



# **Radio**® Digital AM & FM

## PARTE 5

### La Tecnología de HD Radio™ *El Sistema AM*



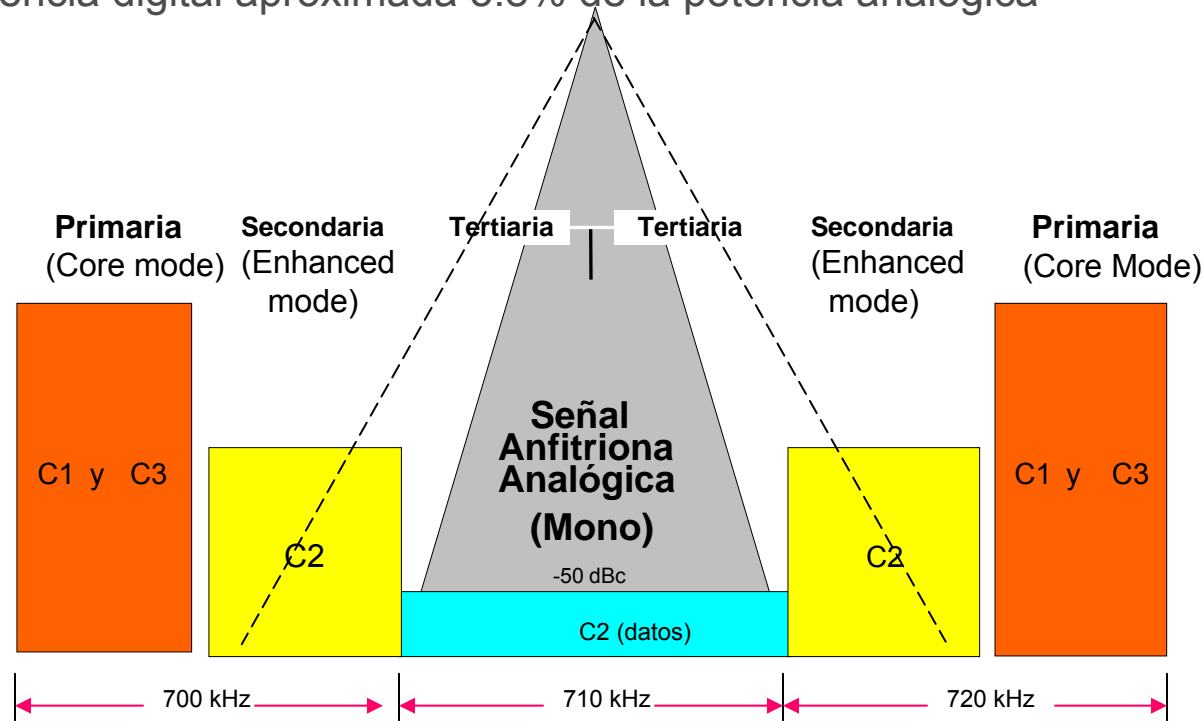
## 4. EL SISTEMA DE HD RADIO AM

- A. ¿CÓMO FUNCIONA?
- B. ASUNTOS QUE AFECTAN LA CALIDAD AM
- C. LOS TRANSMISORES AM - ASUNTOS DE DISEÑO
- D. MODO MA1 MODIFICADO
- E. EL PROBLEMA DEL RUIDO ELÉCTRICO

# ¿Cómo Funciona el Sistema AM?

## EL SISTEMA IBOC AM:

- ❑ La señal analógica se limita en respuesta de alta frecuencia (a 5 u 8 kHz)
- ❑ Velocidad de datos de 40 kbps: audio estereo (36 kbps) mas datos PSD (4 kbps)
- ❑ 50 portadoras QPSK debajo de la señal analógica
- ❑ 48 portadoras 16-QAM en el modo “Enhanced”
- ❑ 48 portadoras 64-QAM en el modo “Core”
- ❑ 162 portadoras en total
- ❑ Potencia digital aproximada 5.8% de la potencia analógica



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

## Hay Dos Niveles de Servicio AM

***La Calidad de la recepción se depende en la intensidad de señal:***



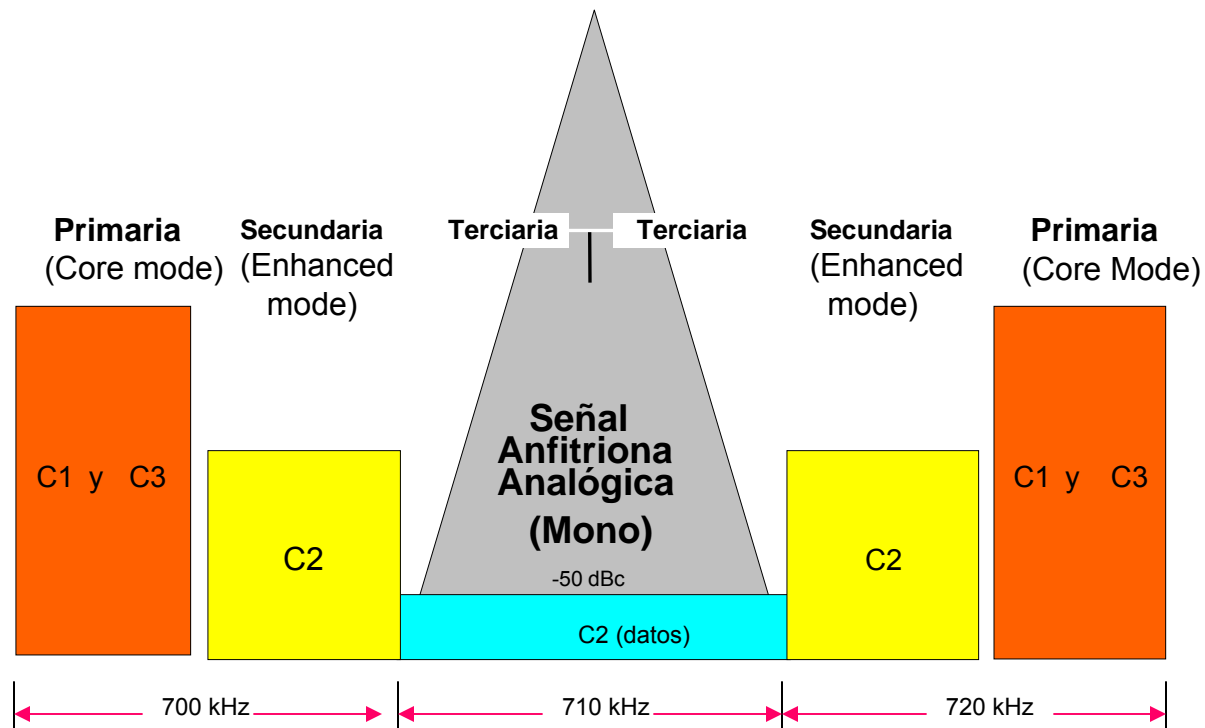
- ❑ “Enhanced Mode” (modo extendido):  
36 kbps -15 kHz estéreo
  - ❑ Diurno: contorno  $>2.0$  mV/M
  - ❑ Nocturno contorno  $>5.0 -10.0$  mV/M
  
- ❑ “Core Mode” (modo básico):  
20 kbps - 15 kHz monoaural
  - ❑ Diurno: Contorno  $0.7 - 1.0$  mV/M
  - ❑ Nocturno: Contorno  $2.0 - 5.0$  mV/M

**El receptor primero captura la señal “Core” de 20 kbps, y luego la señal “Enhanced” de 36 kbps si haya fuerza de señal suficiente. Si no hay señal suficiente para ninguno, el receptor regresa al analógico.**



