



HD Radio® Digital AM & FM

PARTE 2

*¿Como Funciona la
Tecnología de HD Radio?*

¿Cómo Funciona la Tecnología de HD Radio?



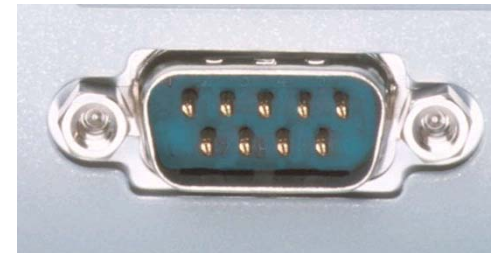
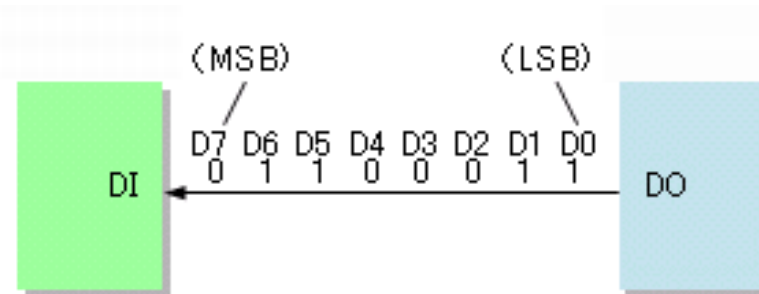
1. COMO FUNCIONA:

- A. ¿QUÉ ES LA TECNOLOGÍA IBOC?
- B. ¿CÓMO FUNCIONA LA TRANSMISIÓN DIGITAL?
- C. TÉCNICAS QUE MEJORAN LA ROBUSTEZ DEL SISTEMA
- D. EL CODEC "HDC"
- E. LA TECNOLOGÍA IBOC AM

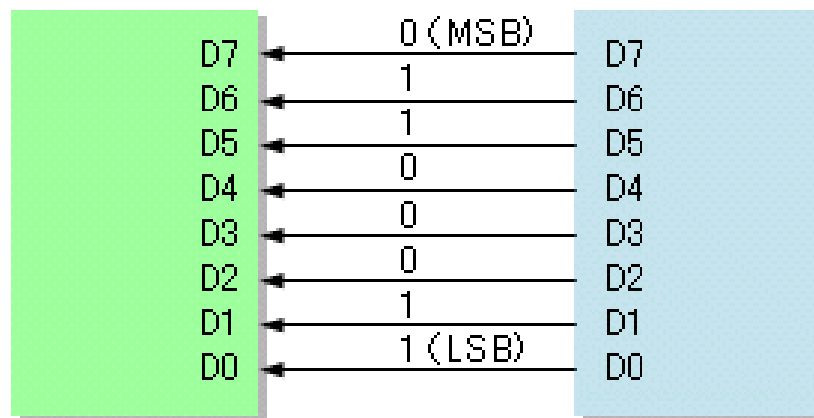
OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing

- ❑ OFDM opera como una puerta paralela en el mundo de las computadoras.

PUERTA SERIAL



PUERTA PARALELA

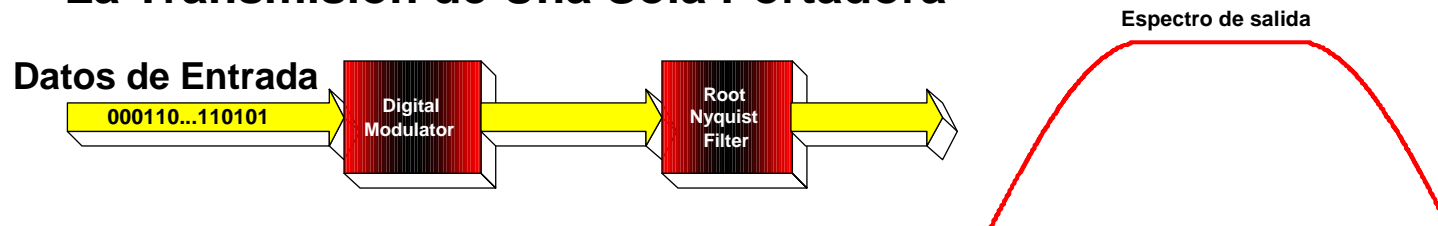


Es un método de transmisión para mandar datos digitales utilizando un gran número de subportadoras independientes que están cercas en frecuencia, traslapadas y separadas ortogonalmente. Los datos se dividen entre varios canales, y cada subportadora transmite uno de los canales de datos.

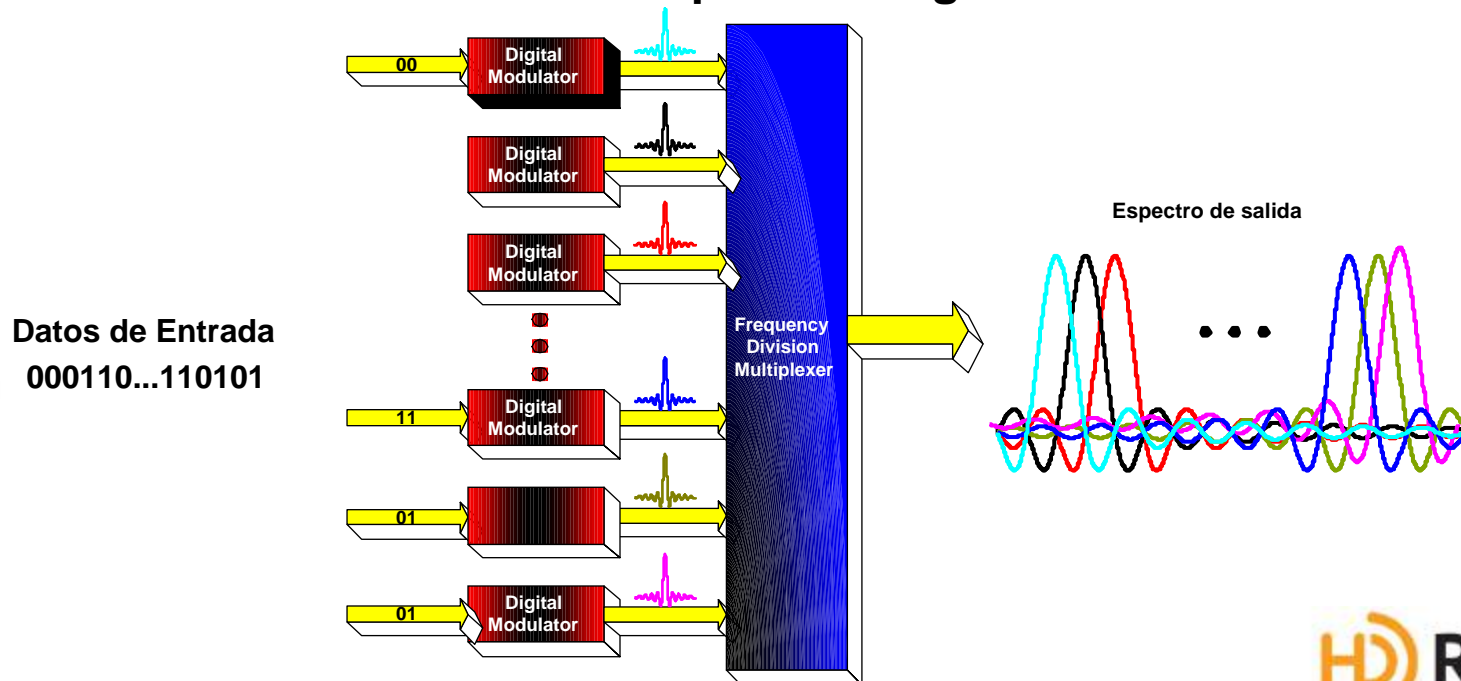


OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing

La Transmisión de Una Sola Portadora



OFDM – Portadoras Múltiples Orthogonales



QPSK - Quadrature Phase Shift Keying

- ❑ QPSK es el método usado para modular cada subportadora OFDM para la transmisión de datos.
- ❑ Cada señal consta de un componente “En Fase” (I) y un componente “Cuadratura” (Q), cada uno transmitiendo dos bits.
- ❑ El resultado es un símbolo con cuatro estados, permitiendo la transmisión de un valor de dos bits.

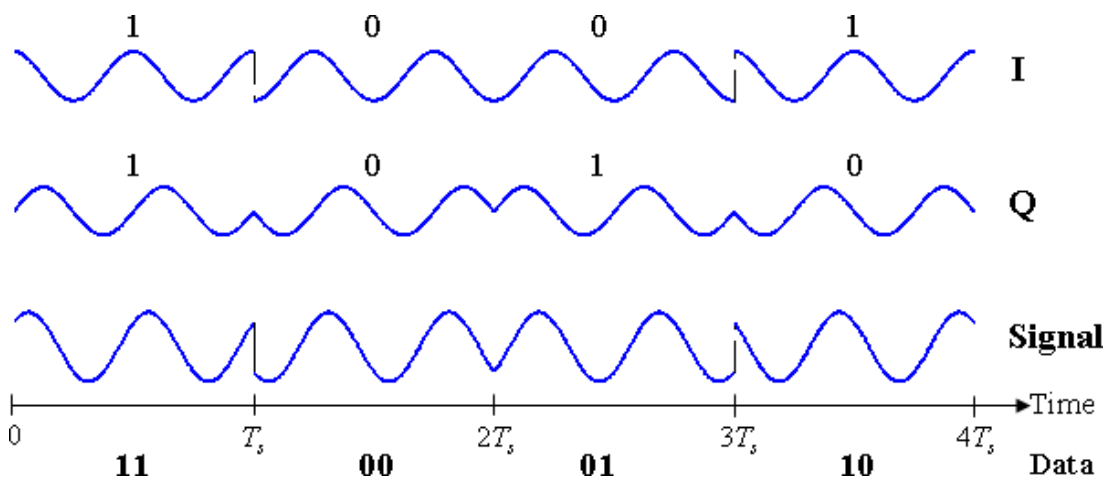


Diagrama del Dominio de Tiempo

Valor transmitido: 1100110

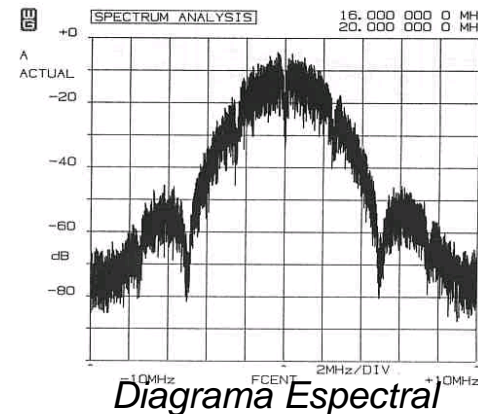


Diagrama Espectral

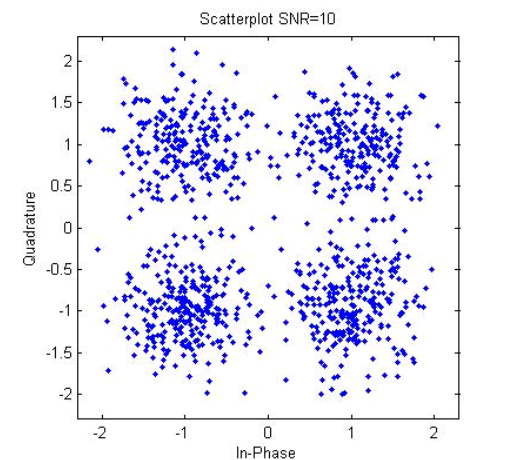
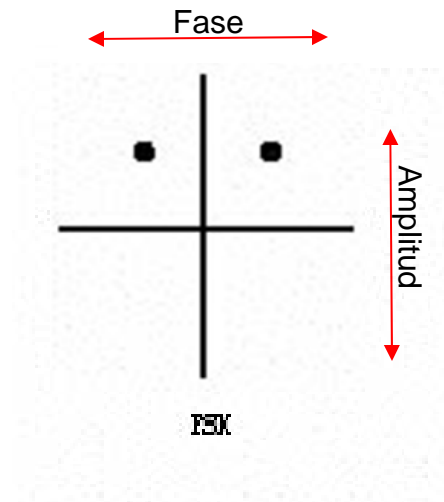


