

### EL OSCILOSCOPIO

#### ESTRUCTURA BASICA

El osciloscopio es un instrumento electrónico que básicamente permite medir voltajes con la ventaja frente a los voltímetros convencionales, de que se despliega en la pantalla una grafica de la variación del voltaje con respecto al tiempo de una señal.

Mas aún, el voltaje no es la única variable que se puede medir. Interpretando correctamente las curvas que se despliegan en la pantalla de un osciloscopio, este se puede usar para indicar frecuencia, periodo, diferencia de fase y corriente.

Por último, se pueden medir una gran cantidad de señales no eléctricas, usando el osciloscopio para monitorear la salida de varios transductores.

La versatilidad de osciloscopio radica en el hecho de que está formado por varios sistemas, cada uno diseñado para efectuar una parte de la tarea de medición o de despliegue. De todos los sistemas que conforman un osciloscopio destacaremos solo tres:

- a) Tubo de Rayos Catódicos
- b) Sistema de deflexión vertical
- c) Sistema de deflexión horizontal

A continuación se muestra un esquema en bloques de un osciloscopio, indicando sus partes componentes más importantes:

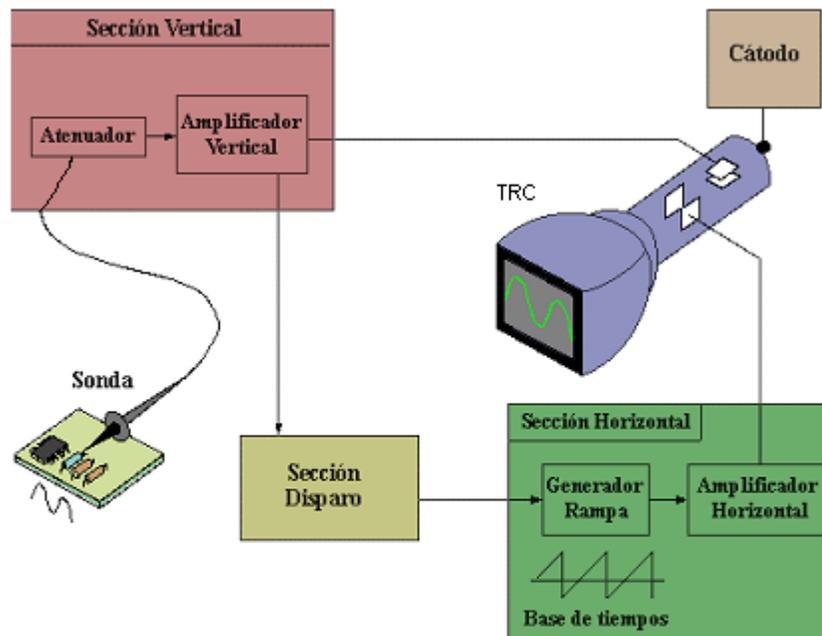
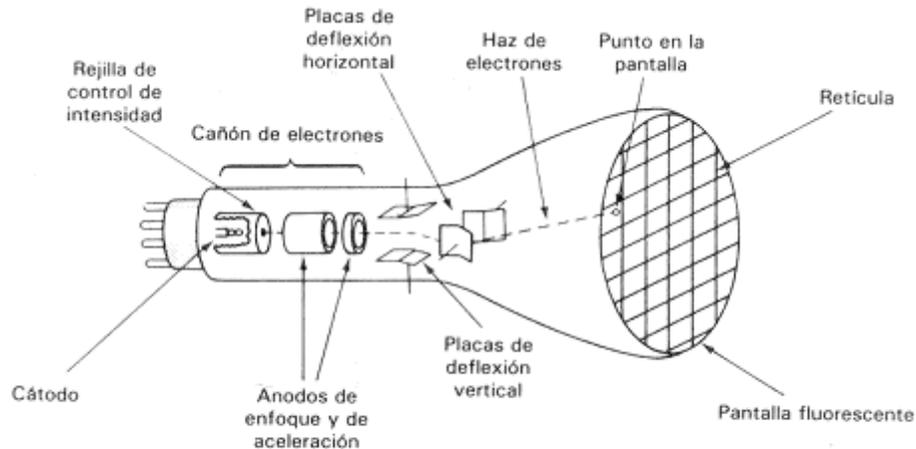


DIAGRAMA EN BLOQUES DE UN OSCILOSCOPIO

### Tubo de Rayos Catódicos (TRC)

Es el elemento central del osciloscopio, el cual es un tubo de vidrio en el que se ha hecho un alto vacío. El TRC posee tres partes importantes: cañón de electrones, placas deflectoras y pantalla fluorescente.



TUBO DE RAYOS CATODICOS DEL OSCILOSCOPIO

El tubo genera un haz delgado de electrones ( el rayo catódico) por medio de un cátodo termoiónico ( un cátodo fabricado con un material que emite electrones al calentarse). Los electrones pasan por un fino agujero ubicado en la *rejilla de control de intensidad* que rodea al cátodo. El haz de electrones continúa su trayectoria hasta chocar con la pantalla fluorescente, originando un punto de luz, en el lugar del choque. El punto de luz se produce debido a que la pantalla está internamente recubierta por un material fosforescente. La intensidad del punto de luz se puede controlar variando la magnitud del voltaje aplicado a la rejilla de control de intensidad ya que con esto se controla la cantidad de electrones que pasan por la rejilla. Esto se logra con el control externo identificado como **INTENSIDAD**.

