

OSCILOSCOPIO DE RAYOS CATÓDICOS

1 • INTRODUCCIÓN.

Es un instrumento que se utiliza para visualizar la forma de tensiones periódicas y para medir tensiones (Amplitud), frecuencias, tiempos, desfases, etc.

Las ondas son visualizadas en una pantalla **TRC** (Tubo de Rayos Catódicos) por medio de un haz de electrones que al incidir sobre la misma produce un punto luminoso.

2 • TUBO DE RAYOS CATÓDICOS (T.R.C.).

Es el alma del osciloscopio, es un tubo de vidrio en el interior del cual se ha practicado vacío. Consta de :

Una **PANTALLA** (S) que está constituida por una mezcla de sustancias fluorescentes y fosforescentes (fósforo). Al impactar los electrones sobre ella con una determinada energía cinética, producen fluorescencia en el punto de impacto, en el cual se forma una mancha luminosa visible en el dorso de la pantalla. Este impacto puede desgranar el fósforo, por lo que se debe proteger con una capa llamada **aquadaq**, consistente en un compuesto de plomo que es fácilmente atravesado por el flujo de electrones, y que a su vez, sirve como retorno de los mismos hacia el cátodo, pues recubre también parte del cono del tubo y del cañón.

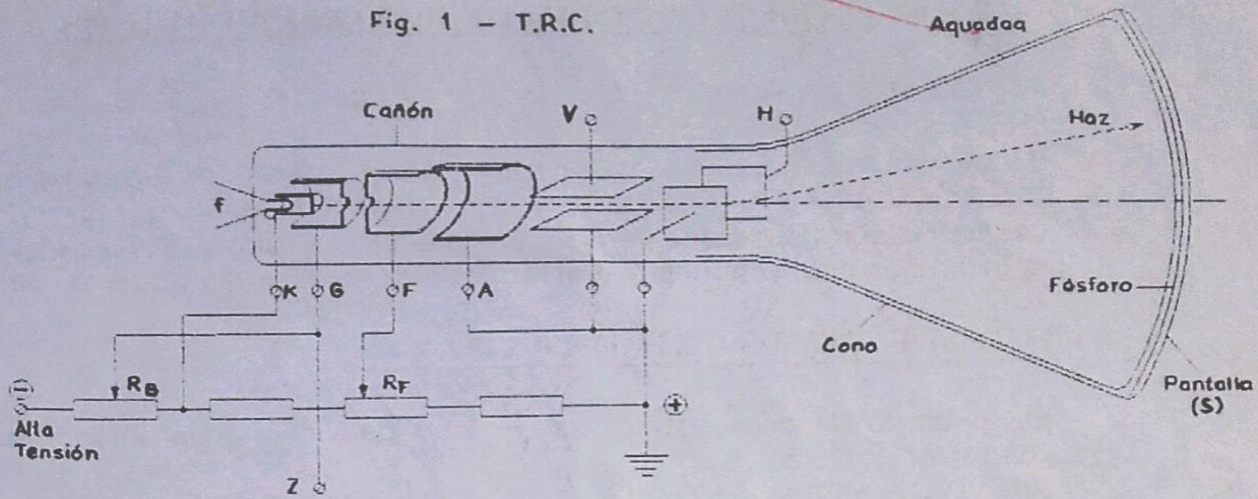
El tipo de fósforo usado, da distintas coloraciones y persistencias, dependiendo de ello el uso del T.R.C.

Características de diferentes tipos de FÓSFOROS.

FÓSFORO	FLUORESCENCIA	FOSFORESCENCIA	PERSISTENCIA	USO
P1	Verde	Verde	Media	ORC. Observación de ondas periódicas
P2	Azul - Verde	Verde	Media - Corta	ORC. Observación de Fenómenos transitorios
P3	Amarillo	Amarillo	Media	ORC. Observ. Ondas periódicas
P4 (Sulfato)	Blanco	Blanco	Corta	TV
P12	Naranja	Naranja	Larga	Radar
P19	Amarillo - Naranja	_____	Larga	Radar
			3 Comp.	
P22	Tricolor	_____	1 Corta 2 Mediana	TV Color
P26	Naranja	_____	Muy larga	ORC. Observación de Fenómenos transitorios

Un **CAÑÓN ELECTRÓNICO** constituido por varios electrodos : Un cátodo (K) de material termoemisor que emite electrones al ser calentado por un filamento (f). La cantidad de electrones atraídos por los ánodos (F y A) depende de la polarización del "**cilindro de Wehnelt**", que oficia de grilla (G). El extremo anterior de este cilindro está tapado y en el centro de la tapa hay un agujero por el que pasan los electrones hacia los ánodos (Lente electrónica) que conforman un haz, que luego llega a la pantalla.

