



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
LABORATORIO DE METROLOGÍA”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

PRESENTA:
ANDRÉS CHIMAL FLORES

ASESOR: M. I. JOSÉ JUAN CONTRERAS ESPINOSA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Propuesta para la implementación de un laboratorio
de metrología.

que presenta el pasante: Andrés Chimal Flores
con número de cuenta: 091179014 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Eléctricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de noviembre de 1 2005

PRESIDENTE	M.I. José Juan Contreras Espinosa	
VOCAL	MCE. Rosa María Olvera Medina	
SECRETARIO	Ing. José Manuel Medina Monroy	
PRIMER SUPLENTE	M.I. Víctor Hugo Hernández Gómez	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Erica de la Luz Téllez Mejía	

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES Y HERMANOS.

Porque gracias a su cariño, guía y apoyo he llegado a realizar uno de mis anhelos más grandes de mi vida, fruto del inmenso amor y confianza que en mí se depositó y con los cuales he logrado terminar mis estudios profesionales y obtener el título de INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO ISEA, todo esto constituye el legado más grande que pudiera recibir de ustedes y por lo cual con gran admiración y respeto les viviré eternamente agradecido.

A MIS PROFESORES.

Porque gracias a su apoyo, consejos y enseñanzas he llegado a realizar una de mis metas, la cual es la mejor y la más valiosa para así continuar con mi superación profesional.

ÍNDICE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

I. MULTÍMETRO	1
• Objetivo.	1
• Equipos de prueba empleados más frecuentemente.	1
• Conceptos básicos.	1
• Construcción básica del contador.	2
- Movimiento de torsión del medidor.	
- Bobina del medidor.	
- Sensitividad del medidor.	
- Circuito del medidor.	
- Componentes del circuito del medidor.	
- Interruptor rotativo de la oblea.	
- Interruptores rotativos seriados.	
• Panel frontal del contador.	5
• Escalas de corriente y voltaje.	6
- Lectura de escalas lineales.	
- Marcas de las escalas lineales.	
• Precisión del Multímetro.	7
• Alcances de las escalas lineales.	7
- Lectura de escalas de alcances múltiples.	
- Escalas con dos marcas.	
- Escalas de medidores múltiples.	
- Precauciones al efectuar mediciones.	
• Construcción de Multímetros.	8
- Circuitos del multímetro.	
- Miliamperímetros.	
• Empleo del Multímetro.	10
- Precauciones en general.	
• Multímetro digital.	10
- Características.	
- Especificaciones técnicas.	
II. VOLTÍMETRO.	11
• Objetivo.	11
• Características.	11
• Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV).	12
• Circuitos del Voltímetro de Tubo de Vacío.	13
- Circuito de puente.	
- Importancia del potencial del chasis.	
- Medición de voltajes positivos y negativos.	
- Divisor de voltaje de CC.	
- Sondas del voltímetro de CC.	
- Sondas de alto voltaje.	
- Principios del divisor de voltaje.	
- Divisor de voltaje de CA.	
- Sondas de RF.	

• Uso del Voltímetro de Tubo de Vacío.	18
• Precauciones para el Voltímetro de Tubo de Vacío.	19
• Voltímetro digital.	19
- Aplicaciones.	
- Temperatura.	
• Voltímetro analógico.	20
III. OHMÍMETRO.	21
• Definición.	21
- Ohmímetro tipo serie.	
- Ohmímetro tipo derivación.	
• Escalas del ohmímetro.	22
- Circuitos del ohmímetro.	
- Determinación de las marcas en las escalas del ohmímetro.	
- Diseño de las escalas del ohmímetro.	
- Precisión de las lecturas.	
- Alcances de resistencias.	
• Uso del ohmímetro.	24
IV. OSCILOSCOPIO.	25
• Objetivo.	25
• Limitación de los medidores.	25
• Importancia de las formas de onda.	25
- Características de la forma de onda.	
• ¿Qué es un osciloscopio?	28
• Tubos de Rayos Catódicos (TRC).	28
- Electrostática.	
- Fuerza de un campo electrostático.	
- Distribución de la fuerza eléctrica.	
- Distribución de las fuerzas eléctricas.	
- Fuerzas electrostáticas entre placas circulares y tubulares.	
• Cañón de electrones.	32
- Cátodo y rejilla.	
- Control de enfoque.	
- Lentes electrostáticos.	
• Sistema de deflexión del haz electrónico.	34
- Factores que influyen en la deflexión.	
- Placas verticales y horizontales.	
- Amplitud contra tiempo.	
- Control de voltaje de las placas horizontales.	
- Cuadrícula del Tubo de Rayos Catódicos (TRC).	
- Designaciones del Tubo de Rayos Catódicos (TRC).	
- Seguridad del Tubo de Rayos Catódicos (TRC).	
• Circuitos de control.	39
- Controles del panel frontal.	
- Fuente de fuerza o de alimentación.	
- Controles del Tubo de Rayos Catódicos (TRC).	
- Controles de las placas de deflexión.	
- Posicionamiento horizontal.	
- Amplificador vertical.	
- Otros requerimientos del amplificador vertical.	
- Base horizontal de tiempo.	
- Circuitos de oscilador de barrido.	

- Desarrollando la forma de onda de diente de sierra.
- Generador típico de diente de sierra.
- Control de la frecuencia y el tiempo de los dientes de sierra.
- Controles horizontales.
- El osciloscopio completo.
- Similitudes entre los osciloscopios.

• Uso del osciloscopio.	51
- Para encender el osciloscopio.	
- Obtención de un patrón en la pantalla.	
- Número de ciclos en la pantalla.	
- Otras posiciones preparadas de antemano.	
- Lectura de la forma de onda.	
- Figuras de Lissajous.	
- Análisis de una figura de Lissajous.	
- Ejemplos adicionales de figuras de Lissajous.	

V. EL PUENTE DE WHEATSTONE. 60

• Objetivo.	60
• ¿Qué es un puente?	60
• ¿Cómo actúa un circuito de puente?	61
- Relación de voltaje en circuitos paralelos.	
• Puentes de resistencia.	64
• El Puente de Wheatstone.	65
- Representación esquemática.	
- El funcionamiento del puente.	
- Funcionamiento del Puente de Wheatstone.	
- Otro puente de resistencia.	
• Medida de la capacitancia con un puente.	66
- Determinando relaciones en puentes de capacitancia.	
- Puente práctico de capacitancia.	
- Midiendo factores de fuerza.	
- Midiendo la dispersión de condensadores.	
• Midiendo inductancias con el puente.	70
- Típico puente de inductancia.	
- Midiendo el Q de un inductor.	

VI. PRÁCTICAS DE LABORATORIO. 73

I. Metrología del taller.	74
II. El ohmímetro.	78
III. Voltímetro- Amperímetro.	84
IV. El amperímetro.	90
V. Amperímetro D'Ansorval.	95
VI. El voltímetro.	100
VII. El osciloscopio.	105
VIII. Puente de Wheatstone.	112

VII. CONCLUSIONES. 118

VIII. CONCEPTOS BÁSICOS. 119

IX. BIBLIOGRAFÍA. 122

INTRODUCCIÓN

En el área industrial o en el sector productivo se usan muchos instrumentos de medición de múltiples formas, de los cuales el técnico electricista tiene que identificar los que sirvan para diagnosticar, verificar, analizar o comprobar algún parámetro eléctrico de tensión, de corriente, de resistencia o de la potencia consumida por un dispositivo o máquina eléctrica.

En la especialidad de electricidad industrial se estudia el uso y manejo de los instrumentos de medición. La materia de Metrología sirve de apoyo a diferentes asignaturas, ya que proporciona los conocimientos teóricos básicos sobre los elementos resistivos, inductivos o capacitivos que integran los circuitos eléctricos, aplicables en la obtención de los valores que da un instrumento de medición empleado por el alumno.

El campo de acción para cada uno de esos instrumentos es muy variado; por ejemplo, en un laboratorio de control de calidad o de línea, en un taller de reparaciones o servicio, o en alguna industria que requiera comparar o indicar el buen funcionamiento del elemento o equipo que se esté revisando o analizando.

Para lograr el máximo aprovechamiento del laboratorio, se deben de acatar todas las normas de seguridad que se requieren en el desarrollo de cada práctica, así como comprender los conceptos teóricos referentes a cada instrumento.

Comúnmente el equipo utilizado en el laboratorio es muy costoso, por lo cual hay que tener una actitud responsable en el uso y manejo de los aparatos de medición. Recordando que en metrología se requiere precisión y no rapidez. Al realizar alguna práctica hay que ajustarse a las normas de seguridad señaladas y a las indicaciones del instructivo sobre la secuencia de las operaciones, para obtener un buen funcionamiento de los instrumentos, además, de respetar la sensibilidad a la forma de montaje, así como el rango del aparato. Aplicar el método científico en la práctica conducirá a ser más analítico en un proceso totalmente definido, tal como lo es el de un aparato de medición. Partiendo de estas consideraciones, es lógico proceder de lo más fácil a lo más complejo.

Aquí se incluyen prácticas de construcción de patrones, de los cuales se comprobará su precisión. Además, se medirá y comparará la resistencia eléctrica con otros aparatos de poca o mucha sensibilidad, como el ohmímetro, el multímetro y otros métodos de obtención de resistencia como el puente de Wheatstone. Se realizará también la aplicación directa del voltímetro o amperímetro y así como la utilización del osciloscopio e identificación de la energía que consume un circuito.

Las prácticas que aquí se incluyen contienen una síntesis teórica, un desarrollo con ilustraciones, tablas y un breve cuestionario de evaluación, además de las conclusiones que se deberán de anotar y que servirán para determinar un avance en el conocimiento adquirido. También se incluyen conceptos básicos que deben estar presentes para el uso y manejo de los instrumentos.

Todas las prácticas están en función del equipo aquí descrito, sin embargo, no siempre es posible contar con este equipo en el laboratorio, pero puede ser reemplazado por algún otro, siempre y cuando se respeten las características de cada uno.

Estos equipos e instrumentos de prueba, constituyen una parte importantísima de la electrónica. Además de explicar como funcionan los equipos de medición, discurre igualmente sobre la manera apropiada de usar los instrumentos. En esta forma, se mantiene el interés en la materia, y el proceso de aprendizaje se hace más sencillo. La materia a estudiar gira alrededor de los principios y el diseño de los instrumentos de prueba de uso común. De este modo, el conocimiento adquirido aquí puede aplicarse prácticamente en la localización de averías y defectos en equipos eléctricos y/o electrónicos.

