Para aquellas sub-bandas que resultan completamente enmascaradas por otras no hay necesidad de enviarlas ya que no se escucharán.

c.- Una vez que se cuenta con la información necesaria, a cada muestra se le asigna un factor de escala de 6 bits (asegurando un rango dinámico de 120[dB]) junto con información para reconstruir la distribución óptima y un header para cierta información. De esta forma se arma la trama.

d.- El sistema contempla técnicas de protección de la información ya que la destrucción por pequeña que sea, resulta desastrosa, además de la eliminación de redundancias para los factores de escala.

MPEG 2 layer II

Puede afirmarse que MUSICAM es un proyecto del estándar MPEG desarrollado por Europa. Sin embargo en Estados Unidos se reconoce como el estándar de transmisión digital.

Debido a la naturaleza de la información que se trata y a la codificación, existen diversas versiones de compresión MPEG, respecto la tasa de transmisión, la cantidad de canales, la frecuencia de muestreo y al tipo de información que se trata. El sistema usado en DAB posee las siguientes características:

- Mayor Ancho de banda sobre 40Mbit/s.
- Compatible con el sistema 5.1 de salas de cine (central, izquierdo y derecho, más surround izquierdo y derecho y 1 canal de bajos).
- Más rango para los tamaños de tramas (incluyendo HDTV).
- Retardo de tiempo: 100[ms] (layer II).

ANEXO II.- COFDM

A continuación vamos a detallar los diversos bloques de interés que constituyen la modulación COFDM:

- A.- Modulación QPSK.**
- B.- Intervalos de Guarda**
- C.- Codificador de Convolución**
- D.- FFT (Transformada Rápida de Fourier)**

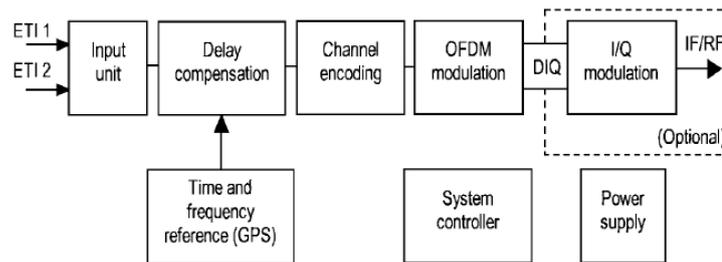
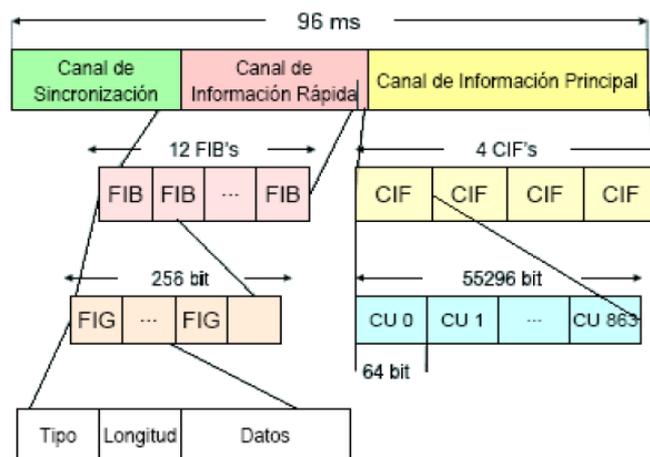


Diagrama de bloques de un modulador COFDM

A.- Modulación QPSK

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. La figura que se muestra a continuación muestra dicha distribución:



Trama ETI para el modo de transmisión 1

Existen distintos modos de transmisión que quedan reflejados en el cuadro1.

TRANSMISSION MODE				
System Parameter	I	II	III	IV
Frame duration	96 ms	24 ms	24 ms	48 ms
Null symbol duration	1297 us	324 us	168 us	648 us
Guard interval duration	246 us	62 us	31 us	123 us
Nominal frequency range	< 375 MHz	< 1.5 GHz	< 3 GHz	< 1.5 GHz
Useful symbol duration	1 ms	250 us	125 us	500 us
Total symbol duration	1246 us	312 us	156 us	623 us
No. of radiated carriers	1536	384	192	768

(Cuadro1)

Técnicamente el sistema que DAB puede ser utilizado en el intervalo de 30MHz y los 3 GHz. Este amplio rango de frecuencias incluye las bandas VHF I, II y III, las bandas UHF IV y V y la banda-L (que es la que está alrededor de los 1.5 GHz). Dado que las condiciones de propagación varían con la frecuencia se definen cuatro modos de transmisión en DAB. Estos modos proporcionan una buena relación entre la distancia de separación del transmisor y la degradación por el efecto Doppler y son detectados automáticamente por el receptor siendo totalmente transparente al usuario.

Expliquemos estos modos:

- El *Mode I* está indicado para operaciones SFN a frecuencias por debajo de los 300 MHz.
- El *Mode II* fue diseñado para servicios locales y regionales con frecuencias por debajo de los 1.5 GHz.
- El *Mode III* está disponible para transmisión vía satélite por debajo de los 3 GHz.
- El *Mode IV* permite a los transmisores proveer una óptima cobertura en áreas extensas operando en Banda-L. Sus parámetros están entre el *Mode I* y *Mode II*.

B.- Intervalos de Guarda

Para mantener la ortogonalidad de las portadoras y tratar de manera eficiente los efectos del multitrayecto, se introduce lo que llamamos intervalos de guarda. Veamos más detenidamente en que consiste este intervalo de guarda:

Este bloque del transmisor trata de combatir el multitrayecto, ya que ésta es una característica habitual en el tipo de canal para el que está destinada esta modulación (medio terrenal). Para la consecución de este objetivo, 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 intersímbolo), aunque un símbolo siempre puede ser afectado por una versión retardada de sí mismo (interferencia intrasímbolo).

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. Es decir, repitiendo deliberadamente parte de cada símbolo en el llamado *intervalo de guarda*, COFDM provee tolerancia contra la interferencia intersimbólica. Mientras el retardo de las señales de eco sea menor que el intervalo de guarda, existirá un beneficio constructivo en la recepción.

La idea del sistema es aprovechar los ecos de una señal distante operando en el mismo canal, de modo que aumente la potencia en el receptor.

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 la parte que denominábamos como parte de símbolo útil pues en ese intervalo se concentra toda la información transmitida, y Δ la duración del intervalo de guarda. Esta extensión cíclica no es más que la copia de un determinado número de las últimas muestras de salida de la IFFT, y la colocación al principio a modo de prefijo.

La desventaja de la introducción del intervalo de guarda estriba 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 siguiente tabla 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:

	1/4	1/8	1/16	1/32
Modo 2K	512	256	128	64
Modo 8K	2048	1024	512	256

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.

C.- Codificador de Convolución

Otra ventaja que añade la modulación COFDM es la protección contra desvanecimientos.

Un desvanecimiento es una distorsión provocada por las variaciones de las características físicas del canal que tiene como resultado una disminución de la potencia recibida. Las mayores distorsiones son provocadas por los desvanecimientos profundos que son selectivos en frecuencia, afectando de manera distinta a las diferentes componentes frecuenciales de la señal enviada. De esta manera, algunas frecuencias se verán muy atenuadas mientras que otras pueden tener una ganancia en potencia. Suelen ser provocados por la existencia de multitrayecto al producirse una interferencia entre los rayos que alcanzan el receptor, teniendo como señal resultante la suma de las señales que llegan hasta él.

Como consecuencia inmediata de la atenuación soportada en las portadoras más afectadas por el desvanecimiento, se puede citar que si el nivel de ruido en el canal es suficientemente elevado, no va a ser posible recuperar la información transportada por las mismas, hecho que implicará la aparición de una ráfaga de errores en la decodificación como consecuencia de la pérdida de los símbolos que las modulan.

Lo visto hasta ahora sobre la modulación (llamada OFDM) no proporciona ninguna protección contra estos desvanecimientos. Como solución se dota a la modulación de un codificador de canal compuesto de dos elementos: un código convolucional y un barajador (por este motivo pasa a llamarse la modulación Coded-OFDM).

La intención pretendida al introducir un código convolucional es añadir cierta redundancia en los datos que se desean transmitir, redundancia que en recepción será empleada en la corrección de errores. Esa corrección de errores tiene ciertas limitaciones pues si a la entrada del decodificador apareciese una secuencia larga de errores, este elemento no sería capaz de decodificar de una manera correcta. Para acortar la longitud de estas ráfagas de errores, y que sean abordables por el código convolucional, se añade el barajador.

El barajador trata de introducir un cierto desorden de manera que las portadoras adyacentes no sean moduladas por datos consecutivos. Si se produce una pérdida de información llevada por portadoras adyacentes, al deshacer el desorden debido al barajador, el error debido a cada portadora queda aislado, acortándose la longitud de la ráfaga.

A modo de resumen se puede decir que el efecto conjunto del código convolucional y del barajador puede verse como un promediado de los desvanecimientos locales sobre todo el espectro de la señal.

Con la ayuda del codificador de convolución se pueden producir diferentes grados de protección (24 en el caso de DAB). Este mecanismo permite adaptar la trama codificada a los requisitos de canal optimizando su capacidad.

A continuación detallaremos brevemente cual es el modo de funcionamiento del Código Convolucional y del Barajador:

1.- Código Convolucional

El funcionamiento del convolucional está basado en registros de memoria (de capacidad un 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:

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

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

D indica un retardo unidad.

Como se indicó anteriormente, el estándar contempla diversas tasas para el codificador convolucional. La tasa $1/2$ viene aportada por el propio código base, mientras que las restantes tasas se consiguen a partir de estrategias de perforado. Estas estrategias consisten en descartar salidas del código convolucional base siguiendo ciertos patrones predeterminados que no se van a presentar.

2.- Barajador:

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. El último bloque es el barajador de símbolo 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 correladas 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.

D.- FFT (Transformada Rápida de Fourier)

Después de la asignación de información a las subportadoras, se lleva a cabo la transformación rápida de Fourier, obteniéndose la banda base DAB que está disponible como una señal en fase I y en cuadratura Q, es decir, 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 no es de interés en este trabajo; sólo cabe destacar que para que sea eficiente el algoritmo, el número de puntos con los que debe trabajar tiene que ser potencia de dos.

ANEXO III: HE-AAC v2

Codificación de audio para el día de hoy en el mundo de los medios digitales

La entrega de calidad en transmisión de contenidos a los consumidores es uno de las más difíciles tareas en el nuevo mundo de la radiodifusión digital. Uno de los aspectos más críticos es el uso altamente eficaz del espectro de transmisión disponible. En consecuencia, una cuidadosa elección de sistemas de compresión para el contenido de los medios de comunicación es fundamental - tanto para la técnica y la viabilidad económica de los modernos sistemas de radiodifusión digital.

En el caso de contenidos de audio, la alta eficiencia de MPEG-4 AAC del perfil v2 (HE-AAC v2) ha demostrado, en varias pruebas independientes, que es la compresión de audio más eficiente disponibles en todo el mundo.

HE-AAC v2 consta de un conjunto de herramientas con todas las funciones para la codificación de señales de audio en mono, estéreo y multicanal (hasta 48 canales) a nivel de alta calidad utilizando una amplia gama de velocidades de bits.

Los componentes del códec central son de uso generalizado en una variedad de sistemas y aplicaciones donde las limitaciones de ancho de banda son un tema crucial, entre ellos:

- XM Satellite Radio - el servicio de radiodifusión digital por satélite en los EE.UU.;
- HD Radio - el sistema de radiodifusión digital terrestre de iBiquity Digital en los EE.UU.;
- Digital Radio Mondiale - el estándar internacional para la radiodifusión en la larga, media y corta bandas de onda.

En Asia, HE-AAC v2 es el códec de audio obligatorio para la tecnología del Satélite coreano Digital Multimedia Radiodifusión (S-DMB) y es opcional para los terrestres de Servicios Integrados de Japón Digital Broadcasting System (ISDB). HE-AAC v2 también es un elemento central de la 3GPP (3rd Generation Especificaciones del proyecto de Asociación) y 3GPP2 y se aplica en múltiples servicios de descarga de música en más de 2,5 y 3G de redes de comunicaciones móviles.

LA NORMALIZACIÓN INTERNACIONAL

MPEG-4 HE-AAC v2 (también conocido como "aacPlus v2") es la combinación de tres tecnologías:

- Advanced Audio Coding (AAC);
- Spectral Band Replication (SBR);
- Estéreo paramétrico (PS).

