



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA Y FÍSICA
NÚCLEO DE FÍSICA. LABORATORIO DE FÍSICA II

PRÁCTICA N° 4

OSCILOSCOPIO DE RAYOS CATÓDICOS*

MATERIAL ELABORADO POR:
PROF. EFREN ONTIVEROS C.

San Cristóbal, Mayo de 2002

PRÁCTICA N° 4 OSCILOSCOPIO DE RAYOS CATÓDICOS

4.A OBJETIVOS

Familiarizar al estudiante con el manejo del osciloscopio y algunas de sus aplicaciones, como son: medidas de voltaje AC y DC; medidas de frecuencias y defasajes.

4.B MÉTODO

El osciloscopio es ajustado para facilitar su funcionamiento. La pantalla tendrá la imagen de un trazo horizontal libre. En este momento el osciloscopio está preparado para ejecutar las mediciones deseadas, aplicadas a los terminales de entrada (CH 1 ó CH 2).

4.C FUNDAMENTO TEÓRICO

El osciloscopio de rayos catódicos es, hoy en día, uno de los instrumentos de medida y observación más versátiles usado en los diversos campos de la investigación y de las aplicaciones tecno-científicas. El osciloscopio es un aparato destinado a observar formas de ondas complejas. Con él se puede “ver” las formas de onda de tensión, dibujadas por un “pincel de electrones” sobre una pantalla fluorescente. En principio, el osciloscopio puede ser comparado con un voltímetro convencional en el que se ha sustituido el sistema mecánico de registro por un haz de electrones, que debido a la pequeña inercia de estos, pueden seguir instantáneamente cualquier variación de tensión. Es de hacer notar que, con el osciloscopio podemos realizar la medición de cualquier variable, valiéndonos de un transductor para transformar dichas variables en señales eléctricas. Dividiremos el estudio del osciloscopio en dos secciones: el tubo de rayos catódicos (TRC) y los controles e indicadores.

4.C.1. EL TUBO DE RAYOS CATÓDICOS. El TRC es el corazón del osciloscopio, en él se gobierna la dirección de un estrecho haz de electrones para “dibujar” la forma de una onda sobre una pantalla fluorescente. El tubo en cuestión es una ampolla de vidrio en forma de embudo, al cual se le ha hecho el vacío y dentro de ella se han colocado diversos elementos, como se muestra en la figura 4.1.

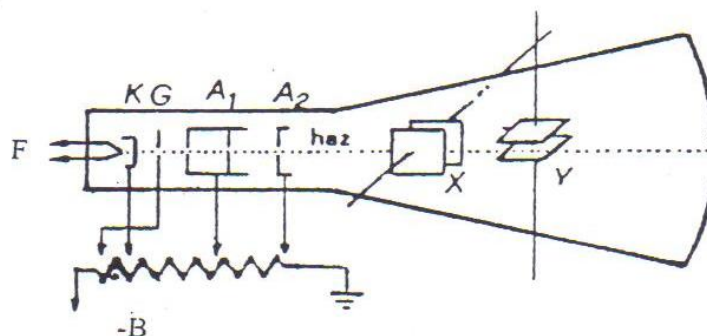


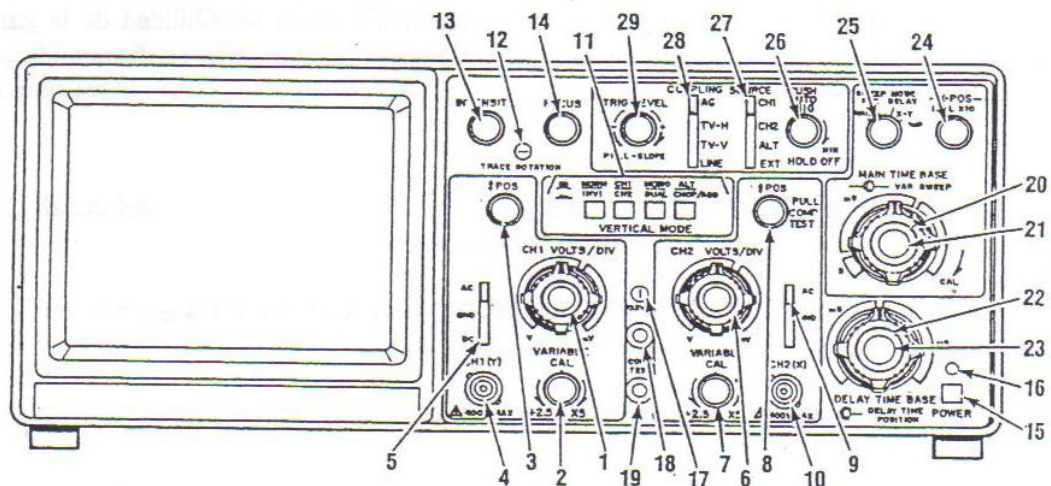
Figura 4.1
Tubo de rayos catódicos.

El extremo más ancho de la ampolla está recubierto por una delgada capa de sustancia fluorescente (sulfato de zinc) y constituye *la pantalla*. En la parte estrecha del tubo está alojado *el cañón de electrones*, el cual dirige un “rayo” de electrones rápidos (haz de electrones), a lo largo del tubo. El cañón está compuesto por los siguientes electrodos: *el cátodo K*, calentado indirectamente por *el filamento F*, emitiendo electrones (emisión termoiónica). *La rejilla G*, que se mantiene a un potencial negativo respecto al cátodo, regulando la intensidad del haz electrónico y por consiguiente la luminosidad o brillo de la imagen sobre la pantalla. *El primer ánodo A₁*, que se mantiene a un potencial positivo respecto al cátodo, regula la concentración del haz sobre la pantalla. *El segundo ánodo A₂*, acelera los electrones.

