

INFORME 1074 -1

**TRANSMISIÓN POR SATÉLITE DE SEÑALES VIDEO CON COMPONENTES
ANALÓGICAS MULTIPLEXADAS (MAC) ***

(Cuestión 2/10 y 11, Programa de Estudios 2F/10 y 11)

(1986-1990)

1. Introducción

En 1977, la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones estableció el Plan para la radiodifusión por satélite en las Regiones 1 y 3 en la banda de 12 GHz. Se supuso en aquella época que la televisión utilizaría una señal de banda de base compuesta convencional, de tipo PAL o SECAM, con una subportadora analógica para el sonido asociado. Sin embargo, el Plan no excluye la utilización de otros sistemas. Del mismo modo, en el Plan elaborado en la CARR SAT-83 para la Región 2, se supone la utilización de señales de televisión compuesta convencionales, como NTSC con subportadoras de sonido analógicas, pero se consideraron nuevos sistemas, como consecuencia de lo cual se tiene en cuenta en el Plan la utilización de esos nuevos sistemas, siempre y cuando sigan satisfaciéndose los criterios de interferencia.

Desde entonces, los organismos de radiodifusión han mostrado un interés creciente por ofrecer un servicio mejorado. Por ejemplo, ha habido un acuerdo sobre una norma de estudio para las señales de video digitales que utilizan componentes separadas en lugar de codificación compuesta.

A raíz de ese acuerdo y como consecuencia de los intensos estudios de varias organizaciones, se ha desarrollado un nuevo método de codificación de componentes analógicas destinado a la transmisión por satélite y denominado «componentes analógicas multiplexadas» (MAC - «multiplexed analogue components»).

La transmisión de las señales componentes permitiría al espectador obtener más beneficios de los futuros estudios totalmente digitales que si se adoptase la codificación compuesta para la transmisión. Además, existe una tendencia a equipar con un equipo interfaz de señales componentes los receptores domésticos y los magnetoscopios. Estos desarrollos ofrecen una oportunidad de crear una norma común para el servicio de radiodifusión por satélite (SRS) (Informe 632).

La UER ha estudiado varios sistemas de video mejorado de 625 líneas adecuados para el SRS; se han realizado mediciones objetivas y subjetivas de un sistema que utiliza señales componentes, y también mediciones comparativas con sistemas PAL y SECAM convencionales.

Sobre la base de estos trabajos, los expertos de la UER han desarrollado una familia de sistemas en los que la señal de imagen es transmitida por el método de componentes comprimidas en el tiempo. **Todos los miembros de esta familia son apropiados para la radiodifusión por satélite. Se les conoce como sistema C-MAC/paquetes sistema D-MAC/paquetes y sistema D2-MAC/paquetes, y están descritos en el Informe 1073 del CCIR.**

Estudios similares de sistemas mejorados de video para el SRS en Canadá y en Estados Unidos de América han llevado al desarrollo de diferentes sistemas MAC de 525 líneas y de 625 líneas que utilizan el múltiplex de sonido de tipo B. Los resultados de esta labor se trataron detalladamente en la CARR SAT-83 [CCIR, 1982-86a]. Uno de estos sistemas (B-MAC) se describe en el Informe 1073:

En el presente Informe se describen las características generales de los sistemas MAC, se justifica la elección de parámetros para los sistemas video MAC de 525 líneas y 625 líneas, se examinan futuras mejoras de tales sistemas y se consideran los métodos de embrollación** de la señal de video.

* Los datos contenidos en el Informe 1074 deben utilizarse también para armonizar el contenido de otros Informes y Recomendaciones relacionados del CCIR, así como la publicación especial sobre los sistemas de radiodifusión por satélite.

** En este Informe se utiliza el término «embrollar» como equivalente del término inglés «scrambling», que generalmente se traduce por «aleatorizar».

2. Características generales de los sistemas MAC

2.1 Limitaciones de las señales codificadas compuestas aplicadas al SRS

El diseño de las señales compuestas utilizadas en la televisión clásica (NTSC, PAL, SECAM) data de hace 30 años. Se optimizó para las transmisiones MA y para que existiese compatibilidad entre los receptores de blanco y negro y de color, lo que llevó a la inclusión de una subportadora de color en la parte superior de la banda de luminancia, de manera que la información de color «comparte la banda» con la información de luminancia de alta frecuencia. La presencia de esta subportadora de color es lo que condiciona de forma más apreciable las señales codificadas compuestas en términos de diafotía de luminancia y diafotía de crominancia, de susceptibilidad al ruido MF y de ganancia diferencial y fase diferencial.

Una característica inherente a los sistemas MF es que la densidad de potencia del ruido demodulado aumenta proporcionalmente al cuadrado de la frecuencia de la banda de base. Por tanto, cuando se utiliza la codificación de televisión clásica en el canal del satélite, la señal de crominancia está sometida a más ruido por anchura de banda unitaria que la señal de luminancia. En el proceso de demodulación de la crominancia, el ruido de alta frecuencia se convierte en ruido de baja frecuencia, que es subjetivamente más molesto. Eso tiene el efecto de crear un desequilibrio entre las características del ruido de los canales de luminancia y crominancia, hasta el punto de que el ruido de diferencia de color es la degradación predominante en el caso de valores reducidos de C/N [Lucas y Windram, 1981].

Otro rasgo de las transmisiones por satélite de señales de televisión MF es que las características del ruido MF cambian cuando el sistema funciona por debajo del umbral MF. Esto puede ser consecuencia de las condiciones meteorológicas o de una mala orientación de la antena. En los sistemas de televisión clásicos, la red de desacentuación transforma este ruido en largas rayas negras y blancas, subjetivamente molestas y que es difícil ocultar. Además, la presencia de la subportadora de color reduce el umbral MF del sistema y puede causar distorsión por intermodulación con las señales de sonido.

En los receptores clásicos, los efectos de la diafotía de crominancia y de la diafotía de luminancia limitan las anchuras de banda efectivas de las señales de luminancia y de diferencia de color a valores relativamente bajos (alrededor de 3,5 MHz y 1 MHz, respectivamente, en el sistema PAL y de 3,2 MHz y 0,6 MHz en el sistema NTSC). La interacción puede reducirse en receptores con filtros en peine y memoria de trama. En las imágenes fijas, esos efectos pueden suprimirse en gran medida, y la anchura de banda de luminancia sólo está limitada por la presencia de la subportadora de sonido. En las imágenes animadas, sin embargo, la reducción de los efectos es más limitada y requiere mecanismos de almacenamiento más complejos y algoritmos de filtrado con adaptación al movimiento.

Por todas estas razones se diseña el nuevo sistema de codificación de componentes (MAC), adaptados a las características del canal MF y que servirá de base para nuevos desarrollos.

2.2 La señal MAC

En el sistema de codificación de video MAC, las señales de luminancia y una de las dos señales de diferencia de color de la línea activa sufren una compresión temporal separada y se sitúan sucesivamente en la línea para formar un señal componente analógica multiplexada por división en el tiempo. Las dos señales de diferencia de color con compresión temporal se transmiten en líneas alternas para reducir al mínimo las relaciones de compresión necesarias de todas las señales, y así mejorar la calidad de funcionamiento desde el punto de vista del ruido [Lucas y Windram, 1981].

Las señales de luminancia y de diferencia de color se reconstituyen en la recepción utilizando memorias de línea en el decodificador. Este método permite distribuir debidamente las degradaciones de ruido entre la crominancia y la luminancia, para obtener un mejor rendimiento en caso de señales débiles. Los efectos mutuos se eliminan totalmente.

La compresión temporal de las señales de video aumenta proporcionalmente la anchura de banda de video requerida para que pase la señal. Sin embargo, la anchura espectral de la señal MF es función de la frecuencia y de la amplitud de las señales en la banda de base, y puede utilizarse para acomodar una señal con compresión temporal. La ausencia de una subportadora de color reduce la desviación a elevadas frecuencias de modulación, lo que permite aumentar la anchura de la banda de las señales video en la banda de base.

Para una anchura de banda de video constante, la compresión temporal de la señal en el codificador, seguida de la expansión temporal en el decodificador, entraña un aumento de la potencia de ruido a la salida del receptor. En una primera aproximación, la potencia de ruido aumenta proporcionalmente al cubo de la relación de compresión.

De estas consideraciones se desprende claramente que debe tenerse especial cuidado en minimizar las relaciones de compresión utilizadas en el diseño de sistemas MAC. Sin embargo, en general, estos sistemas pueden diseñarse para obtener una mejor calidad de funcionamiento por lo que se refiere al ruido que los sistemas de televisión clásicos que emplean las mismas anchuras de banda de video [Windram y otros, 1983a]. A este respecto, las ventajas del sistema MAC son considerables cuando la relación C/N es igual o inferior al umbral MF, debido a que la red de desacentuación MAC sólo causa breves rayas horizontales, menos molestas subjetivamente que las de los sistemas clásicos. Además, las rayas de ruido de umbral no se extienden a los elementos de la imagen adyacentes, por lo que pueden aplicarse fácilmente métodos de ocultación.

2.2.1 Aspectos de la multiplexión

Se han desarrollado diversas variantes del formato MAC, que se encuentran ya en una fase avanzada: sistemas de tipo C-MAC/paquetes, D2-MAC/paquetes, ~~D-MAC/paquetes~~ y B-MAC. Se han abandonado los trabajos de desarrollo de otra variante, A-MAC. Las principales diferencias residen en la manera en que se multiplexan las señales digitales de sonido y datos con la señal de video MAC.

En la variante C-MAC/paquetes, las señales de sonido y de datos se insertan en el intervalo de borrado de línea de la señal video en RF en forma de una portadora con modulación digital. En el punto de transmisión, el multiplexado por división en el tiempo se realiza por conmutación en frecuencia intermedia entre las señales de video con modulación de frecuencia y las señales de sonido y de datos con modulación digital, a fin de mantener la continuidad de fase en la portadora RF transmitida.