# El Modo Híbrido del Sistema AM de HD Radio

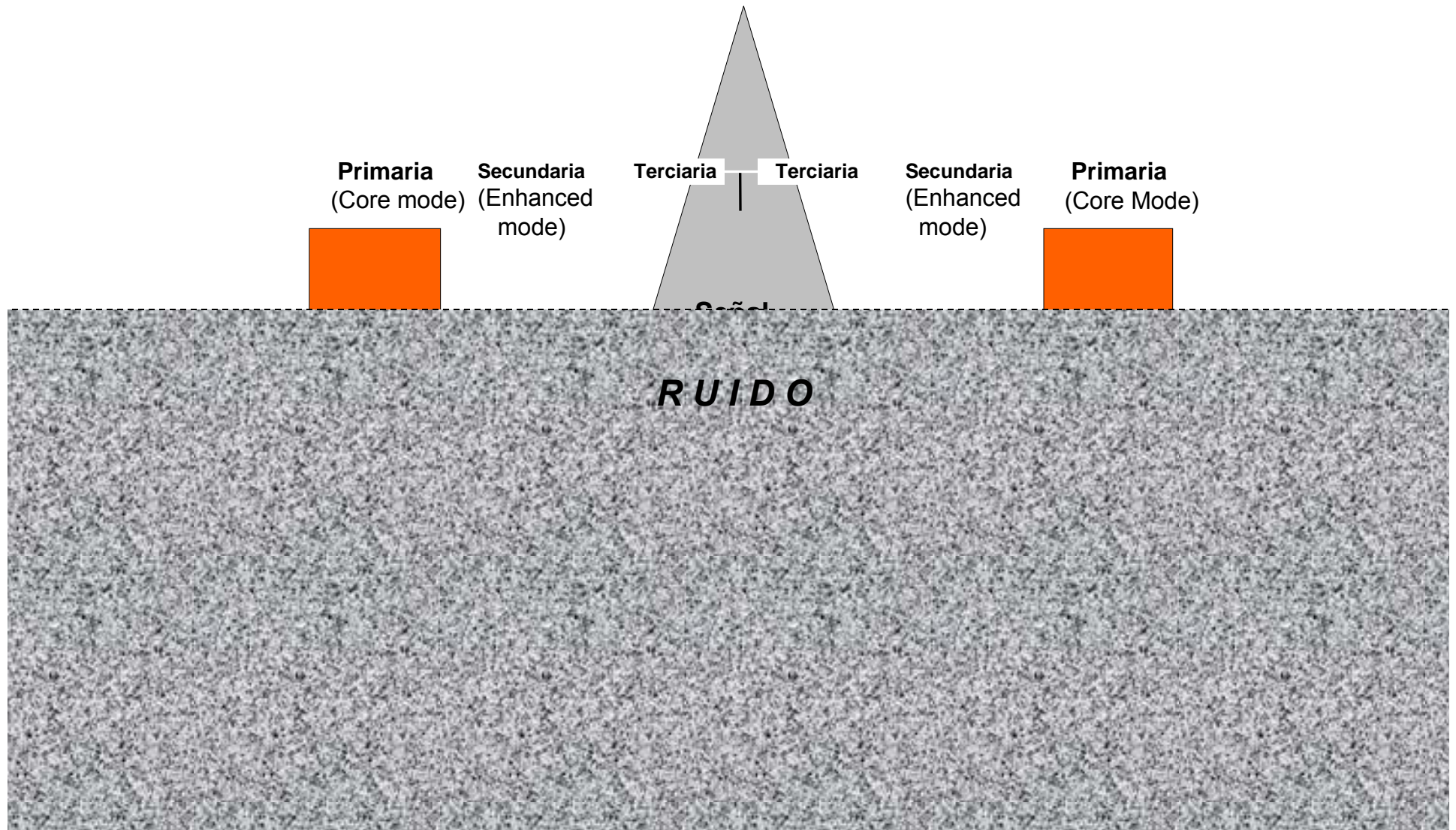
## RECEPCIÓN ESTEREOFÓNICA



**RUIDO**

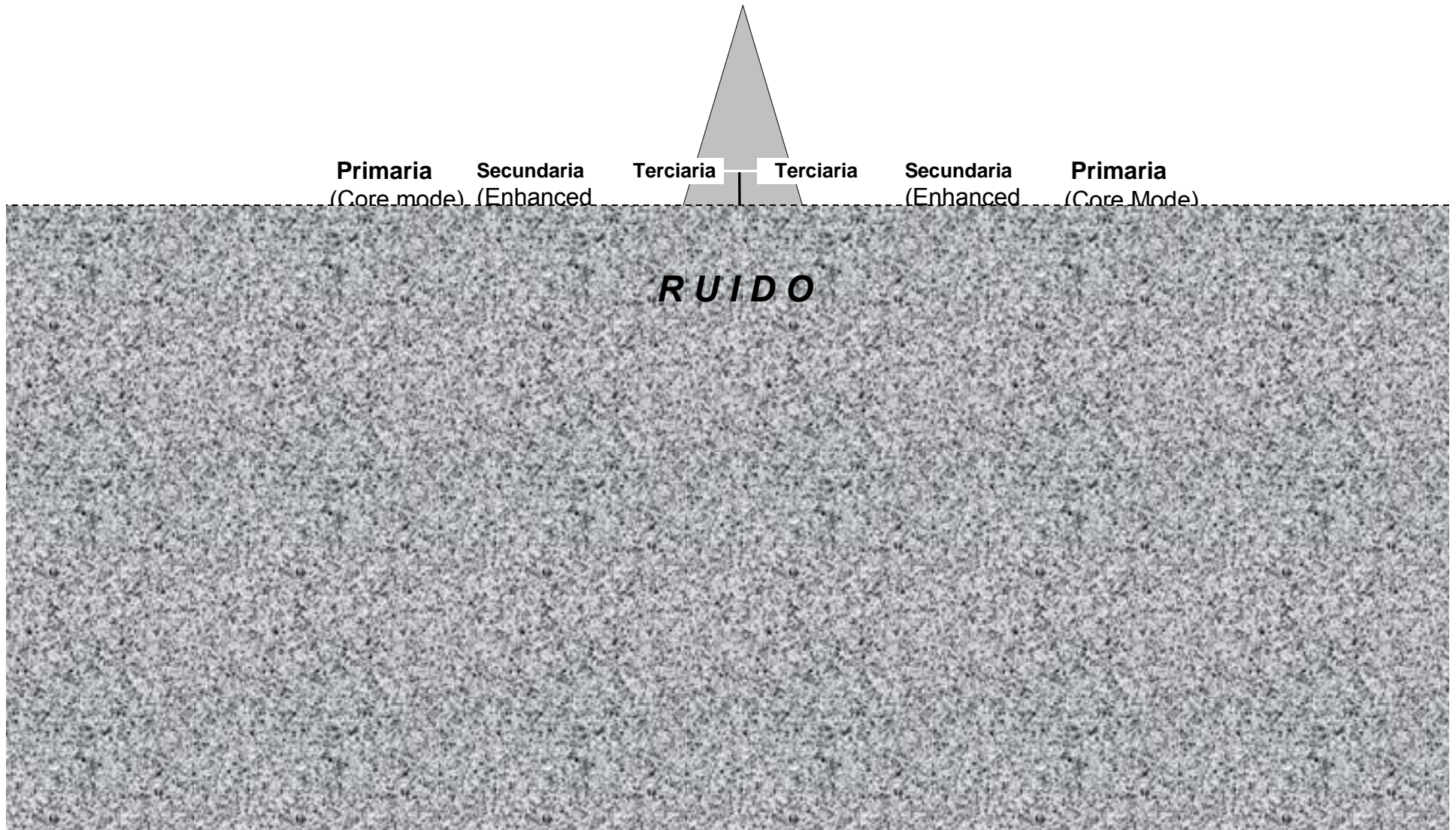
# El Modo Híbrido del Sistema AM de HD Radio

## RECEPCIÓN EN MONO

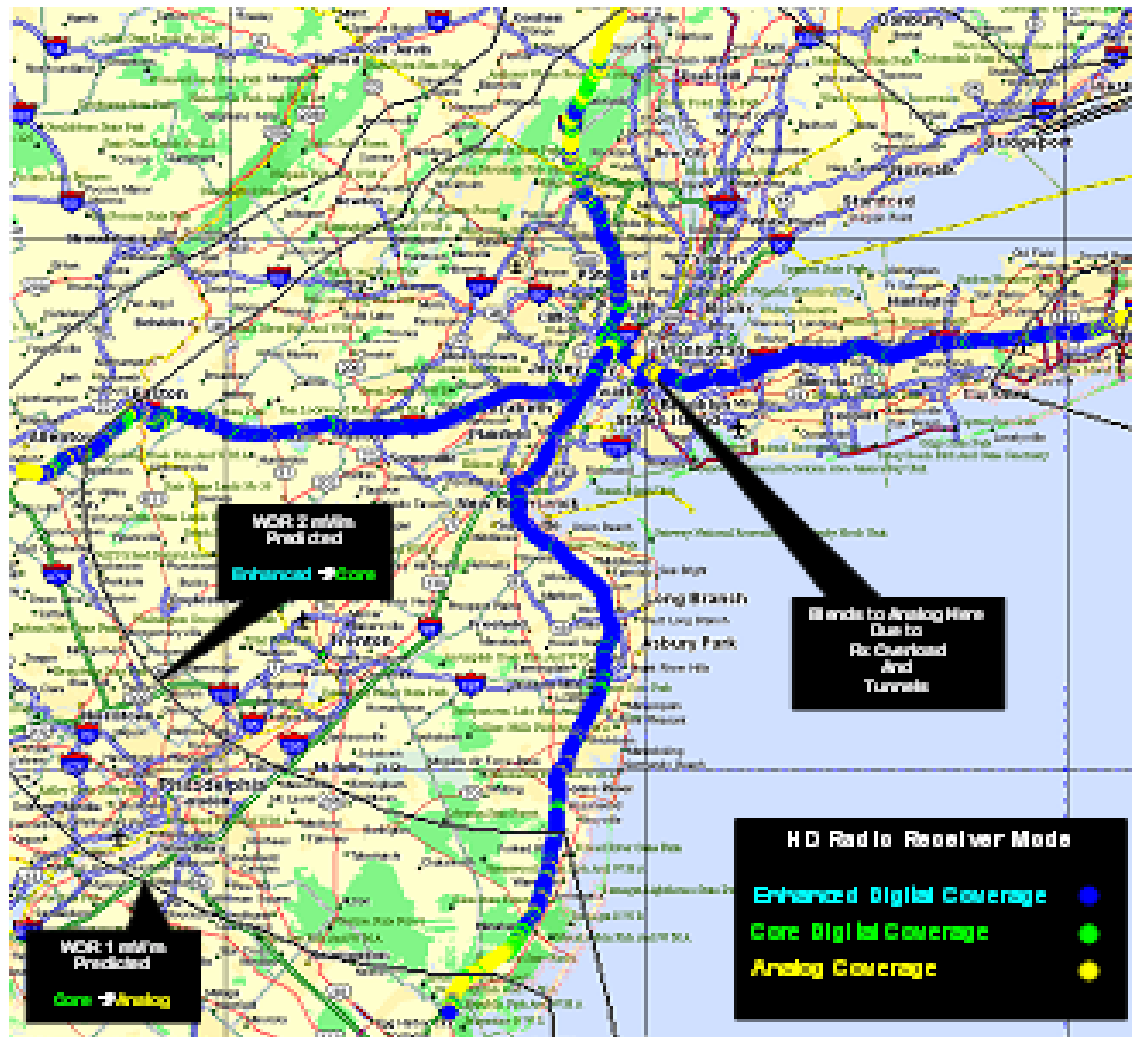


# El Modo Híbrido del Sistema AM de HD Radio

## RECEPCIÓN ANÁLOGA



# Cobertura "Core" vs "Extendida"



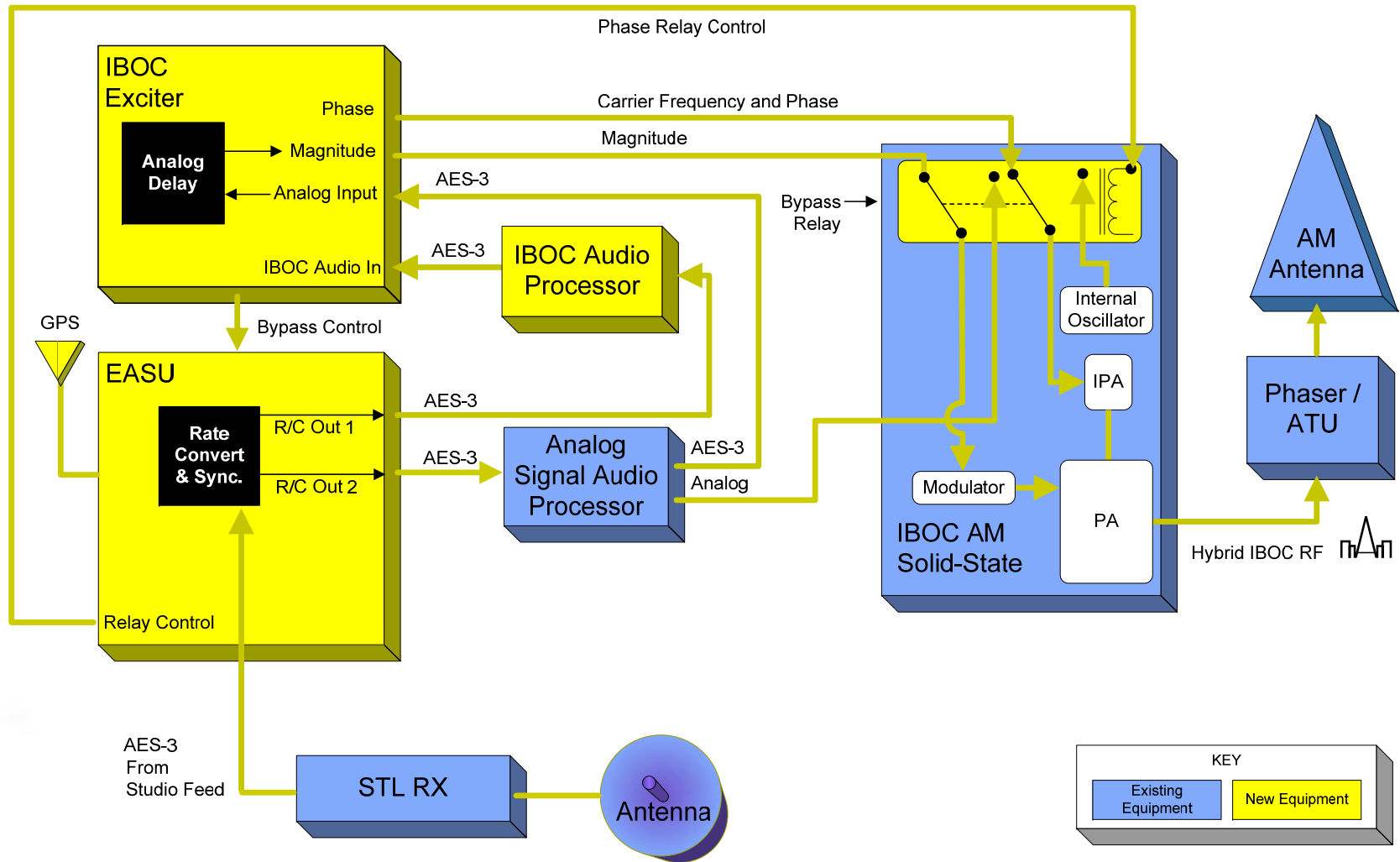
**WOR HD Radio™ Coverage Map**

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

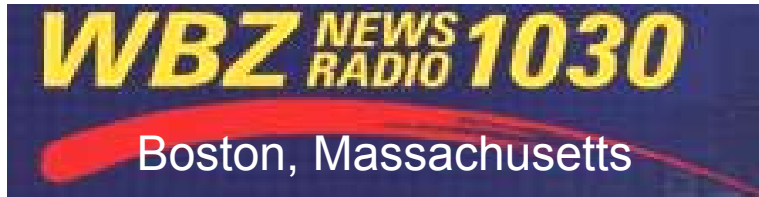




# El Sistema de Transmisión IBOC AM



# Una Planta Típica de HD Radio AM



Antena Direccional 1940



Transmisor



Phasor

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





## 4. EL SISTEMA DE HD RADIO AM

- A. ¿CÓMO FUNCIONA?
- B. ASUNTOS QUE AFECTAN LA CALIDAD AM
- C. LOS TRANSMISORES AM - ASUNTOS DE DISEÑO
- D. MODO MA1 MODIFICADO
- E. EL PROBLEMA DEL RUIDO ELÉCTRICO

# El Efecto de Precipicio

- ❑ ¿Se acuerdan del “Efecto de Precipicio” digital?