Los electrones que emergen de la rejilla se comprimen mediante *ánodos de enfoque y de aceleración*, formando un haz compacto. La diferencia de potencial entre el cátodo y los ánodos de enfoque y aceleración es de 2 a 12 KV. El elemento de control que da el ajuste del voltaje en el ánodo de enfoque es un control externo identificado como **FOCO**.

El haz de electrones, después de ser enfocado y acelerado, puede ser desviado, tanto en la dirección vertical como en la horizontal, por campos eléctricos producidos entre los pares de placas de desviación al aplicárseles altos voltajes. Estas desviaciones serán proporcionales a los voltajes aplicados.

El haz de electrones pasará sin desviarse cuando estos dos voltajes ( $V_y$  = voltaje en las placas de desviación vertical y  $V_x$  = voltaje en las placas de desviación horizontal) sean nulos. En la siguiente figura se muestra la posición del punto "P" para diferentes casos, todos con voltajes constantes.

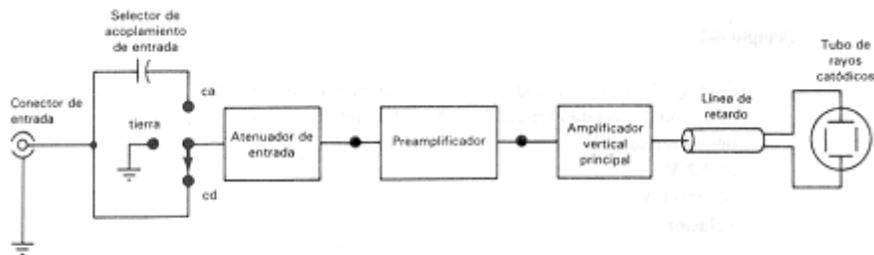
VOLTAJES APLICADOS	FIGURA EN LA PANTALLA
<p><math>V_x \uparrow</math> <math>V_o</math> <math>t</math> <math>V_y = 0</math></p>	
<p><math>V_x = 0</math> <math>V_y \uparrow</math> <math>V_o</math> <math>t</math></p>	
<p><math>V_x \uparrow</math> <math>V_o</math> <math>t</math> <math>V_y \uparrow</math> <math>V_o</math> <math>t</math></p>	

Voltajes constantes aplicados al Tubo de Rayos Catódicos

### SISTEMA DE DEFLEXION VERTICAL

Tiene la función de amplificar o de atenuar las señales de entrada para que se produzca una figura correcta cuando se apliquen las señales de interés a las placas de deflexión vertical del tubo de rayos catódicos.

Consta básicamente de un *selector de acoplamiento de entrada*, un *sistema amplificador* y una *línea de retardo*. En la siguiente figura se muestra un diagrama en bloques del sistema de deflexión vertical.



SISTEMA DE DEFLEXION VERTICAL

**SISTEMA AMPLIFICADOR:**

Consta de un **atenuador**, un **pre-amplificador** y un **amplificador principal**. La función de este conjunto de elementos es proporcionar la ganancia y la sensibilidad necesaria para observar una señal apropiada en la pantalla del osciloscopio.

Este sistema se controla externamente mediante una perilla en el tablero del osciloscopio identificada con **VOLTS/ DIV** (voltios por división). Moviendo este control, se logra la amplificación o atenuación de la señal que se observa en pantalla.

**SELECTOR DE ACOPLAMIENTO DE ENTRADA:**

Su objetivo es permitir mas flexibilidad al osciloscopio para mostrar ciertos tipos de señales. Por ejemplo, una señal de entrada puede ser una señal continua ( cd ) o una señal alterna ( ca ) o una señal que consiste en una componente de ca superpuesta con una componente de cd ( señal ca + cd ). El selector de acoplamiento de entrada permite escoger cual de los componentes de la señal se acoplarán con los circuitos del amplificador para su despliegue posterior.

Externamente, en el tablero del osciloscopio, el selector de acoplamiento de entrada presenta un selector de tres posiciones: **ca , tierra ( gnd ) y cd**.

Cuando se selecciona la posición "**cd**" se conecta la señal completa ( sea esta pura ca, pura cd o una combinación de ambas ) a los circuitos de deflexión vertical.

Cuando se selecciona la posición "**ca**" mediante un capacitor se bloquean las componentes continuas ( cd ) y solo se conecta la parte alterna de una señal. En esta posición también se bloquean las señales de ca de muy baja frecuencia ( por lo general menor a 10 Hz, dependiendo del diseño del osciloscopio).

La posición **tierra ( gnd )** del selector de acoplamiento conecta a tierra los circuitos internos del amplificador. Esto permite que se elimine cualquier carga que se haya almacenado en el atenuador de entrada y recentra el haz de electrones. Esta opción se usa cuando se desea recentrar el haz, sin desconectar las puntas de prueba del osciloscopio.