I. MULTÍMETRO

OBJETIVO.

Aprender el funcionamiento del Multímetro, el instrumento empleado con más frecuencia por los técnicos, además de obtener la capacidad para medir voltaje, corriente, resistencia y otras características eléctricas, también saber que la finalidad de su creación es la transferencia de información procedente del circuito al técnico.

EQUIPOS DE PRUEBA EMPLEADOS MÁS FRECUENTEMENTE.

Existen varias clases básicas de equipos de prueba. El multímetro es uno de ellos. Unos tienen una mayor precisión que otros. Algunos instrumentos son más fáciles de ajustar o emplear que otros. El equipo también puede variar en el tipo de información que el instrumento puede proporcionar.

Los tipos de instrumentos en una clase de equipo de prueba, pueden variar, pero la forma en que funcionan y los procedimientos para usarlos correctamente, son básicamente los mismos. Por esta razón no es necesario aprender paso a paso los procedimientos para emplear cada uno de los cientos de modelos diferentes.

CONCEPTOS BASICOS

Un multímetro reúne las características de un voltímetro y un ohmímetro en un solo instrumento que no tiene más que un movimiento de contador

UN MULTIMETRO REPRESENTA VARIOS CONTADORES EN UNO

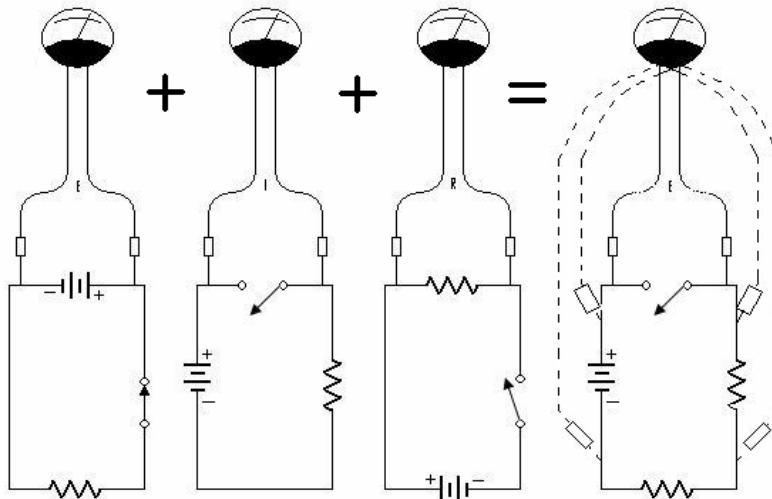


Figura 1

Un multímetro puede emplearse para medir voltaje, corriente y resistencia dentro de los límites de distintas clasificaciones de valores. Desde el punto de vista técnico, un multímetro está compuesto de tres secciones básicas: contador, circuitaje y panel delantero o de control.

La bobina del contador acciona una aguja a través de una escala graduada hasta detenerse en un punto que indica la medición que se está llevando a cabo. El circuitaje es una red de componentes que determina los funcionamientos y amplitudes. El panel frontal o de control está compuesto por botones y clavijas que permiten el manejo del instrumento.

La mayoría de los controladores tienen movimiento de bobina móvil. Tal como el nombre indica, el movimiento tiene una bobina de alambre que se halla en libertad de girar entre los polos magnéticos norte y sur de un imán permanente. La corriente que fluye por medio de la bobina forma un campo magnético. Este campo reacciona con el campo que existe entre los polos del imán y provoca la rotación de la bobina. Una aguja o indicador, que va unida a la bobina, se mueve a una posición determinada en la escala graduada; la posición de la aguja depende de la cantidad de corriente que pase a través de la bobina.

CONSTRUCCIÓN BÁSICA DE UN CONTADOR

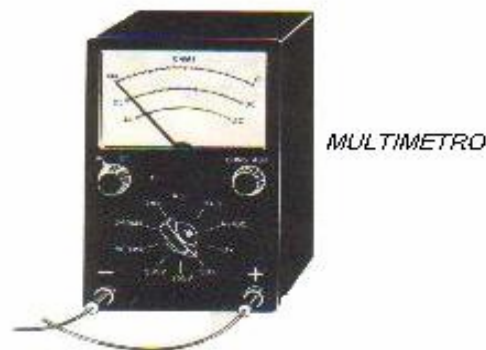
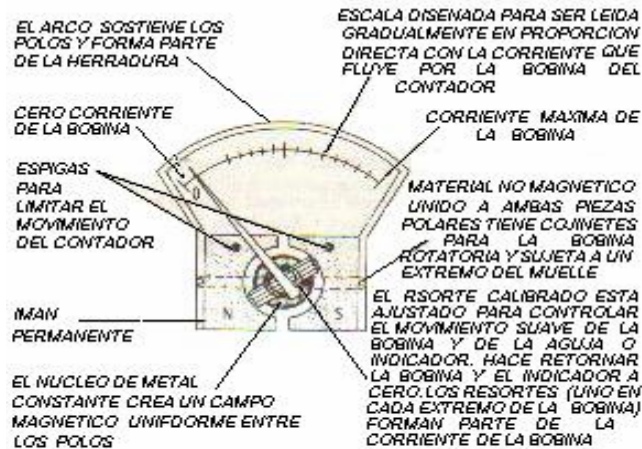


Figura 2

Movimiento de torsión del medidor.

Cuando una corriente de poca intensidad pasa a través de la bobina, se produce un débil campo magnético. Esto hace que una pequeña fuerza se genere entre el campo de la bobina y el campo permanente. Por lo tanto, la bobina y el puntero rotan ligeramente. Si una corriente es de mayor intensidad y pasa por la bobina, se produce un campo magnético de más fuerza, por lo tanto, se produce mayor movimiento de torsión y más rotación de la bobina y el puntero.

Bobina del medidor.

La bobina del medidor está formada de alambre muy fino en un marco rectangular de aluminio. El marco de la bobina está montado de tal manera que puede rotar libremente en el espacio entre el núcleo y los polos. En algunos medidores, un botón en el panel delantero, colocado exactamente encima del eje puntero, permite ajustar con precisión la posición del mismo. El puntero debe estar en cero cuando no pasa corriente a través de la bobina.

Sensibilidad del medidor.

La Sensibilidad del medidor se expresa de dos maneras: Sensibilidad a la corriente y Sensibilidad a los ohmios por voltio. La Sensibilidad a la corriente se determina por medio de la cantidad de corriente requerida por el movimiento del medidor para ocasionar una deflexión completa a través de la escala del puntero. La Sensibilidad a ohmios por voltio expresa el tamaño del resistor que debe estar en serie con el medidor para que ocurra una deflexión completa a través de la escala del puntero con la aplicación de un voltio.

Sensibilidad a la corriente: esta depende del número de vueltas en la bobina del medidor. También depende de la fuerza del campo del imán permanente. Esta se expresa como el número de miliamps (ma) o microamp (µa) requeridos para una deflexión completa. El movimiento típico de un medidor tiene resistividades a la corriente de 1 ma a 50 µa.

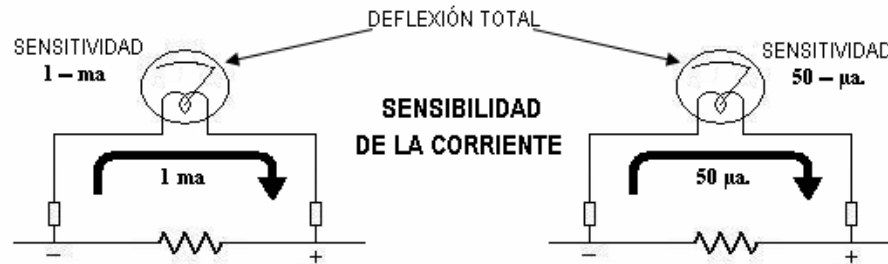


Figura 3

Sensibilidad a los ohmios por voltio: Esta se determina por la resistencia total que debe estar en serie con el circuito del medidor para obtener deflexiones completas por medio de la Ley de Ohm.

$$R \text{ (ohmios por voltio)} = \frac{E \text{ (1 voltio)}}{I \text{ (sensibilidad de la corriente)}}$$

Para un medidor de 50 µa (0.0005 amp), la resistencia es de 20,000 ohmios, resultado de una resistividad de 220,000 ohmios por voltio.

SENSIBILIDAD DE OHMIOS POR VOLTIOS

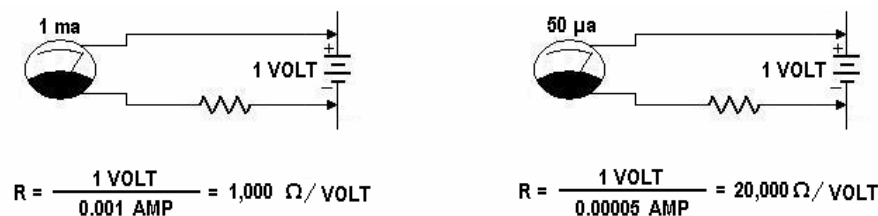


Figura 4

Circuito del medidor

El medidor es un aparato para medir corrientes. Para proveer medidas precisas, los valores eléctricos de los componentes del circuito deben ser bastante precisos. El diseño el circuito debe tener en cuenta todos los tipos de medidas que se van a tomar con el medidor.

Si un medidor mide solo una característica y si tiene un solo alcance será relativamente sencillo. Sin considerar alcances, hay cuatro tipos básicos de circuitos de multímetros.

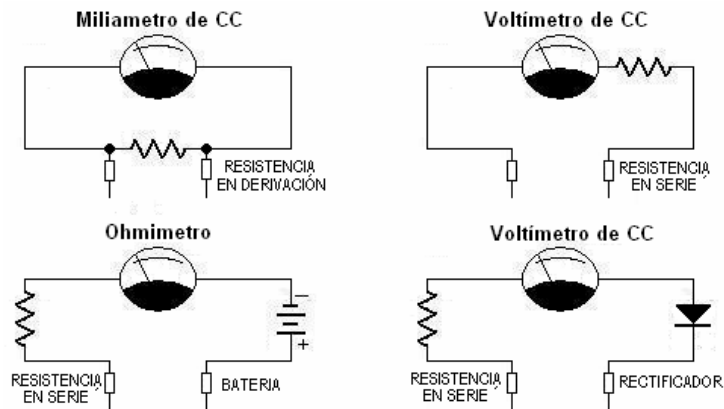


Figura 5

Componentes del circuito del medidor

La figura 5 muestra como el circuito del multímetro requiere de resistencias en serie o derivadas, una batería para medir en ohmios y un diodo para limitar la dirección de la corriente cuando se mida el voltaje en CA. Para obtener los valores seleccionados en el circuito. Los circuitos están conectados a los controles del panel delantero que proveen maneras de seleccionar las funciones y alcances deseados.

