



Práctico de Laboratorio I: Osciloscopio.

Objetivos:

- Comprender el principio de funcionamiento de un osciloscopio analógico.
- Aprender a manejar los controles básicos de un osciloscopio.
- Observar distintas tensiones alternas y medir su amplitud y frecuencia.

Introducción:

En cursos anteriores usted trabajó con tensión continua, es decir una tensión que se mantiene constante en el tiempo. Para medir dichas tensiones se utilizó un tester que medía tensión continua (el tester simplemente le indicaba un número, por ejemplo 3 Volts - Ver *Figura 1a*). En este curso comenzaremos a trabajar con tensiones alternas, es decir tensiones que varían en el tiempo, por lo que sería de gran utilidad "**ver**" esas tensiones.

El instrumento que usaremos para ver una tensión en función del tiempo es el *osciloscopio*, este instrumento nos muestra en una pantalla fluorescente la variación de una determinada señal (tensión) en función del tiempo. Todo fenómeno dependiente del tiempo, como una corriente eléctrica, una oscilación mecánica, los fenómenos cardíacos y cerebrales, que **puedan traducirse** en una variación de tensión en función del tiempo, pueden ser observables en el osciloscopio. El osciloscopio permite la observación cuantitativa del fenómeno, para ello el instrumento viene calibrado en **tensión (eje vertical)** y en **tiempo (eje horizontal)**.

La parte esencial del osciloscopio es el *tubo de rayos catódicos (TRC)*, al cual describiremos brevemente.

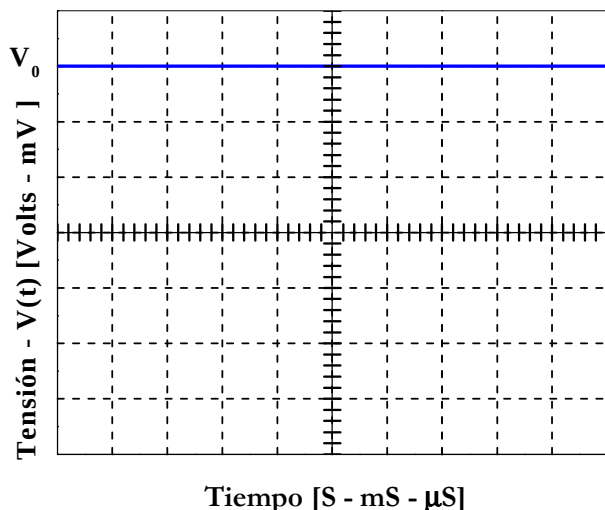


Figura 1a: Así se vería una tensión continua de valor V_0 en el osciloscopio. El eje x, representa el tiempo y se mide en S (Segundos), mS (milisegundos) o μ S (microsegundos). El eje y está calibrado en Volts o miliVolts.

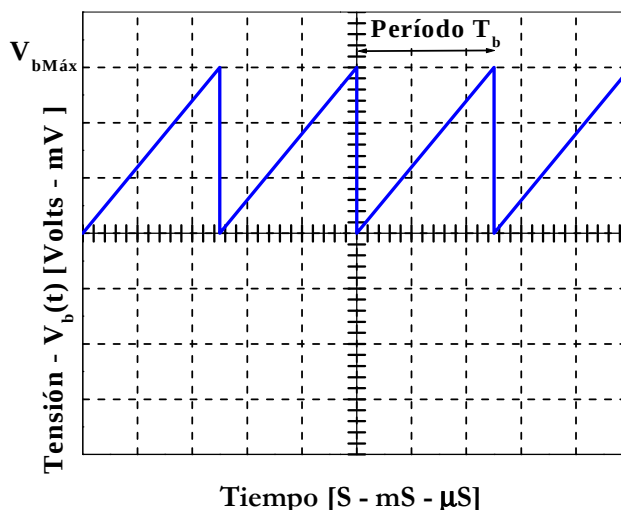


Figura 1b: Así se vería una tensión tipo *diente de sierra* en el osciloscopio. En este caso es una señal de período T_b y su amplitud es $V_{bMáx}$. Esta es la forma de onda que usa el osciloscopio para generar la *tensión de barrido*.

Tubos de Rayos Catódicos

El TRC consta básicamente de un cañón electrónico, un sistema de placas deflectoras **horizontal (X)** y **vertical (Y)** y una pantalla fluorescente, todo colocado en el interior de un tubo en el que se ha hecho un vacío elevado. Ver *Figura 2*.

El cañón de electrones tiene por objeto producir un haz de electrones cuya intensidad puede variarse con continuidad dentro de un determinado intervalo y enfocarlos definitivamente sobre la pantalla.

Los electrones se obtienen por calentamiento de un cátodo emisor. Al salir de este los electrones pasan a través de una abertura practicada en una rejilla, que puesta a un potencial negativo variable, permite controlar el número de electrones que la atraviesan, luego, éstos son acelerados por un potencial positivo aplicado en un ánodo. El potenciómetro que realiza la variación del potencial negativo se denomina control de brillo (como en los TV).

El haz de electrones que sale es divergente, por lo que es necesario concentrarlo sobre la pantalla fluorescente, lo que se logra por medio de electrodos cilíndricos que forman un sistema de lentes electrostáticas. La idea es obtener campos eléctricos que realicen la operación de hacer volver sobre el eje a los electrones desviados, lo que se logra con una conformación adecuada de los electrodos y una adecuada diferencia de potencial entre ellos, obtenida por medio de un potenciómetro que se denomina control de foco. **Para medir una señal con el osciloscopio, por ejemplo una tensión periódica tipo $v=v(t)$, esta debe aplicarse a las placas deflectoras verticales (Y)[‡] (ver el Apéndice), al hacer esto, el haz de electrones emitido por el cañón experimentará desplazamientos verticales proporcionales a la tensión $v(t)$, lo que se verá reflejado en la pantalla, como un punto luminoso que sube y baja a lo largo de un mismo segmento rectilíneo vertical de período T, igual al de la señal aplicada.**

