



Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Televisión Analógica

José M. Martínez
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid, SPAIN

JoseM.Martinez@uam.es
tel:+34.91.497.22.58

2008-2009



Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Televisión Analógica

- Historia de la TV
- Fundamentos básicos de TV monocroma
- Difusión analógica
- TV color
- Anexo: Sistemas de TVA

Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Televisión Analógica

- **(pre)Historia de la TV: [A History of Television, Jean-Jacques Peters (EBU)]**

- Transmisión de imágenes fijas

- Transmisión simultánea de imágenes de TV

- Transmisión secuencial de imágenes de TV

- Sistema de exploración mecánica

- Sistema de exploración electrónica

- Evolución (pre)histórica de la Televisión

- Evolución de la Televisión hasta hoy

- Fundamentos básicos de TV monocroma
- Difusión analógica
- TV color
- Anexo: Sistemas de TVA

Transmisión de imágenes fijas

Captación de imágenes **para registro físico**

- Fijas: fotografía, papel o proyectable
- En movimiento: cine, conjunto de fotos

Captación de imágenes **para transmisión**

- Fijas: telefotografía, facsímil, fax
- En movimiento: Televisión

Siguen caminos distintos pero convergen en digital

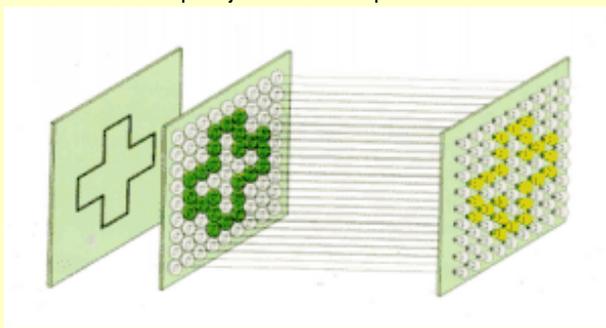
Transmisión simultánea de imágenes de TV

Precursor Joseph May, Irlanda 1873

- Efecto fotoeléctrico: barras de selenio expuestas a la luz varían su resistencia => luz a señal eléctrica

Primer sistema, George Carey, USA 1875

- Sensor. Una célula fotoeléctrica por elemento de imagen, en transmisión.
- Emisor. Una lámpara por elemento de imagen, en recepción.
- Tantos cables como parejas célula/lámpara



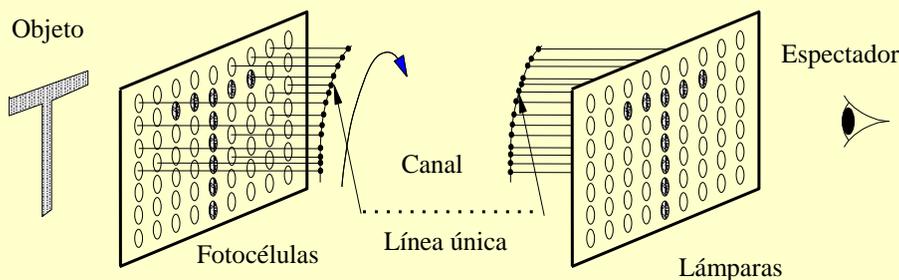
Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009)

Distribución y recepción: Televisión Analógica (5)

Transmisión secuencial de imágenes de TV

Constantin Senlecq, Francia 1881

- Conmutadores rotatorios
- Recorriendo células y lámparas aprovecha la mezcla aditiva temporal (MAT)
- Un único cable, información proporcionada secuencialmente

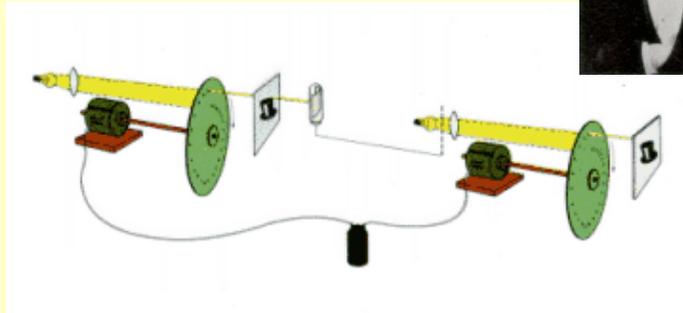


Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009)

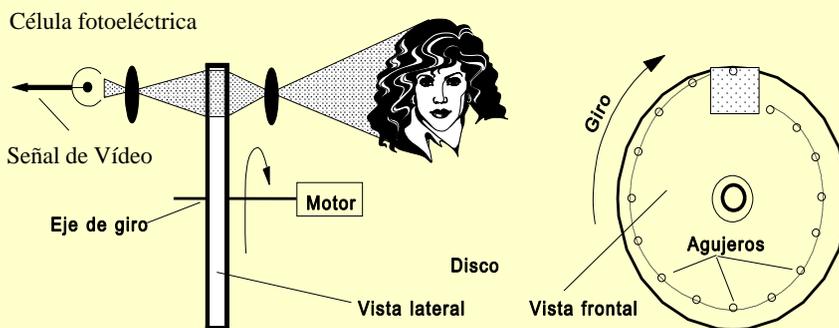
Distribución y recepción: Televisión Analógica (6)

Sistema de exploración mecánica (I)

Paul Nipkow 1884



Sistema de exploración mecánica (II)



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Sistema de exploración mecánica (III)

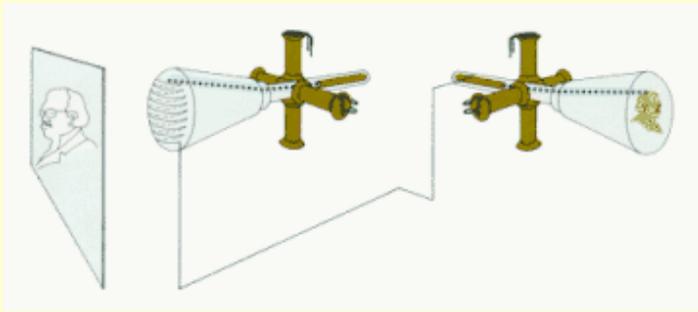
Inconvenientes en velocidad de exploración por medios mecánicos

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (9)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Sistema de exploración electrónica

A.A.Campbell Swinton 1911




Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (10)

Evolución (pre)histórica de la Televisión (I)

1897 **Tubo de rayos catódicos**, K. Ferdinand Braun, Francia

1907 Uso del tubo de rayos catódicos **como pantalla**, Boris Rosing, Rusia

1908 Patente **sistema de exploración electrónica**, A.A.Campbell Swinton, USA

- Ideas teóricas, ya que las células no eran suficientemente sensibles y eran lentas a los cambios de intensidad ... ¡no había amplificadores!

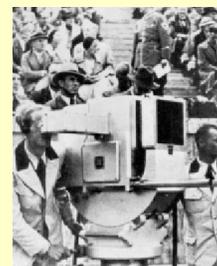
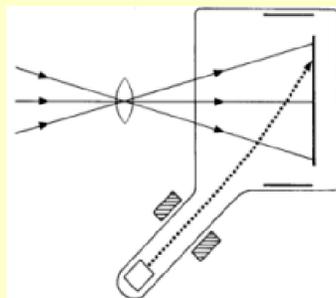
1929 Primeros televisores, Reino Unido

Evolución (pre)histórica de la Televisión (II): el iconoscopio

Mosaico fotoeléctrico que se carga con luz y se lee con haz de electrones



1929 Vladimir Zworykin USA



Olimpiada de Berlín 1936

Evolución (pre)histórica de la Televisión (III)

1935 **Primeras emisiones** experimentales

- Marzo 1935 (Berlín) – Noviembre 1935 (París)
 - o 180 líneas/cuadro; 25 cuadros/seg.
- 1936: olimpiadas de Berlín

1936 BBC

- Noviembre 1936
 - o 240 líneas/cuadro; 25 cuadros/seg.

1937-...

- Febrero (Inglaterra) 405 líneas/cuadro, 25 cuadros/seg., entrelazado
- Alemania: 411 líneas
- Francia: 455 líneas

1941 **Sistema USA b/n**: 525 líneas/30 c/seg.

1952 **Europeo b/n**: 625 líneas/25 c/seg.

1952 USA **NTSC**, RGB a YUV compatible con USA b/n

1961 Francia **SECAM**, compatible europeo

1963 Alemania **PAL**, ídem

Evolución de la Televisión hasta hoy

Mejora de circuitos y equipos de vídeo, “sin limitaciones”

Comunicaciones **Vía Satélite**

Televisión Digital, eliminación redundancia espacial y temporal, compresión

- Otros servicios, digitalización y procesado de vídeo.

Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Televisión Analógica

- **(pre)Historia de la TV: [A History of Television, Jean-Jacques Peters (EBU)]**

 - Transmisión de imágenes fijas*

 - Transmisión simultánea de imágenes de TV*

 - Transmisión secuencial de imágenes de TV*

 - Sistema de exploración mecánica*

 - Sistema de exploración electrónica*

 - Evolución (pre)histórica de la Televisión*

 - Evolución de la Televisión hasta hoy*

- Fundamentos básicos de TV monocroma
- Difusión analógica
- TV color
- Anexo: Sistemas de TVA

Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Televisión Analógica

- **Historia de la TV**
- **Fundamentos básicos de TV monocroma**

 - Sistema de TV monocroma

 - Relación de aspecto de pantalla

 - Frecuencia de cuadro

 - Exploración entrelazada

 - Elección del número de líneas

 - Ancho de banda de la señal de TV

 - Señales de barrido

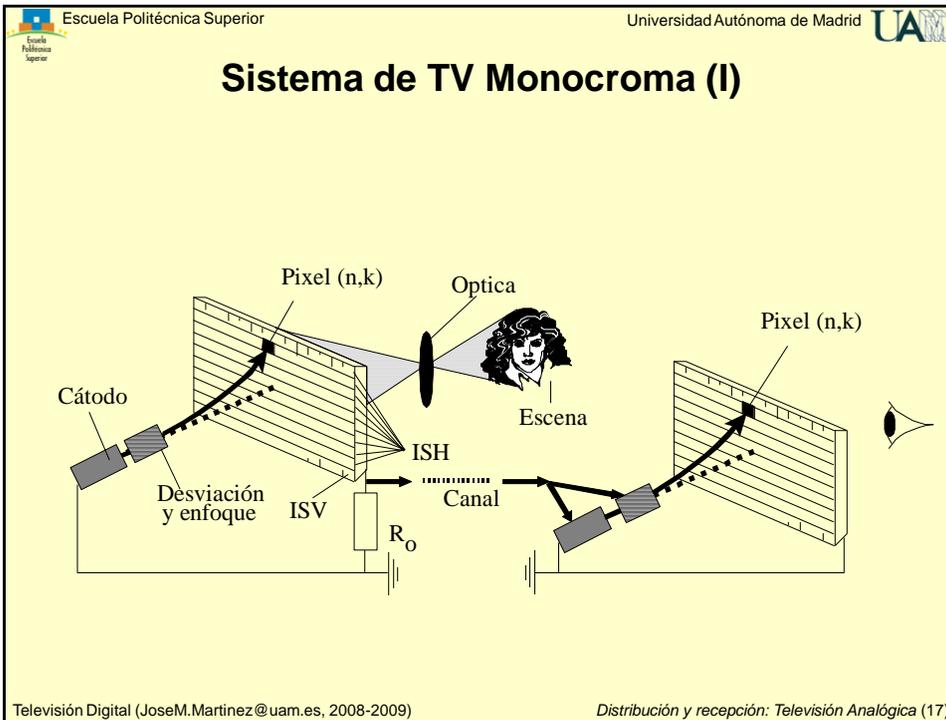
 - Resolución de un sistema de TV

 - Factor de resolución

 - Cartas de ajuste

 - Corrección gamma

- Difusión analógica
- TV color
- Anexo: Sistemas de TVA



- Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid
- ## Sistema de TV Monocroma (II)
- Captaci3n de la imagen
- Enfoque sobre plano fotosensible
 - o Tubo de imagen \Rightarrow Mosaico, blanco o target
 - o CCD \Rightarrow superficie fotosensible
- Generaci3n de imagen el3ctrica
- *píxel* \Rightarrow punto de imagen
- Extracci3n de la informaci3n del plano
- Barrido ordenado de la matriz de *píxeles*
 - *Señal simple de videofrecuencia*
- Televi3n Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribuci3n y recepci3n: Televisi3n Anal3gica (18)

Sistema de TV Monocroma (III)

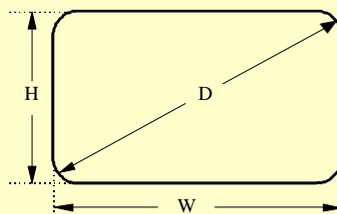
Transmisión de la señal

Presentación sobre el tubo de imagen

Sincronización entre el emisor y el receptor:

- Señales de sincronismo:
 - o Características distintas a la señal de vídeo
 - o Impulso de sincronismo horizontal (ISH)
 - o Impulso de sincronismo vertical (ISV)
- Señal vídeo +ISH +ISV \Rightarrow *Señal compuesta de video frecuencia*

Relación de aspecto pantalla (I)



$$A = \frac{W}{H} = \frac{4}{3} = 1,33$$

$W > H$

- Escenas presentan más movimiento en sentido horizontal.
- $A=4/3 \Rightarrow$ relación usada en el cine de la época

D: diagonal de la pantalla (pulgadas)

Relación de aspecto pantalla (II) (*)

Formatos cinematográficos

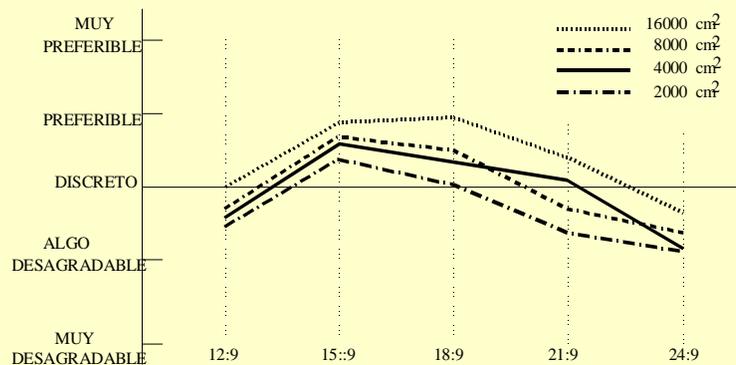
- Origen: 1,33 ($4/3 = 12/9$)
- Película 35 mm: 1,5
- Formato exhibición europeo: 1,67 ($15/9$)
- Formato Academia Americana: 1,85
- Película 70 mm: 2,20
- Cinemascope: 2,35 ($21/9$)

Formato TV actual es insuficiente

Formatos de pantalla ancha y HDTV: 16/9 (1,78)

Relación de aspecto pantalla (III) (*)

Preferencia de los usuarios

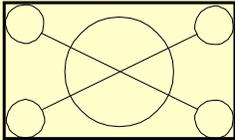


Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

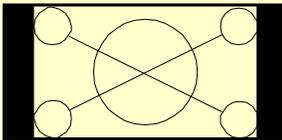
Relación de aspecto pantalla (IV) (*)

Adaptación formato 4:3 a 16:9

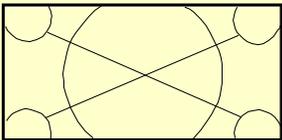
Imagen 4:3



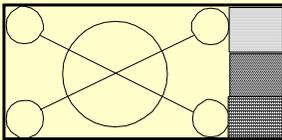
Window



Zoom



Formatos 16:9



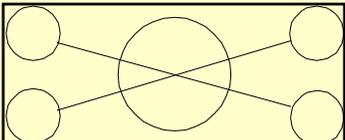
Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (23)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

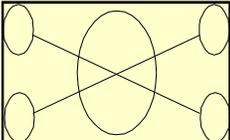
Relación de aspecto pantalla (V) (*)

Adaptación formato 16:9 a 4:3

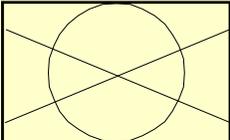
Imagen 16:9



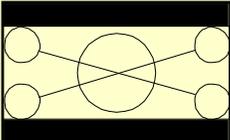
Anamórfica



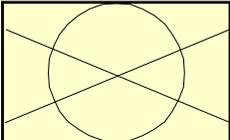
Pan/Scan Normal PS



Letter Box (buzón) Normal LB



Pantalla 4:3



Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (24)

Frecuencia de cuadro (I)

Cuadro (*frame*) \Rightarrow Imagen completa

Frecuencia de cuadro: nº de cuadros transmitidos por segundo

- Periodo debe ser inferior a 50 ms (>20 cuadros/seg)

Valor lógico \Rightarrow frecuencia del cine

Se tuvo en cuenta la frecuencia de la red eléctrica

- Estable \Rightarrow válida para sincronizar distintos equipos
- Interferencia dentro de la señal de vídeo

Europa: 50 Hz \Rightarrow 25 cuadros/segundo

América: 60 Hz \Rightarrow 30 cuadros/segundo

Parpadeo depende de:

- Brillo de la imagen y de la Frecuencia de cuadro
- A más frecuencia más brillo (sin parpadeo)
- Ley de Ferry-Porter:

Frecuencia de cuadro (II) (*)

Conversión de cine a TV:

- Europa: 24 \Rightarrow 25. Sencillo
- América: 24 \Rightarrow 30. Complica la circuitería

Actualmente no se tiene esa dependencia de la frecuencia de la red

- América se modificó a 29,94 por interferencia:
batido de la subportadora de color y la portadora de sonido

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

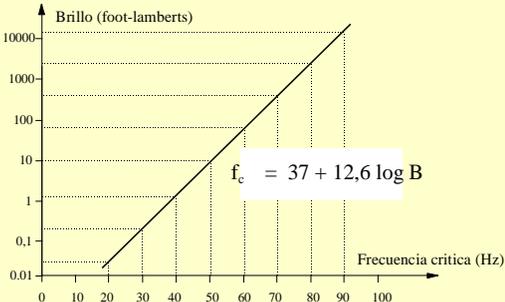
Frecuencia de Cuadro (III) (*)

Parpadeo depende de:

- Brillo de la imagen y de la Frecuencia de cuadro
- A más frecuencia más brillo (sin parpadeo)

Ley de Ferry-Porter:

- $f_c = 37 + 12,6 \log B$
o B: brillo en foot-lamberts



Frecuencia	Brillo
25	0,11
50	10,8
100	100.000

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (27)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Exploración entrelazada (I)

Evitar parpadeo a 25 imágenes por segundo implica usar un nivel de brillo muy bajo en los receptores

- A más frecuencia más brillo (sin parpadeo)
- 25 fps => 0,11 foot-lamberts

Solución: aumentar la frecuencia de cuadro

- Transmitir más imágenes => mayor ancho de banda
- Repetir imágenes:
 - o Solución adoptada por el cine
 - o TV convencional no dispone de memoria de almacenamiento
 - o TV (100 Hz): mecanismo similar al cine
- Entrelazado

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (28)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Exploración entrelazada (II)



CAMPO A
CAMPO B
CUADRO

Exploración de líneas impares: campo A
Exploración de líneas impares: campo B

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (29)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Exploración entrelazada (III)

Ventajas:

- Frecuencia de 50 campos por segundo \Rightarrow evita el parpadeo con niveles de brillo mayores
 - o Para el ojo es como si fueran 50 imágenes por segundo

Inconvenientes

- Vibración interlínea (*interline twitter*)
 - o Vibración vertical en contornos estáticos horizontales (cambio de línea) por distinta línea
- Desplazamiento de línea (*line crawl*)
 - o Efecto de desplazamiento en algunas imágenes por distinto tiempo de línea
- Pérdida de resolución vertical (efecto Kell)
 - o Se perciben menos líneas de las teóricas por márgenes en el muestreo vertical

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (30)

Exploración entrelazada (IV) (*)

Solución actual \Rightarrow Sistemas con memoria

- Repetición de cada campo \Rightarrow 100 campos/segundo
- Almacenamiento de la imagen completa \Rightarrow 50 imágenes por segundo
 - o No se gana en calidad ya que la exploración se hizo en entrelazado
- Sistemas PPS: PAL Progressive Scan

Elección del Número de Líneas (I)

Nº de líneas suficiente para que el ojo vea una imagen continua \Rightarrow Agudeza Visual