Fig. 1 - T.R.C.



3 • CONTROLES DEL T.R.C.

Existen tres controles del T.R.C., los cuales actúan casi directamente sobre el cañón electrónico.

Uno de ellos es el **CONTROL DE BRILLO O INTENSIDAD** que modifica la polarización de la grilla respecto del cátodo, al ponerse más negativa disminuye el paso de los electrones hacia la pantalla y evita un bombardeo electrónico excesivo que podría dañarla. Debe evitarse la gran luminosidad que se produce cuando el haz forma un punto o figuras pequeñas inmóviles. El potencial de la grilla se varía con el potenciómetro (R_B). En la Fig. 2 vemos como actúa la rejilla o grilla de control.

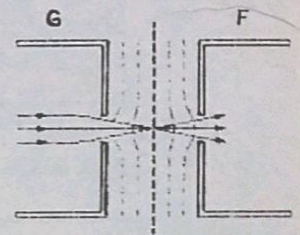


Fig. 2

Otro es el **CONTROL DE FOCO** en el cual variando el potencial entre el ánodo (A) y (F) por intermedio del potenciómetro (R_F), se logra que el haz coincida justo sobre la pantalla, o sea modificamos la focalización que produce el lente electrostático conformado por dichos ánodos (Fig. 3). Si la focalización se produce antes o después de la pantalla veremos una imagen con mayor sección de trazo (Fig. 4).

Y por último el **CONTROL DE ASTIGMATISMO** que permite que el punto sea perfectamente circular y no elíptico.

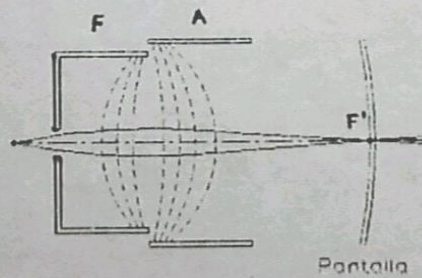


Fig. 3

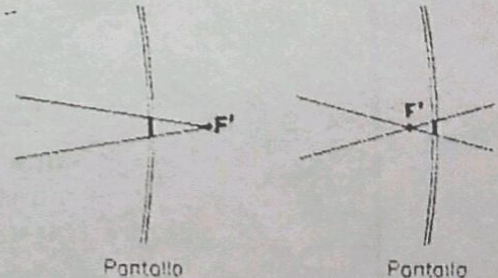


Fig. 4

4 • PLACAS DEFLECTORAS.

Las placas deflectoras producen el desplazamiento del haz atrayéndolo cuando su potencial es positivo y repeliéndolo cuando su potencial es negativo. Las placas deflectoras V ó Y producen desplazamiento vertical y las H ó X producen desplazamiento horizontal.

Ajustando a los controles de polarización estable de ambos pares de placas puede situarse a la mancha luminosa en cualquier parte de la pantalla. Si el haz de electrones pasa por el interior de la placas deflectoras vertical y ambas se hallan polarizadas a un mismo potencial, el campo eléctrico entre ambas es nulo y el haz incidirá en el centro de la pantalla, por no haber

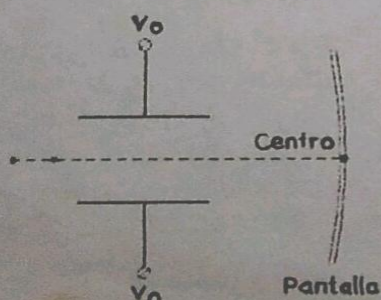


Fig. 5

deflexión (Fig. 5).

La señal, que es una tensión aplicada a la bornes del osciloscopio, modifica la polarización estable de las placas desviando el haz y el punto en la pantalla.