Diagrama de la Constelación 4-QAM



Densidad de Símbolos

- ❑ Cada portadora puede variarse simultáneamente en frecuencia y fase.
- ❑ Con eso, es posible transmitir dos o más niveles de bits dentro de cada portadora:
 - ❑ FSK = “Frequency Shift Keying” = 2 niveles
 - ❑ PSK = “Phase Shift Keying” = 2 niveles
 - ❑ 4-QAM = 4 niveles
 - ❑ 16-QAM = 16 niveles
 - ❑ 64-QAM = 64 niveles
 - ❑ etc. etc. ...

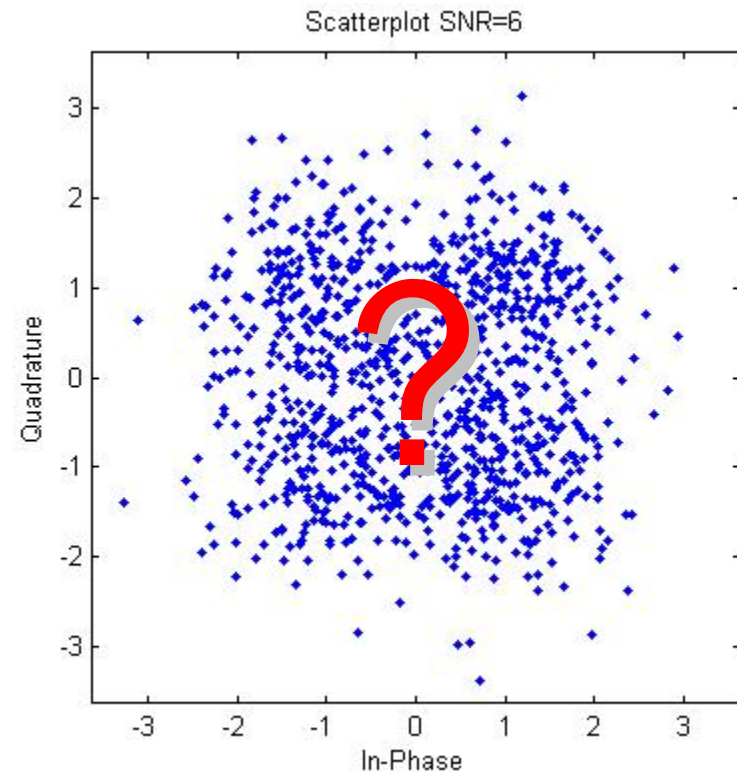


- * QAM = “Quadrature Amplitude Modulation” combina amplitud con fase (mostrado arriba)
- * QPSK = “Quadrature Phase Shift Keying” hace todo con cambios de fase

HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

Errores de los Bits

- ❑ El receptor detecta la frecuencia y fase de la señal para determinar el valor de cada símbolo.
- ❑ A la medida que la señal decaiga, la capacidad de descifrar los símbolos es cada vez menos.
- ❑ Cuando el receptor ya no pueda detectar correctamente un símbolo, ocurre un error.
- ❑ Cuando la corrección de errores del software ya no puede corregir los errores, no es posible reproducir la señal.
- ❑ Por lo tanto, una señal con más densidad de símbolos (como 64-QAM) puede pasar más datos, pero el receptor requiere una señal más fuerte para detectarla.

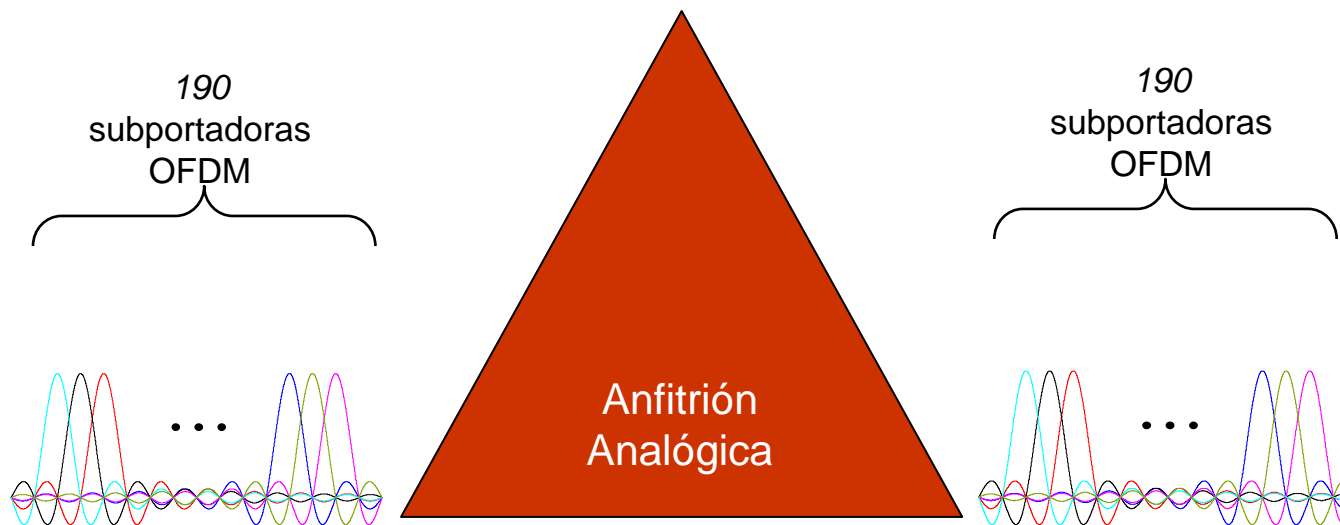


Señal Média
Señal Débil



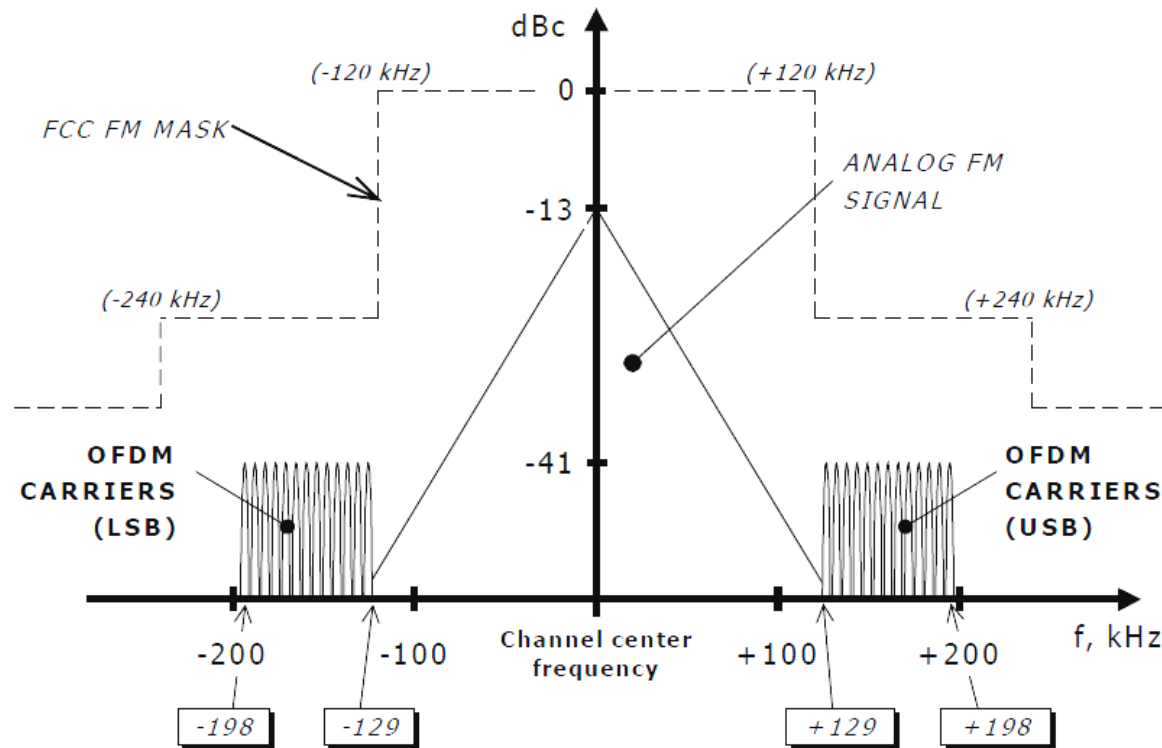
Arquitectura del sistema IBOC FM

- ❑ Hay 380 portadoras OFDM (moduladas en QPSK – 4 niveles)
- ❑ Las portadoras están separadas entre sí por 363 Hz
- ❑ Las portadoras adyacente están 90 grados fuera de fase y se traslapan.
- ❑ Sus productos IM son 180 grados fuera de fase y se cancelan.
- ❑ La velocidad de datos total del sistema: 400 kbps
- ❑ 2 de cada 5 bits se usan para corregir errores,
... dejando 150 kbps para audio y datos.