En los casos del sistema D-MAC/paquetes y del sistema D2-MAC/paquetes, desarrollados por la UER, y el sistema B-MAC, desarrollado en Canadá y Estados Unidos, las señales de sonido y de datos se transmiten en el intervalo de borrado de línea en la banda de base como señales digitales. En estos sistemas, el espectro de la señal en los canales audio/datos, con amplio margen, puede recuperarse de la banda de base a partir de la salida del demodulador o discriminador de video con bucle de enganche de fase.

Se ha demostrado que una señal (C, D, D2) MAC/paquetes que utiliza una anchura de banda video comprimida de 8,4 MHz satisface los requisitos de la CAMR-RS-77 para la interferencia en pruebas prácticas (Informe 634). Las mediciones de los aspectos de interferencia para el sistema B-MAC indican que se satisface el criterio de interferencia cocanal de la CARR SAT-83 (Informe 634).

2.2.2 Aspectos relativos a la señal de video

Con un multiplex de sonido del sistema C-MAC/paquetes o de tipo B (~~D-MAC/paquetes~~, D2-MAC/paquetes, B-MAC), la ausencia de subportadoras permite aumentar la anchura de banda de las señales video de banda de base o la desviación: pruebas de interferencia realizadas con un sistema conocido como «PAL ampliado» [Shelswell, 1982; Rhodes, 1985] han demostrado la posibilidad de aumentar la anchura de banda de video comprimida hasta unos 11 MHz.

Hay que realizar más trabajos para confirmar los límites superiores de la anchura de banda de base que puede obtenerse con sistemas C-, D- o D2-MAC/paquetes. Sin embargo, probablemente puedan obtenerse anchuras de banda de video no comprimidas superiores a 7 MHz para la luminancia y a 3 MHz para las señales de diferencia de color. En el futuro, tal vez haya que transmitir con esas anchuras de banda mayores para obtener la mayor resolución que precisan las presentaciones en pantalla grande. En este caso, habría que emplear antenas mayores y/o técnicas tales como la reducción del ruido.

Otra característica de los sistemas C-, D- o D2-MAC/paquetes es la facilidad de modificar las señales en las fronteras entre la señal digital y la señal de video, así como entre la señal de video y el intervalo de borrado de trama. Se han formulado propuestas para utilizar tal facilidad, a fin de poder transmitir imágenes de formato ampliado.

En los § 3 y 4 del presente Informe se consideran más a fondo las técnicas para obtener señales de definición ampliada con mayor formato mediante sistemas MAC.

La forma de la señal MAC es también muy apropiada para la embrollación del video con fines de acceso condicional. Esos métodos de embrollación exigen un medio sencillo para reestructurar los bloques de video (véase el punto 5). Esto viene facilitado por la separación de las componentes en un multiplex por división en el tiempo. La desembrollación se realizaría fácilmente en las memorias de línea del decodificador MAC, sin necesidad de otros circuitos.

El problema de la compatibilidad con los receptores existentes es el mismo, ya se utilice el sistema MAC o la codificación de televisión clásica. En ambos casos, se necesitan nuevas unidades exteriores e interiores de complejidad global comparable. No obstante, en el sistema MAC, muchos receptores pueden necesitar un codificador de señal compuesta en la unidad interior.

2.2.3 Resumen

Los _____ sistemas MAC ofrecen muchas ventajas con respecto a los sistemas clásicos, entre las que pueden citarse las siguientes:

- la supresión de la diafotía de color y la diafotía de luminancia;
- resolución horizontal mejorada en términos de luminancia y de diferencia de color;
- una mejora global del ruido subjetivo;
- menor distorsión e intermodulación;
- utilización más eficaz del canal de transmisión;
- facilidad para efectuar la embrollación del video en el caso de acceso condicional;
- posibilidades de imágenes de más alta definición y mayor formato;
- gran capacidad de transmisión de señales digitales de sonido/datos.

3. **Razones para la elección de los parámetros del sistema de video MAC utilizado en los sistemas C-, D- y D2-MAC/paquetes, definidos en el Informe 1073**

En este punto figura información general sobre los parámetros del sistema particular de visión MAC descrito en el Informe 1073.

Al especificar las características de video del sistema MAC, tuvieron que adoptarse muchas decisiones relativas a la multiplexación en el tiempo y a la conformación de la banda. Por ejemplo:

- el mejor orden para transmitir las componentes de diferencia de color y de luminancia;
- la transmisión simultánea o secuencialmente en las líneas de las señales de diferencia de color;
- la anchura de banda y niveles óptimos de las señales de luminancia y de diferencia de color, teniendo en cuenta los requisitos de resolución horizontal y de ruido;
- la resolución vertical;
- la compresión en el tiempo de las señales de luminancia y de diferencia de color;
- las características de preacentuación y desacentuación;
- la calidad de la imagen;
- la embrollación para el acceso condicionado;
- el cumplimiento de las decisiones de la CAMR-RS-77;
- el margen para futuras mejoras.

La mayoría de las características anteriores son mutuamente dependientes, lo que necesita llegar a una solución transaccional.

3.1 *Anchura de banda de las señales de luminancia y de diferencia de color*

La referencia elegida para la anchura de banda de las señales de luminancia y de diferencia de color fue la norma digital para estudios 4 : 2 : 2 (Recomendación 601), que utiliza frecuencias de muestreo para las señales de luminancia y de diferencia de color de 13,5 MHz y 6,75 MHz, respectivamente. Por tanto, las anchuras máximas de banda de base disponibles con la norma 4 : 2 : 2 son aproximadamente 6 MHz y 3 MHz, respectivamente.

El ruido está estrechamente relacionado con la anchura de banda de las señales de luminancia y de diferencia de color. En el sistema MAC, la característica de ruido de video se ve afectada además por la compresión temporal. En una primera aproximación, la potencia de ruido, para una anchura de banda determinada de la señal comprimida, es proporcional al cubo de factor de compresión.

De estas consideraciones se desprende claramente que debe ponerse especial cuidado en reducir el ruido de las señales de diferencia de color, que se comprimen dos veces más que la señal de luminancia. Originalmente se decidió que la amplitud máxima nominal de las señales de diferencia de color (correspondiente al 100% de saturación) será de 1,3 V cresta a cresta. Sin embargo, para permitir la utilización en el futuro de una anchura de banda de crominancia no comprimida de más de 2 MHz, se decidió limitar la amplitud de la señal a 1 V cresta a cresta. Este límite se considera aceptable, pues corresponde a una saturación representada de alrededor del 96%, que raramente se excede en las imágenes naturales.

Dado que la amplitud máxima de las señales de diferencia de color es la misma que para la luminancia y que la relación de compresión es el doble de la de luminancia, la máxima anchura de banda posible de las señales de diferencia de color es en principio la mitad de la de luminancia. Cabe acercarse a este límite en el extremo transmisor. Sin embargo, para reducir las sobreoscilaciones, que pueden causar degradaciones inaceptables en las señales de diferencia de color, la anchura de banda de estas señales debe reducirse aún más en el receptor, por medio de un filtro de atenuación lenta (por ejemplo, del tipo Bessel).

El diseño de los filtros del receptor se deja al criterio de los fabricantes. Es probable que, en caso de señales de elevada intensidad de campo, la anchura de banda de diferencia de color que en la práctica puede obtenerse en el receptor será de unos 2 MHz (aproximadamente 1/3 de la de luminancia). Por las características del ojo humano, esta anchura de banda es más que adecuada para imágenes naturales y apenas suficiente para algunas imágenes sumamente críticas generadas electrónicamente (por ejemplo, textos en letra pequeña). Podría ser conveniente reducir aún más la anchura de banda en caso de señales ruidosas, en cuyo caso se ha sugerido el empleo de filtros de tipo gaussiano o de Bessel con una anchura de banda a 3 dB de unos 0,9 MHz.

Para facilitar información más detallada sobre la recepción entre el ruido y la anchura de banda, se ha calculado la densidad de potencia de ruido en función de la frecuencia, teniendo en cuenta el factor de compresión así como la preacentuación y la desacentuación. Los resultados revelan el aumento considerable del nivel de ruido al aumentar la frecuencia. Si se ponderan los resultados por una característica con una constante de tiempo $\tau = 0,2 \mu\text{s}$ (Recomendación 451), la característica ponderada de densidad de ruido es la que se indica en la fig. 1, que incluye el efecto de la preacentuación (véase el § 3.4). Se ha supuesto aquí que la señal de luminancia y las señales de diferencia de color están igualmente ponderadas. Las curvas a frecuencias superiores son relativamente planas e indican una buena adaptación entre las características del ruido MF y la percepción visual del ruido.

La visibilidad del ruido en la pantalla puede diferir de la predicha teóricamente debido al fallo del principio de la luminancia constante, y también a efectos psicológicos (el ojo tiene sensibilidades diferentes al ruido en los dos canales de diferencia de color). Mediante una elección adecuada de los ejes de diferencia de color, podrían disminuirse los efectos subjetivos del ruido de crominancia, pero no cabe esperar una mejora superior a 1 dB aproximadamente. Puede conseguirse otra pequeña mejora del ruido para las señales de diferencia de color empleando promediación vertical en el receptor (en lugar de repetir una sola línea).

La influencia de la preacentuación y de la desacentuación en el ruido se trata en el § 3.4.

3.2 Elección de la secuencia de señales de componentes analógicas y de la relación de compresión

La componente de luminancia y las dos componentes de diferencia de color deben transmitirse secuencialmente y comprimirse en el tiempo. Es necesario decidir si ambas señales de diferencia de color deben transmitirse durante cada línea o transmitirse secuencialmente en líneas alternas. También debe decidirse el orden en el que deben transmitirse las componentes.

Al seleccionar las relaciones de compresión, es preciso encontrar un compromiso entre la relación señal/ruido, las limitaciones impuestas por la interferencia, la transparencia a la norma digital en estudios (habida cuenta de la necesidad de que el diseño del receptor siga siendo simple) y la compartición más simple del periodo de tiempo de línea activa de $52 \mu\text{s}$. Independientemente de que se utilice la transmisión simultánea o en líneas sucesivas de las señales de diferencia de color, los dos últimos factores sugieren que la relación entre el factor de compresión de luminancia (Y) y el factor de compresión de diferencia de color (X) debe ser de 0,5, empleándose la misma frecuencia de muestreo para ambas componentes comprimidas. Además, la suma de las fracciones del tiempo compartido debe ser igual a la unidad.