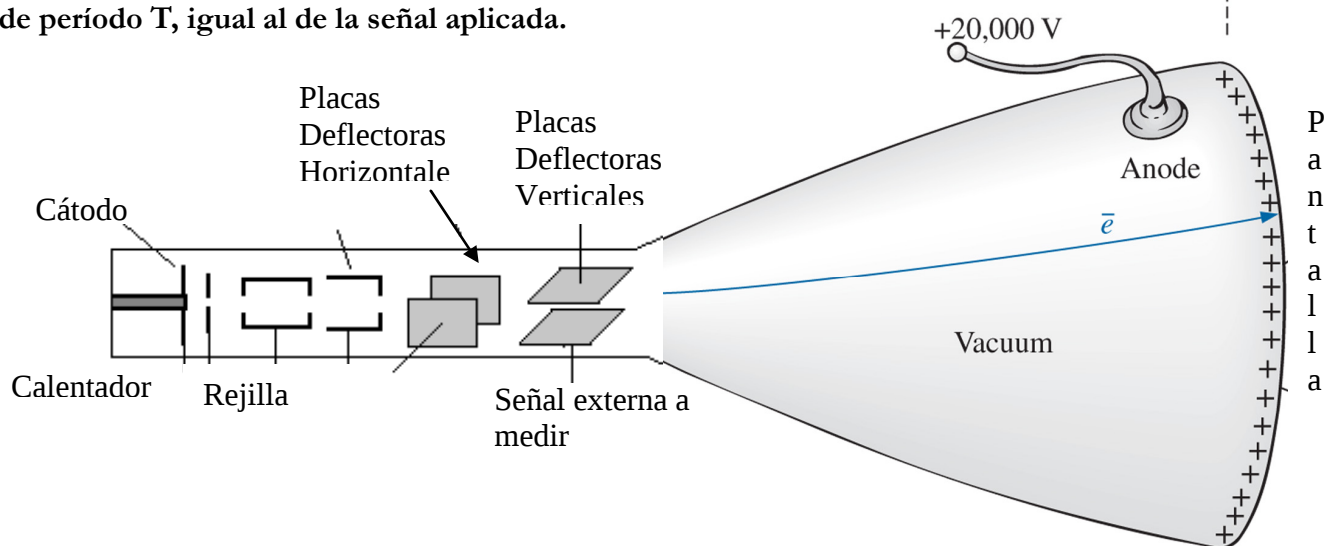


Figura 2: Esquema del tubo de rayos catódicos

A los efectos de obtener en la pantalla del osciloscopio la gráfica de $v(t)$ versus t (tiempo), será necesario desplazar horizontalmente el haz uniformemente de izquierda a derecha, al mismo tiempo que experimenta el desplazamiento vertical debido a la tensión V . Este **desplazamiento horizontal** o **barrido** se logra **aplicando a las placas deflectoras horizontales (X) una tensión V_b de barrido** periódica (Ver **Fig. 1b**), que crece linealmente con el tiempo y **sincronizada** con la frecuencia de $v(t)$ tal que, cuando V_b tome su valor mínimo el haz se encuentre en el extremo izquierdo de la pantalla y luego a medida que V_b aumenta el haz se mueve hacia la derecha de la pantalla hasta que cuando V_b toma el valor máximo el haz alcanza el extremo derecho de la pantalla (para el caso en el que el período de la tensión $V(t)$ sea el mismo que el período de la tensión de barrido V_b). Como el proceso debe repetirse, es necesario que el haz vuelva al principio de la pantalla y comience nuevamente el ciclo de barrido. Ver **Figura 3**.

[‡] Más adelante se verá que la señal (tensión $V(t)$) no se aplica directamente a las placas verticales. La señal pasa primero por un circuito atenuador/amplificador y luego va a las placas deflectoras verticales.

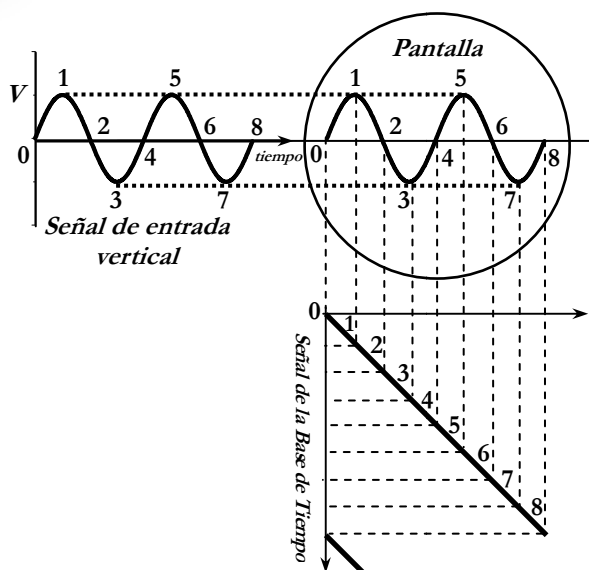


Figura 3: Se observa una señal externa tipo senoidal (arriba a la izquierda) y la tensión de barrido (abajo a la derecha). Tenga presente que la tensión de barrido es **producida internamente por el osciloscopio**. Dependiendo de la relación que haya entre el Período (o con la frecuencia) de la señal externa y el de la tensión de barrido en el osciloscopio se verán muchos o pocos períodos (lo que se ve en el osciloscopio es lo que se observa en el círculo). En este caso como el período de la tensión de barrido es el doble del de la señal externa se ven dos períodos de la señal externa.

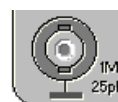
Ajuste inicial de los controles

Luego de familiarizarse con el panel frontal del osciloscopio conéctelo a la toma de red y enciéndalo girando el interruptor de encendido, o pulsando el interruptor según corresponda Botón: **POWER (30)** §. Una vez hecho esto debería aparecer en la pantalla del osciloscopio un punto luminoso verde desplazándose de izquierda a derecha. El punto se mueve sólo horizontalmente ya que no hay ninguna señal externa aplicada, por lo que el haz emitido por el cañón de electrones solo es afectado por la deflexión horizontal producto de la tensión de barrido.

- Gire las perillas **Intensity (31)** y **Focus(28)** y observe el efecto sobre el punto.
- Gire el botón **Position (27)**(vertical) y vea su efecto.

Para poder medir una dada señal externa es necesario usar una sonda de prueba, más comúnmente llamada **punta** (Ver Fig. 4), dicha punta "lleva" la señal externa desde el circuito al osciloscopio. La mayoría de los osciloscopios actuales disponen de dos canales etiquetados normalmente como I y II (ó A y B). El disponer de dos canales nos permite comparar señales de forma muy cómoda. Por ahora utilizaremos sólo el canal A. (2)

- Identifique dicho canal en el osciloscopio y conecte suavemente la punta.



Conector BNC, donde se coloca la punta.

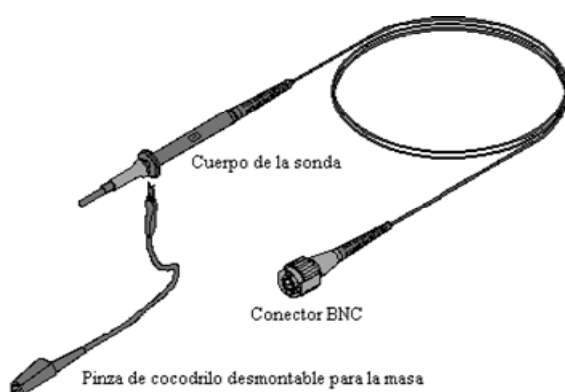


Figura 4: Punta de prueba. Es importante usar puntas diseñadas específicamente para trabajar con el osciloscopio. Una sonda no es un cable común con una pinza; es un cable coaxial con un conector (BNC) en un extremo y en el otro el cuerpo de la sonda misma. Todo el conjunto está especialmente diseñado para evitar ruidos que puedan perturbar la medida y para que tengan un efecto mínimo (*efecto de carga*) sobre el circuito de medida.

§ Ver en la última página de la Guía la foto de un osciloscopio tipo con las referencias.