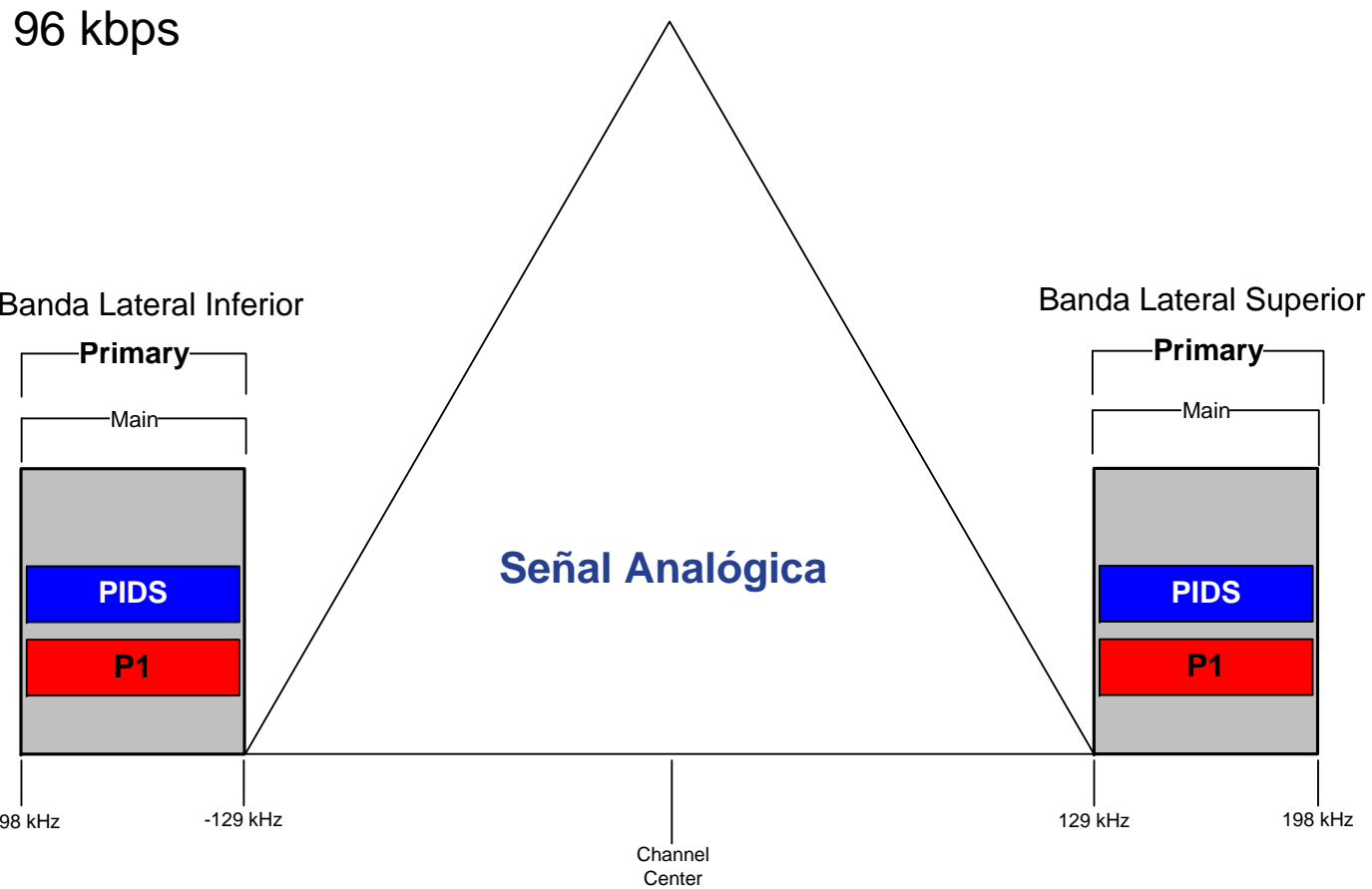


Arquitectura del sistema FM

- ❑ 190 portadoras OFDM en cada banda lateral – inferior y superior
- ❑ Las portadoras digitales ocupan de $\pm 129,361$ Hz a $\pm 198,402$ Hz
- ❑ 98.4 kbps de datos disponibles para el audio
- ❑ Canal PIDS de 1 kbps – transmite Servicio de Información de la Emisora (SIS)
- ❑ La potencia digital es -45.8 dBc referida a la portadora FM sin modulación.



Modo Híbrido (MP1)



Key: MPS Audio SIS Data

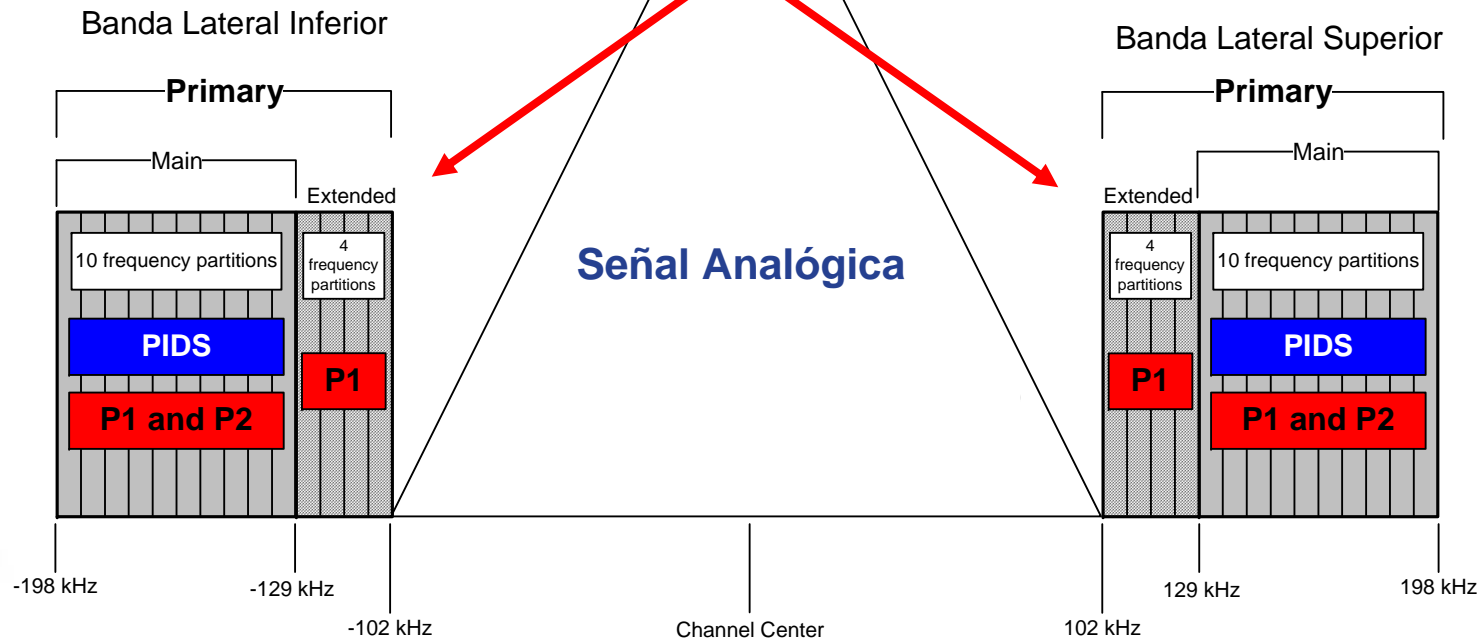


HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

Modo Híbrido Extendido (MP2, MP3 ó MP11)

110 kbps (MP2), 123 kbps (MP3) ó 146 kbps (MP11)

Portadoras Digitales Adicionales



Key: MPS Audio SIS Data



HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

Modos Híbridos Extendidos

- ❑ Hasta cuatro particiones adicionales disponibles
- ❑ Las cuatro particiones agregan 49.6 kbps

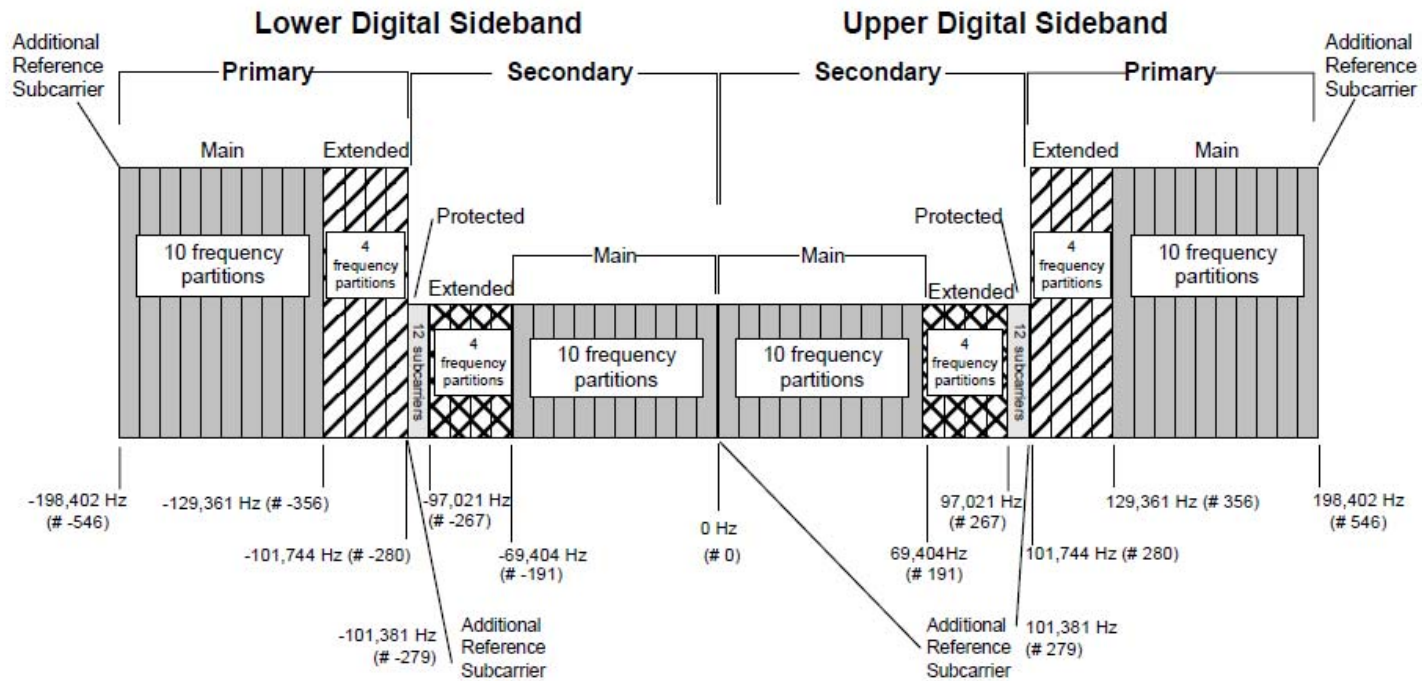
Sideband	Partitions	Subcarrier Numbers	Subcarrier frequency range	Subcarrier frequency span
Primary Main	10	356 to 546	+129,361 to +198,402 Hz	69,041 Hz
Primary Extended	1	337 to 355	+122,457 to +128,997 Hz	6,540 Hz
Primary Extended	2	318 to 355	+115,553 to +128,997 Hz	13,444 Hz
Primary Extended	4	280 to 355	+101,744 to +128,997 Hz	27,253 Hz

