

JUAN J. MALUQUER

# La Televisión

LA TELEVISIÓN



EDITORIAL SEIX BARRAL, S. A.

COLECCIÓN ESTUDIO

COLECCION ESTUDIO  
DE CONOCIMIENTOS GENERALES

---

# TELEVISIÓN

POR

*JUAN J. MALUQUER*



EDITORIAL SEIX BARRAL, S. A.  
BARCELONA

1955



## INTRODUCCIÓN

Desde que, en 1876, Graham Bell, inventor del teléfono, logró reproducir la voz humana mediante una membrana de hierro impulsada por corrientes eléctricas, que a su vez eran originadas por otro diafragma ante el que se hablaba, los sabios e inventores no han cejado en su empeño de transmitir imágenes a distancia con ayuda de la corriente eléctrica.

El problema de la transmisión de imágenes a distancia o televisión es mucho más complicado que el de la telefonía, bien sea alámbrica o inalámbrica. En efecto, el oído sólo puede captar unos pocos sonidos a la vez, que se combinan en una única onda acústica. Basta el surco sinuoso del disco de gramófono para reproducir mecánicamente dicha onda materializada como línea única ondulante, mientras que el micrófono permite la transformación de las ondas acústicas en ondas eléctricas de fácil transmisión.

En cambio, el ojo, maravilla del cuerpo humano, posee la retina formada por millones de microscópicas células provistas de la llamada sustancia púrpura que las hace sensibles a la luz. Sobre esta especie de pantalla sensible se proyecta la serie de rayos luminosos, reflejados con mayor o menor intensidad por los distintos puntos de la imagen según sean más o menos claros, constituyendo la

imagen de lo que se ve, como si el ojo fuera una cámara oscura. La imagen proyectada puede considerarse descompuesta en millones de puntos (uno por célula), cuyos valores de iluminación, sombra y color se transmiten simultáneamente al cerebro a través del nervio óptico. Las extremidades de dicho nervio son precisamente las células en cuestión.

En resumen, lo que el ojo ha de ver requiere para su representación un plano equivalente a una pantalla cinematográfica, mientras que lo que el oído oye transmitido por el teléfono y la radio sólo son señales de tipo lineal.

En la televisión es necesario, por consiguiente, pasar de una sucesión de señales de tipo lineal (ondas sonoras), a una sucesión de señales de tipo plano que materialicen las imágenes sobre una superficie o pantalla.

## FUNDAMENTO DE LA TELEVISIÓN

En el estado actual de la técnica no es posible la transmisión de señales de tipo plano, por lo que el problema de la televisión se ha resuelto mediante un artificio que permite transmitir señales lineales para obtener imágenes a distancia.

Ya se ha visto que la imagen que se proyecta en la retina del ojo humano se transmite al cerebro una vez descompuesta en millones de puntos. Basta recordar además que los grabados de los periódicos, ilustraciones de los libros y las fotografías están

formados por puntos más o menos grandes que a veces se observan a simple vista en los grabados, y pueden distinguirse con una lupa en las fotografías, según sean la trama del grabado y el grano de la emulsión fotográfica.

Pues bien, no existe inconveniente en descomponer una imagen en una serie de puntos y transmitirlos uno por uno, de modo que una vez reunidos en el debido orden formen en el receptor la reproducción de la imagen en cuestión.

El problema estriba en transformar las ondas luminosas que emite cada punto en señales eléctricas y transmitir al receptor las correspondientes a todos los puntos en que se ha descompuesto la imagen, para que luego se transformen nuevamente en puntos luminosos, integrándose en una imagen que reproduzca la original.

A primera vista parece que lo indicado sería disponer de un conductor en cada punto de la imagen, que permitiera efectuar la transmisión simultánea correspondiente. Pero para obtener una imagen detallada se necesitarían muchos miles de conductores, lo cual resulta imposible en la práctica.

Conviene indicar aquí que las primeras transmisiones de imágenes a distancia se efectuaron por este procedimiento, como más adelante podrá verse en el capítulo de inventores y aparatos de televisión. Ahora bien, los 64 conductores que se dispusieron para la experiencia en cuestión, sólo permitían transmitir imágenes muy sencillas y de tipo geométrico, ya que únicamente se disponía de 64 puntos.

El problema se ha resuelto transmitiendo una sola señal a la vez, correspondiente a un punto de la imagen, y efectuando la transmisión en orden sucesivo de punto por punto, una vez descompuesta la imagen.

Si se trata de transmitir imágenes inmóviles o fotografías, es decir, telefotografía, se dispone de todo el tiempo necesario para efectuar la transmisión, pero si las imágenes están dotadas de movimiento el problema se complica enormemente.

El mecanismo de un aparato televisor se basa, al igual que el cinematógrafo, en la persistencia de la imagen en la retina. Sabido es que la representación cinematográfica consiste en proyectar sucesivamente sobre una pantalla una serie de imágenes a un ritmo superior a 16 por segundo. De esta forma, el ojo, debido precisamente a la persistencia de las imágenes en la retina, que es del orden de  $1/16$  de segundo, funde cada imagen proyectada con la siguiente, y se obtiene la ilusión de una sola imagen en movimiento.

Por consiguiente, el aparato televisor ha de efectuar la transmisión de la serie de puntos que forma cada imagen en un tiempo inferior a  $1/16$  de segundo. Si esto se logra, el ojo verá la imagen en movimiento sobre una pantalla, en forma análoga a como se ve en una película cinematográfica.

Pero, a su vez, cada imagen está formada por millones de puntos (de 1.200 en los aparatos primitivos a 40.000 y más en los modernos) que han de transmitirse uno tras otro y en debido orden en

un tiempo inferior a  $1/16$  de segundo y  $1/25$  de segundo para que fundidos por la persistencia de la visión formen la correspondiente imagen.

Ello explica por sí solo la dificultad de la televisión en el estado actual de la técnica.

### **Constitución de un aparato de televisión**

De acuerdo con lo que acaba de exponerse, todo aparato de televisión estará constituido por los siguientes elementos esenciales:

#### a) *Emisor*

Una cámara captadora de la imagen a televisar.

Un dispositivo explorador de la imagen que la analice o descomponga en puntos luminosos.

Una célula fotoeléctrica que transforme los impulsos luminosos transmitidos por el dispositivo explorador en impulsos eléctricos.

Un dispositivo sincronizador que permita obtener velocidades idénticas y simultáneas en los dispositivos exploradores e integradores del emisor y receptor.

Un aparato transmisor de los impulsos eléctricos de visión y sincronización.

Además, el correspondiente emisor radiofónico.

#### b) *Receptor*

Un aparato receptor de los impulsos eléctricos de visión y sincronización.

Una célula fotoeléctrica que transforme los impulsos eléctricos en luminosos.

Un dispositivo integrador que proyecte sobre una pantalla los impulsos luminosos para formar la imagen.

Un dispositivo sincronizador para sincronizar los dispositivos exploradores e integradores de emisor y receptor.

Además, un receptor radiofónico.

### **La célula fotoeléctrica**

Una de las partes esenciales de todo el aparato de televisión es la célula fotoeléctrica o fotocélula. La fotocélula es en la televisión lo que el micrófono en la telefonía.

Mientras que el micrófono se basa en la variación de resistencia eléctrica de una cápsula de carbón sobre la que actúa la presión de las ondas acústicas recogidas por una membrana vibratoria, la fotocélula transforma las variaciones de intensidad de las ondas luminosas que sobre la misma inciden en variaciones de resistencia eléctrica.

La célula fotoeléctrica más antigua es la de selenio, elemento que posee la propiedad de ser fotorresistente (su resistencia eléctrica varía con la intensidad emisora). El selenio rellena el espacio entre dos conductores a los que se aplica una tensión y que van conectados a los terminales del primario de un transformador.

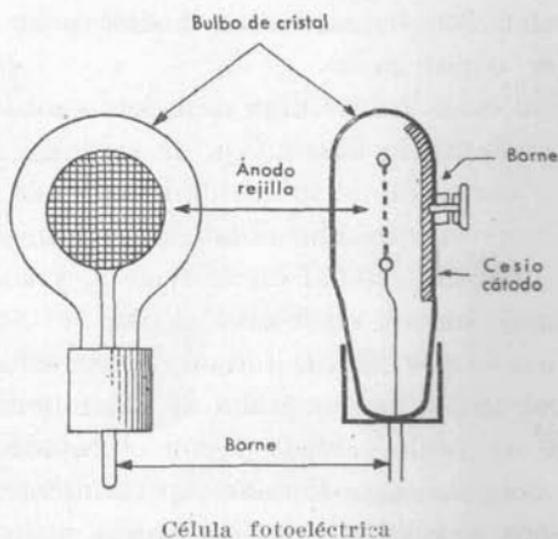
En la obscuridad no circula corriente alguna, pero al iluminar el selenio, éste deja de ser aislante dejando pasar una corriente tanto más intensa cuanto mayor es la intensidad luminosa que recibe. Las variaciones de corriente inducen en el secundario del transformador corrientes alternas que amplificadas pueden ser transmitidas a distancia mediante conductor o por radio.

Si bien estas fotocélulas de selenio son muy sencillas, presentan la desventaja de ser algo lentas en acusar la variación de intensidad luminosa. Por este motivo, no resultan adecuadas a la transmisión rápida de imágenes, usual en televisión, y sólo se utilizan prácticamente en telefotografía.

Las modernas células fotoeléctricas están constituidas por una ampolla plana de vidrio en la que se ha hecho un vacío elevado y con el cátodo formado por una delgada capa de cesio especialmente preparado (también se emplea potasio o sodio), que cubre una parte de la pared interna de aquélla. En el centro de la ampolla, una rejilla de fina malla forma el ánodo. Cátodo y ánodo se hallan sometidos a tensión y conectados con un dispositivo amplificador. Cuando un rayo de luz incide sobre la capa de cesio, se desprenden electrones, tantos más cuanto mayor sea la intensidad luminosa. Estos electrones son atraídos por el ánodo y cierran el circuito dando paso a la corriente eléctrica. La corriente eléctrica en cuestión es pequeñísima (del orden de 1/1.000 miliamperes y menos todavía) y sus variaciones instantáneas con relación a las variaciones de luz no

podrían transmitirse, de no ser previamente amplificadas algunos millones de veces, mediante dispositivos amplificadores adecuados.

En el receptor, los impulsos de corriente originados por la célula fotoeléctrica del emisor son trans-



formados por otra fotocélula en rayos luminosos de intensidad variable, es decir en luz modulada. Un dispositivo integrador, análogo al dispositivo explorador del emisor, proyecta dichos rayos sobre una pantalla, fundiéndolos en una sola imagen.

Puede creerse que en el receptor podría utilizarse una lámpara eléctrica ordinaria en lugar de la fotocélula, pero la lámpara de filamento da luz al ponerse éste incandescente por el paso de la corriente eléctrica, por lo que sus variaciones de radiación luminosa de origen térmico se retrasan con respecto a las

variaciones de corriente. Debido a esto, su uso resulta imposible, pudiéndose utilizar en cambio lámparas de neon y vapor de mercurio, productores de luz fría.

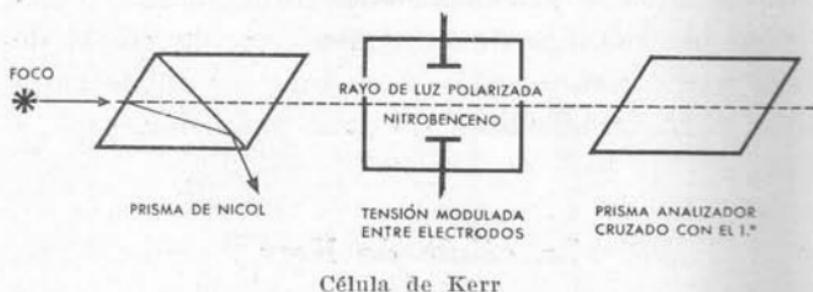
Ahora bien, este tipo de lámparas sólo es apto para televisión de escasa definición (disco explorador) por ser de baja intensidad, empleándose con preferencia las válvulas de luz tales como la célula de Kerr para telefotografía y el tubo de rayos catódicos para la televisión de gran definición.

### La célula de Kerr

La célula de Kerr no es más que una válvula que deja pasar un rayo de luz de más o menos intensidad según sea el valor de la tensión de la corriente eléctrica aplicada a sus electrodos. Dicha célula se basa en el giro del plano de la polarización de un rayo de luz polarizada cuando atraviesa un campo eléctrico.