Las tres tecnologías están especificadas en la norma ISO / IEC 14496-3 y se combinan en el HEAAC Perfil v2, que se hace referencia en la norma ISO / IEC 14496-3:2001 / Amd.4.

La combinación de la AAC y SBR se llama "HE-AAC" (también conocido como "aacPlus v1") y se especifica en la norma ISO / IEC 14496-3:2001 / enm.1.

La European Telecommunications Standards Institute (ETSI) ha estandarizado HE-AAC v2 en sus Especificaciones técnicas TS 102 005 "Especificación Técnica para el uso de vídeo y audio de codificación en los servicios de DVB que se entregan directamente a través de IP "y TS 101 154",

directrices de aplicación por el uso de codificación de vídeo y de audio en las aplicaciones de radiodifusión basado en la norma MPEG-2 de flujo de transporte".

En base a estos esfuerzos de estandarización, HE-AAC v2 está disponible para su integración en todo tipo de servicios DVB.

ARQUITECTURA DE HE-AAC v2

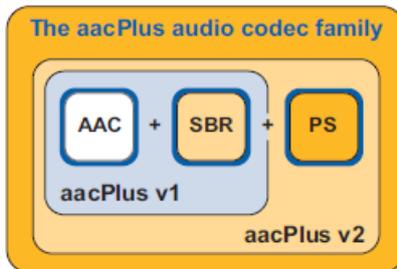


Figure 1
The HE-AAC v2 (aacPlus v2)
family of audio codecs

El códec de núcleo básico de HE-AAC v2 es el conocido MPEG AAC códec. AAC es considerado para la transmisión de calidad de audio a un bitrate típico de 128 kbit / s. Por debajo de este caso, la calidad de audio AAC comenzará a degradarse, lo que puede compensarse en un grado máximo con la mejora de técnicas de SBR (es una técnica de ampliación del ancho de banda que permite códecs de audio que ofrece la misma experiencia de escuchar a aproximadamente la mitad de la tasa de bits que el códec núcleo requeriría, si se opera por sí solo) y PS (aumenta la

eficacia de la codificación por segunda vez mediante la explotación de una representación paramétrica de la imagen estéreo de la señal de entrada).

Por lo tanto, HE-AAC v2 es un superconjunto en lugar de un sustituto para el códec AAC central y extiende el alcance de alta calidad MPEG-4 audio a tasas de bits mucho más bajas. Teniendo en cuenta este superconjunto, los HE-AAC v2 decodificadores también son capaces de decodificar AAC bits simples, así como bit-streams que incorporen componentes de AAC y SBR de datos, es decir, HE-AAC bit-streams. Por lo tanto, HEAAC v2 es un superconjunto de HE-AAC, proporcionando el mayor nivel de flexibilidad para los organismos de radiodifusión ya que contiene todos los componentes técnicos necesarios para la compresión de audio en un rango de alta tasa de bits. Otra característica importante de la arquitectura de HE-AAC y HE-AAC v2 es la extremada flexibilidad de transporte de los metadatos. Los Metadatos pueden ser incorporados como datos auxiliares en una forma que sólo es compatible con decodificadores que tomar nota de su existencia. No compatibles con los decodificadores que simplemente ignoran los metadatos. Una alta flexibilidad en cuanto a su tipo, cantidad y uso de los datos. Los metadatos juegan un importante papel en la transmisión digital, por ejemplo, como datos de descripción del contenido, tales como el nombre de un artista o canción, o como relacionados con el sistema de datos, tales como información de control para un decodificador. El sector de la radiodifusión en particular, los metadatos - como República Democrática del Congo (Dynamic Range Control), DN (normalización de diálogo), o mezcla de la reproducción a partir de múltiples canales en estéreo - se utiliza ampliamente para lograr una adecuada reproducción del programa original, en particular, los entornos de escucha.

MPEG ISO / IEC 14496-3 Parte 3 (Audio) define las áreas designadas para los metadatos en un flujo de bits MPEG. La capacidad máxima de metadatos de un flujo de bits depende de un número de variables diferentes tales como la frecuencia de muestreo, y, por supuesto, la tasa de bits de un determinado flujo de bits. En general, la cantidad disponible de los metadatos que se incluirán no impone ninguna restricción a las mencionadas aplicaciones.

HE-AAC codificador de datos de audio pueden existir en una variedad de formatos de archivo con diferentes extensiones, dependiendo de la aplicación y el escenario de uso. Los más comúnmente utilizados son los formatos de archivo MPEG-4, formatos de archivo MP4 y M4A,

llevando las respectivas extensiones .Mp4 y .M4a. El ". M4a" extensión se utiliza para enfatizar el hecho de que un archivo contiene sólo audio. El formato de archivo 3GP soporta todas las características de archivos del HE-AAC mono y estéreo hasta un muestreo de 48 kHz. Otros formatos de archivo como MPEG-2 y MPEG-4 ADTS también están disponibles, junto con los demás.

MPEG AAC

La investigación sobre la percepción de códecs de audio comenzó hace unos veinte años. Las investigaciones anteriores sobre el sistema auditivo humano habían revelado que la audiencia se basa principalmente en un análisis espectral de corto plazo de la señal de audio. El efecto de enmascaramiento que se observó: el sistema auditivo humano no es capaz de percibir las distorsiones que están enmascaradas por una señal más fuerte en la zona espectral. Por lo tanto, cuando se mira en el espectro a corto plazo, se puede calcular un umbral de enmascaramiento para este espectro. Las distorsiones por debajo de este umbral son inaudibles en el caso ideal. El objetivo es calcular el umbral de enmascaramiento basado en un modelo psicoacústico y para procesar la señal de audio de una manera que sólo la información sonora reside en la señal. Idealmente, la distorsión introducida es exactamente por debajo del umbral de enmascaramiento y por lo tanto permanece inaudible. Fig. 2 ilustra el ruido de cuantificación producido por un proceso de codificación perceptual ideal. Si la tasa de compresión se incrementa aún más, la distorsión introducida por el códec viola el enmascarado umbral y produce artefactos audibles (Fig. 3).

El método principal para superar este problema de códecs de onda perceptual tradicional consiste en limitar el ancho de banda de audio. Como consecuencia, más información está disponible para el resto del espectro, lo que se traduce en una señal limpia, pero aburrida señal de sonido. Otro método, llamado intensidad estéreo, sólo se utiliza para señales estéreo. Sólo un canal y alguna información panorámica se transmiten, en lugar de un canal izquierdo y un canal derecho. Sin embargo, esto sólo es de uso limitado en el aumento de la eficiencia de compresión, en muchos casos, la imagen estéreo de la señal de audio se destruye.

En esta etapa, la investigación sobre la percepción clásica de codificación de audio había alcanzado sus límites, ya que hasta ahora los métodos conocidos no parecen ofrecer más posibilidades de aumentar aún más la eficiencia de la codificación. Por lo tanto, se necesitaba un cambio de paradigma, representado por la idea de que diferentes elementos de una señal de audio, tales como componentes espectrales o la imagen estéreo, merecen diferentes herramientas si han de ser codificados de manera más eficiente. Esta idea llevó al desarrollo de las herramientas de mejora, Spectral Band Replication y estéreo paramétrico.

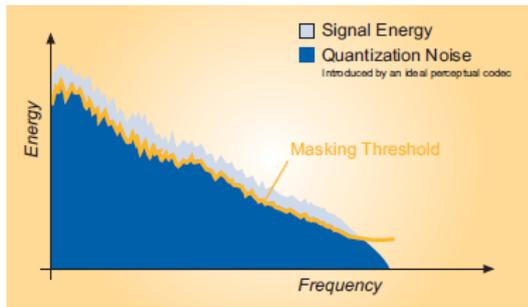


Figure 2
Inaudible quantization noise produced by an ideal perceptual coding process

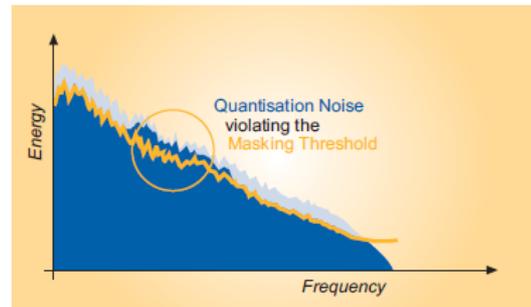


Figure 3
Waveform coding going beyond its limits: audible artefacts appear above the masking threshold

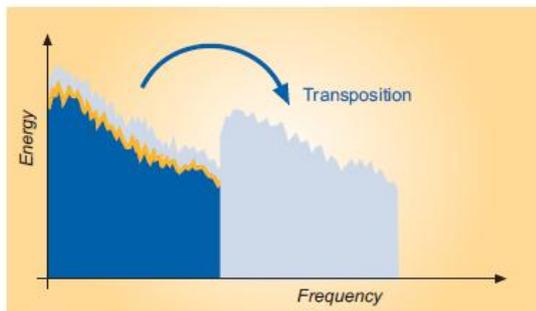


Figure 4
Creation of high frequencies by transposition

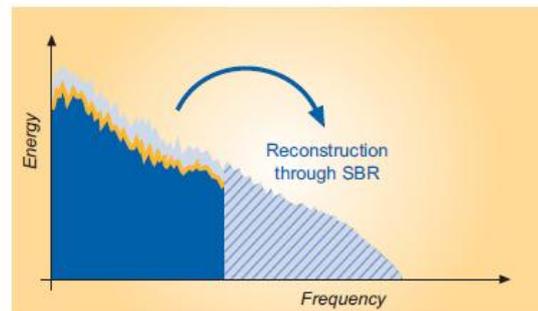


Figure 5
Envelope Adjustment of the high band

SPECTRAL BAND REPLICATION

En la codificación de audio tradicional, una cantidad significativa de información se gasta en la codificación de las altas frecuencias, a pesar de la importancia de la psicoacústica en las últimas una o dos octavas es relativamente bajo. Esto impulsó la idea básica de SBR. Con base en el conocimiento de una fuerte correlación entre la alta y baja frecuencia de una señal de audio (en lo sucesivo como la "banda alta" y la "banda baja", respectivamente), una buena aproximación de la banda de la señal de entrada original alta puede ser alcanzado por una transposición de la banda baja (Fig. 4).

Además de transposición pura, la reconstrucción de la banda alta (fig. 5) se lleva a cabo mediante la transmisión de la información tal como la envolvente espectral de la señal de entrada original o información adicional para compensar potencialmente la falta de componentes de alta frecuencia. Esta información se refiere a los datos de SBR. Además, el envasado eficiente de los datos SBR es importante para lograr una baja tasa de datos generales. En el lado del codificador, la señal de entrada original se analiza, la envolvente espectral de banda alta y sus características en relación a la banda baja están codificados y los datos resultantes de SBR se multiplexan con el codificador principal de flujo de bits. En el lado del decodificador, en primer lugar los datos de SBR son demultiplexados, luego el decodificador núcleo se utiliza por sí solo. Finalmente, el decodificador de SBR opera en su señal de salida, mediante los datos decodificados SBR para guiar el proceso de replicación de banda espectral. Se obtiene una señal de ancho de banda de salida completa. Considerando que el enfoque básico parece ser simple, hacer que funcione razonablemente bien en la práctica no lo es. Evidentemente no se trata de una tarea trivial guiar el código de información tal que todos reúnan los siguientes criterios:

- buena resolución espectral;
- tiempo suficiente de resolución en los transitorios que se necesita para evitar los pre-ecos;
- en casos sin alta correlación en banda baja y banda alta hay que tener cuidado, ya que el ajuste de transposición podrían tener un sonido artificial aquí;
- Una baja sobrecarga de datos de tasa se requiere a fin de lograr una ganancia significativa de codificación.