Service Mode	Approximate Information Rate (kbit/s)					Waveform
	P1	P2	P3	P4	PIDS	
MP1	98	N/A	N/A	N/A	1	Hybrid
MP2	98	N/A	12	N/A	1	Extended Hybrid
MP3	98	N/A	25	N/A	1	Extended Hybrid
MP11	98	N/A	25	25	1	Extended Hybrid
MP5	25	74	25	N/A	1	Extended Hybrid, All Digital
MP6	50	49	N/A	N/A	1	Extended Hybrid, All Digital



HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

Modo Híbrido Extendido (Modos MP5 y MP7)

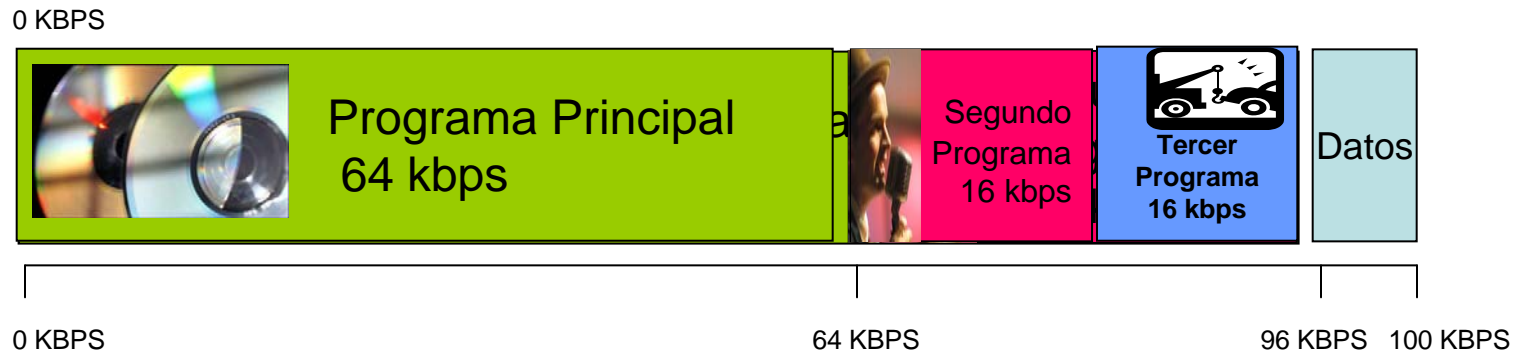


□ El modo puro digital de IBOC FM.



HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

Multicasting



- MODO HÍBRIDO: (MP1 - 96 kbps)**
- 1 programa = 96 kbps
- 2 programas = 64 + 32 kbps
- 3 programas = 64 + 16 + 16 kbps

- MODO HÍBRIDO EXTENDIDO 1: (MP2 - 108 kbps)**
- 2 programas = 96 + 12 kbps
- 3 programas = 64 + 32 + 12 kbps
-
- MODO HÍBRIDO EXTENDIDO 2: (MP3 - 120 kbps)**
- 2 programas = 96 + 24 kbps
- 2 programas = 48 + 48 kbps
- 3 programas = 64 + 32 + 24 kbps

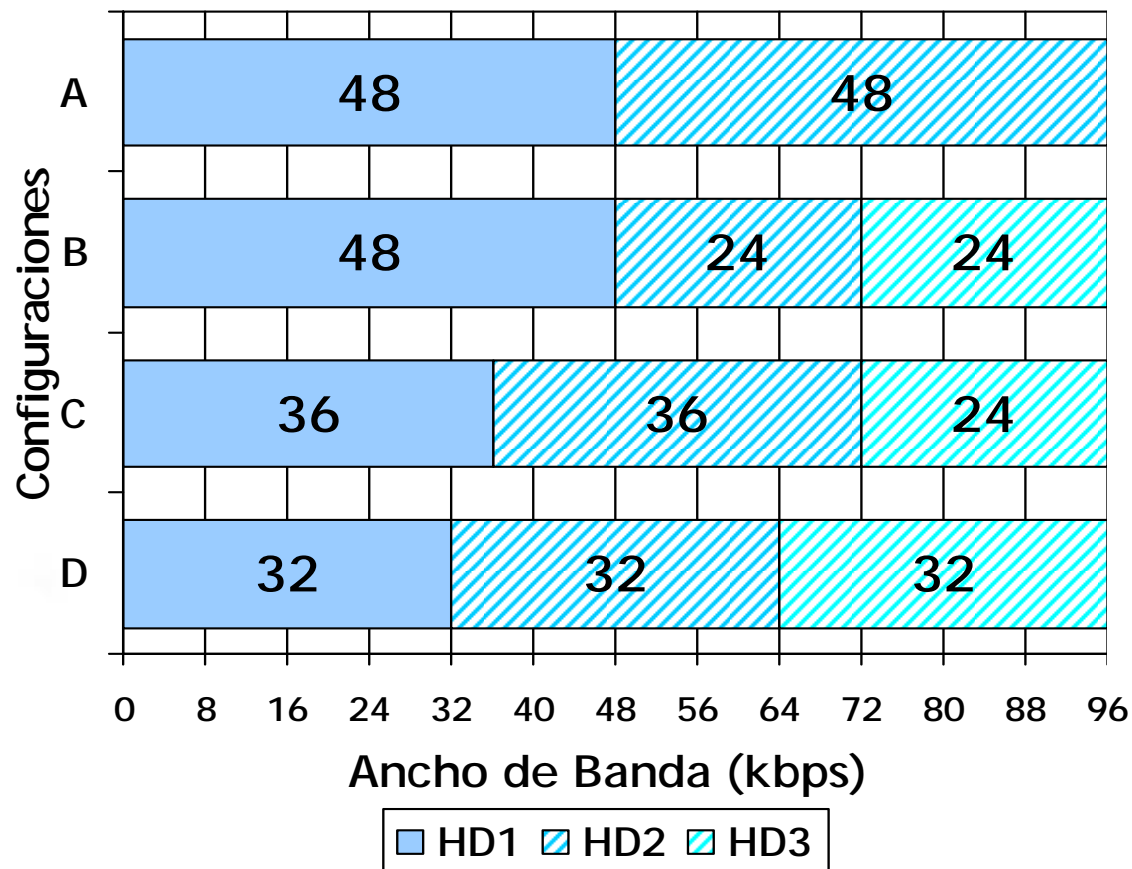


HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

Multicasting – Opciones con modo MP1

- Las opciones en la asignación de bits a los canales Multicasting
 - Las combinaciones posibles son casi ilimitadas *

Configuraciones Posibles con Modo MP1



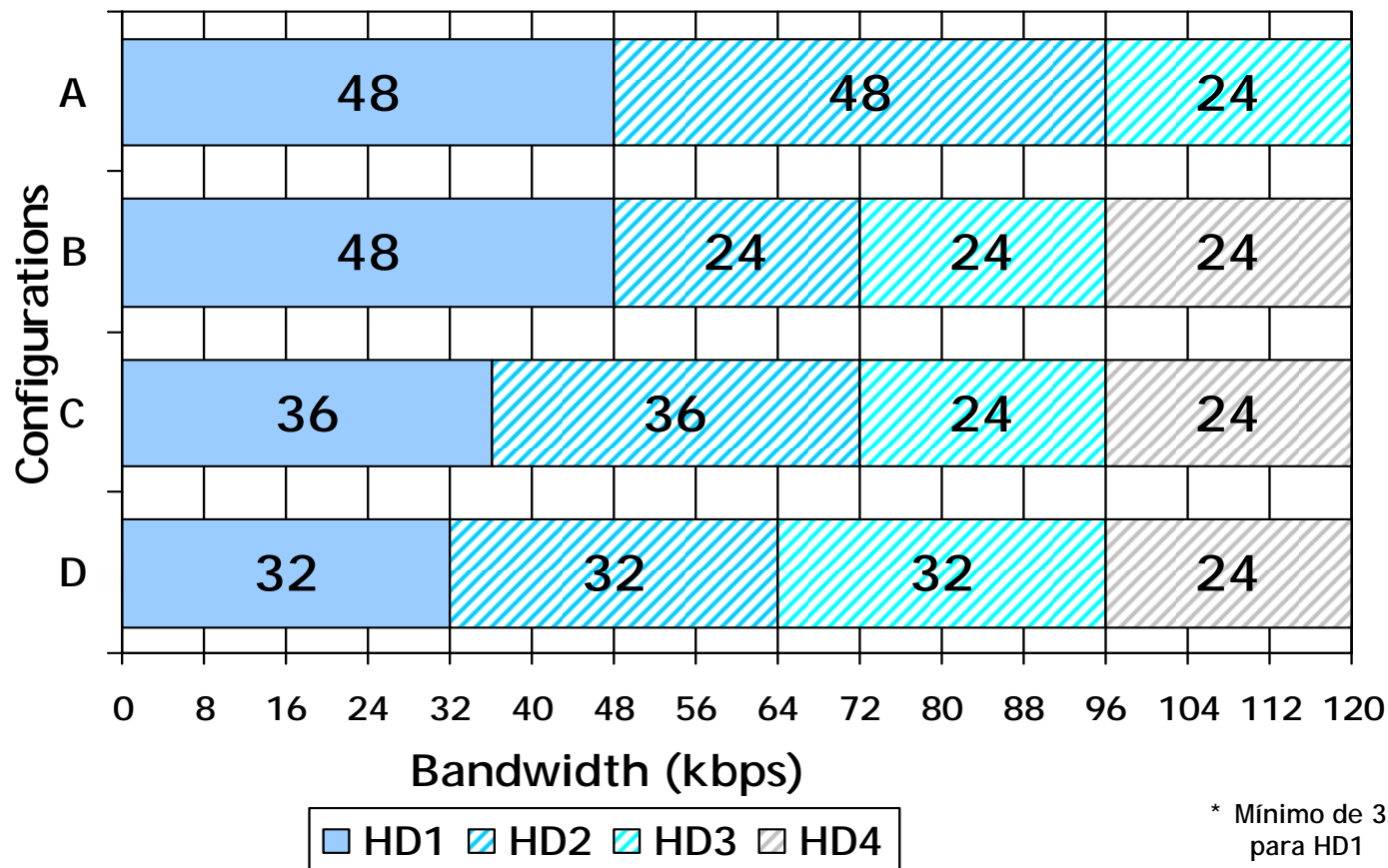
* Mínimo de 32 kbps para HD1



Multicasting – Opciones con Modo MP3

- Las opciones en la asignación de bits a los canales Multicasting
 - Las combinaciones posibles son casi ilimitadas *

Configuraciones Posibles con Modo MP3



- Elija el ancho de banda de cada canal de acuerdo con las necesidades de la programación.
- No está considerada aquí la transmisión de Datacasting
- Todos los canales arriba de 96 kbps ocupan una partición entera.