Interrupor rotativo de la oblea.

Estos interruptores se usan a menudo para proveer selección de alcances. Como se muestra en el diagrama de la figura 6, una oblea metálica gira hasta alcanzar una posición determinada. La hoja de la oblea entra en contacto a partes apropiadas del circuito.

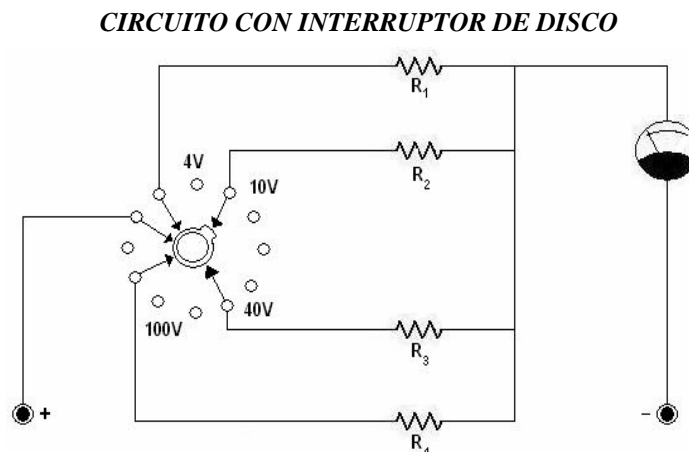


Figura 6

El multímetro puede tener un solo interruptor rotativo con bastantes obleas para seleccionar la función (Ω , amp, volts de CC o de CA) y el alcance apropiado para la función. En un multímetro con dos interruptores, por lo general uno de ellos selecciona la función del medidor y el otro selecciona el alcance.

Interruptores rotativos seriados.

El esquema de la figura 7 es otro de los métodos para representar interruptores. Indica como un par de interruptores (S_1 y S_2) pueden usarse para hacer rotativas todas las conexiones necesarias en un multímetro. La línea de rayas indica que las secciones del interruptor S_2 están seriadas, es decir, que las obleas están conectadas mecánicamente al mismo eje.

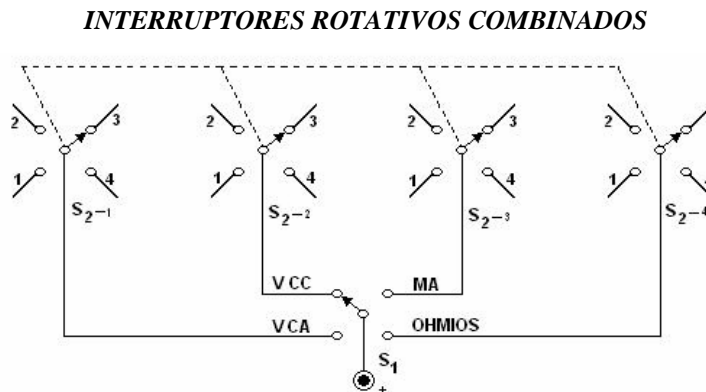


Figura 7

PANEL FRONTAL DEL CONTADOR.

El panel delantero del multímetro tiene una escala para leer valores y posiciones; para colocar o ajustar la posición del puntero. Medios para seleccionar el tipo de medidas que se van a tomar y los alcances deseados también se proveen. Los tomacorrientes para insertar las líneas de prueba están montados en el panel.

En algunos instrumentos se usa una combinación de interruptores de oblea rotativos y de clavijas. El interruptor selecciona el alcance deseado. La línea de prueba roja que introduce en el tomacorriente marcado con la cantidad que se va a medir, y la línea de prueba negra, se coloca en el tomacorriente marcado COMÚN.

Otro de los métodos utilizados es emplear varios tomacorrientes en el panel delantero. Se insertan las líneas de prueba en las posiciones deseadas, uno en el tomacorriente marcado COMÚN y el otro en el marcado con la medida deseada. A continuación se muestra el diagrama de un circuito para voltajes de CC y para medir corrientes.

MULTÍMETRO CON ESPIGA DE TABLERO

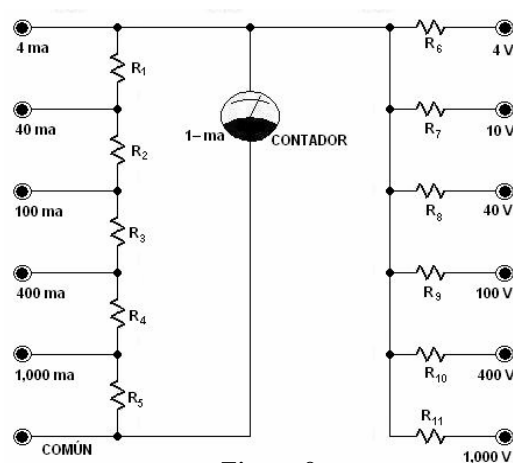


Figura 8

Cualquiera que sea el sistema, hay que cerciorarse siempre de las posiciones antes de tomar las medidas. Si el interruptor se coloca en función no debida o el alcance es muy bajo, puede dañarse el medidor.

ESCALAS DE CORRIENTE Y VOLTAJE.

Las escalas del multímetro están por lo general calibradas para medir las cantidades marcadas en los interruptores o tomacorrientes selectores. Una escala puede usarse para más de una función o alcance. Si se utilizaran escalas diferentes para cada tipo de medida, la esfera del medidor estaría llena de números y sería difícil leerla.

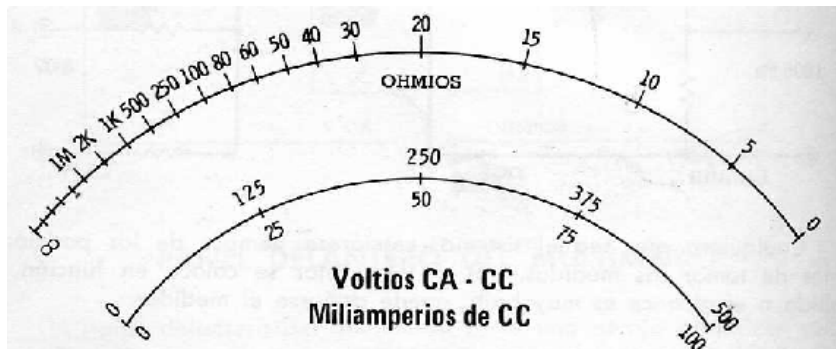


Figura 9

En la figura 9 se muestra un medidor con dos escalas: una escala para ohmios y otra para voltajes CA – CC y corrientes CC. La escala inferior está calibrada de tal manera que cada marca tiene dos valores. El valor depende del alcance que se ha seleccionado. Un medidor con tres escalas tendrá probablemente escalas separadas para ohmios, para voltios CC y miliamperios, y para voltios CA. Cada escala puede tener más de un grupo de números para divisiones que aparecen en ella. Esto hace que se puede dar una lectura adecuada.

Las escalas del multímetro para los voltajes y corrientes son generalmente lineales, esto quiere decir, que las divisiones en la escala están situadas a igual distancia unas de otras. En la escala que mide del 0 al 100, la marca a mitad de camino es 50; a la mitad del 0 al 50, está 25; si las divisiones mayores están subdivididas en unidades menores, los espacios entre las subdivisiones son también iguales.

Lectura de escalas lineales.

Las escalas lineales no son difíciles de leer si se hace con cuidado. Si el puntero está situado entre números o marcas la cantidad correcta se puede estimar fácilmente, determinando las unidades en las cuales están calibradas las subdivisiones.

Las divisiones son 0, 25, 50, 75 y 100 en la escala inferior. En la figura 10 a) y b) se puede observar que las subdivisiones son de 5 unidades cada una. También hay marcas adicionales entre las subdivisiones.

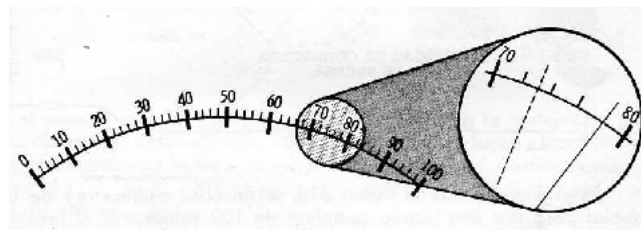


Figura 10 a) El puntero sólido está entre 75 y 80, un poco más allá de la mitad. El medidor indica 78.

¿Cuál es la indicación del puntero quebrado?

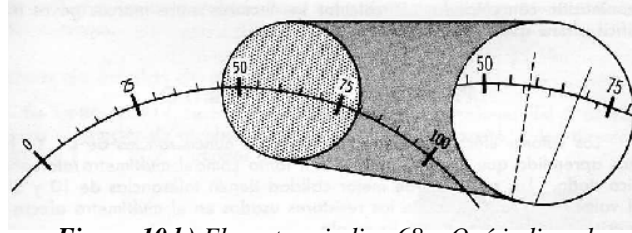


Figura 10 b) El puntero indica 68. ¿Qué indica el puntero quebrado?

Marcas en las escalas lineales.

Por lo general el cero esta a la izquierda. Sin embargo, en raras ocasiones, el cero puede aparecer a la derecha. Esto solo quiere decir que el puntero se moverá de la derecha a la izquierda. El otro lado puede ser 10, 15, 25, 40, 50, 60, 100 o cualquier otro número. Para utilizar la escala hay que determinar la cantidad contenida entre los números marcados y el valor de las subdivisiones. El calcular las lecturas entre marcas ya no es tan difícil como lo era antes.

PRECISIÓN DEL MULTÍMETRO.

Los valores eléctricos de los componentes nunca son precisos. El mismo movimiento del medidor puede ocasionar algún error. Por ejemplo, las lecturas pueden errar 1 voltio en 100 voltios a través de una escala de 100 voltios. Un error de 1 voltio en 100 voltios es 1%, pero la diferencia de 1 voltio por cada 10 voltios representa un error del 10 %. Por esa razón las lecturas de voltajes y corrientes deben de tomarse en la mitad superior de la escala si es posible.

ALCANCES DE LAS ESCALAS LINEALES

Algunas veces es necesario tomar medidas de hasta 100 o quizá 1,000 voltios; y otras ocasiones de pocos voltios. Una escala de 1,000 voltios provee todas estas lecturas, pero la precisión de leer 6 voltios será muy poca. También las más pequeñas diferencias de la escala de 1,000 voltios son muy difíciles de percibir. Para estas limitaciones, el multímetro tiene varios alcances.