Cuando un rayo luminoso atraviesa un Nicol (cristal formado por dos prismas de espato de Islandia), se polariza, es decir, en lugar de oscilar en todas direcciones sólo lo hace según un plano. Si este rayo polarizado atraviesa un recipiente de cristal lleno de nitrobenzol entre dos armaduras metálicas sumergidas en el líquido, conjunto que constituye la célula de Kerr, y se someten dichas armaduras a las variaciones de corriente, el plano en que oscila el rayo polarizado gira más o menos de acuerdo con la tensión de la corriente, a consecuencia del

campo eléctrico que ésta crea. Si a la salida de la célula de Kerr se dispone otro Nicol, cruzado con el primero, el rayo luminoso quedará apagado por no disponer de plano de oscilación y la luz no lo atravesará siempre que no se aplique tensión a las armaduras de la célula en cuestión. Pero ya se ha dicho



que cuando se produce un campo eléctrico entre las armaduras, el plano de polarización gira y el segundo Nicol deja pasar tanta más luz cuanto mayor es la tensión de la corriente a que se somete la célula de Kerr. De esta forma, los impulsos de corriente de televisión que llegan al receptor son transformados en impulsos de luz que por los medios usuales compaginan la imagen televisada.

### La exploración e integración de la imagen

Como hemos visto, para transmitir los impulsos luminosos a la célula fotoeléctrica es necesario un dispositivo que explore la imagen punto por punto. Para ello, la imagen a televisar se supone dividida en fajas o líneas horizontales de muy poco espesor,

que se consideran formadas por una sucesión de pequeños cuadrados o puntos cuyos valores de luz y sombra son explorados sucesivamente línea tras línea por el dispositivo explorador.

Cuanto menor es el espesor de línea y mayor, por lo tanto, el número de puntos que la forman y, en consecuencia, mayor el número de líneas y puntos por imagen, mayor es la claridad o definición de la imagen televisada.

Así, de una definición de 30 líneas y 40 puntos de  $1 \times 1$  milímetro por línea, o sea 1.200 puntos por imagen de  $30 \times 40$  milímetros de cuadro, se pasó a las 180 líneas de 222 puntos de 0,08 milímetros de diámetro, con un total de unos 40.000 puntos por imagen de  $18 \times 24$  milímetros (cuadro normal de película). En Europa se emplea la definición normal de emisión de 405 líneas, excepto en Francia que ha adoptado las 819 líneas. Los Estados Unidos utilizan 525 líneas.

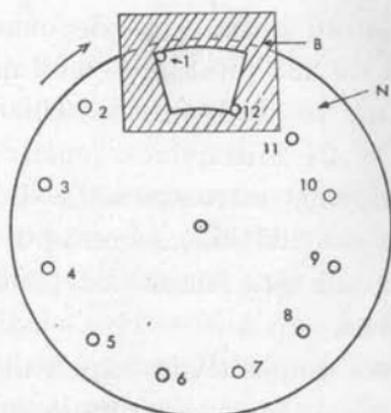
Los primeros dispositivos exploradores ideados fueron de tipo mecánico, presentando serios inconvenientes que frenaron el desarrollo de la televisión. Sólo al cabo de varios años, cuando se puso a punto el dispositivo explorador electrónico, la transmisión de imágenes animadas a distancia entró en el campo de la práctica.

No obstante, por el interés histórico que presentan y porque facilitan la comprensión del mecanismo de la exploración, a continuación se detallan los dispositivos de exploración mecánica empleados en los aparatos de televisión.

## Exploración mecánica

### a) *Disco explorador (disco de Nipcow)*

El primer dispositivo ideado para desintegrar la imagen en puntos, explorándola punto por punto, fué el disco perforado patentado por Nipcow en 1884. Este disco, que encabeza los distintos sistemas mecánicos de exploración, está constituido por una



Disco de Nipcow. B, pantalla. N, disco perforado

delgada plancha metálica perforada en su periferia por una serie de pequeños agujeros dispuestos según una espiral de manera que el borde inferior de cada uno corresponde al borde superior de la siguiente. La distancia entre agujeros corresponde a la anchura de la imagen, y la diferencia de radios entre el más alejado y más cercano al centro de la espiral es la altura de la imagen.

Situada la imagen ante el disco, cuando éste gira accionado por un motor, cada agujero explora una línea de la imagen, de manera que cuando uno termina la exploración, es decir, la abandona por un lado, entra por el otro el siguiente, explorándose la línea inmediata y así sucesivamente hasta llegar al último agujero que explora la línea inferior de la imagen.

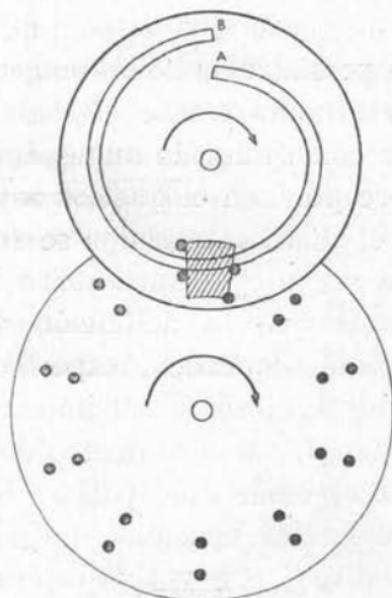
Debido a la persistencia de la imagen en la retina, un observador situado frente al disco en rotación verá la imagen como un todo análogamente a lo que ocurre en el receptor, en el que los rayos luminosos que atraviesa el disco integrador se funden en una sola imagen al ser proyectados sobre una pantalla.

Se comprende que la definición y tamaño de la imagen televisada dependen, respectivamente, de la dimensión de los agujeros y del número de éstos, lo cual a su vez determina el diámetro del disco.

Para evitar el tener que utilizar discos de diámetro excesivo en los aparatos de gran definición, se construyen discos con varias espirales de agujeros. Un pequeño disco con una ranura en espiral actúa de obturador de manera que sólo queda libre una de las espirales de agujeros de exploración.

Así, para explorar una imagen de 180 líneas y 240 puntos de 0,1 milímetros (correspondiente a la imagen del cuadro de películas) se necesita un disco de 1,3 metros de diámetro, perforado con una sola espiral y girando a  $25 \times 60 = 1.500$  revoluciones por minuto. Si se emplea un disco de cuatro espirales el diámetro se reduce a la cuarta parte, si bien la ve-

locidad ha de cuadruplicarse, o sea ha de girar a 6.000 revoluciones por minuto. Se comprende que en este caso, el disco obturador debe girar a  $1/4$  de la velocidad del disco explorador, o sea a 1.500 vueltas. Para disminuir el esfuerzo que requiera vencer la resistencia del aire girando a velocidades tan elevadas,



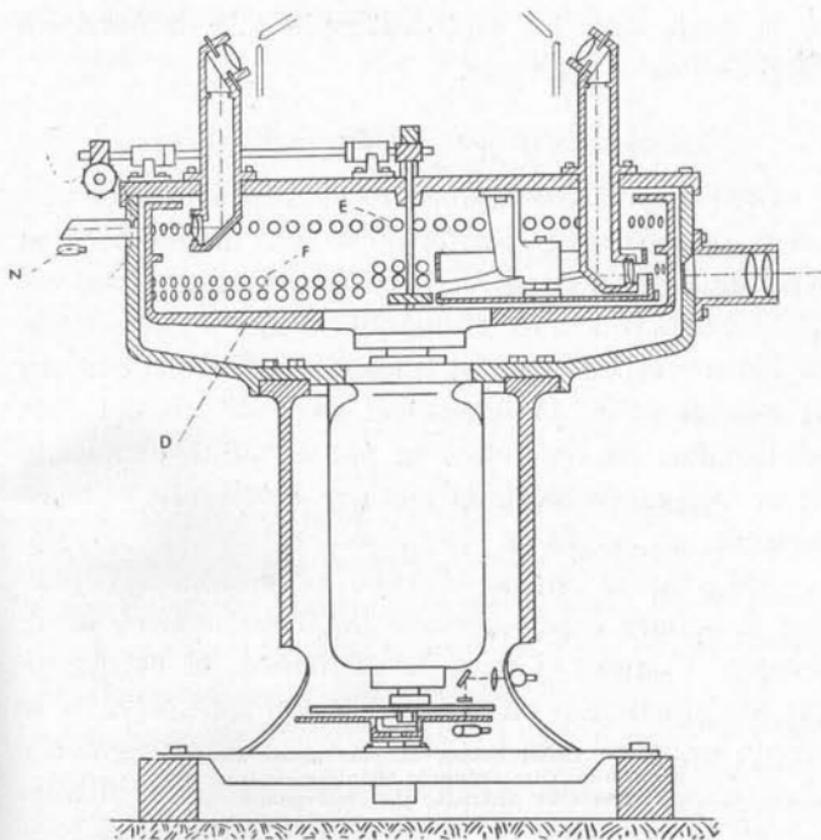
Disco de doble espiral con disco auxiliar ranurado para reducir el diámetro en los discos de aparatos de gran definición.

los discos exploradores se hacen girar en una caja en la que se ha hecho el vacío parcial mediante bombas adecuadas.

b) *Corona de lentes (corona de Mejav)*

El disco de Nipcow presenta el inconveniente de que cada perforación, dada su pequeñez, sólo deja

pasar una parte muy pequeña de la energía luminosa empleada en la exploración, por lo que se ha pensado en colocar una pequeña lente en cada agujero



Dispositivo explorador de Mejaux por corona de lentes. D, tambor de lentes. E, corona de lentes para exploración de películas. F, id., id. para personas. N, célula fotoeléctrica

que concentre la luz sobre el punto a explorar de la imagen.

Como que hay inconvenientes de orden constructivo para fijar las lentes sobre el disco, se ha cons-

truído un dispositivo explorador formado por un cilindro en cuya periferia se han dispuesto las lentes según una doble hélice constituyendo lo que se llama una corona de lentes. Una serie circular de agujeros en la parte superior está destinada a la exploración de películas a televisar.

c) *Rueda de espejos (rueda de Weiller)*

Otro dispositivo explorador está formado por una rueda sobre cuya periferia se ha dispuesto una serie de espejos cuya inclinación con respecto al eje de la rueda varía exactamente de uno a otro. Cada espejo corresponde a una línea, que es la que explora al reflejar sobre la imagen el rayo de luz del foco explorador. La luz reflejada por el punto explorado de la imagen es recogida por una fotocélula y transformada en impulsos eléctricos.

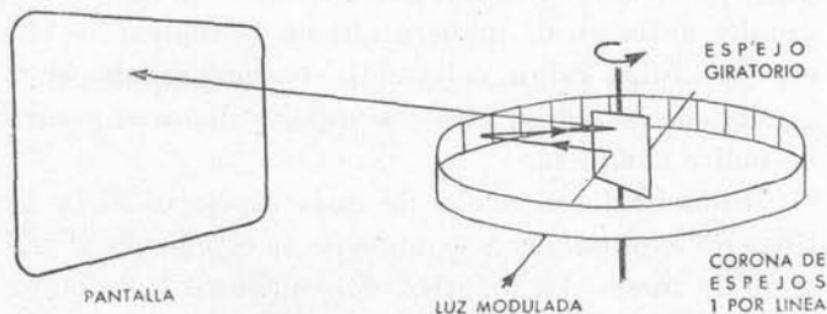
Al girar la rueda, el rayo explorador reflejado por el primer espejo recorre la línea superior de la imagen. Cuando el rayo lo abandona, el espejo siguiente, inclinado en un ángulo tal que el rayo se refleja un poco más bajo, explora la línea siguiente y así sucesivamente hasta que después que el último espejo ha explorado la última línea recomienza nuevamente la exploración de la imagen.

En el receptor, la luz modulada es reflejada por los espejos sobre la pantalla de televisión.

d) *Espejo giratorio (sistema Mihaly-Traub)*

Parecido al anterior es el espejo giratorio del receptor de Mihaly-Traub que refleja el rayo de luz

modulada sobre una corona interior de espejos, que a su vez la reflejan sobre aquél y de éste a la pantalla. La inclinación de cada uno de los espejos de la corona (uno por línea) permite la exploración sucesiva de línea tras línea.