**LINEA DE RETARDO:**

Cuando se utiliza el osciloscopio para ver como una señal varía en el tiempo ( modo y-t o base de tiempo), parte de la señal de entrada se toma para alimentar el sistema de deflexión horizontal. Esta señal que se toma se emplea para generar una onda de barrido que se sincroniza con la señal de entrada y así poder ver en dos dimensiones la señal de entrada en la pantalla del osciloscopio. Sin embargo, al pasar a través de los diversos circuitos, la porción tomada de la señal se retrasa aproximadamente 80 nseg ( nanosegundos =  $10^{-9}$  seg ) antes de llegar a los circuitos de base de tiempo. Así, la onda de barrido no se inicia hasta que pasan aproximadamente 80 nseg después de haber aplicado la señal de entrada a las placas de deflexión vertical del tubo de rayos catódicos y como el despliegue bidimensional de la señal en la pantalla no comienza hasta que empieza la onda de barrido, no se pueden mostrar los primeros 80 nseg de la señal de entrada. Esto por ejemplo, impediría ver el inicio de transientes muy rápidos en el osciloscopio.

Para corregir esta limitación y permitir la observación del borde delantero de una onda, también debe demorarse la señal vertical amplificada en al menos 80 nseg, antes de aplicarse a las placas de deflexión vertical. Esta es la función de la *línea de retardo*. Con ella se pueden introducir retardos desde 150 nseg a 1 mseg a la señal vertical.

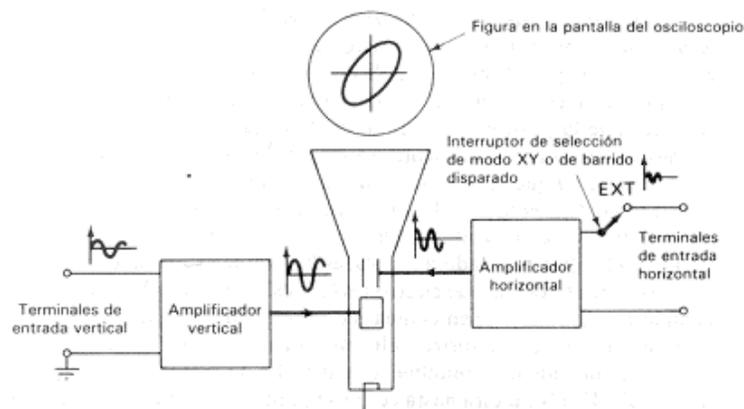
Existen básicamente dos tipos de líneas de retardo. El primero es un tipo especial de cable coaxial diseñado para producir las características deseadas de retardo y el otro es un circuito impreso.

## OSCILOSCOPIOS CON DOS CANALES VERTICALES

Muchos osciloscopios están equipados con dos canales verticales de entrada ( el que Ud. usará en el laboratorio será de este tipo ). Esto se puede lograr ya sea con la técnica de *doble haz* o con la técnica de *doble trazo*. Los osciloscopios de doble haz están equipados con tubos de rayos catódicos especiales con dos cañones de electrones y dos conjuntos de placas de deflexión vertical. Por el contrario, los osciloscopios de doble trazo producen las dos imágenes mediante conmutación electrónica de dos señales separadas de entrada. Así, los tubos de rayos catódicos de estos osciloscopios solo necesitan un cañón de electrones y un conjunto de placas deflectoras.

## SISTEMA DE DEFLEXION HORIZONTAL

Está compuesto por un amplificador de deflexión horizontal y de los circuitos de base de tiempo. El amplificador horizontal se emplea de dos maneras. La primera es la amplificación directa de señales externas de entrada que a continuación alimentarán las placas de deflexión horizontal del tubo de rayos catódicos. Al trabajar de esta forma, una señal será mostrada en el eje vertical y otra será mostrada en el eje horizontal de la pantalla del osciloscopio. Este modo de trabajar se conoce como **modo X-Y** y se muestra en la siguiente figura.



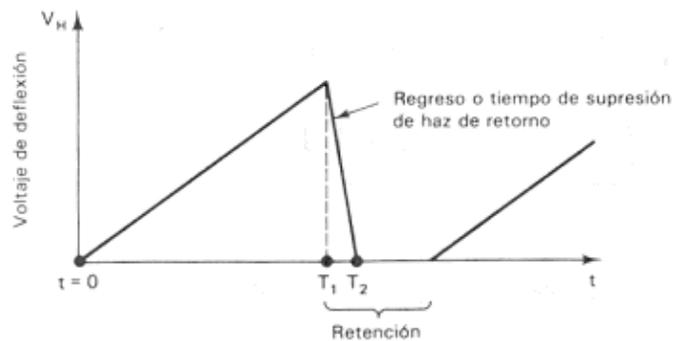
MODO X-Y DE OPERACION

La segunda aplicación del amplificador horizontal consiste en amplificar las ondas de barrido de la base de tiempo. Este modo de operación se conoce como **modo normal** o **modo y-t** porque permite observar la variación de la señal de entrada ( que aparece en la dirección Y o vertical ) contra el tiempo ( que aparece en la dirección horizontal ).

### CIRCUITOS DE BASE DE TIEMPO:

La aplicación más común de un osciloscopio es mostrar la variación de una señal en el tiempo ( modo normal o modo y-t ). Para lograr esto se debe aplicar a las placas de deflexión horizontal un voltaje que haga que la posición horizontal del haz de electrones sea proporcional al tiempo. Además este voltaje debe ser repetitivo para que el punto de luz ( que produce el haz de electrones al incidir en la pantalla ) se vea como una línea sólida y también debe sincronizar dicho voltaje con la señal de entrada del canal vertical, para que se pueda ver en pantalla le señal que se desea. Todo esto es posible con los **circuitos de base de tiempo** del osciloscopio.