Lectura de escalas de alcances múltiples.

En la figura 11 la escala está marcada en divisiones de 0 a 10. Cuando el selector de alcances está en 10 V el valor exacto se lee directamente en los valores marcados en la escala.

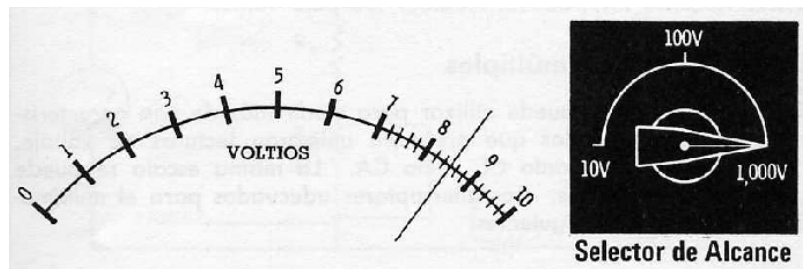


Figura 11

Si el selector se encuentra marcando 100 V, los valores en la escala se multiplican por 10 para obtener el valor medido. Si el valor medido fuera de 10 voltios, el puntero efectuará una lectura completa si el alcance del medidor está en 10 V. en el alcance de 100 V el puntero se detendrá en el 1; 10 por 1 es igual a 10 voltios.

Escalas con dos marcas.

Este tipo se usa en multímetros cuyos alcances no son múltiplos de 10 veces el valor de la escala completa. Un ejemplo se tiene en la figura 12. Aquí se pueden aplicar los principios utilizados en el ejemplo.

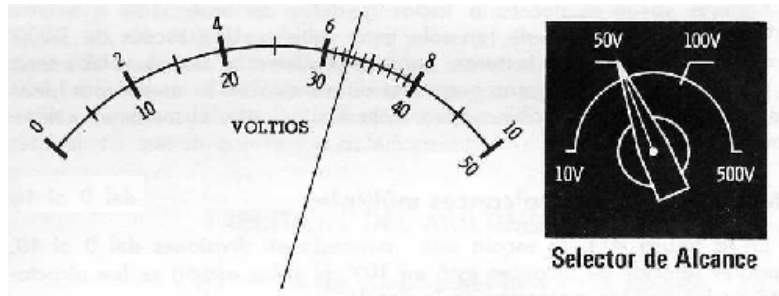


Figura 12

Escalas de medidores múltiples.

Una escala lineal se puede utilizar para medir más de una característica eléctrica. Los siguientes ejemplos de la figura 13 utilizan lecturas de voltaje. Estos podían haber sido tanto de CA como de CC. La misma escala se puede usar para leer miliamperios. Los interruptores adecuados para el multímetro pueden ser como los siguientes:

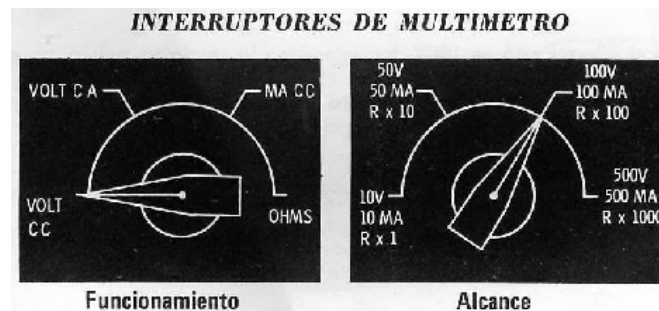


Figura 13

Precauciones al efectuar mediciones.

Cuando se tome una medida, hay que habituarse para tomar la primera en la escala más alta. Esta precaución evita daños al medidor. Por ejemplo, una medida de 500 voltios tomada en el alcance de 10 puede hacer que pase demasiada corriente por la bobina del medidor. Esto puede hacer que se queme la bobina o que se doble el puntero con la aguja retardada. Por lo tanto, a no ser que se esté absolutamente seguro de qué alcance se va a utilizar hay que colocar el alcance del multímetro en el mayor cuando se vaya a tomar la primera medida.

CONSTRUCCIÓN DE MULTIMETROS.

La totalidad de los amperímetros de tipo analógico, son fabricados a partir de un galvanómetro de D'Arsonval y un conjunto de resistencias acompañadas algunas veces de una fuente de poder. Si añaden resistencias en serie se obtiene un voltímetro, si se añaden en paralelo entonces se obtiene un amperímetro y si a uno de los arreglos se le conecta una fuente fácilmente se obtiene un ohmímetro.

Todas las resistencias presentan un margen de error que se definen como tolerancia, la cual representa también un margen de error en los cálculos realizados a partir de ellas.

Cuando hay que realizar un cambio de escala en el Multímetro, se está midiendo corriente, esto debe hacerse con las puntas de prueba fuera del circuito en cuestión para protección del tester.

Antes de energizar un circuito debe revisarse su correcto montaje para evitar averías tanto en los equipos como en los elementos del circuito.

Para calcular de manera efectiva el margen de error entre dos lecturas de la misma magnitud, se debe tener en cuenta que las cifras significativas juegan un papel muy importante en cuanto a la exactitud del margen de error.

Los multímetros son una herramienta de prueba y de diagnóstico invaluable para los técnicos electricistas, técnicos en mantenimiento, aire acondicionado y refrigeración así como otros profesionales que desean usar este instrumento en sus respectivas áreas y expertos en múltiples disciplinas.

Circuitos de multímetros.

Es importante aprender como funcionan los circuitos de alcances, además de las funciones para saber como usar el multímetro debidamente. Estos circuitos también ayudarán a desarrollar la capacidad para analizar circuitos eléctricos. Los circuitos del multímetro deben analizarse por porciones separadas, uniéndolas todas después hasta desarrollar un multímetro típico. Cada porción se representará primero con interruptores giratorios y después con tomacorrientes.

Miliamperímetros

En los siguientes esquemas se muestra un circuito típico del miliamperímetro de CC con interruptores giratorios. Los valores de los resistores están marcados; estos varían de acuerdo con el multímetro.

MILIAMPERÍMETRO DE CC

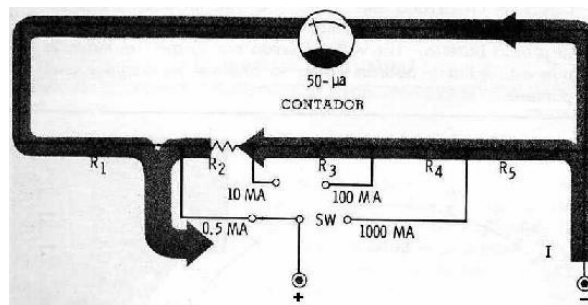


Figura 14.a

Note como la disposición consiste en un circuito paralelo en el cual la resistencia se puede cambiar en ambas ramas, haciendo girar un interruptor. Imagine que el interruptor tiene un movimiento de $50 \mu\text{a}$, la relación de resistencia debe de ser tal que $50 \mu\text{a}$ sea la máxima corriente que fluye por la rama del medidor en cada disposición del interruptor.

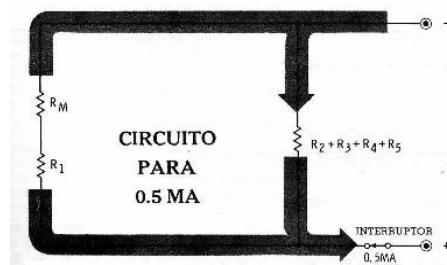


Figura 14.b

¿Qué parte de la corriente total (0.5 ma) debe de fluir por la derivación? $500 \mu\text{a} = 0.5 \text{ ma} - 50 \mu\text{a}$ (la máxima corriente del medidor) es igual a $450 \mu\text{a}$. Esto quiere decir, que la relación de corriente de derivación a la corriente del metro debe de mantenerse en 9 a 1. Por lo tanto, la resistencia de derivación debe de ser de $1/9$ de la resistencia de la rama del medidor. Con algunos medidores el resistor R_1 se incluye como, parte del movimiento básico, del medidor para aumentar su resistencia. Esto es necesario algunas veces para que la resistencia de derivación y los alcances de alta corriente no sean demasiado pequeños.

EMPLEO DEL MULTÍMETRO.

Hasta ahora se ha mostrado como esta constituido un multímetro y este conocimiento ayudará notablemente para darle un uso adecuado. Sin embargo, no esta por demás hacer notar algunas recomendaciones:

Precauciones en general.

- Antes de usar un multímetro hay que analizar y aplicar la información que aquí se ha proporciona, así como también los diagramas y esquemas del circuito para ver su conexión.
- Mantener limpio el panel frontal. La mugre y la humedad alrededor de los tomacorrientes pueden actuar como derivaciones para la corriente.
- Tomar siempre las medidas con toda la precisión posible. Hay que hacerse del hábito de la precisión para poder tomar medidas precisas cuando se considere necesario.
- Tratar los controles del panel frontal con cuidado. No hacer que los interruptores giren más allá de sus límites.
- Mantener las manos apartadas de las terminales metálicas y de las líneas de prueba. Si no se hace, puede recibir una descarga eléctrica al medir corrientes y voltajes. La resistencia del cuerpo, a través de las líneas de prueba indicará valores erróneos en el instrumento.

MULTIMETRO DIGITAL.

CARACTERISTICAS

- Tamaño de bolsillo con medición ACA de alta precisión.
- Pantalla LCD de fácil lectura
- Mediciones ACA, DCA, ACV, DCV, Diodo, hFE.
- Línea completa de adaptadores adicionales de temperatura, luz, corriente (Pinza DC/AC), humedad, RPM, presión, EMF.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- Pantalla: 13 mm (0.5"), LCD 3 1/2 dígitos.
- Lectura Máxima 1999
- Mediciones: 18 rangos, ACA, DCA, ACV, DCV, Diodo, hFE, ohms
- Polaridad: Cambio automática, "-" indica polaridad negativa"
- Ajuste a Cero: Ajuste automático
- Tiempo de Muestreo: Aproximadamente 0.4 segundos
- Temperatura para operación: de 0 a 50 grados, (32 °F a 122 °F)
- Humedad para operación: menos de 80 % de RH
- Fuente de Poder: 006 P DC Batería de 9 v
- Consumo de Poder: Aproximadamente DC 5 mA.
- Dimensiones: 120 x 72 x 37 mm (4.7 x 2.8 x 1.4 plg.)
- Peso: 185 gms./0.41 lbs.