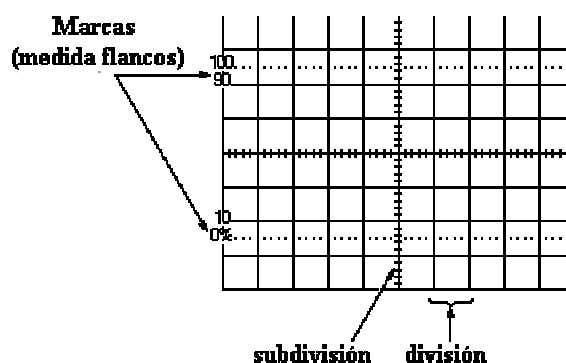
Calibración del Osciloscopio

Lo primero que hay que hacer antes de empezar a trabajar con el osciloscopio es calibrarlo^{**}, para hacer esto, el mismo osciloscopio nos entrega una señal de referencia (9). Dicha señal es una onda cuadrada de 2 Volts pico a pico (2Vpp) y de una frecuencia de 1Khz. (1 Kilo hertz = 1000 hz.).

Antes de seguir veamos como realizar medidas visualmente en la pantalla del osciloscopio. Algunos osciloscopios digitales poseen un software interno que permite realizar las medidas de forma automática. Sin embargo, si aprendemos a realizar medidas de forma manual, estaremos también capacitados para chequear las medidas automáticas que realiza un osciloscopio digital.

La pantalla

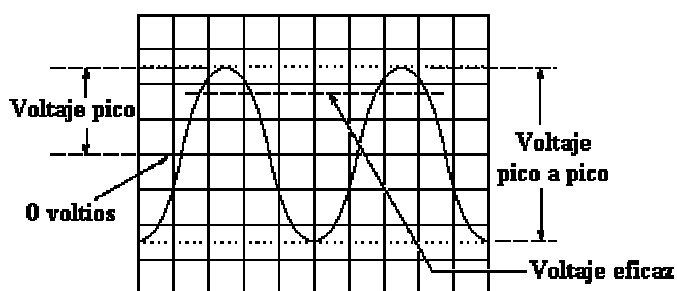
En la Figura de la derecha se representa la pantalla de un osciloscopio. Note que existen unas marcas en la pantalla que la dividen tanto en vertical como en horizontal, forman lo que se denomina retícula ó rejilla. La separación entre dos líneas consecutivas de la rejilla constituye lo que se denomina una división. Normalmente la rejilla posee 10 divisiones horizontales por 8 verticales del mismo tamaño (cercano al cm), lo que forma una pantalla más ancha que alta. En las líneas centrales, tanto en horizontal como en vertical, cada división ó cuadro posee unas marcas que la dividen en 5 partes iguales (utilizadas como veremos más adelante para obtener medidas más precisas)



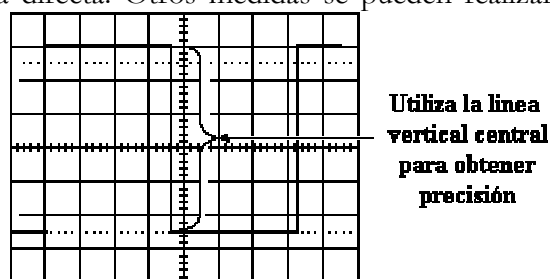
Algunos osciloscopios poseen marcas horizontales de 0%, 10%, 90% y 100% para facilitar la medida de tiempos de subida y bajada en los flancos (se mide entre el 10% y el 90% de la amplitud de pico a pico).

Medida de voltajes

Generalmente cuando hablamos de voltaje queremos realmente expresar la diferencia de potencial eléctrico, expresado en voltios, entre dos puntos de un circuito. Pero normalmente uno de los puntos está conectado a masa (0 voltios) y entonces simplificamos hablando del voltaje en el punto A (cuando en realidad es la diferencia de potencial entre el punto A y GND (Tierra)). Los voltajes pueden también medirse de pico a pico (entre el valor máximo y mínimo de la señal). Es muy importante que especifiquemos al realizar una medida que tipo de voltaje estamos midiendo.



El osciloscopio es un dispositivo para medir el voltaje de forma directa. Otras medidas se pueden realizar a partir de esta por simple cálculo (por ejemplo, la de la intensidad ó la potencia). Los cálculos para señales CA pueden ser complicados, pero siempre el primer paso para medir otras magnitudes es empezar por el voltaje.



^{**} Es una buena costumbre chequear esto periódicamente.

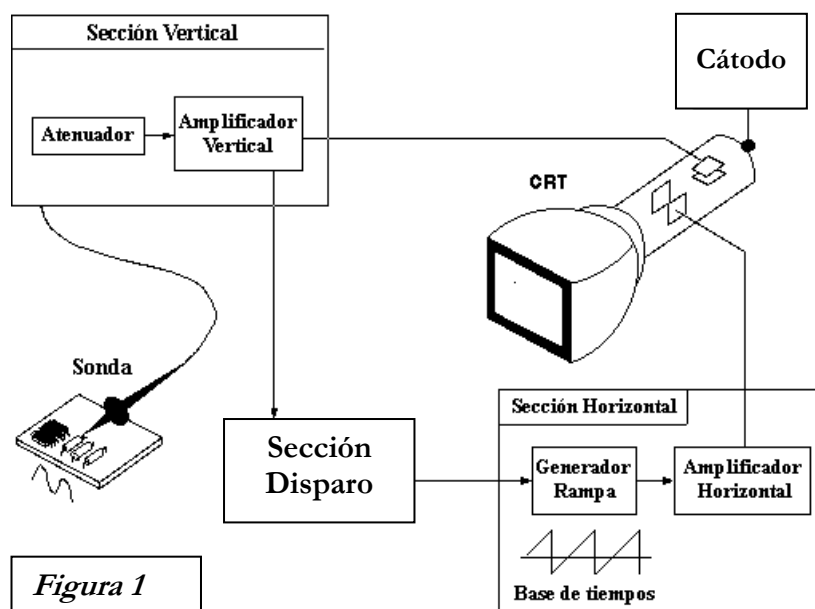


Realizar la medida de voltajes con un osciloscopio es una operación simple, se trata de contar el número de divisiones verticales que ocupa la señal en la pantalla. Ajustando la señal con el mando de ***posicionamiento horizontal*** ($\Leftrightarrow$)(18) podemos utilizar las subdivisiones de la rejilla para realizar una medida más precisa. (Recordar que una subdivisión equivale generalmente a 1/5 de lo que represente una división completa). Es importante que la señal ocupe el máximo espacio de la pantalla para realizar medidas fiables, para ello actuaremos sobre el ***conmutador del amplificador vertical***. (4 ó 10)

*Técnico Universitario en: Electrónica, Telecomunicaciones y Profesorado en Tecnología Electrónica.*⁵⁻¹³