Exploración mediante espejo giratorio sistema Mihaly-Traub

#### e) *Espejo helicoidal (sistema Scophony)*

Basado en los procedimientos anteriores, el sistema Scophony, inventado por Walton ha sido muy empleado en Inglaterra. En el Scophony, la imagen se divide en fajas horizontales utilizando gran número de lentes cilíndricas, cada una de las cuales sólo enfoca una línea de la imagen. Las lentes se disponen escalonadamente en hélices (como una escalera de caracol). El número de lentes da el de líneas de exploración. Las líneas son exploradas por un espejo giratorio. El escalonado asegura la exploración de una sola línea luminosa a la vez. En cuanto un espejo termina la exploración de su línea, el siguiente empieza la exploración de la línea contigua, y así sucesivamente, de manera que el punto luminoso

4 barre sucesivamente todas las líneas que forman la imagen.

En el receptor, la imagen se forma sobre un espejo giratorio escalonado en hélice. Cada espejo, estrecho y de longitud igual a la del cuadro, forma un pequeño ángulo con el siguiente. Estos ángulos son iguales entre sí, de manera que en la espiral de 180 espejos, éstos están colocados con un ángulo de 2 grados, de forma que los 180 espejos den una vuelta de hélice completa.

Resumiendo, el ancho de cada espejo es el de la línea de exploración y el número de espejos es el número de líneas. La longitud del espejo es la anchura del cuadro. Cuando el espejo en hélice gira a la frecuencia de 25 imágenes por segundo, las franjas de espejos se funden en un solo espejo, sobre el que aparece la imagen.

## Exploración electrónica

### a) *El tubo de rayos catódicos*

El tubo de rayos catódicos ha sido el dispositivo que ha hecho posible la moderna televisión, la que saliendo del campo experimental, ha pasado de lleno al de la realización práctica.

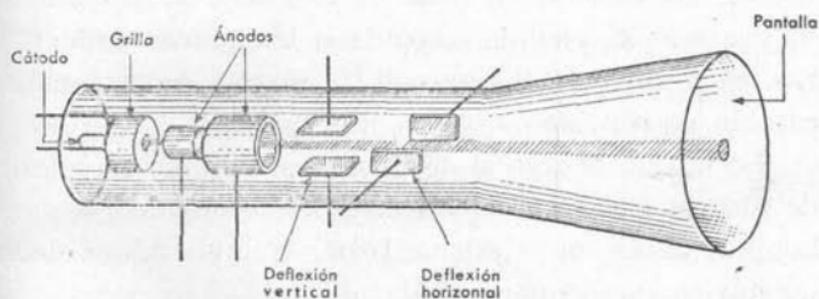
Descrito ya en otro libro de esta Colección como elemento importantísimo del radar (\*) recordaremos aquí brevemente su fundamento.

---

(\*) "Inventos y Secretos de Guerra", por Juan J. Maluquer, tomo n.º 77 de la Colección Estudio.

Cuando en un tubo de vidrio, en el que se ha hecho un vacío elevado se aplica a los electrodos dispuestos en sus extremos una tensión continua suficientemente elevada (de 2.000 a 6.000 voltios), se establece una corriente eléctrica emergiendo del cátodo (polo negativo) un haz de electrones que constituyen los llamados rayos catódicos.

Estos rayos, perpendiculares a la superficie del cátodo, van a chocar contra la pared de vidrio del



Tubo de rayos catódicos o de Braun

extremo opuesto, produciendo fenómenos de luminiscencia cuando se halla recubierta de una substancia fluorescente.

Braun, en 1898, construyó basándose en ello lo que se conoce hoy día por tubo de rayos catódicos. En dicho tubo, el haz de electrones emitidos por el filamento del cátodo y atraídos por el ánodo (polo positivo) se concentra mediante una lente eléctrica (al igual que los rayos de luz se concentran con una lente óptica), proyectándose como un punto sobre la pantalla de vidrio deslustrado que constituye el extremo ensanchado del tubo.

El haz en cuestión, y por consiguiente el punto luminoso, puede desviarse de uno a otro lado o bien hacia arriba o hacia abajo, con la ayuda de pares placas deflectoras verticales u horizontales sometidas a una tensión y entre las cuales pase el citado rayo electrónico.

En efecto, los electrones (corpúsculos de electricidad negativa) son atraídos por la placa positiva y repelidos por la placa negativa de cada par deflector. La desviación será tanto más fuerte cuanto mayor sea la tensión aplicada a las placas deflectoras. Si se invierte el signo de las placas la desviación cambia de sentido.

Lo mismo ocurre si se disponen bobinas en lugar de placas. El campo electromagnético creado por las bobinas actúa en la misma forma que el campo electrostático creado por las placas.

Se comprende que si la tensión de las placas deflectoras verticales varía uniformemente de un valor mínimo a otro máximo, el punto luminoso describe una línea horizontal sobre la pantalla y esto ocurrirá, superponiéndose las líneas, cada vez que se repita la variación de tensión.

Por otra parte, si cada vez que el punto describe una línea horizontal va variando la tensión de las placas deflectoras horizontales, las líneas horizontales ya no se superpondrán, sino que irán apareciendo una debajo de otra debido a la desviación, cada vez mayor, del haz de electrones.

Pues bien, regulando en forma adecuada estas tensiones deflectoras variables que se obtienen me-

diante dispositivos especiales, se puede lograr que cada línea horizontal quede tan próxima a la anterior que prácticamente cubran la superficie de la pantalla del tubo de rayos catódicos.

Aplicado a la televisión, se dispone, por consiguiente, de un estupendo medio de exploración e integración de la imagen, ya que el haz de electrones, desprovisto prácticamente de inercia, sigue instantáneamente las variaciones de tensión de las placas deflectoras.

En el emisor, un sistema de lentes proyecta el punto luminoso que aparece en la pantalla del tubo de rayos catódicos sobre el objeto o película a explorar, recogiendo una fotocélula las variaciones de intensidad del punto luminoso.

En el receptor de televisión, los impulsos eléctricos transmitidos por la célula fotoeléctrica del emisor llegan, una vez amplificados, al cátodo del tubo de rayos catódicos. Estos impulsos varían la intensidad del haz electrónico que produce un punto luminoso sobre la pantalla, cuya intensidad es función del impulso recibido y, por consiguiente, reproduce el punto correspondiente de la imagen televisada.

### **Trama sencilla e interlineada**

La exploración e integración de la imagen en el emisor y receptor deben efectuarse sincrónicamente, lo que se logra mediante señales especiales de sin-

cronización que actúan sobre los aparatos generadores de las corrientes deflectoras.

En realidad, las líneas no son horizontales, sino algo inclinadas debido a la composición de los dos movimientos del haz (horizontal y vertical). Un dispositivo adecuado borra la línea correspondiente al retroceso del punto al final de cada línea y al final de cada cuadro. Como el retroceso del punto es un tiempo perdido para la retransmisión, se hace a una velocidad 10 veces mayor y las líneas de retroceso se borran mediante señales que anulan las de visión para evitar interferencias.

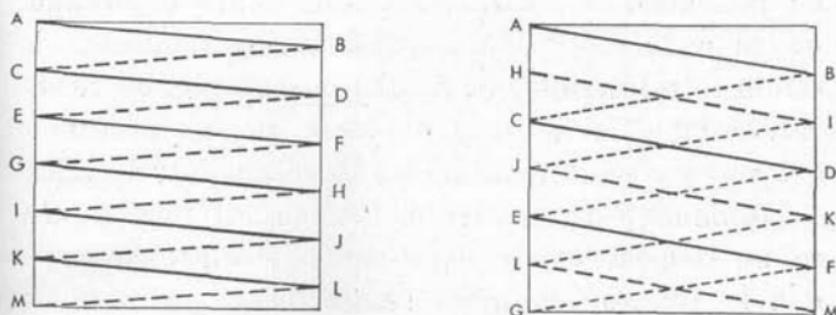
Para una imagen con definición de 405 líneas, por ejemplo, y frecuencia de imagen de  $1/25$  de segundo, la frecuencia de la línea es de  $405 \times 25 = 10.125$ . El avance y el retroceso se realizan en  $1/10.125$  de segundo y como de este tiempo  $9/10$  corresponden al avance y  $1/10$  al retroceso, la duración de la exploración de una línea es de  $1/11.250$  segundos, efectuándose el retroceso en el extraordinariamente reducido tiempo de  $1/101.250$  de segundo.

El cambio de cuadro se verifica cada  $1/25$  de segundo, correspondiendo  $9/250$  de segundo a la exploración del cuadro completo y sólo  $1/250$  de segundo al retroceso para iniciar la exploración del cuadro siguiente.

Realizado el barrido en la forma precedente da lugar a un centelleo mucho más acusado que el de la proyección cinematográfica, ya que en televisión la imagen se proyecta punto por punto y línea tras línea en  $1/25$  de segundo, en lugar de proyectarse

todos los puntos a la vez, es decir la imagen completa, como en el caso de la proyección cinematográfica.

Para reducir el centelleo de la imagen bastaría aumentar la frecuencia de exploración, es decir la rapidez del rayo electrónico, lo cual no es factible, ya que se obtendrían tan elevadas frecuencias de los



Barrido de exploración de trama sencilla (izq.) e interlineada (der.)

impulsos de visión que resultarían de muy difícil transmisión.

Para solventar dicha dificultad se substituye el sistema de barrido indicado, llamado de exploración de trama sencilla, por la exploración por salto de línea o trama interlineada. Este sistema de barrido consiste en explorar la imagen dos veces en el tiempo de  $1/25$  de segundo, de manera que se transmite ésta en dos etapas correspondiendo una a las líneas impares y otra a las pares. Así se obtiene el mismo efecto que si se realizara la exploración a una frecuencia de 50 imágenes por segundo, en lugar de 25.

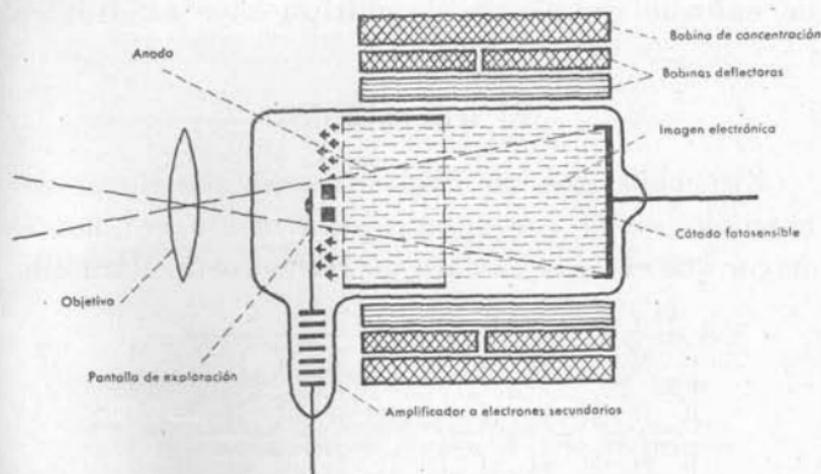
## El desintegrador electrónico

Mientras que el tubo de rayos catódicos, tal como se ha descrito, resuelve perfectamente el problema de la integración de la imagen en el receptor, no ocurre lo mismo en el emisor. Excepto para la exploración de películas, la luminosidad del punto explorador no es suficiente para impresionar debidamente la célula fotoeléctrica y se requieren tensiones de 20.000 voltios en el ánodo para explorar un sujeto situado a 6 metros como máximo de la célula fotoeléctrica.

Teniendo esto en cuenta, Farnsworth puso a punto un dispositivo de exploración electrónico en el que la imagen luminosa se proyecta mediante un sistema óptico sobre la pantalla especial de su cámara disectora. Esta pantalla, formada por una película de plata transparente sensibilizada con cesio y montada sobre una placa de vidrio, constituye un cátodo fotoeléctrico. Al proyectarse la imagen sobre este cátodo se produce una emisión de electrones cuya intensidad en cada punto es proporcional a la correspondiente iluminación. Es como si se hubiera formado una imagen electrónica. Un ánodo tubular acelera los electrones desprendidos que se concentran con ayuda de una lente eléctrica proyectándose sobre una pantalla provista de una pequeña abertura en su centro. Esta abertura, de 0,3 milímetros de diámetro, sólo deja pasar los electrones correspondientes a un punto, dando lugar a la corriente de imagen,

que debidamente amplificado constituye el impulso de visión.

La exploración de la imagen se obtiene con la ayuda de las bobinas deflectoras que desvían la imagen electrónica, de manera que van desfilando por la abertura línea tras línea y punto por punto en el tiempo ya indicado de  $1/25$  de segundo.