- A) **DEFLEXIÓN ASIMÉTRICA** : Es la más simple y fácil de explicar, en ella el potencial desviador V_d es aplicado a una de las placas, pero **no se usa** ya que tiende a producir asimetrías en la imagen, debido a que el potencial medio de ambas placas no es igual a V_0 , produciendo allí un efecto de aceleración y desaceleración del haz, pues no se mantiene el potencial del último ánodo acelerador (Fig. 6).

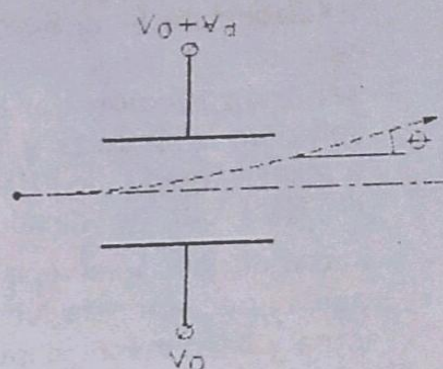


Fig. 6 - Deflexión Asimétrico

- B) **DEFLEXIÓN SIMÉTRICA** : Que es la generalmente usada, consiste en aplicar la señal, con signo opuesto a ambas placas : La superior más positiva (**Potencial $+V_d / 2$**) y la inferior más negativa (**Potencial $-V_d / 2$**), respecto del ánodo (A) . Manteniéndose así el potencial medio entre las placas igual a V_0 y no sufriendo el haz deformación alguna (Fig. 7).

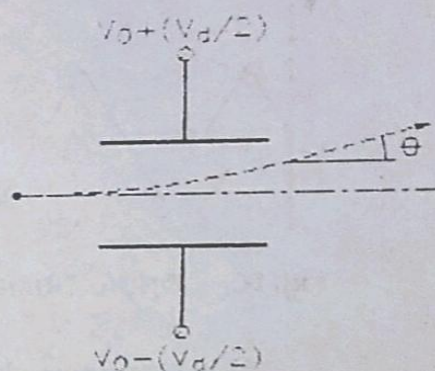


Fig. 7 - Deflexión Simétrica

La Sensibilidad de la Deflexión es proporcional a V_d e inversamente proporcional a V_0 (Tensión del último ánodo acelerador) : $S_D = f\left(\frac{V_d}{V_0}\right)$

Para el caso de deflexión asimétrica, varía el potencial medio V_0 y la sensibilidad.

Para el caso de deflexión simétrica, se mantiene constante V_0 y la sensibilidad varía con V_d únicamente.

Normalmente, la señal se aplica a las placas a través de amplificadores. Estos amplificadores (Fig. 8) pueden ser solamente para corriente alterna, entrada por capacitor, o ser también para corriente continua, entrada directa. La ganancia de los amplificadores se atenúa por escalones con una llave selectora de ajuste grueso, y con un reóstato de ajuste fino. Las bondades del instrumento dependen mucho de estos amplificadores. Interesa que sean muy lineales, que tengan mucha ganancia y una ancha banda de paso. Todos estos requisitos no son fáciles de conciliar técnica y económicamente y obligan a adoptar soluciones de compromiso. Algunos osciloscopios de gran clase admiten amplificadores sustituibles, enchufables en forma de gavetas, para posibilitar la elección del tipo más adecuado, entre varios disponibles, para cada problema de medición. También puede aplicarse la señal directamente a las placas (a través de un capacitor si se trata de valores alternos), con lo que la indicación queda liberada de las limitaciones de los amplificadores del osciloscopio (Fig. 8).

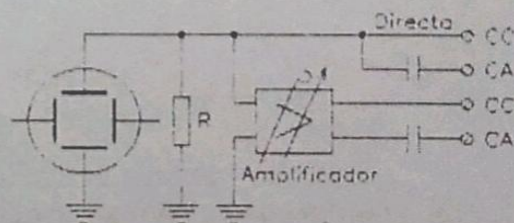


Fig. 8 - ENTRADAS VERTICALES

5 • DEFLEXION DEL HAZ Y BASE DE TIEMPO.