La frecuencia de cruce entre la banda baja y alta de la banda se elige sobre la base de diferentes factores tales como la tasa de bits de destino y la frecuencia de muestreo de entrada. En general, la banda baja cubre el rango de frecuencias desde DC hasta alrededor de 4 a 12 kHz, en función de la tasa de bits de destino. Cuanto más alta sea la frecuencia de cruce entre AAC y SBR, mayor es la tasa de bits necesarios para cumplir el umbral psicoacústico de enmascaramiento del codificador AAC. El rango de frecuencias que está cubierto por el codificador AAC permite el uso de un muestreo de baja frecuencia de ≤ 24 kHz que mejora la eficacia de la codificación significativamente en comparación con el uso de un muestreo mayor de frecuencia de 48 o 44,1 kHz. Así, aacPlus está diseñado como un sistema de doble velocidad, donde AAC opera a la mitad de la velocidad de muestreo de SBR. Las configuraciones típicas son 16/32 kHz, 22,05/44.1 kHz o 24/48 kHz frecuencia de muestreo, mientras que 8/16 o incluso 48/96 kHz son también posibles. La resultante del ancho de banda de audio se puede configurar de manera flexible y puede depender de la aplicación o tipo de contenido de audio.

La siguiente tabla muestra ejemplos típicos de la frecuencia de cruce entre la AAC y SBR, así como el ancho de banda de audio en un número de tasas de bits, usando frecuencias de muestreo de 24/48 kHz en estéreo, dando una configuración adecuada del codificador de HE-AAC. La tasa de bits de los datos de SBR varía en función de la sintonización del codificador pero, en general, es en la región de 1 a 3 kbit / s por canal de audio. Esto es mucho menor que la tasa de bits que se requeriría para codificar la banda alta con cualquier forma de onda convencional de codificación de algoritmo.

Typical HE-AAC crossover frequency and audio bandwidth at different bitrates

Stereo bitrate (bit/s)	AAC frequency range (Hz)	SBR frequency range (Hz)
20 000	0 - 4 500	4 500 - 15 400
32 000	0 - 6 800	6 800 - 16 900
48 000	0 - 8 300	8 300 - 16 900

Cuando se combinan AAC con SBR, el códec que resulta se llama HE-AAC o aacPlus v1. Se ha normalizado en formato MPEG-4 en 2003.

ESTÉREO PARAMÉTRICO (PS)

Considerando que el SBR explota las posibilidades de una representación parametrizada de la banda alta, la idea base de PS es parametrizar la imagen estéreo de una señal de audio, tales como "Panorama", "Ambiente", o "tiempo / diferencias de fase" de los canales estéreo para mejorar la eficiencia de codificación del códec. En el codificador, sólo un monoaural

downmix del estéreo original señal se codifica después de la extracción de los datos estéreo paramétrico. Al igual que los datos de SBR, estos parámetros son entonces incrustados como PS, información lateral en la parte secundaria del flujo de bits. En el decodificador, la señal monoaural es decodificada primero. Después de eso, la señal estéreo es reconstruida, basándose en los parámetros estéreo incrustados por el codificador. La figura 6 muestra el principio básico del proceso de codificación del estéreo paramétrico.

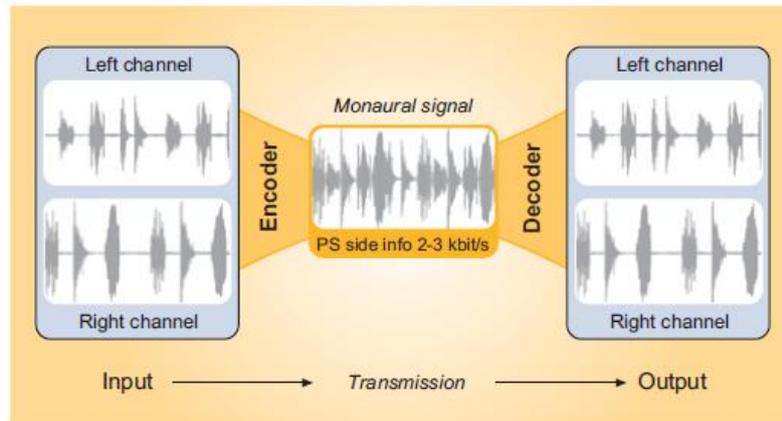


Figure 6
Basic principle of the parametric stereo coding process

Tres tipos de parámetros se pueden emplear en un sistema estéreo paramétrico para describir la imagen estéreo:

- Inter-canal Diferencia de intensidad (IID), que describe la diferencia de intensidad entre los canales.
- Inter-canal de correlación cruzada (CPI), que describe la correlación cruzada o la coherencia entre los canales. La coherencia se mide como el máximo de la correlación cruzada como una función del tiempo o fase.
- Inter-canal de diferencia de fase (IPD), que describe la diferencia de fase entre los canales. Esto puede ser complementado por una diferencia de fase global adicional (OPD) de parámetros, que describe cómo la diferencia de fase se distribuye entre los canales. El canal Inter-Diferencia de tiempo (ITD) puede ser considerado como una alternativa al IPD.

LA FUNCIONALIDAD DE HE-AAC v2

Las tecnologías descritas AAC, SBR y PS son los bloques que forman el MPEG-4 HE-AAC v2. El códec AAC se utiliza para codificar la banda baja, SBR codifica la banda alta, y PS codifica la imagen estéreo en forma paramétrica. En una aplicación típica del codificador aacPlus, la señal de entrada de audio en una entrada tasa de muestreo de f_s se introducen en un 64-banda cuadratura Espejo banco de filtros y transformado en el dominio QMF. Si el estéreo Paramétrico se utiliza para codificación estéreo con bitrates por debajo de ~ 36 kbit/s), el PS codificador estéreo paramétrico extrae información basada en las fqm muestras. Por otra parte, un stereoto - mono downmix se aplica. Con una síntesis de 32 bandas de QMF, la representación mono QMF es entonces transformada de nuevo en el dominio del tiempo a la mitad de la frecuencia de muestreo de la señal de audio, $f_s / 2$. Esta señal se envía entonces al codificador CAA.

Si la herramienta de estéreo paramétrico no se utiliza, la señal de audio se introduce en un remuestreador 2:1 y, una vez más, el audio de la señal disminuida se introduce en el codificador de CAA. El codificador de SBR también trabaja en el dominio de QMF; extrae la envolvente espectral e información adicional para guiar el proceso de replicación en el decodificador. A continuación todos los datos codificados son multiplexados en un único flujo de bits para su transmisión o almacenamiento. La Fig. 7 muestra el diagrama de bloques de un codificador HE-AAC v2.

En el decodificador HE-AAC v2, el flujo de bits primero se divide en porciones de datos para AAC, SBR y PS. El decodificador de AAC emite un dominio de tiempo de señal en banda baja en una frecuencia de muestreo de $f_s / 2$. Luego la señal es transformada en el dominio de QMF para su posterior procesamiento. El SBR procesa los resultados de reconstrucción de la banda alta en el dominio QMF. La baja y alta bandas luego se fusionan en una representación completa de banda de QMF. Si la herramienta de estéreo paramétrico es utilizada, la herramienta PS genera una representación estéreo en el dominio QMF. Por último, la señal es sintetizada por un 64 - banda de QMF banco de filtros. El resultado es una señal de salida en el dominio del tiempo en la frecuencia de muestreo f_s .

Fig. 8 muestra el diagrama de bloques de un decodificador HE-AAC v2

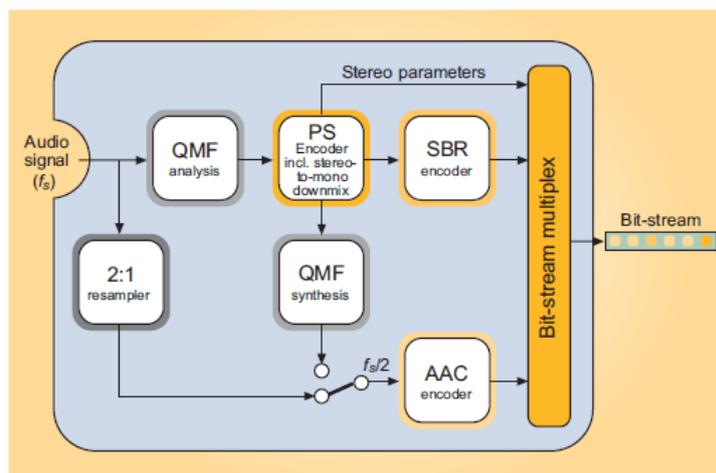


Figure 7
Block diagram of an HE-AAC v2 encoder

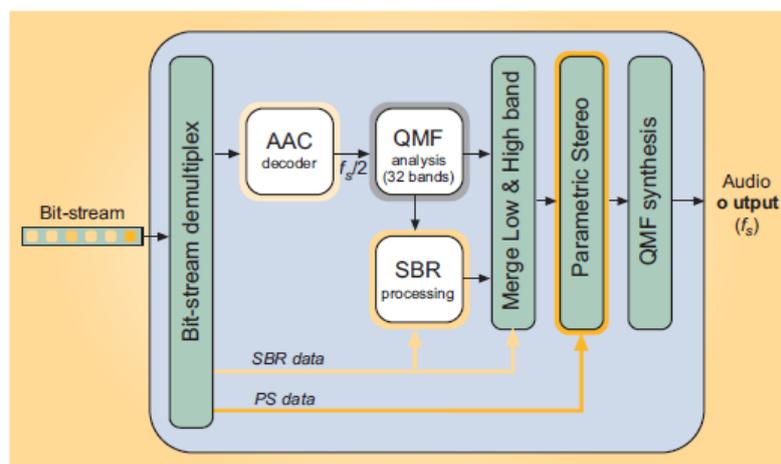


Figure 8
Block diagram of an HE-AAC v2 decoder

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AUDIO

La calidad de audio de HE-AAC v2 y HE-AAC ha sido evaluada en varios estudios doble ciego escucha las pruebas realizadas por entidades independientes tales como la Unión Europea de Radiodifusión (UER), la Moving Pictures Expert Group (MPEG), la 3ª Generation Partnership Project (3GPP), y el Institut für Rundfunktechnik (IRT).

UER prueba subjetiva de audición en los códecs de audio de baja velocidad de bits

En 2003, la UER llevó a cabo una prueba completa, evaluando una variedad de estándares de códecs de audio incluyendo HE-AAC (AAC + SBR), AAC, Windows Media Audio, y otros, en una tasa de bits de 48 kbit / s. Los ensayos se realizaron de acuerdo con el método MUSHRA (prueba de estímulos múltiples con referencia oculta y Anclas). Los resultados claramente mostraron la superior eficiencia de compresión de HE-AAC. Cabe destacar que, el segundo mejor códec en las pruebas fue mp3PRO – la combinación de MPEG Layer-3 (Mp3) y SBR.

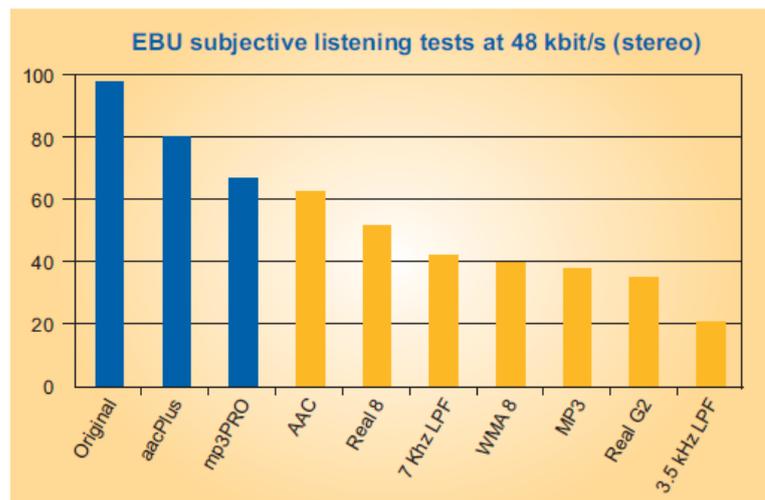


Figure 9
Results of the EBU subjective listening tests

MPEG y 3GPP pruebas de escucha

Antes de la estandarización de HEAAC V2, MPEG llevó a cabo pruebas de escucha para comprobar la eficacia mejora de HE-AAC v2 (que incorpora paramétrico Estéreo) a través de HE-AAC v1. El método MUSHRA también fue utilizado para esta evaluación. De acuerdo con el alcance de la pruebas de sonido, el bitrate utilizado incluye 24 kbit/s para HE-AAC, y 32 y 24 kbit/s para HEAAC V2. Los resultados de estas pruebas mostraron un claro aumento del rendimiento introducido por paramétrica Stereo. A los 24 kbit/s, HE-AAC v2 se observó un desempeño significativamente mejor que el HE-AAC, e igual o mejor que el HE-AAC a 32 kbit/s. Una segunda prueba realizada por el 3GPP previsiblemente muestra resultados similares, también con tasas de bits adicionales.