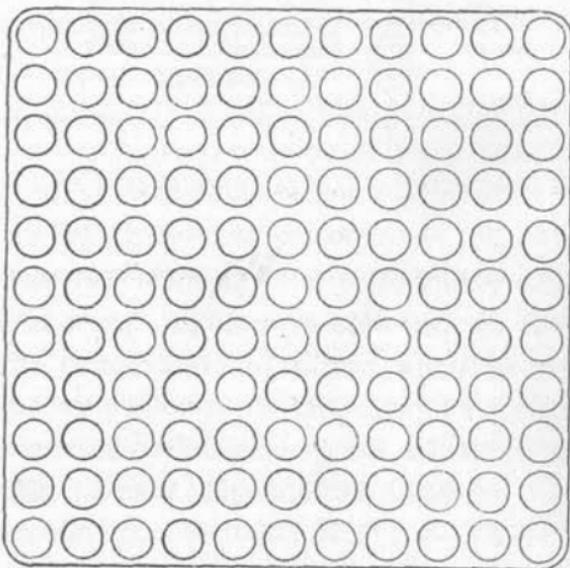
Cámara de Farnsworth para la exploración electrónica de la imagen

El inconveniente que presenta la cámara de Farnsworth es que sólo se utilizan para el impulso de imagen de cada punto los electrones correspondientes a dicho punto. Así, en 40.000 puntos, sólo se aprovecha  $1/40.000$  de la emisión electrónica, o lo que es lo mismo, la energía correspondiente a  $40.000 \times 1/25 = 1/1.000.000$  de segundo. Este inconveniente fué solventado por el propio Farnsworth que aplicó a su cámara un multiplicador electrónico.

El funcionamiento de éste se basa en incrementar el haz electrónico mediante choques sucesivos del mismo y subsiguiente reflexión y emisión secundaria de electrones contra un cátodo auxiliar y la cara posterior de la pantalla de la cámara Farnsworth. Estos electrodos cambian de polaridad alternativamente a elevadísima frecuencia para dar lugar al rechazo del haz. Un ánodo circular y la correspondiente bobina de enfoque completan el multiplicador electrónico.

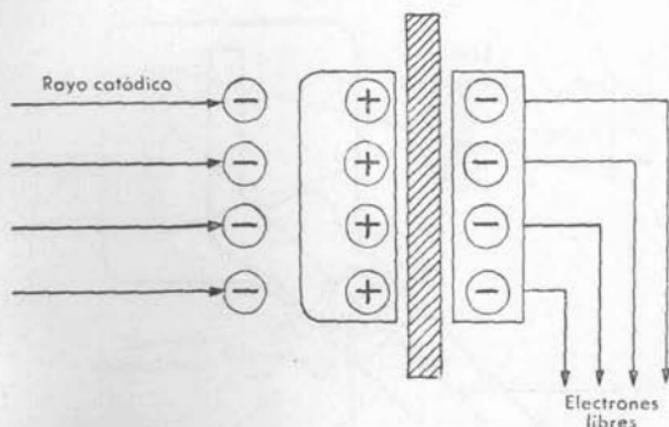
### El iconoscopio

Zworykin ideó un dispositivo al que llamó iconoscopio, en el que el aprovechamiento era mucho mayor que el de la cámara de Farnsworth. Para ello,



Esquema de la disposición de las microfotocélulas en el mosaico fotosensible

preparó la pantalla del tubo de rayos catódicos, sobre la que se proyecta la imagen a explorar mediante un dispositivo óptico, transformándola en un mosaico de millones de fotocélulas microscópicas. Esta pantalla fotoeléctrica formada por pequeñísimas partículas de plata sensibilizadas por cesio y perfectamente aisladas unas de otras, acumulan punto por punto la



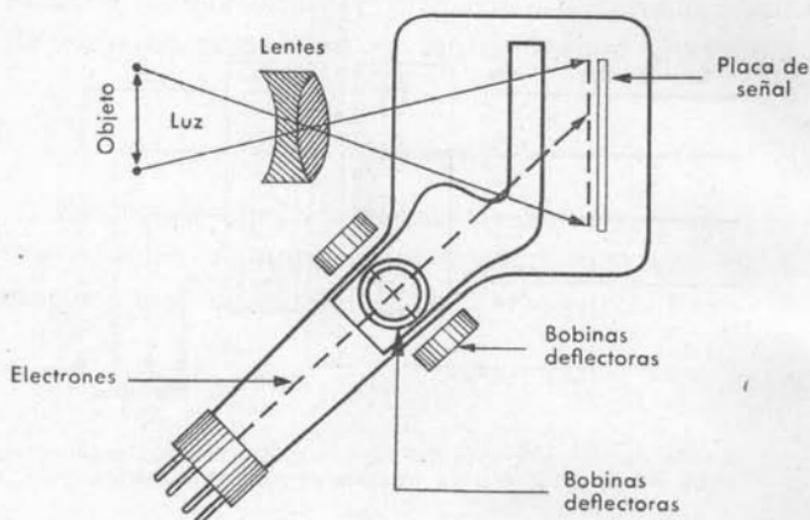
Acción de los electrones del rayo catódico sobre el mosaico fotosensible con la imagen de cargas eléctricas

emisión electrónica que se produce al proyectarse la imagen sobre la misma, dependiendo los electrones emitidos de la intensidad de la iluminación recibida. Cada célula fotoeléctrica aislada de las restantes forma un condensador con la placa de base que se carga positivamente al emitirse los electrones. De esta manera en la pantalla se forma una imagen de cargas eléctricas, reproducción de la imagen a televisar.

Cuando el rayo electrónico del tubo de rayos catódicos va explorando punto tras punto la imagen

de cargas eléctricas, ésta se va descargando ya que el rayo suministra electrones que al neutralizar las cargas positivas dejan en libertad las cargas negativas de la placa de base, lo que da lugar a corrientes eléctricas que debidamente amplificadas constituyen los impulsos de visión.

Con el iconoscopio o emitrón, como también se

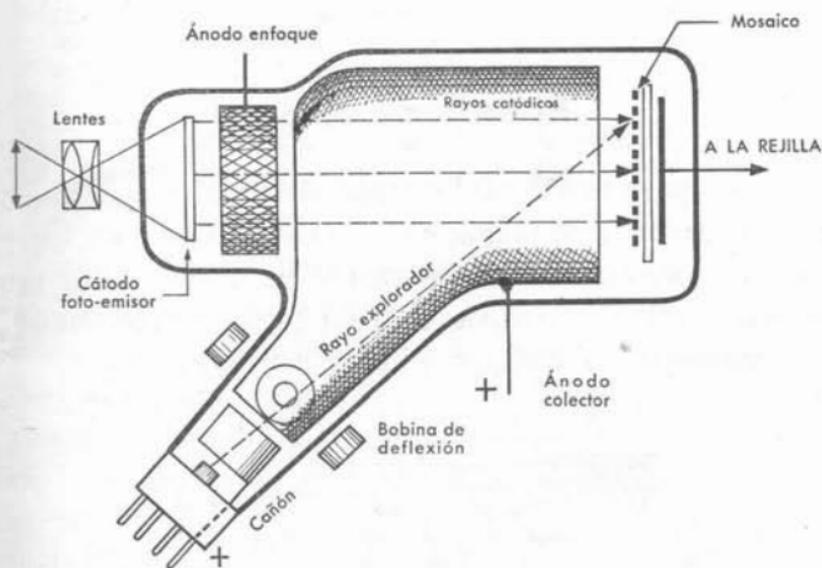


Iconoscopio de Zworykin

llama, se acumula la energía eléctrica a que dan lugar los rayos luminosos al incidir sobre la pantalla durante todo el tiempo que media entre dos pasos del rayo explorador, o sea  $1/25$  de segundo. Esta energía es aprovechada íntegramente en el instante de la exploración, mientras que con la cámara de Farnsworth, según se ha visto, sólo se aprovecha la energía correspondiente a una millonésima de segundo.

## El iconotrón

El iconoscopio presenta, no obstante, el inconveniente de que, simultáneamente a la emisión principal de electrones, se produce una emisión secundaria



Iconotrón

que actuando sobre las fotocélulas contiguas falsean la carga eléctrica y, por consiguiente, los impulsos de visión, obteniéndose una imagen deformada.

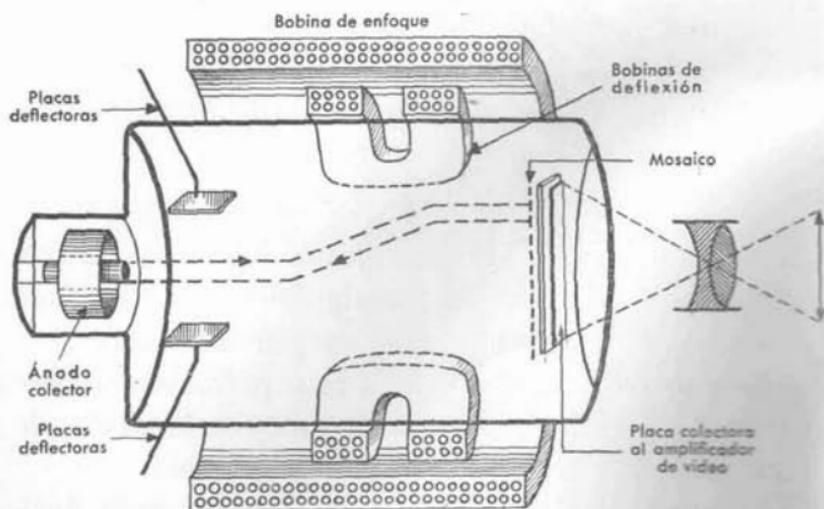
Este inconveniente lo salva el superinoscopio, iconotrón o superemitrón, que es una combinación de la cámara de Farnsworth y del iconoscopio.

En efecto, la imagen proyectada por medios ópticos sobre un fotocátodo transparente da lugar a una

emisión electrónica que se concentra mediante lente eléctrica sobre la pantalla fotoeléctrica de un iconoscopio, realizándose la exploración como en este aparato, o sea que en vez de llegar la luz directamente al mosaico de células fotoeléctricas, lo hacen los electrones emitidos por el cátodo. Ello da lugar a una sensibilidad del iconotrón 10 a 20 veces mayor que la del iconoscopio.

### El orticonoscopio

Los aparatos de exploración electrónica que acaban de describirse presentan el inconveniente de que los rayos electrónicos inciden oblicuamente sobre la pantalla fotoeléctrica, lo cual da lugar a fenómenos de interferencia con las células contiguas.



Orticonoscopio

Esto se evita con el orticonoscopio, aparato explorador en el que el rayo electrónico incide perpendicularmente al plano del mosaico fotoeléctrico por la acción de dispositivos deflectores y enderezadores especiales del rayo.

Debe advertirse que en este aparato la pantalla fotoeléctrica es transparente; al contrario de lo que ocurre en el iconoscopio.

### **La generación de tensiones en diente de sierra**

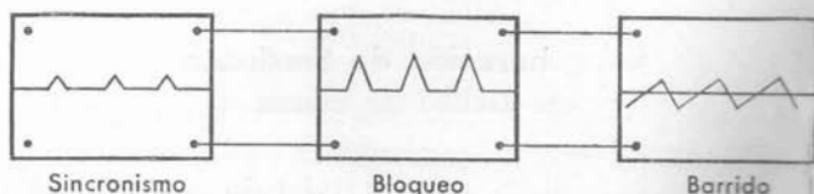
Las placas deflectoras del tubo de rayos catódicos se hallan sometidas a tensiones en forma de diente de sierra (corrientes, si se trata de bobinas deflectoras), que son las que dan lugar al desplazamiento del rayo electrónico para efectuar el barrido de la imagen.

Ahora bien; la carga y descarga de un condensador ofrece un medio de obtener esta clase de corrientes, ya que la carga se verifica mucho más lentamente que la descarga, pudiéndose representar por una onda en diente de sierra. Por consiguiente, para obtener una tensión de esta clase debe actuarse sobre un condensador regulando su carga y descarga de manera que éstas se interrumpan cuando lleguen a los valores máximos y mínimos de tensión deseados.

Los dispositivos reguladores de carga y descarga empleados son de varios tipos como los de válvulas diodos y triodos gaseosos (thyatron) basadas en la

ionización del gas que llena la válvula. Pero son más convenientes los triodos y pentodos al vacío, ya que pueden trabajar a frecuencias mucho más elevadas.