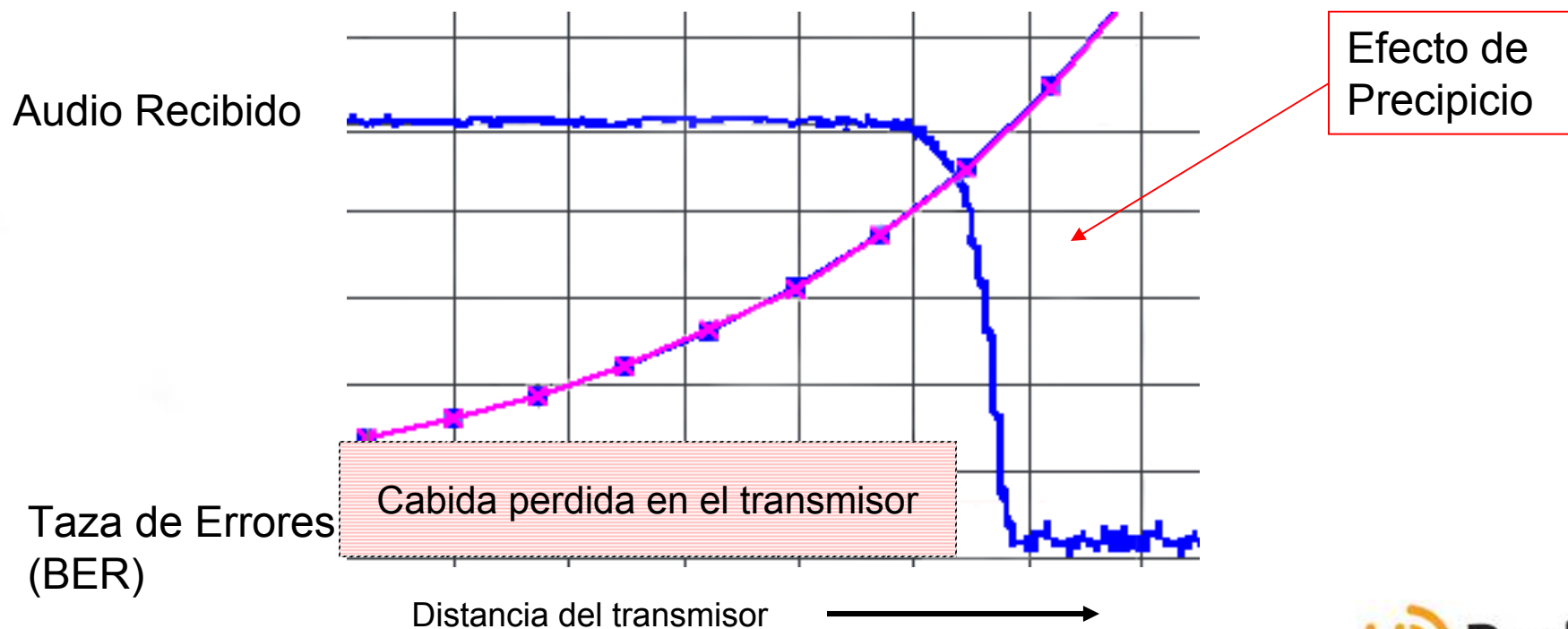


*HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation*



# El Efecto de Precipicio

- ❑ La señal saliendo de la antena tiene que ser tan limpia como posible para asegurar que la señal tenga el mejor comienzo posible.
- ❑ Los errores de datos ya causados en el proceso de transmisión dejarán menor cabida para corregir errores en el receptor.



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



## Los Asuntos Que Afectan la Calidad de la Señal AM:

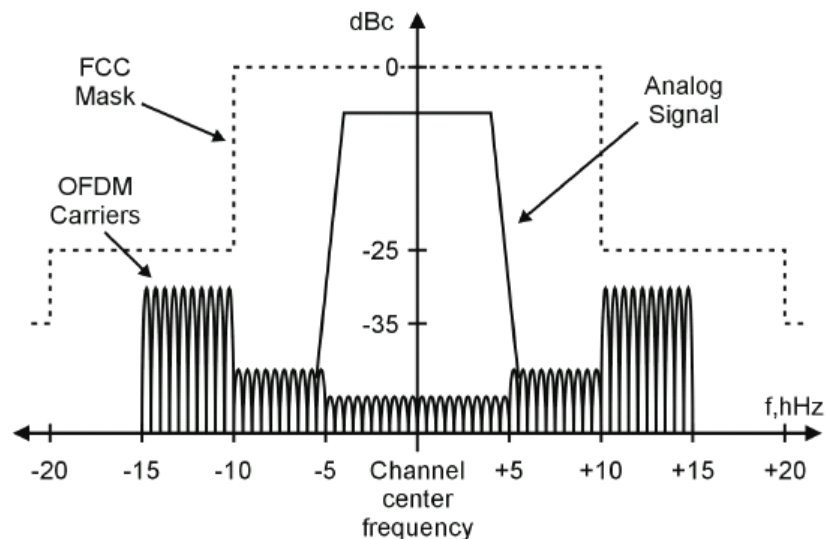
Los asuntos que afectan la calidad del audio recibido, la cobertura digital y la interferencia a la señal analógica tanto como a otras emisoras son:

- ❑ Linealidad del transmisor
- ❑ Ancho de banda de la antena
- ❑ Simetría y rotación en fase de la antena, vista por el transmisor.
- ❑ El uso de compresión de datos en la cadena de audio, incluyendo el radioenlace.
- ❑ Ajustes del procesador de audio
  
- ❑ ***Buena Implementación del IBOC AM: Casi la calidad de FM estéreo, con cobertura casi igual a la analógica.***
- ❑ ***Mala implementación del IBOC AM: Calidad de un internet “streaming” no muy buena, con cobertura menos de la mitad de la analógica.***



# La Máscara Espectral AM de la FCC

## La Máscara Espectral Definida en la FCC 47 CFR §73.44

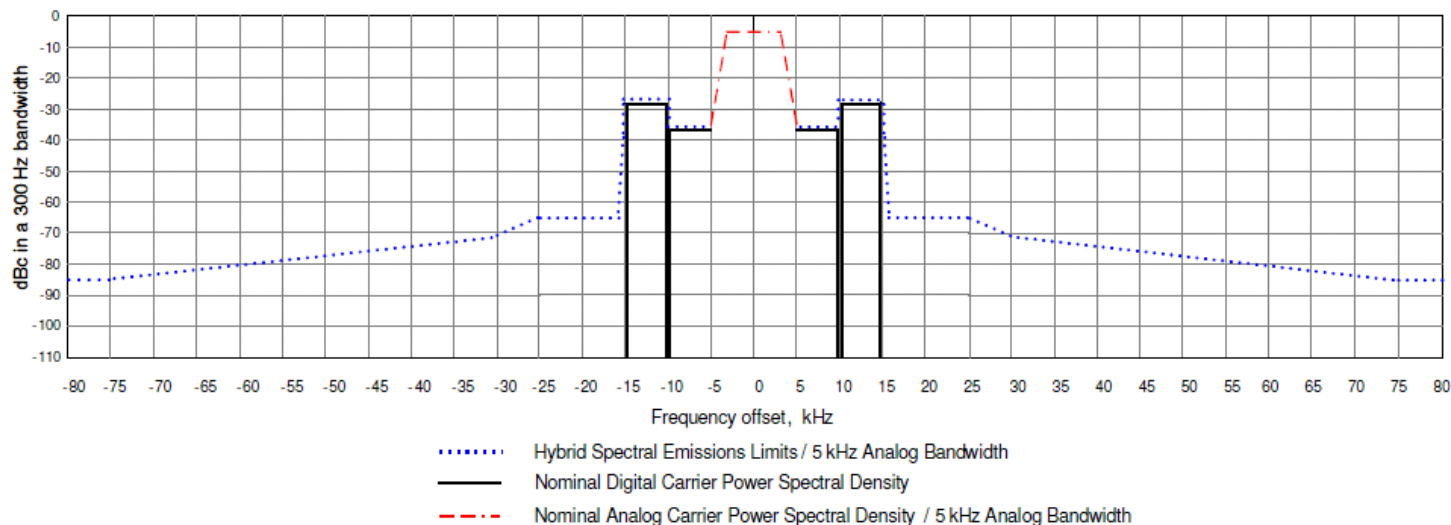


Distancia de la portadora AM	Nivel relacionado a la portadora sin modulación
10.2 to 20 kHz	-25 dB
20 to 30 kHz	-35 dB
30-60 kHz	-5 - 1 dB/kHz
60-75 kHz	-65 dB
> 75 kHz	El menor de -80 ó $[-43 - 10 \log_{10} (\text{potencia en Watts})]$ dBc,



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

# La Máscara Espectral AM de HD Radio



Máscara Espectral de la HD AM	
Distancia de la portadora AM	Nivel relacionado a la portadora sin modulación (dB/300 Hz)
15-15.2 kHz	-28 dB
15.2-15.8 kHz	$[-39 - (\text{Frec in kHz} - 15.2) * 43.3]$ dB
15.8-25 kHz	-65 dB
25-30.5 kHz	$[-65 - (\text{Frec in kHz} - 25) * 1.273]$ dB
30.5-75 kHz	$[-72 - (\text{Frec in kHz} - 30.5) * 0.292]$ dB
>75 kHz	-80dB



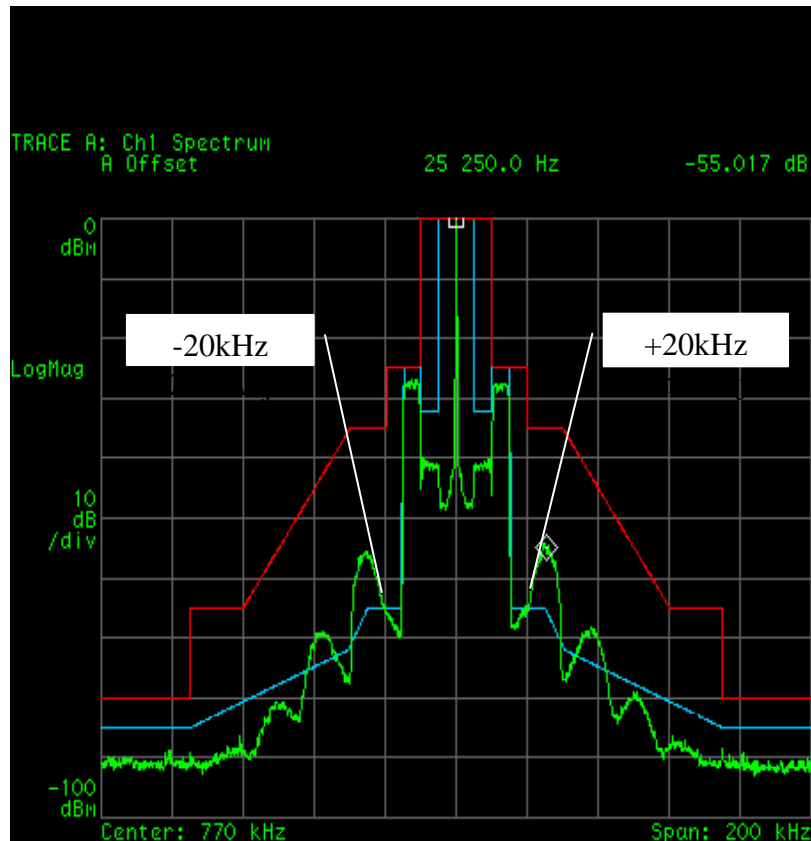
HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation



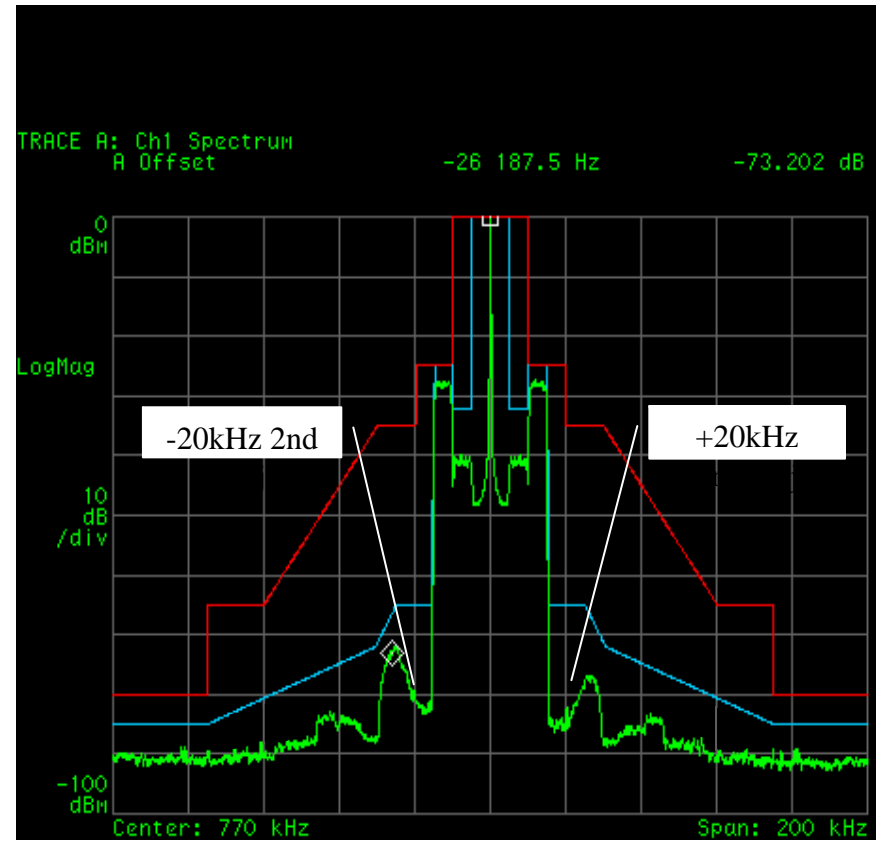
# La Máscara Espectral AM de HD Radio

Es esencial mantener las espurias (“Spectral Regrowth”) dentro de la máscara

Fuera de Ajuste

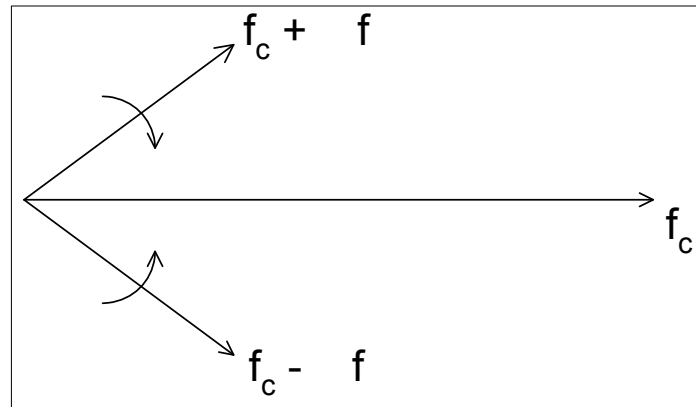


Ajuste Correcto



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

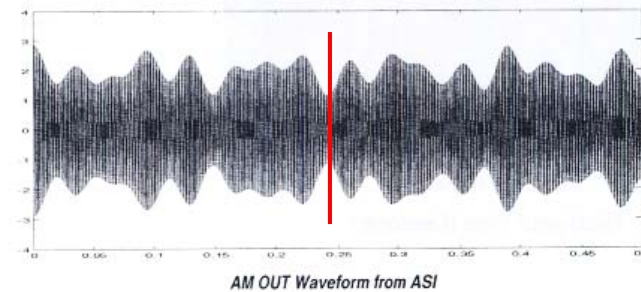
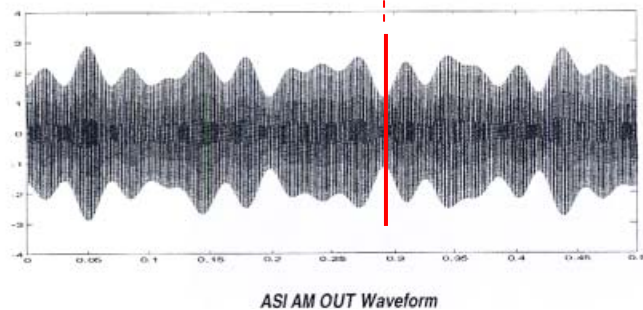
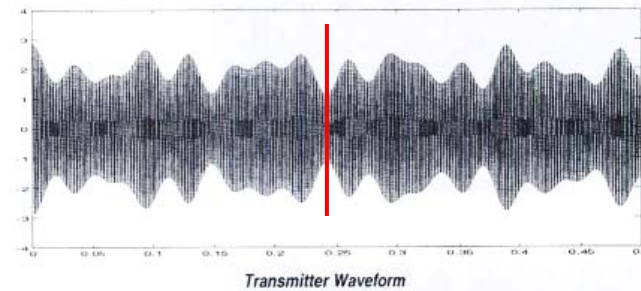
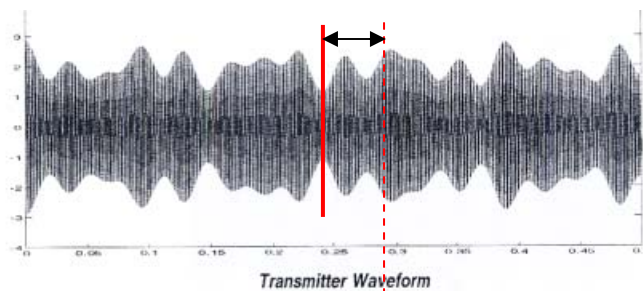
# Especificaciones para una Antena AM



- ❑ Simetría Hermitiana en la forma de onda RF dentro de  $\pm 5$  kHz
- ❑ Las bandas laterales deben ser tan simétricas como sea posible.
- ❑ Sintonía de la antena correcta
  - ❑ Mantener las señales de magnitud y fase en su forma de cuadratura correcta ( $45^\circ$ )
  - ❑ Minimizar la diafonía
    - ❑ *Digital al Analógico*
    - ❑ *Analógico al Digital*
- ❑ Se determina la simetría en el punto en el transmisor donde se suman todos los amplificadores.

# Requisitos del Sistema de Transmisión

- ❑ Antes de evaluar la transmisión AM híbrido para el cumplimiento con la máscara, es importante verificar que el sistema de transmisión esté correctamente ajustado:
- ❑ Las entradas de fase y magnitud del transmisor deben de estar ajustadas a las especificaciones del fabricante para obtener la alineación ideal de fase y magnitud.

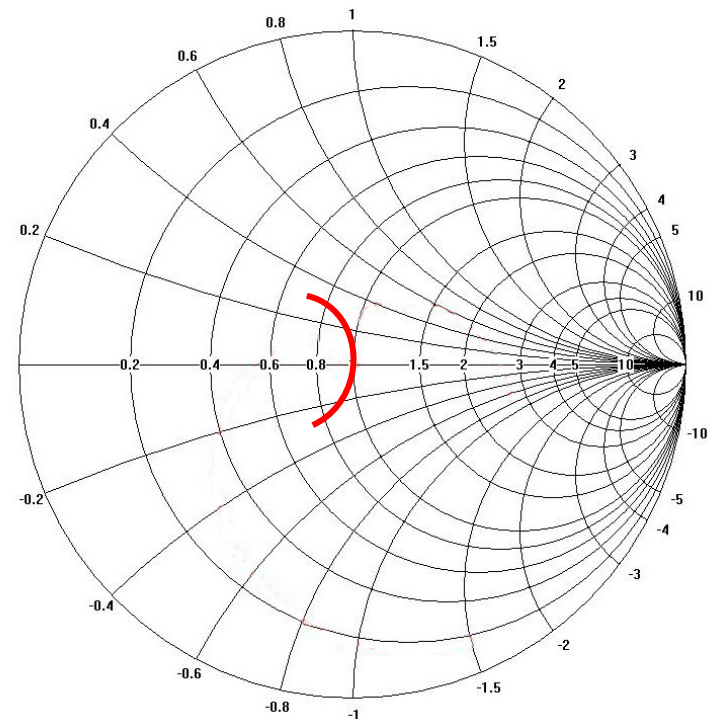


Mal alineado de tiempo

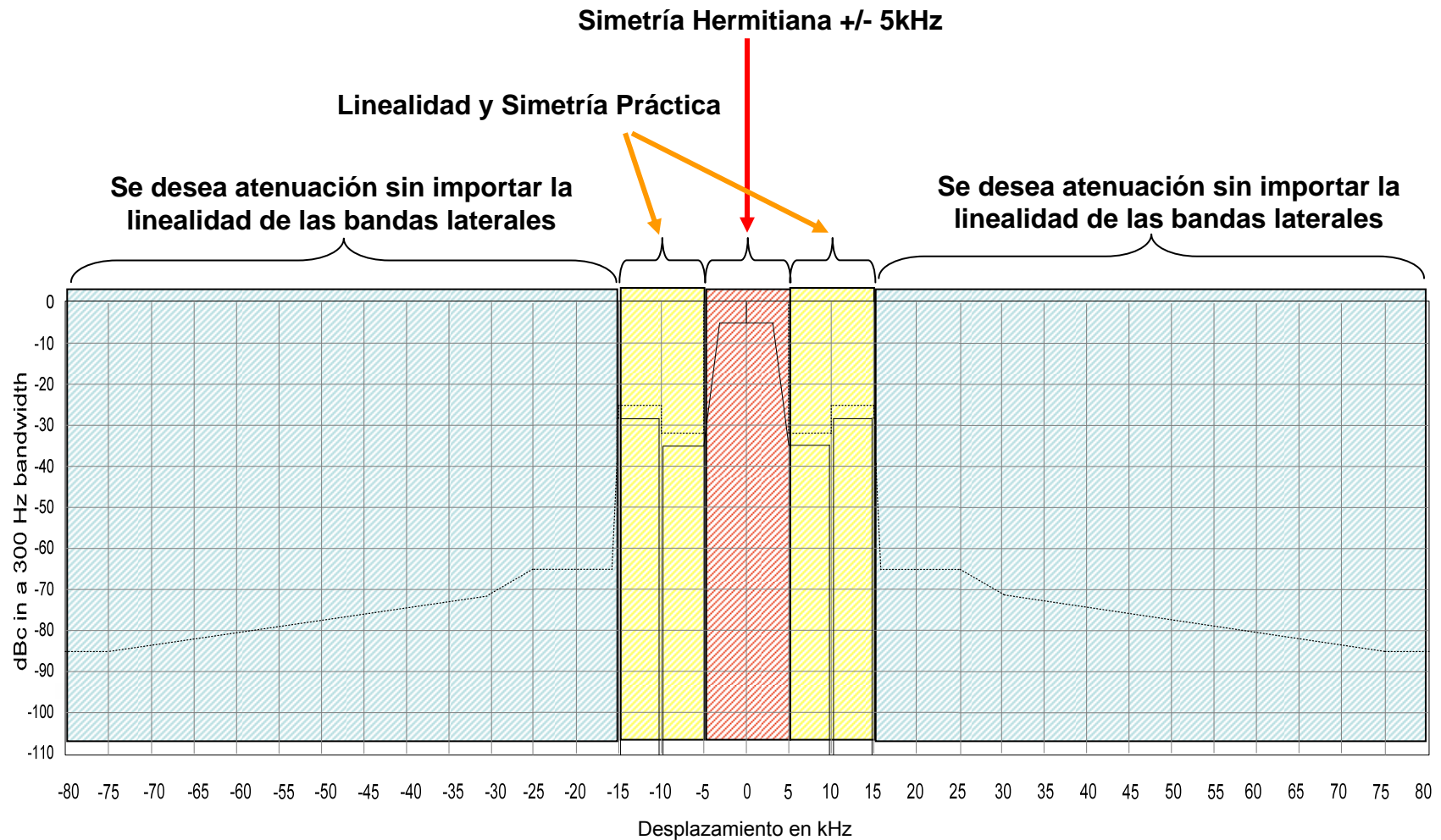
Correctamente alineado

# Simetría Hermitiana

- Se define la simetría de la carga de un transmisor AM como un arco de 30 kHz en la Carta de Smith.
- En la posición de “cuernos a la izquierda”, la carga está en resonancia paralela, y una fuente de voltaje entregará potencia constante, independiente de frecuencia.