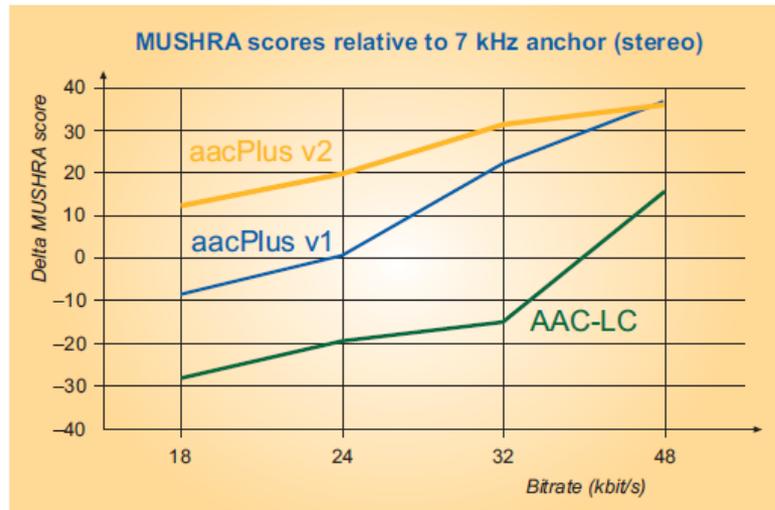


Figure 10 Performance of HE-AAC (aacPlus v1), HE-AAC v2 (aacPlus v2), and AAC

PRUEBAS DE SONIDO MULTICANAL DE LA RUNDFUNKTECHNIK INSTITUT FÜR (IRT)

En 2004, el IRT realizó pruebas de audición que comprenden una serie de códecs de audio multicanal de aplicaciones, entre ellas la AAC, Dolby AC-3 y Windows Media. Los resultados mostraron una clara ventaja para el de AAC, lo que demostró una mayor calidad de audio a 160 kbit/s en comparación con Dolby AC-3 operando a 384 kbit/s y Windows Media de 192 kbit/s.

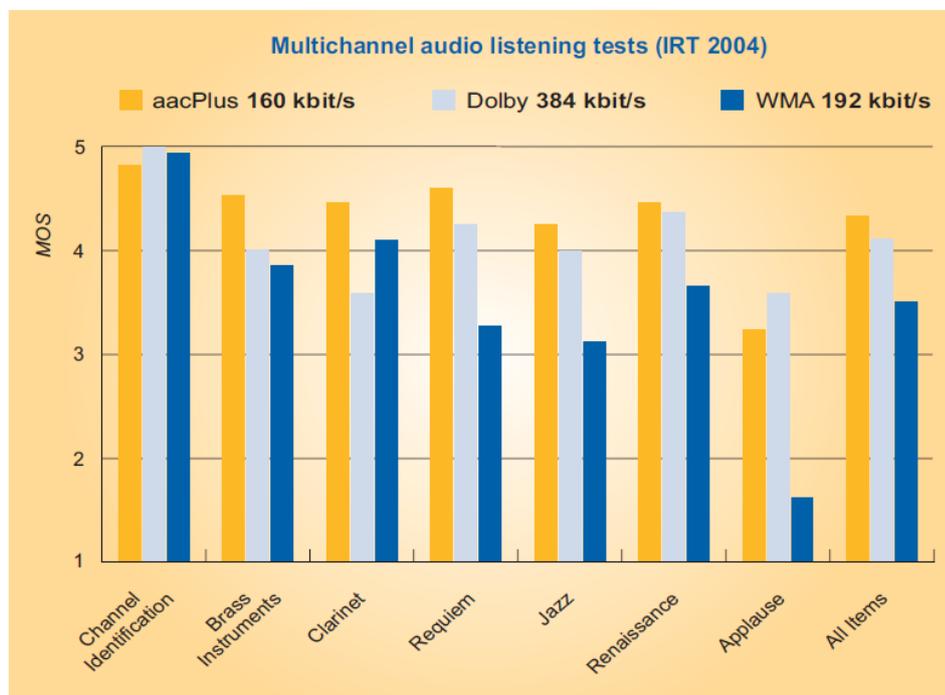


Figura 11.- las puntuaciones medias de opinión (MOS) de las señales codificadas de audio de la original.

Aunque HE-AAC opera en el bitrate menor de todos los códecs, superó a todos los competidores en términos de calidad de audio. HE-AAC proporciona una mejor calidad a la mitad la tasa de bits en comparación con WMA o Dolby AC-3.

LA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS COMBINADOS

Considerando el hecho de que la calidad de las escalas de señales de audio comprimido con la tasa de bits, se puede hacer la siguiente interpretación de los resultados de las pruebas disponibles. La combinación de AAC con SBR y PS en HE-AAC v2 da como resultado un códec de audio muy eficiente, proporcionando alta calidad de audio en una amplia gama de tasa de bits, con sólo una moderada reducción gradual de la percepción de la calidad del sonido hacia bitrates muy bajos.

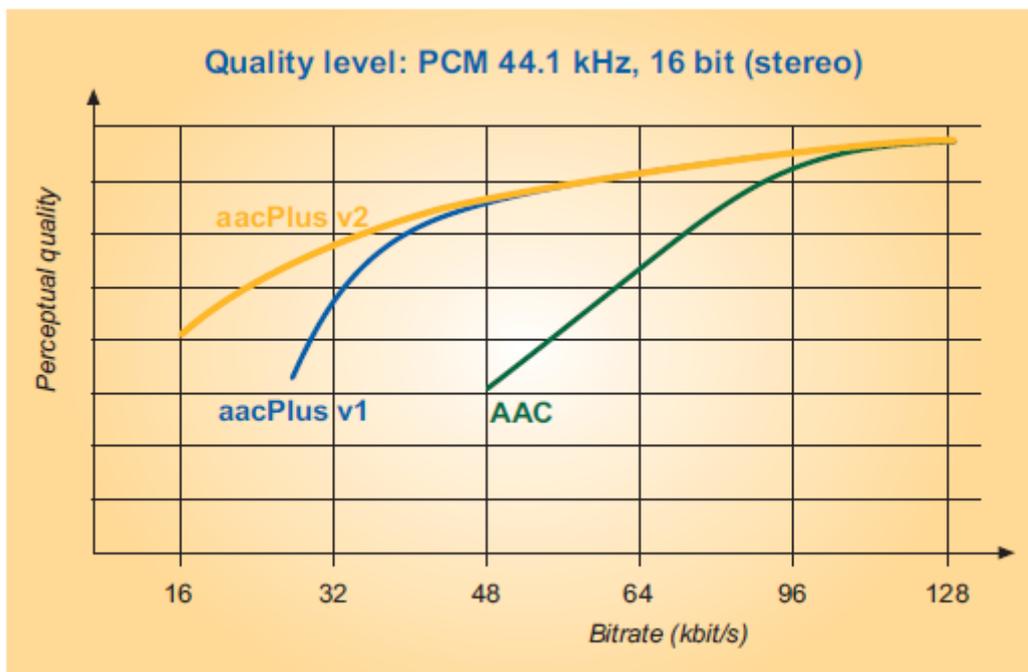


Fig. 12 da una impresión de la calidad de audio anticipado vs tasa de bits para los diversos códecs de la familia de HE-AAC v2.

El diagrama muestra sólo una degradación suave de la calidad en audio de HE-AAC v2 para bitrates bajos en una amplia gama abajo de 32 kbit/s. Incluso a bitrates tan bajos como 24 kbit/s, HEAAC v2 todavía produce una calidad mucho mayor que la de cualquier otro códec de audio disponible. Para las señales multicanal 5.1, HE-AAC proporciona una eficiencia de codificación que es un factor de dos superior a Dolby AC-3.

LA DISPONIBILIDAD DE LA FAMILIA DE CÓDECS HE-AAC V2 EN LOS PRODUCTOS Y APLICACIONES

IMPLEMENTACIONES DE HARDWARE

Después de la finalización del primer estándar MPEG, la familia HE-AAC v2 códec se ha establecido rápidamente como el códec de denominador común en todas las aplicaciones de múltiples medios. Para esta progresión fue crucial la disponibilidad de las implementaciones de uso común en las plataformas de hardware integradas.

Hoy en día, las implementaciones siguientes de la familia MPEG-4 HE-AAC códec están disponibles, optimizado en términos de uso de memoria, potencia de procesamiento y la solidez de error:

Target device	Encoder	Decoder
ARM	X	X
TI c64	X	X
TI c55	X	X
TI c67	X	X
Blackfin 533	X	X
Motorola DSP 56k	X	X
ZSP		X
SH Mobile		X
ARC A4		X
Equator BSP-15		X
CEVA		X
Tensilica Xtensa HiFi 2 Audio Engine	X	X

Todas las implementaciones son compatibles con las normas pertinentes, tales como MPEG y 3GPP, y el evidente apoyo AAC, así como HE-AAC v2 v1 y HE-AAC, e incluyen avanzadas estrategias de ocultación de errores. Además, el punto fijo de referencia del código del firmware está disponible, permitiendo implementaciones para plataformas privadas o plataformas no compatibles actualmente.

LAS APLICACIONES DE SOFTWARE

Además de las mencionadas implementaciones específicas en el procesador, HE-AAC también está disponible como kits de desarrollo de software para plataformas de PC que ejecuta sistemas operativos como Windows, Linux y Macintosh. Esto ha llevado a la adopción de HE-AAC por las aplicaciones de software más populares para el streaming y el archivo de reproducción. Entre otros, los jugadores mayores, como RealPlayer y Winamp incluyen HEAAC: este último también proporciona HE-AAC extracción / codificación de los CD de audio. Productos de codificación profesional para la codificación en tiempo real / streaming y codificación de archivos están disponibles de compañías como Orban, Mayah, y Cube-Tec. La adopción de HE-AAC ha permitido a la radio por Internet servicios de flujo de contenido de audio en alta calidad, incluso para los usuarios con conexiones de módem estándar.

DTS Y TECNOLOGÍAS DE CODIFICACIÓN PARA LA TRANSMISIÓN DIGITAL

En los últimos años, con la llegada del DVD y receptores A / V, sistemas de audio multicanal se vuelven más y más populares en los ambientes de entretenimiento en casa. Esta tendencia presenta televisiones de fácilmente instalado, avanzada base de decodificadores a través del cual puedan entregar contenido de audio multicanal. Como se dijo anteriormente en el artículo, HE-AAC proporciona una alta calidad, de 5.1 audio multicanal en bitrates tan bajos como 160 kbit/s, ofreciendo el doble de la eficiencia de otros formatos actualmente utilizados. Compatibilidad con los actuales A/V receptores pueden solucionarse fácilmente por la combinación de HE-AAC y DTS acústica coherente, que permita la adopción de HE-AAC audio coding para la radiodifusión digital retro-compatible.

Junto con DTS, Coding Technologies ha creado una solución que combina un decodificador HE-AAC y un codificador DTS, ambos en un consumidor de set-top-box. La señal codificada emitida de HE-AAC se descodifica en el set-top box, y codifica en el codificador DTS en la máxima posible tasa de bits (1,5 Mbits/s). El flujo de bits del codificador DTS puede entonces transmitirse al receptor de A / V sobre la interfaz S/ PDIF y reproducir en audio de alta calidad de sonido envolvente.

La solución aacPlus / DTS ofrece considerables ventajas respecto a la emisión de los actuales sistemas de radiodifusión multicanal. Por ejemplo:

- La reducción del ancho de banda para las transmisiones aacPlus en comparación con sistemas de la competencia excede un factor de 2, por lo que, por ejemplo, dos canales de idiomas puede ser transmitidos en lugar de uno.
- Es posible ahorrar ancho de banda para cada canal de audio igual a un ahorro de más de 100.000 dólares en alquiler de transpondedores costos anuales
- los beneficios obvios de un estándar abierto. Cualquier fabricante de encoder es capaz de poner en práctica el encoder aacPlus, y los organismos de radiodifusión y operadores de redes podrán elegir entre una gran cantidad de vendedores, de acuerdo con sus políticas de compras.
- Coste total de propiedad económica se derivarán de múltiples fuentes; por ejemplo soluciones integradas en el codificador, proveedor único de servicios de apoyo, capacitación, operaciones, etc.