El sistema rejilla-ánodos forma una “lente electrostática convergente” comparable a una lente óptica, que enfoca el haz sobre la pantalla. Si el haz no es desviado en su marcha hacia la pantalla, golpeará a ésta en su centro y una pequeña mancha luminosa (punto luminoso) aparecerá en ella. La dirección del haz y por consiguiente, la posición del punto luminoso, puede ser gobernada haciéndolo pasar a través de dos placas situadas entre el cañón y la pantalla. Estas placas son denominadas *placas de desviación horizontal y de desviación vertical*, ya que al aplicarles una diferencia de potencial, los campos creados en cada par de placas, actúan sobre los electrones que forman el haz desviándolos en sentido horizontal y vertical respectivamente.

El control buscador del haz (Beam Finder) es otro de los ajustes relacionados con el TRC. A veces es imposible obtener una imagen en la pantalla a pesar de mover y ajustar todos los controles. Esto puede ocurrir porque los controles no están apropiadamente calibrados o porque el ajuste de amplitud de la señal no sea el correcto. Cuando esto ocurre, se manipula el botón Beam Finder, incrementando cuidadosamente el control de intensidad.

4.C.2. CONTROLES E INDICADORES. Utilizaremos el osciloscopio de la **DYNASCAN CORPORATION, MODELO 2125**. En otros modelos, los controles son similares. La descripción de los controles la haremos haciendo referencia a la figura 4.2.



(a) Panel Frontal.

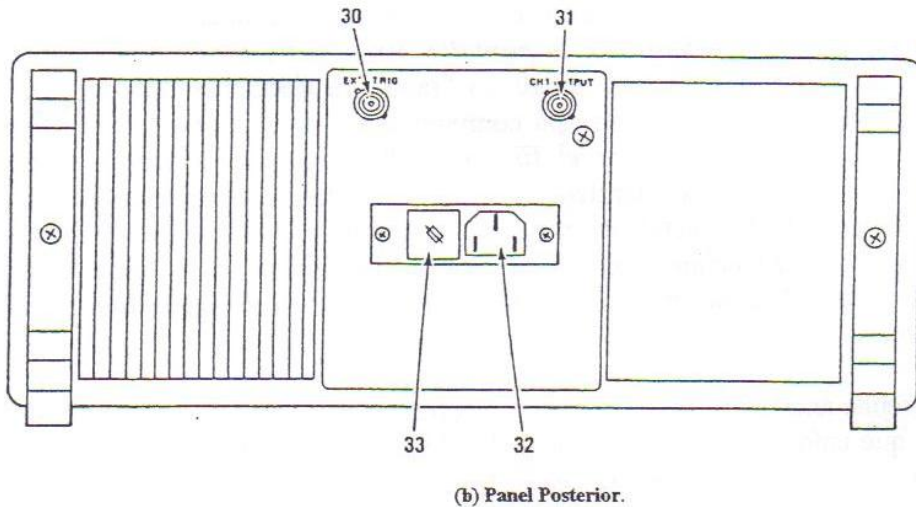


Figura 4.2
Osciloscopio B & K PRECISION MOD 2125

4.C.2.1 CONTROLES VERTICALES

4.C.2.1.1 CONTROLES DEL CANAL 1 (CH 1).

1. **CONTROL CH 1 (VOLTS/DIV).** Es un atenuador vertical para el canal 1. Provee un ajuste por pasos de la sensibilidad vertical. Cuando el control **VARIABLE** es colocado en **CAL**, la sensibilidad vertical es calibrada en 10 pasos desde 10 mV/div hasta 5v/div en la secuencia 1-2-5. Cuando el modo X-Y de operación es seleccionado, este control provee un ajuste por pasos de la sensibilidad del eje Y.

2. **CONTROL VARIABLE.** La rotación provee un ajuste de la sensibilidad vertical del canal 1. En la posición centrada (**CAL**), el atenuador es calibrado. Una rotación en sentido horario aumenta la sensibilidad de la ganancia (cuando es girado completamente en sentido horario, la ganancia es aumentada por un factor de aproximadamente 5). Una rotación en sentido antihorario produce una disminución en la sensibilidad de la ganancia (cuando es girado completamente en sentido antihorario, la ganancia es disminuida por un factor de aproximadamente 2.5). En la operación X-Y, este control ajusta la sensibilidad en el eje Y.

3. **CONTROL \blacktriangledown POSition.** Ajusta la posición vertical del trazo del canal 1. En la operación X-Y, ajusta la posición vertical del trazo o la señal.

4. **CH 1 (Y) INPUT JACK (ENCHUFE DE ENTRADA).** Es la entrada vertical para el canal 1 y la entrada en el eje Y para la operación X-Y.

5. **CONMUTADOR AC-GND-DC.** Este conmutador de tres posiciones opera de la siguiente forma:

Posición **AC**: la señal de entrada es en el canal 1 es capacitivamente acoplada; la componente DC es bloqueada.

Posición **GND**. Provee una línea de base de voltaje cero. Puede ser usada como referencia cuando se toman medidas DC.

Posición **DC**. Produce un acoplamiento directo de la señal de entrada en el canal 1. Tanto la componente AC como la DC de la señal, producen deflexión vertical.

4.C.2.1.2 CONTROLES DEL CANAL 2 (CH 2)

6. CONTROL CH 2 (VOLTS/DIV). Es un atenuador vertical para el canal 2. Provee un ajuste por pasos de la sensibilidad vertical. Cuando el control **VARIABLE** es colocado en **CAL**, la sensibilidad vertical es calibrada en 10 pasos desde 5 mV/div hasta 5 V/div en la secuencia 1-2-5. Cuando el modo X-Y de operación es seleccionado, este control provee un ajuste por pasos de la sensibilidad en el eje X.

7. CONTROL VARIABLE. Funciona igual al indicador 2 para el canal 1. En la operación X-Y, este control es el control de sensibilidad del eje X.