En estas válvulas, una rejilla se halla sometida a una tensión negativa tal, que impide la circulación de la corriente electrónica entre los electrodos de la válvula (rechaza los electrones de carga negativa que emite el cátodo), por lo que el condensador, a que van



Sucesión de impulsos que actúan sobre el generador de ondas en diente de sierra

conectados, se va cargando por la acción de la correspondiente batería. Cuando llega al valor máximo de la tensión de carga del condensador, se manda a la rejilla una tensión positiva, llamada de bloqueo, que disminuye la tensión negativa de ésta, por lo que puede circular la corriente entre los electrodos de la válvula y el condensador de descarga.

La tensión periódica de bloqueo es originada a su vez en un generador de impulsos especial (multivibrador, oscilador de relajación, transitrón) por los impulsos de sincronismo que procedentes del transmisor se reciben en el receptor.

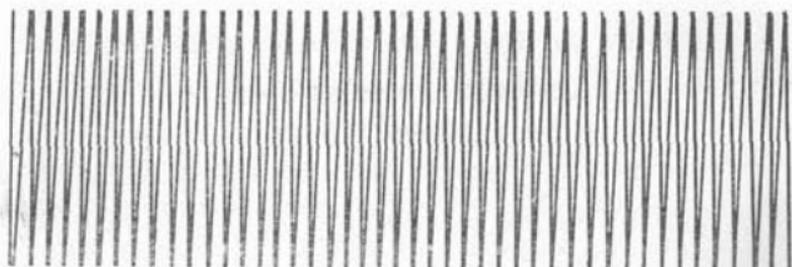
## La onda de televisión

En televisión, al igual que en la emisión radiofónica, las oscilaciones eléctricas variables, consecuencia de los impulsos luminosos recibidos por la célula fotoeléctrica, debidamente amplificadas se superponen a una onda de frecuencia mucho mayor llamada onda portadora, a la que deforman (modulan) transformándola en lo que se conoce por onda modulada.

Para que la modulación sea efectiva es necesario que la frecuencia de la onda portadora sea unas veinte veces mayor que la máxima de la onda de modulación.

En la emisión normal de una imagen de 405 líneas, con un cuadro de relación 5:4, el número de puntos es de unos 200.000 que, a una frecuencia de 25 imágenes por segundo, se transforman en 5 millones de puntos a transmitir. Como en el caso más desfavorable cada dos puntos sucesivos (variación de negro a blanco y viceversa) constituyen un ciclo, la frecuencia máxima de modulación es del orden de 2,5 megaciclos (millones de ciclos), lo que obliga a una frecuencia en la onda portadora de unos 50 megaciclos que corresponden a ondas de unos 6 metros, es decir ultracortas.

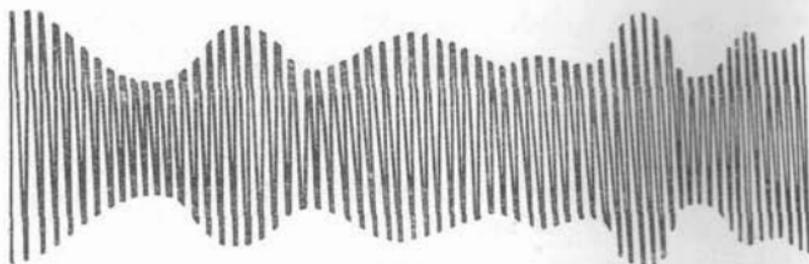
Además, para que en el receptor la imagen se reproduzca sin deformación, es necesario anular o borrar los impulsos que se originan en la exploración durante el retroceso del punto luminoso, ya que



FRECUENCIA PORTADORA



MODULACIÓN DE IMAGEN



FRECUENCIA PORTADORA MODULADA

Formación de la onda de televisión

éstos darían lugar a interferencias. Asimismo, como ya se ha indicado anteriormente, el barrido de exploración e integración de cada línea y cada cuadro debe comenzar en el mismo instante, es decir debe efectuarse sincrónicamente.

Ello obliga a superponer a la onda de televisión unas señales de borrado que anulen las de visión durante el tiempo de retroceso, así como unas señales de sincronismo que regulen las tensiones en diente de sierra del receptor.

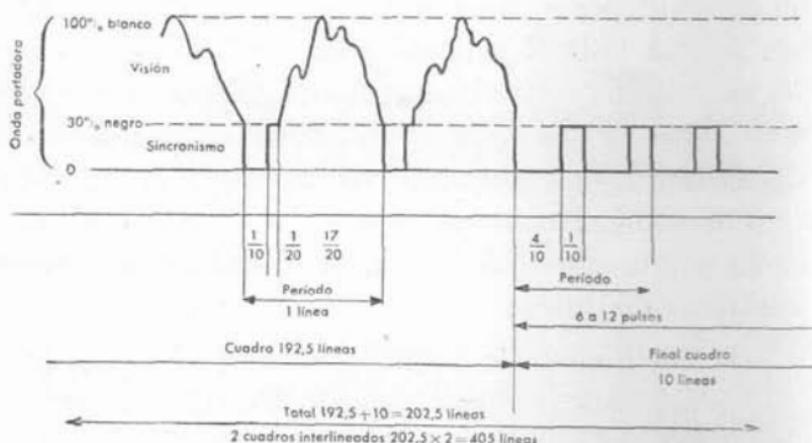
En el emisor se parte de un generador de impulsos de bloqueo (oscilador de relajación) que los suministra a la frecuencia deseada de barrido que ha de mantenerse constante. Dichos impulsos controlan por un lado el generador de tensiones en diente de sierra del dispositivo explorador, tal como ya se ha visto, y por otro el generador de impulsos de sincronismo y el generador de impulsos de barrido.

Por consiguiente, la onda de televisión está formada por la superposición de tres series de impulsos eléctricos distintos:

- 1) Corrientes de borrado y sincronización producidas por los dispositivos generadores de dichas corrientes.
- 2) Onda portadora producida por el correspondiente generador.
- 3) Impulsos eléctricos de visión originados en la célula fotoeléctrica.

Una onda típica de televisión presenta una forma como la indicada en la figura de la página siguiente. La zona de 0 al 35 por 100 de la amplitud de la onda portadora se reserva para sincronización, mientras que la zona del 30 por 100 al 100 por 100 se reserva a la modulación de visión. El 30 por 100 corresponde al negro y el 100 por 100 al blanco.

Al principio de cada período correspondiente a una línea de exploración  $3/20$  del tiempo no hay señal de visión a consecuencia del borrado. Es el tiempo que tarda el punto luminoso en retroceder del final de la línea anterior.  $1/20$  de dicho tiempo corresponde a la señal de sincronismo. El  $17/20$  del tiempo restante del período se emite la señal de visión.



Ejemplo de onda de televisión

Cada final de cuadro se suprimen las señales de visión durante un período de tiempo correspondiente a 10 líneas.

En el receptor, la interrupción de la onda portadora al final de cada línea y de cada cuadro constituye precisamente la señal, que recogida por un filtro de amplitudes que sólo deja pasar las amplitudes de modulación superiores al 30 por 100, da lugar a los impulsos de sincronización. Estos impulsos recogidos

por el dispositivo de bloqueo regulan los tiempos de las oscilaciones en diente de sierra.

En los dispositivos de exploración mecánicos a base de discos exploradores, una serie de perforaciones y aberturas convenientemente dispuestas proporcionan los impulsos de sincronización al final de cada línea y de cada cuadro mediante foco y célula fotoeléctrica especiales de sincronización.

### **Televisión en color y en relieve**

Sólo el color y el relieve pueden dar una impresión completa de realidad en la transmisión de imágenes y es por esto que desde que se resolvió en principio la transmisión de imágenes en blanco y negro, los inventores no han cesado en sus investigaciones para lograr la televisión en colores y relieve.

La televisión en colores, lograda ya en forma rudimentaria por Baird en 1926, se basa en explorar la imagen por tres puntos luminosos transmitiéndose una imagen roja, otra azul y otra verde que en el receptor se funden a través de los correspondientes filtros, en una imagen en color.

En relieve se obtuvo ya en 1928 por el susodicho Baird transmitiendo dos imágenes correspondientes a un par estereoscópico y observándolas en el receptor a través de un estereoscopio. La imperfección de la televisión en aquella época relegó a un segundo término estos ensayos hasta que en 1936 Baird transmite por radio una película en colores desde el Palacio de Cristal de Londres.

Tres años más tarde se lograba una gran perfección en la televisión en colores al utilizar en la transmisión un tubo de rayos catódicos acoplado a un disco giratorio con filtros de tres colores.

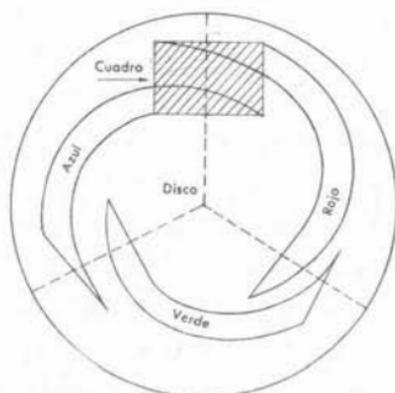
En el sistema experimental de Baird, el disco explorador está provisto de tres series de agujeros o de ranuras en espiral con filtros rojos, azules y verdes, respectivamente. De esta forma la imagen se explora por triplicado. Un dispositivo similar en el receptor compone la imagen por triplicado, de manera que en rápida sucesión se observa en rojo, azul y verde, fundiéndose en una imagen en colores.

La iluminación de la imagen se obtiene con una lámpara de neon como fuente de luz roja y anaranjada y una lámpara de helio-mercurio que da lugar a radiaciones azules y verdes. El dispositivo actúa de manera que sólo se ilumina la lámpara de neon cuando los agujeros rojos del disco explorador pasan ante el observador, mientras que la lámpara de helio-mercurio se ilumina cuando pasan los agujeros azules y verdes ante un espectador.

Aunque teóricamente el disco explorador debía girar a triple velocidad, esto no fué hallado necesario debido a que las tres imágenes coloreadas presentan numerosas partes comunes.

Ahora bien, realizando la exploración en la forma indicada, en la transmisión de escenas móviles, cada proyección sucesiva de la imagen en distintos colores se halla algo desplazada con respecto a la anterior y se observan perfiles o contornos de coloraciones superpuestas, los llamados "hilos de color".

Para evitar este inconveniente habría que aumentar la frecuencia de la exploración, lo cual representa aumentar la velocidad de giro del disco de colores con la consiguiente dificultad para lograr una perfecta sincronización. Basta recordar que para evitar el centelleo de colores, la superposición de éstos, o sea la triple exploración, ha de realizarse en  $1/50$



Disco explorador con filtros para la televisión en colores

de segundo, lo que equivale a 150 exploraciones por segundo. El número de vueltas del disco será de  $150/3$  por segundo, o sea 3.000 por minuto.

El inconveniente y dificultad citadas se han eliminado en la moderna televisión de colores con exploración interlineada mediante el artificio de que, en lugar de que a cada cambio de cuadro corresponda un cambio de color, o sea un color para cada dos barridos, se hace coincidir el cambio de color con cada cambio de barrido, o sea dos colores por cuadro.

Ello equivale a doblar prácticamente la frecuencia, ya que cada  $1 \frac{1}{2}$  cuadros se renueva la exploración en colores en lugar de cada 3, y como que los colores de cada cuadro sucesivo no son los mismos, desaparecen los hilos de color reduciendo al mismo tiempo la velocidad de giro del disco de colores. En efecto, el primer cuadro se explora en rojo y verde, el segundo en azul y rojo, el tercero en verde y azul y el cuarto nuevamente en rojo y verde. Por otra parte, el disco dará un número de vueltas igual al tercio del número de barridos, o sea  $50/3$  por segundo que corresponde a unas 1.000 vueltas por minuto.

Este sistema, algo más perfeccionado, pero siempre a base del filtro de colores giratorio es el utilizado por la Columbia Broadcasting Corporation como único autorizado para emisión normal en colores en los Estados Unidos (1953). Se emite en secuencia de cuadros interlineados en colores (de 405 líneas en lugar de las 525 normales), de manera que en  $\frac{1}{24}$  de segundo se ha realizado la exploración completa del objeto. Ello corresponde a una exploración interlineada de  $\frac{1}{144}$  de segundo ( $2 \times \frac{1}{144} \times 3 = \frac{1}{24}$ ).

El inconveniente de este sistema es que debido a la elevada frecuencia, los receptores normales de blanco y negro no sirven para la recepción en colores sin una previa y complicada transformación. No es "compatible".

