



## 6.1 INTRODUCCIÓN

En los años 90 se han vivido desarrollos tecnológicos que han hecho posible la digitalización de la señal de televisión hasta el usuario final, el gran público.

La importancia y repercusión de la televisión digital se puede comparar a la introducción de la televisión en color, o al comienzo de las transmisiones de televisión vía satélite.

A finales de los años 80, el rápido desarrollo de algoritmos de compresión de vídeo como JPEG (Joint Photographic Experts Group -grupo de expertos en desarrollo de imágenes fijas-) y MPEG (Motion Pictures Experts Group -grupo de expertos en desarrollo de imágenes en movimiento-), reducen de forma significativa el flujo de datos necesario para la transmisión de imágenes, lo que produjo un cambio notable en el panorama de la transmisión de imágenes digitales; al mismo tiempo, el aumento de la densidad de integración en la fabricación de circuitos integrados, permitían considerar la realización práctica de circuitos de descompresión y memoria a un precio asequible.

El proyecto europeo DVB (Digital Video Broadcasting -radiodifusión de vídeo digital-) tiene por objetivo establecer por consenso el marco técnico para la introducción de los sistemas de televisión digital que serán usados por los radiodifusores.

Los motivos de un sistema digital podemos resumirlos en los siguientes:

- La calidad de reproducción de un sistema digital de vídeo bien diseñado es independiente del medio y depende únicamente de la calidad de los procesos de conversión.
- La conversión del vídeo al sistema digital permite grandes prestaciones que no son posibles con las señales analógicas.
- El coste de los equipos digitales es menor que el de los analógicos (de similares prestaciones).
- Los equipos digitales pueden llevar incorporados equipos de autodiagnóstico, con lo que la máquina detecta sus propios fallos; el coste de mantenimiento se reduce y las reparaciones están más orientadas hacia los sistemas que hacia los dispositivos.

Los equipos analógicos desaparecerán al no poder competir económicamente con los digitales, al igual que el Compact Disc desplazó al disco de vinilo.

En este capítulo no se pretende hacer un estudio completo de la señal de televisión digital, sino una introducción de los conceptos asociados a dicha señal y su implicación en la instalación de antena colectiva e individual; se centrará en el interés del instalador y diseñador de la instalación, independientemente de los procesos complejos que tienen lugar en la señal digital, ya que éstos los implementarán los receptores correspondientes y no la instalación propia.

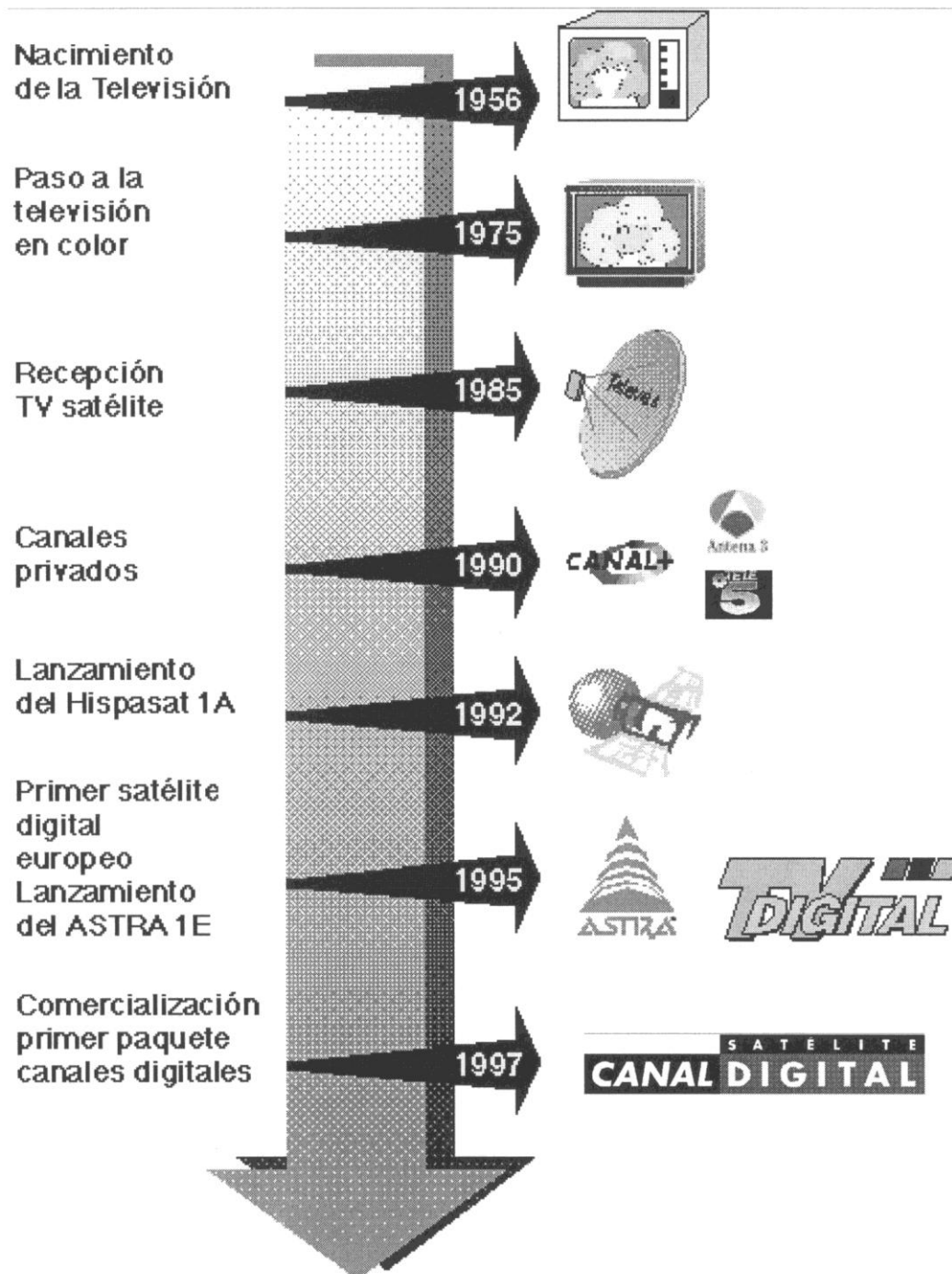


Fig. 6.1.- Evolución de la TV desde su nacimiento hasta nuestros días



## 6.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE TELEVISIÓN DIGITAL

La conversión de una señal analógica en digital supone seguir los pasos mostrados en el diagrama de la figura 6.2.