En la transmisión simultánea de las componentes de diferencia de color, se obtienen por tanto las dos ecuaciones siguientes:

$$\frac{Y}{X} = 0,5 \text{ y } \frac{1}{X} + \frac{1}{Y} = 1$$

De donde se obtiene $X = 3$ e $Y = \frac{3}{2}$.

En la transmisión simultánea de las componentes de diferencia de color, las ecuaciones resultan:

$$\frac{Y}{X} = 0,5 \text{ y } \frac{2}{X} + \frac{1}{Y} = 1$$

Se obtiene así $X = 4$, $Y = \frac{4}{2}$.

Como se indicó en el § 2.2, la potencia de ruido descomprimido varía proporcionalmente al cubo del factor de compresión K , de modo que la pérdida en la relación señal/ruido es igual a $30 \log_{10} K$ (dB). De ello se deduce que la mejor característica de ruido se obtiene cuando las relaciones de compresión se mantienen en el mínimo. Las cifras demuestran claramente que en un sistema en el que se transmiten ambas componentes de color es de 3,7 dB con relación al caso de que las señales de diferencia de color se transmitan secuencialmente. Además, la compresión en el tiempo ocasiona un aumento proporcionado de la anchura de banda que debe acomodarse dentro del canal de MF. Así, para evitar la interferencia adicional causada por el aumento de la frecuencia de modulación máxima en la transmisión simultánea de ambas componentes de diferencia de color, debería reducirse la excursión, lo que conduciría a una pérdida suplementaria de relación señal/ruido de unos 2 dB para las señales de diferencia de color y de unos 4 dB para las de luminancia. Las degradaciones globales debidas al ruido de más de 5 dB parecen insatisfactorias, por lo que las señales de diferencia de color se transmiten secuencialmente en línea y las relaciones de compresión son de 3/2 para la luminancia y de 3/1 para las señales de diferencia de color.

En lo que respecta al orden de transmisión de las diversas componentes, la componente de diferencia de color se transmite antes que la componente de luminancia. No han podido hallarse razones de peso por las que un orden diferente ofrezca ventajas habida cuenta de la complejidad del receptor. La señal de diferencia de color se transmite primero porque se estimó que la distorsión en baja frecuencia sería más visible en las señales de diferencia de color. Estas últimas debieran estar por tanto más próximas a la referencia de sincronización al comienzo de la línea.

3.3 *Consideraciones sobre la resolución vertical y horizontal para las señales de luminancia y de diferencia de color*

Al estudiar este problema, conviene convertir la resolución vertical; normalmente definida en ciclos por altura de imagen, en una resolución horizontal equivalente en MHz.

Para un sistema 625/50/2 : 1 con un formato de imagen 4 : 3, el límite de Nyquist de 143,75 ciclos por altura de imagen (575 líneas activas/4) da una frecuencia de imagen en tablero de ajedrez horizontal de 3,7 MHz. Esta limitación se debe al parpadeo de entrelazado.

La resolución de luminancia potencial es, no obstante, equivalente a 7,4 MHz lo que puede obtenerse por una exploración progresiva en la dirección vertical utilizando técnicas de prefiltrado y postfiltrado vertical. Debe tenerse en cuenta esta posible mejora al considerar la respuesta de frecuencia necesaria para obtener un buen equilibrio entre la resolución vertical y la horizontal.

Eliminando líneas alternas de las señales de diferencia de color, la resolución vertical potencial de la información de crominancia se reduce a la mitad con respecto a la de luminancia. El límite de Nyquist de 71,87 ciclos por altura de imagen corresponde a una frecuencia equivalente de 1,85 MHz. Para reducir las componentes de distorsión por solape que se producen dentro del espectro de señal original por este procedimiento, las señales de diferencia de color deben prefiltrarse verticalmente. Esto puede restringir aún más la resolución según el tipo de filtro empleado. Si se utiliza por ejemplo un filtro de promediación de línea simple (filtro 1,1), se tendría una pérdida de 3 dB a 1,85 MHz, en tanto que con un filtro 1, 2, 1, la pérdida sería de 6 dB. No obstante, la respuesta total depende también del posfiltrado en el receptor. En combinación con un filtro previsto de 1, 2, 1 en el transmisor, un filtro posterior 1, 2, 1 en el receptor (que se recomienda para un tamaño normal de la pantalla) daría lugar a una restricción adicional y a una respuesta total teórica de -6 dB a 1,34 MHz.

Esta resolución vertical es menor que la máxima resolución horizontal que se obtiene con señales de bajo nivel de ruido (unos 2 MHz). Sin embargo, es probable que técnicas de prefiltrado más elaboradas, particularmente las basadas en memorias de campo posiblemente acompañadas por el correspondiente postfiltrado, pudieran mejorar la resolución vertical de crominancia de forma que se obtuviese el mejor equilibrio posible entre la resolución en los dos sentidos.

Puede concluirse por tanto que la transmisión secuencial de color da una resolución razonablemente buena en los sentidos horizontal y vertical, y podrán obtenerse más tarde otras mejoras, utilizando un procesamiento más avanzado.

3.4 *Elección de la característica de acentuación*

En el sistema MAC resulta innecesario utilizar gran cantidad de preacentuación y desacentuación para reducir la distorsión (como ocurre con las señales compuestas). Sin embargo, la acentuación es útil para obtener una mejor característica de ruido y de interferencia teniendo en cuenta los requisitos del Plan de la CAMR-RS-77.

Cuando se estudia la acentuación, debe tenerse en cuenta el efecto del ruido umbral. El empleo de desacentuación ocasiona que los puntos de umbral aparezcan en forma de trazos en la pantalla. La degradación resultante depende del número de puntos, de su amplitud y de la longitud de la perturbación. La utilización de decompresión en el tiempo hace que las puntas se alarguen proporcionalmente al factor de compresión.

El uso de preacentuación es ventajoso para reducir el número de puntos y su amplitud, pero tiene el efecto negativo de que aumenta la longitud de los puntos. Las pruebas subjetivas indican que con una elección adecuada de la característica de preacentuación, los efectos ventajosos compensan con creces los efectos negativos.

En principio, el empleo de preacentuación podría causar distorsión debido al filtro paso-banda a 27 MHz y también al ruido de truncamiento. Este efecto puede limitarse con una elección cuidadosa de la característica de preacentuación.

La característica de acentuación debe elegirse como un compromiso entre los efectos contrapuestos antes citados. Algunos miembros de la UER han realizado cálculos y evaluaciones subjetivas oficiosas con dos redes, [CCIR, 1982-86b]. Las características de la red especificadas para los sistemas de la familia MAC/paquetes en el Informe 1073 se indican en el cuadro I.

No se excluye la posibilidad de que, como resultado de ulteriores estudios, se proponga una característica ligeramente diferente, pero compatible, a fin de optimizar la calidad de funcionamiento.

La pérdida de inserción en baja frecuencia de la red de preacentuación MAC es sólo de 3 dB. Por tanto, es muy conveniente que la señal video se restablezca en corriente continua a la entrada del modulador MF.

3.4.1 Ejemplo de red E7 de preacentuación/desacentuación no lineal compatible para la familia MAC/paquetes

Además de la característica de preacentuación lineal El para la familia MAC/paquetes descrita en el Cuadro I, también puede utilizarse una red de preacentuación no lineal denominada E7 (véase el Anexo I). Esta preacentuación E7 debe aplicarse sólo a la imagen y no a las ráfagas de datos. El efecto de su aplicación es una mejora subjetiva en la calidad de la señal, equivalente a un aumento de 3 dB en la relación portadora/ruido de la señal recibida. E7 es una red no lineal de preacentuación/desacentuación diseñada para proporcionar una mejora frente al ruido y la interferencia sin degradar el umbral. La red E7 es un sistema compresor-expansor instantáneo dependiente de la frecuencia. Es compatible en el sentido de que no afecta a las frecuencias bajas de señal de video de manera que tampoco afecta a la sensibilidad de la desviación de la señal MF. E7 puede realizarse en forma analógica o digital; en los ejemplos que se exponen a continuación figuran ambos casos para las redes de preacentuación/desacentuación. Los dos cumplen el plan establecido por la CAMR-RS-77 cuando se utilizan junto con la red de preacentuación El. Todas las redes de preacentuación utilizadas con la familia MAC/paquetes deben de ser compatibles por exceso con el sistema AD-MAC descrito en el Informe 1075 del CCIR.

3.5 *Calidad de imagen*

La UER realizó pruebas subjetivas de la calidad de imagen con diferentes relaciones portadora/ruido y demostró que la calidad MAC* era siempre mejor que la calidad PAL o SECAM.

Sin embargo, la agudeza de la transición de color vertical del MAC es inferior a la del PAL, debido a los filtros de interpolación utilizados en transmisión y recepción para reducir las otras componentes espectrales producidas por la transmisión secuencial en líneas de la señal de color. Estas componentes, que existen en el sistema SECAM, pueden ser muy molestas con imágenes patrón generadas electrónicamente que se desplazan verticalmente (por ejemplo, leyendas en rojo sobre un fondo negro), si no se suprimen hasta un nivel insignificante mediante filtrado adecuado [Windram y Morcom, 1983].

En cuanto a la relación señal/ruido, aun con valores elevados de C/N es visible algún ruido en zonas de color fuertemente saturadas. Este ruido es subjetivamente menor en MAC que en PAL o SECAM.

Pruebas subjetivas han demostrado también que se cumplen los requisitos del Plan de la CAMR-RS-77 referentes a la interferencia cocanal y de canal adyacente para señales MAC tanto desembrolladas como embrolladas (véase el Informe 634).

Además, con valores inferiores de C/N , la calidad de funcionamiento del sistema es siempre mejor que la de los sistemas compuestos existentes, aun empleando demodulación con umbral extendido. Las imágenes son más aceptables, pues los trazos de umbral son mucho más cortos, debido a la menor cantidad de desacentuación y a las constantes de tiempo más cortas.