* Mínimo de 32 kbps para HD1



Especificaciones de Audio del Sistema FM

Decoder Info. Rate – Core, kbit/s	Decoder Info. Rate – Enhanced, kbit/s	Reference Audio Specifications				
		Minimum Audio Frequency Response (Hz)	Dynamic Range	Minimum Stereo Separation (dB)	Quality Level	Initial FM Service Mode
96	0	20 to 20000	96 dB	70	Virtual CD	MP1-MP4
24	72	20 to 16000	96 dB	70	Virtual CD	MP5
24	0	20 to 16000	65 dB	-	FM Mono	MP5
48	48	20 to 19000	96 dB	70	Virtual CD	MP6
48	0	20 to 19000	65 dB	50	FM	MP6



HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

Definiciones de Clases de Servicios

- ❑ **Servicio del Programa Principal (MPS) - AUDIO Y DATOS**
 - ❑ Todos los receptores
 - ❑ Programa principal – audio analógico y digital
 - ❑ Datos de Servicio de Programa (PSD): Título, artista, etc.

- ❑ **Servicio de Información de la Emisora (SIS) - DATOS**
 - ❑ Todos los receptores
 - ❑ Siglas y lema de la emisora, etc.

- ❑ **Multicasting (SPS) – AUDIO Y DATOS**
 - ❑ La mayoría de los receptores
 - ❑ Se transmite programas digitales adicionales con PSD en la misma frecuencia

- ❑ **Servicios de Aplicaciones Avanzadas (AAS) - DATOS**
 - ❑ Receptores de la próxima generación
 - ❑ Datos
 - Información de tránsito para dispositivos de navegación
 - Audio en demanda (tránsito, clima, noticias, etc.)
 - Otras aplicaciones de datos especiales



¿Cómo Funciona la Tecnología de HD Radio?



1. COMO FUNCIONA:

- A. ¿QUÉ ES LA TECNOLOGÍA IBOC?
- B. ¿CÓMO FUNCIONA LA TRANSMISIÓN DIGITAL?
- C. TÉCNICAS QUE MEJORAN LA ROBUSTEZ DEL SISTEMA
- D. EL CODEC "HDC"
- E. LA TECNOLOGÍA IBOC AM

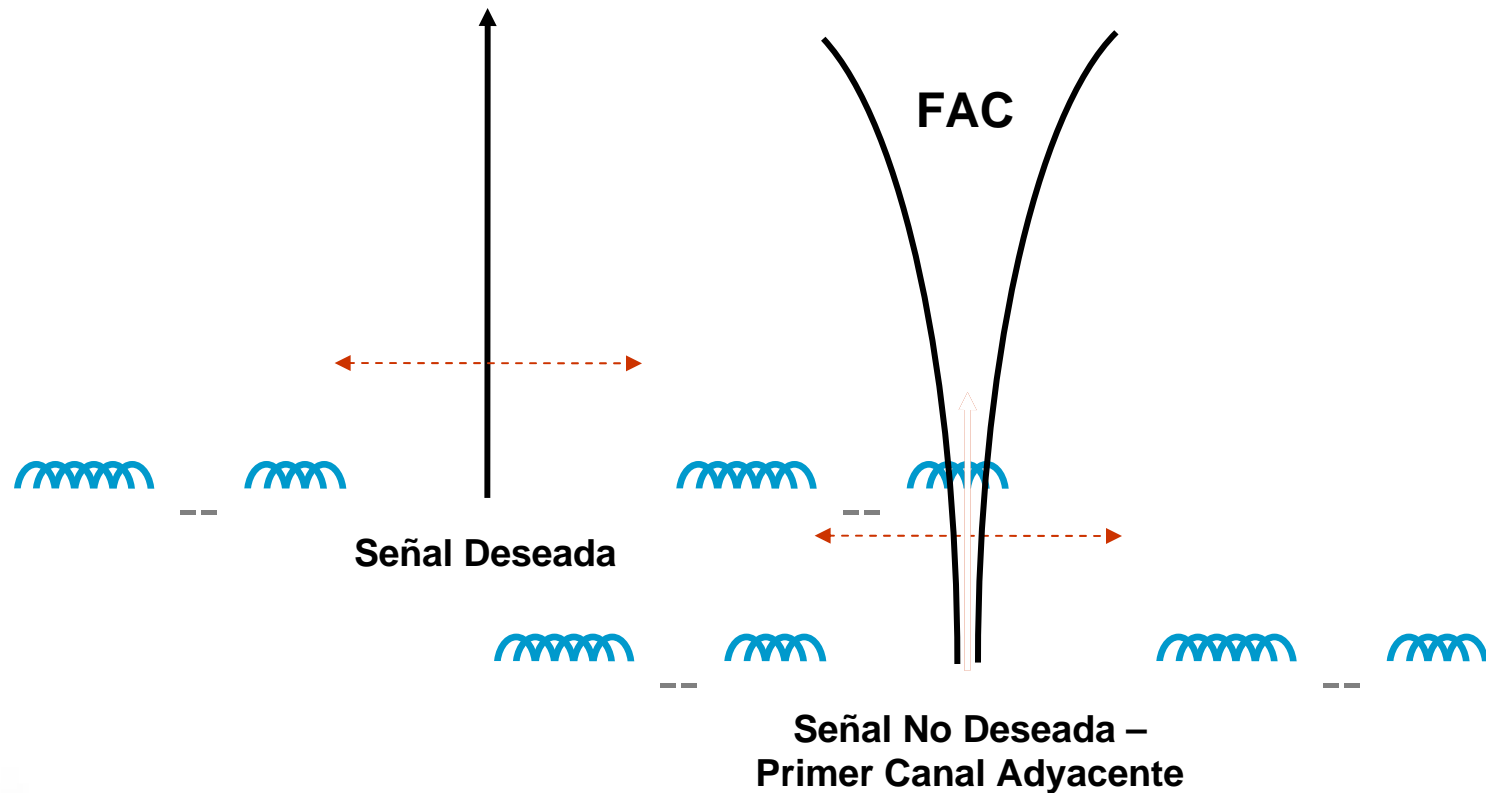
El Efecto de Precipicio

- ❑ Las transmisiones digitales sufren el “Efecto de Precipicio”.
- ❑ Cuando los errores de datos recibidos supera los límites de la corrección de errores en el receptor, la señal se desaparece.
- ❑ Con la transmisión IBOC híbrido, este “Efecto de Precipicio” define el punto donde la recepción vuelve a la analógica.
- ❑ El sistema utiliza varias técnicas importante para mejorar la robustez de la recepción digital.



HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

Cancelación del Primer Canal Adyacente (FAC)



- ❑ Una emisora analógica en el primer canal adyacente interfiere con las portadoras digitales.
- ❑ El filtro de ranura FAC instantáneamente cancela la portadora FM analógica.
- ❑ Las transiciones oídas cuando la emisora interferente está atenuada son suaves.

FEC – Forward Error Correction

- ❑ La Corrección de Errores Adelantada (FEC) es un método de control de errores.
- ❑ El transmisor agrega datos redundantes a sus mensajes, también conocidos como códigos de corrección de errores.
- ❑ El receptor puede detectar y corregir errores sin pedir datos adicionales del transmisor. Así que no se requiere un canal de retorno y se evita la retransmisión de datos.
- ❑ La FEC genera grupos de bits contruidos de los datos, y los valores de los grupos están transmitidos. (“Checksum”)
- ❑ Esta sobremuestreo de los datos significa que el receptor puede recuperar los datos originales aún en la presencia de una número razonable de errores.

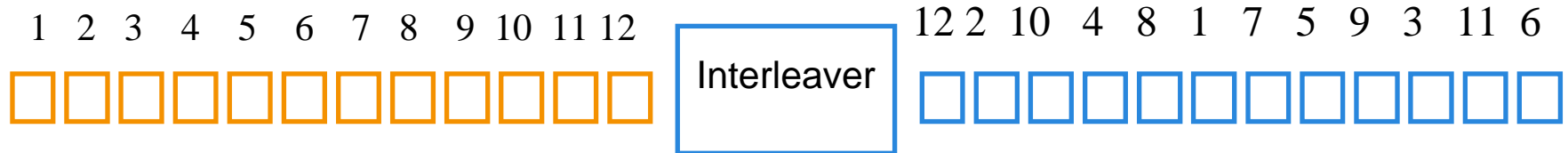
DATOS RECIBIDOS	INTERPRETADOS COMO
000	0
001	0
010	0
100	0
111	1
110	1
101	1
011	1



“Interleaving”

- ❑ “Interleaving” es la técnica de reordenar los bits durante la transmisión.
- ❑ “Interleaving” dispersa los errores causados por interferencia y problemas de recepción.
- ❑ La meta es no perder los bits sucesivos.

TRANSMISIÓN:



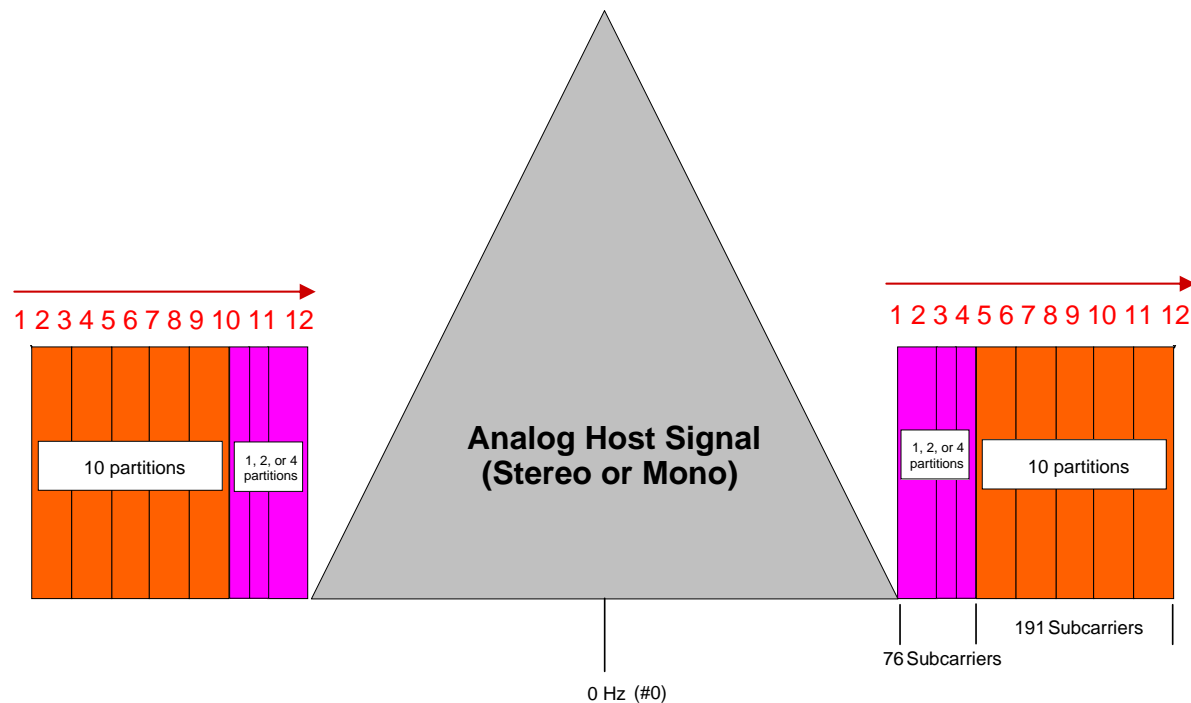
RECEPCIÓN:



Diversidad de Frecuencia

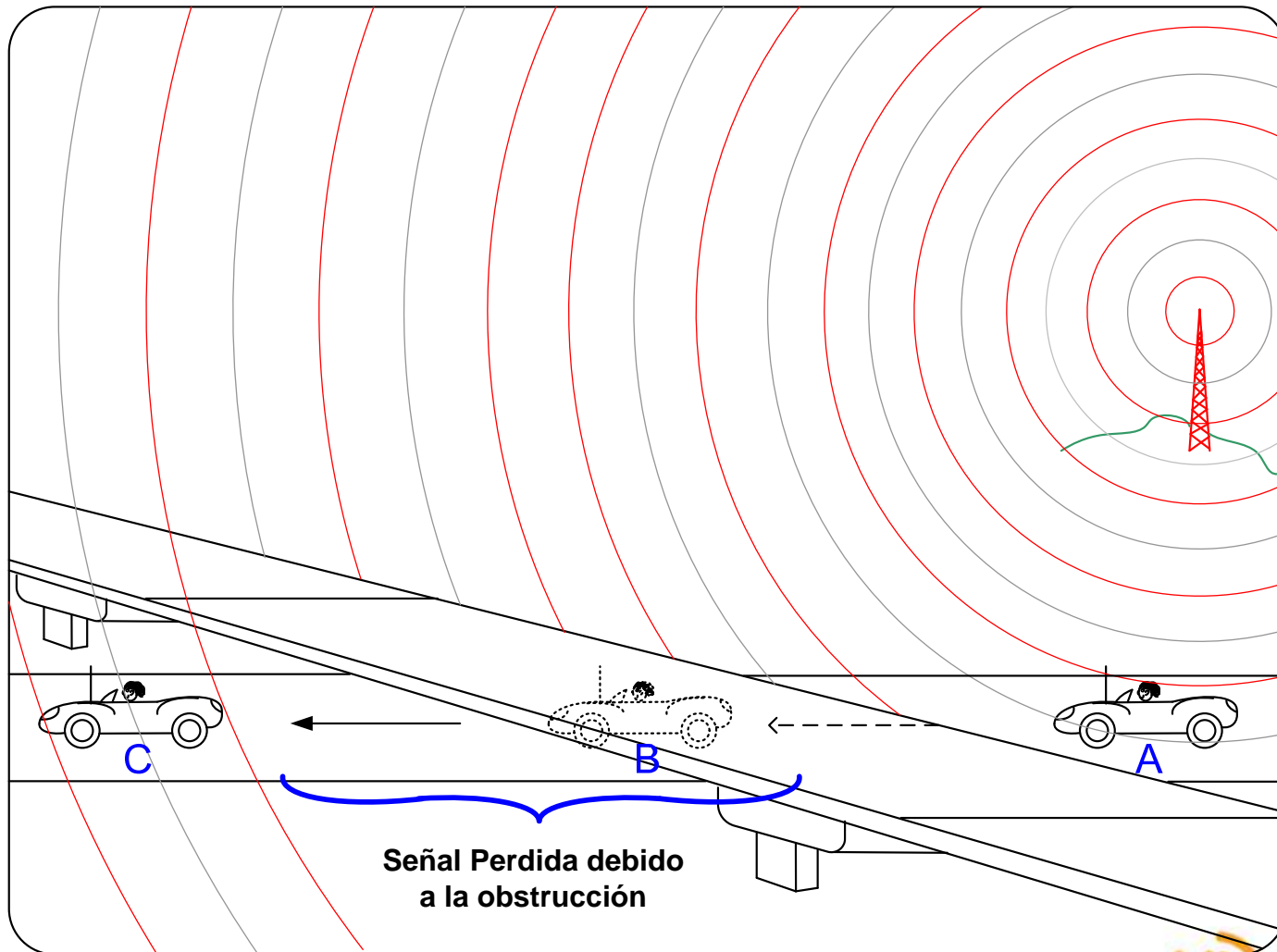
EXPLICACIÓN DEL SISTEMA IBOC FM:

- ❑ La misma información está duplicada en las portadoras laterales inferiores y superiores.
- ❑ Los bits en el interior de la banda lateral inferior duplican los bits en el exterior de la banda lateral superior. Esto permite la recepción con solamente las mitades interiores de cada banda lateral.



HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

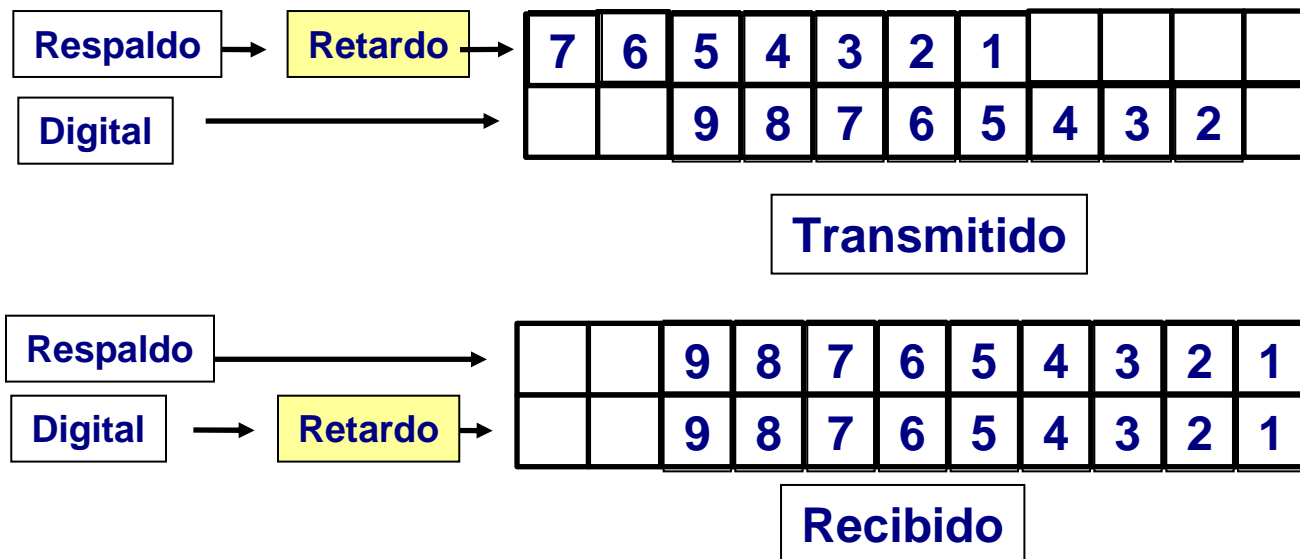
Diversidad de Tiempo



HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

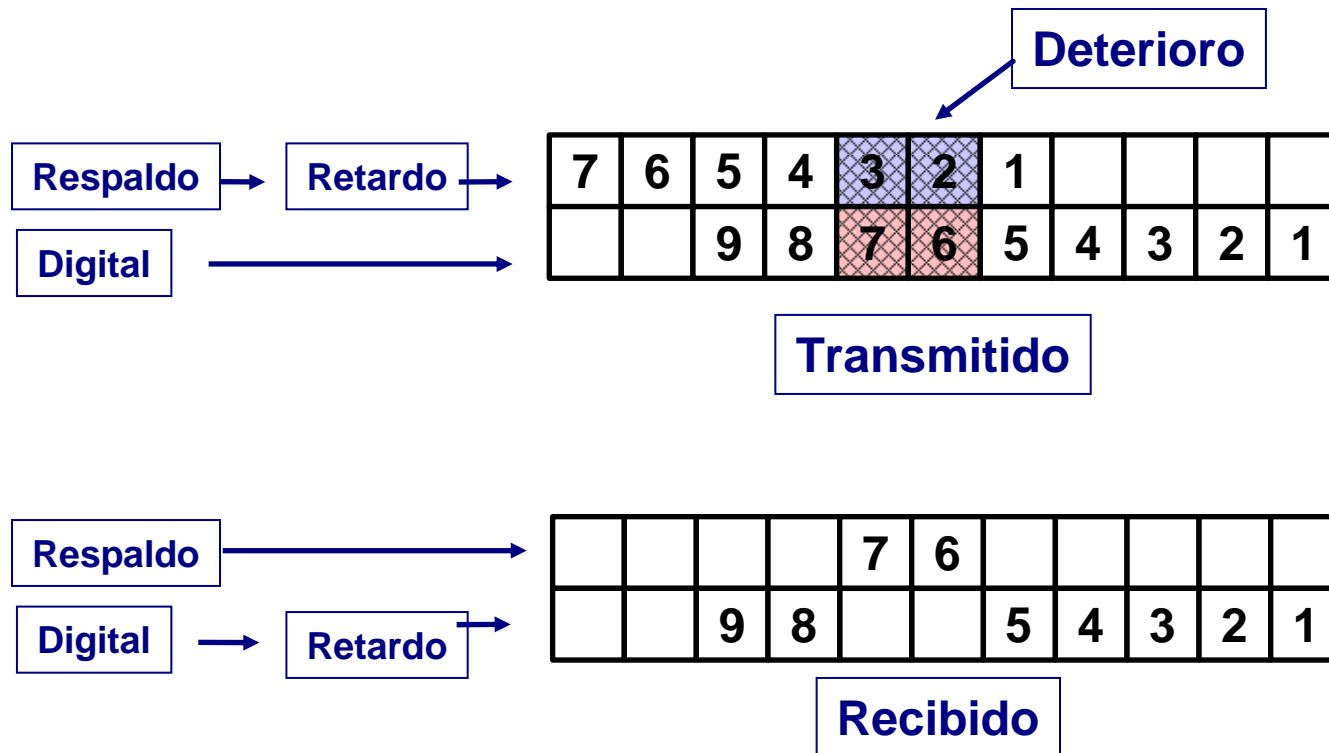
El Retardo de Diversidad

- ❑ Hay un canal de respaldo que transmite los mismos datos, pero demorado en tiempo 4 segundos.
- ❑ El receptor demora el canal principal 4 segundos para sincronizar las dos cadenas de bits.
- ❑ Esto da al receptor una “segunda chance” de captar datos perdidos.