Fig. 6.2.- Proceso básico de digitalización de una señal analógica

**Muestreo de la señal analógica original.** Se obtienen así algunos valores de la señal que serán los que se digitalizan y se transmiten. La frecuencia de muestreo ( $F_m$ ) ha de garantizar la reconstrucción posterior de la señal original. Para ello, dicha frecuencia será al menos el doble del ancho de banda de la señal a transmitir, que normalmente coincide con la frecuencia máxima de la señal analógica que se desea transmitir (criterio de Nyquist). Este proceso se muestra en la figura 6.3.

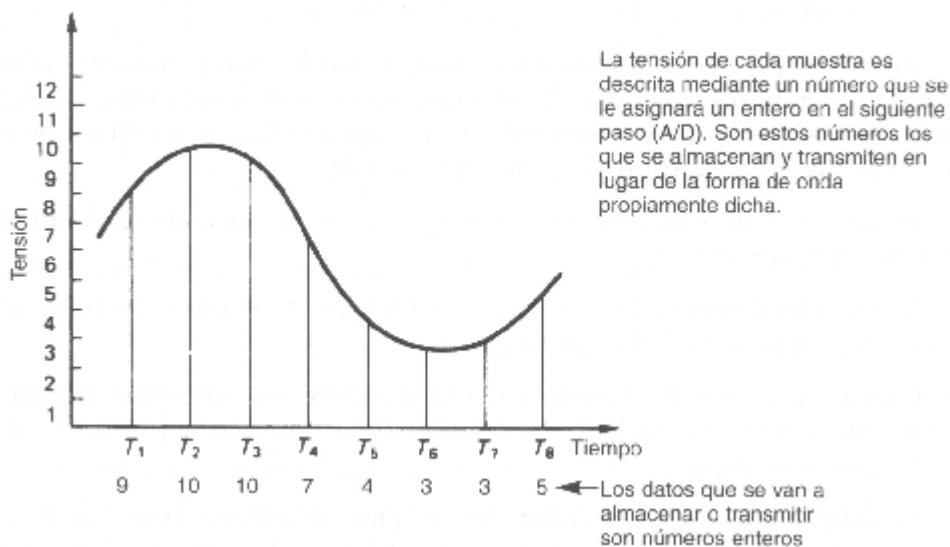


Fig. 6.3.- Proceso de muestreo de una señal analógica

**Convertidor analógico/digital (A/D) o codificación de las muestras en bits.** El número de bits necesarios para codificar una muestra depende del tipo de señal y la calidad deseada. Este número de bits ( $n$ ) depende de los niveles que se deseen distinguir, de tal forma que  $2^n = \text{número de niveles}$ ; por ejemplo, para 8 bits se pueden



distinguir 256 niveles distintos. La señal es ya digital, y tiene una cantidad de bits por segundo asociada (**tasa binaria**) La señal a transmitir se hará en serie, por ello habrá que introducir un convertidor paralelo a serie que suele ir incluido en el mismo A/D.

A esta señal digital obtenida, habrá que añadirle unos bits para poder detectar y/o corregir errores en la transmisión, de tal forma que se pueda realizar una comunicación fiable. De esta forma, la cantidad de bits a transmitir será mayor que la necesaria para digitalizar la señal.

En el caso concreto de televisión, se podría digitalizar la señal de vídeo compuesta, sin embargo esto nos limita las posibilidades de tratamiento de dicha señal; en su lugar, la información a transmitir se compone de audio y vídeo, estando esta última a su vez compuesta por Luminancia (Y), Diferencia de Azul (U) y Diferencia de Rojo (V).

Como tenemos en cada pantalla 720 puntos en horizontal y se recorren en un tiempo de 52  $\mu$ s, resulta una frecuencia de muestreo de:

$$F_m = \text{número de puntos por línea} / \text{duración línea} = 720 / 52 \cdot 10^{-6} = 13.84 \text{MHz}$$

## ■ La unidad básica de información es el *pixel*

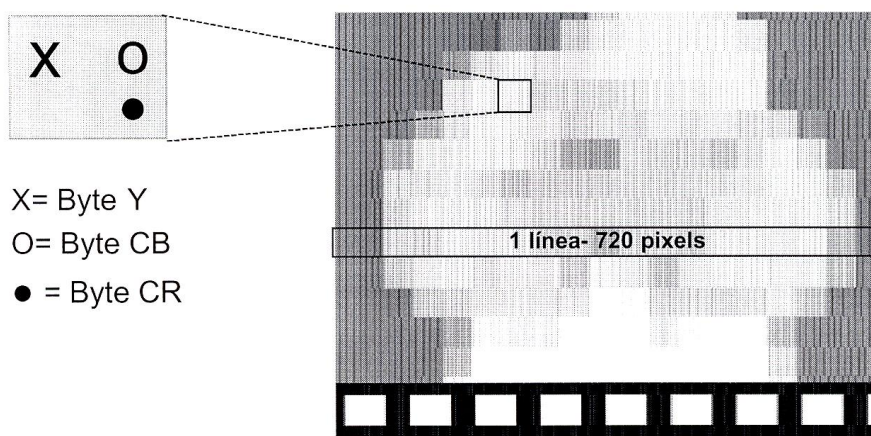


Fig 6.4.- 1 línea de TV son 720 pixel

La frecuencia de muestreo real que se utiliza es un poco menor, 13.5MHz, debido a que es un múltiplo entero de 2.25MHz, que es un factor común de las frecuencias de línea de los estándares definidos por el ITU (antiguo CCIR). Este muestreo para Y, U y V está definido como muestreo 4:4:4, es decir, 4 muestras de Y, 4 muestras de U y otras 4 muestras de V.

Sin embargo, este muestreo no considera que la percepción del ojo humano es menor al color que a la luminancia. De esta forma, otros tipos de muestreo como el 4:2:2 y submuestreos que aprovechan al máximo esta característica del ojo mencionada, como 4:1:1 y 4:2:0.

El diagrama de este proceso de muestreo de la señal de televisión se muestra en la figura 6.5.