# Optimización del Ancho de Banda de las Antenas AM

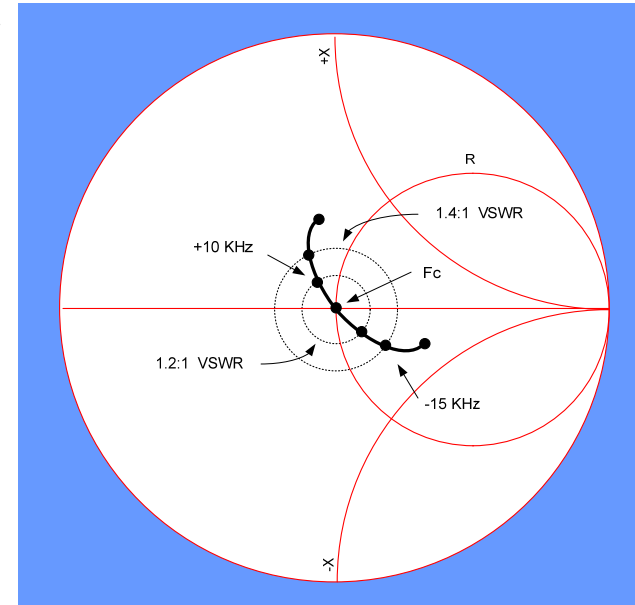


HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation

# Especificaciones de Ancho de Banda de una Antena AM

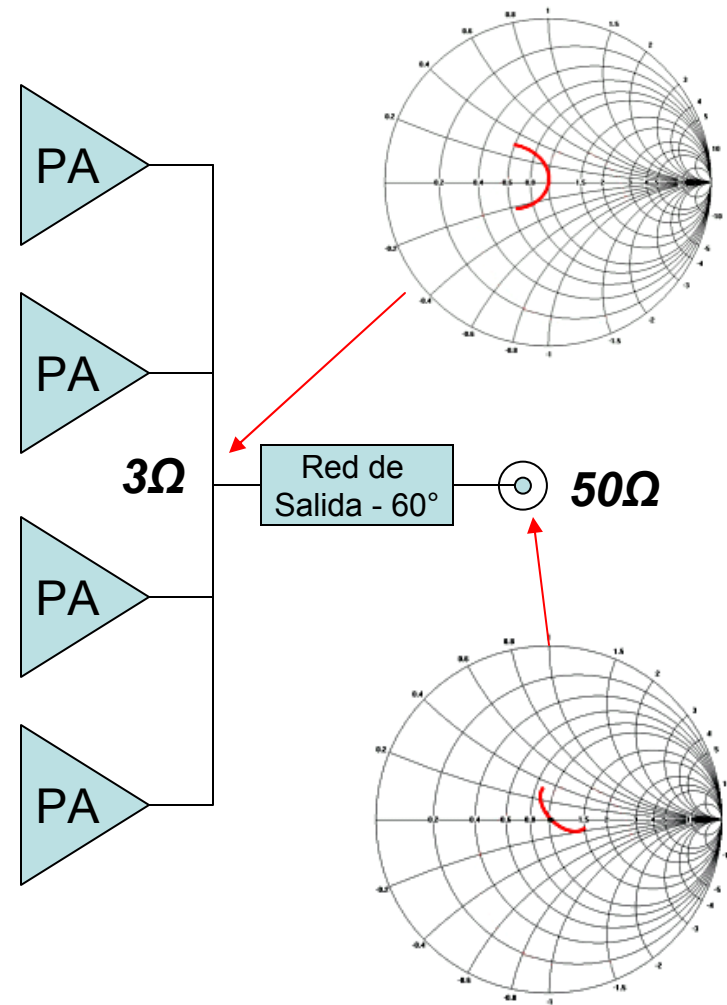
Hay que ajustar o rediseñar el sistema de antena para cumplir con los requisitos de ancho de banda del sistema IBOC:

- ❑ *VSWR medida a la salida del amplificador final:*
  - ❑  $\pm 5$  kHz - VSWR de 1.035:1
  - ❑  $\pm 10$  kHz - VSWR de 1.2:1
  - ❑  $\pm 15$  kHz - VSWR de 1.4:1
- ❑  $\pm 5$  kHz – *Simetría Hermitiana (rotación de fase) – reactancia igual en valor, opuesto en signo.*
- ❑  $\pm 15$  KHz – *Respuesta de frecuencia del transmisor dentro de  $\pm 2.0$  dB, medida en el campo lejano.*
- ❑  $\pm 15$  KHz – *Retardo de grupo constante – dentro de  $\pm 5$  microsegundos. ( $\dot{O}$ ,  $< 27^\circ$  cambio de fase dentro del ancho de banda de 30 kHz)*



# Simetría Hermitiana

- ❑ Un transmisor de estado sólido combina muchos módulos de potencia para producir un nivel de salida más alta.
- ❑ La mayoría de los transmisores son fuentes de voltaje, y operan mejor en una condición de “cuernos a la izquierda” en sus puntos de combinación.
- ❑ La red de salida del transmisor transforma la impedancia baja en este punto a los 50 ohms al conector de salida.
- ❑ La rotación de fase varia entre diferentes modelos de transmisores.
- ❑ Hay que averiguar del fabricante la orientación de fase correcta para su transmisor.



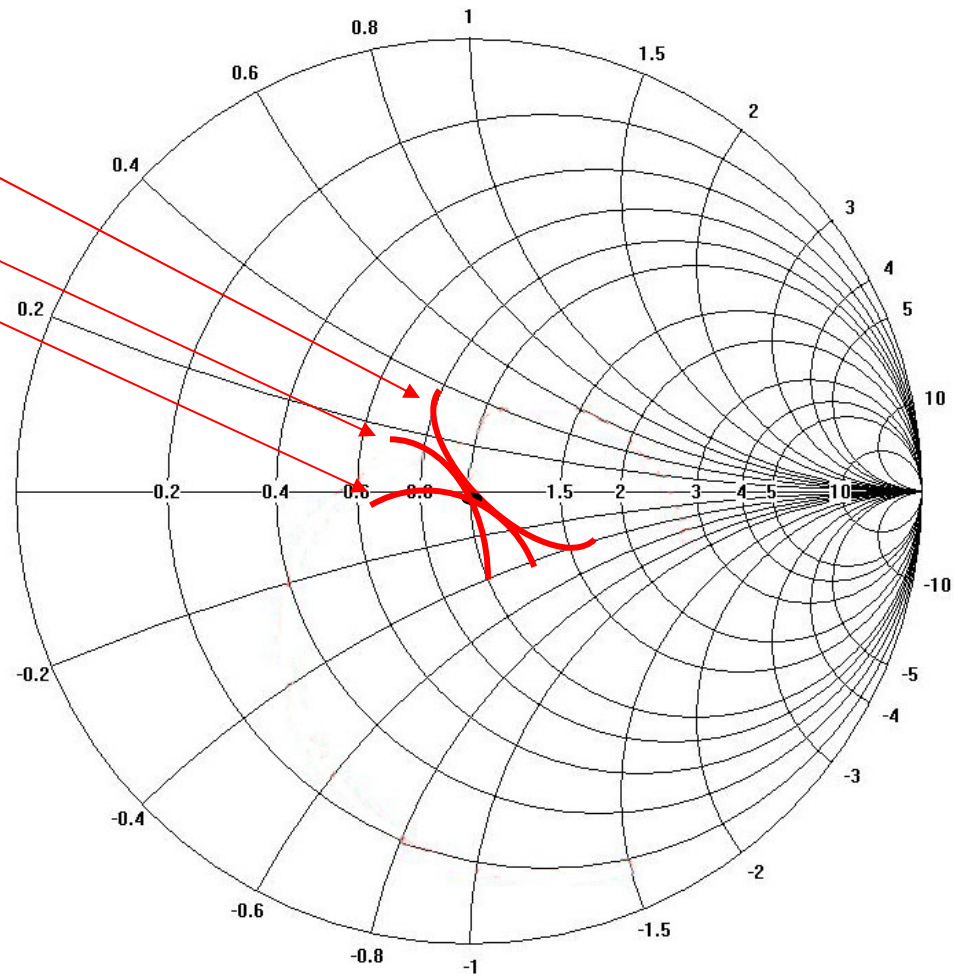
# La Rotación de Fase de Transmisores Diferentes

MARCA "A"

MARCA "B"

MARCA "C"

Visto en la salida del transmisor



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



# Rotación de Fase

## Cómo Ajustar el Acoplador para la Fase de Carga Correcta:

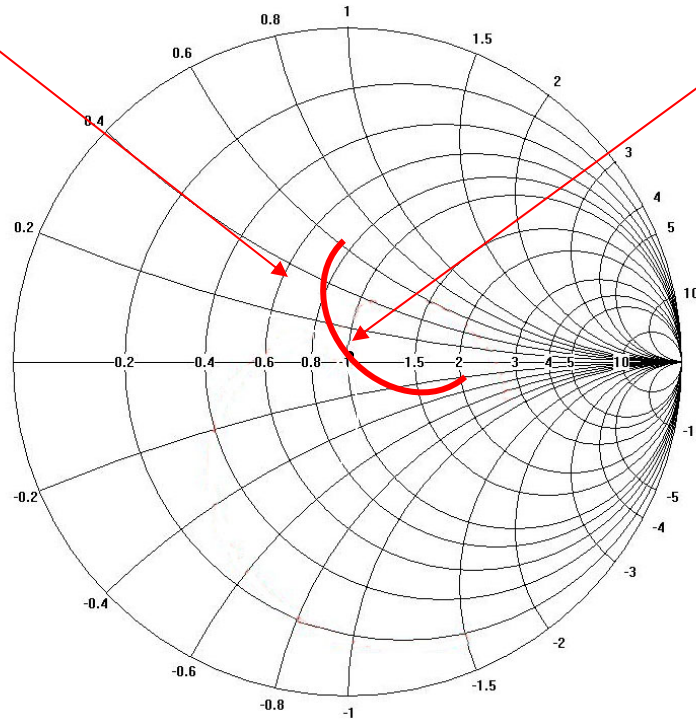
- ❑ Medir la impedancia de la torre  $\pm 15$  kHz.
- ❑ Calcular la longitud de onda eléctrica (rotación de fase) del cable coaxial.  
 *$(\text{longitud en metros}/300) \times 360 \times \text{factor de velocidad del cable} = \text{longitud en grados}$*
- ❑ Averiguar del fabricante el ángulo de fase deseada en la salida del transmisor.
- ❑ Ajustar el retardo de fase del acoplador para presentar la impedancia correcta en el ángulo correcto en la salida del transmisor.



# Ejemplo de la Rotación de Fase

Ángulo de Fase en la  
Entrada del Acoplador

Ángulo de Fase en la  
salida del Transmisor



1000 kHz

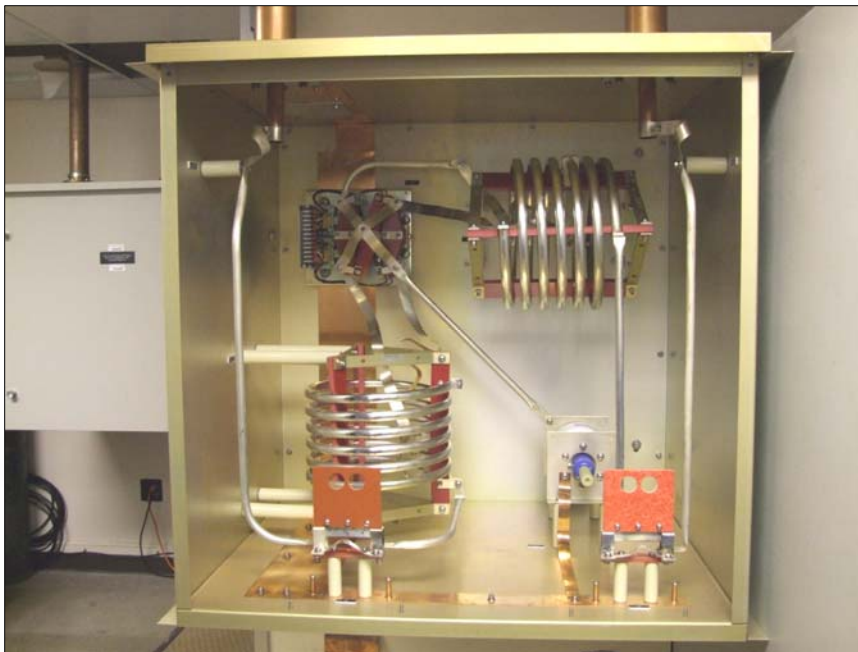
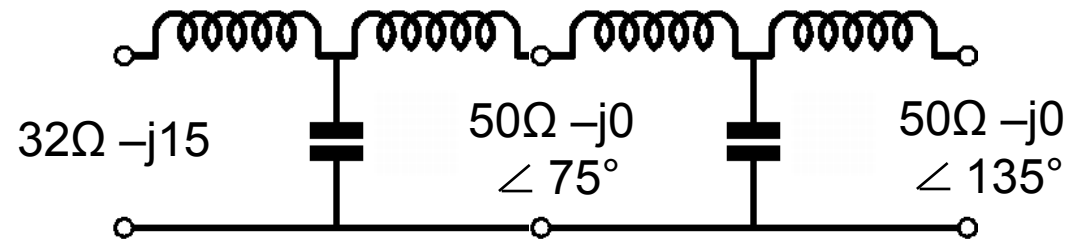


$85 \text{ m. LDF4-50} = 102^\circ \times 0.88 \text{ vf} = 90^\circ$



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

# Rotación de Fase



Red de Rotación de Fase en KYW, Filadelfia

- Para la mejor simetría, a veces se requiere dos redes de acoplamiento en serie – una para ajustar la impedancia a 50 ohms, y la otra para rotar el ángulo de fase.