* En el sistema utilizado para estas pruebas, la anchura de banda entre los puntos a 3 dB para la señal de luminancia fue de 5,6 MHz y para la señal de diferencia fue de 1,6 MHz.

CUADRO I - Características de las redes de preacentuación para señales MAC

Sistema	A_0 (dB)	A_∞ (dB)	f_c (MHz)	f_p (MHz)	f_p/f_c	S/N lum. (dB)	S/N diferencia de color (dB)
C-MAC D-MAC D2-MAC	-3	2,04	0,84	1,5	1,786	42,23	43,59
B-MAC	-3	+3	1,87	3,74	2		

A_0 : Ganancia en frecuencias bajas.

A_∞ : Ganancia en frecuencias altas.

f_c : Frecuencia cero.

f_p : Frecuencia polar.

S/N lum.: Relación señal/ruido ponderado de la señal de luminancia correspondiente a $C/N = 14$ dB (red de ponderación: Recomendación 451; anchura de banda 6 MHz).

S/N dif. de color: Relación señal/ruido ponderado de la señal de diferencia de color correspondiente a $C/N = 14$ dB (red de ponderación: Recomendación 451; filtro del receptor gaussiano con punto de 6 dB a 1,3 MHz).

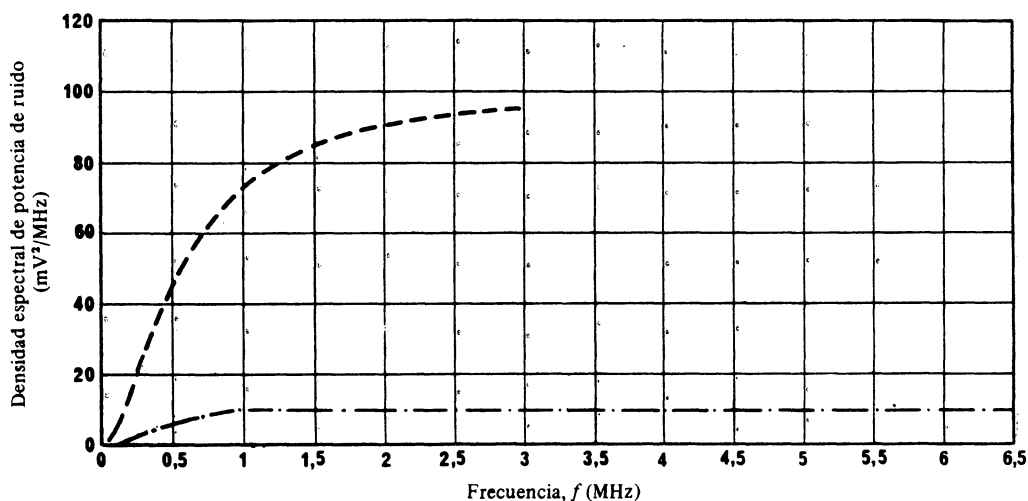


FIGURA 1 - Densidad espectral de potencia de ruido ponderado para las señales de diferencia de color y de luminancia

Filtro de ponderación: Recomendación 451

Preacentuación: Red utilizada para C-, D- y D2-MAC/paquetes.

----- Señal de diferencia de color
 -.-.-.-.- Luminancia

La escala de ordenadas es tal que la superficie por debajo de las curvas, expresada en dB con respecto a 1 mV^2 , proporciona las relaciones señal/ruido ponderado, correspondientes a $C/N = 14$ dB.

Nota. - En las curvas de ruido de diferencia de color se supone que las dos potencias de ruido de diferencia de color se suman de igual manera. Debe señalarse que el efecto subjetivo del ruido para cada canal de diferencia de color es una función complicada del tinte, la saturación y la luminancia.

3.6 *Futuras mejoras*

Cuando se define un nuevo sistema para la radiodifusión por satélite, es importante no excluir cualesquiera mejoras futuras que pudieran preverse.

Pueden preverse las mejoras que se indican a continuación; algunas de ellas aún no se han probado experimentalmente, pero debería ser posible aplicarlas con el formato de señal propuesto.

3.6.1 *Resolución mejorada de las señales de luminancia y de diferencia de color*

Podría obtenerse aumentando la anchura de la banda de base de 9 MHz a unos 12 MHz, lo que daría como resultado un aumento de la resolución horizontal del 33%. Hay que confirmar aún si esto no causaría una interferencia inaceptable.

Otro método podría consistir en utilizar prefiltrado y postfiltrado para transmitir información horizontal adicional en forma de energía replegada dentro de la banda de base existente. Sin embargo, las señales que transportan esta energía replegada para la mejora de la imagen pueden requerir compromisos de diseño entre los receptores con postfiltrado que utilizan esta información y los receptores normales [Tonge, 1982].

En Informes de [Tonge, 1983; Long, 1983; Windram y Tonge, 1983] se describen técnicas para mejorar la resolución vertical mediante el prefiltrado antes de la transmisión y el postfiltrado utilizando memorias de línea y de trama en el receptor. Parece que es posible un aumento de resolución vertical (efectiva) del 100% con imágenes fijas. No obstante, esta resolución se reduce en frecuencias verticales/temporales más altas.

3.6.2 *Formato de la imagen*

El formato flexible del esquema de codificación de la familia MAC/paquetes y la elevada velocidad de datos de los sistemas C- y D-MAC/paquetes proporcionan la posibilidad de introducir imágenes compatibles con un formato mayor. La utilización del control MDT para reducir la anchura de la ráfaga de sonido digital (a un valor suficiente para transportar solamente una señal estereofónica) permite que se transmita información adicional del formato de imagen de luminancia. Las señales de crominancia adicionales correspondientes se envían en el intervalo de cuadro, como se muestra en la Figura 2 y se describe en [Windram y otros, 1983b].

Nuevos estudios han permitido definir otro método para obtener un formato de la imagen más amplio con los sistemas C, D y D2-MAC/paquetes. Este método emplea las componentes MDT de la imagen normal para ofrecer un formato de la imagen de 16:9 y deja intacta la capacidad de datos digitales. Así, una imagen de 4:3 puede extraerse de un formato de la imagen más amplio de 16:9 para una visualización en monitores convencionales. Para la anchura de banda de la misma señal de banda de base, esto aportaría una resolución ligeramente inferior debido al factor de decompresión diferente, pero puede aumentarse la anchura de banda del sistema para receptores futuros con el fin de compensar este efecto. [Shelswell, 1982; CCIR, 1982-86d, e, f, g].

Los receptores con memoria de trama incorporada podrán procesar esta información adicional para visualizaciones con mayores formatos de imagen.

Las imágenes con la relación 4:3 no son perturbadas por el proceso y son adecuadas para los receptores normales.

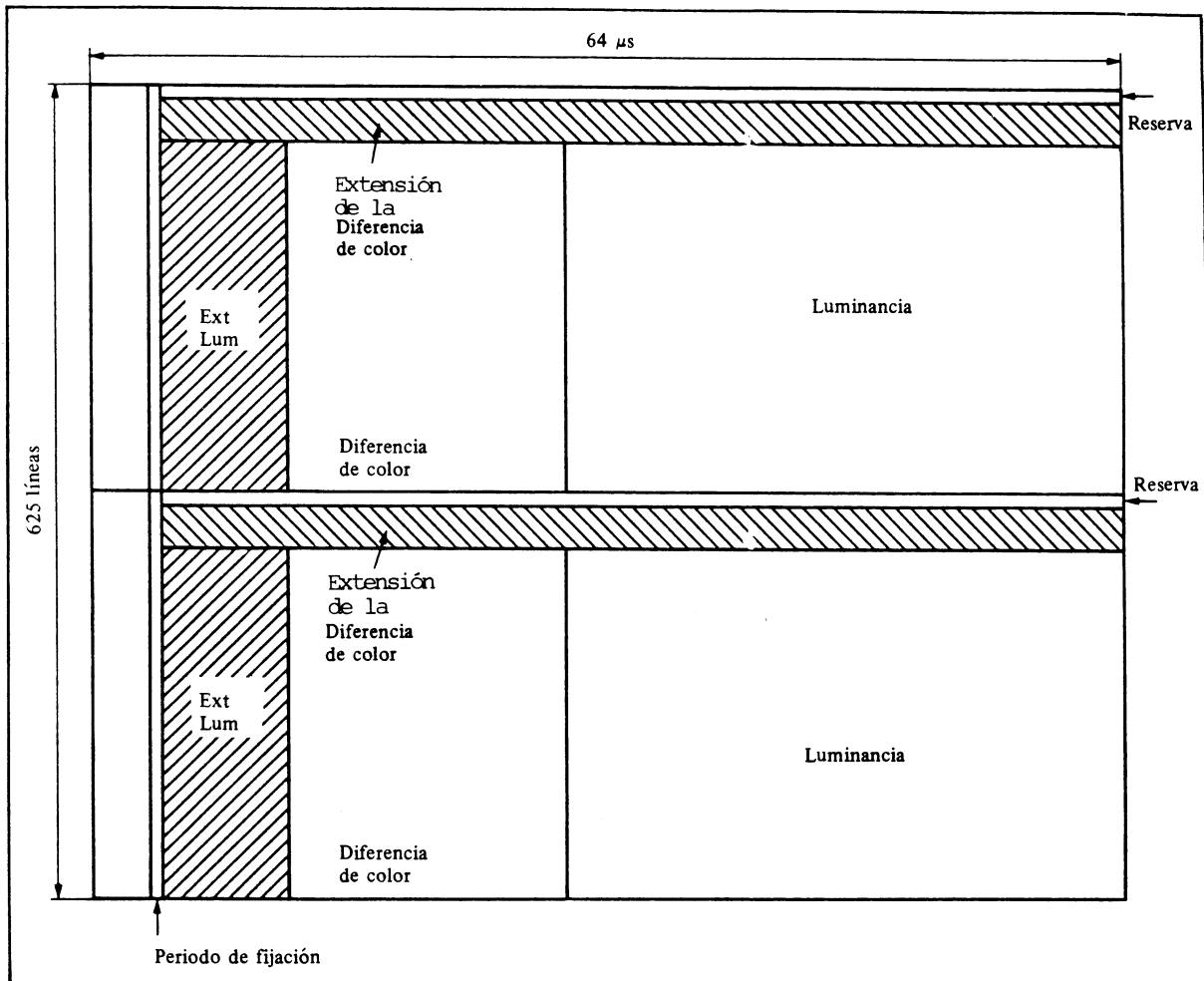


FIGURA 2 – Utilización propuesta de la trama transmitida para el sistema MAC ampliado

Nota. – Las zonas sombreadas se utilizan para las extensiones de video.