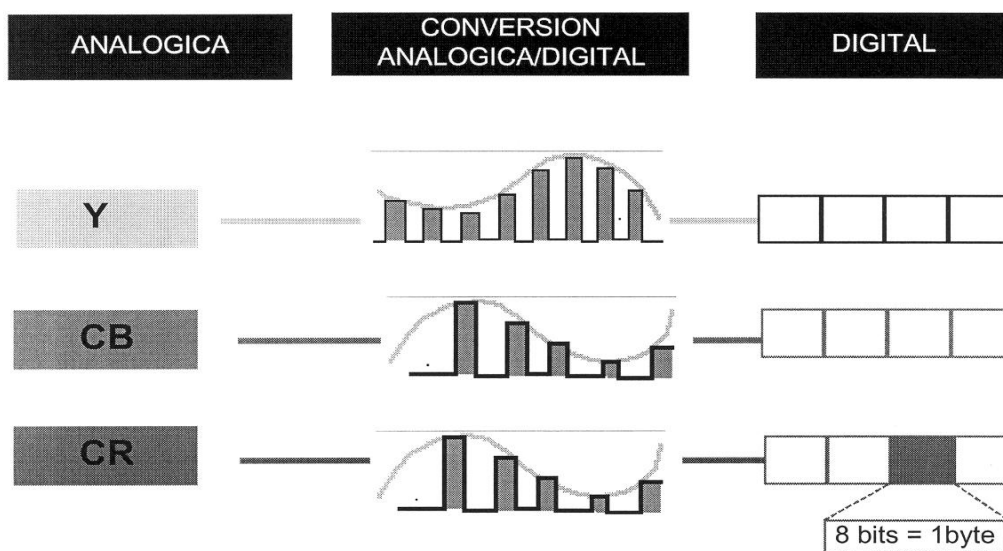
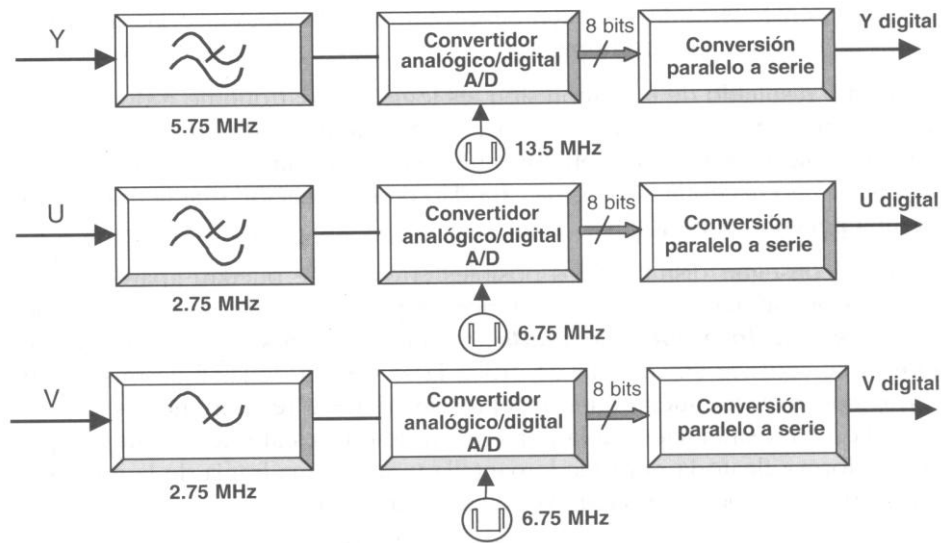
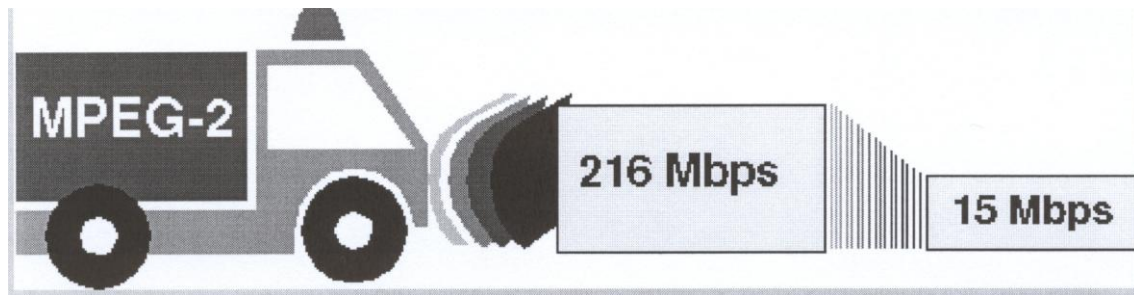


Fig. 6.5.- Proceso de digitalización de la señal de vídeo color.

La señal total resultante contiene en total  $13.5 \cdot 8 + 6.75 \cdot 8 + 6.75 \cdot 8 = 216$  Mbps (millones de bits por segundo).

Como en el sistema real se ha estandarizado en televisión digital el submuestreo 4:2:0, la cantidad de información a transmitir es de  $13.5 \cdot 8 + 6.75 \cdot 8 = 162$  Mbps.

En este caso, y según el criterio de Nyquist, el mínimo ancho de banda para transmitir dicha información sería de 81 MHz, sin contar los bits añadidos para detección y corrección de errores. Esto es excesivo, y por tanto, resulta necesario un nuevo paso que consiga reducir dicho ancho de banda, es la compresión.



**Compresión.** La señal digital puede comprimirse sin que el usuario perciba grandes diferencias entre la señal original y la comprimida. Un canal analógico ocupa aproximadamente lo mismo que 8 canales digitales comprimidos con similar calidad, o lo mismo que de 1 a 3 canales digitales comprimidos en alta definición.

Para comprimir la señal se emplea el estándar MPEG-2 cuyas ideas básicas son:

- **Redundancia espacial:** la información que se repite en la misma zona de la pantalla se envía sólo una vez con el número de veces que se repite.

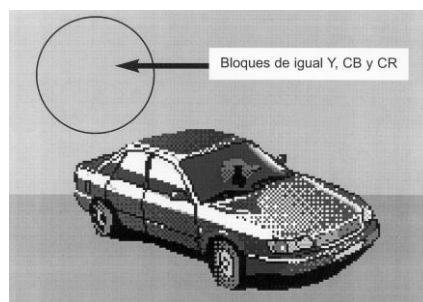


Fig. 6.6

- **Redundancia psicovisual:** las imágenes lejanas,... que el ojo humano no percibe claramente, se envían borrosas.
- **Redundancia temporal:** las imágenes que se mueven sin perder sus características se envían una vez, transmitiendo a continuación los cambios de coordenadas.
- Se codifica de modo más sencillo las imágenes más habituales.
- La señal de audio también se comprime, eliminándose las partes no perceptibles al oído humano.