Si se aplican señales sinusoidales a las entradas V y H (Y y X), resultan las llamadas figuras de Lissajous, de las que puede deducirse la relación de frecuencia de las señales; siendo iguales las frecuencias, puede deducirse la relación de fase. Pero la aplicación más frecuente del osciloscopio es la de representar la **variación de la señal en función del tiempo**. Se logra aplicando a la señal en la entrada V y, simultáneamente una tensión auxiliar llamada BARRIDO HORIZONTAL, a las placas H. Este barrido desplaza al punto con una velocidad constante hacia la derecha, haciendo así intervenir el factor tiempo en la representación. Una tensión auxiliar adecuada para esta función es la de forma "Diente de Sierra" (Fig. 9) : Que aumente lenta y linealmente durante todo el período (Trazo t) y que al final caiga bruscamente provocando el retroceso del haz hacia la izquierda de la pantalla (Trazo t_r , idealmente igual a cero).

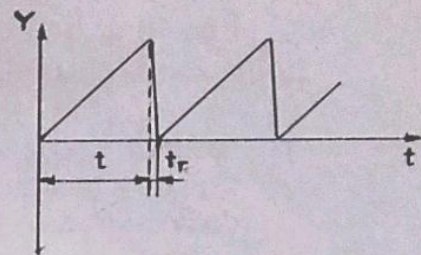


Fig. 9 - DIENTE DE SIERRA

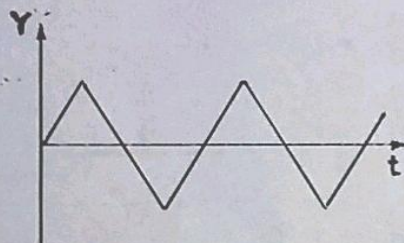


Fig. 10 - ONDA TRIANGULAR

Supongamos que la señal aplicada en V es de forma triangular (Fig. 10). Observando la pantalla desde el frente, el haz se desplaza horizontalmente dibujando la función triangular desde izquierda a derecha, y el retroceso va de derecha a izquierda (Fig. 11).

Los generadores de base de tiempo son circuitos electrónicos, entre los que generalmente se usan, se pueden nombrar : a) Cargar un condensador a corriente constante; b) Circuito tipo Miller; c) Circuito tipo Bootstrap.

Al aplicar a las placas Y la señal periódica a visualizar (señal triangular) y en las placas X la señal diente de sierra se genera la composición de ambas (fig. 12). Se aprecia solamente un ciclo, pues, los períodos de la señal triangular coinciden con los del diente de sierra. Si se visualiza la onda producida en la pantalla para un ciclo de la onda triangular, vemos que el punto se desplaza comenzando desde los puntos 0, 1, 2, 3 y 4 volviendo nuevamente a 0 para comenzar el ciclo en forma repetitiva.

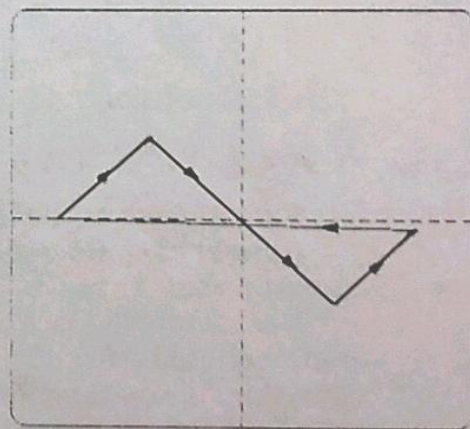


Fig. 11

En la pantalla el trazo que va desde 0 a 4 no cubre el ciclo completo, pues le falta el tiempo de retroceso t_r desde 4 a 0. El trazo de la onda debe comenzar nuevamente en cero, coincidiendo el comienzo de la onda diente de sierra con la triangular; si ello no ocurre la onda en la pantalla no se queda quieta, pues comenzaría el barrido en distintos puntos de la onda triangular.

Para que no se perturbe la onda a visualizar, el trazo de retroceso (de 4 a 0), en el instante en que el generador de base de tiempo cambia de pendiente, se genera un pulso de borrado sobre el T.R.C. que actúa sobre la reja bloqueando el haz de electrones durante ese retroceso ("borrado" de la traza de retorno).

Si se desea que aparezcan dos ciclos en igual desplazamiento horizontal del haz, se debe recurrir a un diente de sierra de período $2T$ y cuya amplitud se mantenga igual que en el caso anterior.