La señal generada por los circuitos de base de tiempo y que es aplicada a las placas de deflexión horizontal, se llama **onda de barrido**. Tiene la forma de un **diente de sierra** y se indica en la siguiente figura.

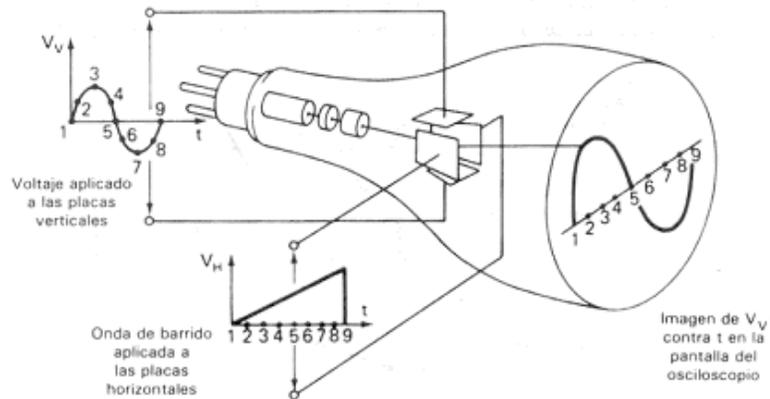


SEÑAL DIENTE DE SIERRA

Si el punto del haz de electrones se localiza al extremo izquierdo de la pantalla en  $t = 0$ , el voltaje en aumento de la onda de barrido ( diente de sierra) hará que el haz ( y por lo tanto el punto) recorra horizontalmente la pantalla en el tiempo  $T_1$ . Durante el tiempo de  $T_1$  a  $T_2$  el voltaje de la señal de barrido (  $V_H$ , voltaje de las placas de deflexión horizontal ) disminuye a cero y el punto regresará rápidamente al extremo izquierdo de la pantalla, repitiéndose el proceso para el próximo aumento de la onda de barrido durante otro tiempo  $T_1$ .

Durante el tiempo desde  $t = 0$  hasta  $t = T_1$  el voltaje  $V_H$  (voltaje de deflexión horizontal) aumenta linealmente con el tiempo y por lo tanto la posición del punto en la pantalla es proporcional al tiempo transcurrido. Externamente, en el tablero del osciloscopio, existe un control identificado como **TIEMPO/ DIV**, que determina cuanto tiempo tomará la onda de barrido en mover el punto a través de una división de la pantalla. De esta forma se puede lograr que el barrido sea más rápido o más lento, cambiando la pendiente de la diente de sierra con este control.

Si no se aplica una señal externa a las placas verticales, la onda de barrido hará que el punto se mueva horizontalmente en la pantalla del osciloscopio. Por el contrario, si se aplica una señal externa periódica a las placas de deflexión vertical, la onda de barrido hará que se despliegue una gráfica de  $V$  (voltaje) versus tiempo como se indica en la siguiente figura.



DESPLIEGUE DE UNA SEÑAL DE VOLTAJE VERSUS TIEMPO  
UTILIZANDO UNA ONDA DE BARRIDO

### GENERACION DE LA ONDA DE BARRIDO DIENTE DE SIERRA:

El circuito de generación de la onda de barrido está formado por un **generador de pulsos**. Los pulsos emitidos por este generador son las señales de disparo para un **generador de barrido** que comienza a producir un ciclo de la onda de barrido. El generador de pulsos es activado por una señal, llamada señal de disparo, que, por lo general, se toma de la señal externa de entrada vertical. Esta señal de disparo determina el instante en que se producen los pulsos en el generador de pulsos.

Controles externos ubicados en el tablero del osciloscopio, permiten controlar la *pendiente de disparo* (**TRIGGER SLOPE**) y el *nivel de disparo* (**TRIGGER LEVEL**) para que se emita un pulso.

El control TRIGGER SLOPE determina si la pendiente de la señal de disparo debe ser positiva o negativa para emitir un pulso en el generador de pulsos. El control TRIGGER LEVEL determina el valor del voltaje (signo y magnitud) de la señal de disparo, al cual se debe generar un pulso en el generador de pulsos. Por ejemplo, si el TRIGGER SLOPE se coloca en positivo y el TRIGGER LEVEL se coloca en cero, el pulso será emitido cuando la señal de disparo pase por cero en una pendiente positiva.

El control TRIGGER LEVEL tiene también la opción de ser colocado en modo **AUTO**, lo que determina automáticamente que el generador de pulsos emita un pulso en el paso por cero de la señal de disparo. Sin embargo, si no se recibe señal de disparo en el generador de pulsos, la posición AUTO continúa disparando automáticamente una onda de barrido diente de sierra. Esta particularidad permite al usuario mostrar una línea horizontal en la pantalla del osciloscopio, sin alimentar una señal de disparo.

Otras opciones para el modo de disparo del TRIGGER LEVEL son el modo **NORM** y el modo **TV**. Con el primero ( modo normal ) el generador de pulso emite el pulso en presencia de una señal de disparo. Por supuesto, en ausencia de una señal adecuada de disparo el barrido se apaga. El segundo modo ( modo TV ) permite que el disparo se produzca en el campo de una línea de TV ( señal de televisión ).