Como resultado de la compresión, es lógico pensar que no todas las imágenes ocupan un mismo ancho de banda. Así, un canal de noticias en donde aparece únicamente el presentador o una retransmisión de Fórmula 1 con cámaras fijas no necesitará la misma cantidad de información que la transmisión de una película de acción.

Para conseguir disminuir los posibles errores que puedan aparecer en la transmisión, además de todo lo anterior, se produce un proceso de **entrelazado, barajado o entremezclado**, también conocido como **aleatorización**, que consiste en cambiar de



orden la secuencia de las muestras de una forma concreta que luego en el receptor se vuelve a recomponer, resultando con ello una disminución de la percepción de errores al quedar éstos dispersos de forma aleatoria por toda la pantalla y no en una franja de la misma. El efecto de este bloque se puede ver en la figura 6.7.

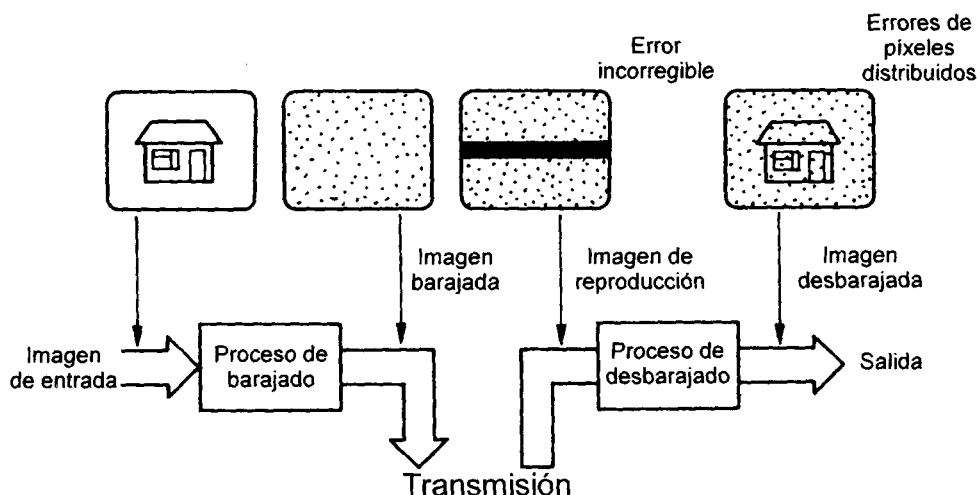


Fig. 6.7.- Proceso de barajado y desbarajado para ocultar los posibles errores

Para medir la calidad en un sistema de televisión digital se han de tener en cuenta unos parámetros que son distintos que en televisión analógica y que son:

- **BER (Bit Error Rate velocidad de error de bit—):** este parámetro nos indica la cantidad de bits erróneos que se reciben en total, indicándose normalmente 1 error por cada  $n^\circ$  de bits determinado; por ejemplo, un BER de  $10^{-10}$  indica que se produce un error después de  $10^{10}$  bits, lo que significa un error de bit cada media hora suponiendo una velocidad de 5.5 Mbps. Como en el sistema de transmisión existen bloques encargados de detectar y corregir errores, el BER es distinto en cada una de dichas partes. En cada sistema de televisión digital se especificará los requisitos mínimos exigidos de BER.
- **$E_b/N_0$  (Energía de bit frente al ruido):** Es la relación señal/ruido de las señales digitales, siendo un parámetro básico en las transmisiones digitales, pues determina el BER. Este parámetro depende del sistema de modulación empleado, y por tanto su valor dependerá de cada caso concreto. Se establecen relaciones entre la  $C/N$  y  $E_b/N_0$  y entre  $E_b/N_0$  y el BER mediante unas curvas que caracterizan el sistema de transmisión digital.

La expresión que relaciona la  $C/N$  con  $E_b/N_0$  es:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N} + \log \frac{B W n}{F_s * m}$$



Siendo: **BW<sub>n</sub>**: ancho de banda equivalente de ruido =  $F_s * (1 + \alpha)$ , siendo  $\alpha$  el roll-off del filtro de Nyquist, cuyo efecto se muestra en la figura 6.8.

**F<sub>s</sub>**: frecuencia de símbolo (bandios).

**m**: número de bits por símbolo.

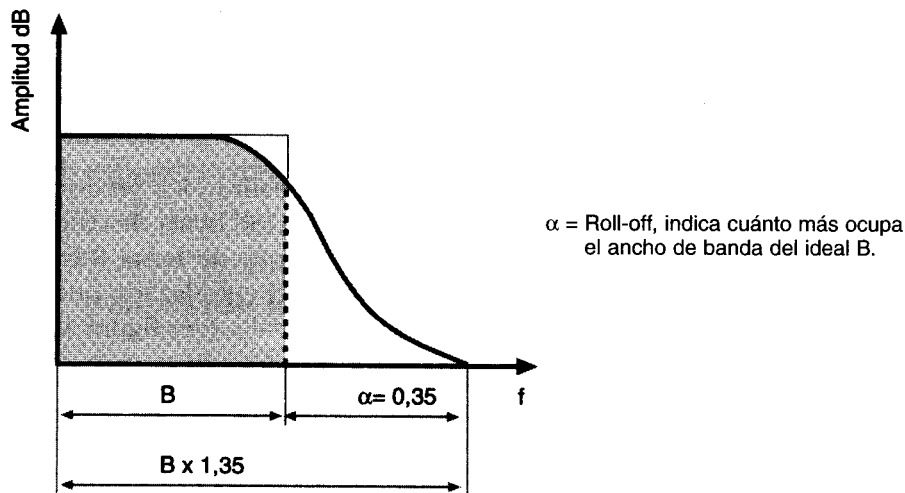


Fig. 6.8.- Filtrado en la recepción de una señal digital

Una vez efectuadas las diferentes operaciones que constituyen la codificación de la señal (MPEG de audio y vídeo, inserción de datos, encriptación, entrelazado, etc.), se tiene un flujo de datos listo para modular una portadora y transmitirla a los usuarios. El proceso completo del sistema de televisión digital, sigue el diagrama de bloques mostrado en la figura 6.9. Todos los sistemas utilizan el mismo diagrama de bloques y la misma forma de trabajar con la señal, a excepción del bloque de modulación que es particular para cada tipo de transmisión y que se estudiará en los apartados siguientes.