- continuidad si separación de $1/60^\circ$

Solución de compromiso:

- Resolución vertical
- Ancho de banda necesario

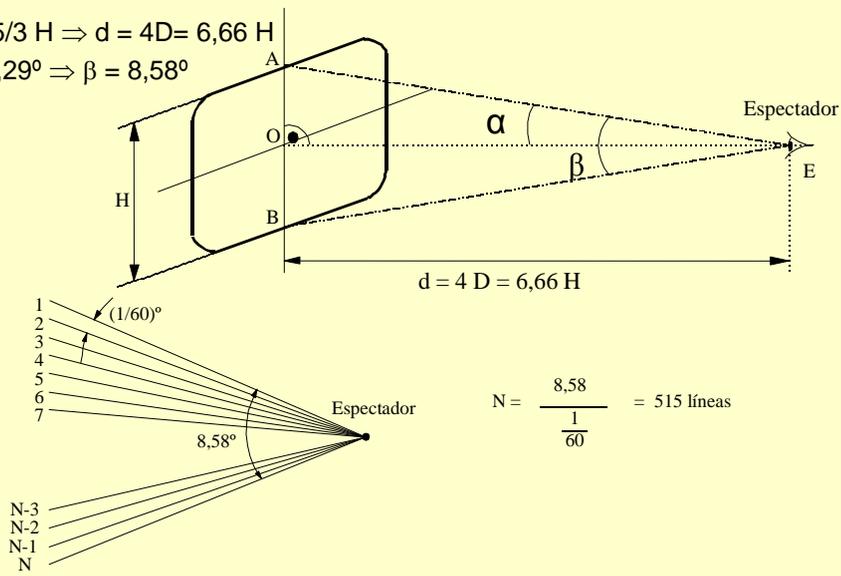
Determinación del número de líneas

- *Regla de los pintores*: distancia de observación (d) es 4 veces el valor de la diagonal (D)

Elección del Número de Líneas (II)

$$D = 5/3 H \Rightarrow d = 4D = 6,66 H$$

$$\alpha = 4,29^\circ \Rightarrow \beta = 8,58^\circ$$



$$N = \frac{8,58}{\frac{1}{60}} = 515 \text{ líneas}$$

Elección del Número de Líneas (III)

Consideraciones:

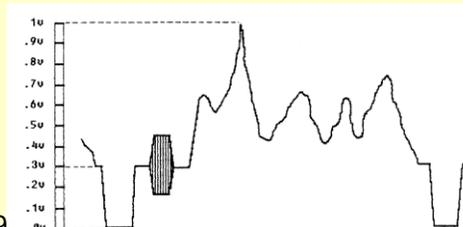
- Número de líneas visibles > 515
- Número impar de líneas
- Margen de seguridad de líneas ocultas
- Tiempo de retorno del haz de electrones en barrido vertical
- Frecuencia de línea \Rightarrow múltiplo de la frecuencia de cuadro

Sistema PAL: $N = 625$

- $f_{\text{línea}} = 625 \cdot 25 = 15625 \text{ Hz}$
- $T_h = 64 \mu\text{s} (12+52)$

Sistema NTSC: $N = 525$

Sistema SECAM (Francia): $N = 819$



Ancho de banda de la señal de TV (I)

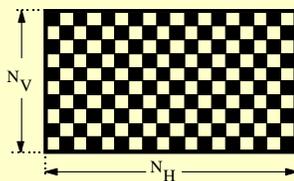
Variación temporal de la señal:

- Variaciones lentas \Rightarrow menor ancho de banda
- Variaciones rápidas \Rightarrow mayor ancho de banda

Señal de vídeo:

- Imagen uniforme \Rightarrow mínima información
- Aspecto tablero de ajedrez \Rightarrow máxima información

Ancho de banda de la señal de TV (II)



$$f_{video} = \frac{N_v^2 Z f_{cuadro}}{2}$$

$$N_v = 625$$

$$f_{cuadro} = 25$$

$$Z = 1,33$$

$$\Rightarrow f_{video} = 6,5 \text{ Mhz}$$

Ancho de banda de la señal de TV (III)

Imagen damero (relación aspecto $Z = 4/3$)

- Cuadros en vertical 1 línea de ancho: $\Rightarrow N_V$
- Cuadros en horizontal mismo ancho: $\Rightarrow N_H = Z \cdot N_V$
- Puntos por imagen $\Rightarrow N_V \cdot N_H = N_V^2 \cdot Z$
- Puntos por segundo $\Rightarrow N_V \cdot N_H \cdot f_{cuadro} = N_V^2 \cdot Z \cdot f_{cuadro}$
- Ciclos/periodos por segundo (un armónico)

$$\Rightarrow f_{video} = \frac{N_V^2 \cdot Z \cdot f_{cuadro}}{2}$$

Ancho de banda de la señal de TV (IV)

Radiodifusión: 5 Mhz

Estudios de producción:

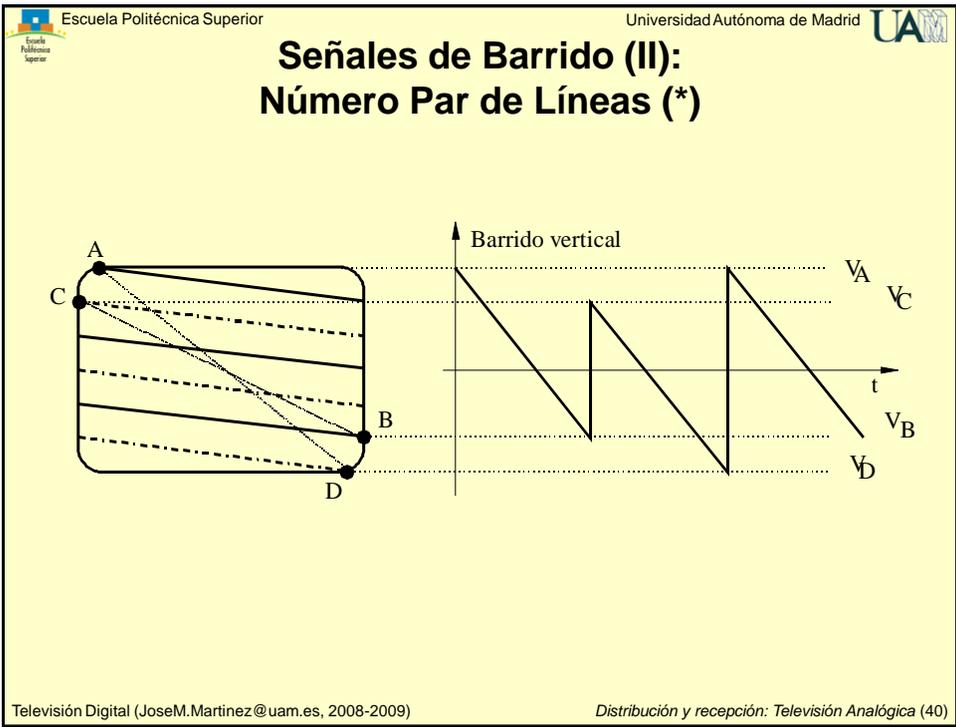
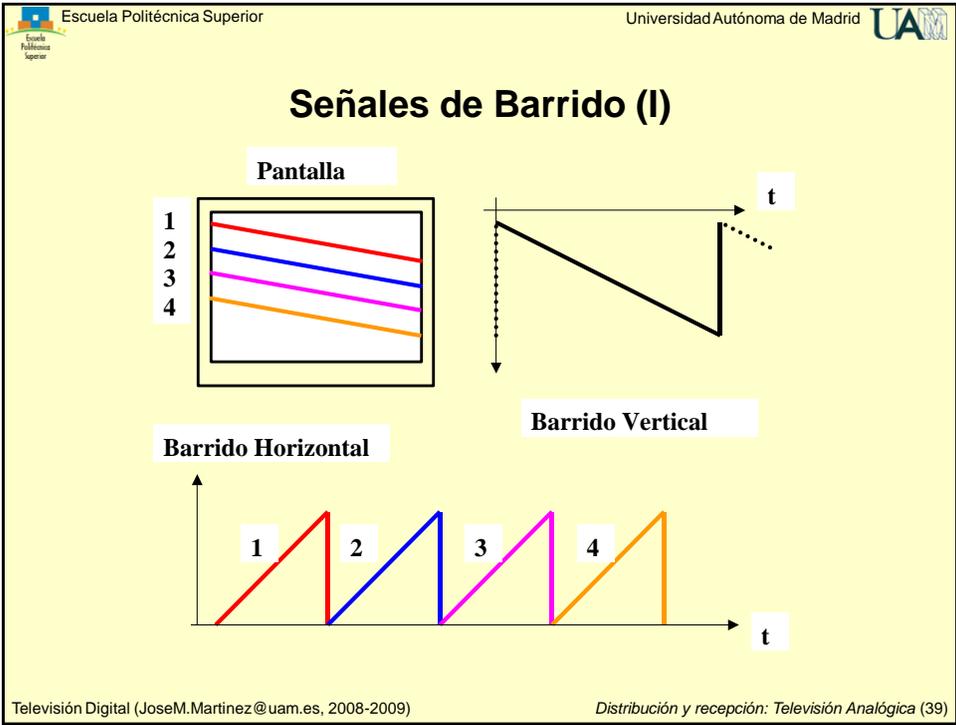
- Mayor ancho de banda

Receptores domésticos:

- Menor ancho de banda
 - VHS: ≈ 3 MHz (SP), reducción calidad (LP)

Efecto Kell:

- Degradación de la resolución vertical por el uso del entrelazado.
- Factor de reducción función del estándar (aproximadamente 0,65 para PAL)



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Señales de Barrido (III): Número Impar de Líneas (*)

Televi3n Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribuci3n y recepci3n: Televisi3n Anal3gica (41)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Resoluci3n de un sistema de TV (I)

Resoluci3n: n3 de l3neas verticales que se pueden representar en una distancia igual a la altura de la pantalla

Televi3n Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribuci3n y recepci3n: Televisi3n Anal3gica (42)

Resolución de un sistema de TV (II)

Consideraciones:

- Unidad: nº de líneas (valor entero)
- Resolución horizontal
- Depende del ancho de banda del canal de transmisión