8. CONTROL \blacklozenge POSition/PULL COMPONENT TEST. Cuando este control es oprimido, la rotación ajusta la posición vertical del trazo en el canal 2. Halando el control se selecciona el Component Test Mode (modo de prueba de la componente) de la operación e inhabilita todos los demás controles excepto **INTENSITY**, **FOCUS**, **SWEEP MODE** y **X POS/PULL X10**. El Conmutador **SWEEP MODE** debe estar en la posición **MAIN** para la operación del modo de prueba de la componente.

9. CONMUTADOR AC-GND-DC. Tiene la misma función que el indicador 4.

10. CH 2 (X) INPUT JACK (Enchufe de entrada). Es la entrada vertical para el canal 2 y la entrada en el eje X en la operación X-Y.

11. VERTICAL MODE SWITCH ASSEMBLY. (Juego de piezas del modo vertical):

Conmutador **NORM/INV1**. Cuando este control es liberado, la polaridad de la señal del canal 1 es normal, de lo contrario es invertida.

Conmutador **CH1/CH2**. Cuando es liberado, aparece la señal del canal 1, de lo contrario aparece la señal del canal 2.

Conmutador **MONO/DUAL**. Cuando es liberado, el modo del trazo simple es seleccionado y la señal seleccionada por el conmutador será mostrada (o la suma de los canales 1 y 2, si el conmutador **ALT/CHOP** es utilizado). Cuando este conmutador es seleccionado, tanto la señal del canal 1 como la del 2 serán mostradas.

Conmutador **ALT/CHOP/ADD**. Cuando este conmutador es liberado en el modo de trazo dual, las entradas de los canales 1 y 2 son mostradas alternativamente.

12. CONTROL TRACE ROTATION (Trazo rotatorio). Su ajuste con un destornillador permite un trazo perfectamente horizontal.

13. CONTROL INTENSITY. Ajusta el brillo del trazo o la señal.

14. **CONTROL FOCUS.** Ajusta el haz.
15. **CONMUTADOR POWER.** Enciende o apaga el osciloscopio
16. **INDICADOR POWER.** Se ilumina cuando el osciloscopio está encendido.
17. **TERMINAL CAL.** Este terminal provee una señal de onda cuadrada de 1 KHz y $0.2 V_{p-p}$.
18. **ENCHUFE COMPONENT TEST.**
19. **ENCHUFE. TIERRA DEL OSCILOSCOPIO .** También sirve como polaridad común negativa para la conexión de la componente en la operación **COMPONENT TEST MODE.**

4.C.2.2 CONTROLES HORIZONTALES

4.C.2.2.1. CONTROLES DE BARRIDO.

20. **CONTROL MAIN TIME BASE (Control de la base de tiempo principal).** Provee una selección por pasos de la rata de barrido para la base de tiempo principal. Cuando el control **VAR SWEEP** es colocado en **CAL**, la rata de barrido es calibrada. Este control tiene veinte (20) pasos, desde $0.1 \mu s/div$ hasta $0.2 s/div$, en una secuencia 1-2-5.

21. **CONTROL VAR SWEEP.** La rotación del control es un ajuste del nonio (vernier) para la rata de barrido. En la posición (**CAL**) completamente horario, la rata de barrido es calibrada.

22. **CONTROL DELAY TIME BASE (Base de tiempo retardado).** Provee por pasos una selección de la rata de barrido para la base de tiempo retardado. Este control tiene 18 pasos desde $0.1 \mu s/div$ hasta $50 ms/div$, en una secuencia 1-2-5.

23. **CONTROL DELAY TIME POSITION (Posición de tiempo de retardo).** Establece el punto de partida o inicio del barrido retardado. Un giro antihorario produce un barrido retardado para empezar más pronto.

24. CONTROL ◀▶ X POSition/PULLX100

◀▶ **X POSITION.** Control de posición horizontal.

PULL 10X MAG. Cuando se hala magnifica 10 veces el barrido. Cuando se introduce es normal la magnificación. Aumenta la rata de barrido máxima a $10 ns/div$.

25. **CONMUTADOR SWEEP MODE (Modo de barrido).** Un conmutador de cuatro posiciones es usado para seleccionar el modo de barrido (horizontal) deseado:

Posición **MAIN (Principal).** Opera solamente con el barrido retardado no activo.

Posición **MIX**. El barrido principal y el barrido retardado comparten un trazo simple con el barrido que ocupa la posición izquierda de la muestra y el barrido retardado que ocupa la posición derecha de la muestra. El control de posición del tiempo de retardo, determina el porcentaje de la muestra que es el barrido retardado (el barrido principal es más brillante que el barrido de retardo).

Posición **DELAY (Retardo)**. Solamente el barrido de retardo opera con el barrido principal inactivo. El control de la posición del tiempo de retardo, determina el tiempo de partida del barrido de retardo.

Posición **X-Y**. El modo de operación **X-Y** es seleccionado. La entrada del canal 1 se convierte en el eje Y, y la entrada del canal 2 en el eje X. Los controles **SOURCE** y **COUPLING** son inhabilitados cuando el conmutador **X-Y** es empleado. Los conmutadores del modo vertical son todos desactivados cuando el modo **X-Y** es seleccionado.

4.C.2.3 CONTROLES DE DISPARO

26. CONTROL PUSH AUTO TRIG/HOLD OFF.

PUSH AUTO TRIG. Cuando este control es empujado, el modo de disparo automático es seleccionado. En este modo, el osciloscopio genera un barrido en la ausencia de un disparo (sincronismo) adecuado, éste automáticamente recurre a la operación de barrido de disparo, cuando una señal de disparo esté presente. Cuando el osciloscopio es colocado a fuentes de disparos múltiples (modo de disparo **ALT**), todas las fuentes de disparos deben estar presentes para obtener un barrido.

HOLD OFF (Aguante). La rotación de este control ajusta el tiempo de aguante. Cuando es rotado completamente en sentido horario, el período de aguante es **MIN**imo (normal). El período de aguante aumenta progresivamente con una rotación antihorario.