3.6.3 Multiplexación de video a las frecuencias de línea y de trama

La utilización del control MDT en la familia MAC/paquetes y la utilización de memorias de tramas en los receptores proporciona la base para una variedad de formatos de transmisión. Se están estudiando algunas posibilidades [CCIR, 1982-86c].

También se están realizando nuevos estudios sobre una segunda serie de relaciones de compresión, así como sobre otro enfoque para un formato mayor en los sistemas C y D2-MAC/paquetes. Este enfoque deja intacta la capacidad de datos digitales y ofrece una imagen compatible con el formato 4:3 utilizando un nuevo juego de relaciones de expansión (para la misma anchura de banda de la señal en banda de base, ello daría lugar a una resolución ligeramente inferior, aunque puede aumentarse la anchura de banda) [Shelswell, 1982; CCIR, 1982-86d, e, f, g].

3.6.3.1 Multiplexado a la frecuencia de cuadro

El principio del método se muestra en la fig. 3a. En esta figura el contenido de periodos de línea se representa en el sentido horizontal, mientras que en el sentido vertical se muestra la subdivisión durante un periodo de campo.

Durante un número de periodos de línea por periodo de campo solamente se transmite la información de luminancia (la señal Y), mientras que durante los otros periodos de línea sólo se transmiten las señales de diferencia de color, en forma comprimida. La imagen resultante mostrará la resolución horizontal máxima, determinada por la anchura de banda de canal, y un formato de imagen mayor que el normal. Se están estudiando métodos destinados a mejorar la resolución vertical.

3.6.3.2 Multiplexado a las frecuencias de líneas y de cuadro

En la fig. 3b se muestra un ejemplo en el cual se combinan los métodos a la frecuencia de línea y a la frecuencia de cuadro.

El intervalo de tiempo Y se reserva para la transmisión de la información de luminancia. El intervalo c_a puede contener una o dos señales de diferencia de color; lo mismo ocurre con el intervalo c_b . Los límites entre los intervalos de tiempo se indican por las líneas a, b, d y e.

El control MDT tiene la ventaja de proporcionar una gran flexibilidad para alterar los límites entre las señales de sonido y video y las de luminancia y diferencia de color. Esta flexibilidad ofrece la posibilidad de un formato de imagen mayor, televisión mejorada, televisión estereoscópica y transmisión de datos en campos completos. No obstante, debe señalarse que muchas de las ventajas mencionadas requerirán la utilización de un receptor que incorpore una memoria de imagen.

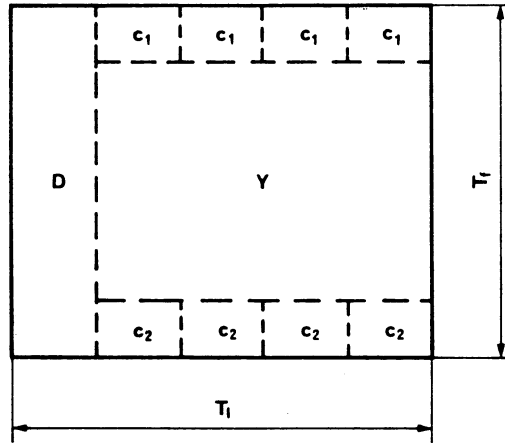


FIGURA 3a – Multiplexación a la frecuencia de cuadro

- | | |
|---------------------------------|--|
| T_f : Periodo de cuadro | c_1 : Primera señal de diferencia de color (por ejemplo, U) |
| T_l : Periodo de línea | c_2 : Segunda señal de diferencia de color (por ejemplo, V) |
| D : Sonido + datos + sincron. | Y : Señal de luminancia |

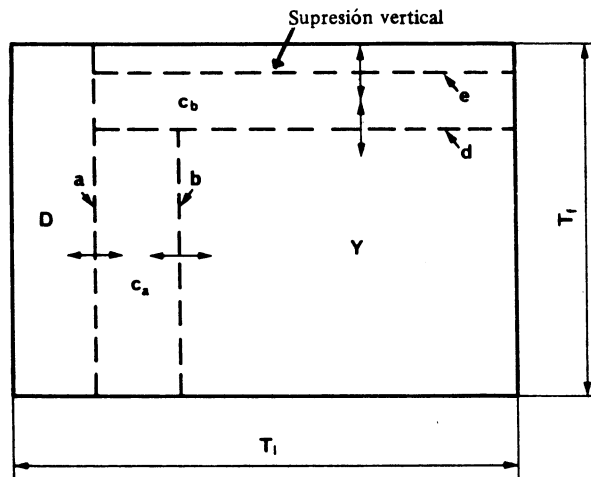


FIGURA 3b – Multiplexado a las frecuencias de línea y de cuadro

- | | |
|---------------------------------|--|
| T_f : Periodo de cuadro | c_a : Primera señal de diferencia de color (por ejemplo, U) |
| T_l : Periodo de línea | c_b : Segunda señal de diferencia de color (por ejemplo, V) |
| D : Sonido + datos + sincron. | Y : Señal de luminancia |

3.6.4 *Televisión de alta definición* (véase el Informe 801)

A fin de evitar el solape en los procesos destinados a ampliar la resolución vertical se utiliza un solo prefiltrado de canal del Plan de canales de la CAMR-RS-77. El proceso de prefiltrado entraña que se descarte la información vertical/temporal de alta frecuencia. Ello puede no tener una importancia subjetiva de primer orden debido a que el ojo es menos sensible en estas zonas [Tonge, 1982; Fujio y otros, 1982]. Pueden aplicarse filtros que preservan la información vertical/temporal de alta frecuencia para la transmisión por un segundo canal. La utilización en esta forma de dos canales del Plan de la CAMR deberá tratar de acercarse al objetivo de lograr la calidad plena de una norma de televisión de alta definición para los estudios.

3.6.5 *Televisión estereoscópica*

Podría utilizarse un segundo canal del Plan de la CAMR para transmitir información adicional con vistas a la televisión estereoscópica [CCIR, 1982-86b]. En este caso, ambos canales pueden transmitir señales similares compatibles de definición ampliada. Estas señales se combinan en el receptor para producir la visualización estereoscópica. Es necesario continuar los estudios al respecto.

4. Razones de la elección de parámetros para el sistema de video MAC utilizado en los sistemas B-MAC definidos en el Informe 1073

Se han establecido especificaciones detalladas de los sistemas B-MAC para obtener las siguientes características:

- operación en un canal de 24 MHz con una relación C/N nominal de 14 dB,
- mejor calidad de imagen por comparación con los actuales sistemas de 525 líneas,
- múltiples canales digitales de sonido de alta calidad,
- capacidad de radiodifusión de datos (esos datos se pueden utilizar también para la sincronización),
- cifrado con capacidad individual de direccionamiento,
- posibilidad de mejoras futuras,
- posible compatibilidad con la televisión de alta definición.

En Estados Unidos y en Canadá se han desarrollado sistemas B-MAC para 525 y 625 líneas. En Estados Unidos de América se está desarrollando un sistema análogo denominado B-TMC (time multiplexed analogue components) para 525 líneas. Estos sistemas se describen en [CCIR, 1982-86h, i].

4.1 *Sistemas B-MAC*

En los sistemas B-MAC, la señal de video se asemeja mucho al formato de video de la familia MAC/paquetes. Se emplean los mismos factores de compresión, pero las frecuencias de reloj son diferentes. Al igual que la familia MAC/paquetes, el B-MAC transmite la información de luminancia y de crominancia dentro del tiempo de línea activa. Las señales de diferencia de color se transmiten secuencialmente en líneas alternas. En el B-MAC, las frecuencias de reloj son múltiplos enteros pares de la frecuencia de la subportadora de color del NTSC. La frecuencia de muestreo de luminancia de 14,32 MHz permite una anchura de banda de luminancia de hasta 6,4 MHz utilizando técnicas sencillas. La anchura de banda de crominancia está limitada por los criterios de Nyquist. Estas anchuras de banda pueden utilizarse para transmitir imágenes de pantalla grande con normas de 525 líneas de modo compatible con los receptores actualmente en uso cuyas pantallas tienen un formato de imagen 4 : 3. El formato de las pantallas grandes que hace posible esta compatibilidad es 16 : 9 ó 4 : 3 del formato de imagen normal. Para cambiar el formato de imagen transmitido de 16 : 9 a 4 : 3 debe reemplazarse el conjunto de frecuencias de reloj para la expansión temporal de $1365 F_h : 910 F_h : 455 F_h$ a $1365 F_h : 682,5 F_h : 341,25 F_h$. La selección de la porción de la imagen 16 : 9 que ha de visualizarse en pantalla 4 : 3 se controla mediante una instrucción transmitida digitalmente en el intervalo de supresión de trama. El potencial íntegro de anchura de banda del B-MAC (6,4 MHz) exige, para la misma relación S/N ponderado, una relación C/N unos 3 dB mayor que la necesaria en el caso de la anchura de banda de luminancia no comprimida de 4,2 MHz.



El B-MAC emplea embrollación de video por traslación de línea y encriptan en forma digital las señales audio/datos con capacidad de direccionamiento individual o colectivo de los receptores.

En este sistema —la información de sincronización horizontal y vertical se transmite en forma digital utilizando sistemas de corrección de errores de alta redundancia, lo que permite una recuperación de la señal de sincronización muy robusta. Se ha demostrado que este sistema es capaz de mantener la sincronización para valores de la relación C/N de hasta 2 dB, con lo que se puede mantener una sincronización fiable durante periodos de elevado ruido, típicos en las transmisiones de satélite en condiciones meteorológicas desfavorables, y/o en condiciones de error de puntería de la antena. Solamente se utiliza una línea de intervalo de supresión de trama vertical para transmitir la información de sincronización, pudiéndose utilizar las líneas restantes del intervalo de supresión de trama vertical de la señal MAC para otros servicios como el teletexto, información de video adicional, etc.