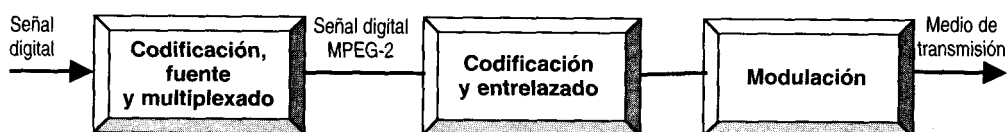


Fig. 6.9.- Diagrama de bloques de un sistema de transmisión de TV digital

Los tres sistemas de difusión (televisión digital vía satélite, por cable y terrestre) tienen en común la señal de origen en formato MPEG-2, así como algunas partes de la codificación, tales como la protección contra errores de código de bloque empleado (Reed Solomon 204, 188), algoritmo utilizado para realizar la dispersión de energía y entrelazado o aleatorización. Sin embargo, los sistemas de modulación que se emplean son diferentes y dependen del medio de transmisión.





La codificación fuente se encarga de convertir la señal digital en formato MPEG-2, sistema que comprime y agrupa las señales de audio y vídeo en grupos de longitud fija de 188 bytes. Se produce también la dispersión de energía según un esquema regulado por el ITU.

En el bloque de codificación y entrelazado se realizan los procesos de codificación Reed Solomon 204, 188 en el que llegan 188 bytes de datos y salen 204 bytes, que corresponden a la corrección de error de hasta 8 bytes erróneos por paquete de datos (grupo de 188 bytes) y el entrelazado que evita ráfagas de errores consecutivos y su efecto en la pantalla (ver figura 6.7).

Según el medio de transmisión utilizado, se dispondrá de un ancho de banda determinado por las consideraciones tanto técnicas como administrativas.

Las condiciones técnicas (relación señal/ruido y ecos principalmente) son muy diferentes si las señales de recepción proceden de satélite o si proceden de una red cableada o por ondas hertzianas de televisión terrestre.

- La recepción vía satélite tiene una C/N pequeña (10 dB), pero la señal está desprovista de eco.
- La recepción por cable tiene una C/N elevada (>30 dB), aunque puede estar afectada por ecos cortos debidos a desadaptaciones de impedancia en la línea.
- En recepción terrestre las condiciones son más difíciles que en el caso anterior, ya que aparecen ecos, interferencias, variaciones de señal, etc.

Por estos motivos, las técnicas de modulación son diferentes en cada caso, con el fin de adaptarse lo mejor posible a las condiciones impuestas por el canal de transmisión y al mismo tiempo garantizar la compatibilidad con las emisiones analógicas.

## 6.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE TELEVISIÓN DIGITAL

Los sistemas de televisión digital que se utilizan se dividen en tres grupos:

- Televisión digital vía satélite.
- Televisión digital por cable.
- Televisión digital terrestre.

Cada uno de estos grupos tiene unas características de transmisión distintas que se expondrán en apartados independientes.

### 6.3.1. Televisión digital vía satélite

Como se dijo en el apartado anterior, el diagrama de bloques del sistema mostrado en la figura 6.9, se corresponde con el de televisión digital vía satélite particularizando el bloque de Modulación al utilizado en este sistema que se corresponde con la modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying -modulación por desplazamiento de fase en cuadratura-).



Previo al bloque de modulación, en este sistema se introduce una codificación de Viterbi y un filtrado con un Roll-off de 0.35, estando a continuación el modulador QPSK.

Las características básicas de este modulador son:

- Gran robustez de la señal con niveles bajos transmitidos a larga distancia.
- Alta eficiencia espectral (la potencia se reparte por igual en todo el ancho de banda).
- Ancho de banda pequeño:

$$[BW = (\text{Flujo binario/número de bits por símbolo}) * (1 + \alpha)]$$

El número de bits por símbolo en este caso es de 2, y el Roll-off de 0.35. En el caso concreto de un satélite cuyo transponder sea de 27 MHz de ancho de banda, tendríamos un flujo binario máximo de  $(27 * 2)/1.35 = 40$  Mbps, siendo esta velocidad de información la máxima posible.

### 6.3.2. Televisión digital por cable

En un sistema de transmisión por cable, la limitación viene principalmente por el ancho de banda reducido para poder transmitir la mayor cantidad posible de señales por el mismo. Las atenuaciones sin embargo son pequeñas y la relación señal/ruido grande, por lo que el tipo de modulación empleado es el QAM (Quadrature Amplitude Modulation-modulación de amplitud en cuadratura-), concretamente el sistema utilizado es el 64 QAM en el que se utilizan 6 bits para formar un símbolo y un Roll-off de 0.15.

Previo al bloque de modulación, se produce la codificación de los bits en símbolos y el filtrado con un Roll-off de 0.15, pasando a continuación al modulador 64 QAM.

El ancho de banda empleado responde a la expresión:

$$[BW = (\text{Flujo binario/número de bits por símbolo}) * (1 + \alpha)]$$

El número de bits por símbolo en este caso es de 6, y el Roll-off de 0.15. Como en TV (UHF) se establece un ancho de banda por canal de 8 MHz, se correspondería con un flujo binario de  $8 * 6/1.15 = 41.74$  Mbps, equivalente a la tasa binaria de un canal de satélite en el caso anterior, pero ocupando un ancho de banda casi 4 veces menor.

### 6.3.3. Televisión digital terrestre

Este caso es el más complejo, ya que entre otras cosas tenemos ecos debidos a la propagación multitrayecto. La señal que llega a un punto de recepción es el resultado de la suma del rayo directo más una serie de rayos reflejados (ecos) debidos a los múltiples caminos que puede recorrer la señal para llegar al punto deseado. Cada uno de estos



rayos reflejados llega al receptor con una amplitud y un retardo determinado, resultado del camino que hayan recorrido.

El efecto de estos ecos en la recepción analógica se manifiesta en la aparición de dobles imágenes de la señal principal (imagen fantasma), en ocasiones difíciles de quitar.

Para que la televisión digital terrenal suponga una mejora frente a la analógica, debe utilizar un tipo de modulación que sea especialmente robusto frente a la propagación multitrayecto y que permita la introducción de nuevos servicios. Esto se consigue con un sistema denominado **COFDM** (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing -código multiplexión por división de frecuencias ortogonales-), que consiste en modular en **QPSK** o **QAM** un gran número **N** de portadoras por símbolos de duración **T<sub>s</sub>** (igual a su período), la frecuencia de dos portadoras consecutivas que distan **1/T<sub>s</sub>**. Esto determina la condición de **ortogonalidad** entre estas portadoras. La relación entre la frecuencia **f<sub>0</sub>** de la portadora más baja y la **f<sub>k</sub>** de una portadora de rango **k** es **f<sub>k</sub> = f<sub>0</sub> + k/T<sub>s</sub>**.