II. VOLTÍMETROS.

OBJETIVO.

Aprender la utilización, la función y operación del *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)*. Así como también, por comparación, las ventajas del *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* sobre el multímetro. Además de identificar que tipo de medidor utilizar para cualquier circuito.

CARACTERISTICAS.

Un dispositivo que mide diferencias de potencial recibe el nombre de *voltímetro*. La diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera en el circuito puede medirse uniendo simplemente las terminales del voltímetro entre estos puntos sin romper el circuito.

La diferencia de potencial en el resistor Rx se mide conectando el voltímetro en paralelo con Ry. También en este caso, es necesario observar la polaridad del instrumento. La terminal positiva del voltímetro debe conectarse en el extremo de resistor al potencial más alto, y la terminal negativa al extremo del potencial más bajo del resistor. Un voltímetro ideal tiene resistencia infinita de manera que no circula corriente a través de él. Como se puede observar esta condición requiere que el voltímetro tenga una resistencia que es muy grande en relación con Ry. En la práctica, si no se cumple esta condición, debe hacerse una corrección respecto a la resistencia conocida del voltímetro.

El *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* por su diseño, tiene algunas ventajas que no se encuentran en el multímetro. La ventaja primordial es que se puede utilizar para medir voltajes sin cargar con exceso el circuito. Por ejemplo, un multímetro de 1,000 ohmios / voltios en el alcance de 50 voltios colocará 50,000 ohmios a través del circuito a medir. Como que esto proporciona otra ruta para la corriente, el multímetro está cargando el circuito.

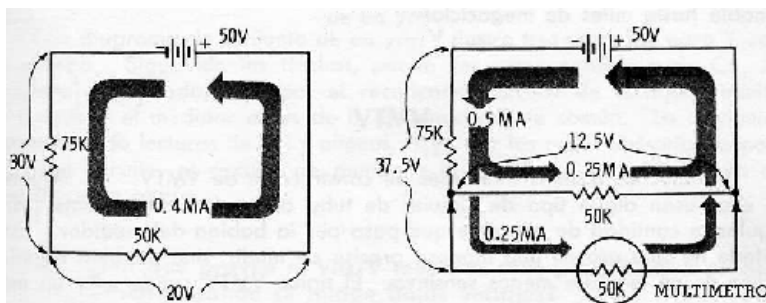


Figura 15

De acuerdo con la Ley de Ohm, uno debe de poder medir 20 voltios a través de un resistor de 50 K en el circuito de la Figura 15. El multímetro obtendrá una lectura de 12.5 V ($0.25 \mu A \times 50 K$). Este es un error grande.

Un multímetro de 20,000 ohmios / voltios, por causa de su mayor resistencia de entrada, causará menos carga en el circuito. El típico *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* tiene una resistencia de entrada de 10, 000,000 de ohmios, cualquiera que sea el alcance. Enseguida tenemos una gráfica en la cual se hace la comparación a ambos medidores.

ALCANCE	Resistencia de Entrada		EFECTOS DE LA CARGA
	VMTV	Multímetro	
5 V	10 meg	0.1 meg	VMTV 100 veces menos
10 V	10 meg	0.2 meg	VMTV 50 veces menos
50 V	10 meg	1 meg	VMTV 10 veces menos
100 V	10 meg	2 meg	VMTV 5 veces menos
500 V	10 meg	10 meg	Multímetro igual al VTMT
1,000 V	10 meg	20 meg	Multímetro dos veces menos

* Multímetro con sensibilidad de 20,000 ohmios/voltios

Como se puede ver, el *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)*, tiene menos efecto de carga en los circuitos de bajo voltaje que el mejor multímetro. Algunos circuitos son tan sensibles a los efectos de carga que solo se pueden obtener las lecturas con un *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)*.

Otra ventaja del *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* es que cubre mejor las frecuencias. El error de lectura del voltaje CA se incrementa a razón de 0.5 a 1.0 % por 1,000 ciclos en el multímetro. A 5,000 cps, por ejemplo, las lecturas son de 25 a 50 % menores. El *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)*, sin embargo, da medidas de CA con precisión razonable hasta miles de megaciclos.

VOLTÍMETRO DE TUBO DE VACÍO. (VMTV)

Hay muchos diseños diferentes de construcción de *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)*. La mayoría de ellos usan algún tipo de circuito de tubo de vacío como puente para regular la cantidad de corriente que pasa por la bobina del medidor. Este método no solo provee una manera precisa de medir, sino también permite el uso de un medidor menos sensitivo. El típico *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* puede usar un medidor con un movimiento de 200 μ a, mientras que un multímetro de 20,000 ohmios / voltios requiere un movimiento de 50 μ a.

DIAGRAMA DE CONJUNTO DE UN VMTV TÍPICO

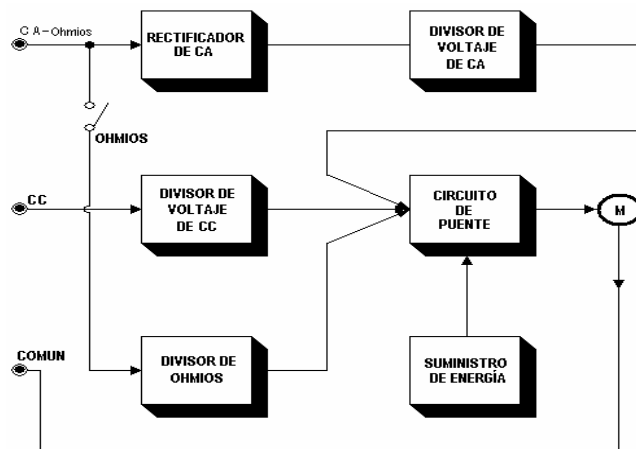


Figura 16.

Este diagrama de conjunto de *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* muestra tres entradas para líneas de prueba. Siguiendo las flechas, se puede ver cuando mide CA, la corriente de entrada fluye por el rectificador, divisor de voltajes, circuito de

punteo y el medidor antes de ir al tomacorriente común. La corriente, representando lecturas de CC y ohmios, fluye por las redes divisoras respectivas del circuito, al circuito de puente y al medidor. De ahí regresa al tomacorriente común.

CIRUITOS DEL VOLTÍMETRO DE TUBO DE VACÍO (VMTV)

En el diagrama de la figura 17, las entradas se muestran en bloques en vez de asumir la forma de tomas individuales. Este *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* tiene cuatro interruptores en el panel, cada uno marcado con los títulos de su función.

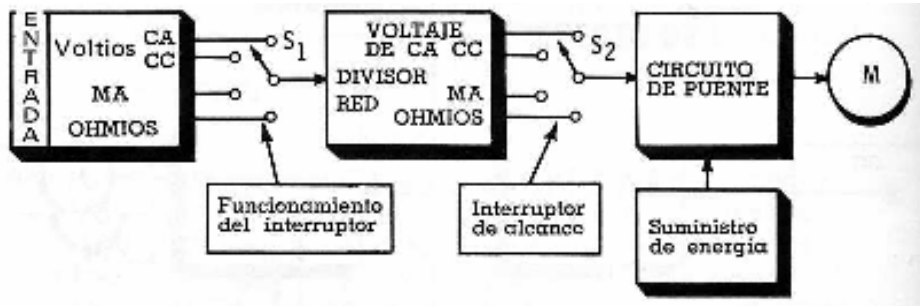


Figura 17

El interruptor de función S_1 conecta a las tomas con las redes divisoras de voltaje apropiadas. El interruptor de alcances S_2 selecciona la red apropiada, por lo general resistiva, para alimentar el circuito de puente con el voltaje correcto. El circuito de puente provee la cantidad de corriente que debe fluir por el medidor para la deflexión correcta del puntero. La fuente de alimentación provee filamento y voltaje B+ a los tubos de vacío.

Circuito de puente.

Para hacer referencia a un circuito de puente en el diagrama de la figura 18 se muestra un circuito típico.

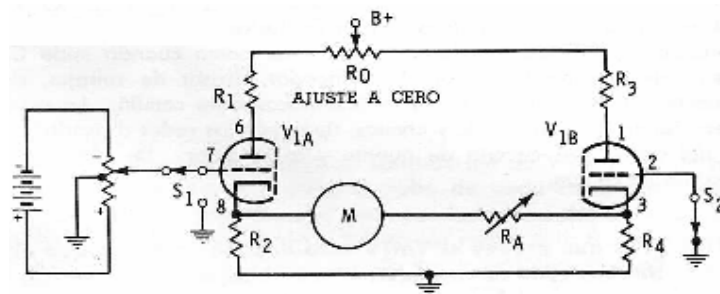


Figura 18

V_{1A} y V_{1B} son dos mitades separadas de un triodo gemelo. El arreglo del circuito es tal que la corriente de placa de V_{1A} puede hacerse igual al de V_{1B} . el balance de la corriente de placa se logra por medio del ajuste de R_0 . El control de R_0 está en el panel del *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* y está marcado como *AJUSTE DE CERO*. Antes de tomar las medidas, este control debe ajustarse hasta que el puntero descanse en el cero de la escala deseada.

Una lectura de cero significa que no fluye corriente alguna por el medidor. Esta condición existe cuando los dos voltajes de los cátodos son iguales con respecto a tierra. Dado que los resistores de los cátodos, R_2 y R_4 , son de igual valor, los voltajes son iguales mientras las dos corrientes de placa sean iguales también.

Un medidor de $200 \mu\text{a}$ es lo suficiente sensitivo para funcionar en tal circuito. R_A es un resistor de calibración de alcance. Cuando el interruptor de alcance se mueve a una posición nueva, un R_A distinto se introduce en el circuito.

Si el interruptor S_1 en la rejilla (espiga 7) de V_{1A} se cambia de tierra a la batería y circuito de resistencia, un voltaje negativo se aplica a la rejilla. La corriente de placa disminuirá en una suma determinada por el cambio de voltaje en la rejilla. Una disminución en la corriente de placa baja el voltaje a través del resistor R_2 . Como el voltaje a través de R_4 no ha cambiado, existe una diferencia de potencial a través del medidor. Esta diferencia de potencial se traduce en un flujo de corriente por el medidor.