Factor de Resolución (I)

$$\text{Factor de Resolución (R)} = \frac{\text{Resolución del sistema (líneas)}}{\text{Ancho de banda (Hz)}}$$

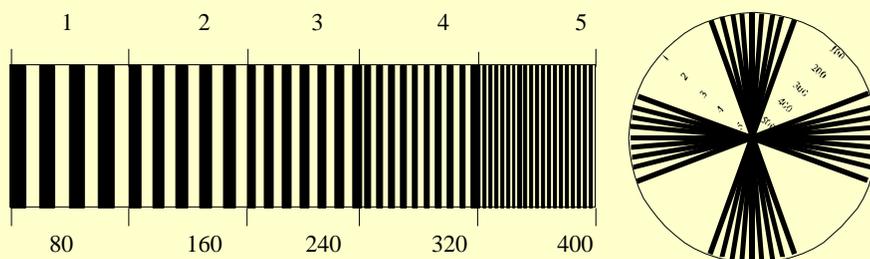
$$\text{Resolución} = N_H \frac{3}{4}$$
$$f_v = \frac{N_H N_V f_c}{2} = \frac{N_H f_l}{2} = \frac{N_H}{2 T_H} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{3 T_H}{2}$$

Factor de Resolución (II)

Sistema PAL:

- $T_H = 64 \mu s \Rightarrow 52 \mu s$ barrido y $12 \mu s$ retroceso
- $R = 80$ líneas/MHz
- Resolución (horizontal): $80 \cdot 5 = 400$
- Resolución vertical ≈ 400
 - Líneas visibles: 575
 - Factor Kell

Cartas de Ajuste (I)



Señal multisalva

Cartas de Ajuste (II)

Se emite para valorar la resolución de todo el sistema.

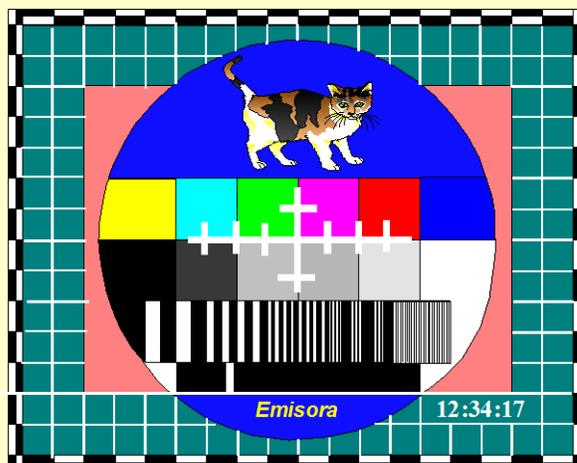
Señal *multisalva*:

- Frecuencias que llegan al receptor

Señal circular:

- Frecuencias que llegan al receptor
- Deformación geométrica

Cartas de Ajuste (III)



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Corrección de Gamma (I)

$V_s = k B_i$
 $B_s = (V_i)^\gamma$

Tubos de imagen basados en tubos de rayos catódicos no siguen un comportamiento lineal

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (49)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Corrección de Gamma (II)

Solución

$V_s = k B_i$
 $V'_s = (V_s)^{1/\gamma}$
 $B_s = (V_i)^\gamma$

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (50)

Corrección de Gamma (III)

Consideraciones:

- Pantallas de cristal líquido son lineales
 - o Corrección para deshacer la alinealidad
- Valor de γ (CCIR):
 - o Sistemas monocromos: 2,2
 - o Sistemas color: 2,8
- Circuitos correctores:
 - o Diodos o transistores trabajando en la zona no lineal

Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Televisión Analógica

- **Historia de la TV**
- **Fundamentos básicos de TV monocroma**

Sistema de TV monocroma

Relación de aspecto de pantalla

Frecuencia de cuadro

Exploración entrelazada

Elección del número de líneas

Ancho de banda de la señal de TV

Señales de barrido

Resolución de un sistema de TV

Factor de resolución

Cartas de ajuste

Corrección gamma

- Difusión analógica
- TV color
- Anexo: Sistemas de TVA

Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Televisión Analógica

- **Historia de la TV**
- **Fundamentos básicos de TV monocroma**
- **Difusión analógica**
 - Modulación de la señal de vídeo
 - Modulación de la señal de sonido
 - Canal de TV
 - Emisión de un canal de TV
 - Asignación de canales de TV
 - Sintonía de un canal de TV
 - Receptor de TV
- TV color
- Anexo: Sistemas de TVA

Modulación de la señal de vídeo

Modulación de *banda lateral vestigial (BLV)*

- Transmite la banda lateral superior completa
- Transmite la portadora
- Transmite un vestigio de la banda lateral inferior (≈ 1 MHz)
- Modulación AM: C3F NEG

Ventajas frente a AM convencional

- Reducción del ancho de banda usado

Ventajas frente a banda lateral única

- BLU requiere demodulación síncrona \Rightarrow inyección desde el exterior de la portadora \Rightarrow mayor complejidad

Crominancia se modula en DBL-QAM

Modulación Señal Sonido

Canal monofónico analógico (obligatorio)

- Portadora situada en una frecuencia 5,5 MHz por encima de la portadora de vídeo
- Modulación FM: F3E
 - Ancho de banda de 15 KHz
 - Filtro de pre-énfasis (constante de tiempo = 50 μ s en Europa, 75 μ s en USA)
 - Desviación instantánea máxima de \pm 50 KHz
- Relación de potencia entre portadora de imagen y sonido (-10 dB)

Canal estereofónico (o dual) digital (opcional)

- Portadora situada en una frecuencia 5,85 MHz por encima de la portadora de vídeo
- Modulación QPSK
- Norma NICAM-728
- Relación de potencia entre portadora de imagen y sonido (-20 dB)

Canal de Televisión (I)

Canal de televisión: Margen de frecuencias donde se ubica una señal de TV

- Contiene además las bandas de guarda

Normas usadas en España:

- Norma B: canales de TV en las bandas VHF (obsoleto)
- Norma G: canales en bandas UHF
- Diferencia en la banda de guarda
 - 0,25 MHz para norma B
 - 1,25 MHz para norma G

Múltiplex por división en frecuencia

Emisión de un canal de TV (II)

Ejemplo: emisión en canal 51 (710-718 MHz)

Señal de F.I.

- $P_s = 33,4$ MHz
- $P_v = 38,9$ MHz

Señal “subida”

- BLI: $P_{v\text{salida}} = 710 + 1,25$ MHz, $P_{s\text{salida}} = 710 + 1,25 + 5,5 = 716,75$ Mhz
- Portadora = Frecuencia O.L. = $38,9$ MHz + **711,25** MHz = **750,15** MHz
- BLS: $P_v = 750,15 + 38,9 = 789,05$ Mhz, $P_s = 750,15 + 33,4 = 783,45$ Mhz

Filtro de canal

- Banda de paso 710-718 MHz

Asignación de canales de TV (I)

BANDAS	FRECUENCIA INFERIOR	FRECUENCIA SUPERIOR	ANCHURA DE BANDA	CAPACIDAD DE CANALES
I	47	68	21	3 (7 MHz)
III	174	223	49	7 (7 MHz)
IV	470	606	136	17 (8 MHz)
V	606	862	256	32 (8 MHz)

Asignación de canales de TV (II) (*)

Banda I

- Canales 2,3 y 4
- Canal 1 \Rightarrow transmisión en Africa

Banda III

- Canales 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11

Bandas IV y V (UHF)

- Canales 21-69

Canales S (Norma B):

- S bajos: S1-S10 \Rightarrow 104 MHz a 174 MHz
- S altos: S11-S20 \Rightarrow 230 MHz a 300 MHz

Hiperbanda (Norma G)

- H1-H19 \Rightarrow 302MHz a 454 MHz

Asignación de canales de TV (III)

Conviene dejar “huecos” entre canales para evitar interferencias por las “imperfecciones” de los filtros

Áreas de cobertura: un mismo canal de tiene que emitir en varias frecuencias para garantizar la cobertura en grandes áreas evitando la interferencia entre dos señales desfasadas, permitiendo adicionalmente desconexiones regionales (programas regionales, anuncios, etc.)

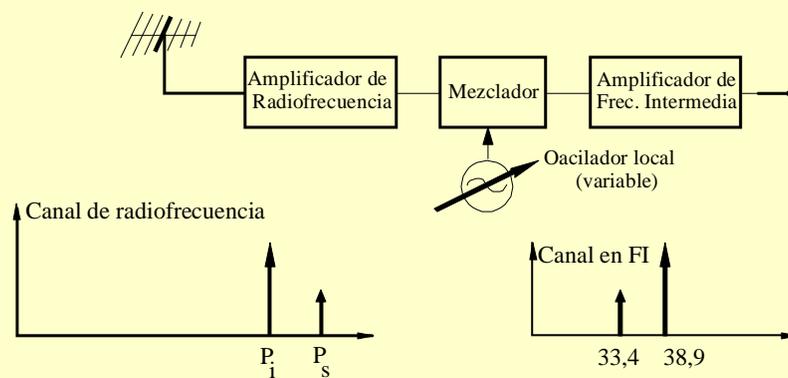
- Emisores: emiten señales provenientes de los estudios o centros de difusión a través de un Enlace
- Reemisores: reemiten señales provenientes de un emisor tras cambiar la frecuencia de emisión (pasando a F.I. $-P_v=38,9\text{MHz}$ -) para evitar interferencias

Sintonía de un canal de TV (I)

Heterodinación

- Batir las frecuencias presentes en la antena con un oscilador: *oscilador local*
 - o Frecuencia variable
 - o Frecuencia mayor que la del canal a sintonizar
- Resultado:
 - o Señal cuya frecuencia es la suma de las frecuencias
 - o Señal cuya frecuencia es la resta de las frecuencias

Sintonía de un canal de TV (II)