Todas las portadoras utilizadas ocuparán el ancho de banda del canal de transmisión (8MHz) y cada una formará un subcanal de forma que la suma de las informaciones contenidas en cada uno de estos subcanales será igual a toda la información que se desea transmitir.

La velocidad de símbolo de cada portadora se hace coincidir con la distancia entre portadoras.

En el diagrama de bloques, el bloque de modulación será un codificador Viterbi, seguido de un modulador COFDM, a continuación se inserta un intervalo de guarda, un convertidor digital analógico y la conversión a un canal de UHF para su transmisión.

Los dos sistemas normalizados son el 2K (1705 portadoras) y el 8K (6817 portadoras); el primero se utiliza en países con una orografía suave, y el segundo (8K) cuando la orografía sea más accidentada, como es el caso de España.

Teniendo en cuenta que la velocidad binaria necesaria para transmitir una señal de televisión de alta definición es del orden de 24 Mbps, una de calidad PAL plus del orden de 12 Mbps y una de calidad PAL de 6 Mbps, se puede apreciar otra de las ventajas de la modulación COFDM, que es la de permitir la transmisión, en un ancho de banda de 7.61 MHz modulada en 64 QAM, de un solo canal de televisión de alta definición, dos canales con calidad PAL plus, o 4 canales con calidad PAL estándar. Es posible también enviar varios canales de sonido y datos.

Los valores de C/N mínimos requeridos son:

- QPSK: entre 3.1 y 16.3 dB.
- 16 QAM: entre 8.8 y 22.8 dB.
- 64 QAM: entre 14.4 y 27.9 dB.

Notablemente inferiores a los utilizados en el caso analógico. Este hecho permite que las potencias de salida de los transmisores puedan ser inferiores a las existentes en la actualidad para garantizar la misma cobertura.



## 6.4. EL RECEPTOR DIGITAL

El receptor digital o IRD (Integrated Receiver-Decoder-receptor decodificador integrado-), tiene por misión obtener la señal de imagen y sonido de la que llega a su entrada procedente de uno de los sistemas digitales analizados anteriormente; demodula y decodifica la señal digital y dependiendo del origen de dicha señal tendremos tres tipos:

- IRD satélite que demodula QPSK.
- IRD cable que demodula QAM.
- IRD terrestre que demodula COFDM.

El diagrama de bloques genérico de un IRD se muestra en las figuras 6.10 y 6.11

La señal procedente de la toma de usuario o de la antena, se introduce en un sintonizador cuya función es elegir un canal (transponder, terrestre o CATV) y convertirlo a una frecuencia fija para ser filtrado adecuadamente, evitando interferencias de canales adyacentes. Sigue con un demodulador específico del medio utilizado y se decodifica y detectan/corrigien errores producidos en la transmisión; a continuación, se demultiplexa y se elige el programa deseado del canal sintonizado, dirigiéndose a un circuito de desembrollado o descryptado mediante una detección de acceso condicional en función de que el canal sea de pago o libre.