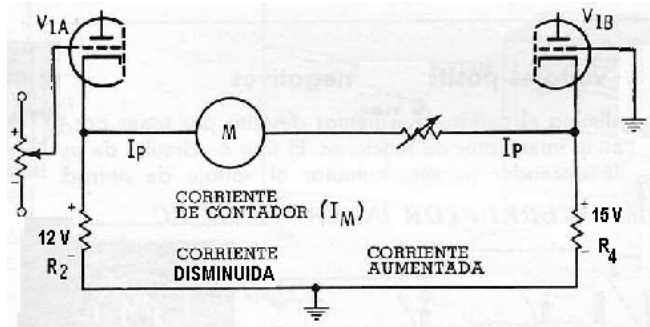


Figura 19

El flujo normal de la corriente de placa a través de V_{1B} produce un voltaje de cátodo de 15 voltios. Suponiendo igualmente que el decrecimiento de corriente de placa a través de V_{1A} baja su voltaje de cátodo a 12 voltios. La corriente fluye por el medidor del lado menos positivo al más positivo.

Si el voltaje aplicado a la rejilla de V_{1A} representa una lectura completa en la escala del alcance que se está utilizando ¿Cuál debe de ser el valor de R_A ? Un metro de $200 \mu a$ tiene una deflexión completa de la escala cuando una corriente de $200 \mu a$ fluye por su bobina. Si el voltaje a través del medidor es de 3 voltios, R_A más la resistencia del medidor debe de ser de 15,000 ohmios.

$$R = \frac{E}{I} = \frac{3V}{0.0002a} = 15,000 \text{ Ohmios} = 15K$$

Debajo aparece el circuito vuelto a trazar en forma de puente.

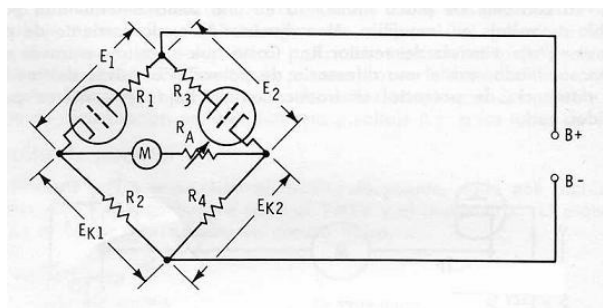


Figura 20

Sin voltaje aplicado a la rejilla de cualquiera de los tubos, la corriente es la misma en ambos lados del puente. Los voltajes de cátodos E_{K1} y E_{K2} son iguales. Si un voltaje negativo aparece en la rejilla izquierda, la corriente que fluye por la rama izquierda decrece. La caída de voltaje en el resistor R_1 decrece, pero el voltaje a través del tubo aumenta lo suficiente para que el voltaje E_1 se eleve. Sin embargo, el decrecimiento de corriente a través de R_2 reduce el valor de E_{K1} , y la suma de E_{K1}

y E_1 se mantiene igual. El puente está desequilibrado porque E_{K1} es menor que E_{K2} . La corriente fluye de izquierda a derecha.

Si quitamos el voltaje negativo de la rejilla de la izquierda, el puente regresa a su equilibrio normal. Los voltajes en ambos lados son iguales y no fluye corriente por el medidor.

VOLTAJE POSITIVO APLICADO A UNA REJILLA

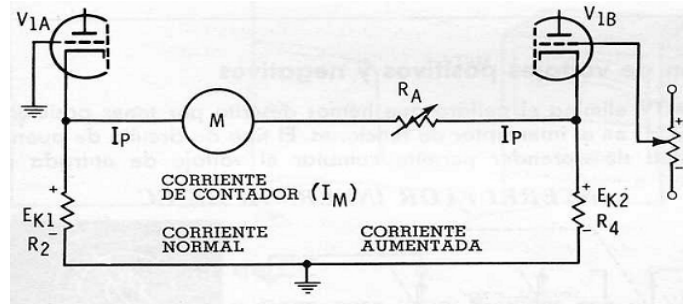


Figura 21

Suponiendo que si se aplica un voltaje positivo a la rejilla de V_{1B} la corriente de placa en V_{1B} incrementará, subiendo el voltaje a través de R_4 . E_{K2} tendrá ahora un voltaje positivo más alto que el de K_1 . La corriente fluirá de izquierda a derecha.

Importancia del potencial del chasis.

Un voltaje negativo aplicado a una rejilla o un voltaje positivo aplicado a la otra da como resultado que la corriente fluya en la misma dirección por el medidor. Este hecho se usa con gran ventaja en el *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)*.

La línea de prueba común, o negativa, hace tierra en el chasis del *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)*. En equipos que usan circuitos electrónicos, el chasis tiene por lo general un potencial de cero (tierra) para mayor seguridad. Si vamos a medir un voltaje negativo con tal equipo, no se deben de intercambiar las líneas de prueba para que el puntero se mueva hacia arriba en la escala. Si se coloca en la línea común, o negativa, en el lado negativo del voltaje, éste se conectará directamente con el chasis del *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)*. Y esto puede ser muy peligroso.

Medición de voltajes positivos y negativos.

El *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* elimina el peligro que se ha prescrito debido a que tiene posiciones de $CC-$ y $CC+$ en el interruptor de funciones. El tipo de circuito de puente que acabamos de ver, permite cambiar el voltaje de entrada al del tubo apropiado en el circuito. Por lo tanto, se puede mantener la misma dirección en el flujo de corriente por el medidor, no importa que polaridad tenga el voltaje de entrada.

INTERRUPTOR INVERSOR DE CC

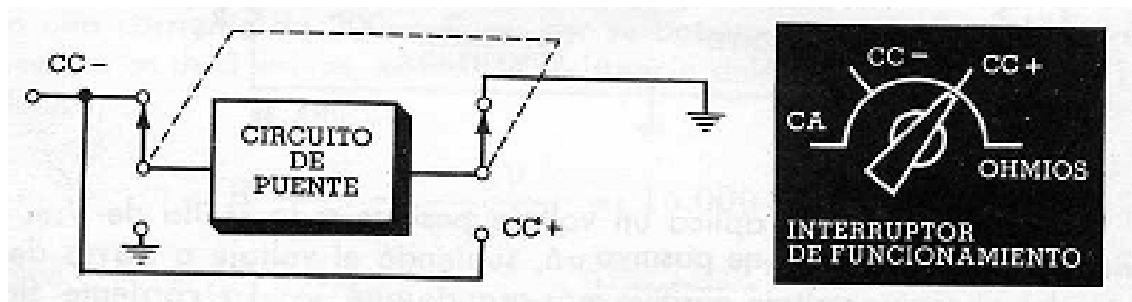


Figura 22

Divisor de voltaje de CC.

En un *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)*, los circuitos de entrada para las diferentes funciones, son divisores de voltaje. El divisor de voltaje típico CC lo tenemos ilustrado en el diagrama de la figura 23.

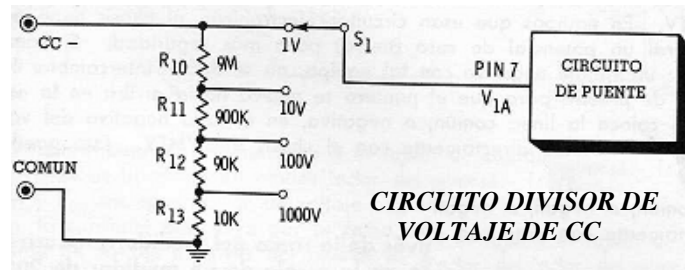


Figura 23

Uno de los cabos de la línea de resistores está unida a la toma de CC y el otro está conectado a la toma de común. El esquema nos representa un interruptor de cuatro posiciones a la derecha del divisor de voltaje. Cada toma corresponde a una posición de alcance.

La suma de los resistores en el divisor de voltaje es igual a 10 mega ohmios. Esta gran resistencia esta en paralelo con el circuito a medir en cualquier posición de alcance. La carga del circuito durante las pruebas es por lo tanto muy poca.

UN VMTV PRODUCE UN EFECTO DE CARGA PEQUEÑO.

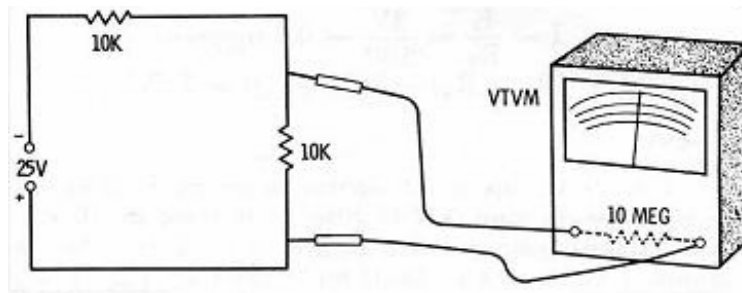


Figura 24

Sondas del voltímetro de CC.

Se usan dos sondas a mano para tomar medidas con el *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)*. La sonda corriente tiene un resistor en serie con la punta de metal y con la línea de prueba.

SONDA DE PRUEBA

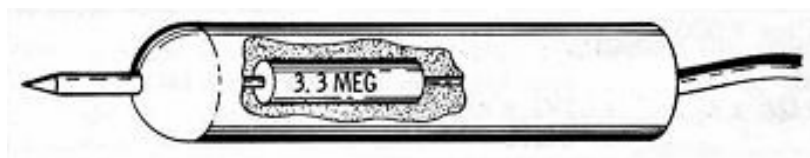


Figura 25.a

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE UN CIRCUITO DE PUENTE

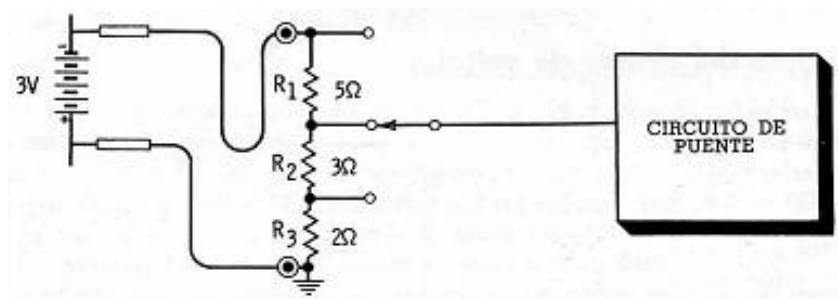


Figura 25.b

Sondas de alto voltaje.

Una sonda de alto voltaje tiene un resistor interno en serie de 25 mega ohmios o más. Esta sonda se usa para extender el alcance del *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* arriba de los 1,000 voltios de CC.

SONDA DE CC DE ALTO VOLTAJE

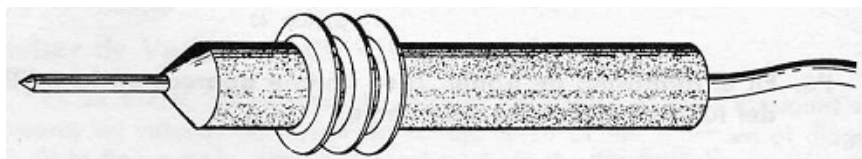


Figura 26

Principios del divisor de voltaje.