Basándose en el sistema antes descrito, Baird puso a punto en 1939 un procedimiento para trans-

misión simultánea de imágenes en colores y relieve de gran definición. Primeramente transmitía la imagen roja tomada bajo un ángulo ligeramente distinto de la imagen azul, de manera que ambas imágenes constituían un par estereoscópico. La pantalla receptora se observa a través de lentes con un cristal azul y otro rojo obteniéndose el relieve como en los anáglifos. Ahora bien, este sistema, si bien resultaba ventajoso por su sencillez, presentaba el inconveniente de tener que usar lentes los espectadores y de que al utilizar dos de los colores para obtener el relieve ni éste ni el color eran reales.

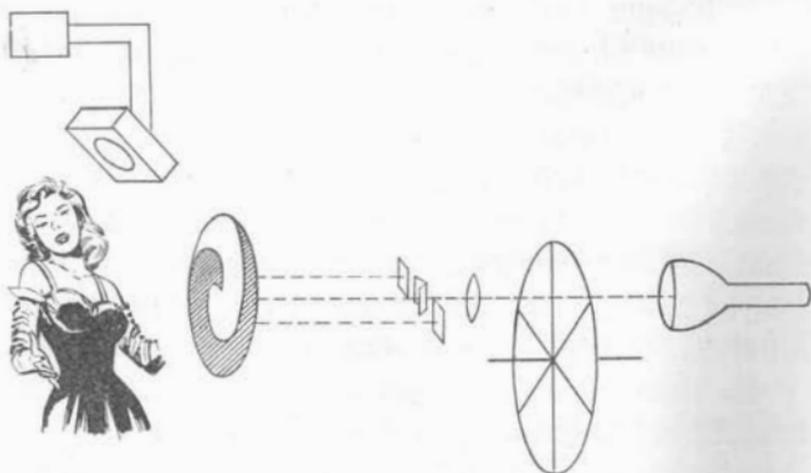
En consecuencia, se pasó a la construcción de un aparato experimental que eliminara dichos defectos, prescindiendo por el momento de sus posibilidades prácticas de empleo.

En dicho aparato, la frecuencia de exploración se ha elevado de 50 a 150 y la trama se ha variado a un campo de 100 líneas interlineadas cinco veces para obtener una imagen de 500 líneas, efectuándose cada barrido de imagen (100 líneas) sucesivamente en verde, rojo y azul.

En el transmisor, un tubo de rayos catódicos acoplado a células fotoeléctricas proyecta un punto luminoso sobre la imagen a transmitir. Frente a la lente de proyección, un dispositivo de 4 espejos dispuestos perpendicularmente entre sí dividen el rayo de luz incidente en otros dos, cuya separación corresponde a la del ojo humano. Mediante un obturador giratorio, cada uno de estos rayos explora alternativamente la imagen, transmitiéndose, por lo tanto,

4 en rápida sucesión, imágenes correspondientes al ojo derecho e izquierdo.

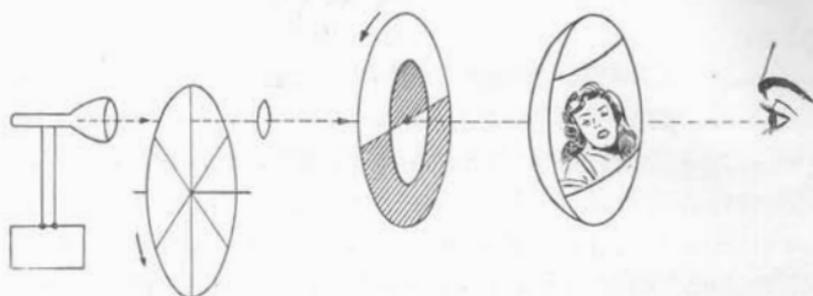
Como que entre el tubo de rayos catódicos y el



Esquema de transmisor de televisión en colores y relieve

obturador se dispone un disco con filtros azul, rojo y verde, las tres imágenes se funden en una sola imagen de colores transmitida alternativamente para el ojo derecho e izquierdo.

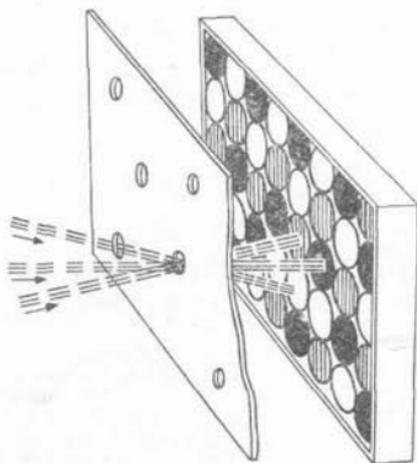
En el receptor, los pares de imágenes estereoscópicas en colores se proyectan sobre la lente pantalla,



Esquema de receptor de televisión en colores y relieve

a través de un obturador giratorio que descubre alternativamente la mitad de la lente de proyección interceptando simultáneamente la visión en un ojo del espectador. De esta forma se ve con el ojo derecho o izquierdo imágenes derechas o izquierdas cuyo efecto combinado es la de una imagen estereoscópica en colores naturales.

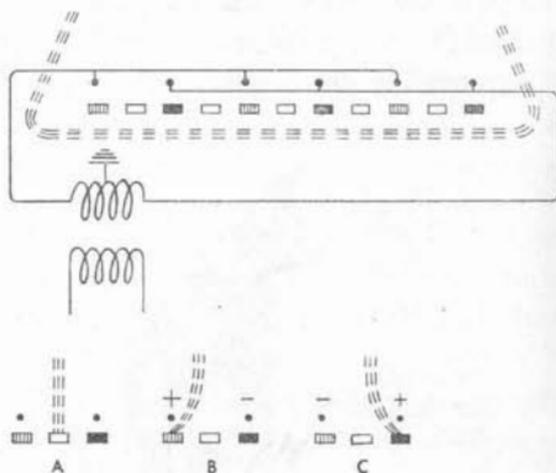
*Exploración electrónica del color.*— El porvenir de la televisión en colores se halla en el empleo de los tubos electrónicos tricolores que substituyen con ventaja al disco de filtraje tricolor, eliminando así el inconveniente de dicho elemento mecánico. Estos tubos representan un progreso semejante al paso del disco explorador de Nipcow al iconoscopio de Zworykin.



Esquema del tubo electrónico tricolor sistema R.C.A.

*Tubo tricolor sistema R.C.A.*— Este tubo electrónico desarrollado por la Radio Corporation of America, presenta un mosaico de unos  $900 \times 650$

granos tricolores en disposición triangular sobre la pantalla fluorescente. Una pantalla de enmascaramiento situada ante el mosaico lleva un agujero para cada triángulo tricolor, de manera que cada uno de los rayos catódicos de tres cañones catódicos convenientemente alineados sólo puede incidir sobre uno de los tres colores. Es decir, el cañón rojo a los granos rojos, el verde a los verdes y el azul a los azules. De esta forma el tubo permite obtener tres imágenes individuales en rojo, verde y azul tan poco desplazadas entre sí que prácticamente coinciden.



Esquema del tubo electrónico tricolor sistema Lawrence y detalle de la desviación del haz electrónico según la carga eléctrica de los alambres de la rejilla

*El tubo tricolor de Lawrence.* — En este tubo, la pantalla fluorescente está formada por fajas alternadas de fósforo coloreado. Una rejilla metálica de alambres finos permite desviar el rayo catódico según la carga, tal como se indica en la figura.

*El sistema del N. T. S. C.* — El National Television Standards Committee ha estudiado un sistema para que la transmisión en colores pueda ser recibida por los receptores normales de blanco y negro. Para ello realiza la transmisión en dos etapas. Primero transmite la componente de luminosidad en la forma corriente para imágenes monocromáticas, de manera que pueden ser recibidas en un receptor normal dando una imagen normal en blanco y negro, por lo que el sistema es "compatible". Después transmite la señal de color en sólo dos coordenadas, ya que parte de la base que como la luz blanca es el resultado de la composición de los tres colores fundamentales, basta dar dos colores para por diferencia obtener el tercero.

### **Audiovisión**

Últimamente se ha puesto a punto un sistema de televisión que permite la transmisión del sonido mediante el mismo aparato televisor, empleando la propia onda de televisión. Ello representa una gran simplificación del aparato emisor y receptor de televisión.

Como ya se ha indicado, durante el proceso de exploración del cuadro de la imagen, no se emiten señales de televisión durante el corto tiempo de retroceso del punto luminoso del final de una línea al comienzo de la siguiente. Durante dichos tiempos muertos, se toman instantáneas de sonido de la par-

te radiofónica del programa que modula por su parte la onda portadora de televisión y cuyo conjunto (más de 10.000 por segundo) debidamente separado en el receptor reproduce los sonidos correspondientes.

### **Fonovisión**

Al igual que se pueden recoger, conservar, y reproducir los sonidos con la ayuda del disco de gramófono, con el fonovisor de Baird se pueden recoger, conservar y reproducir imágenes.

Mediante este aparato, se graban los impulsos eléctricos originados en la fotocélula, en un disco análogo al de gramófono. Un *pick-up* puede reproducir en cualquier momento dichos impulsos que, debidamente amplificados, pasan a una lámpara de neon ante la que gira un disco integrador. Al mirar a través de dicho disco se ve la reproducción de la imagen "grabada" en el disco del fonovisor.

### **Noctovisión**

Si el objeto a televisar se ilumina con rayos infrarrojos, es decir invisibles, la transmisión puede realizarse en la obscuridad, ya que las variaciones de luz infrarroja también son recogidas por la célula fotoeléctrica. La imagen se transmite en la forma

acostumbrada. Durante la segunda guerra mundial se han empleado aparatos de noctovisión basados en el empleo de rayos infrarrojos (\*).

### **Estratovisión**

La dificultad que se presenta en las transmisiones de televisión es la de su corto alcance, que es del orden de 50 kilómetros. Ello es debido a que las ondas de televisión al ser ultracortas sólo pueden ser captadas cuando la antena receptora está en el campo visual de la antena emisora, es decir, dichas ondas se propagan prácticamente en línea recta ya que ni son reflejadas por la ionosfera ni siguen la curvatura de la Tierra.

En consecuencia, el único procedimiento de que se dispone para aumentar el radio de acción de una emisora de televisión, si no se quiere recurrir a la retransmisión por cable especial, es el de elevar la antena. Por esto se montan las emisoras de televisión en edificios de gran altura o en colinas.

De ahí a montar la emisora en un avión que vuele a gran altura sólo hay un paso, y éste ha sido dado en 1948 por los Estados Unidos. En efecto, la Westinghouse Electric Corp. ha realizado con pleno éxito la retransmisión de programas de televisión a más de 400 kilómetros. La emisión se recibía y retransmitía desde la antena de una superfortaleza vo-

---

(\*) Véase "Inventos y Secretos de Guerra", por Juan J. Maluquer. Editorial Seix Barral, Barcelona, 1950.



lante B-29 especialmente equipada, volando a más de 9.000 metros. Se prevé que de 8 a 10 aviones retransmisores de televisión podrían cubrir una faja de 400 kilómetros de anchura entre Nueva York y San Francisco.

### **Televisión sobre pantalla de gran tamaño**

Con el tubo de rayos catódicos normal, la televisión familiar está plena y suficientemente lograda, pero no así la televisión colectiva en salas de espectáculos.

Mientras que en los aparatos corrientes la pantalla es de unos  $15 \times 20$  centímetros, en las salas de espectáculos se requiere una pantalla de por lo menos  $1,20 \times 1,50$  metros.

Para obtener una imagen de estas dimensiones existen varios procedimientos:

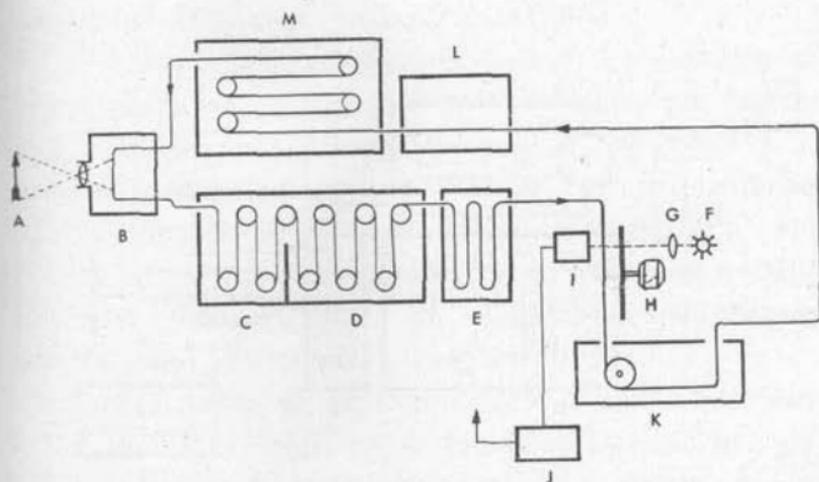
a) *Exploración múltiple.*— El tamaño de la imagen proyectada depende de la cantidad de luz modulada disponible, por lo que si se realiza una exploración parcial simultánea de la imagen, se podrá aumentar la superficie de la pantalla tantas veces como exploraciones simultáneas se lleven a cabo.

b) *Tubos de rayos catódicos de gran potencia.*— Con tubos de 10.000 voltios se consiguen imágenes de  $0,6 \times 0,9$  metros, pero son tubos muy caros y de construcción delicada, ya que para estos tamaños el cristal ha de tener un gran espesor para resistir la presión atmosférica.