Abbreviations

3GPP	3rd Generation Partnership Project	IRT	<i>Institut für Rundfunktechnik GmbH</i> (German broadcast engineering research centre)
AAC	(MPEG) Advanced Audio Coding	ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting
DC	Direct Current	ISO	International Organization for Standardization
DMB	Digital Multimedia Broadcasting	MOS	Mean Opinion Score
DN	Dialogue Normalization	MPEG	Moving Picture Experts Group
DRC	Dynamic Range Control	MUSHRA	(EBU) MUlti Stimulus test with Hidden Reference and Anchors
DTS	Digital Theatre Systems	PS	Parametric Stereo
DVB	Digital Video Broadcasting	S/PDIF	Sony/Philips Digital InterFace
ETSI	European Telecommunication Standards Institute	SBR	Spectral Band Replication
HE-AAC	High Efficiency AAC	WMA	(Microsoft) Windows Media Audio
IEC	International Electrotechnical Commission		

ANEXO IV

Proyecto Técnico de Estación de Radiodifusión Sonora FM

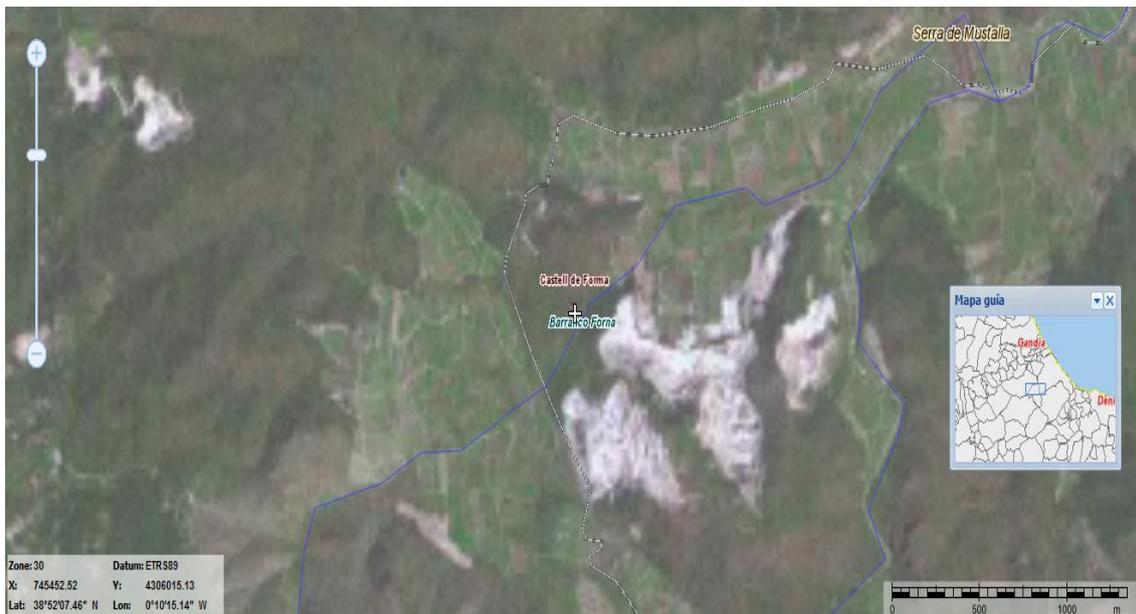


**Estela Pérez Lara
Natalia Gimeno Muñoz
Anna Iranzo Blasco**

1.- Ubicación del centro emisor

Castillo de Forna (Forna-Valencia)

Coordenadas: 38N5207N
0W1015



Planos

Mapas topográficos a escala 1:50000.

Mapas topográficos a escala 1:10000.



Cálculo de las alturas efectivas:

Las alturas efectivas de la antena se definen como la altura del centro radioeléctrico de la antena sobre el nivel medio del terreno entre las distancias de 3 y 15 km a partir de la base de la antena y en los acimuts de que se trate expresadas en metros (m).

Este parámetro se calculará cada 10 grados en los treinta y seis acimuts comprendidos entre 0 y 350 grados en el sentido de las agujas del reloj.

$$h_{ef} = c + h_{tr} - h_m$$

Siendo: - c: cota del terreno donde se encuentra ubicada la antena. Cota: 229m
 - h_{tr} : altura de la antena. 20m aprox.
 - h_m : altura media de las cotas comprendidas entre 0 y 350 grados.

Distancia (Km) Radiales (grados)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	hm	Altura efectiva (m)
0	200	139	100	30	20	20	15	20	15	10	10	10	0	45,3	203,692
10	280	240	150	90	30	20	10	10	3	1	0	0	0	64,2	184,846
20	270	260	180	68	25	10	3	1	0	0	0	0	0	62,8	186,154
30	200	250	200	100	15	5	3	0	0	0	0	0	0	59,5	189,538
40	250	245	80	100	41	5	5	0	0	0	0	0	0	55,8	193,154
50	280	50	150	30	10	5	5	0	0	0	0	0	0	40,8	208,231
60	100	60	50	25	15	5	5	0	0	0	0	0	0	20	229
70	220	60	38	30	15	6	5	5	0	0	0	0	0	29,2	219,846
80	70	60	60	154	40	35	0	5	5	0	0	0	0	33	216
90	100	160	100	30	15	5	0	0	0	5	5	5	5	33,1	215,923
100	240	270	100	30	10	5	5	0	40	20	131	60	200	85,5	163,538
110	190	200	20	10	10	5	80	200	200	160	200	100	60	110	138,615
120	200	75	50	40	40	60	150	200	120	90	80	70	60	95	154
130	260	60	63	65	297	180	350	450	320	110	110	140	200	200	48,6154
140	200	115	200	220	500	400	500	600	300	200	300	300	260	315	-66
150	120	200	250	420	603	500	550	600	218	400	600	475	300	403	-153,769
160	160	250	448	500	500	550	600	450	500	750	400	450	600	474	-224,692
170	200	348	611	600	400	500	700	850	700	700	400	1048	900	612	-363,077
180	250	500	650	540	497	450	540	740	850	587	500	680	780	582	-332,846
190	200	451	620	550	550	700	840	720	700	850	720	750	750	646	-397,231
200	300	280	630	640	580	580	700	800	840	780	780	1000	1000	685	-436,385
210	500	450	300	300	550	600	650	750	800	800	780	800	780	620	-371
220	580	550	540	400	330	350	700	680	650	690	600	700	800	582	-333,308
230	510	600	580	600	450	430	600	600	913	750	700	550	700	614	-365,077
240	500	480	680	660	664	660	610	600	640	700	741	720	690	642	-392,923
250	480	480	560	600	720	720	650	500	466	450	280	290	280	498	-249,154
260	480	550	778	800	700	930	850	550	600	450	380	400	644	624	-375
270	380	500	500	350	470	450	350	400	561	570	617	500	420	467	-217,769
280	220	180	240	180	250	400	580	600	580	620	350	250	220	359	-110,231
290	170	136	100	230	300	500	320	300	190	200	200	260	230	241	7,76923
300	146	85	200	170	150	250	250	200	220	300	420	500	500	261	-11,8462
310	130	90	90	200	363	250	156	136	250	300	500	590	606	282	-32,6154
320	123	75	126	70	96	180	200	83	135	170	150	190	300	146	103
330	110	80	150	50	50	100	200	150	100	110	110	180	300	130	119
340	131	112	133	53	47	48	128	200	284	100	49	50	200	118	130,923
350	180	180	90	60	50	34	34	60	60	100	100	150	200	99,8	149,154

Si la altura efectiva máxima de nuestro transmisor ($h_{ef_m\acute{a}x_calculada}$) supera el valor recogido en el Plan Técnico Nacional ($h_{ef_m\acute{a}x_Plan\ T\acute{e}cnico}$), la PRA debe ser corregida:

$$PRA_{Corregida} = PRA_{Plan\ T\acute{e}cnico} * [h_{ef_m\acute{a}x_Plan\ T\acute{e}cnico} / h_{ef_m\acute{a}x_calculada}]$$

$$PRA_{Corregida} = 2500 * [210 / 229] = 2292.58\ W$$

Es, por tanto, adecuado utilizar un transmisor de 2000 W.

2.-Bases jurídicas de la concesión

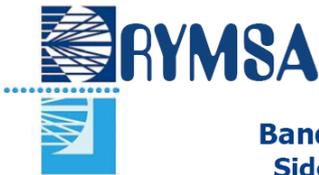
Se consiguió la concesión de este proyecto mediante el concurso público. Según la resolución publicada en el BOE Noviembre del 2005 la estación estará situada en el Castillo de Forna, ubicado en el término municipal de L'Atzúvia. La antena estará instalada sobre uno de los torreones.

La PRA autorizada será de 2500 W y la frecuencia de trabajo de 105.9 MHz.

Se adjuntan los datos de la autorización provisional del BOE:

Localidad	Forna
Edificio	Castillo de Forna
Coordenadas	38N5220N 0W1015
Frecuencia	105.9 MHz
Hef máxima	210 m
PRA	2500 W
Polarización	Mixta
Direccionalidad	ND
Campo pre-existente	0.00015 W/m ²

2.1.-Pliego de condiciones técnicas



RF GROUP: BROADCAST PRODUCTS



Band II Dipole Antenna Side-Mount Vertical Polarization Model: AT12-522



NOTES:

- Radiation patterns included and antenna system peak gain values calculated with pole
- Null fill, beam tilt, harness & feeder losses NOT INCLUDED
- Wind load & weight figures without considering cables, splitters & hardware