Con las sondas de prueba midiendo un voltio, hay un voltio en la toma de 1 voltio. Cuando medimos 10 voltios, hay un voltio en la toma de 10 voltios y 1,000 voltios respectivamente. El voltaje aplicado al circuito del puente debe de ser el mismo en todos los alcances para causar la misma deflexión del puntero. Las posiciones del puntero están multiplicadas por el factor indicado en la posición del alcance.

Divisor de voltaje de CA.

En la figura 27 mostramos el circuito de divisor de voltaje para CA. Tiene la misma red usada en el circuito de voltímetro de CC.

La diferencia principal entre este circuito y el circuito de CC es un diodo gemelo para rectificar CA o CC pulsante. El diodo permite medidas de voltajes con frecuencias de 50 cps hasta por lo menos 50 kc.

Los diodos V_{3A} y V_{3B} y los condensadores C_5 y C_6 forman una red que convierte el voltaje de entrada de CA en un voltaje de CC a través del divisor de voltajes.

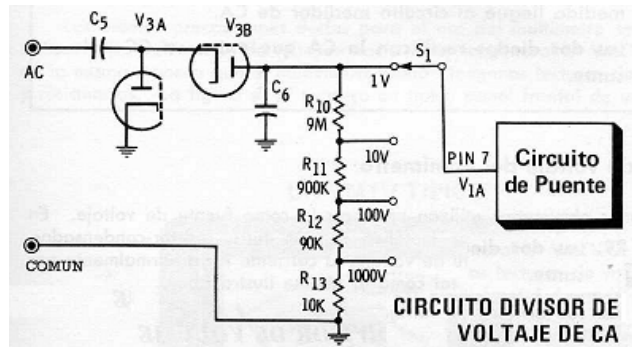


Figura 27

El condensador C_5 también sirve para impedir que la CC que pueda estar presente en el voltaje de entrada llegue al circuito de puente. Con este arreglo, el *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* en realidad mide las crestas del voltaje de CA. El valor “rms” de la onda senoidal es 0.707 del valor total de la cresta. Las escalas de la mayoría de los *Voltímetros de Tubo de Vacío (VMTV)* están marcadas para leer los valores de “rms”.

Sonda de RF.

Una sonda especial para medir frecuencias de hasta 10 megaciclos se puede usar en la toma de CC.

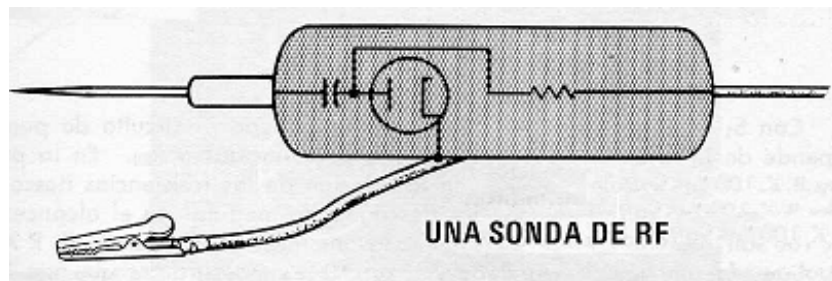


Figura 28

USO DEL VOLTÍMETRO DE TUBO DE VACÍO (VMTV)

Las mismas precauciones que se dieron para el multímetro se pueden aplicar a los voltímetros de tubo de vacío. Por lo general, el *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* se usa de la misma manera que el multímetro cuando tomamos las lecturas de voltajes y resistencias. A continuación en la figura 29 se muestra el panel frontal de un *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)*.

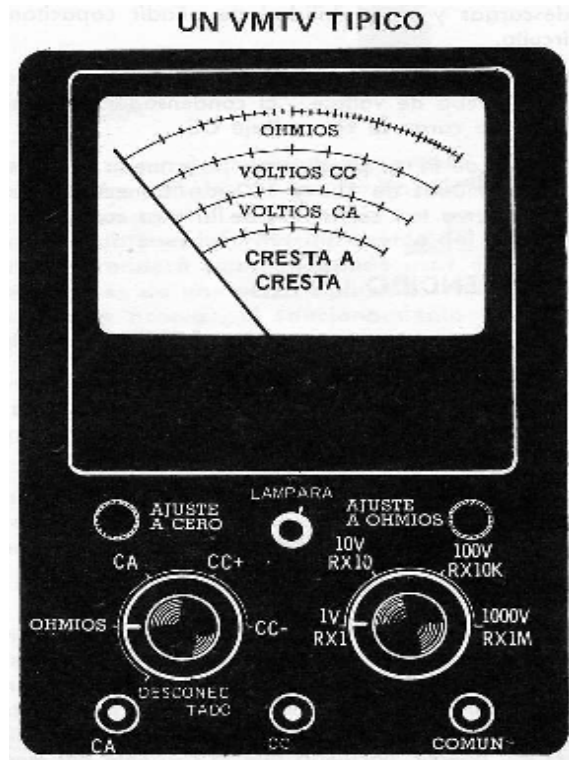


Figura 29

PRECAUCIONES ESPECIALES PARA EL VOLTÍMETRO DE TUBO DE VACÍO (VMTV)

- Tener cuidado con los altos voltajes.
- Al hacer pruebas con altos voltajes, sujetar bien las sonda por la parte aislada del mango. Esto reduce el peligro de descarga y la posibilidad de añadir capacitancia al circuito.
- Siempre llevar a tierra la sonda de prueba de CA después de hacer una prueba de voltaje. Esto debido a que el condensador del circuito de entrada puede quedar cargado con voltaje CC.
- Una sonda de RF se puede usar para medir voltajes con frecuencias aproximadas de 1 kc y 100 mc. Conectar la sonda y su conexión a tierra tan cerca una de la otra como sea posible.

VOLTÍMETRO DIGITAL.

El Voltímetro Digital es un instrumento diseñado para medir y presentar en forma digital una variable tensión de la corriente eléctrica. Es importante tener la tensión adecuada para la cual fueron diseñados los diferentes dispositivos conectados al sistema. Salir de éste rango de operación puede ser motivo de deterioro de los mismos.

Cuando la tecnología nos permite saber, cual es la tensión, con bastante precisión, no se debe seguir con dispositivos que solo indican que “hay” tensión pero no exactamente cuánta.

Aplicaciones

El *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* es tal vez el instrumento que más aplicaciones tiene. Fuera de la función específica de medir un voltaje, existen muchos parámetros que se miden indirectamente con voltímetros por ejemplo:

- Velocidad por medio de taco – generadores.
- Frecuencia por medio también de taco – generadores.
- Presión usando sensores cuya resistencia varia con la presión como es el caso de los indicadores usados por la industria automotriz.

Temperatura.

Para medir voltajes de corriente alterna se utilizan medidores de alterna con alta resistencia interior, o medidores similares con una fuerte resistencia en serie.

Los demás métodos de medición del voltaje utilizan tubos de vacío y circuitos electrónicos y resultan muy útiles para hacer mediciones a altas frecuencias. Un dispositivo de este tipo es el *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)*. En la forma más simple de este tipo de voltímetro se rectifica una corriente alterna en un tubo de diodo y se mide la corriente rectificada con un galvanómetro convencional. Otros voltímetros de este tipo utilizan las características amplificadoras de los tubos de vacío para medir voltajes muy bajos.

VÓLTIMETROS ANALÓGICOS.

La mayor parte de los voltímetros emplean también el movimiento de D'Arsonval. Este movimiento se puede considerar en sí mismo un voltímetro, si se considera que la corriente que pasa por él, multiplicada por su resistencia interna origina una determinada caída de voltaje. En el caso del *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* el instrumento es ideal si ofrece resistencia infinita entre los puntos sobre los cuales se esta realizando la medición del voltaje, es decir constituye un circuito abierto entre sus puntas de prueba, pero esto es difícil de lograr por lo que para aumentar el voltaje que se puede medir mediante ese instrumento, se agrega una resistencia más en serie a la resistencia propia del medidor. La resistencia adicional (que se llama un multiplicador) limita la corriente que pasa por el circuito del medidor.

Para construir un voltímetro de múltiple rango, se puede emplear un interruptor que conecte resistencias de varias magnitudes en serie con el movimiento del medidor. Para obtener una deflexión hacia los valores altos de la escala, los bornes se deben conectar con el voltímetro con la misma polaridad que las marcas de las terminales. Los voltímetros típicos de corriente directa (CD) de laboratorio tienen exactitudes de $\pm 1\%$ de la escala completa.

La sensibilidad de un *Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV)* se puede especificar por el voltaje necesario para una deflexión de escala completa. Pero otro criterio de sensibilidad, que se usa ampliamente, es la capacidad de ohmios por voltios.

III. OHMÍMETRO

DEFINICIÓN.

Es un instrumento que mide la resistencia o simplemente continuidad, de un circuito o parte del directamente en ohmios sin necesidad de cálculos, su principio de funcionamiento se basa en el método del voltímetro para medir resistencias y se configura habitualmente en circuitos tipo serie y/o derivación.

Ohmímetro Tipo Serie

El ohmímetro tipo serie consta de un galvanómetro o movimiento D'Arsonval conectado en serie con una resistencia y una batería, con un par de terminales a los cuales se conecta la resistencia desconocida. La corriente que circula a través del galvanómetro depende de la magnitud de la resistencia desconocida y la indicación del medidor es proporcional a su valor, siempre y cuando se hayan tomado en cuenta una debida calibración

Cuando la resistencia desconocida $R_x = 0$ (terminales A y B en cortocircuito), circula corriente máxima en el circuito. En estas condiciones, la resistencia de derivación R_2 se ajusta hasta que el galvanómetro indique la corriente a escala completa (I_{fsd}). La posición de la aguja para la corriente de escala completa se marca "0". En forma similar, cuando R_x (terminales A y B abiertas) la corriente en el circuito es cero y el galvanómetro indica cero corriente, esta posición se marca en la escala. Se colocan las marcas intermedias en la escala conectando valores conocidos de resistencia R_x en las terminales del instrumento. La exactitud de estas marcas depende de la exactitud respectiva del galvanómetro y de las tolerancias de las resistencias de calibración.