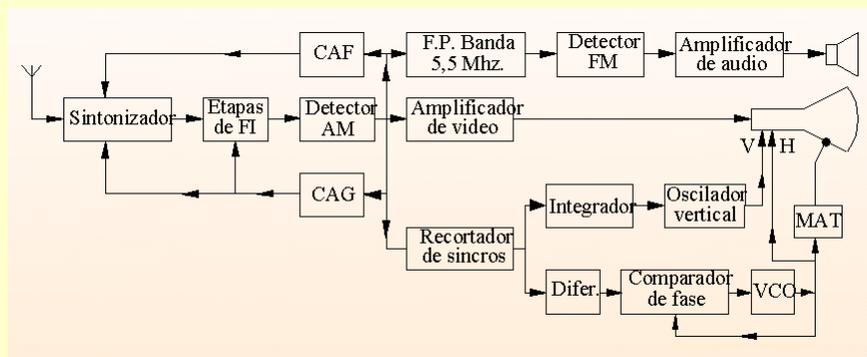


Sintonía de un canal de TV (III)

Frecuencia intermedia:

- Banda de frecuencias [32,15-40,15] MHz
- Portadora de imagen situada en 38,9 MHz \Rightarrow *frecuencia intermedia de imagen*
- Portadora de sonido en 33,4 MHz \Rightarrow *primera frecuencia intermedia de sonido*

Receptor de TV (*)



Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Televisión Analógica

- **Historia de la TV**
- **Fundamentos básicos de TV monocroma**
- **Difusión analógica**
 - Modulación de la señal de vídeo*
 - Modulación de la señal de sonido*
 - Canal de TV*
 - Emisión de un canal de TV*
 - Asignación de canales de TV*
 - Sintonía de un canal de TV*
 - Receptor de TV*
- **TV color**
- **Anexo: Sistemas de TVA**

Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Televisión Analógica

- **Historia de la TV**
- **Fundamentos básicos de TV monocroma**
- **Difusión analógica**
- **TV color**
 - Codificación de los componentes de color**
 - Codificación componentes Y, (R-Y), (B-Y)**
 - Codificación componentes YUV (color PAL)**
 - Representación vectorial del color**
 - Compatibilidad**
 - Emisión de TV color**
 - Recepción de TV color**
 - Imbricación de espectros**
 - Anexos**
- **Anexo: Sistemas de TVA**

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Codificación de los componentes de color (I)

Generación de señales de color (componentes) apropiadas para su transmisión.

Utilización de un único canal para la transmisión \Rightarrow evita diferencias de retardo

Mantener compatibilidad con sistemas TV Monocromo

Adecuarse a las normas ya establecidas de los canales TV

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (69)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Codificación de los componentes de color (II)

Transmisión directa de R G B

- No se mantiene la compatibilidad con TV monocromo
- Opción para los circuitos cerrados de TV

Transmisión de Y y 2 componentes de color

- $Y = 0.3 R + 0.59 G + 0.11 B$
- Cumple la compatibilidad directa: emisor BN ve en BN emisión en color

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (70)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Codificación de los componentes de color (III)

Transmisión de Y y 2 componentes de color = R y G (por ejemplo)

- $S_1 = Y = 0.3 R + 0.59 G + 0.11 B$
- $S_2 = R$
- $S_3 = G$

$$\begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.59 & 0.11 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 9.09 & -2.72 & -5.36 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix}$$

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (71)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Codificación de los componentes de color (IV)

Compatibilidad directa \Rightarrow se cumple
 Compatibilidad inversa \Rightarrow no se cumple

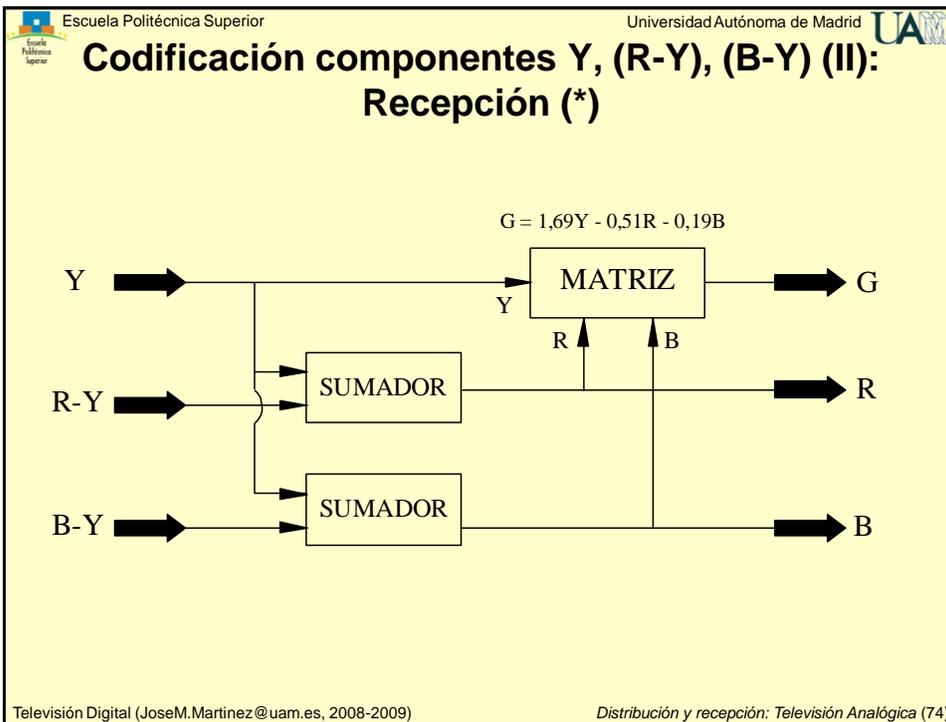
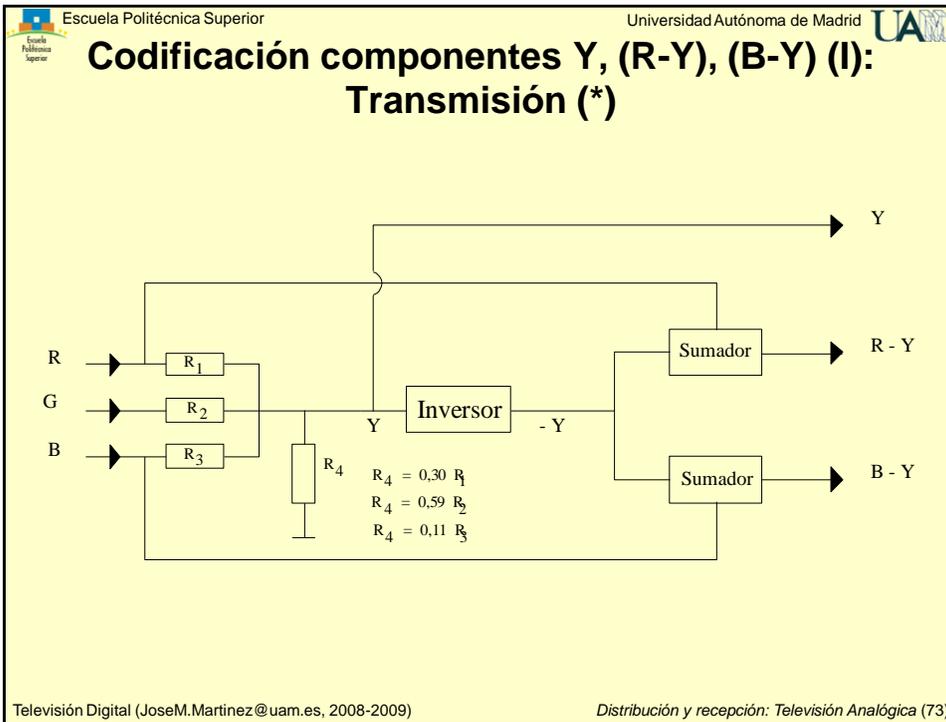
- Emisión en BN y receptor en color

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 9.09 & -2.72 & -5.36 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 9.09 S_1 \end{pmatrix}$$

Requisitos para compatibilidad inversa:

- Componentes de color tienen que ser señales que sean nulas en ausencia de color:
 - o tonos grises $\Rightarrow R = G = B = Y$
- Señales posibles (+/-): (R-Y), (G-Y), (B-Y), (R-G), (R-B), (G-B)
- **Señales elegidas: Y, (R-Y), (B-Y)**
 - o (G-Y) presenta siempre un valor menor que (R-Y) y (B-Y) \Rightarrow (G-Y) no se usa al ser más sensible al ruido (menor relación señal a ruido – ruido no depende de la señal diferencia)

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (72)



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Codificación componentes Y, (R-Y), (B-Y) (III): Representación matricial

Transmisión

$$\begin{pmatrix} Y \\ (R - Y) \\ (B - Y) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.59 & 0.11 \\ 0.7 & -0.59 & -0.11 \\ -0.3 & -0.59 & 0.89 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Recepción

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & -0.508 & -0.186 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ (R - Y) \\ (B - Y) \end{pmatrix}$$

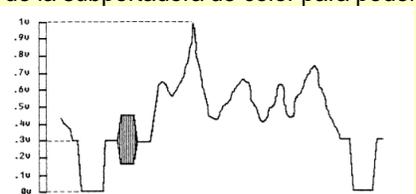
Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (75)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Codificación componentes Y, (R-Y), (B-Y) (IV): Señal Luminancia y Señal Crominancia

La señal luminancia es la base sobre la que se suma posteriormente la información de color.