Phone: 34 91 876 06 80

Fax: 34 91 876 07 09

e-mail: broadcast.commercial@rymsa.com

web: www.rymsa.com

Electrical Specifications

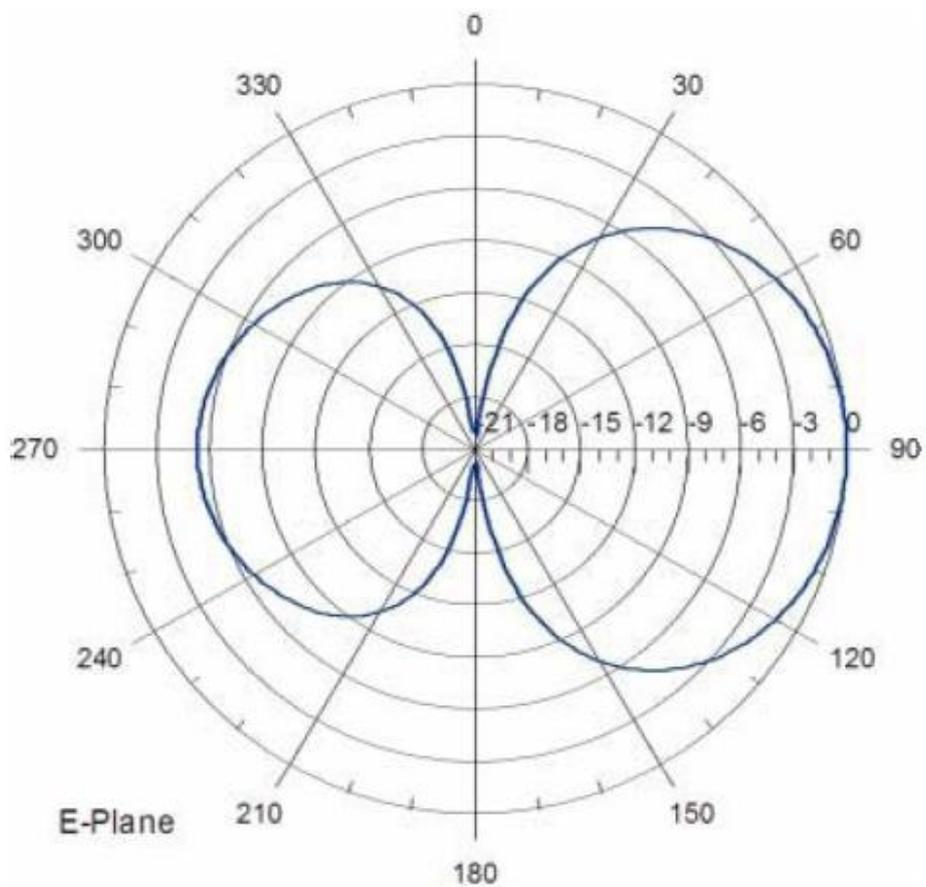
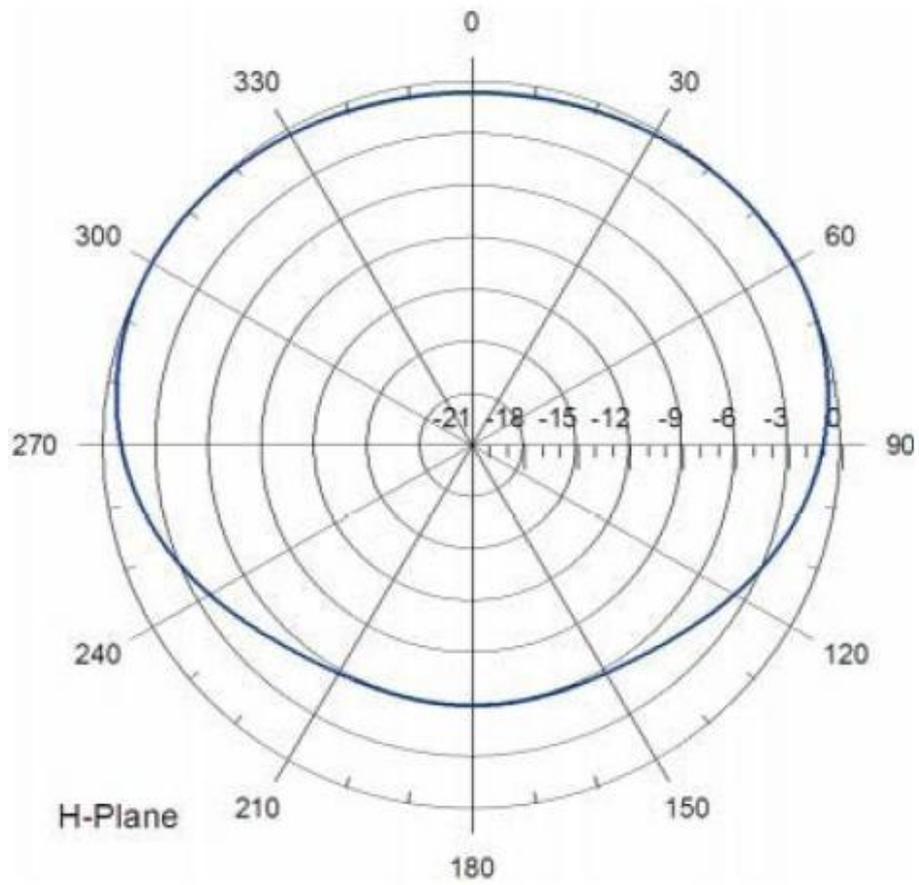
Frequency range	87.5-108 MHz
Peak gain	0 dB (ref. $\lambda/2$ dipole, free space) 1.75 dB (ref. $\lambda/2$ dipole, with pole)
3 dB beam width	E-plane: 75° H-plane: 220°
Polarization	Vertical
Impedance	50 Ohm
VSWR	$\leq 1.3:1$
Maximum power handling	2 KW
Connector type	DIN 7/16
Pressurization	Non pressurized

Mechanical & Environmental Specifications

Materials	Dipole Isolators	Stainless steel PTFE
Dimensions (W x D x H)		85 x 1000 x 1340 mm
Maximum wind speed		200 Km/h
Wind load		165 N (@160 Km/h)
Weight		10 Kg
Clamp type		To \varnothing 80 – 115 mm pipe
Vertical spacing		0.8 λ – 0.9 λ typical
Grounding		DC grounded
Temperature range		-40°C to +80°C
Humidity		100%

Antenna System Characteristics

Number of Bays	Number ant. per bay	Peak gain (dBd)	Weight (Kg)	Wind load (@160 Km/h)	System height (mm)
1	1	1.8	10	0.17 KN	1340
2	1	4.8	20	0.34 KN	3949
4	1	7.8	40	0.68 KN	9166
6	1	9.5	60	1.02 KN	14383
8	1	10.8	80	1.36 KN	19601
10	1	11.8	100	1.70 KN	24821
12	1	12.6	120	2.04 KN	30039





Radio FM

Transmisores: Media y alta potencia: 2KW



Las Etapas de potencia VIMESA , con potencia de salida de 2000 W Mod. PS2, son equipos totalmente transistorizados y construidos con tecnología MOS.

- * Equipo completamente de banda ancha, sin necesidad de ajustes ni sintonía y con reposición automática ante fallo de red.
- * Incorpora circuitos de control automático de ganancia que estabilizan la potencia de salida ante variaciones en el nivel de excitación o la tensión de red.
- * Dispone de circuito de foldback ante aumento excesivo de R.O.E.
- * Controlado por microprocesador.
- * Modulos extraíbles e independientes sin necesidad de desconectar el equipo para su reparación.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

RANGO DE FRECUENCIA: De 87,5 a 108 Mhz.
 IMPEDANCIA DE SALIDA DE RF: 50 Ohm.
 CONECTOR DE SALIDA: 7/16" Hembra.
 POTENCIA DE SALIDA: Ajustable de 500 a 2000 W.
 R.O.E.: Sin reducción de potencia hasta un nivel de reflejada de 100 W. Puede trabajar con reducción automática de potencia para valores de R.O.E. más elevados.
 POTENCIA DE ENTRADA: De 40 a 50 W. OPCIONAL De 15 a 20W.
 IMPEDANCIA DE ENTRADA: 50 Ohm.
 CONECTOR DE ENTRADA: N Hembra.
 RELACION S/N AM ASINCRONA: Mejor de 50 dB por debajo de la portadora de referencia.
 NIVEL DE ARMONICOS RF: < -63 dB por debajo de la fundamental.
 ALIMENTACION ENTRADA AC: Monofásica entre 198 y 242 Vac, 50 Hz.
 RENDIMIENTO RF: > 60% para potencia nominal de salida sobre 50 ohm.(Típico 70%)
 RENDIMIENTO TOTAL: > 50% para potencia nominal de

salida.



RANGO DE TEMPERATURA AMBIENTE: De 0 a 50° C.
 ALTITUD MAXIMA: 3000 m.
 DIMENSIONES: 580 mm Ancho x 1.511,7 mm Alto (30 U) x 800 mm Fondo.
 PESO:180 Kg.

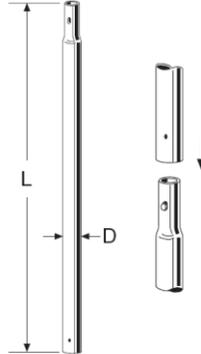
VIDEO MEDIOS, S. R. L.

Batalla de Brunete, 48 28946 Fuenlabrada (MADRID)
 Tel.: +34 91 606 88 70 Fax: +34 91606 88 42 e-mail: vimesa@vimesa.es



► **ANTENAS — RECEPCION TERRESTRE**

Mástiles



Mástiles Carraqueados

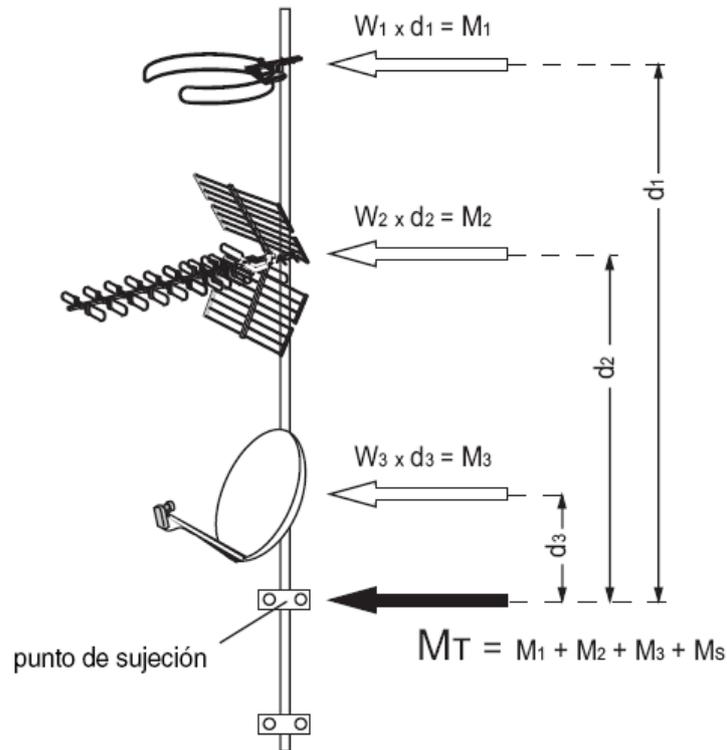
Ref.	Longitud m	Diámetro mm	Espesor mm	Máx Momento Flector permisible N·m	Momento intrínseco * para velocidades de viento 130/150 km/h N·m	Momento Flector útil * para velocidades de viento 130/150 km/h N·m
1941	3	40	1,5	395	60 / 82	335 / 313
1880	2,5	35	1,5	298	46 / 63	252 / 235
1881	1,5	35	1,5	298	13 / 18	285 / 280
1885	2,5	30	1	150	31 / 42	119 / 108

* Supuesta una longitud empotrada igual a $1/6 L$

- Acoplables para configuraciones dobles.
- Material: acero calidad S235JR (EN 10025) zincado.
- Para arriostamiento en $\varnothing 30$ y 35 mm utilizar el juego de vientos Ref. 1916.

Configuraciones dobles	Momento Intrínseco * $v = 130/150$ km/h
1941 + 1941	235 / 321 N·m
1880 + 1880	180 / 246 N·m
1885 + 1885	121 / 164 N·m
1880 + 1881	109 / 149 N·m

- **Cálculo del Momento Flector MT en el punto de sujeción de un mástil con varias antenas**



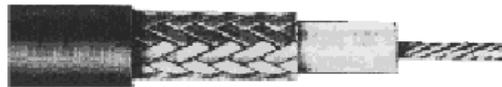
$W_{1,2,3}$ = Cargas del Viento de las antenas

$M_{1,2,3}$ = Momentos Flectores debidos a cada antena

M_s = Momento intrínseco del mástil

M_T = Momento Flector en el punto de sujeción

MILAG RG-213 FOAM



Cable
asequible
con bajas
pérdidas.
RG-213
FOAM és

un nuevo cable con el mismo diámetro que el RG-213, pero con un diseño diferente. En lugar de PVC sólido, este cable tiene un PE dielectrico. La atenuación es muy inferior al RG-213, es buena como el Aircom+ (mira la tabla).

Tiene un protector doble de cobre trenzado y la hoja de cobre adicional. Disponible por metros y en rollos de 25, 50 o 100m.