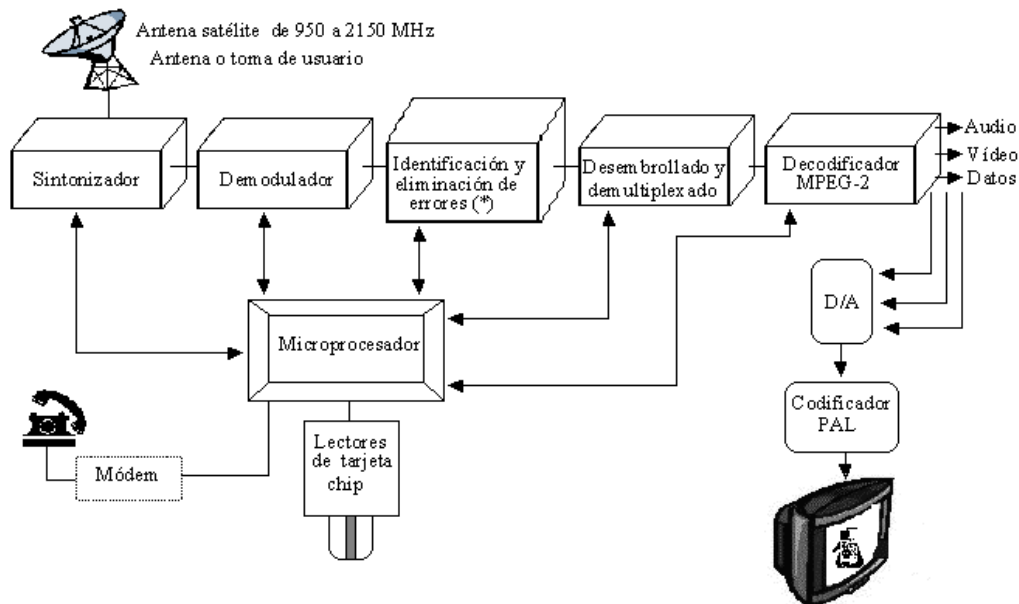


Fig. 6.10- Diagrama de bloques genérico de un receptor digital

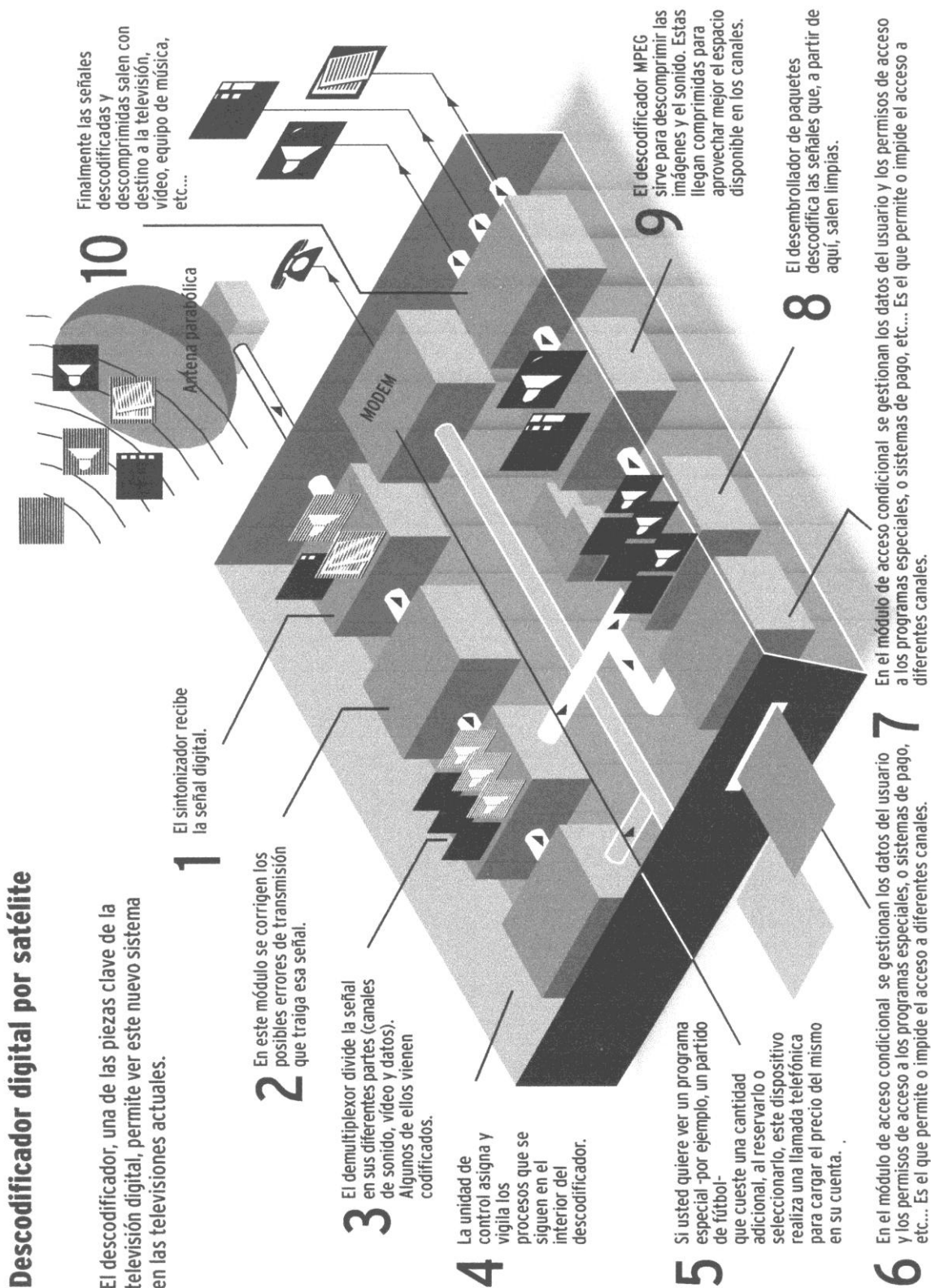


Fig. 6.11- Bloques de un decodificador digital (IRD)



Una vez demultiplexado, se decodifica el programa concreto a través de los decodificadores de MPEG-2 y se convierte a analógica; esta señal se convierte a la norma del país concreto, en nuestro caso al sistema PAL.

El DVB define los interfaces del IRD y son:

- BUS de conexión serie de baja velocidad.
- BUS de conexión serie para PC de alta velocidad.
- BUS de conexión paralelo de alta velocidad.
- BUS de datos de control.
- BUS para módem telefónico externo.
- Interfaz telefónico.
- Interfaz de señal procedente de antena (FI).
- Interfaz de entrada de punto de terminación de red de SMATV.
- Interfaz de salida al televisor o vídeo.
- Salida de audio/vídeo en banda base.
- Salida de componentes Y,U y V, con conector tipo S.
- Salida R, G, B, euroconector.
- Salida canal de retorno, a través de las redes SMATV.

Los receptores digitales utilizados para la televisión de pago, pueden incorporar tres interfaces más:

- Interfaz de tarjeta de abonado: permite al usuario acceder a los servicios digitales de un determinado radiodifusor.
- Interfaz de tarjeta bancaria: permite hacer pagos por visión o compras desde el domicilio.
- Interfaz de acceso condicional: permite que el desembrollador del sistema no forme parte del IRD, y pueda ser incorporado por el usuario o el radiodifusor (sistema MULTICRYPT).

## 6.5. TIPOS DE INSTALACIONES

Las instalaciones utilizadas son del mismo tipo que las de señales analógicas, simplemente habrá que tener en cuenta los niveles de señal y calidad admitidos. En el caso de señales digitales son los siguientes:

- C/N mínima para instalación individual:

- Servicios analógicos: 15 dB.
- Servicios digitales: 11 dB.



- C/N mínima para instalación colectiva:

- Servicios analógicos: 18 dB.
- Servicios digitales: 15 dB.

Estos valores se han tomado teniendo en cuenta los valores umbrales de C/N y un margen de seguridad de 1 dB para servicios analógicos en instalación individual, 2 dB en servicios digitales de instalación individual y servicios analógicos en instalación colectiva y 4 dB en servicios digitales de instalación colectiva.

Podemos ver que los servicios analógicos son más restrictivos que los digitales, por tanto en instalaciones mixtas serán quienes determinen los elementos de la instalación.

En el caso de servicios digitales, tenemos que C/N viene dada por:

- **QPSK:**  $C/N = E_b/N_0 + 1.7 \text{ dB}$ .

—**64 QAM:**  $C/N = E_b/N_0 + 7.2 \text{ dB}$ .

En cada caso existen unos diagramas que relacionan el factor  $E_b/N_0$  Y C/N con el BER, de tal forma que se puedan cumplir los requisitos en las instalaciones, que para cumplir con la norma sobre ICT es necesario un BER mejor que  $9 \cdot 10^{-5}$  (menor que este valor; el valor umbral es  $10^{-4}$  por encima del cual no funciona el sistema). Esto implica un  $E_b/N_0$  de unos 4.3 dB en modulación QPSK y una C/N de entre 25 y 26 dB en 64 QAM dependiendo del tipo de conversor utilizado.

En el caso de instalaciones para recepción vía satélite, los sistemas estudiados en el capítulo 4 son perfectamente válidos, teniendo en cuenta que el receptor que se conectará al televisor será un receptor digital y que los sintonizadores, conversores de canal y de FI serán digitales. Sin embargo, existe otro tipo de elemento para este caso concreto y está basado en un elemento nuevo denominado «Transmodulador Digital Transparente (TDT)», que consiste en transformar la señal digital QPSK procedente del satélite en señal QAM en banda de televisión (47 a 862 MHz); para ello, es necesario un transmodulador por cada transponder que se quiera distribuir y además será necesario un receptor de cable (distinto al de las instalaciones individuales) para tener acceso a los servicios comunitarios.