- Incluye el burst (10 ciclos de la subportadora de color para poder sincronizar en fase)



La señal crominancia C se obtiene modulando en cuadratura las señales (R-Y) y (B-Y)

Si las señales tienen componentes en los tres primarios habrá valores en los ejes x e y de la representación vectorial

- El ángulo del vector crominancia da el valor del tono (color)
- El módulo del vector da el valor de la saturación (amplitud)

$$|C| = \sqrt{(B - Y)^2 + (R - Y)^2}$$

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (76)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Codificación componentes Y, (R-Y), (B-Y) (V): Señal Compuesta

Señal de vídeo:

- Luminancia (Y) + diferencias de color (R-Y),(B-Y)

Señal de vídeo compuesto:

- Luminancia + señal de crominancia modulada

$$V_c(t) = Y + \sqrt{S_1(t)^2 + S_2(t)^2} \sin \left[w_o t + \arctg \left(\frac{S_1(t)}{S_2(t)} \right) \right]$$

Televi3n Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribuci3n y recepci3n: Televisi3n Anal3gica (77)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Codificaci3n componentes Y, (R-Y), (B-Y) (VI): Señal Compuesta con sobremodulaci3n

La señal compuesta se obtiene sumando la crominancia a la señal de luminancia

Barras de color	R	G	B	Y	B-Y	R-Y	M3dulo de la Crominancia (C = $\sqrt{(B-Y)^2 + (R-Y)^2}$)
Blanco	1	1	1	1	0	0	0
Amarillo	1	1	0	0,89	-0,89	0,11	0,90
Cyan	0	1	1	0,70	0,30	-0,70	0,76
Verde	0	1	0	0,59	-0,59	-0,59	0,83
Magenta	1	0	1	0,41	0,59	0,59	0,83
Rojo	1	0	0	0,30	-0,30	0,70	0,76
Azul	0	0	1	0,11	0,89	-0,11	0,90
Negro	0	0	0	0	0	0	0

- La crominancia es nula para el blanco y el negro
- El valor instant3neo de la señal excede el pico del blanco e invade el margen destinado a sincronismo
- => es necesario reducir el rango de la crominancia (el de luminancia no se puede por compatibilidad)

Televi3n Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribuci3n y recepci3n: Televisi3n Anal3gica (78)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Codificación componentes YUV (color PAL) (I): Normalización

Como los colores “puros” no son frecuentes en imágenes reales se normaliza con un margen de 33% por encima y debajo del blanco.

Las señales normalizadas se denominan U y V:

- U= 0,493 (B-Y)
- V= 0,877 (R-Y)

	R	G	B	Y	B-Y	R-Y	Módulo de la Crominancia	Fase líneas (en °)	
								n	n+1
Blanco	1	1	1	1	0	0	0	-	-
Amarillo	0,75	0,75	0	0,664	-0,664	0,085	0,336	167,1	192,0
Cyan	0	0,75	0,75	0,526	0,224	0,526	0,474	283,5	76,5
Verde	0	0,75	0	0,440	-0,440	-0,440	0,443	240,7	119,3
Magenta	0,75	0	0,75	0,310	0,440	0,440	0,443	60,7	299,3
Rojo	0,75	0	0	0,224	-0,224	0,526	0,474	103,5	256,5
Azul	0	0	0,75	0,086	0,664	-0,085	0,336	347,1	12,9
Negro	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (79)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Codificación componentes YUV (color PAL) (II): Representación matricial color PAL

Transmisión

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{R} \\ \tilde{G} \\ \tilde{B} \end{pmatrix}$$

Recepción

$$\begin{pmatrix} \tilde{R} \\ \tilde{G} \\ \tilde{B} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.000 & 0.000 & 1.140 \\ 1.000 & -0.395 & -0.581 \\ 1.000 & 2.032 & 0.001 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix}$$

R,G,B normalizados y gamma corregidos

- (1,1,1): blanco de referencia
- Valores atenuados y amplificados a lo largo de la transmisión-recepción
- Todos los canales afectados por igual ⇒ variación de la Luminancia.
- En recepción el usuario final controla el brillo final

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (80)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Codificación componentes YUV (color PAL) (III): Señal compuesta

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (81)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Representación vectorial del color (I): fasores (*)

Representación según señales U, V

Matriz del emisor	—	Y	Luminancia
R	—	U	Crominancia
G	—	V	
B	—		

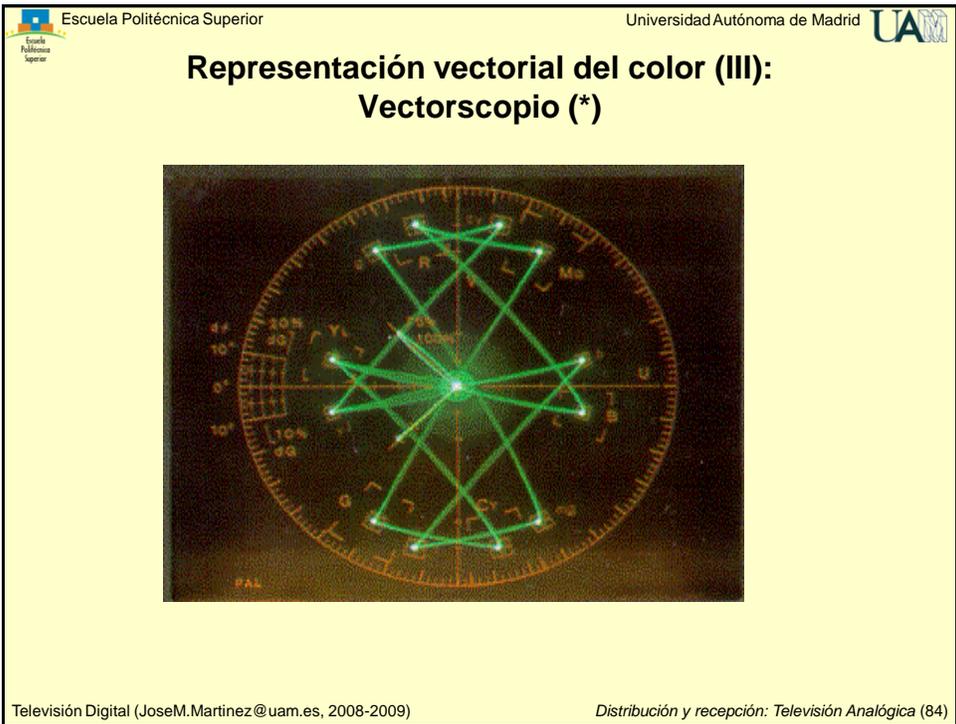
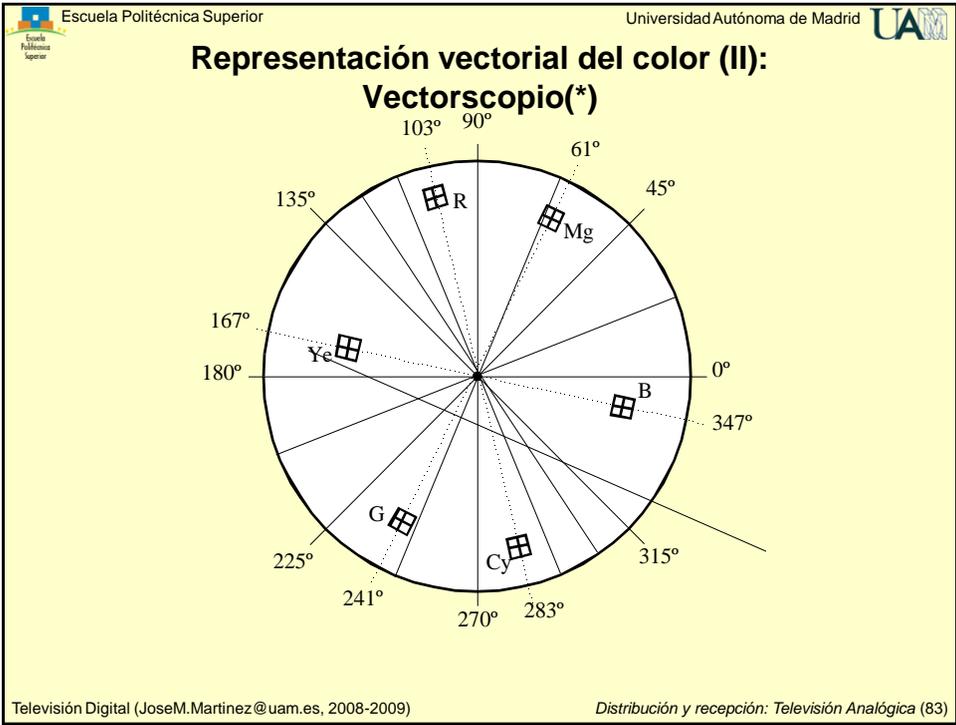
Representación de la señal de crominancia modulada C_r :

$$C_r = \sqrt{U_0^2 + V_0^2} \sin \left[\omega_0 t + \arctg \left(\frac{V_0}{U_0} \right) \right]$$

Uso de fasores (representación fasorial):

$$U_0 + jV_0$$

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (82)



Representación vectorial del color (IV): color PAL (*)

$$M = \sqrt{U^2 + V^2}$$

$$M = \sqrt{[0.493(B - Y)]^2 + [0.877(R - Y)]^2}$$

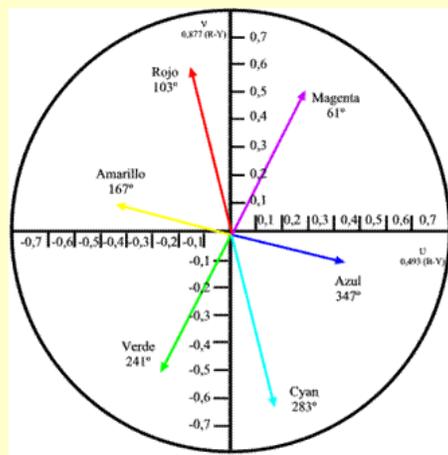
$$Y = 0.3 R + 0.59 G + 0.11 B$$

$$R - Y = 0.59 (R - G) + 0.11 (R - B)$$

$$B - Y = 0.3 (B - R) + 0.59 (B - G)$$

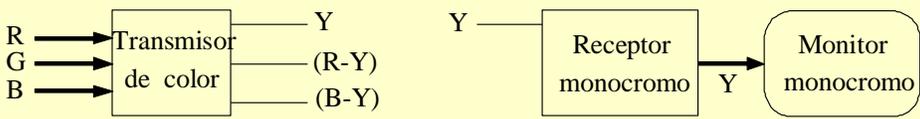
$$\varphi = \arctg\left(\frac{0.877[0.59(R - G) + 0.11(R - B)]}{0.493[0.3(R - G) + 0.59(R - B)]}\right)$$

Representación vectorial del color (V): color PAL (*)



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Compatibilidad (I): Transmisión color - Receptor BN



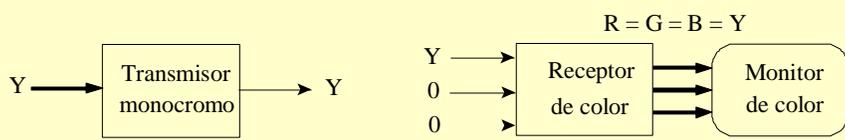
Transmisión de (R-Y) y (B-Y) de modo transparente a la señal Y