## 4. EL SISTEMA DE HD RADIO AM

- A. ¿CÓMO FUNCIONA?
- B. ASUNTOS QUE AFECTAN LA CALIDAD AM
- C. LOS TRANSMISORES AM - ASUNTOS DE DISEÑO
- D. MODO MA1 MODIFICADO
- E. EL PROBLEMA DEL RUIDO ELÉCTRICO

# Consideraciones para Transmisores IBOC AM

- ❑ El IBOC AM se transmite usando un solo transmisor para pasar las señales analógica y digital.
- ❑ Entonces el transmisor AM tiene que pasar la señal digital tanto como analógica.
- ❑ El excitador IBOC tiene salidas para las señales analógica y digital en los componentes de:
  - ❑  $(r)$  Amplitud (Magnitud) – Audio Normal + Componente DC
  - ❑  $(\theta)$  Fase – En lugar del oscilador RF interno (Entrada de frecuencia de portadora)
- ❑ La parte  $r$  alimenta la entrada de audio
- ❑ La parte  $\theta$  alimenta una entrada de RF externa



Nautel J1000  
(cumple)

# Consideraciones para Transmisores IBOC AM

- ❑ Una reconstrucción precisa de la señal digital depende de muy buena linealidad en los canales de magnitud ( $r$ ) y fase ( $\theta$ )
- ❑ Buena linealidad  $\Rightarrow$  Bajo nivel de productos IMD (distorsión de intermodulación de audio)
- ❑ Buen rendimiento IPM (modulación de fase incidente)
- ❑ Anchura de banda muy amplia para los componentes  $r$  y  $\theta$   
3 veces la frecuencia de audio más alta. (>45 kHz)
  - ❑ *Necesario para cancelar emisiones fuera de banda*
  - ❑ *Optimiza el rendimiento de la señal IBOC*



Broadcast Electronics AM-5E  
(cumple)



# Consideraciones para Transmisores IBOC AM

## Técnicas para optimizar la linealidad de un transmisor AM:

- ❑ Minimizar los productos IMD con:
  - ❑ *Un modulador con entrada de audio ancha: ~50 kHz*
  - ❑ *Un ancho de banda amplio por toda la cadena RF*
  - ❑ *Bajo IPM (IQM). -35 a -40 dB*
  
- ❑ Adicionalmente para los transmisores PDM:
  - ❑ *Una alta frecuencia de conmutación (>150 kHz) o PDM Multifase*
  - ❑ *Corrección o optimización de los filtros que limitan el ancho de banda*
  - ❑ *Filtros PDM de muy buen diseño, optimizados para buen rendimiento con IBOC.*



Harris DAX-5  
(cumple)



## Consideraciones para Transmisores IBOC AM

- ❑ Desviar los filtros de audio pasabajo en la entrada del transmisor.
- ❑ Ajustar el transmisor para lograr un mínimo de IPM.
- ❑ Se necesita una manera para volver al modo analógico.
- ❑ La modulación negativa – limitada precisamente a -98%
- ❑ Agregar filtros pasabajos a los monitores de modulación analógicos.
- ❑ Decidir – ¿Operación analógica con 5 kHz ó 8 kHz?



Continental Lensa DA-10  
(cumple)





## Consideraciones para Transmisores IBOC AM

Alineación en tiempo de las señales de magnitud ( $r$ ) y fase ( $\theta$ ):

- ❑ Cada transmisor es diferente.
- ❑ Ajustes separados de Día/Noche en el excitador IBOC.
- ❑ Se requiere un analizador de espectro para alineamiento del sistema.
- ❑ Ajustar el alineamiento para minimizar las espurias fuera de banda (“*Spectral Regrowth*”)



Western Electric 106-C  
(NO cumple)

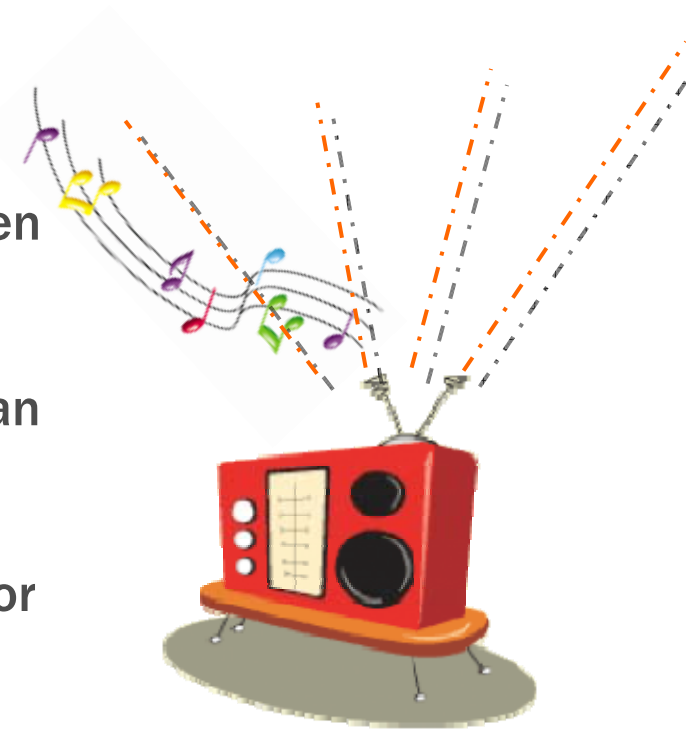


## 4. EL SISTEMA DE HD RADIO AM

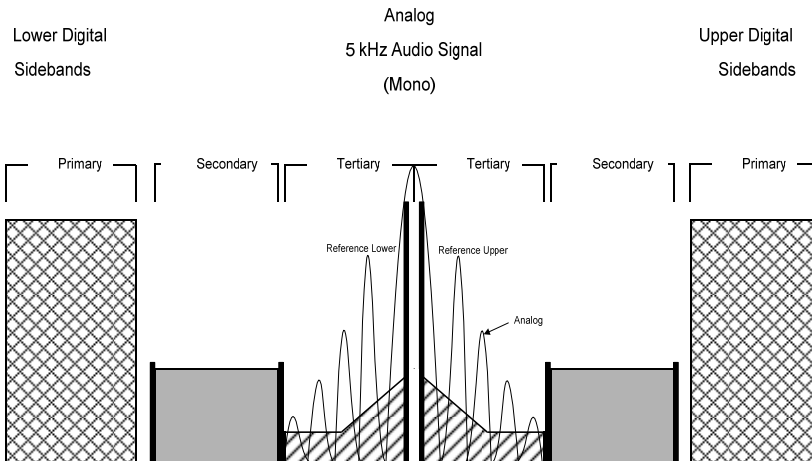
- A. ¿CÓMO FUNCIONA?
- B. ASUNTOS QUE AFECTAN LA CALIDAD AM
- C. LOS TRANSMISORES AM - ASUNTOS DE DISEÑO
- D. MODO MA1 MODIFICADO
- E. EL PROBLEMA DEL RUIDO ELÉCTRICO

# Modo MA1: Asuntos de Compatibilidad con la Señal Anfitriona

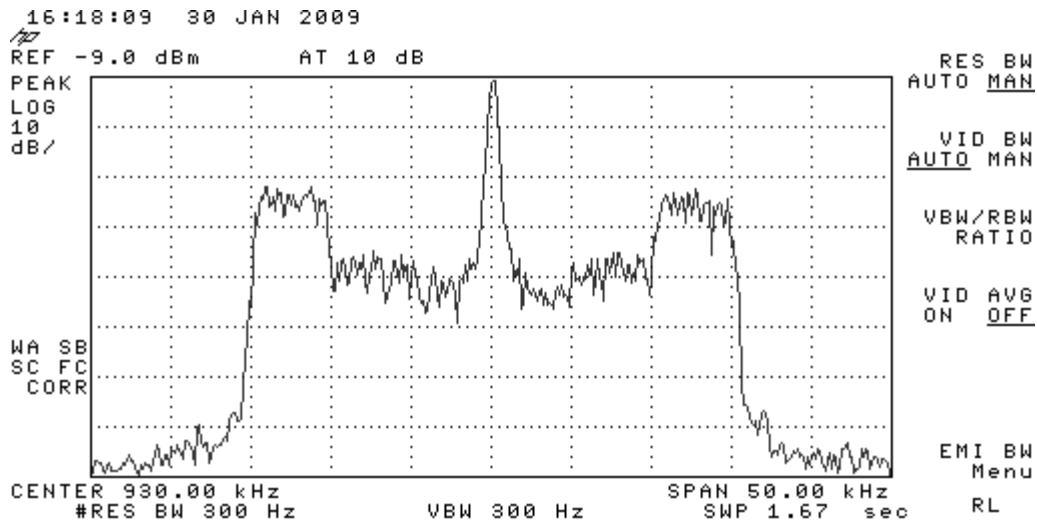
- Asuntos con el Modo MA1 Normal:
  - Las portadoras “Enhanced” y “Core” afectan el rendimiento de Señal/ Ruido en algunos receptores.
  - Receptores de HD Radio y receptores analógicos de banda estrecha demuestran muy poco impacto de Señal/Ruido.
  - Pero algunos receptores de banda ancha reproducen un ruido de fondo causado por las portadoras “Enhanced”.



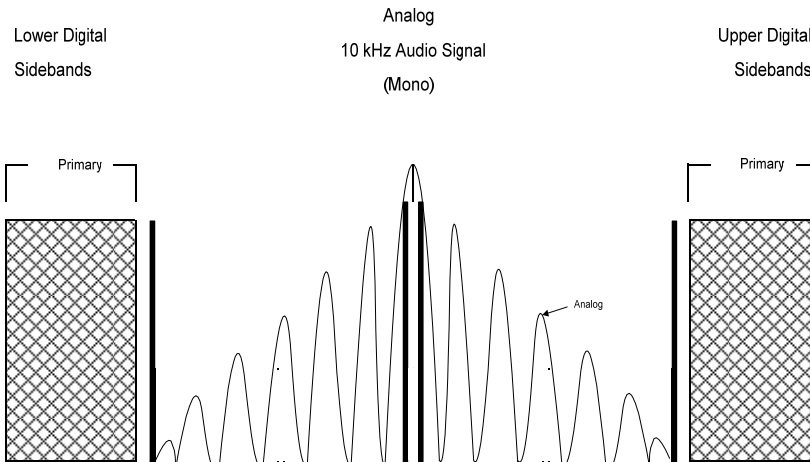
# Configuración Estándar de MA1



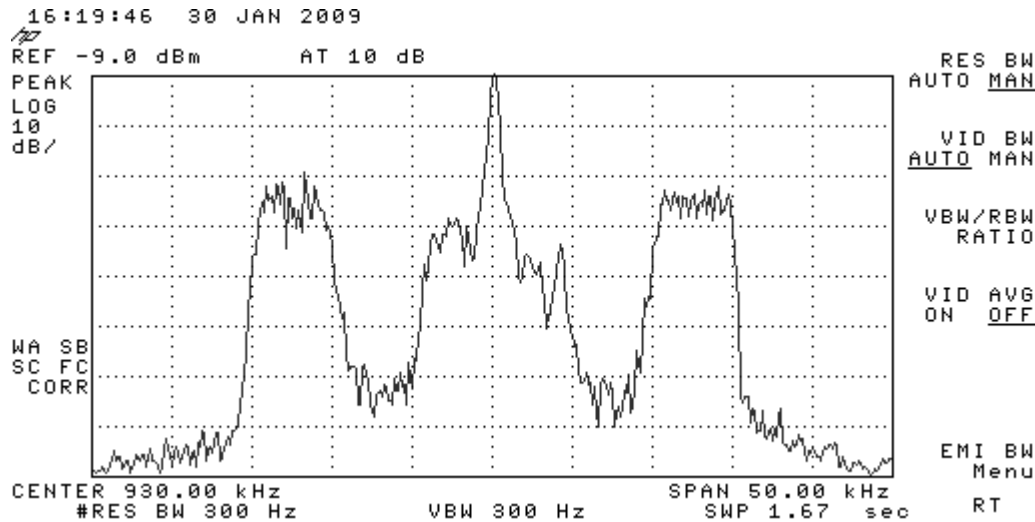
MA1 Stream Dual: "Core/Enhanced"  
Ancho de banda de audio de 5 kHz