27. CONMUTADOR SOURCE. Selecciona la fuente del disparo de barrido. Posee cuatro posiciones:

CH 1. La señal de entrada del canal 1 se convierte en el disparador de barrido, independientemente de donde se coloque el conmutador del modo vertical (**VERTICAL MODE**).

CH 2. La señal del canal 2 se convierte en el disparador de barrido, independientemente de donde se coloque el conmutador del modo vertical.

ALT. La fuente de disparo sigue al arreglo del conmutador del modo vertical, para una operación de trazo sencillo.

EXT. La señal del enchufe **EXT TRIG** (localizado en la parte posterior del osciloscopio) se convierte en el disparador de barrido.

28. CONMUTADOR COUPLING. Selecciona el acoplamiento del disparador. Posee cuatro posiciones:

AC. El disparador es capacitivamente acoplado; la componente DC es inhabilitada.

TV H. Es utilizado para el disparo de pulsos sincronizados horizontales.

TV V. Es usado para el disparo de pulsos sincronizados verticales.

LINE. La señal derivada del voltaje de línea de entrada (50/60 Hz) se convierte en disparador.

29. CONTROL TRIG LEVEL/PULL-SLOPE.

CONTROL TRIG LEVEL. Su ajuste determina el punto sobre la forma de onda donde el barrido es disparado. La rotación en la dirección (-) selecciona más negativamente el punto de disparo, y una rotación en la dirección (+) selecciona más positivamente el punto de disparo.

CONMUTADOR PULL-SLOPE. Posee dos posiciones: afuera y adentro, como punto de disparo para el barrido principal. En la posición de "adentro" selecciona una pendiente positiva y en la posición de "afuera" selecciona una pendiente negativa.

4.C.2.4 CONTROLES DE LA PARTE POSTERIOR

30. ENCHUFE EXT TRIG (Disparador Externo). Entrada del disparador externo para una operación de trazo simple dual.

31. ENCHUFE CH 1 OUTPUT (Salida del canal 1). Terminal de salida donde la muestra de la señal del canal 1 es disponible. La amplitud de la salida es nominalmente 50 mV por división de la deflexión vertical, vista sobre el TRC. La impedancia de salida es 50 Ω .

32. Entrada del cordón de alimentación.

33. Selector del voltaje y fusíblera. Contiene el fusible y selecciona el voltaje de línea.

4.C.3 ALGUNAS APLICACIONES DEL OSCILOSCOPIO. Dentro de las muchas aplicaciones del osciloscopio, describiremos las más comunes.

4.C.3.1 MEDICIÓN DE VOLTAJE DC. La siguiente técnica puede ser usada para medir los niveles DC instantáneos en cualquier porción de una onda o para medir un voltaje DC cuando ninguna onda esté presente.

1. Se conecta la señal a la clavija de entrada y se coloca el conmutador CH 1/CH 2 en el canal que se introduce la señal. Se fijan los controles VOLTS/DIV y MAIN TIME BASE para obtener una exposición normal de la señal. El control VARIABLE debe ser colocado en CAL.

2. El conmutador PUSH AUTO se coloca en AUTO y el conmutador AC-GND-DC en GND. Esto coloca a la señal en el nivel de referencia cero. Usando el control de posición vertical, se ajusta la señal al nivel de referencia deseado, estando seguro de no perturbarlo una vez hecho.

3. El conmutador AC-GND-DC se coloca en DC para observar la señal, incluyendo su componente DC. Si un nivel de referencia inapropiado fue seleccionado en el paso 2 ó se colocó mal el VOLT/DIV, la señal no puede ser visible (completamente fuera de la pantalla). Esto sucede cuando la componente DC es grande con respecto a la amplitud de la onda. Si esto sucede, el control VOLT/DIV se restablece y se repiten los puntos 2 y 3 hasta que la señal y el nivel de referencia cero estén en la pantalla.

4. El control de posición horizontal se usa para colocar la porción de la onda ha ser medida en la línea de graduación vertical central de la escala cuadrículada.

5. Se mide la distancia vertical desde el nivel de referencia cero hasta el punto deseado (tres divisiones son deseadas para una mejor exactitud). El nivel de referencia puede ser revisado retornando momentáneamente el conmutador AC-GND-DC a GND.

6. Se multiplica la distancia medida en el paso 5 por el valor del VOLTS/DIV, también por la proporción de atenuación de la sonda, si es empleada. Los voltajes por encima del nivel de referencia son positivos y por debajo son negativos.

El resultado es compendiado por la siguiente ecuación:

$$\text{Nivel DC} = \text{Div Vert} \times \text{VOLTS/DIV} \times \text{SONDA}$$

Para el ejemplo que se muestra en la figura 4.3, el punto medido es 3.8 divisiones desde el nivel de referencia (potencial cero). Si el control VOLTS/DIV es colocado en 0.2 V y una sonda 10:1 es usada, entonces el nivel del voltaje DC es calculado como:

$$\text{Nivel DC} = 3.8(\text{div}) \times 0.2(\text{VOLTS/DIV}) \times 10 = 7.6 \text{ V}$$

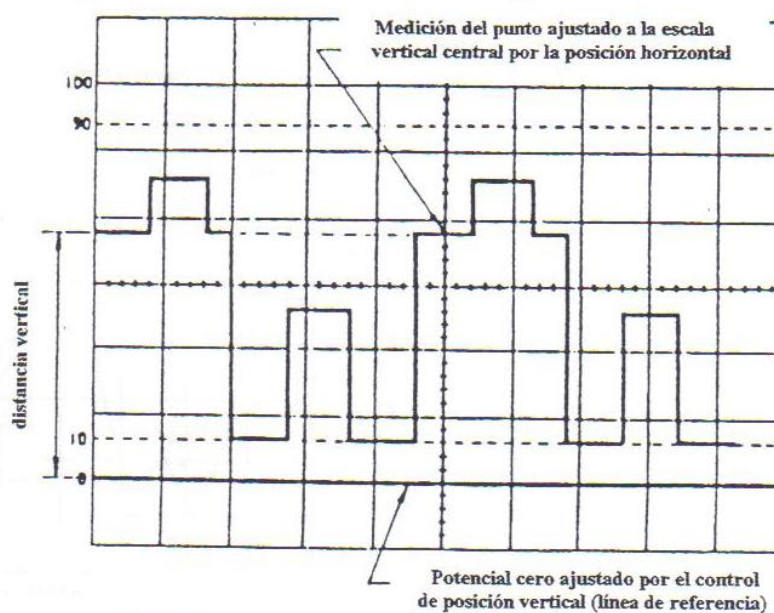


Figura 4.3
Medida de voltaje DC.