- Y ⇒ se modula como en monocromo
- Ventaja asociada ⇒ Y se envía con mayor ancho de banda ya que el ojo es más sensible con Y
- (R-Y) y (B-Y) ⇒ requieren menor ancho de banda

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (87)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Compatibilidad (II): Transmisor BN - Receptor color



$$\begin{pmatrix} \tilde{R} \\ \tilde{G} \\ \tilde{B} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.000 & 0.000 & 1.140 \\ 1.000 & -0.395 & -0.581 \\ 1.000 & 2.032 & 0.001 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y \\ Y \\ Y \end{pmatrix}$$

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (88)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Emisión de TV color (I): Modulación en cuadratura

Sistemas NTSC y PAL

- SECAM \Rightarrow modulación en frecuencia

Crominancia: $S_1(t)$ y $S_2(t)$
 Subportadora de color: $\text{sen}(w_0 t)$

$$V_s(t) = S_1(t) \cos w_0 t + S_2(t) \text{sen } w_0 t$$

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (89)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

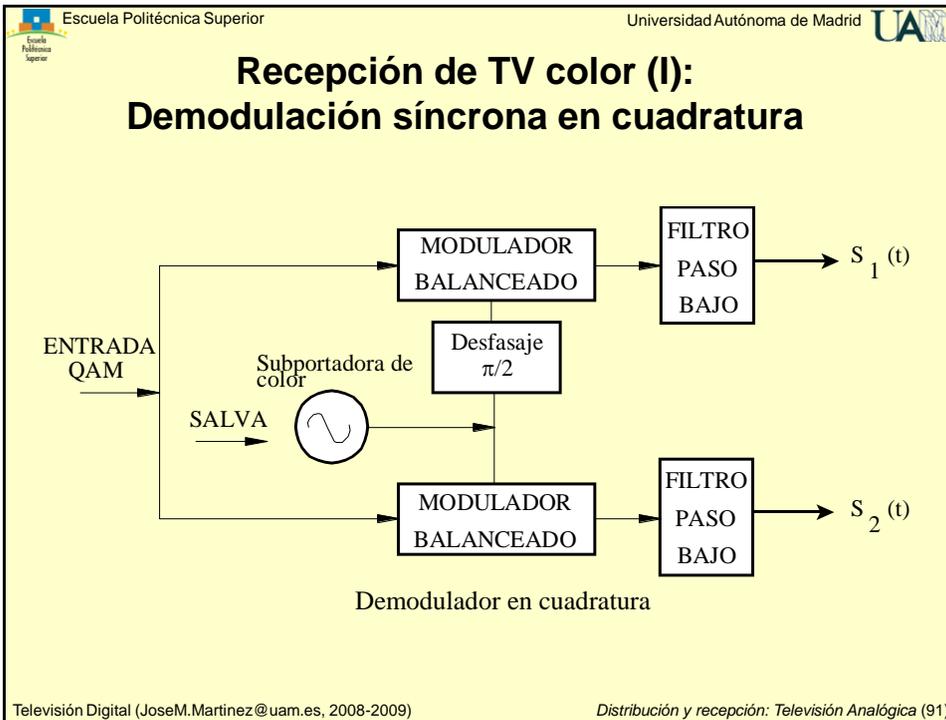
Emisión TV color (II): Ancho de banda

$Y \Rightarrow 5 \text{ MHz}$ (625 líneas)
 U, V podrían tener hasta 5 MHz de ancho de banda \Rightarrow provienen de R, G, B

Ojo humano menos sensible a variaciones de color

- PAL $\Rightarrow 1.3 \text{ MHz}$
- Vídeo grabación doméstica $\Rightarrow 0.3 \text{ MHz}$

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (90)



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Recepción de TV color (II): Salva (Burst)

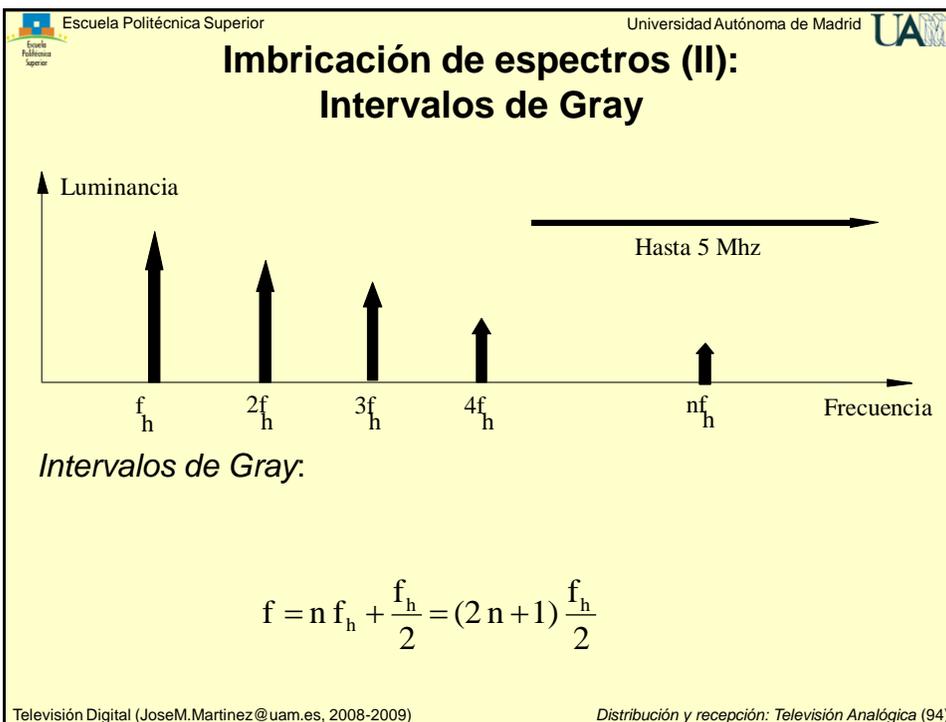
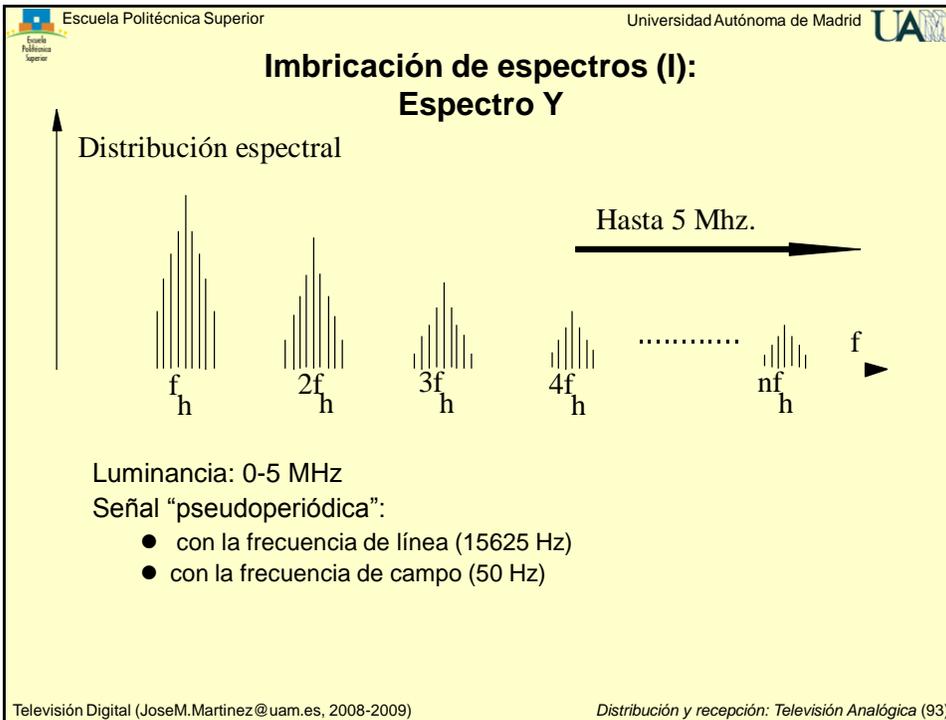
Demodulación síncrona

- Receptor debe estar enganchado en frecuencia y fase con la subportadora de color

Envío de información de la subportadora \Rightarrow *salva*

- Envío periódico de la salva
- Envío cuando no se transmite info. de vídeo \Rightarrow pósito posterior del ISH

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (92)



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Imbricación de espectros (III): Espectro de Crominancia

Crominancia

Hasta 1,3 Mhz

f_h $2f_h$ $3f_h$ $4f_h$ nf_h Frecuencia

Señal “pseudoperiódica”:

- con la frecuencia de línea (15625 Hz)
- con la frecuencia de campo (50 Hz)

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (95)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Imbricación de espectros (IV): Espectro de Crominancia

Crominancia ya modulada

f_{sp} Frecuencia

Señal de crominancia modulada en QAM

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (96)

Imbricación de espectros (V): solución de compatibilidad

Existencia de “huecos” en los espectros de las señales de luminancia y crominancia

Colocación de la señal de crominancia de modo que se evite la interferencia

- Separación no es perfecta

No se requiere mayor ancho de banda \Rightarrow compatibilidad

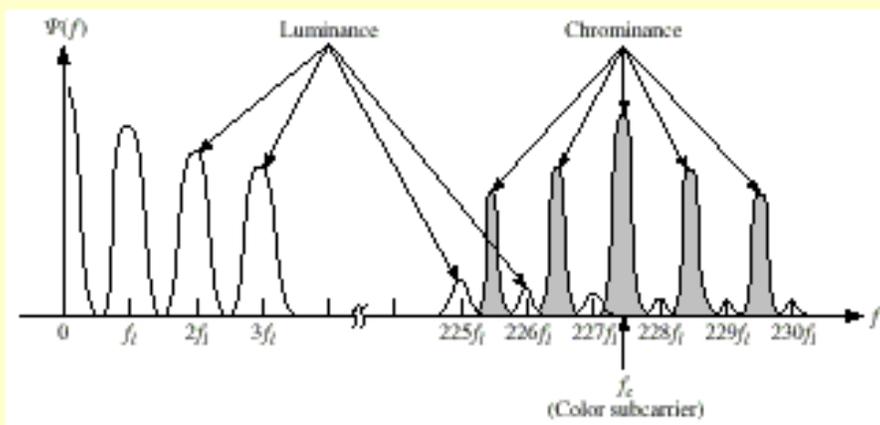
La subportadora de color se elige para que la imbricación se realice en la parte alta del espectro de Y