Apéndice

Cuando se conecta la punta a un circuito (ver **Figura 1**), la señal atraviesa esta última y se dirige a la sección vertical. Dependiendo de donde situemos el mando del amplificador vertical atenuaremos la señal ó la amplificaremos. En la salida de este bloque ya se dispone de señal suficiente para atacar las placas de deflexión verticales (que naturalmente están en posición horizontal) y que son las encargadas de desviar el haz de electrones, que surge del cátodo e impacta en la capa fluorescente del interior de la pantalla, en sentido vertical. Hacia arriba si la tensión es positiva con respecto al punto de referencia (GND) ó hacia abajo si es negativa. La señal también atraviesa la sección de disparo para de esta forma iniciar el barrido horizontal (este es el encargado de mover el haz de electrones desde la parte izquierda de la pantalla a la parte derecha en un determinado tiempo). El trazado (recorrido de izquierda a derecha) se consigue aplicando la parte ascendente de un diente de sierra a las placas de deflexión horizontal (las que están en posición vertical), y puede ser regulable en tiempo actuando sobre el mando TIME-BASE (Base de Tiempo). De esta forma la acción combinada del trazado horizontal y de la deflexión vertical traza la gráfica de la señal en la pantalla. La sección de disparo es necesaria para estabilizar las señales repetitivas (se asegura que el trazado comience en el mismo punto de la señal repetitiva).



Esquema del Osciloscopio Analógico

En este esquema se observa la punta de prueba que esta tomando una señal del circuito. Esta **señal exterior es conectada a las placas deflectoras verticales** (luego de haber sido amplificada o atenuada, dependiendo de la posición del amplificador vertical). **En las placas deflectoras horizontales actúa la tensión diente de sierra**, cuyo período es controlado por la base de tiempo. La sección de disparo permite seleccionar el Nivel (Level) y la pendiente (Slope).

Cuando la señal a observar es periódica, sólo se puede obtener una imagen fija sobre la pantalla del osciloscopio si los sucesivos barridos se inician sobre la misma fase de dicha señal. Este **sincronismo** se consigue gracias al circuito de disparo.

Sistema de desviación vertical:

Consta básicamente de los siguientes elementos:

1. Sonda (Punta).
2. Selector de Entrada. (Selecciona el canal 1 o 2)
3. Atenuador de Entrada
4. Amplificador Vertical.

El selector de entrada permite introducir al osciloscopio la señal que se desea medir, bien directamente o bien a través de un condensador (Figura 2). Ambas posibilidades se seleccionan con el conmutador (**AC - GND - DC**). (1) Cuando el acoplamiento está en (**DC**) lo que se verá en pantalla será la señal de tensión



completa, es decir, con su componente de continua y su componente alterna. Algunas veces se quiere ver una pequeña señal alterna que se está moviendo sobre una gran tensión de continua, en este caso, se debe conmutar la entrada a un acoplamiento en alterna (**AC**); esto acopla capacitivamente (con una constante de tiempo de aproximadamente 0.1 seg.) la entrada, permitiendo solo el paso de la parte alterna de la señal, bloqueando la componente continua. La mayoría de los osciloscopios también tienen una posición de entrada a tierra (**GND**), la cual permite ver donde esta el cero de tensión (0 Volts) en la pantalla. En la posición **GND** la señal no es cortocircuitada a tierra, solamente es desconectada del osciloscopio, cuya entrada es aterrizada.

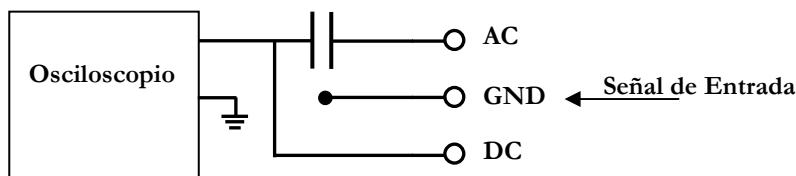


Figura 2: Esquema del acoplamiento **AC-GND-DC** para el canal vertical del osciloscopio.

Las entradas de los osciloscopios usualmente son de alta impedancia (1.0 Megaohm en paralelo con aproximadamente 20Pf), como cualquier buen instrumento, para medir tensión, debería ser. La resistencia de entrada de 1.0 Megaohm es un valor universal; lamentablemente el capacitor en paralelo no esta estandarizado, lo cual es un poco molesto cuando se cambian las puntas de prueba.

Sistema de barrido horizontal:

Si se aplicará al sistema de desviación vertical una señal periódica y se dejará funcionar libremente al circuito generador de la señal de barrido, sólo se tendría sobre la pantalla una imagen fija cuando la frecuencia de la señal a medir fuese múltiplo de la frecuencia de la señal de barrido. De otro modo, los sucesivos barridos se iniciarían sobre distintos valores de la señal a representar dando lugar a imágenes diferentes en cada barrido e impresionando la retina con varias de ellas (sensación de movimiento), como puede verse en la **Fig. 2a**.

Para conseguir una imagen estable, el osciloscopio **SINCRONIZA** la señal de barrido con una señal de referencia, que puede ser:

1. La propia señal a representar (del canal 1 o 2)
2. Una señal externa
3. Con la frecuencia de la red (50 Hz.)

Para seleccionar estos diferentes sincronismos, se setea la perilla **SOURCE (23)(Fuente)** en alguna de estas posiciones: **CHA, CHB, EXT** ó **LINE**. En la **Fig. 2ª (Página 9)** se representa como se vería en la pantalla del osciloscopio una señal con barrido no sincronizado. En las **Fig. 2b y 2c** se observan dos señales, en la primera el sincronismo es tomado de la señal A y en la segunda del canal B.

Como se vio anteriormente, también es posible elegir el instante de la señal de referencia en el que se desea que comience el barrido (disparo), y por lo tanto la representación en pantalla. Para ello se cuenta con un mando **TRIG LEVEL (26)** que permite seleccionar el valor de la señal de referencia que da lugar al disparo, y si el disparo tiene lugar en la pendiente (**SLOPE**)(**Tirar 26 hacia afuera**) positiva o negativa de dicha señal.

Por último en la hoja siguiente se explica que tipo de modo se debe usar cuando las señales son de baja o alta frecuencia, esto es importante para ver de una manera clara dichas señales.

Modo alternado / chopeado (21)

Es un conmutador de dos posiciones, que permite, cuando nos encontramos en modo **DUAL**, seleccionar el modo de trazado de las señales en pantalla. En el modo **alternado (ALT)** se traza completamente la señal del canal I y después la del canal II y así sucesivamente. Se utiliza para señales de media y alta frecuencia. En el modo **chopeado^{††} (CHOP)** el osciloscopio traza una pequeña parte del canal I después otra pequeña

^{††} Para setear el osciloscopio en modo **CHOP** debe tirar la perilla hacia fuera.

parte del canal II, hasta completar un trazado completo y empezar de nuevo. Se utiliza para señales de baja frecuencia.