Se propone una nueva red de acentuación para estas señales, pues el grado de acentuación necesario para sistemas NTSC no es óptimo para las señales de componentes. La característica de acentuación MAC óptima posee constantes de tiempo más cortas y una pérdida de inserción a baja frecuencia, como se muestra en el cuadro I. Esa red mejora el rendimiento en el umbral o por debajo del mismo, aunque al mismo tiempo los impulsos inducidos por el ruido de umbral son menos susceptibles al ensanchamiento. Se considera que la mejora resultante de la calidad general de la imagen cuando la señal MAC opera en condiciones de baja relación C/N constituye uno de los atributos más significativos del sistema MAC.

La señal MAC debe ser diseñada de forma tal que en condiciones desfavorables la señal de visión falle primero, seguida de la señal de sincronización. Esta es la práctica seguida en la radiodifusión terrenal. El umbral MF se alcanza aproximadamente en una C/N de 10 a 11 dB. La sincronización en los sistemas MAC se mantiene incluso con una C/N de 2 dB o menos.

4.2 Sistema B-MAC de doble formato de imagen

El formato B-MAC ofrece posibilidades de extensión para transmisiones de definición ampliada. Transmite una imagen entrelazada con las señales asociadas de sonido, sincronización y datos de direccionamiento del acceso condicional. El sistema B-MAC puede transmitir imágenes con un formato 4:3 o, para pantalla grande, de 16:9 [Rhodes y Lowry, 1985]. Los telespectadores podrán ver una imagen 4:3 de muy alta calidad (anchura de banda de luminancia efectiva de 4,8 MHz) en pantallas de formato clásico 4:3. Los telespectadores que dispongan de una visualización de 16:9 pueden obtener imágenes de pantalla grande. La anchura de la banda de base de luminancia incrementada de 6,4 MHz proporcionará la misma resolución horizontal con visualización de 16:9 que en visualización básica de formato 4:3. Para el futuro próximo se prevé una presentación visual perfeccionada que puede desentrelazar la señal transmitida para mejorar la calidad de la imagen. Cabe suponer que la calidad de una imagen de pantalla grande desentrelazada (cada imagen se repite dos veces) se aproximará a la de un sistema de transmisión de más alta frecuencia de línea. Habrá que realizar nuevos estudios, particularmente sobre la detección del movimiento.

5. Embrollación para acceso condicional

El acceso condicional requiere entre otras cosas que las señales de sonido y de imagen se embrollen bajo el control de un sistema de cifrado. En el Informe 1079 se exponen los principios de acceso condicional. En el cuadro I y en el anexo II a ese Informe, así como en la Publicación Especial del CCIR (Especificaciones de los Sistemas de Transmisión para el Servicio de Radiodifusión por Satélite), figuran ejemplos relativos al servicio de radiodifusión por satélite. A continuación se describe la embrollación de la imagen.

5.1 Algoritmo de embrollación

Diversas pruebas han demostrado que se puede obtener un alto grado de embrollación de la imagen por métodos que distribuyen los elementos de la imagen en el tiempo. La existencia de una memoria de línea en cada decodificador doméstico sugiere que la mejor manera de hacer este proceso es dentro de cada línea y no reordenando todas las líneas dentro de una trama. Este último proceso requeriría una memoria de trama.

La rotación de componentes de doble corte y la rotación de líneas de un solo corte son métodos de embrollación que pueden aplicarse a sistemas MAC y pueden dar excelentes resultados siempre que se controlen adecuadamente las tolerancias de inclinación de línea dentro del trayecto de la señal embrollada.

Estos métodos forman parte de una serie de técnicas de embrollación basadas en la división y reordenación de las componentes multiplexadas que forman la línea de video.

En el sistema de rotación de componentes de doble corte, las componentes de crominancia y luminancia se hacen girar ciclicamente por separado en toda su longitud por una distancia determinada pseudoaleatoriamente (fig. 4b). Esta distancia de rotación será determinada por la salida de un generador de secuencia pseudoaleatoria que forma parte del proceso de cifrado.

En el sistema de rotación de línea de un solo corte, la componente de diferencia de color de cada línea se divide en dos segmentos, pasándose el primero al final de la línea (fig. 4c). La posición del punto de corte se determina por la salida de un generador de secuencia pseudoaleatoria.

La rotación de componentes y la rotación de líneas parecen ser soluciones muy atractivas para la embrollación de la imagen y se ha demostrado que el sistema puede ocultar totalmente una imagen transmitida y se puede desembrollar con facilidad [Lodge, 1983].

Se ha aplicado también la embrollación con traslación de línea, y tiene la ventaja de una menor sensibilidad a las distorsiones en el trayecto de la señal, como la inclinación de la línea. En este método, el periodo de borrado de línea transmitido se varía en forma aleatoria, lo que tiene el efecto, en un receptor no autorizado, de descorrelacionar líneas en la imagen y de desplazar partes de la línea activa fuera de la zona de visión de la imagen presentada. El efecto de la embrollación es fuerte [Lowry, 1984]. En la fig. 5 se muestra una descripción esquemática de la embrollación con traslación de líneas para sistemas B-MAC de 525 líneas.

Existen otras maneras de modificar la señal para obtener un efecto de embrollación. Los dos métodos descritos son apropiados para utilizarlos con un sistema MAC. Las memorias de línea utilizadas para la expansión temporal, sólo pueden emplearse con el fin de desembrollar la imagen.

Tal vez haya que normalizar pronto los métodos de embrollación para impedir una proliferación de cajas negras alrededor del receptor de televisión doméstico.