4.C.3.2 MEDICIÓN DE VOLTAJE ENTRE DOS PUNTOS DE UNA ONDA. Este procedimiento puede ser usado para medir voltajes pico-pico, o para diferencias de voltajes entre dos puntos sobre la onda.

1. Se conecta la señal de entrada al enchufe de entrada, colocando el conmutador CH 1/CH 2 en el canal respectivo, luego el conmutador AC-GND-DC en AC. Los controles VOLTS/DIV y MAIN TIME BASE se fijan hasta obtener una exposición normal de la onda a ser medida. El control VARIABLE debe colocarse en CAL.

2. Usando el control de posición vertical, se ajusta la posición de la onda de forma que uno de los dos puntos caiga sobre la línea de graduación horizontal.

3. Usando el control de posición horizontal, se ajusta el segundo punto para que coincida con la línea de graduación vertical central.

4. Se mide la distancia vertical entre los dos puntos (al menos tres divisiones son deseadas para una mejor exactitud). Se multiplica luego el número de divisiones por el número en el control VOLTS/DIV. Si se usa una sonda, se debe multiplicar por la proporción de atenuación de la sonda.

El resultado es compendiado por la siguiente ecuación:

$$\text{Voltaje} = \text{Div Vert} \times \text{VOLTS/DIV} \times \text{SONDA}$$

Para el ejemplo que se muestra en la figura 4.4, los dos puntos son separados por 4.4 divisiones verticales. Si el control VOLTS/DIV está en 20 mV y una sonda 10:1 es usada, el voltaje se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Voltaje} = 4.4 (\text{div}) 20 (\text{mV/div}) \times 10 = 880 \text{ mV}$$

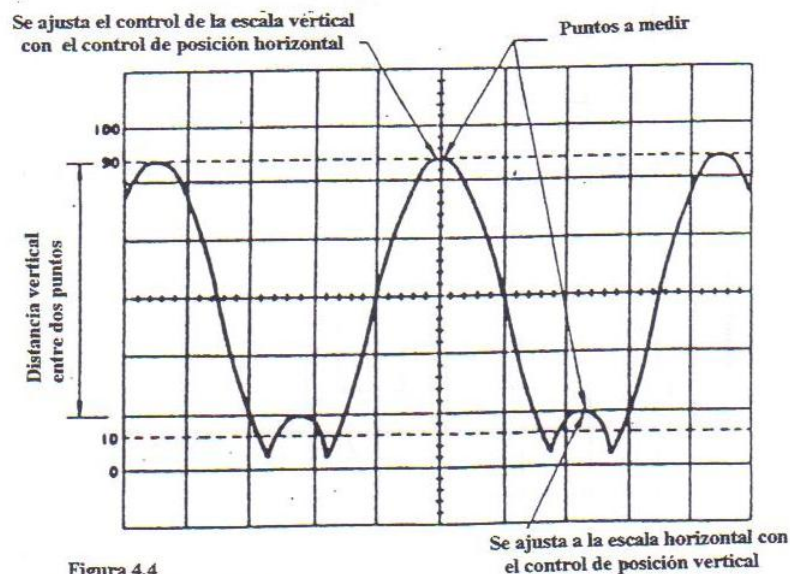


Figura 4.4
Medición de voltaje AC.

4.C.3.3 MEDICIÓN DEL TIEMPO. Este es el procedimiento para realizar mediciones de tiempo (período) entre dos puntos sobre una onda. Los dos puntos pueden ser el inicio o el final de un ciclo completo.

1. Se conecta la señal a la clavija de entrada y se coloca el conmutador CH 1/CH 2 en el canal que se introduce la señal. Se fijan los controles VOLTS/DIV y MAIN TIME BASE hasta obtener una exposición normal de la onda. Cerciórese de que el control VAR SWEEP esté en CAL.

2. Usando el control de posición vertical, coloque uno de los dos puntos como referencia que coincida con la línea central horizontal. Luego, con el control de posición horizontal coloque este punto en la intersección de cualquier línea de la graduación vertical.

3. Mida la distancia horizontal entre estos dos puntos (al menos cuatro divisiones son deseadas para una mejor exactitud). Esta se multiplica por el número en el control MAIN TIME BASE para obtener el tiempo entre los dos puntos. Si la magnificación X10 es usada, todo se multiplica por 1/10.