Detalles														
Tipo	RG-316	RG-174	RG-58/U	RG-59	RG-213/UBX	RG-213 FOAM	AIRCOM plus	AIRCELL 5	AIRCELL 7	ECOFLEX 10	ECOFLEX 15	H-155		
Impedancia	50	50	50	75	50	50	50	50	50	50	50	50	Ω	
Diámetro Exterior	2,6	2,6	5,0	6,2	10,3	10,3	10,3	5	7,3	10,2	14,6	5,5	mm	
Radio de doble	15	15	25	30	50	50	55	25	25	40	70	35	mm	
Atenuación a	30 MHz	18	20	9,0	6,0	3,7	1,97	2,5	5,21	3,7	2,3	3,4	dB/100m	
	144 MHz	32	34	19	13,5	8,5	4,5	4,5	11,8	7,9	4,8	3,4	dB/100m	
	432 MHz	60	70	33	23	15,8	9,3	8,2	20,9	14,1	8,9	6,1	dB/100m	
	1296 MHz	100	110	64,5		28	18,77	15,2	37,8	26,1	16,5	11,4	dB/100m	
	2320 MHz	140	175				23,7	21,5	53,2	39	23,1	16,0	dB/100m	
5000 MHz							81,2		37,0	25,7		dB/100m		
6000 MHz									41,5	28,8		dB/100m		
Factor de Reducción	0,7	0,66	0,66		0,66	0,8	0,85	0,82	0,83	0,86	0,86	0,79		
Max. Potencia	10 MHz	900	200			2000	5550	1600	2960	3900	6450	550	W	
	145 MHz	280	95			1000	700	430	1000	1850	1000	240	W	
	1000 MHz	120	30			120	280	150	190	350	560	49	W	
Artículo No Todos los precios en EURO	por m	40029 1,85 (1,80) Comprar	40020 0,52 (0,50) Comprar	40021 0,62 (0,60) Comprar	40025 0,52 (0,50) Comprar	40022 1,55 (1,50) Comprar	40026 2,67 (2,59) Comprar	40023 3,19 (3,10) Comprar	40035 1,44 (1,40) Comprar	40024 1,75 (1,70) Comprar	40027 2,72 (2,64) Comprar	40028 5,67 (5,50) Comprar	40030 1,13 (1,10) Comprar	
	25m			40021.025 14,32 (13,90) Comprar		40022.025 36,98 (35,90) Comprar	40026.025 72,92 (70,80) Comprar	40023.025 78,80 (76,50) Comprar	40035.025 33,99 (33,00) Comprar	40024.025 42,75 (41,50) Comprar	40027.025 67,88 (65,90) Comprar	40028.025 140,60 (136,50) Comprar		
	50m	40029.050 90,33 (87,70) Comprar		40021.050 27,50 (26,70) Comprar		40022.050 72,92 (70,80) Comprar	40026.050 143,17 (139,00) Comprar	40023.050 157,08 (152,50) Comprar	40035.050 65,71 (63,80) Comprar	40024.050 84,98 (82,50) Comprar	40027.050 131,74 (127,90) Comprar	40028.050 277,07 (269,00) Comprar		
	100m	40029.100 180,66 (175,40) Comprar		40021.100 53,87 (52,30) Comprar		40022.100 143,69 (139,50) Comprar	40026.100 283,25 (275,00) Comprar	40023.100 307,97 (299,00) Comprar	40035.100 128,70 (124,95) Comprar	40024.100 167,79 (162,90) Comprar	40027.100 298,63 (291,10) Comprar	40028.100 547,86 (531,90) Comprar	40030.100 108,15 (105,00) Comprar	

El RG 213 FOAM es un cable coaxial de altísimas cualidades. Características similares al AIRCOM + a un precio menor.

RG 213 FOAM

Características

Diametro	10.3 mm
Impedancia	50 Ohm
Atenuación @ 1 GHz	100m 18.77dB
Frq. Max.	2 GHz

Datos técnicos	
Impedancia	50 Ohm
Factor de Velocidad	0,8
Conductor central	cobre trenzado, 7X0.65 mm
Radio de Flexión mínimo	50 mm
Peso neto (100m)	15.8 kg

Max. Potencia aplicable (W @ 40°C)	
10 MHz	2000
100 MHz	1000
1000 MHz	120
Atenuación típica (dB @ 20°C)	
Frecuencia	100 m
30 MHz	1.97
144 MHz	4.5
432 MHz	9.3
1296 MHz	18.77

3- Cálculo del polígono de cobertura de la estación

El polígono de cobertura se calcula con la recomendación ITU-R 370 para una señal de **66 dBuV/m** y la altura efectiva correspondiente a cada radial.

$$\text{PRA} = \text{Ptx} - \text{L} + \text{G}$$

Siendo:

- Ptx: potencia del transmisor
- L: pérdidas debidas a conductores, equipo, conectores...
- G: ganancia de la antena

$$E_{\text{curvas}}(\text{dBuV/m}) = E_{\text{real}}(\text{dBuV/m}) - 10 \log (\text{PRA} / 1\text{kW}) - \text{corrección despejamiento}$$

Siendo: $E_{\text{real}}(\text{dBuV/m}) = 66 \text{dBuV/m}$

Radiales (grados)	PRA (W)	Ángulo de despejamiento	Corrección despejamiento	E (dBuV/m)
0	1625.7	0	0	63.89
10	1663.5	0	0	63.79
20	1741.9	0	0	63.59
30	1866.5	0	0	63.29
40	2000	0	0	62.99
50	2000	0	0	62.99
60	2000	0	0	62.99
70	2000	0	0	62.99
80	1824	0	0	63.39
90	1588.7	0	0	63.99
100	1261.9	0	0	64.99
110	1099.1	0	0	65.59
120	796.21	0	0	66.99
130	709.63	0	0	67.49
140	632.46	2,0536	10,9606	57.029
150	526.05	2,8951	13,3361	55.454
160	502.38	2,3907	11,9794	57.01
170	502.38	4,1410	16,0474	52.942
180	502.38	4,5853	16,8515	52.138
190	502.38	4,2436	16,2394	52.75
200	502.38	4,3575	16,448	52.542
210	526.05	4,7826	17,1873	51.602
220	632.46	6,2962	19,4175	48.572
230	709.63	5,0149	17,5672	49.923
240	796.21	4,9267	17,4249	49.565
250	1099.1	4,4031	16,5302	49.06
260	1261.9	6,0394	19,076	45.914
270	1588.7	3,5906	14,9438	49.046
280	1824	2,1063	11,1264	52.263
290	2000	0	0	62.99
300	2000	1,0271	7,1371	55.853
310	2000	1,3953	8,6493	54.34
320	2000	0	0	62.99
330	1866.5	0	0	63.29
340	1741.9	0	0	63.59
350	1663.5	0	0	63.79

Para calcular el polígono de cobertura se hace uso de las curvas de la recomendación 370, las cuales están en función del campo calculado anteriormente y las alturas efectivas. Estas curvas están limitadas para alturas efectivas iguales o superiores a 37.5m. Para las alturas positivas menores que 37.5m se aplica la siguiente fórmula:

$$E(x,h)= E((x+25-4.1\sqrt{h\text{ef}}), 37.5)$$

En el caso de aquellos radiales con alturas efectivas negativas, se considera la cobertura unos kilómetros antes hasta que hay un pico que supera la altura de la antena elegida.

Azimut	Cobertura
0	24
10	23,5
20	23,5
30	23,5
40	23,5
50	24,5
60	26
70	25,5
80	25
90	25
100	20
110	16,5
120	18
130	10
140	7
150	7
160	6
170	5
180	5
190	5
200	5
210	3
220	3
230	3
240	5
250	3
260	5
270	4
280	9
290	18,667
300	14
310	14
320	17
330	18
340	20
350	21

Cálculo de la cobertura con la recomendación 1546:

Si la H_{eff} que nos da no coincide con las curvas de la gráfica, habrá que realizar la siguiente corrección de la intensidad de campo requerida la cual deberá interpolarse o extrapolarse a partir de las intensidades de campo obtenidas de dos curvas utilizando la ecuación siguiente:

$$E_{correc} = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(h_1 / h_{inf}) / \log(h_{sup} / h_{inf}) \text{ dB(uV/m)}$$

Y, a continuación, calcular el campo:

$$E_{real}(\text{dBuV/m}) = E_{correc}(\text{dBuV/m}) + 10 \log(\text{PRA} / 1\text{kW})$$

Hemos realizado el cálculo de la cobertura de tres radiales con esta norma para comprobar que el resultado es parecido al de la norma 370:

Radial(º)	Pra(W)	hef(m)	corrección	campo real	alcance(km)	hinf(m)	hsup(m)	Einf(dbuv/m)	Esup(dbuv/m)
10	1663,5	184,846	62,411	64,621	23,5	150	300	60	68
60	2000	229	62,662	65,673	26	150	300	59	65
120	796,21	154	64,228	63,238	18	150	300	64	70

Presupuesto FM

Equipamiento y componentes:

Antena:	150 €
Transmisor 2KW:	780 €
Mástil:	
Ref. 1880 Mástil de 2,5 m Carraqueado, 35 mm Ø, 1,5 mm de espesor.	13,30 €
Cable coaxial:	32,04 €
Transiciones:	10 €
Mano de obra requerida:	400 €
Ingeniero:	1000 €
TOTAL	2385,34 €
TOTAL IVA incluido (21%)	2886,30 €

ANEXO V: PROYECTO TÉCNICO DE EMISORA DAB

ANTENA:

MY- 1150

Technical Specification

Frequency	185 - 223 MHz
Polarization	Vertical
H Beamwidth	Omni (ex-tower influence)
V Beamwidth	80°
Gain	2,15 dBi
VSWR	< 1.3 : 1 Broadband
Impedance	50 Ω
Power Handling	2 Kw
Connectors	DIN 7/16
Lightning Protection	DC Grounded
Tower influence	3-5 dB

DAB dipole. Gamma match adaptation. Fully stainless steel

Length	430	mm
Width	125	mm
Height	700	mm
Weight	6	Kg
Mounting	To suit pole 60 mm ∅	
Wind Load	25 Kg @ 160 Km/h	
Materials	Stainless steel, silver plated brass, copper-beryllium and PTFE	



MY-1150				
BAYS	VERTICAL BEAMWIDTH	GAIN (dBi)	POWER (Kw)	INPUT SPLITTER
2	36°	5	4	EIA 1 5/8"
4	17°	8	8	EIA 1 5/8"
6	11,4°	10	12	EIA 3 1/8"
8	8,5°	11	16	EIA 3 1/8"
10	7°	12	20	EIA 3 1/8"

PATCH PANEL:

Patch panels manual & motorised / Cuadros de conmutación manuales y motorizados

This devices are customized designs used to switch between two transmitter to one antenna, one transmitter over two half-antennas or to a dummy load in all the possible combinations. **Sistemas Radianlec F. Moyano, S.A.** patch panels are versatile, have low losses, very low VSWR and low cost reliable solution to multiconnection routing situations. Patch panels are available in sizes of 1-5/8" through 6-1/8" with 3, 4 or 7 ports, embedded splitter or diplexer. Bolt type EIA flanges are standard. Transitions to no flange or other line sizes are available. Suitable for FM, analog TV, DAB & DVB. Accurate measurements can be done with optionally probes.

Estos dispositivos se emplean para conmutar varios transmisores sobre una antena o un solo transmisor a un sistema de antena partida en todas sus posibles combinaciones. Asimismo permiten cargar sobre una carga refrigerada. Bajo pedido se incluyen sondas calibradas en las líneas. Proporcionan gran versatilidad. Las almas son de latón plateado de 10 micras y los contactos de cobre-berilio recocido y plateado. Todo ello a un precio muy competitivo. Disponibles en norma EIA para 1 5/8" hasta 6 1/8" con 3, 4 o 7 puertos. Incluyen opcionalmente interruptores de traba, lo que impide maniobras incorrectas. Disponible con transiciones a línea sin brida. Diseñado para radio FM, TV analógica, DAB y DVB.

RADIO&TV
All bands



Patch panel with diplexer embedded for Bill
Cuadro conmutador con multiplexor embebido

Suitable for mounting in a 19" rack normalized (Fabricado para montaje en rack 19")
Orientatives dimension of 7-ports patch panel
Dimensiones orientativas para cuadro de 7 bocas

Technical data for Patch Panels

Line	P _{máx}		
	100 MHz	230 MHz	880 MHz
DIN 7/16	2.5 Kw	2 Kw	1 Kw
EIA 1 5/8"	15 Kw	8Kw	5Kw
DIN 43-98	65 Kw	38 Kw	25 Kw
EIA 3 1/8"	40 Kw	25 Kw	15 Kw
EIA 6 1/8"	140 Kw	85 Kw	60 Kw (up to 800 MHz)

Tamb=40°C Tinner=120°C

Typical VSWF < 1.07
Insertion loss < 0.07 dB full band

In the 7 ports patch panel version, you can:
(with power splitter)
1) Out over the two halves
2) Out over the botom half
3) Out over the upper half
4) Out over the dummy load



Patch panel with U-links with integrated power splitter
Cuadro de conmutación con divisor de potencia integrado

	wide / altura	length/frente	deep/profundo
4 1/2"	160	82	82
6 1/8"	160	100	100

Power Splitter:



POWER SPLITTERS

MY-S3 DAB

Technical Specification	
Frequency	174 - 230 MHz
VSWR	< 1.05 : 1 Broadband
Impedance	50 Ω
Insertion loss	< 0,18 dB
Power	From 0.6 to 20 Kw
Input Connector	EIA / DIN
Output Connector	EIA / DIN
Distribution	Symmetrical phase & amplitude

Vertical Output for easier installation.