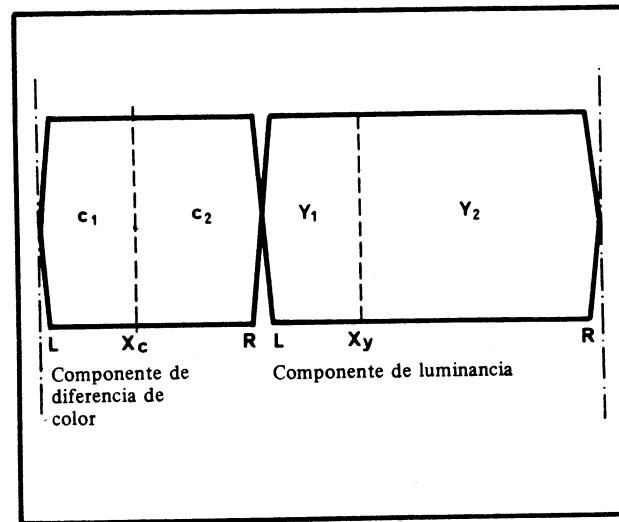


FIGURA 4a - Línea MAC normal

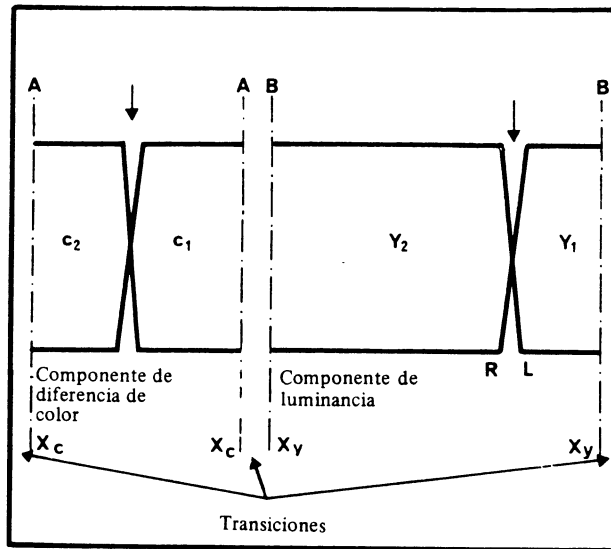


FIGURA 4b – Embrollación por rotación de componentes de doble corte

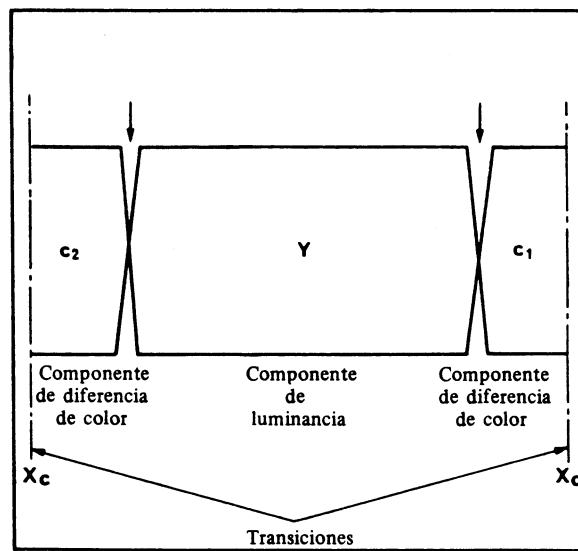


FIGURA 4c – Embrollación por rotación de líneas de un solo corte

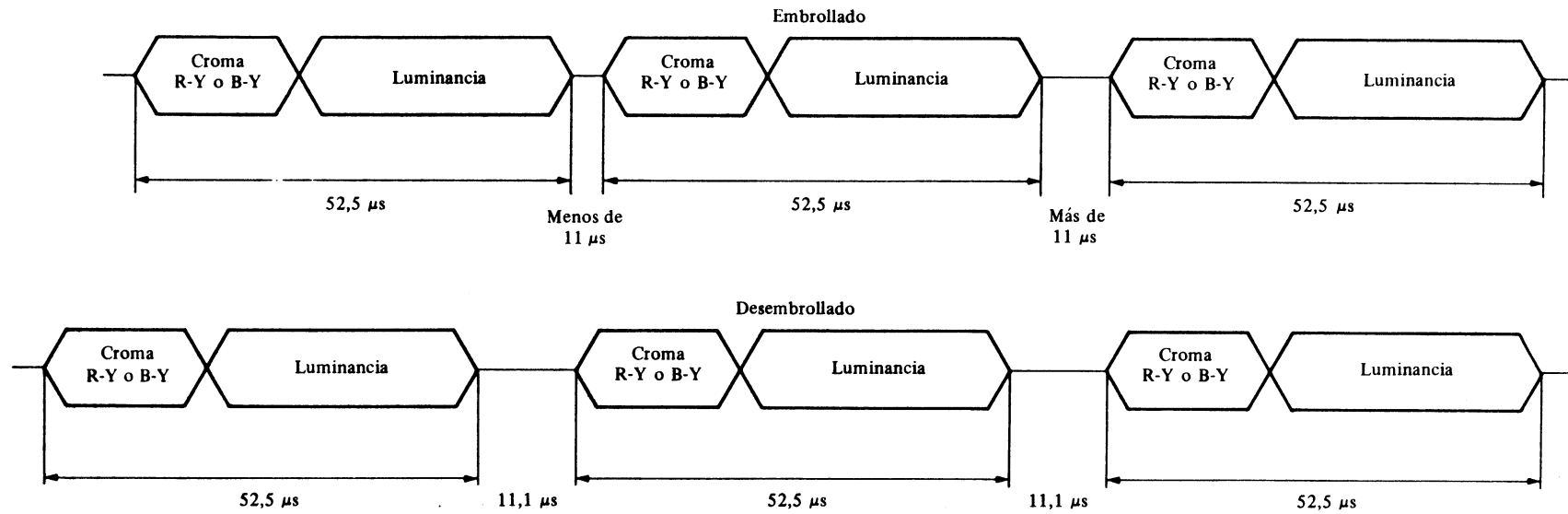


FIGURA 5 – Embrollación por traslación de líneas

Nota. – El tiempo de borrado de trama es constante, promediado sobre cualquier trama. De una línea a otra, el tiempo de borrado de trama varía en forma seudoaleatoria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FUGIO, T. y otros [junio de 1982] High-definition television. NHK Technical Monograph No. 32.
- LODGE, N. [1983] A proposal for the EBU specification. IBA Report 122/83.
- LONG, T. J. [1983] Why non-compatible HDTV? IBA Report 119/83.
- LOWRY, J. [noviembre de 1984] B-MAC – An optimum format for satellite television transmission. *SMPTE J.*
- LUCAS, K. y WINDRAM, M. D. [1981] Direct television broadcasts by satellite – Desirability of a new transmission standard. IBA Report 116/81.
- RHODES, C. W., [mayo de 1985] The Further Evolution of the B-MAC Signal Format for HDTV Broadcast. 2nd HDTV Colloquium, Ottawa, Canadá.
- RHODES, C. W. y LOWRY, J., [junio de 1985] The B-MAC Signal Format as Applied to Enhanced 525 Line TV Systems and to HDTV. ICCE, Chicago, Estados Unidos de América.
- SHELWELL, P. [1982] Satellite broadcasting protection ratio requirements for enhanced transmission using extended PAL vision and digital sound signals. BBC Research Department Report RD 1982.
- TONGE, G. [1982] Spatio-temporal bandwidth requirements for extended definition television. IBA Report 1/82.
- TONGE, G. [1983] Signal processing for extended definition television. IBA Report 121/83.
- WINDRAM, M. D. y MORCOM, R. [1983] The MAC colour-difference signal. IBA Report 124/83.
- WINDRAM, M. D. y TONGE, G. [1983] Line sequential colour transmission and vertical filtering in MAC. IBA Report 130/83.
- WINDRAM, M. D., MORCOM, R. y HURLEY, T. [1983b] Extended definition MAC. IBA Report 120/83.
- WINDRAM, M. D., TONGE, G. y MORCOM, R. [1983a] MAC – a television system for high-quality satellite broadcasting. IBA Report 118/83.

Documentos del CCIR

- [1982-86]: a. 10-11S/62 (Canadá); b. 10-11S/39 (UER); c. 10-11S/33 (Países Bajos); d. 10-11S/170 (Francia); e. 10-11S/164 y Add.1 (UER); f. 10-11S/165 y Add.1 (UER); g. 10-11S/182 y Add.1 (Francia, Alemania (República Federal de)); h. 10-11S/178 (Estados Unidos de América); i. 10-11S/193 (Australia).

ANEXO I

Características de preacentuación/desacentuación de la red E7*1. Característica de desacentuación de la red E71.1 Red E7 analógica

Referida al diagrama de bloques de la Figura 6.

Elemento de retardo T

$$T = 0$$

Filtro paso bajo F

La función de transferencia es:

$$\frac{1}{1 + j f/f_0}$$

donde f = frecuencia

$$f_0 = 2,0 \text{ MHz}$$

Función no lineal N^{-1}

Se ilustra en la Figura 7.

La V_o de salida de la función no lineal está relacionada con su entrada V_i por la ecuación:

$$V_i = \frac{V_o}{C} + \frac{1}{B} \ln \left[\frac{V_o + \sqrt{V_o^2 + (2AC)^2}}{2AC} \right]$$

$$A = 0,009$$

$$B = 19,80$$

$$C = 1,5642$$

Esta función se ha elegido específicamente porque su realización con circuitería analógica es sencilla [IBA, 1988].

Filtro posterior

La red E7 es seguida por un filtro posterior. A tal fin es adecuado realizar un filtro de Chebyshev [de rizado 0,1 dB] de 3 polos a 12 MHz (-3 dB).

* Debe señalarse que la utilización de la red E7 es opcional y por tanto su utilización debe ser señalizada en los códigos de identificación de servicio de la familia MAC/paquetes. Si se adopta universalmente, dicha señalización no será necesaria. Se necesitan estudios adicionales sobre esta cuestión, en particular para especificar los códigos de señalización a utilizar en la identificación de servicio.

1.2 Red E7 digital

Puede verse que el diagrama de bloques de la Figura 6 es equivalente funcionalmente al diagrama de bloques de la Figura 8, donde F_1 es el filtro complementario (paso alto) de F , y la función no lineal se convierte en una nueva función N_1 . Esto se recoge en la fig. 9.

La función es no monotónica pero puede realizarse fácilmente mediante un cuadro de referencia. Se recomienda la realización que se incluye en la Figura 8 debido a su simplicidad.

Frecuencia de muestreo

20,25 MHz

Elemento de retardo T

$T = 3$ intervalos de reloj.

Filtro paso alto F_1

Respuesta de fase	:	lineal
Respuesta de amplitud	:	Gaussiana
Anchura de banda		
entre puntos a -3 dB	:	2,0 MHz

Se utiliza un filtro digital de 7 elementos en derivación y los siguientes coeficientes:

$$c_0 = \frac{180}{256} \qquad c_2 = c_{-2} = -\frac{25}{256}$$

$$c_1 = c_{-1} = -\frac{58}{256} \qquad c_3 = c_{-3} = -\frac{7}{256}$$

Estos valores están normalizados para la unidad de ganancia de c.a.

Función no lineal N_1

Si N^{-1} se describe mediante $V_o = f(V_i)$,

donde V_i = entrada
 V_o = salida

entonces N_1 se describe mediante:

$$V_o = f(V_i) - V_i \quad (\text{véase la Figura 9})$$

$f(V_i)$ no puede especificarse en forma cerrada, pero puede evaluarse a partir de la relación:

$$V_i = \frac{V_o}{C} + \frac{1}{B} \ln \left[\frac{V_o + \sqrt{V_o^2 + (2AC)^2}}{2AC} \right]$$

donde $A = 0,011$
 $B = 19,80$
 $C = 1,5225$

2. Características de preacentuación

2.1 Preacentuación analógica

La Figura 10 muestra el diagrama de bloques. La red de desacentuación descrita corresponde a las características recogidas en el punto 1.1.

La ganancia G debe ser suficientemente alta como para que el error "e" sea pequeño comparado con la señal de entrada para las frecuencias de la banda de base de hasta 8,4 MHz. El filtro de salida es un filtro paso bajo de 12 MHz de anchura de banda (-3 dB).

2.2 Preacentuación digital

El diagrama de la Figura 11 muestra el diagrama de bloques.

Filtro paso alto F₁

Frecuencia de reloj : 20,25 MHz
 Respuesta de fase : lineal
 Respuesta de amplitud : Gaussiana
 Anchura de banda a -3 dB : 2,0 MHz

Se utiliza un filtro digital de 7 elementos en derivación y los siguientes coeficientes:

$$C_0 = \frac{180}{256} \qquad C_2 = C_{-2} = -\frac{25}{256}$$

$$C_1 = C_{-1} = -\frac{58}{256} \qquad C_3 = C_{-3} = -\frac{7}{256}$$

Estos valores están normalizados para la unidad de ganancia c.a.

Elemento de retardo T

3 intervalos de reloj.

Función no lineal N₁

Como en la red de desacentuación (punto 1.1.).

Función no lineal N₂

Esta función se describe mediante la siguiente ecuación:

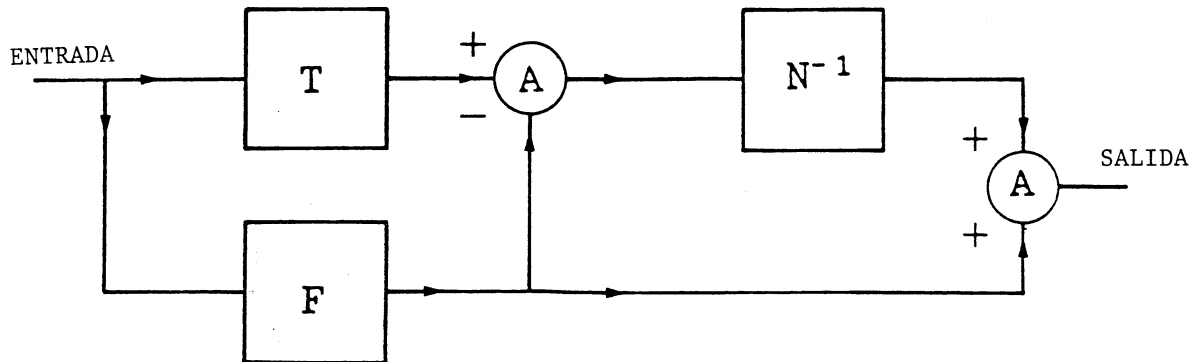
$$V_o = V_i \frac{(1 - C)}{C} + \frac{1}{B} \ln \left[\frac{V_i + \sqrt{V_i^2 + (2AC)^2}}{2AC} \right]$$

donde A = 0,011
 B = 19,80
 C = 1,5225

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

IBA, Experimental and Development report 141/88, Compatible non linear pre-emphasis for MAC signals.