Como la señal de disparo es el estímulo que origina que se produzca la onda de barrido diente de sierra, la señal de disparo y el despliegue de una señal en la pantalla del osciloscopio deben sincronizarse. Esto puede lograrse de tres formas. El más común es el llamado *modo de disparo interno* ( **INT** ) mediante el cual el sincronismo se logra utilizando como señal de disparo la misma señal que se aplica al canal vertical. La segunda opción es el *modo de disparo externo* ( **EXT** ), mediante el cual el sincronismo se logra con una señal externa que se aplica a una entrada especial que tiene el osciloscopio identificada como **entrada externa**. Esta señal externa debe tener una frecuencia compatible con la frecuencia de la señal de entrada del canal vertical. La tercera opción es el *modo de disparo de línea* ( **LINEA** ) mediante el cual se selecciona el voltaje de la línea de alimentación como señal de disparo. Esta opción es útil cuando existe una relación entre la frecuencia de la señal vertical y la frecuencia de la línea ( 50 Hz ).

## TIPOS DE MOVIMIENTO DE UN PUNTO EN LA PANTALLA DEL OSCILOSCOPIO

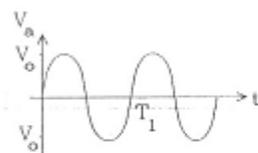
Cuando a las placas de deflexión ( horizontal y vertical) se les conectan voltajes variables, un punto “P” en la pantalla del osciloscopio se desplazará sobre ésta. El tipo específico de movimiento que describa el punto P dependerá de los voltajes aplicados en las placas.

En general, podemos diferenciar dos tipos de movimientos: en una dimensión y en dos dimensiones.

### Movimiento en una dimensión:

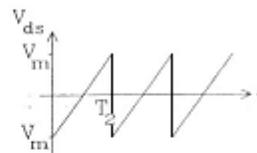
De las muchas formas en que se puede “mover” el punto P (en una dirección), nos interesan básicamente dos casos:

- Cuando uno de los voltajes deflectores ( $V_x$  ó  $V_y$ ) sea un voltaje senoidal de frecuencia angular  $\omega$  (Fig. a).
- Cuando el voltaje deflector  $V_x$  sea un voltaje “diente de sierra” (Fig. b)



VOLTAJE SINUSOIDAL  
DE PERIODO  $T_1$

(a)



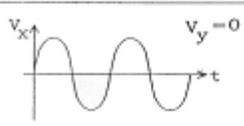
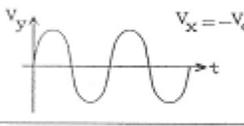
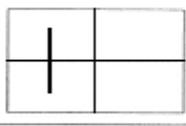
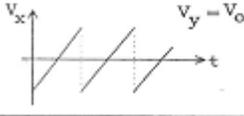
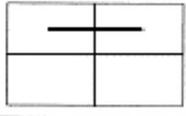
VOLTAJE DIENTE DE  
SIERRA DE PERIODO  $T_2$

(b)

Como la deflexión es proporcional al voltaje aplicado a las placas, los movimientos del punto P que corresponden a estos voltajes serán:

- Movimiento armónico simple (M.A.S ) de frecuencia angular  $\omega$ .
- Movimiento uniforme a velocidad constante (repetitivo).

En la siguiente figura se muestran las trayectorias del punto P para tres casos de movimiento unidimensional, en donde además se especifican los voltajes aplicados y el tipo de movimiento que tendrá el punto.

VOLTAJES APLICADOS	FIGURA EN PANTALLA (TRAYECTORIA)	TIPO DE MOVIMIENTO
		M.A.S.
		M.A.S.
		Velocidad constante (repetitivo)

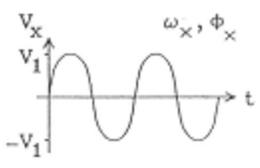
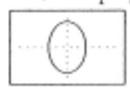
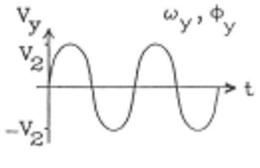
TRES CASOS PARA UN MOVIMIENTO UNIDIMENSIONAL

### Movimiento en dos dimensiones:

Se dará al aplicar, simultáneamente, voltajes variables en ambos pares de placas. De las muchas posibilidades existentes nos interesan las siguientes:

- Tanto el voltaje de deflexión horizontal ( $V_x$ ) como el vertical ( $V_y$ ) son voltajes sinusoidales, en general, de frecuencias diferentes.
- El voltaje de deflexión vertical ( $V_y$ ) es un voltaje periódico, y el horizontal ( $V_x$ ) es un voltaje diente de sierra.

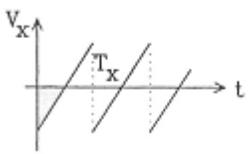
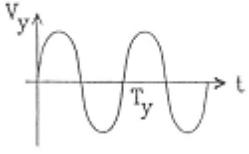
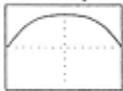
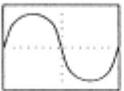
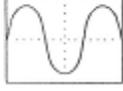
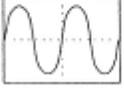
El primer caso corresponde al modo X-Y del osciloscopio. El movimiento resultante del punto P será la composición de dos movimientos armónicos simples (M.A.S.) perpendiculares entre sí. Esta condición genera las llamadas Figuras de Lissajou que pueden ser usadas para medir frecuencia y desfase entre señales. En la siguiente figura se han graficado algunas figuras resultantes, dadas las condiciones necesarias para que la trayectoria se repita periódicamente.