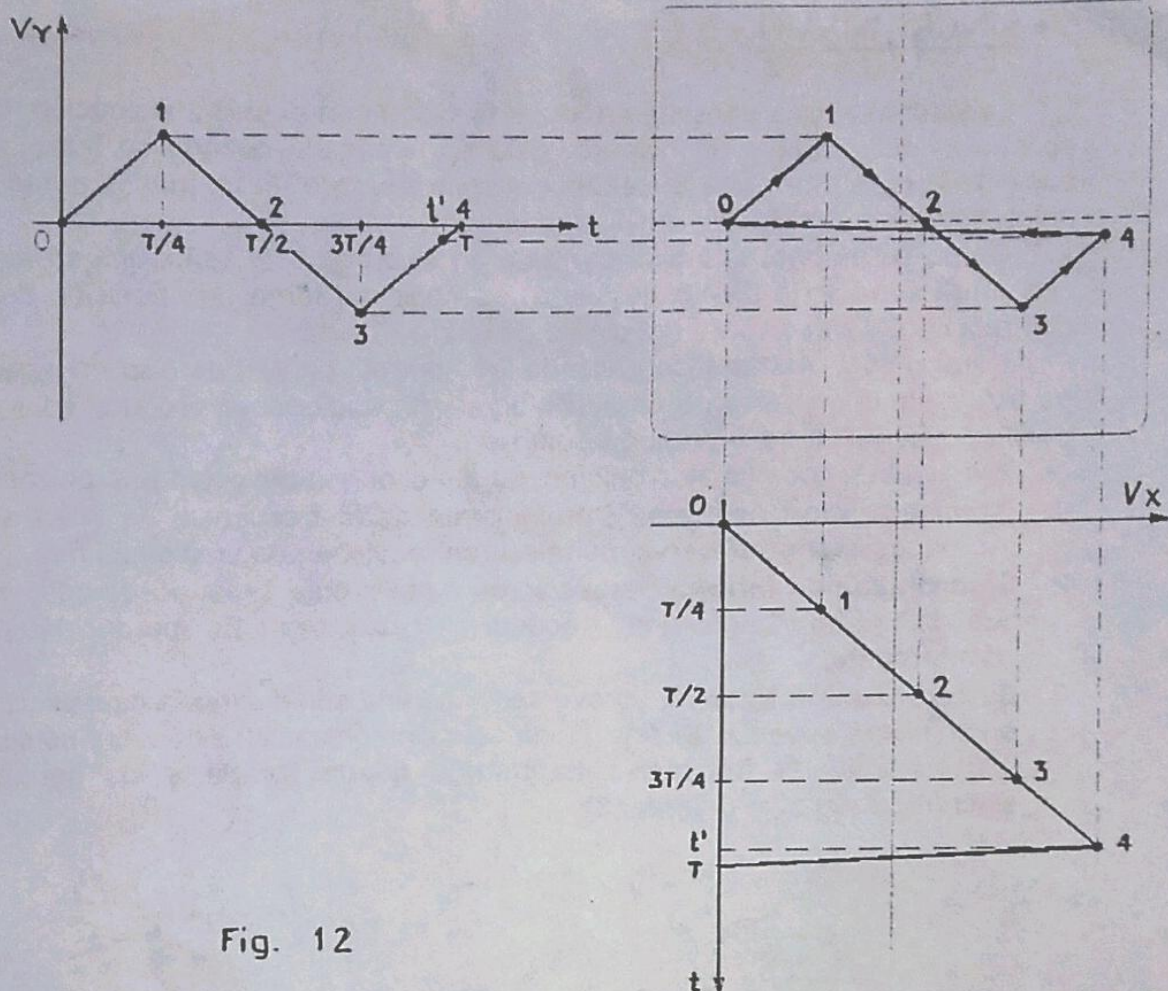


Fig. 12

Existen dos tipos de bases de tiempo :

- Automáticamente o Repetitivamente** : El generador de diente de sierra está constantemente disparado, en forma repetitiva siempre en un mismo punto, si existe señal en el vertical. Si en este canal no se aplica señal alguna, en la pantalla del osciloscopio aparece una raya vertical.
- Gatillado o Trigger** : En esta forma el generador de base de tiempo espera que aparezca una señal en el vertical para dispararse en un mismo punto de la señal. Si la señal del vertical se corta, automáticamente se corta el disparo de la base de tiempo. Los controles de la base de tiempo varían el período de la misma, posee un control grueso (a saltos) y otro fino de variación continua. Dejando el control continuo en una posición prefijada y variando el control grueso a saltos calibrado, puede leerse sobre la pantalla cuando se halla detenida sobre la pantalla la onda, el período T de un ciclo o de varios ciclos, pudiendo determinar frecuencia en forma rápida.