## 6.6. MEDIDAS EN INSTALACIONES DE TV DIGITAL

Las medidas a realizar en la instalación para TV digital son fundamentalmente el nivel de salida de las señales o potencia de salida y el BER, siendo necesario para ello un medidor de campo para televisión digital.

En estos medidores, cuando deseamos medir la potencia de la señal, se mide la potencia media y se le añade un factor cuyo valor es aproximadamente de 21 dB para QPSK y aproximadamente de 15 dB en el caso de 64QAM, ambos para un ancho de banda de medida de 300 KHz.



La sensibilidad de los receptores de televisión y de satélite es un parámetro a tener en cuenta, pues determina los niveles de señal que deben llegar a las tomas de usuario, además de prever que las señales digitales deben estar entre 5 y 10 dB por debajo de las analógicas para que no se produzcan interferencias de los canales digitales sobre los analógicos. Estos valores son:

- Receptor analógico de satélite: de -60 a -25 dBm ó de 49 a 70 dB,uv.
- Receptor digital de satélite: de -70 a -38 dBm ó de 39 a 70 dB,uv.
- Receptor digital de cable: de -65 a -38 dBm ó de 44 a 83 dB,uv.
- Receptor de televisión: de 57 a 84 dB,uv.

El BER nos aparecerá indicado, en la pantalla, siendo valores válidos lo menores a  $9 \cdot 10^{-5}$  (0.00009).

## 6.7. TABLA COMPARATIVA DE SISTEMAS DE MODULACIÓN

		AM	FM	QPSK	QAM
INFORMACIÓN		Amplitud (profundidad)	Frecuencia (desviación) MHz/V	Fase (constelación)	Amplitud y fase (constelación)
EFICIENCIA ESPECTRAL		MEDIA	BAJA	ALTA	MUY ALTA
ANCHO DE BANDA		MEDIO	GRANDE	PEQUEÑO	MUY PEQUEÑO
ROBUSTEZ FRENTE A RUIDOS ATMOSFERICOS		BAJA	ALTA	MUY ALTA	MUY BAJA
CANAL TRANSMISIÓN		HERZIANO	SATELITE	SATELITE	CABLE
RECEPCIÓN	CALIDAD RECEPCIÓN	C/N	C/N	$E_b/N_o$	$E_b/N_o$
	CALIDAD SEÑAL	S/N	S/N	BER	BER





## 6.8 INSTALACIONES TÍPICAS

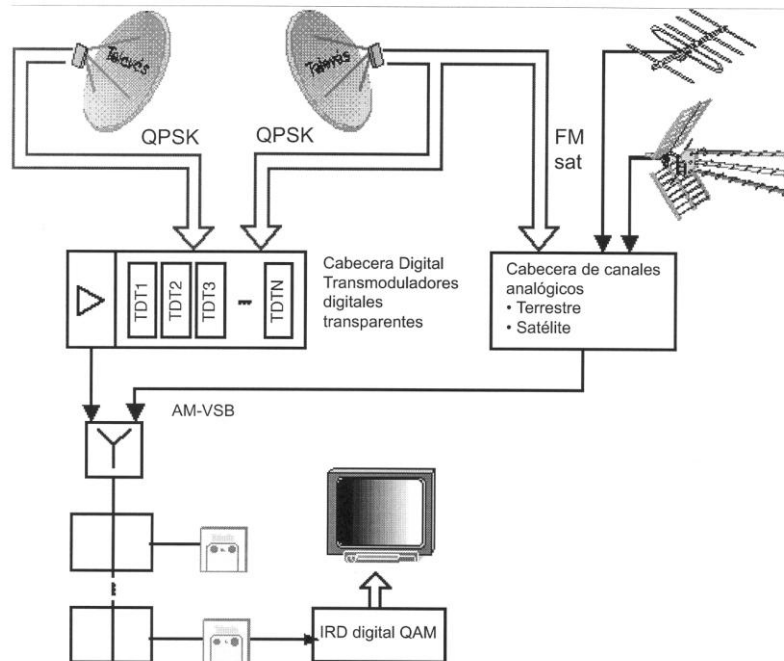


Fig. 6.12.- instalación típica QAM

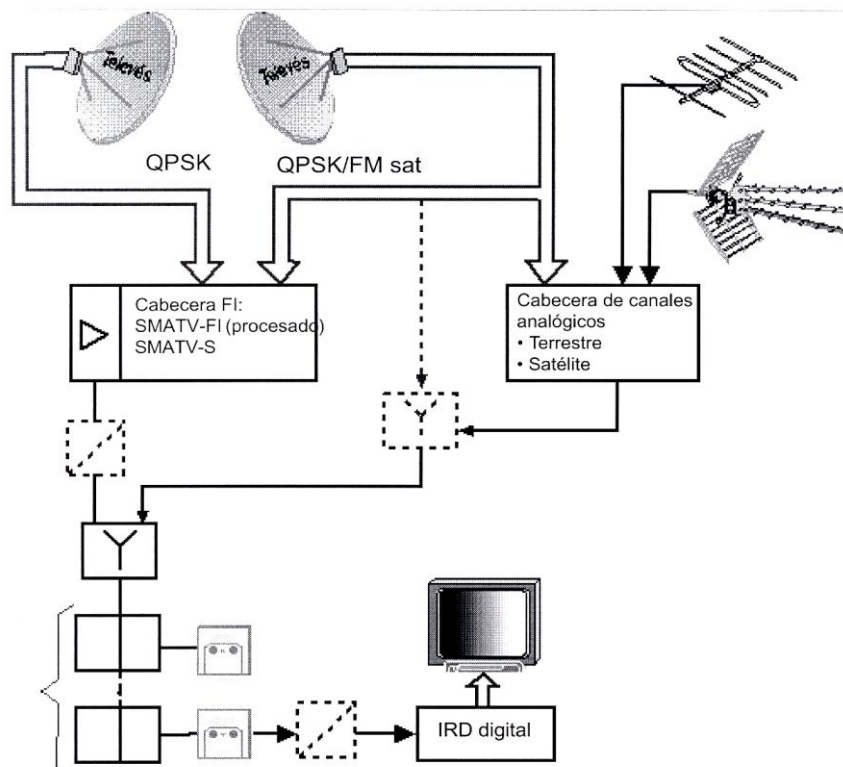


Fig. 6.13.- instalación típica QPSK