A: sumador
T: elemento de retardo
F: filtro paso bajo
N⁻¹: función no lineal

FIGURA 6

Diagrama de bloques de la red de desacentuación E7

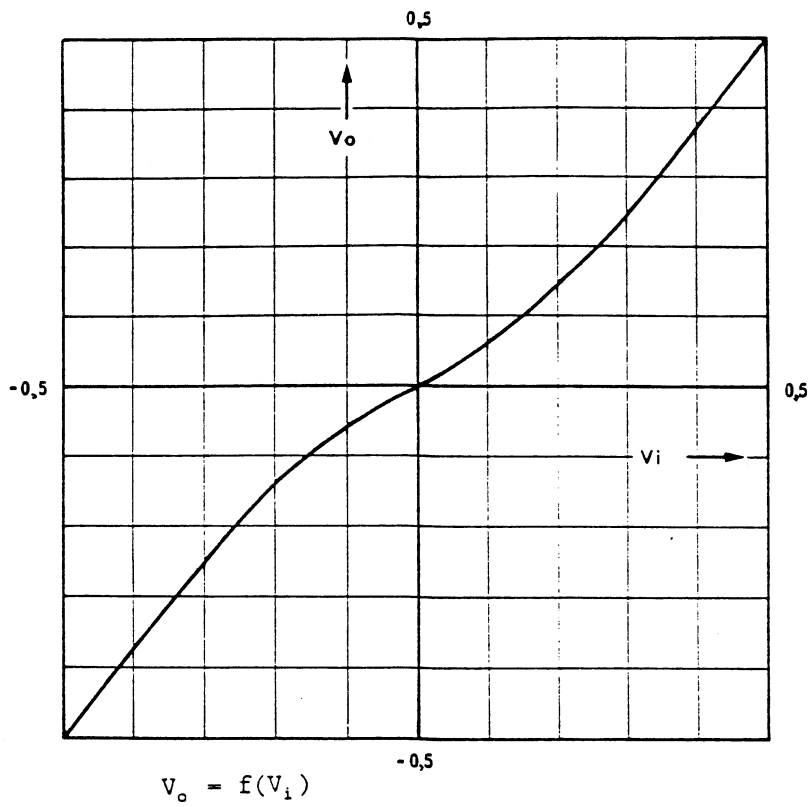
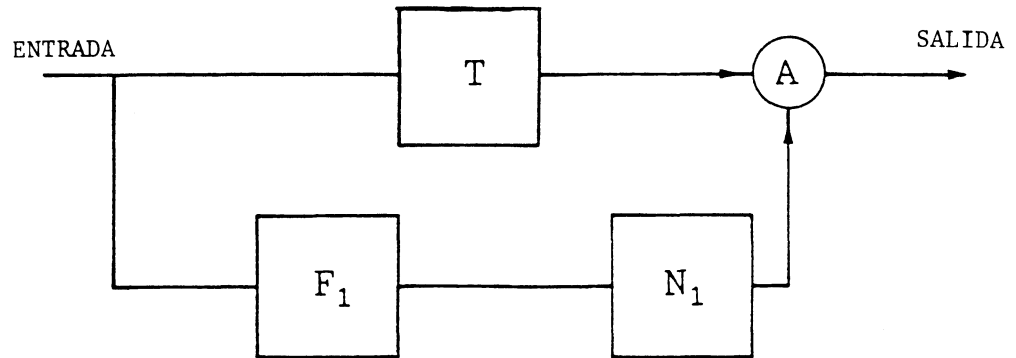


FIGURA 7

Función no lineal N^{-1}



A: sumador
T: elemento de retardo
F₁: filtro paso alto
N₁: función no lineal

FIGURA 8

Realización recomendada de red de desacentuación (digital)

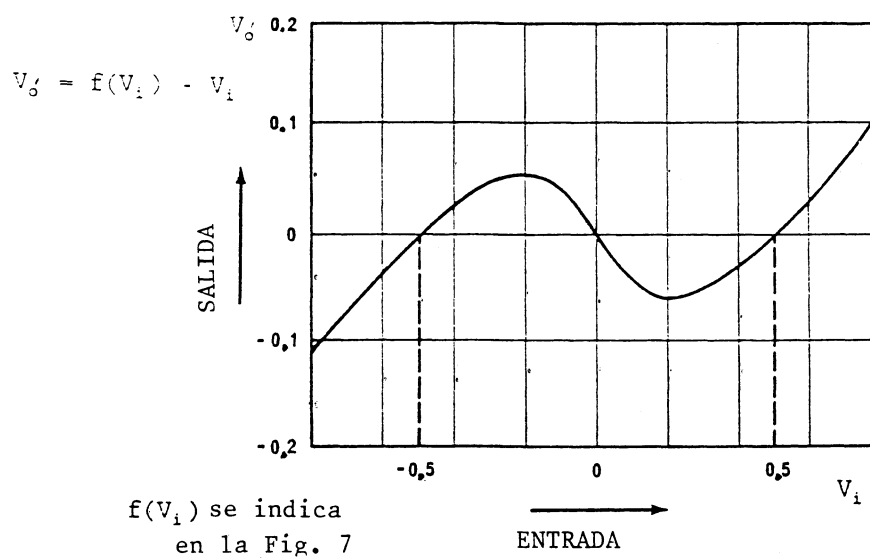
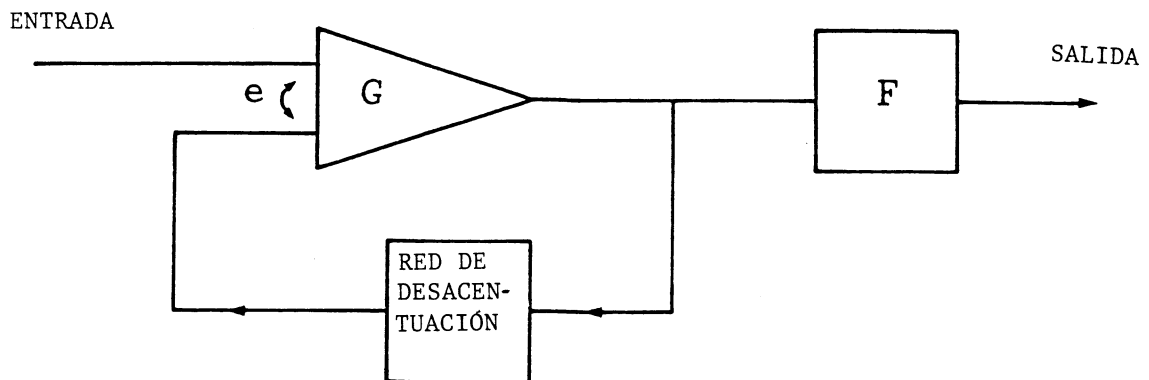


FIGURA 9
F1 no lineal



F: filtro paso bajo
G: ganancia de amplificador $\gg 1$
e: señal de error

FIGURA 10

Configuración analógica de preacentuación

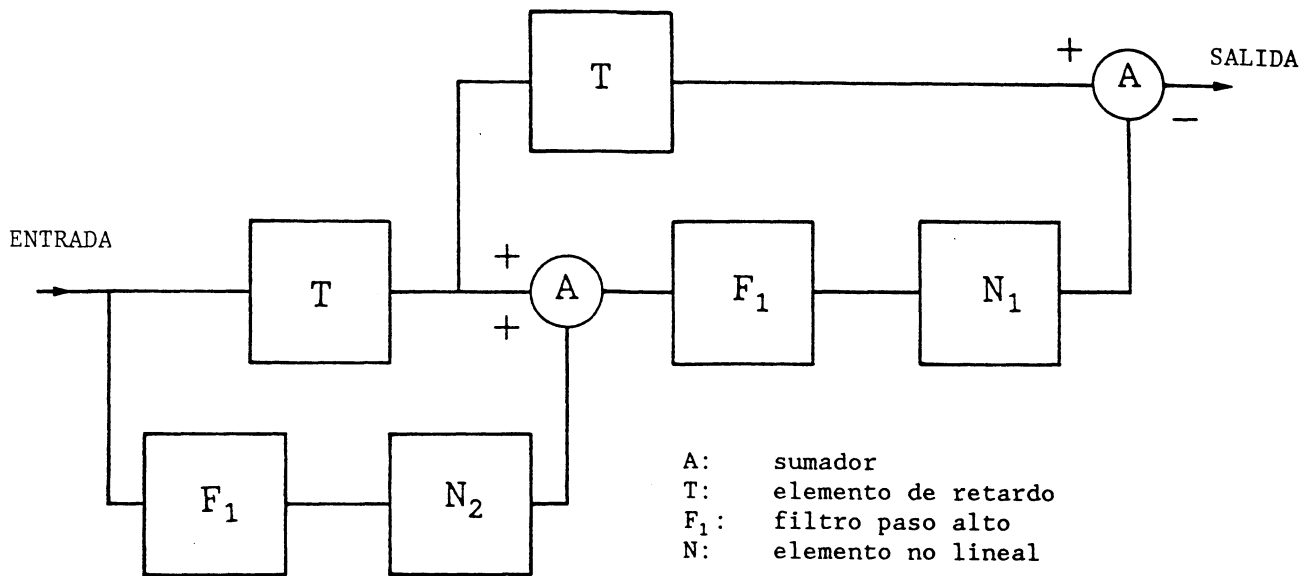


FIGURA 11

Configuración digital de preacentuación