VOLTAJES APLICADOS	FIGURA EN PANTALLA (TRAYECTORIA)	CONDICION
 <p><math>V_x</math> <math>V_1</math> <math>\omega_x, \phi_x</math> <math>-V_1</math> <math>t</math></p>	<p><math>\omega_x = \omega_y</math></p> <p><math>\Delta\phi = 0</math>    <math>\Delta\phi = \pi/2, V_1 = V_2</math></p>  <p><math>\Delta\phi = \pi/2, V_1 \neq V_2</math></p> 	<p><math>n\omega_x = m\omega_y</math> n y m enteros</p>
 <p><math>V_y</math> <math>V_2</math> <math>\omega_y, \phi_y</math> <math>-V_2</math> <math>t</math></p>	<p><math>\omega_x \neq \omega_y</math></p> <p><math>\omega_x = \omega_y/2</math>    <math>\omega_x = \omega_y/3</math></p>  <p><math>\omega_x = 2\omega_y</math>    <math>\omega_x = 3\omega_y</math></p> 	

IMAGENES DESPLEGADAS EN LA PANTALLA DEL OSCILOSCOPIO CON VOLTAJES SINUSOIDALES EN AMBOS PARES DE PLACAS DE DEFLEXIÓN

En el segundo caso corresponde al modo Y-t o modo normal del osciloscopio. En este caso el movimiento del punto P proviene de componer un movimiento horizontal a velocidad constante (barrido) con un movimiento vertical periódico.

Si la trayectoria de P se repite periódicamente, y esto es muy rápido, veremos dibujada la trayectoria debido a la persistencia de la imagen en las retinas de nuestros ojos. A continuación se muestran algunas figuras desplegadas en la pantalla del osciloscopio cuando en las placas de deflexión vertical se aplica un voltaje diente de sierra ( barrido horizontal ) y en las placas verticales un voltaje periódico.

VOLTAJES APLICADOS	FIGURA EN LA PANTALLA (TRAYECTORIA)	CONDICION
 	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <math>T_x = T_y/2</math>   </div> <div style="text-align: center;"> <math>T_x = T_y</math>   </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <math>T_x = 3T_y/2</math>   </div> <div style="text-align: center;"> <math>T_x = 2T_y</math>   </div> </div>	$T_x = nT_y$ n entero

FIGURAS CON BARRIDO HORIZONTAL

Observando detenidamente y comparando las trayectorias de la figura anterior se puede concluir que el voltaje horizontal  $V_x$  ("diente de sierra") reproducirá una gráfica estable en la pantalla, del voltaje de entrada vertical ( $V_y$ ) en función del tiempo, cuando se cumpla la condición:  $T_x = nT_y$ , con  $n =$  entero, siendo  $T_x$  el periodo de la diente de sierra y  $T_y$  el periodo de la señal periódica.

En realidad se pueden obtener gráficas estables de voltajes  $V_y$  periódicos de cualquier frecuencia, debido al sincronismo interno que posee el osciloscopio con respecto a su señal diente de sierra.

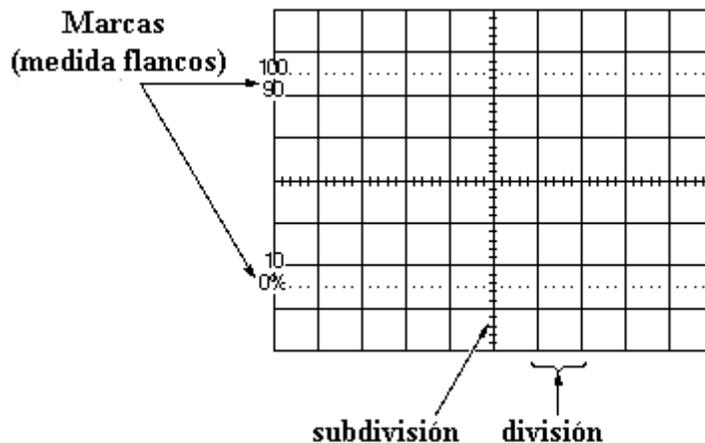
Por lo expuesto anteriormente, se puede concluir que en el osciloscopio se utiliza esta idea para reproducir señales ya sean constantes, variables, o compuestas, en su pantalla, pues se tiene un dispositivo electrónico interno que genera un voltaje diente de sierra horizontal, llamado también barrido, que se sincroniza automáticamente con el voltaje vertical. Además, debido a que la velocidad de barrido horizontal es constante, se toma al eje horizontal como eje de tiempos, y esto permite la medición del período de la señal  $V_y$ .

## MEDICIONES CON EL OSCILOSCOPIO

El osciloscopio es un instrumento muy versátil con el que se pueden realizar gran cantidad de mediciones entre las cuales las más básicas son el voltaje, el tiempo ( periodo ), la frecuencia, el desfase entre señales y la corriente ( medición indirecta ). Todas estas variables pueden ser medidas utilizando la información asociada a la imagen desplegada en la pantalla. Algunos osciloscopios digitales poseen un software interno que permite realizar las medidas de forma automática. Sin embargo, si se domina la técnica de medición manual, se estará capacitado para realizar las medidas automáticas con un instrumento digital.