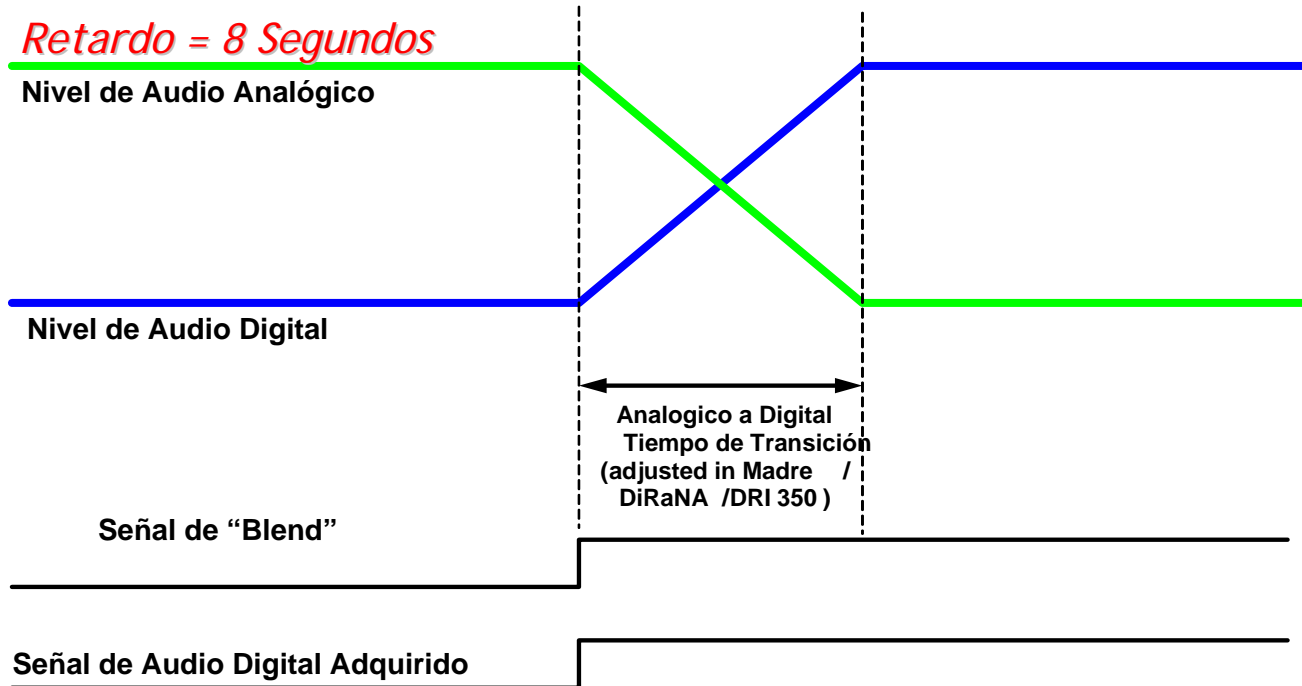
El Retardo de Diversidad

8 Segundos de Retardo Total



“Blending” de Analógica al Digital en el Receptor

Salida de Audio = Analógico + Digital



Los Beneficios de “Blending”

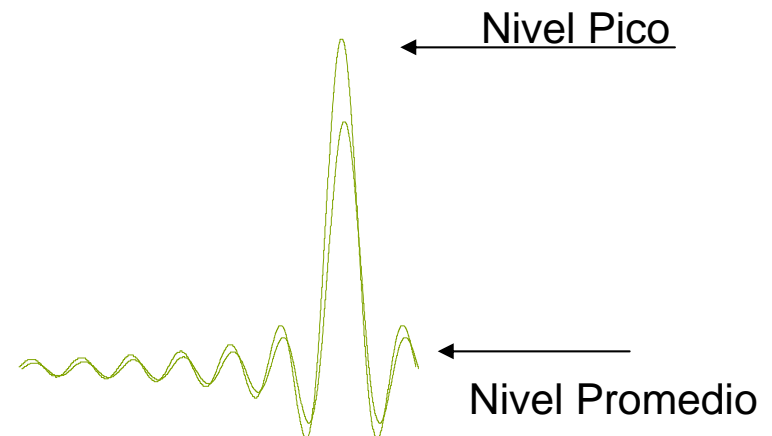
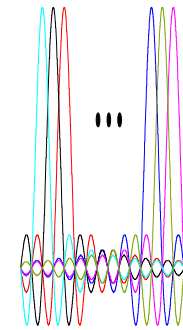
- ❑ El receptor adquiere el audio instantáneamente.
- ❑ Sintonización entre emisoras fácil y rápida.
- ❑ No hay pérdida del contenido si se pierda la señal momentáneamente.
- ❑ El receptor regresa a la señal analógica en los bordes de cobertura de la emisora.
- ❑ La señal analógica actúa como respaldo a las operaciones digitales. Si la transmisión digital se para, todos los receptores cambian automáticamente a la recepción analógica.



Relación Pico a Promedio (PAR)

Relación Pico a Promedio (PAR)

- ❑ OFDM suma varias portadoras que están ortogonalmente separadas.
- ❑ La señal transmitida tiene algunos picos muy altos.
- ❑ Eso requiere que los amplificadores de potencia operen muy debajo a su potencia máxima.
 - ❑ Para manter linealidad y minimiza emisiones fuera de banda.
 - ❑ Pero es costoso e ineficiente
- ❑ Los excitadores de HD Radio utilizan una técnica para reducir la relación pico/promedio de 10 dB a 6 dB (una reducción de 2x la potencia).



¿Cómo Funciona la Tecnología de HD Radio?

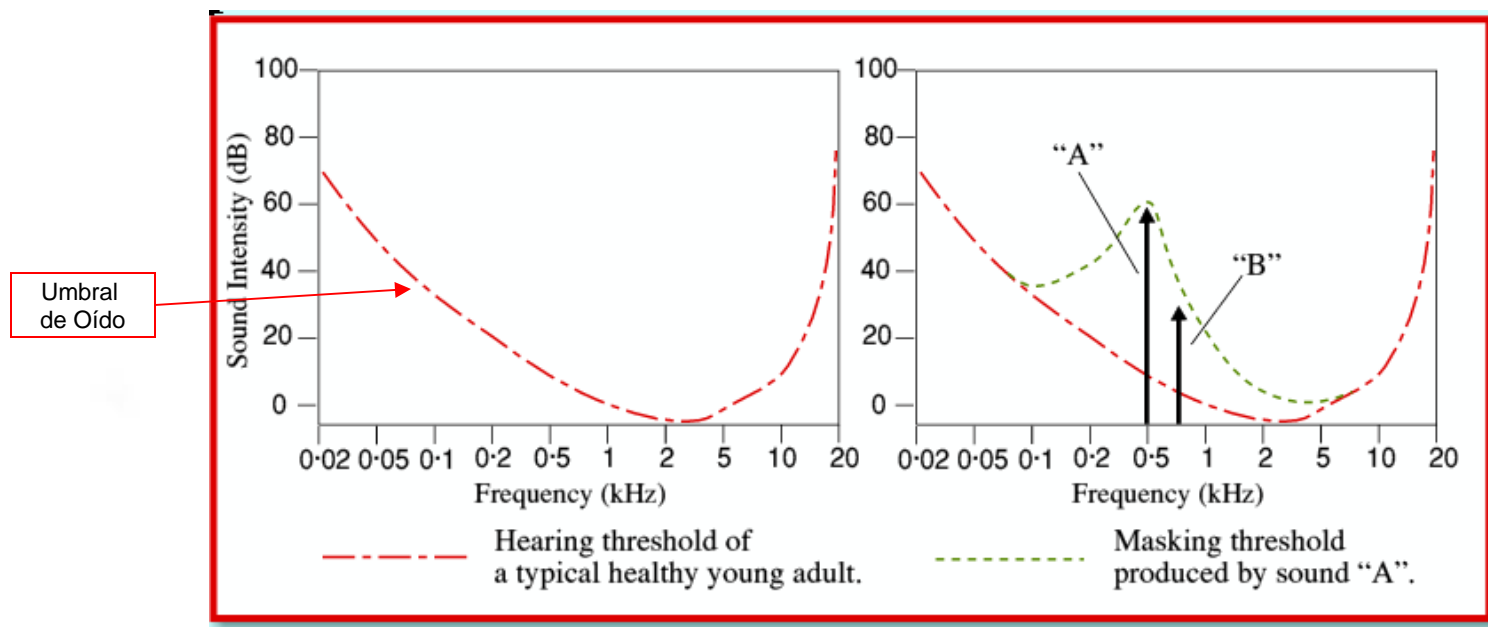


1. COMO FUNCIONA:

- A. ¿QUÉ ES LA TECNOLOGÍA IBOC?
- B. ¿CÓMO FUNCIONA LA TRANSMISIÓN DIGITAL?
- C. TÉCNICAS QUE MEJORAN LA ROBUSTEZ DEL SISTEMA
- D. EL CODEC "HDC"
- E. LA TECNOLOGÍA IBOC AM

¿Como Funciona un Codec de Compresión de Datos?

- ❑ Cualquier sonido fuerte distorsionará la forma del *Umbral de Oído Absoluto*, haciendo inaudibles los sonidos más débiles que pueden ser percibidos bajo otras circunstancias.
- ❑ Un sonido débil estará enmascarado si está en la presencia de un sonido más fuerte.
- ❑ Si dos sonidos ocurren simultáneamente y uno está enmascarado por el otro, esto se llama *Enmascaramiento Simultáneo*.
- ❑ Este sonido puede ser eliminado en el codec para disminuir la velocidad de datos transmitidos.