Se construyen, no obstante, tubos especiales de armazón metálica en los que se llega a los 60.000 voltios de tensión anódica. En estos tubos la imagen obtenida sobre la pantalla luminiscente se proyecta mediante un dispositivo óptico adecuado sobre pantalla de televisión colectiva.

c) *Película intermedia.* — Este procedimiento puede utilizarse tanto en el emisor como en el receptor.

*Emisor.* — En el emisor, la cámara tomavistas impresionada una película de la escena a televisar. La película impresionada pasa a una cámara de revelado y fijado, y de ésta a un recinto de secado. Acto seguido la película pasa ante un disco explorador con el correspondiente foco luminoso y las variaciones

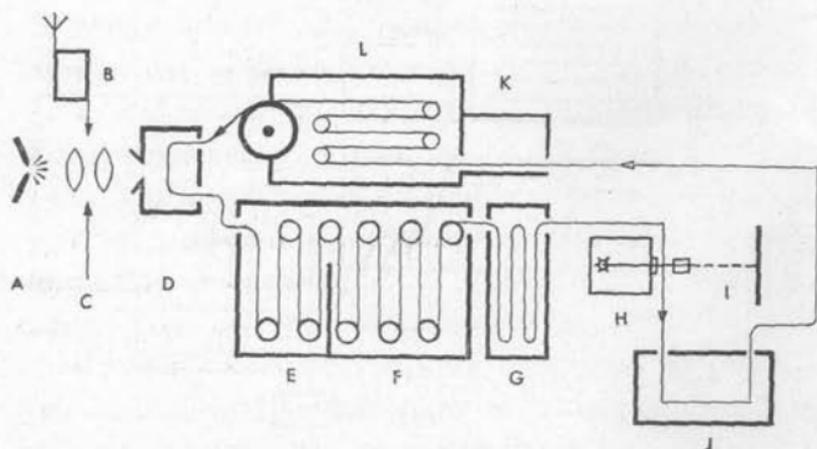


Emisor para la televisión sobre pantalla de gran tamaño mediante película intermedia. A, objeto. B, cámara continua. C, revelado. D, fijado y lavado. E, secado. H, disco explorador. I, célula fotoeléctrica. J, transmisor de radio. K, lavado emulsión. L, emulsiónado. M, secado

de iluminación recogidas por una célula fotoeléctrica son transformadas en impulsos eléctricos que pasan a modular la onda portadora. El tiempo necesario para este proceso, gracias a elementos especiales de revelado y fijado, es del orden de un minuto.

Ante el disco explorador, la película se hace pasar a velocidad uniforme, no siendo necesario el paso intermitente normal en la proyección cinematográfica. En este caso, el disco, en lugar de tener los agujeros dispuestos en espiral, los tiene sobre una circunferencia. La composición de ambos movimientos de películas y disco da lugar a que se explore línea tras línea toda la superficie de cada imagen.

*Receptor.* — En el receptor, la imagen del tubo de rayos catódicos, o bien los impulsos de imagen que actúan sobre una célula de Kerr, impresionan



Receptor para la televisión sobre pantalla de gran tamaño mediante película intermedia. A, foco luminoso. B, receptor de radio. C, célula de Kerr. D, cámara continua. E, revelado. F, fijado y lavado. G, secado. H, cámara intermitente. I, pantalla. J, lavado emulsión. K, emulsiónado. L, secado

una película que pasa a una cámara de revelado, fijado y secado, y de allí a una cámara de proyección normal intermitente proyectándose sobre una pantalla de televisión colectiva.

Se tarda otro minuto en este proceso (tiempo que puede rebajarse a 30 segundos en los aparatos muy perfeccionados), por lo que el tiempo transcurrido desde que se televisa una escena hasta que se proyecta es de unos 2 minutos.

Para evitar el enorme consumo de película que ello representa, tanto en el transmisor como en el receptor, puede montarse un dispositivo recuperador constituido por una cámara de lavado de la emulsión, un emulsionador y cámara de secado, de donde pasa la película a la cámara tomavistas.

El inconveniente de este sistema es que los defectos de interferencia quedan exagerados.

d) *Mosaico de microlámparas.* — El mosaico de microlámparas es una pantalla formada por varios miles de pequeñas lámparas que se encienden a la debida frecuencia de exploración con intensidades proporcionales a la iluminación de la imagen televisada. Para ello, se dispone en el receptor de una escobilla giratoria sobre un conmutador con tantas delgas como lámparas.

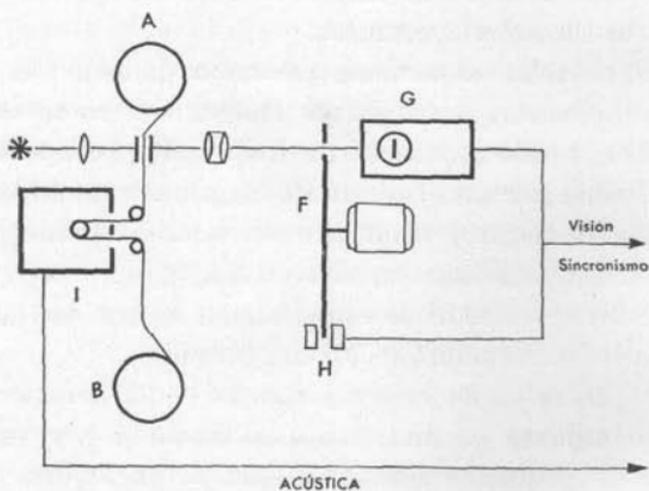
Este sistema ya fué empleado en 1930 con pantalla de 2.100 lámparas, habiéndose llegado a construir mosaicos de 10.000 lámparas con los que se han obtenido imágenes relativamente buenas.

En la actualidad este sistema está abandonado, ya que una imagen de gran definición como, por

ejemplo, de 240 líneas a 200 lámparas por línea requeriría la friolera de 48.000 lamparitas.

### Televisión de películas

La televisión de películas es un complemento de los programas de televisión, al igual que la emisión



Emisor para la televisión de películas. A y B, bobinas de película. F, disco explorador. G, célula fotoeléctrica y amplificador. H, generador de impulsos de sincronismo. I, caja sonora

de discos gramofónicos lo es de los programas de radiodifusión.

La forma en que se lleva a cabo la televisión de películas es la indicada para la transmisión por película intermedia.

La película se hace pasar ante un foco luminoso, siendo explorada la imagen por un disco que gira ante una célula fotoeléctrica. Los impulsos de ima

gen son amplificados y transmitidos, mientras que la cámara sonora recoge y transmite la parte acústica de la película por el procedimiento normal de radiodifusión. La recepción tiene lugar en la forma acostumbrada.

### **Cadenas de televisión**

Para solventar la dificultad del corto alcance de las ondas de televisión y mientras se pone a punto la estratovisión, se ha recurrido a la retransmisión a larga distancia por medio de cables especiales de televisión.

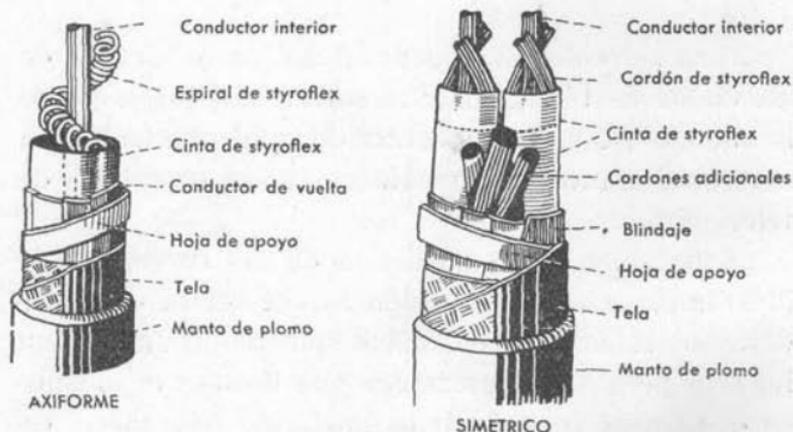
Ahora bien, la transmisión de las corrientes de alta frecuencia de televisión ofrece serias dificultades. Los fenómenos eléctricos que se producen dan lugar a pérdidas importantes que limitan el alcance en el caso de no reducirlos mediante una forma especial del cable conductor.

Entre otros fenómenos, las corrientes del orden de 50 megaciclos y de frecuencia superior provocan un desplazamiento de los electrones en circulación (la corriente eléctrica es una circulación de electrones) hacia la periferia del conductor. En otras palabras, la corriente circula preponderantemente por las capas exteriores del conductor. Ello da lugar al empleo de conductores huecos o tubulares en lugar de alambres macizos.

Por otra parte, la pérdida en la transmisión es debida también a la capacidad entre los conductores

cuando forman un solo cable, por lo que, para disminuirla al mínimo, se construyen cables de conductores coaxiales. En estos cables, un conductor central se sostiene en el centro de la camisa metálica que forma el conductor exterior, mediante el empleo de un medio aislante adecuado.

Aunque de elevado coste, este procedimiento de



Conductores para televisión

retransmisión es el que ha sido adoptado en los Estados Unidos de América. En enero de 1949 se inauguró el cable coaxial de televisión, de más de 1.000 kilómetros, entre Nueva York y Chicago, que permite la retransmisión entre ambas capitales de programas de televisión. Éste no fué más que el primer paso en el establecimiento de la red de cables de televisión norteamericana, que ha permitido la conexión en cadena de las distintas estaciones emisoras de televisión.

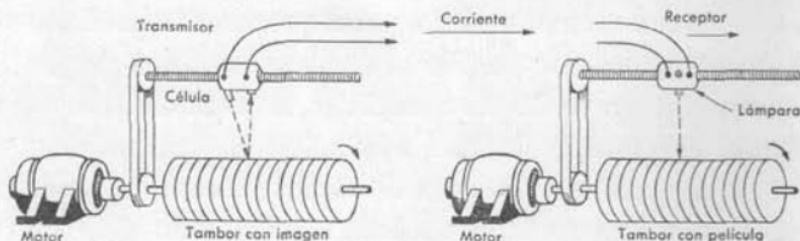
## Telefotografía

Como es fácil comprender, en telefotografía no es necesaria una rapidez excesiva en la transmisión. De los  $1/25$  de segundo, imprescindibles en televisión, se pasa en telefotografía a 5 y más minutos, según el tamaño de la imagen. Ello da lugar a que el número de impulsos de imagen necesarios por segundo, y por lo tanto la frecuencia de la corriente, sea lo suficientemente baja para que no sea excesivo el amortiguamiento debido al conductor, tanto mayor cuanto mayor es la frecuencia y la transmisión es alámbrica. Por la misma razón, en la transmisión inalámbrica no se presenta el inconveniente de tener que tomar una onda portadora (cuya frecuencia ha de ser mucho mayor que la de la onda de modulación) de frecuencia correspondiente a las ondas ultracortas, como ocurre en la televisión.

En consecuencia, la estación telefotográfica es más sencilla, en especial por lo que se refiere al dispositivo de exploración, que la estación de televisión. En efecto, una emisora de televisión-fotografía está constituida por un tambor de exploración sobre el que se arrolla la fotografía o dibujo a transmitir y el cual, accionado por un motor, se desplaza axialmente guiado por un tornillo sin fin. Un foco luminoso produce un rayo de luz que a través de una lente incide sobre el tambor formando un punto luminoso y dando lugar a un rayo reflejado. Un juego de lentes concentra dicho rayo sobre la célula fotoeléctrica y

sus variaciones de intensidad luminosa, según lo claro u obscuro que sea el punto iluminado, son transformados en impulsos eléctricos. Estos impulsos, debidamente amplificados, pasan al cable de transmisión o bien a modular la corriente portadora si la transmisión es inalámbrica.