Number of outputs	2 to 8
Materials	Electrolytic copper, plated and passivated brass, teflon insulators
	Leak proof by silicone torse joints.
	Copper-beryllium connectors
	terminal processed and silver plated
Typical Length	850 mm



RADIO DAB

MY-S3	Input connector code		Output connector code		Way number								Power (Kw)	
	type	code	type	code	2	3	4	5	6	8	10	12	min	max
MY-S322x DAB	DIN 7/16 (F)	2	DIN 7/16	2	x	x								2
MY-S332x DAB	EIA 7/8"	3	DIN 7/16	2	x	x	x							3
MY-S352x DAB	EIA 1 5/8"	5	DIN 7/16	2	x	x	x							4 / 6
MY-S353x DAB		5	EIA 7/8"	3	x			x						6
MY-S355x DAB		5	EIA 1 5/8"	5	x	x								6
MY-S372x DAB	EIA 3 1/8"	7	DIN 7/16	2							x			16
MY-S373x DAB		7	EIA 7/8"	3							x			24
MY-S375x DAB		7	EIA 1 5/8"	5	x	x	x							12 / 18
MY-S377x DAB		7	EIA 3 1/8"	7	x									20

Cavity Filter:



CAVITY FILTERS

MY-FA

Technical Specification	
Frequency	174 -230 MHz
vSWR	<1.15 : 1 (in one block)
Impedance	50 Ω
Group delay	< 500 ns
Maximum Power	1.5 Kw
Critical mask:	Six cavities+one feedback

Materials	Electrolytic copper, silver-plated and passivated brass, teflon isolators,
	copper-beryllium connectors
	terminal processed
	Cavities in brass



RADIO DAB

MY-FA	Power code		Input connector	Insertion Loss fo	Attenuation (dB)			Dimensions (mm)			Weight (Kg)
	Power	code			fo +/- 0.77MHz	fo +/-0.97 MHz	fo +/- 1.75 MHz	Length	Heigth	Width	
MY-FA00	1 Kw	00	EIA 1 5/8"	≤ 1 dB	≤ 1.8 dB	≥ 11 dB	≥ 44 dB	623	541	426	85
MY-FA01	1.5 Kw	01	EIA 1 5/8"	≤ 0.9 dB	≤ 1.5 dB	≥ 11 dB	≥ 44 dB	923	541	626	102

Tanto el cableado como el mástil podremos reutilizar el de la emisora FM:

MILAG RG-213 FOAM



Cable asequible con bajas pérdidas. RG-213 FOAM es

un nuevo cable con el mismo diámetro que el RG-213, pero con un diseño diferente. En lugar de PVC sólido, este cable tiene un PE dielectrico. La atenuación es muy inferior al RG-213, es buena como el Aircom+ (mira la tabla).

Tiene un protector doble de cobre trenzado y la hoja de cobre adicional. Disponible por metros y en rollos de 25, 50 o 100m.

Detalles														
Tipo		RG-316	RG-174	RG-58/U	RG-59	RG-213/UBX	RG-213 FOAM	AIRCOM plus	AIRCELL 5	AIRCELL 7	ECOFLEX 10	ECOFLEX 15	H-155	
Impedancia		50	50	50	75	50	50	50	50	50	50	50	50	Ω
Diámetro Exterior		2,6	2,6	5,0	6,2	10,3	10,3	10,3	5	7,3	10,2	14,6	5,5	mm
Radio de doble		15	15	25	30	50	50	55	25	25	40	70	35	mm
Atenuación a	30 MHz	18	20	9,0	6,0	3,7	1,97	2,5	5,21	3,7	2,3		3,4	dB/100m
	144 MHz	32	34	19	13,5	8,5	4,5	4,5	11,8	7,9	4,8	3,4	11,2	dB/100m
	432 MHz	60	70	33	23	15,8	9,3	8,2	20,9	14,1	8,9	6,1	19,8	dB/100m
	1296 MHz	100	110	64,5		28	18,77	15,2	37,8	26,1	16,5	11,4	34,9	dB/100m
	2320 MHz	140	175					23,7	21,5	53,2	39	23,1	16,0	48
5000 MHz								81,2			37,0	25,7		dB/100m
6000 MHz											41,5	28,8		dB/100m
Factor de Reducción		0,7	0,66	0,66		0,66	0,8	0,85	0,82	0,83	0,86	0,86	0,79	
Max. Potencia	10 MHz	900	200				2000	5550	1600	2960	3900	6450	550	W
	145 MHz	280	95				1000	700	430	1000	1850	1000	240	W
	1000 MHz	120	30				120	280	150	190	350	560	49	W
Artículo No Todos los precios en EURO	por m	40029 1,85 (1,89) Comprar	40020 0,52 (0,59) Comprar	40021 0,62 (0,66) Comprar	40025 0,52 (0,59) Comprar	40022 1,35 (1,50) Comprar	40026 2,67 (2,59) Comprar	40023 3,19 (3,10) Comprar	40035 1,44 (1,40) Comprar	40024 1,75 (1,70) Comprar	40027 2,72 (2,64) Comprar	40028 5,67 (5,50) Comprar	40030 1,13 (1,10) Comprar	
	25m			40021.025 14,32 (13,90) Comprar		40022.025 36,98 (35,90) Comprar	40026.025 72,92 (70,80) Comprar	40023.025 78,80 (76,50) Comprar	40035.025 33,99 (33,00) Comprar	40024.025 42,75 (41,50) Comprar	40027.025 67,88 (65,90) Comprar	40028.025 140,60 (136,50) Comprar		
	50m	40029.050 90,33 (87,70) Comprar		40021.050 27,50 (26,70) Comprar		40022.050 72,92 (70,80) Comprar	40026.050 143,17 (139,00) Comprar	40023.050 157,08 (152,50) Comprar	40035.050 65,71 (63,80) Comprar	40024.050 84,98 (82,50) Comprar	40027.050 131,74 (127,90) Comprar	40028.050 277,07 (269,00) Comprar		
	100m	40029.100 180,66 (175,40) Comprar		40021.100 53,87 (52,30) Comprar		40022.100 143,69 (139,50) Comprar	40026.100 283,25 (275,00) Comprar	40023.100 307,97 (299,00) Comprar	40035.100 128,70 (124,95) Comprar	40024.100 167,79 (162,90) Comprar	40027.100 258,63 (251,10) Comprar	40028.100 547,86 (531,90) Comprar	40030.100 108,15 (105,00) Comprar	

Cables Coaxiales de Bajas Pérdidas



El RG 213 FOAM es un cable coaxial de altísimas cualidades. Características similares al AIRCOM + a un precio menor.

RG 213 FOAM

Características

Diámetro	10.3 mm
Impedancia	50 Ohm
Atenuación @ 1 GHz	100m 18,77dB
Frq. Max.	2 GHz

Datos técnicos	
Impedancia	50 Ohm
Factor de Velocidad	0,8
Conductor central	cobre trenzado, 7X0.65 mm
Radio de Flexión mínimo	50 mm
Peso neto (100m)	15.8 kg

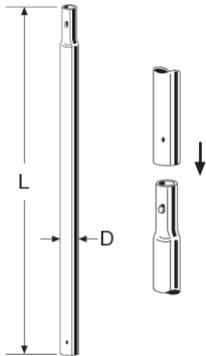
Max. Potencia aplicable (W @ 40°C)	
10 MHz	2000
100 MHz	1000
1000 MHz	120
Atenuación típica (dB @ 20°C)	
Frecuencia	100 m
30 MHz	1.97
144 MHz	4.5
432 MHz	9.3
1296 MHz	18.77

Mástiles Carraqueados

Ref.	Longitud m	Diámetro mm	Espesor mm	Máx Momento Flector permisible N·m	Momento intrínseco * para velocidades de viento 130/150 km/h N·m	Momento Flector útil * para velocidades de viento 130/150 km/h N·m
1941	3	40	1,5	395	60 / 82	335 / 313
1880	2,5	35	1,5	298	46 / 63	252 / 235
1881	1,5	35	1,5	298	13 / 18	285 / 280
1885	2,5	30	1	150	31 / 42	119 / 108

* Supuesta una longitud empotrada igual a $1/6 L$

- Acoplables para configuraciones dobles.
- Material: acero calidad S235JR (EN 10025) zincado.
- Para arriostramiento en $\varnothing 30$ y 35 mm utilizar el juego de vientos Ref. 1916.



de IKUSI

TRANSMISOR:

DAB, DAB+, T-DMB

SDT 502 NRK-1

Digital Audio Broadcasting Transmitter
up to 2400W rms

> SDT 502 NRK-1
Version with
Dual Driver Option



> SDT 502-W NRK-1
Liquid Cooled - Version
with Dual Driver Option

Main Features

- Supported standards: DAB, DAB+, T-DMB
- Frequency range: VHF (III) 170 MHz to 254 MHz, L band.
- DAB-Modes: I, II, III, IV.
- Network type: MFN, SFN.
- Bandwidth 1.536 MHz.
- Reference Standard: ITU-T G703-G704, EN 300401, EN 300799, EN 302077-2.
- DAB Signal Input : ETI (NI) 2.048 MHz or ETI (NA), according to ETSI EN 300 799 seamless switching without broadcast interruption, Input Connectors: BNC (F), 75 Ω. EDI (Encapsulation of DAB Interface) according to ETSI TS 102 693
- Integrated GPS Professional Receiver.
- Integrated SNMP management with events store.
- Integrated GbE interface.
- Digital adaptive linear pre correction.
- Digital non linear adaptive precorrection with automatic curves loading for each channel and power levels.
- Wide Range Power Supply 90-264 V AC (3 phase) in fuse-free configuration (SW Standby Switch).
- Typical MER: > 34 dB at all power levels and in all channels with shoulder distance > 37 dB without mask filter.
- Quick-acting protection circuits against overpower and direct/reflected power.
- Protection against reflected power with automatic fold-back.

The SDT ARK-DAB transmitters features a built-in SFN adapter and very advanced SWDT® (Software Defined transmitters) technology, typical of this series of products. The SWDT® technology allows selecting parameters in various ways: remotely, using a clean contact; via SNMP commands; via TCP/IP, using the Web graphic interface. An innovative firmware allows zero error signal processing thanks to an internal 32 bit architecture.

Functional interfaces are available for total remote control of the apparatus by means of serial protocols or TCP/IP ports. Thanks to the internal Web server the apparatus can be easily monitored and configured using a LAN connection and a standard Web browser.

Moreover, the built-in SNMPv2 server allows performing all types of automated remote control.

The high reliability of the transmitter family makes it ideal for basic broadcasting coverage in urban and metropolitan areas, for example. Various redundancy concepts such as dual driver, passive standby or N+1 can be implemented to maximize availability.

DAB
DAB+

T-DMB

MODEL-SPECIFIC DATA

Model	Output band	Number of amplifiers	Working class	Dimensions	Kind of amplifiers	Output connector	Cooling	Num. Meter board	Shoulders @ Fo ± 0.770 MHz DAB	DAB P Nom W rms MER> 37	DAB P Nom W rms MER> 34
SDT502VB NRK-1	VHF (III)	2	AB	30 RU	SCA202TB	7/8	Air	1	-37	1600W	2400W
SDT502VB-W NRK-1	VHF (III)	2	AB	40RU	SCA202TB-W	7/8	Liquid	1	-37	1600W	2400W
SDT 502TM NRK-1	VHF (III)	4	AB	40 RU	SCA102TB	7/8	Air	1	-37	1600W	2400W

*Specifications and characteristics are subject to change without notice.

GENERAL

Model	SDT 502 NRK-1
Cooling System	Forced Air or Liquid Cooling System
Local control and monitoring	Extensive front panel control Local terminal on RS-232
Remote control and monitoring	Web based Java Interface Telnet access via Ethernet SNMP
Operating Temperature	-10°C to +45°C
Maximum relative humidity	90%, non condensing
Maximum operating altitude	2500 m a.s.l. (> 2500 m on request)
Mains power supply	90-260 V AC

Presupuesto DAB

Equipamiento y componentes:

Antena: MY 1150	34,90€
Patch panel	1090,00€
Power splitters	180,00€
Cavity filters	850,00€
Transmitter (SDT 502 NRK-1)	2500,00€
Mástil:	
Ref. 1880 Mástil de 2,5 m Carraqueado, 35 mm Ø, 1,5 mm de espesor.	13,30 €
Cable coaxial:	32,04 €
Transiciones:	10 €
Mano de obra requerida:	400 €
Ingeniero:	1000 €
TOTAL	6110,24€
TOTAL IVA incluido (21%)	7393,40€