Modo Alternado (Alternate mode)

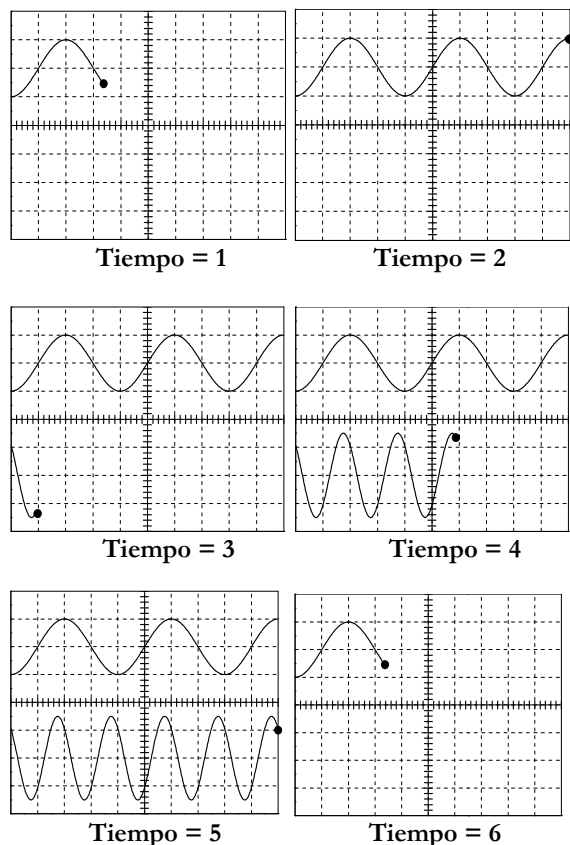


Figura I: Estas figuras representan una serie de fotografías tomadas estando el osciloscopio en modo ALT. El punto negro indica la posición del haz luminoso para un dado t . Se observa como el haz dibuja primero la señal del canal I (completa) y luego la del II y así sucesivamente.

Modo Chop (Chopped mode)

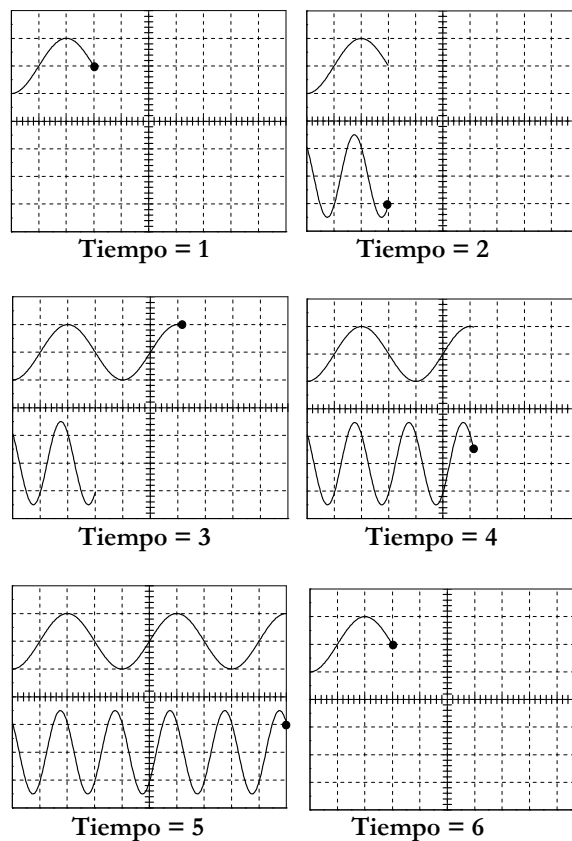
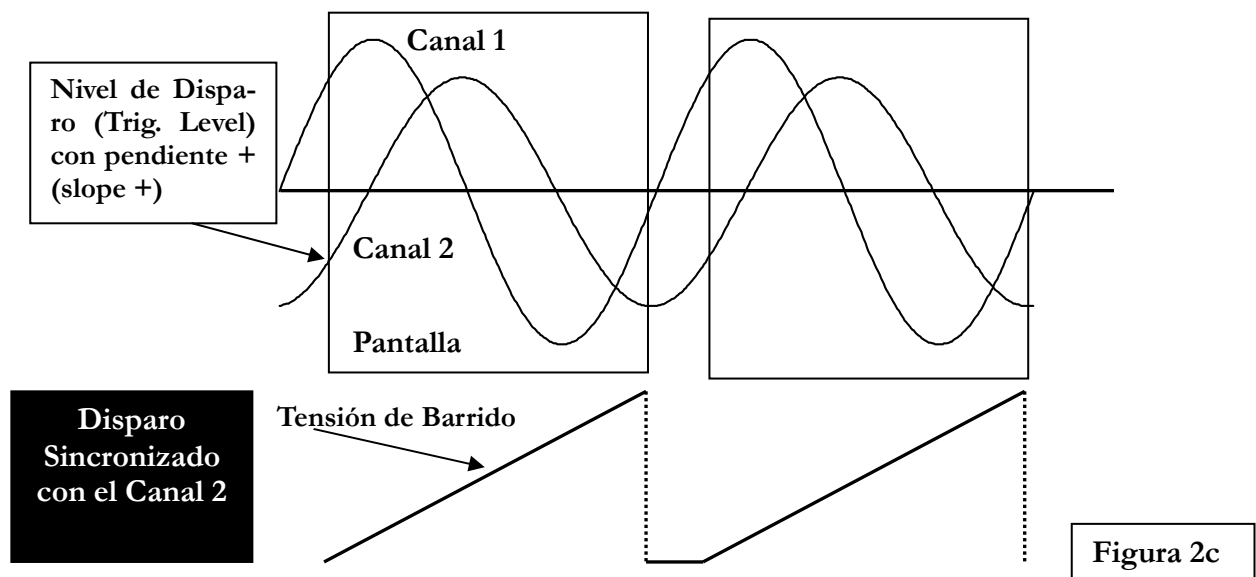
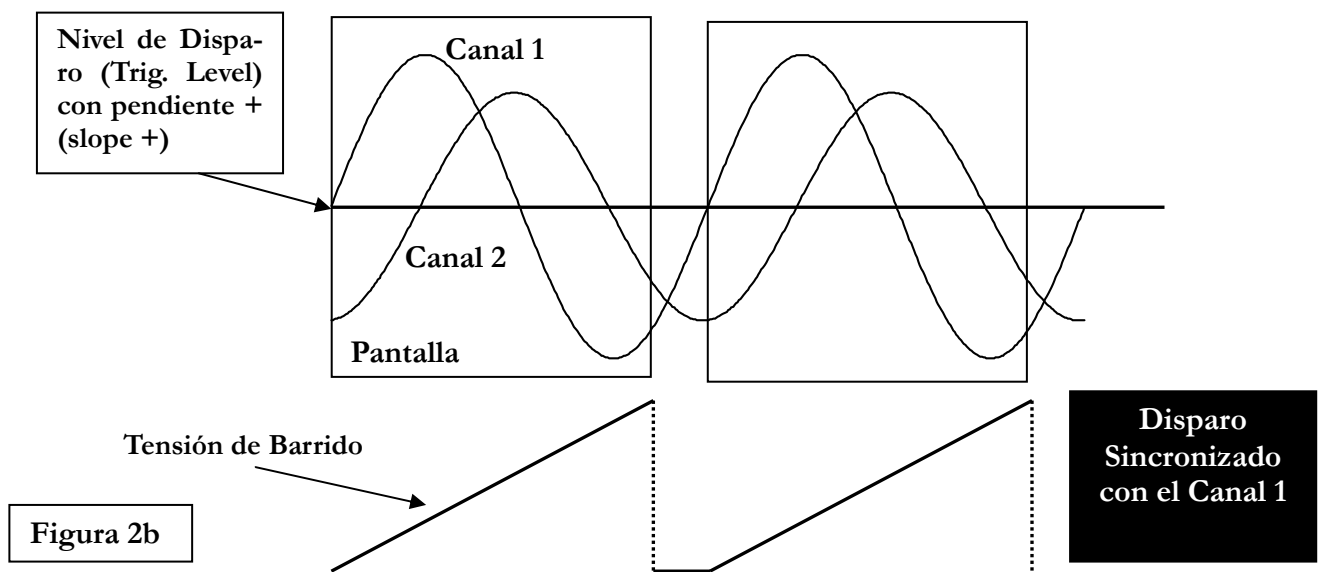
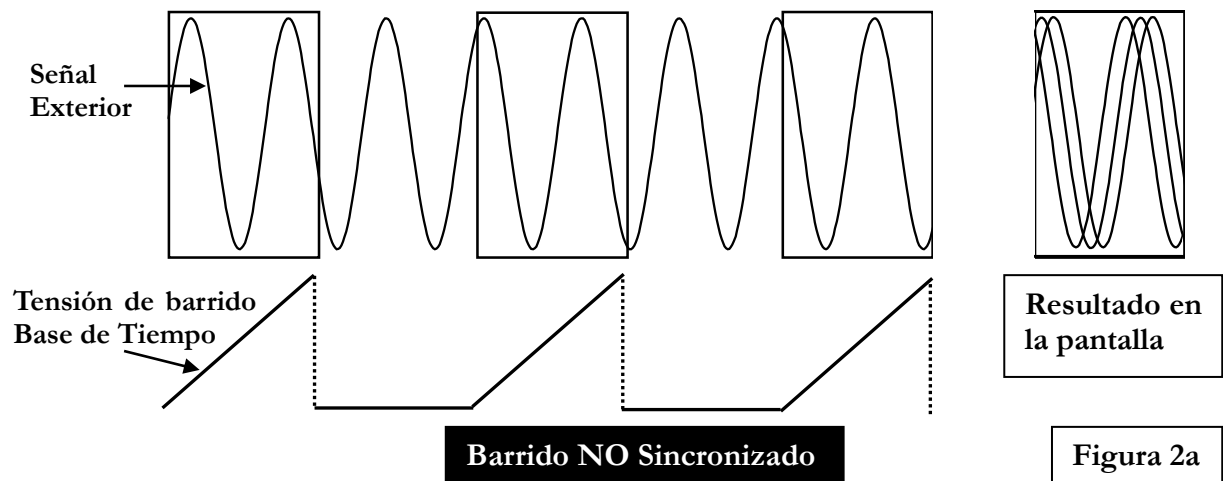