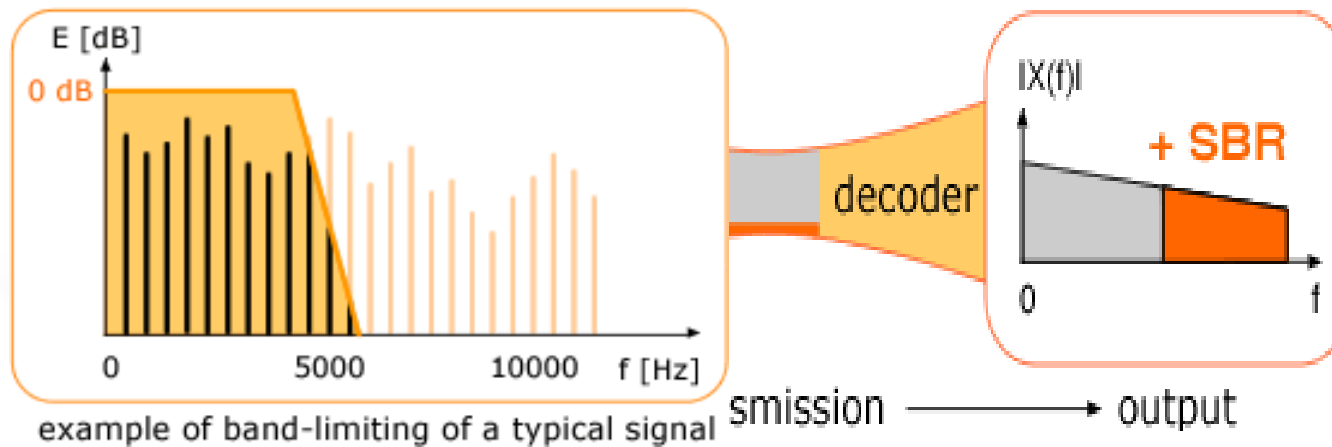
Características del Codec HDC

- ❑ **Un Codificador/Descodificador de Audio Perceptivo**
 - ❑ Comprime el audio digital a un ancho de banda limitada
 - ❑ Maximiza la calidad de audio en velocidades de bits menores
- ❑ **Características**
 - ❑ **Ocultación de Errores**
 - Minimiza errores audibles
 - ❑ **Dos Cadenas de Datos Independientes**
 - Canal “Core”: Descodificable independientemente
 - Canal de Aumentación: Optimiza la calidad de audio
 - Permite la recepción óptima en ambientes difíciles
 - ❑ **Velocidades de Datos Variables**
 - Permite servicios de programación suplementales
 - ❑ **“Spectral Band Replication” (SBR)**
 - Codificación eficiente en las altas frecuencias
 - Solamente requiere la reproducción precisa en las frecuencias bajas



SBR – “Spectral Band Replication”

- ❑ Con SBR, el codec solamente se responsabiliza para transmitir la parte del espectro de audio inferior
- ❑ SBR reconstruya las altas frecuencias de base de un análisis de las frecuencias bajas recibidas.
- ❑ SBR mejora la eficiencia de un codec alrededor de 30% .
- ❑ SBR ofrece mayor eficiencia en casos donde se tolera la creación de ciertos artefactos a un nivel aceptable.



¿Cómo Funciona la Tecnología de HD Radio?



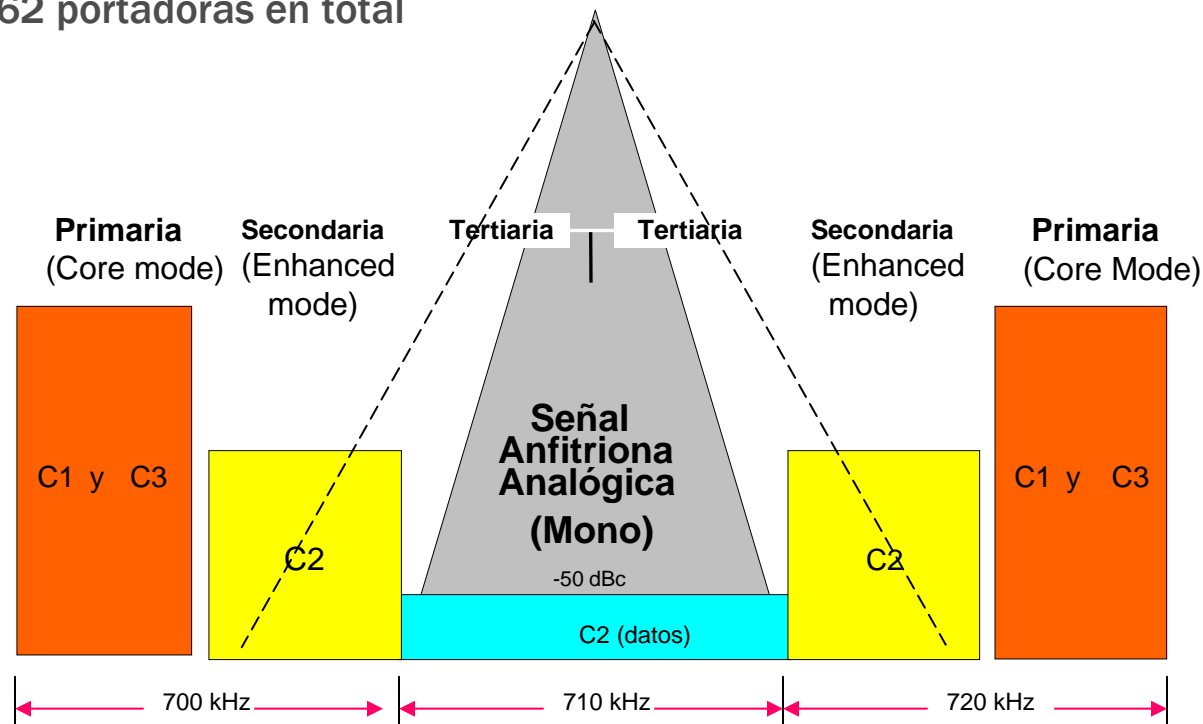
1. COMO FUNCIONA:

- A. ¿QUÉ ES LA TECNOLOGÍA IBOC?
- B. ¿CÓMO FUNCIONA LA TRANSMISIÓN DIGITAL?
- C. TÉCNICAS QUE MEJORAN LA ROBUSTEZ DEL SISTEMA
- D. EL CODEC "HDC"
- E. LA TECNOLOGÍA IBOC AM

Arquitectura del Sistema AM Híbrido

EL SISTEMA IBOC AM HÍBRIDO (Modo MA1):

- ❑ El audio analógica se limita en respuesta de frecuencias (a 5 u 9 kHz)
- ❑ Velocidad de datos de 40 kbps: Audio estereofónico (36 kbps) mas datos PSD (4 kbps)
- ❑ 48 portadoras OFDM moduladas en 64-QAM en el modo “Core”
- ❑ 48 portadoras OFDM moduladas en 16-QAM en el modo “Enhanced”
- ❑ 50 portadoras QPSK debajo de la señal analógica
- ❑ 162 portadoras en total



HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

Arquitectura del Sistema AM Híbrido

- ❑ La onda completa ocupa de $\pm 4,909.5$ a $\pm 14,716.6$ Hz cada lado de la portadora.
- ❑ Portadoras “Core”: $\pm 10,356.1$ a $\pm 14,716.6$, con potencia de -28 dB
- ❑ Portadoras “Enhanced”: ± 5087.2 a ± 9447.7 Hz con potencia de -43 dB
- ❑ Dos subportadoras de referencia en ± 181.7 Hz con potencia de -26 dB
- ❑ Dos subportadoras IDS1 en ± 4905.5 con potencia de -37 dB
- ❑ Dos subportadoras IDS2 en ± 9629.4 con potencia de -37 dB
- ❑ La potencia digital total es aproximadamente 5.8% de la potencia analógica

Sideband	Subcarrier #	Subcarrier Freq. (Hz)	Freq. Span	Power level (dBc)	Modulation type
Primary (Core)	57 to 81	$\pm 10,356.1$ to $\pm 14,716.6$	4,360.5	-30	64-QAM
Secondary (Enhanced)	28 to 52	$\pm 5,087.2$ to $\pm 9,447.7$	4,360.5	-43 or -37	16-QAM
Tertiary	2 to 26	± 363.4 to ± 4723.8	4,360.4	-45	QPSK
Reference	1	± 181.7	181.7	-26	BPSK
IDS1	27	$\pm 4,905.5$	181.7	-43 or -37	16-QAM
IDS2	53	$\pm 9,629.4$	181.7	-43 or -37	16-QAM



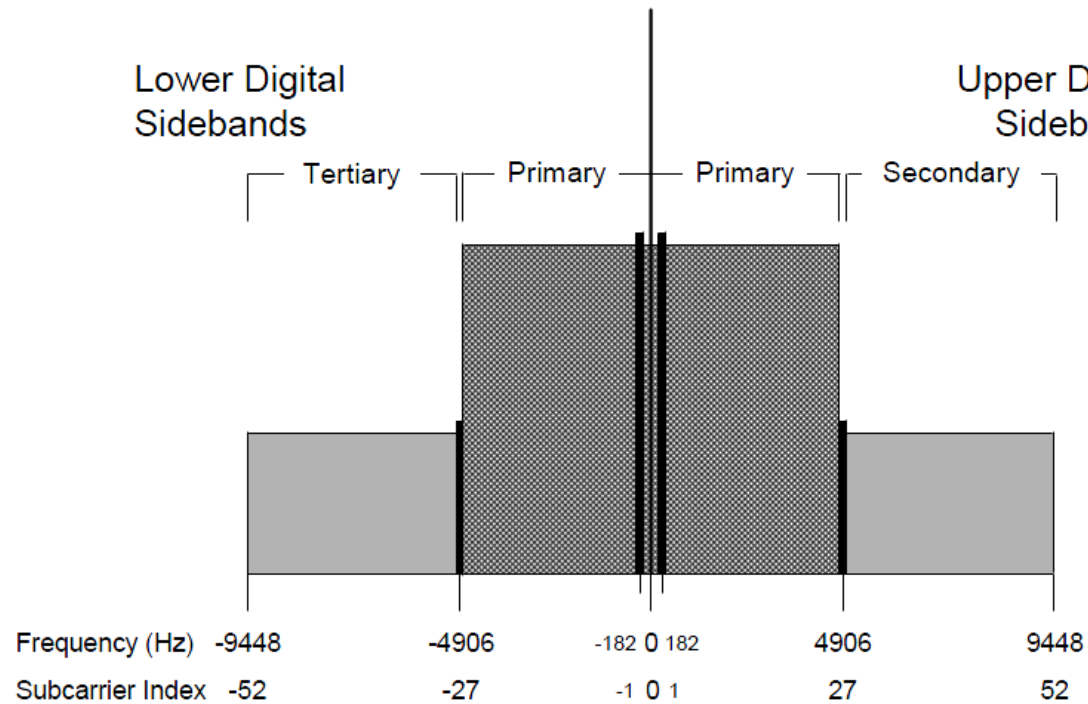
Especificaciones de Audio del Sistema AM

Decoder Info. Rate – Core, kbit/s	Decoder Info. Rate – Enhanced, kbit/s	Reference Audio Specifications				Initial AM Service Mode
		Minimum Audio Frequency Response (Hz)	Dynamic Range	Minimum Stereo Separation (dB)	Quality Level	
20	16	20 to 15000	72 dB	70	FM-like	MA1
20	20	20 to 15000	72 dB	70	FM-like	MA3
20	-	20 to 15000	60 dB	None	AM Mono	MA1
20	-	20 to 15000	60 dB	None	AM Mono	MA3



HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

Arquitectura del Sistema AM Todo Digital (Modo MA3)



Banda Lateral	Rango de Subportadora	Frecuencias de Subportoras	Epectro Ocupado
Primario Superior	2 a 26	363.4 a 4723.8	4,360.5 Hz
Primario Inferior	-2 a -26	-363.4 a -4723.8	4,360.5 Hz
Secundario	28 a 52	5,087.2 a 9,447.7	4,360.5 Hz
Tercio	-28 a -52	-5,087.2 a -9,447.7	4,360.5 Hz
Referencia Superior	1	181.7	181.7 Hz
Referencia Inferior	-1	-181.7	181.7 Hz



HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

Fin de Parte 2



¿Preguntas?

John Schneider

Director de Negocios para América Latina
schneider@ibiquity.com