El "**barrido gatillado**" es útil para observar fenómenos únicos o con frecuencia errática : Cuando aparece una señal, se cumple un ciclo de barrido, con una velocidad seleccionable con los controles. Terminado ese ciclo el punto luminoso queda a la izquierda, a la espera de que otra señal le ordene iniciar un nuevo barrido. Pero, por la demora de la iniciación del barrido se perdería el registro de unos 150 [nseg] de la señal. Esto se subsana demorando a la señal en su camino hacia las placas, en una línea de retardo, para que aparezca recién cuando ya se ha iniciado el barrido.

Los controles de barrido de los osciloscopios comunes vienen indicados por la frecuencia en [Hz], en cambio, en los de laboratorio se acostumbra a indicar la inversa de la velocidad de la traza [seg / cm]. El oscilador de barrido posee sus controles de frecuencia grueso y fino, y además su frecuencia puede ser "**Sincronizada**".

6 • SINCRONISMO.

La sincronización consiste en forzar la caída con alguna anticipación, con la oportuna aplicación de un pulso de disparo. esta es necesaria cuando se trabaja con cualquier base de tiempo, para que la señal comience siempre en un mismo punto y pueda verse nítida sobre la pantalla, sin desplazamiento horizontal.

Como su nombre lo indica consiste en sincronizar la señal que se aplica al canal V con el generador de diente de sierra, es decir, se toma una posición del canal V y se controla con ella el disparo del diente de sierra.

Para el caso Automático gatillado, se controla el nivel de disparo para sincronismo y es este nivel el que dispara el diente de sierra, pudiéndose producir este en el semiciclo positivo o negativo de la onda a visualizar.

Existen tres tipos de sincronismo, según el origen del pulso sincronizante :

- 1 - **Sincronización de Línea** : proveniente de la frecuencia de línea que alimenta el osciloscopio. Para observar señales que provienen de la misma línea.
- 2 - **Sincronización Interna** : proveniente de la propia señal observada, para el caso de que la señal tenga una frecuencia cualquiera. Es producida por el O.R.C. internamente.
- 3 - **Sincronización Externa** : proveniente de una señal externa cualquiera, que se aplica en un borne especial. Si selecciona esta sincronización externa, y no se aplica la señal sincronizante, la frecuencia de barrido queda librada a los controles y no hay sincronización alguna (Fig. 13).