Figura II: Ídem que en la Fig. 1, pero ahora en modo CHOP. Observe como ahora el haz dibuja una porción de cada onda.



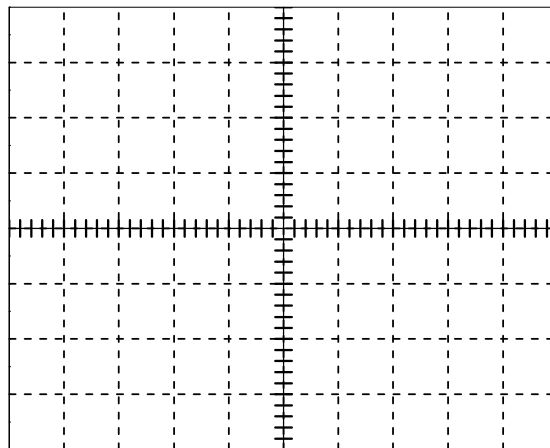


Informe de laboratorio 1

Apellido y Nombre: _____

Ahora estamos en condiciones de medir la amplitud y la frecuencia de la onda cuadrada de referencia que provee el osciloscopio:

1. Conecte la punta a la señal de calibración del osciloscopio*, setee la base de tiempo en 0.1 mS/Div y el amplificador vertical en 1 Volt/Div. En la hoja siguiente grafique la señal que observa en el osciloscopio, **escriba que representan los ejes y sus respectivas unidades.**



Base de Tiempo (BT) [Tiempo/div.]

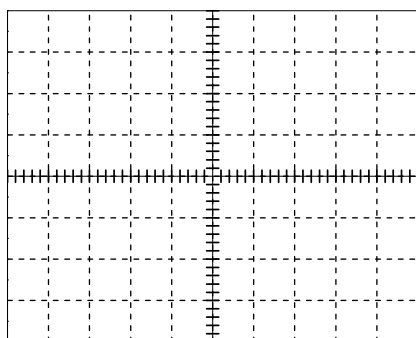
=

Amplif. Vertical (AV) – [Tensión/div]

=

2. Mida y anote la amplitud pico a pico de dicha señal, el período y la frecuencia. Explique detalladamente como lo hizo:

3. Cambie el amplificador vertical a: 0.5 V/Div, y luego a 2V/Div y dibuje las respectivas ondas:

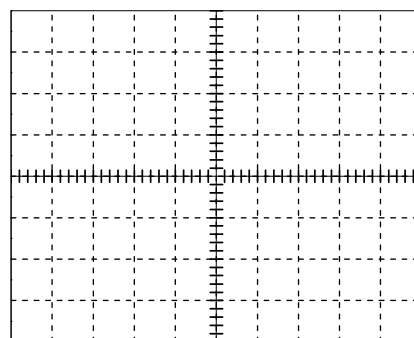


Base de Tiempo

=

Amplif. Vert =

.....



Base de Tiempo

=

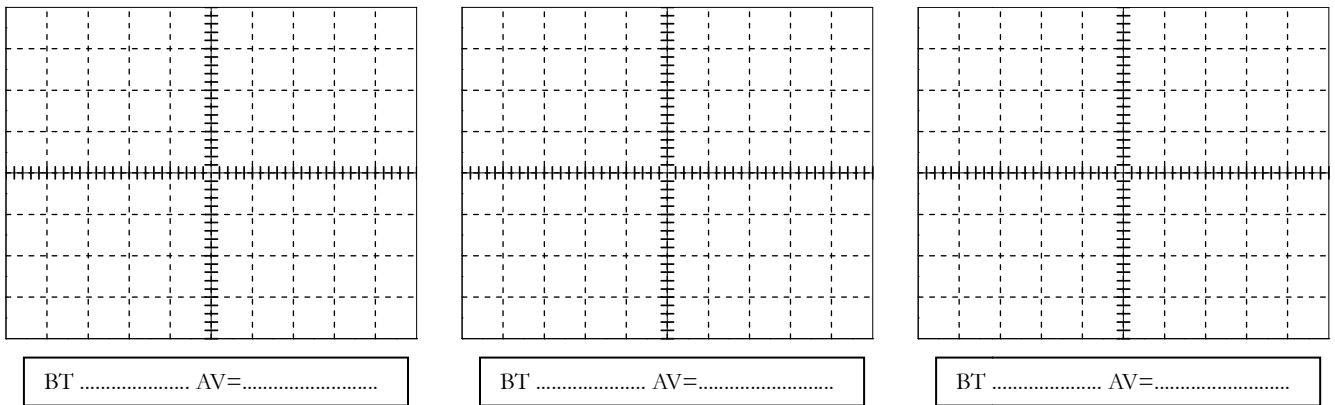
Amplif. Vert.=

.....