- Y \Rightarrow menos energía \Rightarrow interferencias menores
- Interferencias menos apreciables
- Ventaja para la compatibilidad directa

Frecuencia de la subportadora de color:

- Múltiplo impar de la semifrecuencia de línea de modo que quede colocada en la parte alta del espectro

Imbricación de espectros (VI): espectro imbricado



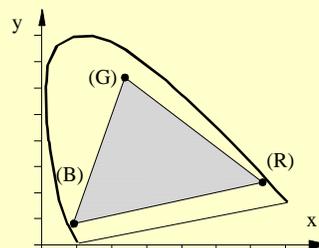
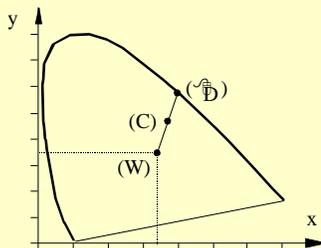
Anexo (I): Saturación de un color (TV) (*)

Color saturado al 100 %

- color espectral puro \Rightarrow situado en "spectrum locus"

Receptor de TV no puede representar colores saturados 100 %

Redefinición de color saturado al 100 % \Rightarrow aquellos colores situados en los lados del triángulo



Anexo (II): Señales diferencia de color en los diversos sistemas de TV

PAL (Y, diferencias de color):

- $V = 0.877 (R-Y)$
- $U = 0.493 (B-Y)$

NTSC (Y, tinte y saturación):

- $I = 0.783 (R-Y) - 0.269 (B-Y)$
- $Q = 0.478 (R-Y) + 0.414 (B-Y)$

SECAM:

- $D_R = -1,9 (R-Y)$
- $D_B = 1.5 (B-Y)$

● MAC:

- $E_{DR} = 0.927 (R-Y)$
- $E_{DB} = 0.733 (B-Y)$

● TV Digital:

- $E_{CR} = 0,713 (R-Y)$
- $E_{CB} = 0,564 (B-Y)$

Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Televisión Analógica

- **Historia de la TV**
- **Fundamentos básicos de TV monocroma**
- **Difusión analógica**
- **TV color**
 - Codificación de los componentes de color*
 - Codificación componentes Y, (R-Y), (B-Y)*
 - Codificación componentes YUV (color PAL)*
 - Representación vectorial del color*
 - Compatibilidad*
 - Emisión de TV color*
 - Recepción de TV color*
 - Imbricación de espectros*
 - Anexos*
- **Anexo: Sistemas de TVA**

Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Televisión Analógica

- **Historia de la TV**
- **Fundamentos básicos de TV monocroma**
- **Difusión analógica**
- **TV color**
- **Anexo: Sistemas de TVA**

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

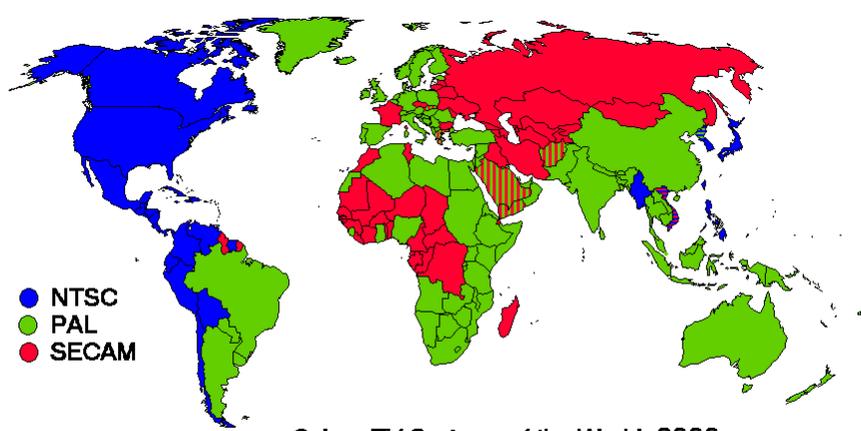
Sistemas de TVA (I) (*)

Parameters	NTSC	PAL	SECAM
Field Rate (Hz)	59.95 (60)	50	50
Line Number/Frame	525	625	625
Line Rate (Line/s)	15,750	15,625	15,625
Color Coordinate	YIQ	YUV	YDbDr
Luminance Bandwidth (MHz)	4.2	5.0/5.5	6.0
Chrominance Bandwidth (MHz)	1.5(I)/0.5(Q)	1.3(U,V)	1.0 (U,V)
Color Subcarrier (MHz)	3.58	4.43	4.25(Db),4.41(Dr)
Color Modulation	QAM	QAM	FM
Audio Subcarrier	4.5	5.5/6.0	6.5
Total Bandwidth (MHz)	6.0	7.0/8.0	8.0

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (103)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Sistemas de TVA (II) (*)



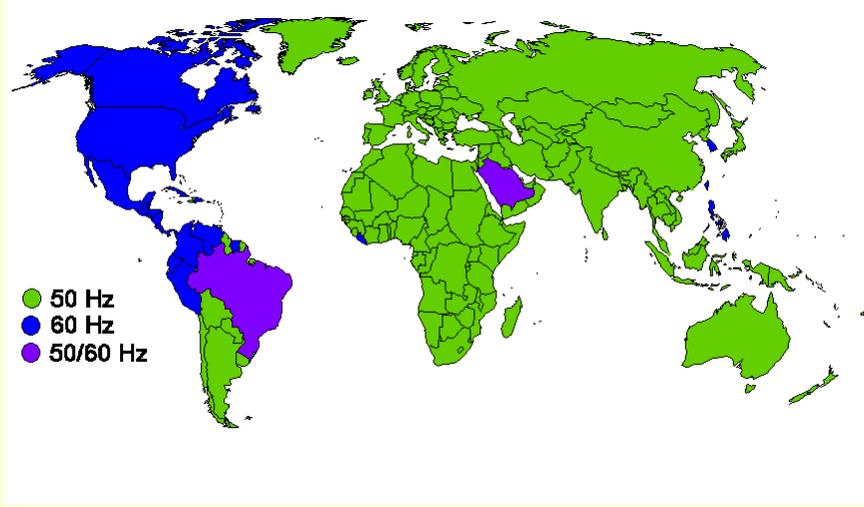
Colour TV Systems of the World 2000

From http://www.stjarnhimlen.se/tv/tv.html#worldwide_0

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (104)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Sistemas de TVA (III) (*)



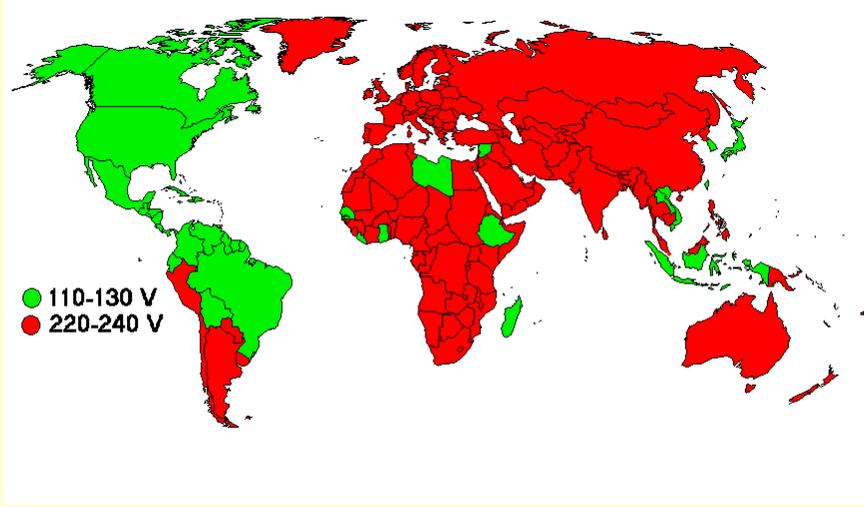
● 50 Hz
● 60 Hz
● 50/60 Hz

From http://www.stjarnhimlen.se/tv/tv.html#worldwide_0

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (105)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Sistemas de TVA (IV) (*)



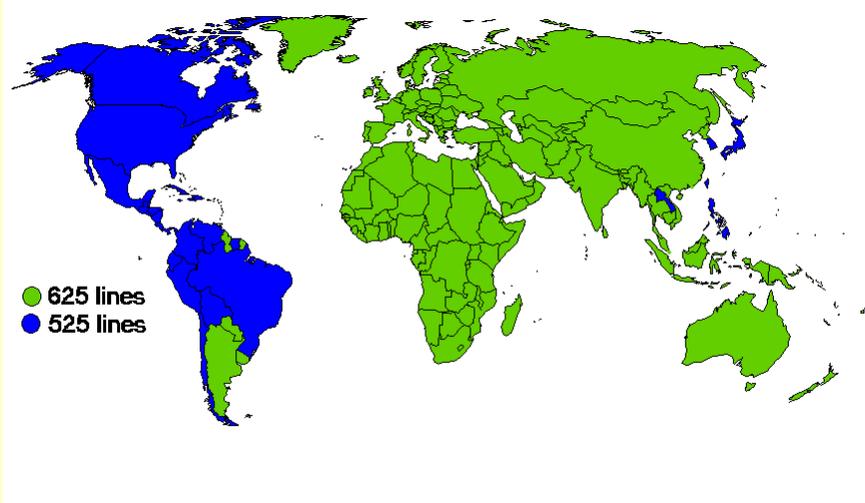
● 110-130 V
● 220-240 V

From http://www.stjarnhimlen.se/tv/tv.html#worldwide_0

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (106)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Sistemas de TVA (V) (*)



● 625 lines
● 525 lines

From http://www.stjarnhimlen.se/tv/tv.html#worldwide_0

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (107)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital Televisión Analógica

- *Historia de la TV*
- *Fundamentos básicos de TV monocroma*
- *Difusión analógica*
- *TV color*
- *Anexo: Sistemas de TVA*

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Distribución y recepción: Televisión Analógica (108)



Créditos

Para la elaboración de algunas de estas transparencias se ha hecho uso de material cedido por

- Enrique Rendón Angulo, E.T.Ing.Telecomunicación, UPM