# Nueva Configuración MA1 con Ancho de Banda Reducida



Configuración MA1 con Ancho de Banda Reducida - 10 kHz respuesta analógica



## Beneficios del Modo MA1 con Ancho de Banda Reducida:

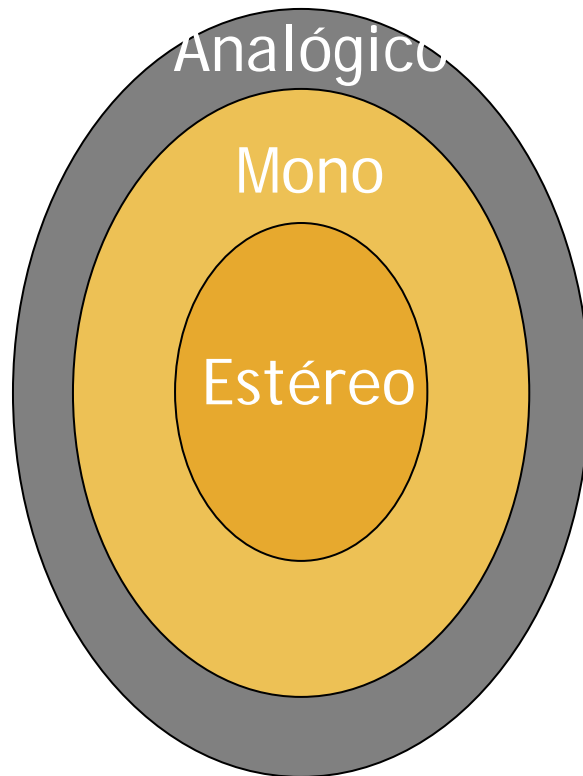
- Relación Señal/Ruido mejorado en casi todos los receptores
- Receptores fabricantes antes de 2003: mejoramiento hasta ~10 dB
- Receptores fabricantes después de 2003: mejoramiento hasta ~6 dB



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

# Comparando Cobertura de los Dos Modos

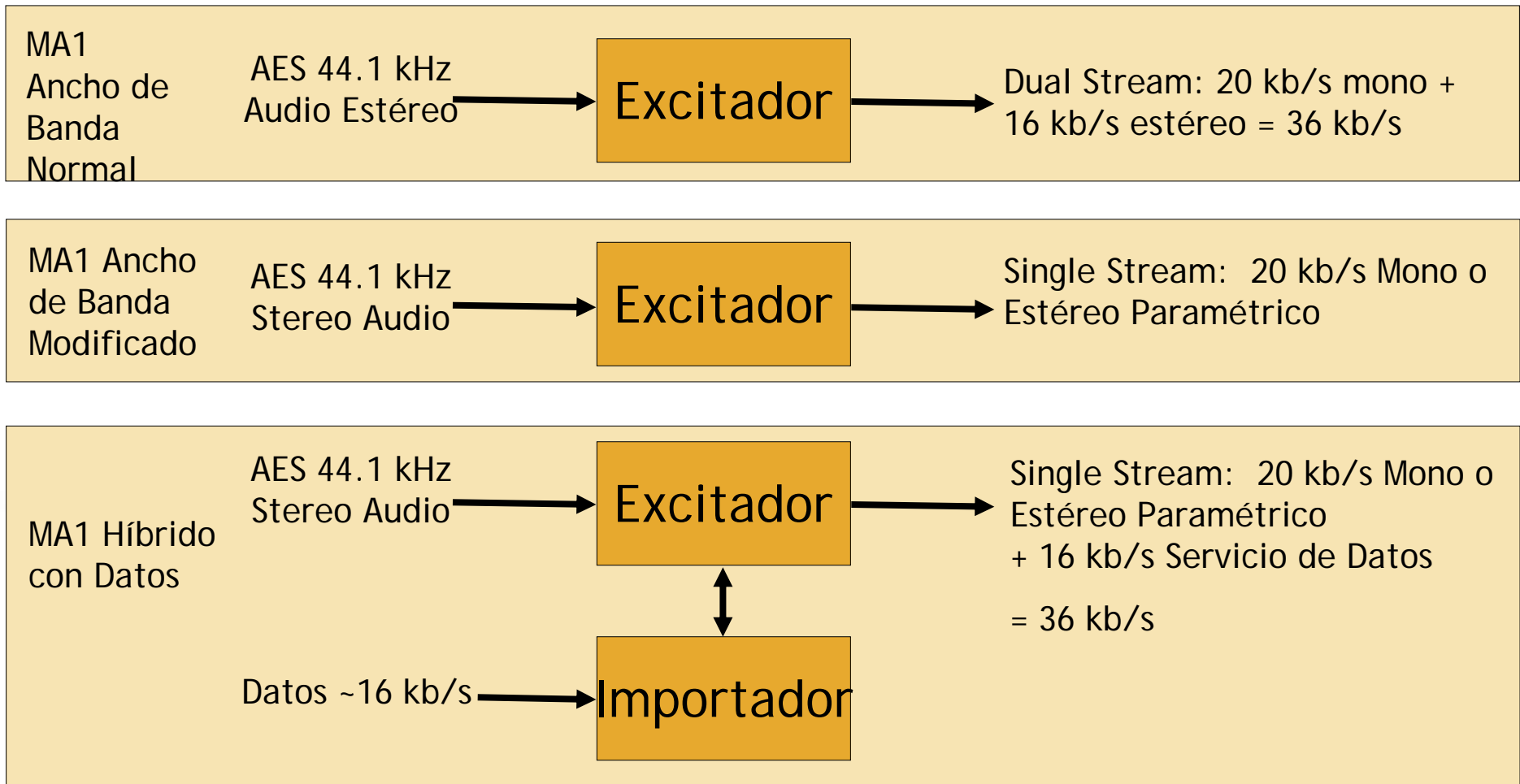
**MA1 Normal**



**MA1 Modificado**



## Opción Adicional: Servicios de Datos para Emisoras AM





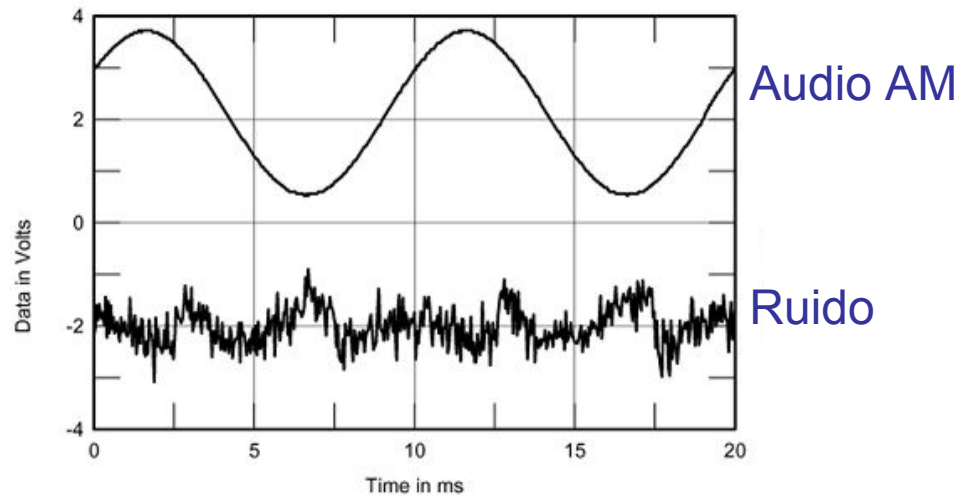


## 4. EL SISTEMA DE HD RADIO AM

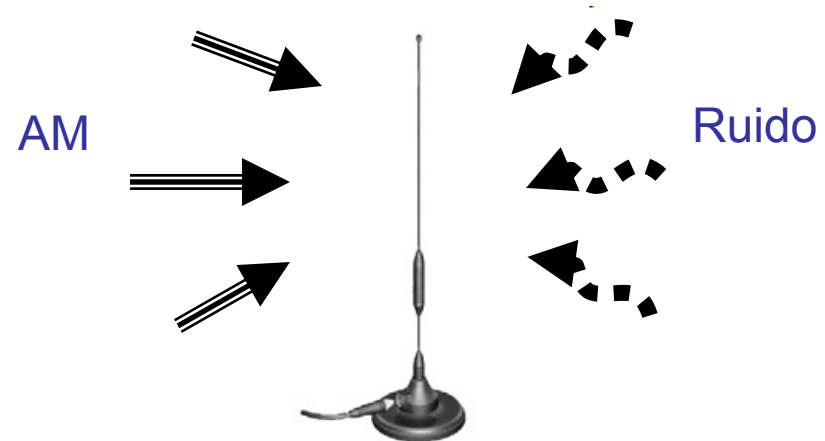
- A. ¿CÓMO FUNCIONA?
- B. ASUNTOS QUE AFECTAN LA CALIDAD AM
- C. LOS TRANSMISORES AM - ASUNTOS DE DISEÑO
- D. EL MODO MA1 MODIFICADO
- E. EL PROBLEMA DEL RUIDO ELÉCTRICO

# El Problema del Ruido Eléctrico en la Banda AM

□ El ruido eléctrico de impulso está amplitud modulada. Los receptores AM no pueden separar la señal deseada del ruido.

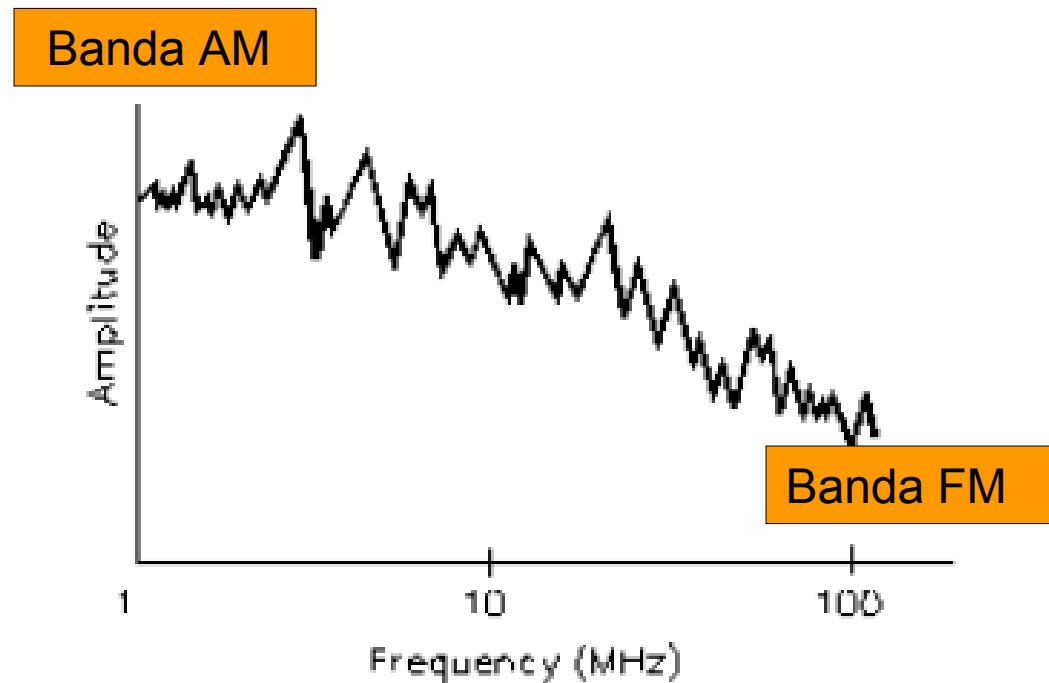


□ Antenas AM Omnidireccionales no pueden discriminar entre la señal deseada y el ruido.



# El Problema del Ruido Eléctrico en la Banda AM

- La amplitud del ruido eléctrico varía en forma inversa con la frecuencia.



# El Problema del Ruido Eléctrico en la Banda AM

- Hay muchas fuentes tradicionales de ruido eléctrico que interfieren con la recepción de la radio AM.