4. Mida nuevamente (en los dos casos) la Amplitud pp de la señal. ¿Cambió la amplitud de la señal al haber cambiado el valor del amplificado vertical? ¿Por qué?

5. Setee el amplificador vertical en 0.5 V/div y ubique la base de tiempo en: 0.2 mS/Div, 0.5 mS/Div y por último en 50 μ S/Div. Represente las 3 ondas y calcule el período y la frecuencia en los tres casos. ¿Cambió la frecuencia de la onda de entrada? ¿Por qué?

* Ante la menor duda consulte con el Docente.



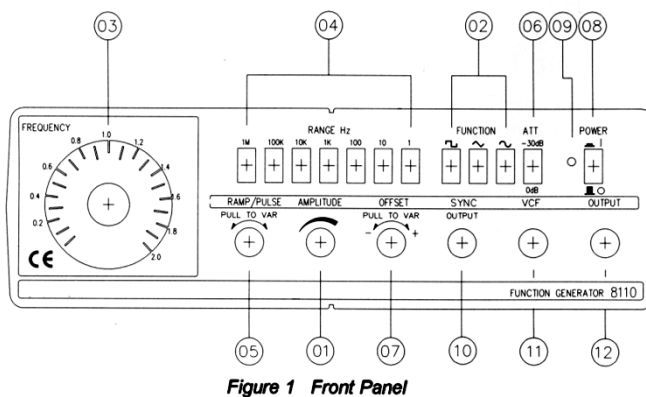
- ❑ Importante: Para una mejor medida utilice la “mayor cantidad de pantalla posible”. Esto sería el equivalente de medir a fondo de escala en un tester analógico.

Otras ondas:

Para generar distintas clases de ondas (diferentes formas y tamaños) usaremos un generador de audiofrecuencia, también llamado oscilador o generador de funciones. Una de las características por las cuales se clasifican los generadores de señal es el margen ó rango de frecuencia que cubre el generador. El generador de audiofrecuencia suministra señales de frecuencia que van desde unos pocos Hz. hasta unos 20000 Hz. Se lo llama de "audio" porque éste es el margen de frecuencias (aproximadamente) que el oído humano puede captar. Esto no quiere decir que el oído pueda percibir directamente la señal eléctrica entregada por el generador, pero la señal eléctrica se puede convertir en una señal audible (que es una vibración en el aire) mediante un dispositivo adecuado, tal como un parlante.

8110 FUNCTION GENERATOR

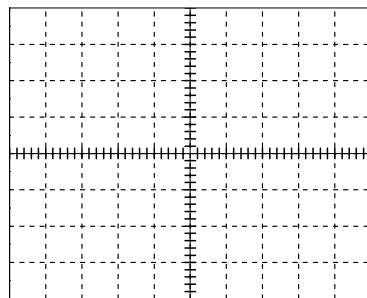
2.1 Front Panel



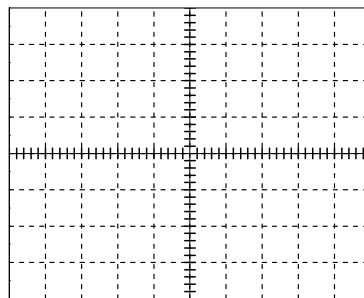
Este es el panel frontal de uno de los generadores de onda que encontrará en el Laboratorio. Este modelo nos entrega tres tipos de señales: cuadrada, triangular y senoidal. La onda se toma del conector etiquetado como **OUTPUT**. Con la perilla **AMPLITUDE**, se controla la amplitud de la señal, con los botones **RANGE Hz** determina el rango de la frecuencia que tendrá la onda y la llave de la izquierda (**FREQUENCY**) es el multiplicador.

MUY IMPORTANTE: La señal del generador se saca a través de dos cables (o un coaxial con la tierra), por lo que: NUNCA UNA DIRECTAMENTE ESOS DOS CABLES, ya que cortocircuita la salida provocando la rotura del generador.

6. Setee el generador para que le entregue: primero una señal senoidal y una cuadrada. de 1000 Hz de frecuencia y de una amplitud de 2 V.p-p. Para hacer esto use el osciloscopio y grafique en papel la señal que observa y anote el valor de la base de tiempo y del amplificador vertical. **MIDA la frecuencia y la amplitud con el osciloscopio.**

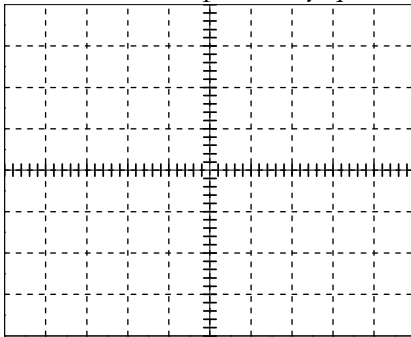


BT AV=.....

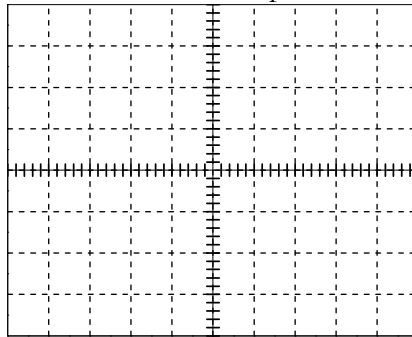


BT AV=.....

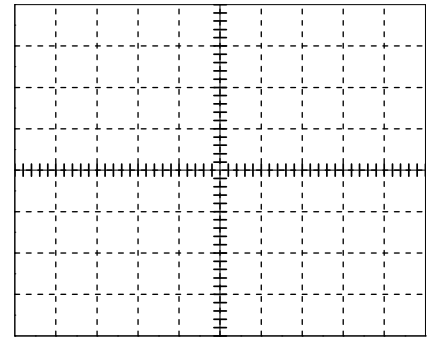
7. Setee el oscilador para que entregue señales senoidales de frecuencia: 100 Hz.(3 Vpp), 1250 Hz (5 V. pp) y 2Khz (1 V. pp). Grafique dichas señales y **MIDA la frecuencia y la Amplitud con el osciloscopio**. Recuerde que debe realizar la **MEJOR MEDIDA**, es decir que la amplitud de la onda ocupe la mayor cantidad de pantalla y que se vea el menor número de períodos.