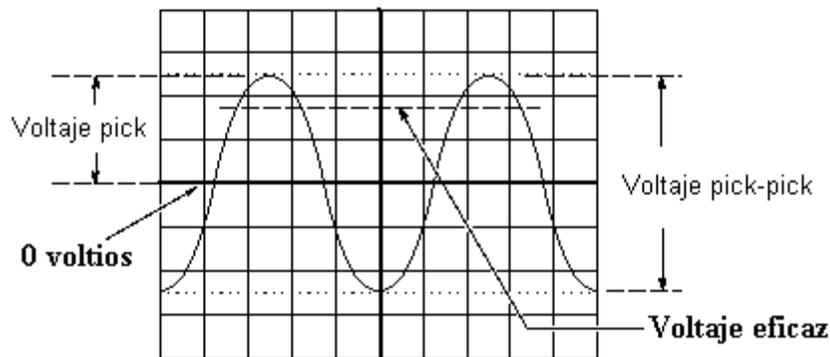
### LA PANTALLA:

La pantalla del osciloscopio posee líneas que la dividen en forma vertical y en forma horizontal formando lo que se denomina **rejilla o retícula**. La separación entre dos líneas consecutivas constituye lo que se denomina una **división**. Normalmente la rejilla posee 10 divisiones horizontales por 8 divisiones verticales del mismo tamaño ( 1 cm aprox.) En las líneas centrales, tanto verticales como horizontales, cada división posee marcas que la subdividen en 5 partes iguales. Algunos osciloscopios poseen marcas horizontales indicadas con 0%, 10%, 90% y 100% para facilitar la medida de los tiempos de subida y de bajada de flancos. La siguiente figura muestra el aspecto de una pantalla de osciloscopio.



### MEDICION DE VOLTAJES:

Como se ha visto, el eje vertical del osciloscopio está calibrado en voltios, por lo tanto la medición del voltaje de una señal es directa y consiste en contar el número de divisiones verticales que ocupa la señal en pantalla. Ajustando la señal con el control de posicionamiento vertical se pueden usar las subdivisiones de la rejilla para realizar una medida mas precisa. Es importante que la señal ocupe el máximo espacio en la pantalla para realizar medidas mas fiables. Para lograr esto se utiliza el control de amplificador vertical ( VOLTS/DIV ). A continuación, en la figura, se indican distintos tipos de voltaje que pueden ser medidos directamente en la señal visualizada en pantalla.



El osciloscopio presenta ventajas comparativas frente a los voltímetros convencionales. Una de ellas es que los osciloscopios tienen un ancho de banda bastante grande, permitiendo medir señales alternas en un gran rango de frecuencias. Además el osciloscopio puede medir señales que tengan tanto componente alterna (ca) como continua (cd) y realizar las mediciones de cada una de estas componentes por separado, usando los modos de acoplamiento ca y cd del canal vertical.

### MEDICION DE CORRIENTES:

La medición de corrientes con el osciloscopio se realiza en forma indirecta. En el circuito donde se desee medir la corriente se introduce una resistencia cuyo valor sea lo mas bajo posible y se mide el voltaje entre sus terminales. A partir de esta medición y del valor de la resistencia se calcula la corriente usando la Ley d Ohm.

### MEDICION DE FRECUENCIAS:

Existen varios métodos para medir frecuencias. A continuación se describirán dos de los métodos mas sencillos, ambos métodos indirectos de medición: el método usando la calibración en tiempo del eje horizontal y el método usando Figuras de Lissajous.

#### Medición de Frecuencias usando la calibración en tiempo del eje horizontal:

El eje horizontal del osciloscopio está calibrado en unidades de tiempo, cuando la señal diente de sierra está conectada a las placas de deflexión horizontal. Gracias a esto, se puede medir directamente el periodo ( tiempo) de la señal contando el número de divisiones existentes. Ajustando el control de base de tiempo ( TIEMPO/DIV ) se puede conocer el factor de escala a utilizar. Es recomendable, igual que en

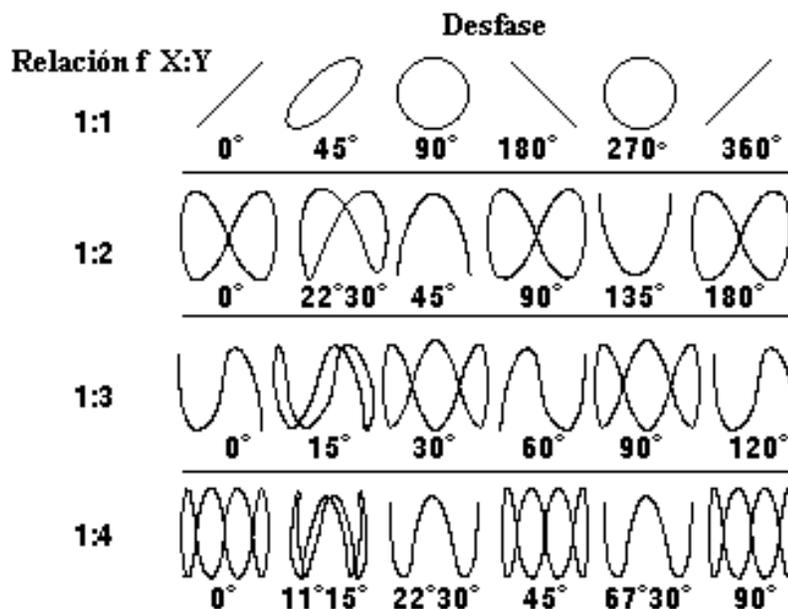
la medición de voltaje, que la medición ocupe la mayor parte de la pantalla, a objeto de hacer mas precisa la medición.