El resultado es compendiado por la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo} = \text{div Hor} \times \text{Time/Div} \quad (\times 1/10 \text{ sí X10 es usada})$$

Para el ejemplo mostrado en la figura 4.5, la distancia horizontal entre los dos puntos es 5.4 divisiones. Si el control MAIN TIME BASE es colocado en 0.2 ms y la magnificación X10 no es usada, el tiempo es:

$$\text{Tiempo} = 5.4 (\text{div}) \times 0.2 (\text{ms/div}) = 1.08 \text{ ms}$$

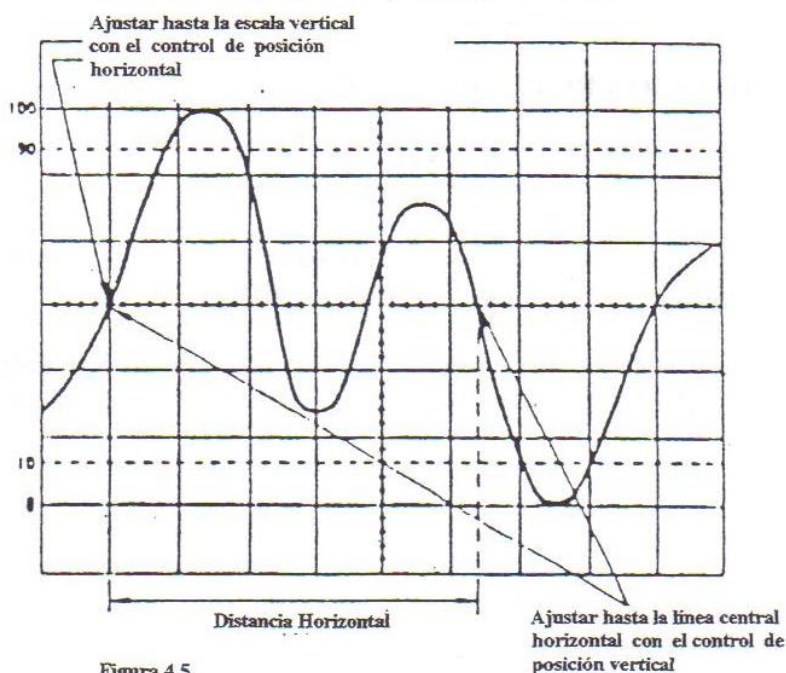


Figura 4.5
Medición del tiempo.

4.C.3.4 MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA. La determinación de la frecuencia es hecha midiendo el período de un ciclo de la onda y así pues, se calcula la frecuencia, la cual es igual al recíproco del período.

1. Se ajusta los controles del osciloscopio para observar un ciclo de la onda (ver figura 4.6)
2. Se mide el período de un ciclo y se calcula la frecuencia de la siguiente forma:

$$\text{frecuencia} = 1 / \text{período}$$

En el ejemplo mostrado en la figura 4.6, un período de $40 \mu\text{s}$ es observado. Sustituyendo este valor en la ecuación anterior se tiene:

$$\text{Frecuencia} = 1 / 40 \times 10^{-6} \text{s} = 2.5 \times 10^4 \text{ Hz} = 25 \text{ KHz}$$

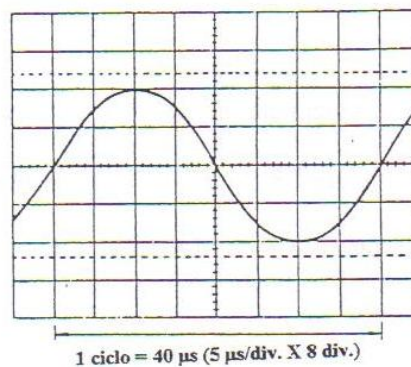


Figura 4.6
Medición de la frecuencia.

4.C.3.5 MEDICIÓN DE LA DIFERENCIA DE FASE

4.C.3.5.1 MÉTODO N° 1 (Ver figura 4.7). Este procedimiento es útil para determinar la diferencia de fase en señales de la misma frecuencia.

1. Las dos señales se conectan a las clavijas CH 1 y CH 2, seleccionando el modo de observación del trazo dual (bien ALT o CHOP).
2. Se coloca el conmutador SOURCE en la señal que lleva la delantera en la fase. Se ajustan los controles VOLTS/DIV y VARIABLE de forma que las dos ondas tengan igual amplitud.
3. Los controles de posición vertical se usan para posicionar las ondas en el centro vertical de la pantalla. Los controles MAIN TIME BASE y VAR SWEEP se ajustan de forma que un ciclo de la señal de referencia ocupe ocho (8) divisiones horizontales (ver la figura 4.7). Los controles TRIG LEVEL y XPOS son muy útiles en lograr esta observación. Esto se vería como se muestra en la figura 4.7, donde ahora una división representa 45° en fase.

4. Luego se mide la distancia horizontal entre los puntos correspondientes en las dos ondas. Esta distancia (en divisiones) se multiplica por $45^\circ/\text{div}$ para obtener la diferencia de fase, es decir:

$$\text{diferencia de fase } (\phi) = \text{div. hor.} \times 45^\circ/\text{div}$$

Para el ejemplo mostrado en la figura 4.7, la distancia horizontal es 1.7 divisiones. Así, la diferencia de fase es:

$$\phi = 1.7(\text{div}) \times 45^\circ/\text{div} = 76.5^\circ$$

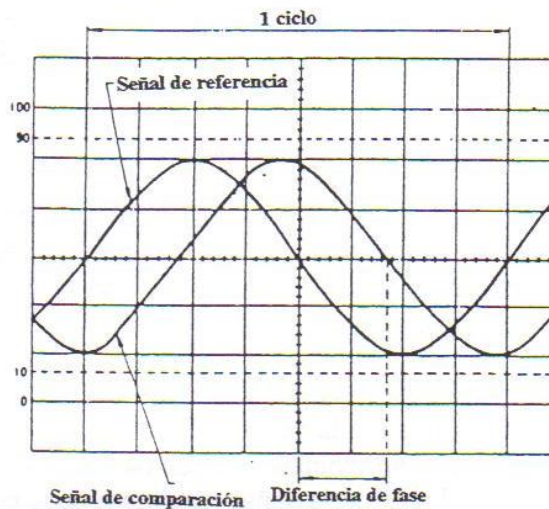


Figura 4.7
Medición de la diferencia de fase.

4.C.3.5.2 MÉTODO N° 2 (Ver figura 4.8). El método anterior permite 45° por división, lo cual no puede dar la exactitud deseada para diferencias de fases pequeñas.