En los aparatos corrientes, el punto luminoso tiene una superficie de  $1/3 \times 1/3 = 1/9$  milímetros cuadrados y el avance del tambor por revolución es



Telefotografía. Emisor (izq.) y receptor (der.)

de  $1/3$  de milímetro, es decir la fotografía se explora en fajas o líneas de  $1/3$  de milímetro de espesor.

En el receptor existe un tambor giratorio análogo al del emisor y que gira y se desplaza a una velocidad sincrónica con aquél, obtenida gracias a la corriente de sincronización. Sobre el tambor se arrolla el papel sensibilizado o fotográfico y sobre el mismo incide el rayo luminoso de intensidad variable producido por la célula fotoeléctrica que recibe los impulsos de imagen del transmisor. Si los tambores se ponen en marcha en el mismo instante partiendo de la misma posición, sobre el tambor receptor se reproducirá la imagen explorada en el transmisor.

## INVENTORES Y APARATOS DE TELEVISIÓN

Entre los primeros aparatos construídos para transmitir imágenes a distancia merece citarse el de Bakewell. Este aparato, construído en 1850, transmitía figuras sencillas que se trazaban con tinta resinosa sobre un cilindro giratorio revestido de estaño. Mientras el cilindro giraba, un estilete metálico se desplazaba según una generatriz del cilindro de manera que al llegar al final hubiera pasado sobre todos los puntos de la superficie del cilindro en una serie de apretadas espiras helicoidales.

A cada paso del estilete transmisor sobre una línea de la figura, se transmitía una corriente al receptor en el que un cilindro semejante al transmisor giraba a su misma velocidad. Las corrientes daban lugar por acción electroquímica a una marca sobre el papel del cilindro receptor que previamente se había sometido a un tratamiento químico. Así, punto por punto y línea por línea, se reproducía la figura original en el receptor. La dificultad consistía en conservar los dos cilindros a la misma velocidad.

Este inconveniente es superado por el francés D'Arincourt que perfecciona en 1876 el transmisor de figuras de Bakewell. Mediante un mecanismo sincronizador, el inventor mantenía constantemente iguales las velocidades de giro de los cilindros transmisor y receptor. El aparato en cuestión se empleó durante algún tiempo en el ejército francés.

Otro aparato transmisor de figuras es el panteló-

grafo del abate italiano Caselli, construído en 1856, aparato que funcionó durante cuatro años entre París y Amiens. El pantelógrafo no era más que una modificación del receptor telegráfico, en el que los impulsos electromagnéticos accionaban un estilete metálico que trazaba el dibujo sobre el papel sensibilizado por cianuro de potasio.

Bastantes años más tarde, Elisha Gray presenta en la feria de Chicago de 1893 el teleautógrafo o telégrafo de escritura y figuras transmitidas por dos conductores.

En este aparato, el transmisor dispone de dos brazos articulados que sirven de soporte a un lápiz y cuyos movimientos accionan resistencias variables que modifican la corriente transmitida por los conductores. En el receptor, dos barras magnéticas sometidas a la acción de un resorte y sobre las que actúan las pulsaciones de corriente van unidas a unos brazos que soportan un lápiz que reproduce los movimientos del otro lápiz transmisor y, por consiguiente, la escritura o dibujos trazados por aquél.

Las cualidades fotoeléctricas del selenio se aprovechan por primera vez en el telectroscopio de Senlecq. En dicho aparato se proyectaba la imagen sobre una pantalla de vidrio y se exploraba por una punta de selenio móvil, cuya resistencia variaba según el valor de la luz y sombra del punto explorado, variando en consecuencia la corriente transmitida reproduciendo en el receptor las correspondientes intensidades de luz y sombra mediante un dispositivo electromagnético.

La célula de selenio permite, a partir de 1880, la construcción de numerosos aparatos más o menos rudimentarios de televisión. Ayrton y Perry construyen un aparato formado por un mosaico de células de selenio, cada una de las cuales se hallaba unida mediante conductor a una aguja magnética situada en el punto correspondiente del receptor. Esta aguja accionada electromagnéticamente abría y cerraba un obturador reproduciendo en cierta medida la luz recibida por la correspondiente célula de selenio.

Parecido a este aparato era el de Carley, en el que el mosaico de células de selenio se unía a un mosaico de microlámparas eléctricas, de manera que a cada célula del transmisor correspondía una lamparita en el receptor. Una imagen proyectada sobre el mosaico transmisor se reproducía *grosso modo* en el mosaico receptor cuando variaba la intensidad de iluminación de las lámparas según la resistencia de la célula de selenio a la que se hallaban unidas. Dicha variación era función de la cantidad de luz que impresionaba a las células en cuestión.

Jan Van Szczepanik, por su parte, contribuye al progreso de la televisión con su aparato, en el que el objeto se reflejaba por combinación de espejos vibratorios sobre una célula de selenio. Las pulsaciones de corriente transmitidas por un conductor accionaban un dispositivo magnético en el receptor que controlaba un punto luminoso móvil. Las variaciones de luminosidad de dicho punto, al proyectarse sobre una pantalla, daban lugar a la formación de la imagen.

El telehor del húngaro Denes von Mihaly (1923) también explora el objeto con la ayuda de dos pequeños espejos vibratorios suspendidos de finísimos cables dentro de un potente campo electromagnético. Los impulsos de luz se proyectaban sobre una célula de selenio siendo transmitidos bajo forma de corrientes eléctricas al receptor.

En forma parecida actúa el aparato de Belin y Holweck. Las variaciones de corriente originadas en la célula fotoeléctrica se transmiten a través de un conductor al receptor, en el que actúan electromagnéticamente sobre la intensidad del punto luminoso de un tubo de rayos catódicos obteniéndose así una reproducción de la imagen original.

En cambio, en el aparato del americano Jenkins (1925), el dispositivo explorador está constituido por un disco de cristal cuyo borde está tallado en forma de sección prismática, de espesor variable. Al atravesar dicho borde, el rayo de luz explorador era desviado de uno a otro lado, incidiendo sobre la célula fotoeléctrica en el transmisor y sobre la pantalla en el receptor.

Existen muchos otros tipos de aparatos de televisión más o menos ingeniosos, entre los que por su originalidad merece citarse el que presentó Middleton, en 1880, constituido por pares termoeléctricos. Como es sabido, un par termoeléctrico está formado por la unión de dos metales (bismuto y antimonio, por ejemplo) tales, que al calentarse la unión se origina una corriente eléctrica o, recíprocamente, cuando se hace pasar una corriente eléctrica por un

par termoeléctrico, éste se calienta. En el aparato de televisión de Middleton, el transmisor estaba constituido por un mosaico de pares termoeléctricos unidos por conductor a los correspondientes pares termoeléctricos del receptor. Al proyectarse una imagen sobre el mosaico transmisor las microcorrientes termoeléctricas originadas en éste por las distintas intensidades de iluminación, generaban calor en los pares del receptor, cuya radiación más o menos intensa se reflejaba en un espejo de forma especial.

Otro aparato curioso y complicado por demás fué el resonador de televisión inventado por Fournier d'Albe. La imagen a televisar se dividía en campos de diferente frecuencia musical de acuerdo con sus luces y sombras. Esto se lograba con ayuda de una cinta de papel perforado que se hacía pasar frente a la imagen. La luz intermitente que así se producía se concentraba sobre una célula de selenio cuyas variaciones de corriente se transmitían al receptor.

En el receptor, un altavoz convertía las señales eléctricas en sonidos. Estos sonidos eran analizados por el resonador, caja rectangular en cuyo extremo una lámina de mica plateada vibraba a consecuencia de la resonancia de la caja. Al vibrar la lámina en cuestión reflejaba un punto luminoso sobre una pantalla, variando su posición según la intensidad de la vibración, la que a su vez dependía en último lugar de la cantidad de luz y sombra recogida de la imagen en el transmisor.

## Baird y la televisión

Mención aparte entre todos los inventores que más han contribuido al desarrollo de la televisión merece el inglés Baird. Por ello, terminaremos este breve resumen de lo que es la televisión citando, por orden cronológico, la progresión de los inventos y experiencias de este extraordinario hombre de ciencia durante el segundo cuarto de nuestro siglo.

En abril de 1925, Baird transmite figuras sencillas mediante un aparato con disco explorador.

El 27 de enero de 1926, ante cincuenta miembros de la Royal Institution, el inventor transmite por primera vez una faz humana.

El 30 de diciembre del mismo año aplica los rayos infrarrojos para la televisión de imágenes en la obscuridad.

El 9 de febrero de 1928 se lleva a cabo la primera transmisión de televisión transatlántica desde la estación inglesa de onda corta de Coulsdon a la de Hartsdale del Estado de Nueva York.

En junio del mismo año se ensaya la exploración de la imagen a la luz del día y en agosto tiene lugar el primer experimento de televisión en colores a base de explorar la imagen con luz roja, verde y azul. Asimismo se transmiten estereoscópicas que miradas con un estereoscopio dan la imagen televisada en relieve.

El 31 de marzo de 1930, la B.B.C. de Londres transmite por primera vez un programa de televisión

con la voz en onda de 356 metros y la visión en onda de 261 metros.

El 1 de julio de 1930 se ensaya la pantalla de  $2 \times 5$  pies ( $0,8 \times 1,5$  metros) y el día 14 ya se transmite una comedia. Se trata de "El hombre con la



Moderno receptor de televisión

flor en la boca" de Pirandello. Por último, el 28 de dicho mes en el Coliseo de Londres se proyecta en público un programa de televisión formando parte del programa de la función.

El 8 de mayo de 1931 se transmiten vistas de escenas de calle y el 3 de junio se televisan las carreras de caballos de Epsom.

El 29 de abril de 1932 se efectúa la primera transmisión de televisión en onda corta de 6,1 metros alcanzándose una gran definición en la imagen.

El 22 de agosto de 1932, la B.B.C. se hace cargo de los programas de televisión.

Por último, en enero de 1938 se lleva a cabo la primera transmisión en color sobre pantalla de  $9 \times 12$  pies ( $2,7 \times 3,6$  metros).

De esta manera, a lo largo de unos pocos años, Baird ha ido inventando y poniendo en práctica los principios fundamentales en que se basa la moderna televisión.

Hoy día, en los Estados Unidos, por no citar más que a una nación, se radian normalmente los programas diarios de televisión y el número de receptores, que en 1947 apenas llegaba a cien mil, a fines de 1948 ya alcanzaba el millón, sobrepasando cinco años más tarde los 15 millones.

En Europa, la ceremonia de la coronación de la reina Isabel II de Inglaterra, el 2 de junio de 1953, ha podido ser seguida por millones de espectadores de Francia, Bélgica, Holanda y Alemania Occidental gracias a la televisión. Un ingenioso dispositivo transformador de frecuencias permitió que los aparatos de distintas definiciones de dichos países logran una recepción perfecta.

La televisión ha salido del laboratorio y del campo de los aficionados para pasar al dominio del gran público como nueva conquista de la ciencia al servicio de la humanidad.

## INDICE

|  | <u>Págs.</u> |
|--|--------------|
| Introducción .....                                   | 5            |
| Fundamento de la televisión .....                    | 6            |
| Constitución de un aparato de televisión .....       | 9            |
| La célula fotoeléctrica .....                        | 10           |
| La célula de Kerr .....                              | 13           |
| La exploración e integración de la imagen .....      | 14           |
| Exploración mecánica .....                           | 16           |
| Exploración electrónica .....                        | 22           |
| Trama sencilla e interlineada .....                  | 25           |
| El desintegrador electrónico .....                   | 28           |
| El iconoscopio .....                                 | 30           |
| El iconotrón .....                                   | 33           |
| El orticonoscopio .....                              | 34           |
| La generación de tensiones en diente de sierra ..... | 35           |
| La onda de televisión .....                          | 37           |
| Televisión en color y en relieve .....               | 41           |
| Audiovisión .....                                    | 49           |
| Fonovisión .....                                     | 50           |
| Noctovisión .....                                    | 50           |
| Estratovisión .....                                  | 51           |
| Televisión sobre pantalla de gran tamaño .....       | 52           |
| Televisión de películas .....                        | 56           |
| Cadenas de televisión .....                          | 57           |
| Telefotografía .....                                 | 59           |
| Inventores y aparatos de televisión .....            | 61           |
| Baird y la televisión .....                          | 66           |