Conocido el periodo de la señal, la frecuencia se obtiene como el recíproco del periodo ( $T = 1/f$ ).

### **Medición de frecuencias usando Figuras de Lissajous:**

Como ya se ha descrito, en la pantalla del osciloscopio se pueden formar diferentes figuras bidimensionales, con tal de aplicar las señales apropiadas a los canales vertical y horizontal del osciloscopio. Esto se logra con el osciloscopio en el modo X-Y.

Existe un conjunto de figuras conocidas con el nombre de Figuras de Lissajous ( en honor al físico francés Jules Antoine Lissajous ) las cuales se forman cuando la frecuencia de la señal de uno de los canales está relacionada mediante un número con la frecuencia de la señal del otro canal. A continuación, se muestran algunas de estas figuras y su correspondiente relación de frecuencias.



Para medir frecuencias usando este método, se aplica a uno de los canales ( por ejemplo el canal vertical ) la señal de frecuencia desconocida y en el otro canal ( el horizontal en este caso ) se aplica un generador de señales sinusoidales con frecuencias conocidas. Se varía la frecuencia del generador sinusoidal hasta obtener en la pantalla del osciloscopio una figura de Lissajous lo mas definida posible. Logrado esto las frecuencias de las señales involucradas están relacionadas mediante una fracción. Esto permite, conocida una de las frecuencias, calcular la otra.

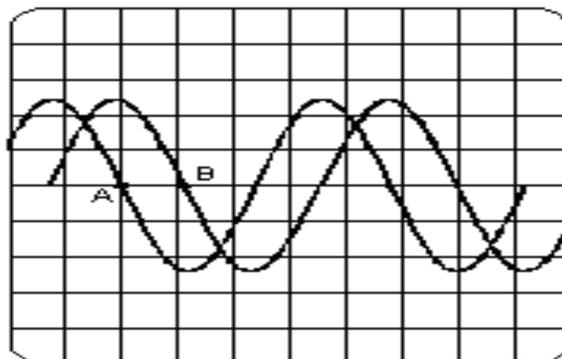
**MEDICION DEL ANGULO DE DESFAJE ENTRE DOS SEÑALES:**

El conocimiento del desfase existente entre dos señales de la misma frecuencia, es de sumo interés en varios problemas prácticos, como por ejemplo, en aquellos relacionados con el cálculo de la potencia eléctrica en circuitos de corriente alterna. A continuación se describen dos métodos simples para realizar la medición del desfase. Ambos son métodos indirectos de medición.

**Primer Metodo:**

Se basa en la utilización de un osciloscopio que tenga dos canales verticales. A cada uno de ellos se conecta una de las señales entre las cuales se quiere medir el desfase. Es requisito que estas señales tengan la misma frecuencia. El osciloscopio debe estar en modo normal, es decir la señal diente de sierra debe estar aplicada a las placas de deflexión horizontal. En la pantalla del osciloscopio se desplegarán ambas señales.

A continuación se determina el número de divisiones horizontales que hay en un período de cualquiera de las dos señales. Esto corresponderá a  $360^\circ$ . Luego se visualizan simultáneamente las dos señales (ajustando previamente sus líneas de tierra para que queden centradas) y se cuenta el número de divisiones horizontales entre dos puntos de igual fase en cada una de las señales (puntos A y B en la figura). Luego se aplica una simple regla de tres para saber a cuantos grados corresponde el número de divisiones entre señales. Este será el valor del ángulo de desfase entre las señales.

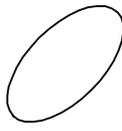
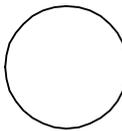
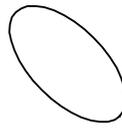


MEDICION DE DESFAJE  
ENTRE SEÑALES

Además, usando este método se puede indicar cual señal adelanta o retrasa a la otra, por simple observación de las figuras desplegadas en pantalla.

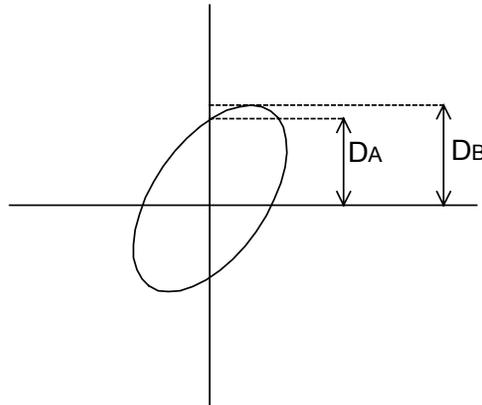
**Segundo Método:**

Este se basa en la utilización de una figura de Lissajous muy específica: la que se forma cuando se aplican dos señales de la misma frecuencia, una al canal vertical y otra al canal horizontal. Según el desfase existente podrán aparecer las siguientes figuras en la pantalla:

FIGURA					
DESFASAJE	0	45	90	135	180

Como se podrá observar a cada desfase le corresponde una cierta figura, por lo tanto se pueden usar estas figuras para medir dichos desfases.

Se puede demostrar que en general, en una figura como la que se indica en la siguiente figura:



se cumple la siguiente relación:

$$D_A / D_B = \text{sen } \phi$$

donde  $\phi$  es el desfase entre señales.

Este método tiene la ventaja sobre el anterior de que al aplicarlo no se requiere de un osciloscopio de dos canales verticales.