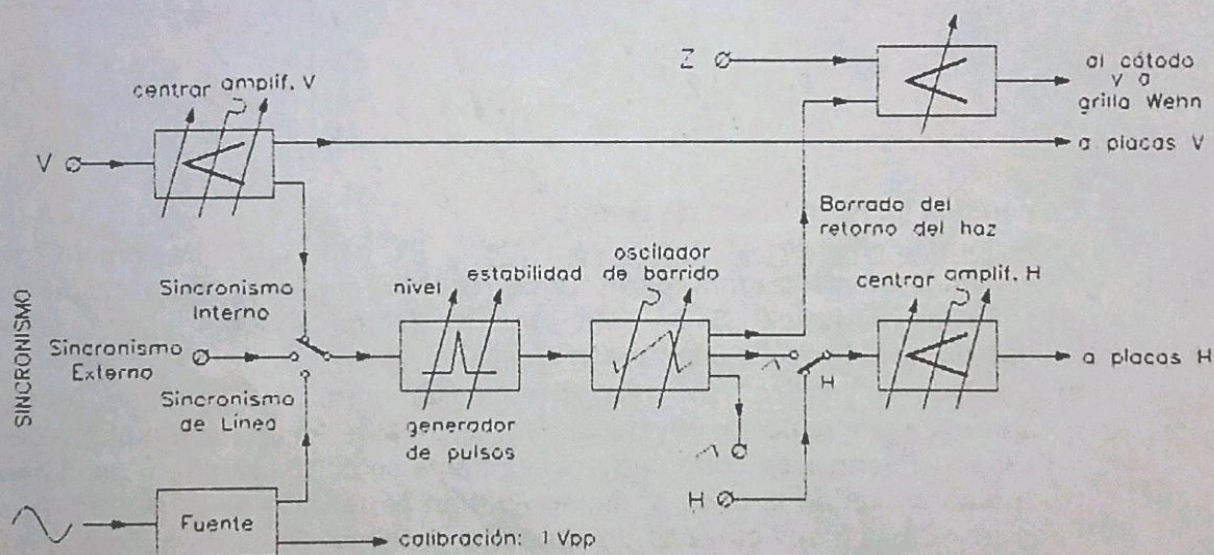


Fig. 13

7 • CONTROL DE EJE Z.

Este control consiste en la posibilidad de interrumpir a voluntad el haz, modificando la polarización de la grilla (g) con la aplicación de una señal en un borne especial Z.

Aplicando en este borne pulsos positivos de mucha frecuencia, la traza continua queda convertida en una serie de trazos.

8 • VISUALIZACIÓN DE DOS SEÑALES SIMULTÁNEAMENTE EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.

Para observar dos señales simultáneamente en función del tiempo, puede anteponerse en la entrada del canal V una llave o conmutador electrónico (Fig. 14), o usarse un osciloscopio de doble haz.

La llave electrónica puede operar según dos principios diferentes :

- a) Como recortador (Chopper) aplicando alternativamente y a mucha frecuencia, a una y a otra señal en la entrada V.
- b) Dedicando un barrido entero alternativamente a cada señal. Los cambios se sincronizan tomando una señal del oscilador de barrido del O.R.C.
- Para esto, las llaves tienen : 1 - Borne para la entrada de las señales; 2 - Controles de atenuación para los amplificadores de ambas señales; 3 - Control de coincidencia vertical de ambas trazas; 4 - Control de la frecuencia de conmutación (Chopper); 5 - Borne para sincronizar el barrido alternado del osciloscopio; 6 - Borne de salida para conectar a la entrada V del osciloscopio.

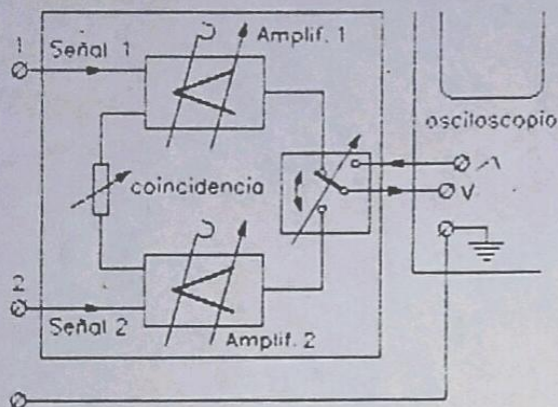


Fig. 14 - LLAVE ELECTRONICA

Hay osciloscopios que tienen la llave electrónica incorporada; se los denomina de **"doble traza"**. Los osciloscopios de **"doble haz"** tienen en el mismo tubo, dos sistemas independientes para producir y controlar a dos haces.

Los osciloscopios **"XY"** tienen el amplificador H de igual características y controles que el V, y se usan para obtener características según ejes de coordenadas (Por ej. Curvas características de dispositivos electrónicos, ciclos de histéresis, etc.).

Los osciloscopios con retención o memoria de la imagen, tienen T.R.C. especiales y permiten resolver difíciles problemas. Fenómenos muy lentos, que en un tubo normal aparecerían como un punto en desplazamiento, quedan registrados en una línea que se va extendiendo a medida que se cumple el fenómeno y que queda permanentemente después que ha terminado. También fenómenos muy rápidos, que una pantalla normal darían lugar a una traza muy débil y fugaz difícil de fotografiar, por aparecer sólo una única vez, quedan permanentemente representados en las pantallas de los tubos con memoria. La imagen permanece hasta que el operador decida borrarla. Además puede funcionar como tubo normal.