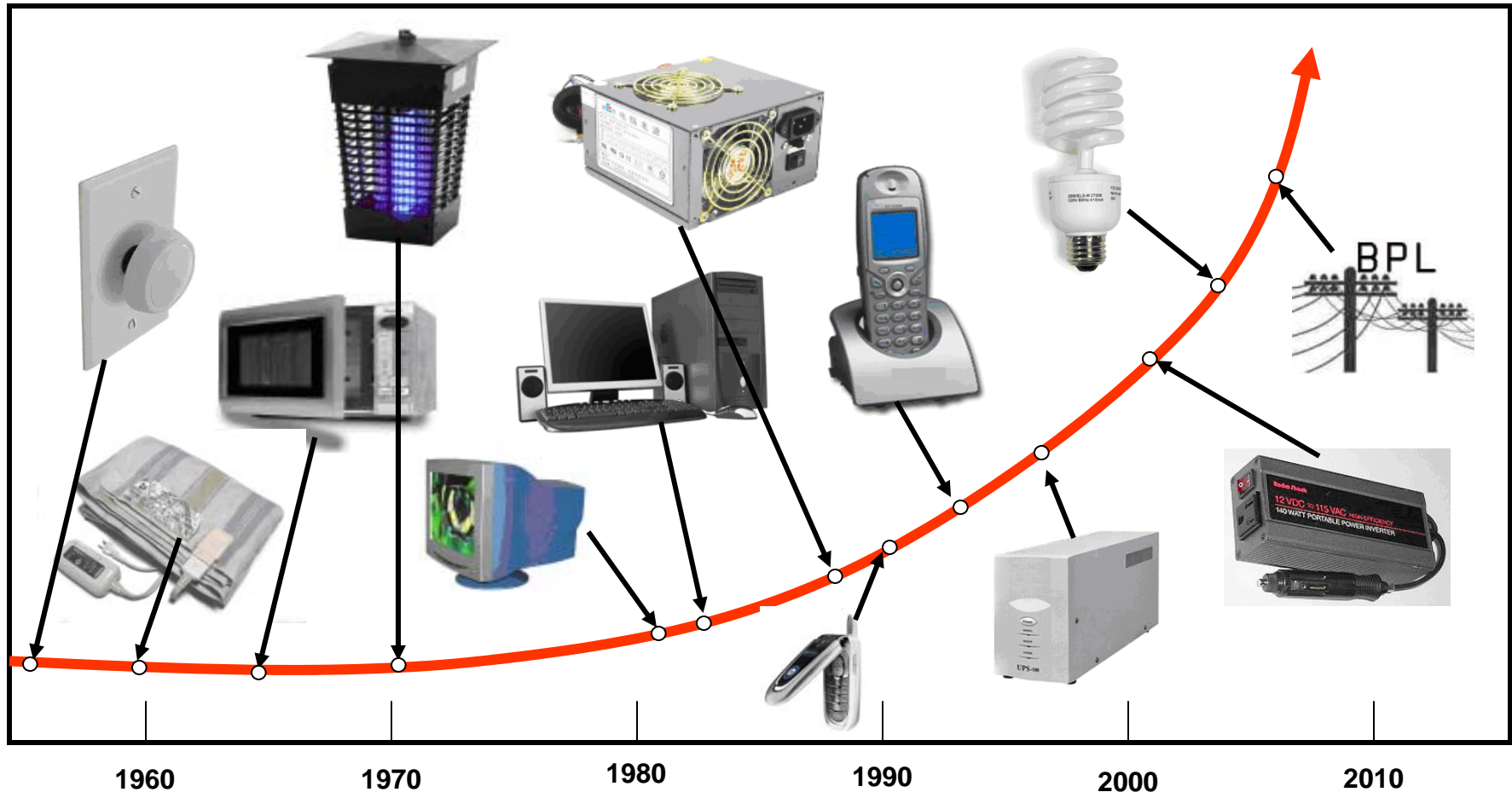


HD Radio™, the Arc and the HD Radio logo are proprietary trademarks of iBiquity Digital Corporation



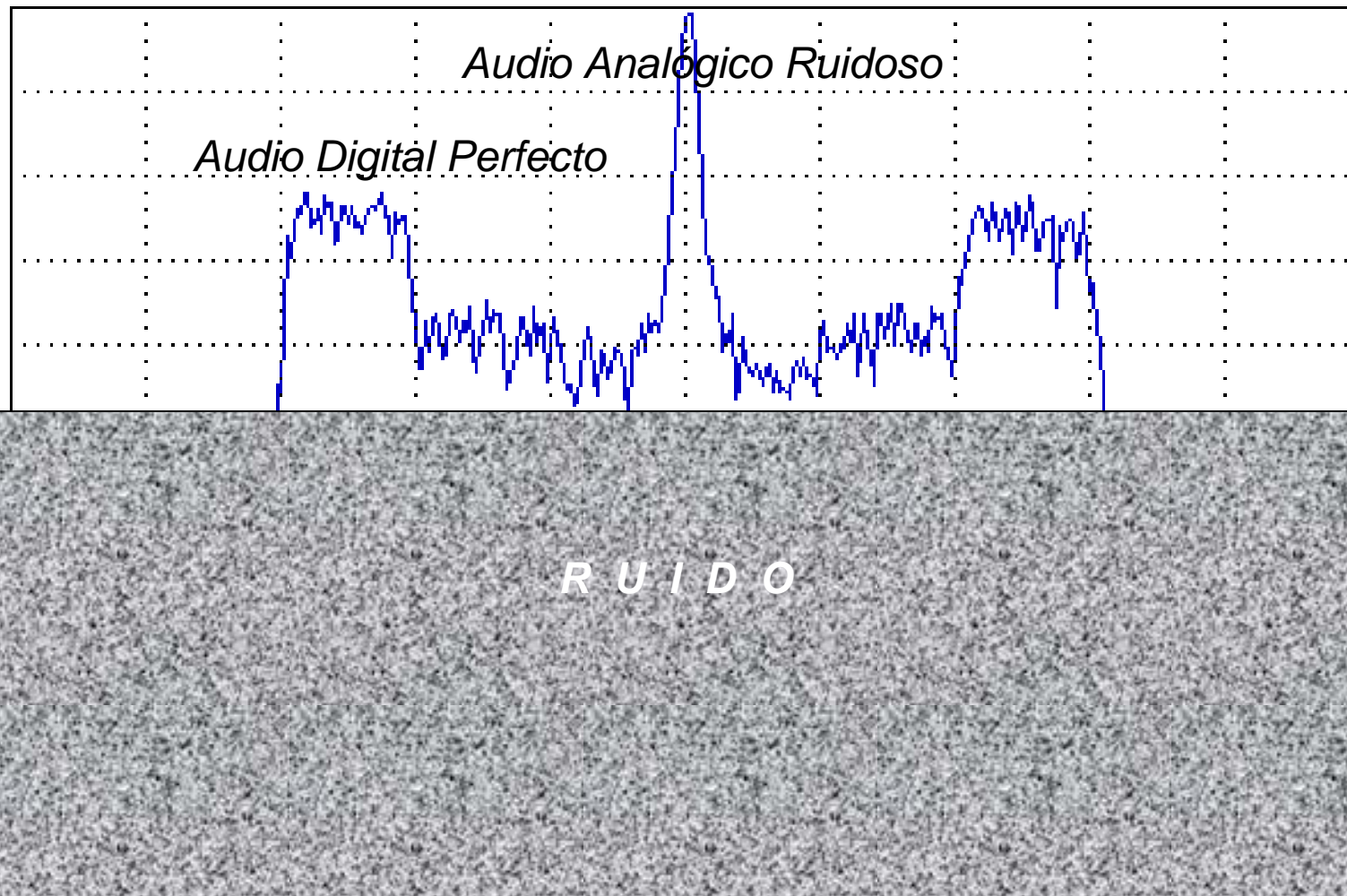
# El Problema del Ruido Eléctrico en la Banda AM

- ❑ Pero, la tecnología está creando nuevas fuentes de ruido todos los días.



# El Problema del Ruido Eléctrico en la Banda AM

- ❑ La transmisión digital ayuda en eliminar niveles de ruido eléctrico BAJOS.
- ❑ Pero la transmisión digital NO puede sobrepasar niveles de ruido ALTOS.



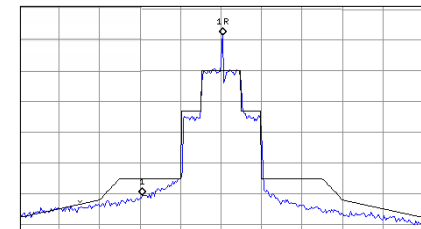
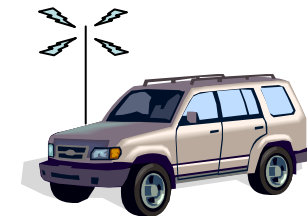
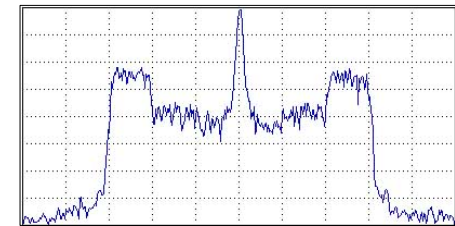
## El Problema del Ruido Eléctrico en la Banda AM

- ❑ La transmisión digital ayuda en eliminar niveles de ruido eléctrico BAJOS.
- ❑ Pero la transmisión digital NO puede sobrepasar niveles de ruido ALTOS.



# El Problema del Ruido Eléctrico en la Banda AM

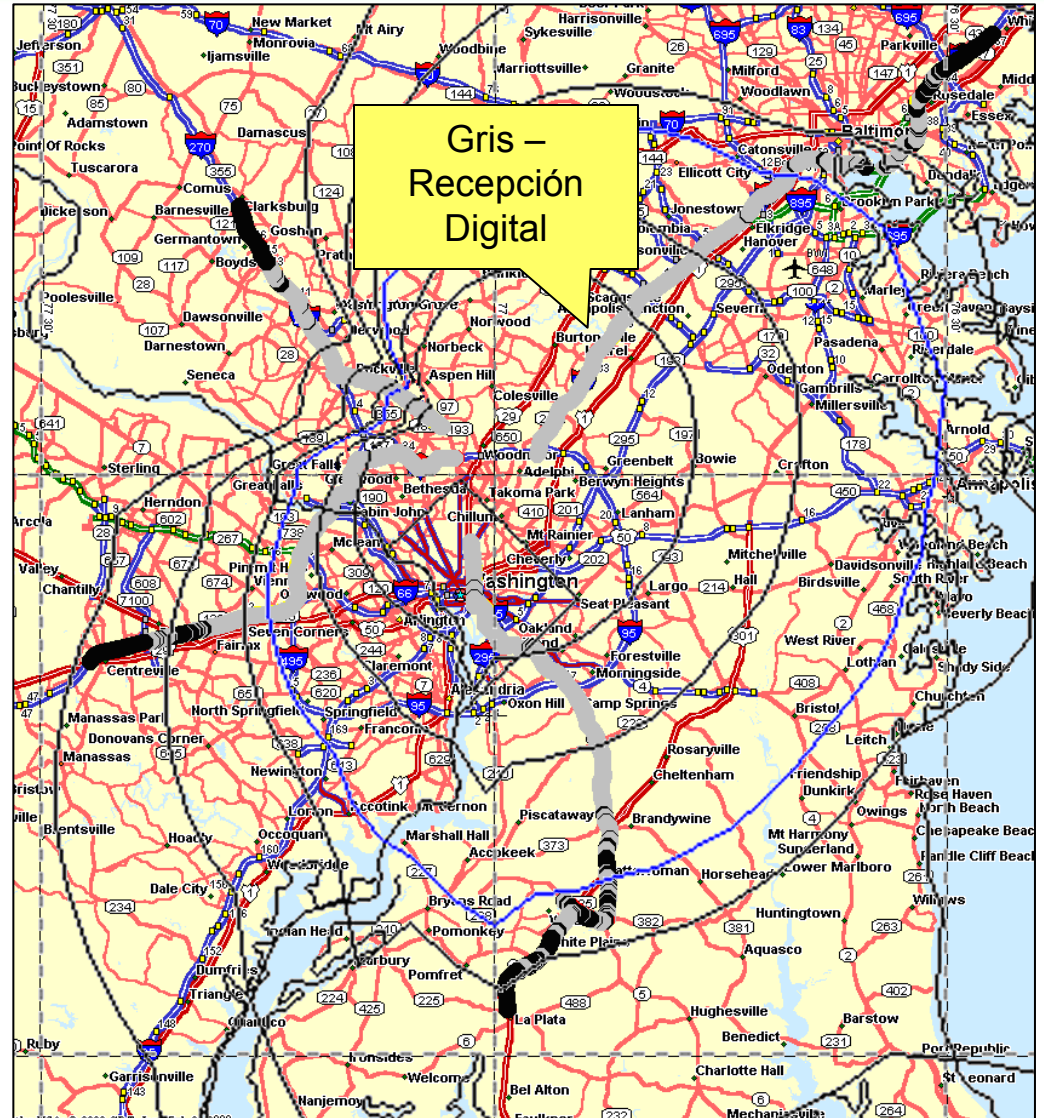
- ❑ Cada vez más, la radio AM analógica no será capaz de superar este problema creciente.
- ❑ La transmisión digital híbrida ofrece a los oyentes de AM una solución intermedia, permitiendo la recepción de alta fidelidad libre de ruido en la mayoría de los lugares, sin la necesidad de espectro nuevo o el reemplazo de receptores en gran escala.
- ❑ Sin embargo, la recepción AM móvil continuará problemática en algunas ciudades grandes.
- ❑ La transición eventual del IBOC híbrido al modo todo digital mejorará bastante la robustez de la recepción en la banda AM.





# Buena Calidad de Recepción con AM Puro Digital

- Prueba del modo MA3 (Puro Digital) en WTOP de Washington.
- Operación con 50 kW nocturno, 1500 kHz.



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

## Fin de Parte 5



# 5 Preguntas P

John Schneider

Director de Negocios para América Latina  
[schneider@ibiquity.com](mailto:schneider@ibiquity.com)