Sí una mayor exactitud es requerida, el valor del MAIN TIME BASE puede ser cambiado para extender la muestra, como se señala en la figura 4.8. El valor del control VAR SWEEP no debe ser tocado. Sí es necesario, el TRIG LEVEL puede ser reajustado. Para este tipo de operación, la relación de una división a 45° no se mantiene. En su lugar, la siguiente ecuación debe ser empleada:

$$\text{Diferencia de fase } (\phi) = \text{div. hor.} \times 45^\circ/\text{div} \times A/B,$$

donde A es el valor en el MAIN TIME BASE y B es el valor original en el MAIN TIME BASE.

Un método más simple, para obtener rápidamente mayor exactitud, es simplemente hacer uso de la magnificación X10 para un factor de escala $4.5^\circ/\text{div}$.

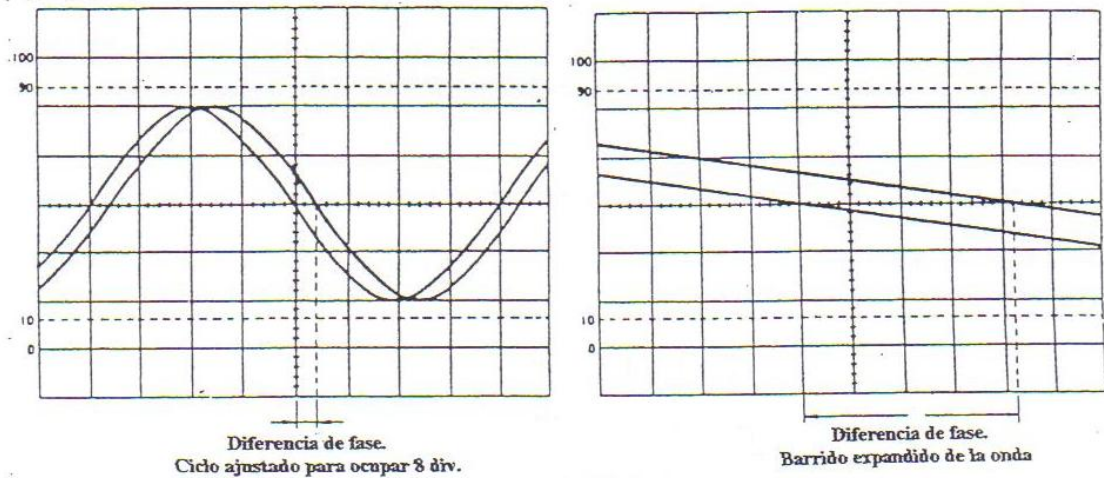


Figura 4.8
Medición de diferencias de fases pequeñas.

C.3.5.3 MÉTODO N° 3 (Uso del modo X-Y). El método de trazo dual para la medición de la fase fue previamente descrito. Un tercer método requiere cálculos basados en las *figuras de Lissajous*, las cuales se obtienen usando el control X-Y. Distorsiones debidas a la amplificación no lineal, pueden ser observadas.

Una señal sinusoidal es aplicada al circuito de prueba o ensayo (circuito desfasador). Esta señal es también aplicada a la entrada vertical del osciloscopio, y la salida del circuito de prueba es aplicada a la entrada horizontal del osciloscopio. La diferencia de fase entre las dos señales pueden ser calculadas de la señal resultante. Los controles de ganancia de los canales 1 y 2 deben ser colocados exactamente a la misma amplitud de la onda en la pantalla en una operación de barrido normal. Luego se selecciona la operación X-Y presionando el control X-Y (todos los controles conmutadores del VERTICAL MODE deben ser liberados). Algunos resultados típicos se muestran en la figura 4.9.

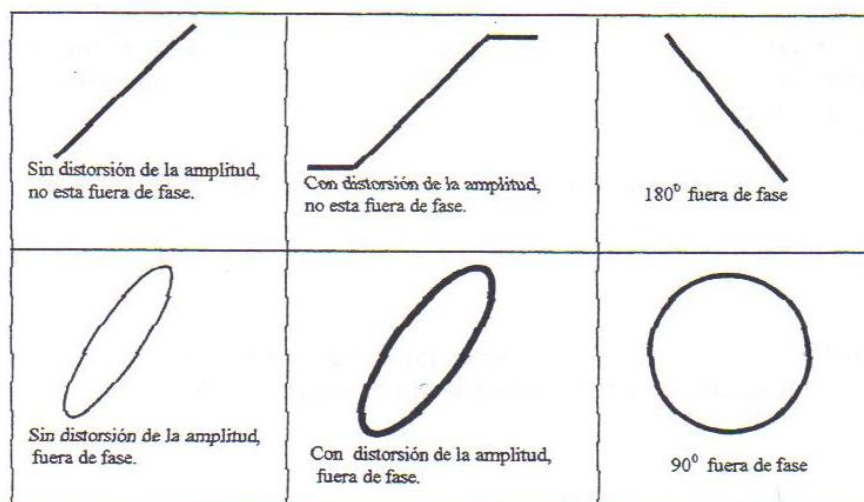


Figura 4.9
Exposición de algunas diferencias de fases en el modo X-Y.

Sí las dos señales están en fase, la señal en el osciloscopio es una línea recta. Sí la ganancia horizontal y vertical son ajustadas correctamente, esta línea está a 45°. Un desplazamiento en fase de 90° produce una muestra circular en el osciloscopio. Un desplazamiento de fase menor ó mayor a 90° produce una muestra elíptica. En todo caso, el desplazamiento de fase, puede ser calculado de la figura en el osciloscopio, como se muestra en la figura 4.10