BT AV=.....



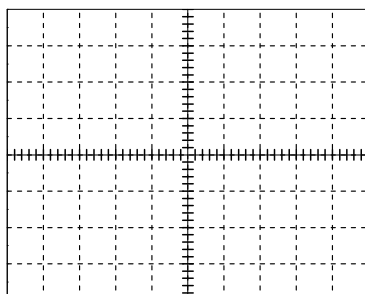
BT AV=.....



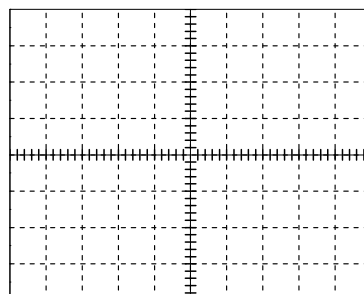
BT AV=.....

- Señale en TODOS los gráficos la Amplitud de las señales, la Amplitud pico a pico, y el período de las señales. Indique que representa cada eje y en que unidades está. Anote también el valor de la base de tiempo y del amplificado vertical. Esto es obligatorio para la aprobación del informe.

8. Utilizando dos puntas. En el canal 1 introduzca una señal senoidal de 1Khz. y en el canal 2 la onda cuadrada de referencia del osciloscopio. Utilice la perilla **VERT MODE (7)** en sus cuatro posibles ubicaciones y observe el efecto. Grafique las señales cuando la perilla está en la posición **DUAL** y **ADD**.

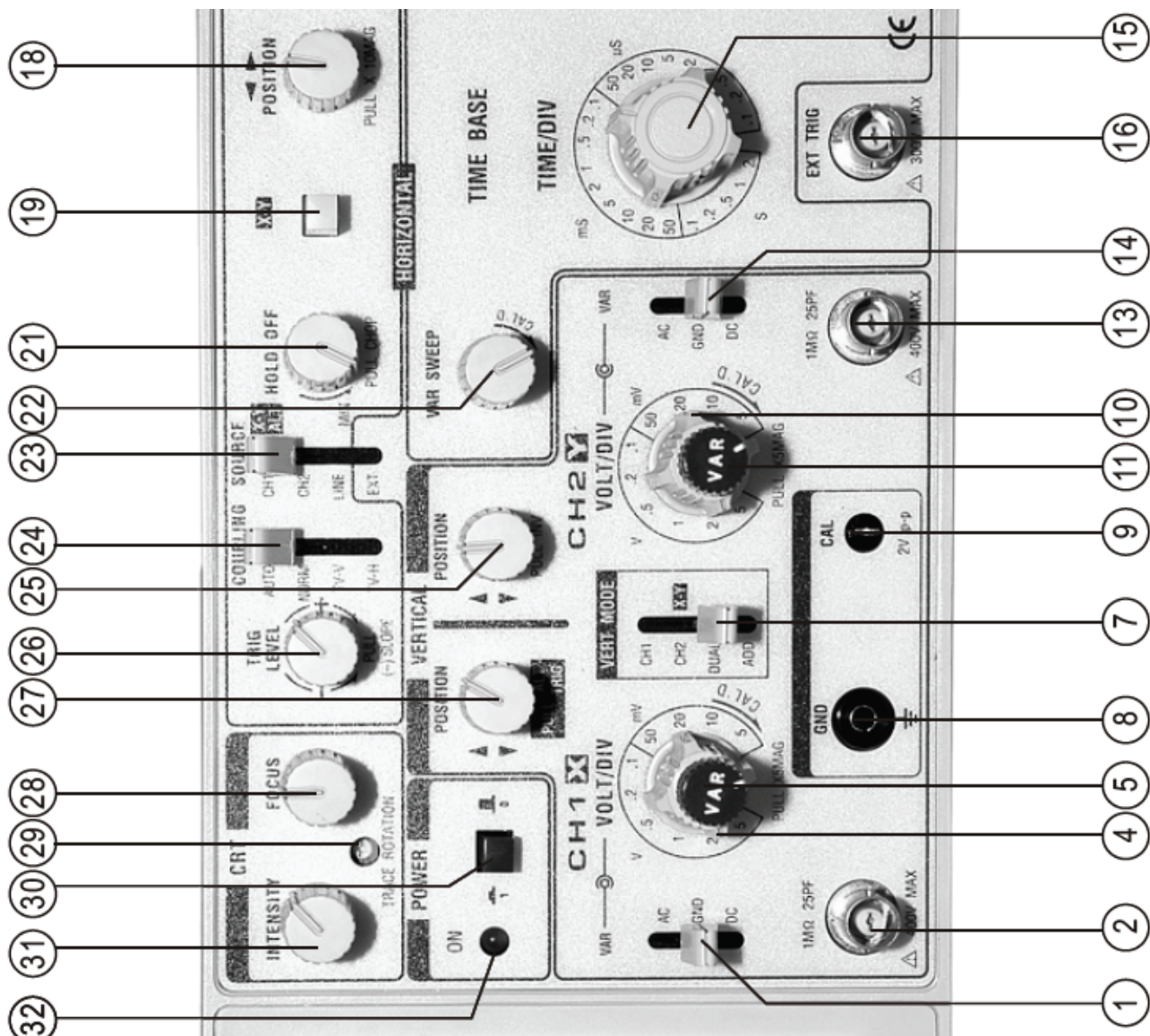
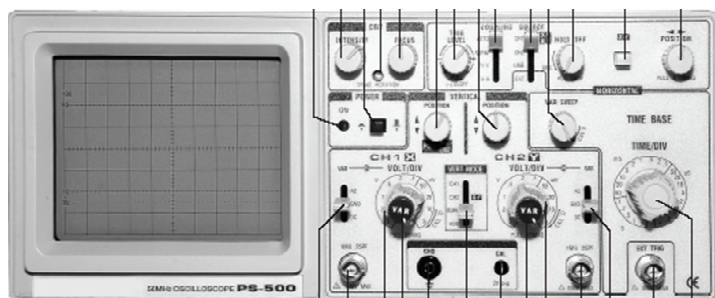


BT AV=.....



BT AV=.....

Esquema de un Osciloscopio Analógico de Doble Canal.



Nota: Al finalizar el Laboratorio el alumno deberá entregar las hojas del informe completas (hojas 10 a 14 inclusive) para su corrección. El informe es individual. La no aprobación del informe equivale a un ausente.

9. En la hoja siguiente complete escribiendo la función de cada uno de los comandos que utilizó en este práctico de Laboratorio.

Referencias del Osciloscopio:



1. _____

2. _____
4. _____
5. _____

7. _____

8. _____
9. _____

10. _____

11. _____
13. _____
14. _____
15. _____

16. _____
18. _____

19. _____
21. _____

22. _____

23. _____

24. _____

25. _____
26. _____

27. _____
28. _____
29. _____
30. _____
31. _____
32. _____

(Conserve las dos últimas hojas, ya que las usará en TODOS los laboratorios)