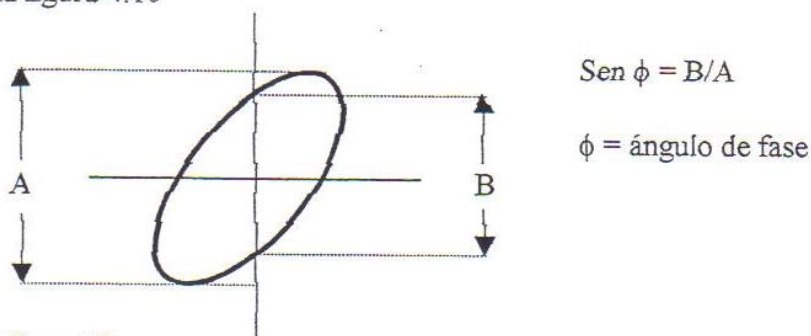


Figura 4.10
Mediciones de fase en la posición X-Y

4.D EQUIPO Y MATERIAL NECESARIO

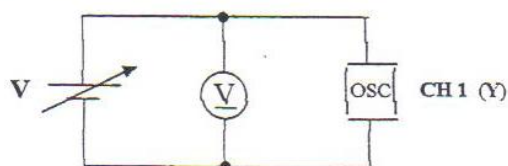
Osciloscopio de dos canales. Fuente de alimentación DC. Generador de señales. Circuito RC para producir desfase. Multímetro digital Cables para las conexiones.

4.E PROCEDIMIENTO.

4.E.1 EXPERIMENTAL. Antes de poner a funcionar el osciloscopio, el estudiante debe hacer los ajustes correspondientes para su puesta en marcha.

4.E.1.1 MEDICIÓN DE VOLTAJE DC. Utilice la fuente de tensión continua entre los valores de 0 V a 12 V.

4.E.1.1.1 Realice el siguiente montaje:

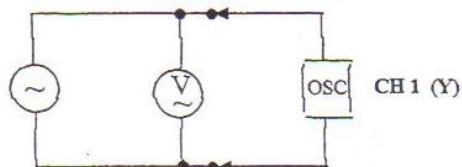


4.E.1.1.2 Complete la siguiente tabla:

Fuente de Poder (V)			
Divisiones Verticales			
VOLTS/DIV			
Sonda			
Nivel DC (V)			

4.E.1.2 MEDICIÓN DE VOLTAJE AC. La frecuencia sinusoidal del generador de señales debe ser del orden de 10^3 Hz.

4.E.1.2.1 Realice el siguiente montaje:

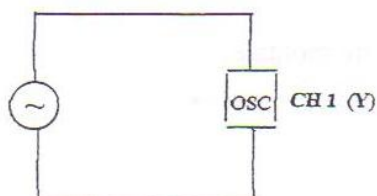


4.E.1.2.2 Complete la siguiente tabla:

Lectura en V			
Divisiones Verticales			
VOLTS/DIV			
Sonda			
V_{PP}			
V_{RMS}			

4.E.1.3 MEDICIÓN DE LA FRECUENCIA. Utilizando el generador de señales (onda sinusoidal), seleccione siete frecuencias arbitrarias que cubran todo el rango (desde 0.1 Hz hasta 100 KHz). El control de la amplitud del generador de señales debe estar a la mitad.

4.E.1.3.1 Realice el siguiente montaje:

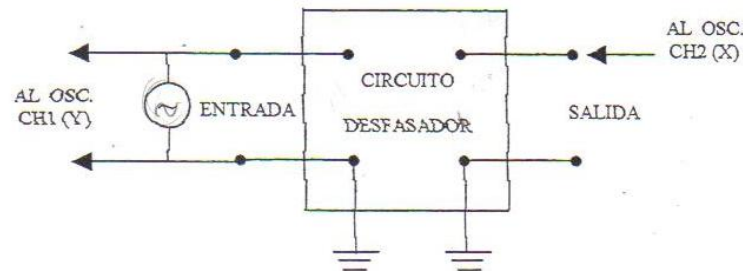


4.E.1.3.2 Complete la siguiente tabla:

Frecuencia del Generador							
TIME/DIV							
Nº de Divisiones Horizontales para un ciclo							
Período (s)							
Frecuencia Medida (Hz)							

4.E.1.4 MEDICIÓN DE DESFAJAJE. La medición de desfase la haremos a través de dos métodos: método N° 1 (disparo de barrido) y el método N° 3 (figuras de Lissajous). El circuito desfasador debe ser alimentado con el generador de señales a una frecuencia entre 400 Hz y 800 Hz, con una amplitud de 5 V.

4.E.1.4.1 MÉTODO DE DISPARO DE BARRIDO. Estando el osciloscopio ajustado, realice el siguiente montaje:

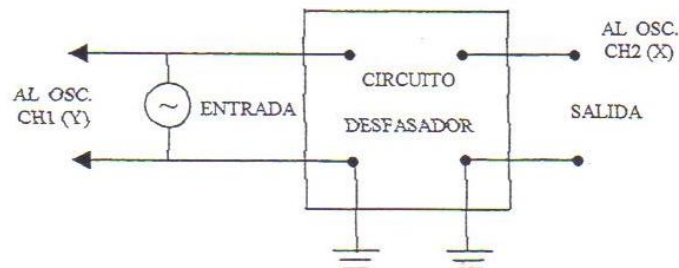


4.E.1.4.1.1 Dibuje la señal observada y determine la diferencia de fase.

Señal observada.

$\phi =$

4.E.1.4.2 MÉTODO DE LAS FIGURAS DE LISAJOUSS. Realice el siguiente montaje:



4.E.1.4.2.1 Dibuje la señal observada y determine la diferencia de fase.

Señal observada

$\phi =$

4.E.2 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

4.E.2.1 Para las tablas de los incisos 4.E.1.1.2, 4.E.1.2.2 y 4.E.1.3.2, compare los valores medidos con los de la fuente de poder, la lectura en el voltímetro y la frecuencia del generador respectivamente.

4.E.2.2 El circuito desfasador es un circuito RC-serie. Con los valores de R y C, determine el valor teórico de la diferencia de fase y compárelo con el valor obtenido experimentalmente. Halle el error para ambos métodos utilizados.

4.F. CUESTIONARIO.

4.F.1 Derive la expresión que aparece en la figura 4.10.