Aun cuando el ohmímetro tipo serie es un diseño popular y se utiliza extensamente en los instrumentos portátiles para servicio general, tiene ciertas desventajas. Las más importantes se relacionan con la disminución del voltaje de la batería interna con el tiempo y el uso, de forma que la corriente a escala completa disminuye y el medidor no lee "0" cuando A y B están en cortocircuito. La resistencia de derivación R_2 provee un ajuste para contrarrestar el efecto de la descarga de la batería. Es posible ajustar la aguja a escala completa con R_1 eliminando a R_2 , pero esto cambiaría la calibración en toda la escala. El ajuste de R_2 es una mejor solución, ya que la resistencia equivalente del paralelo de R_2 y la bobina R_m siempre es baja.

Comparada con R_1 , y por consiguiente el cambio requerido en R_2 para el ajuste no cambia mucho de calibración.

Una cantidad conveniente al uso en el diseño de un ohmímetro tipo serie es el valor de R_x que origina media deflexión en el medidor. A esta posición, la resistencia a través de las terminales A y B se define como la resistencia de media escala R_h . El circuito es analizable a partir de la corriente a escala completa I_{fsd} y la resistencia interna del galvanómetro R_m , se reduce la corriente a $1/2 I_{fsd}$, y la resistencia desconocida debe ser igual a la resistencia interna total del ohmímetro.

Ohmímetro Tipo Derivación

Este consiste de una batería en serie con una resistencia de ajuste R_1 y un galvanómetro D'Arsonval. La resistencia desconocida se conecta a través de las terminales A y B, en paralelo con el medidor. Para este circuito es necesario tener un interruptor que desconecte la batería cuando no se use el instrumento. Cuando la resistencia desconocida $R_x = 0$ (A y B están abiertas), las corrientes circulará únicamente a través del medidor; y con la apropiada selección del valor de R_1 , se puede hacer que la aguja marque escala completa. De esta forma, el ohmímetro tiene la marca "cero" en el lado izquierdo de la escala (no circula corriente) y la marca "infinito" en el lado derecho de la escala (corriente de deflexión a plena escala).

El ohmímetro tipo derivación es adecuado para medir valores bajos de resistencia; no se suele emplear en los instrumentos de prueba, pero se encuentra en los laboratorios para aplicaciones especiales de medición de resistencia baja.

TABLA1	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9
1 ^{er}	Rojo	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Verde	Café	Naranja	Café	Azul
2 ^o	Negro	Violeta	Violeta	Violeta	Azul	Rojo	Naranja	Negro	Gris
3 ^{er}	Amarillo	Amarillo	Naranja	Negro	Negro	Amarillo	Rojo	Café	Rojo
Valor Cód.	200 K	470 K	47 K	47	56	120 K	3.3 K	100	6.8 K
Tolerancia.	5 %	5 %	5 %	5 %	10 %	5 %	5 %	5 %	10 %
Voltaje.	1/4	1/2	1/2	1/2	1/2	1/4	1/2	1/4	1/2
Valor medio.	195.7 K	473 K	46.8 K	48.1	55.5	119.5 K	3.29 K	99.4	6.7 K
% error.	0.215	- 0.063	0.0425	- 0.234	0.089	0.0416	0.0303	0.06	0.147

Valores teóricos, porcentajes de error y Verificación de la ley de ohm

ESCALAS DEL OHMÍMETRO.

La selección de la escala y el alcance para la porción del multímetro que lee resistencias es un poco distinta de la que se ha explicado. La escala va del 0 al infinito (∞) en vez de 0 a un número determinado. Al contrario de las escalas de voltios y miliamperios, la escala de resistencia no es lineal. La selección de alcance está indicada por múltiplos ($R \times 1$, $R \times 10$, $R \times 100$, etc.) en vez de por cantidades indicando una deflexión completa de escala. Estas diferencias serán más aparentes cuando se esté examinando un circuito básico de un ohmímetro como el que a continuación se muestra.

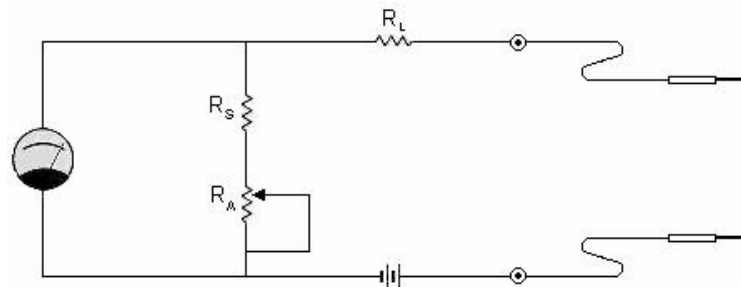


Figura 30

Circuitos del ohmímetro.

El circuito del ohmímetro debe de proveer su propia fuente de corriente. Por lo general, se utiliza una batería contenida en el medidor. El voltaje de la batería se determina por la sensibilidad del medidor, el arreglo de los resistores en serie y en derivación en el circuito; además del tamaño de la resistencia exterior que se va a medir. Dependiendo del diseño del ohmímetro la batería puede ser de 1.5 a 45 voltios.

La resistencia R_L de la figura anterior es limitadora de corriente en serie con el medidor. Su valor se determina por la cantidad de corriente requerida para causar una deflexión completa en la escala. R_A y R_S forman una derivación a través del medidor. Por lo tanto, solo una fracción de la corriente total en el circuito fluye por el medidor. Esta corriente se determina por la relación de la resistencia del medidor a la resistencia derivada R_A , controlada por el botón de ajuste para cero ohmios en el panel, establece el valor total de la resistencia derivada que hará que el medidor registre lecturas exactas.

Determinación de las marcas en la escala del ohmímetro.

En el siguiente diagrama, los valores de la resistencia en la red paralela, R_M (resistencia del medidor), R_S (resistencia derivada) y R_A (ajuste para cero ohmios) son tales que una deflexión completa del puntero se producirá cuando 1 ma entra en el circuito. Si el voltaje de la batería es de 1.5 V y la resistencia del circuito es de 1,500 ohmios, cuando tocamos las dos líneas de prueba fluirá una corriente de 1 ma ($I=E/R$). El metro mostrará una deflexión completa del

puntero o cero ohmios. Al separar las dos líneas de prueba no fluye corriente, y el puntero vuelve a su posición normal. La lectura óhmica se convierte en infinito (∞). Esta es la razón por la cual el cero está a la derecha en la mayoría de las escalas de los ohmímetros.

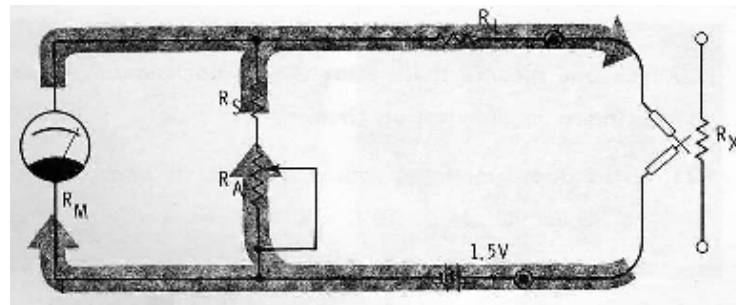


Figura 31

Diseño de la escala del ohmímetro.

Empezando por la derecha, compare deflexiones y lecturas óhmicas en los cuartos puntos en la escala óhmica de la figura 32. El primer cuarto cubre 500 ohmios, el segundo cuarto 1,000 ohmios (1,500 – 500), el tercero 3,000 (4,500 – 1500) y el cuarto infinito (∞). Tal escala no se puede calibrar en divisiones lineales.



Figura 32

Precisión de las lecturas.

Por causa de la no-linealidad de las escalas óhmicas, las lecturas deben tomarse con el puntero en el área más legible de la escala. Una regla es el utensilio usado con mayor frecuencia para leer los valores en el área de la escala entre 1/10 y 10 veces el valor de la lectura en la escala intermedia.

Si se dispone de un solo alcance, tal regla no es práctica. Por ejemplo, si el medidor lee 10 ohmios en el punto medio de la escala, las medidas de resistencia deseadas no cabrán entre 1 y 100 ohmios. Es por eso que en el multímetro se proveen varios alcances de ohmios.

Alcances de resistencias.

Los alcances típicos del ohmímetro son: R X 1, R X 10K. Algunos multímetros tienen alcances hasta de R X 10 millones. Utilizando la regla antes mencionada, el alcance de R X 1 provee lecturas para bajas resistencias (0 hasta 100 o 200 ohmios).

El alcance R X 100 da lecturas para usar entre 100 Ω y 10 K y el alcance R X 10 K es satisfactorio para lecturas entre 10 K y 1 megaohmio. Puede calcularse lecturas más altas con bastante precisión. Si se dispone de un alcance de R X 1M, pueden medirse resistencias de hasta 100 megaohmios.

USO DEL OHMIMETRO.

El procedimiento básico para medir resistencias es igual para todos los multímetros. Primero se coloca el medidor para leer OHMS (Ω). Después se insertan las líneas de prueba en los tomacorrientes apropiados sujetando las terminales de las líneas de prueba punta con punta, creando un corto (cero ohmios) a través del circuito interno. Posteriormente se gira el control de ajuste a cero ohmios hasta que el puntero del medidor descansa en cero en la escala de ohmios.

Cada vez que se coloque el medidor para leer ohmios y cada vez que se cambie a otro alcance, corte las líneas de prueba y lleve a cero el puntero con el control de ajuste de ohmios.

**** PRECAUCIÓN ****

Nunca use un ohmímetro para tomar lecturas de resistencias a través de un circuito energizado. El circuito interno esta diseñado para llevar solamente la corriente desarrollada por su propia batería. Los voltajes que sean mayores a este valor podrían dañar la bobina del medidor o el puntero,

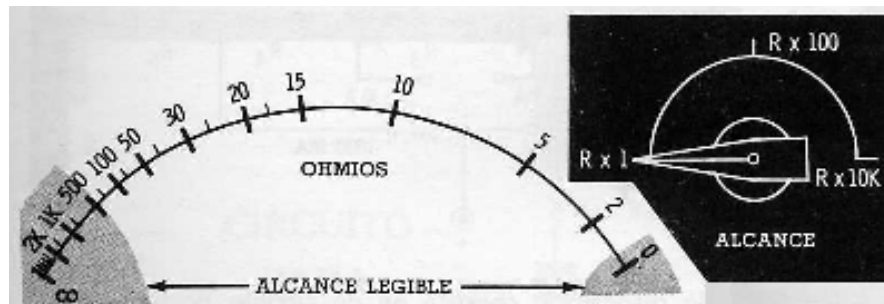


Figura 33

IV. OSCILOSCOPIO

OBJETIVO.

El osciloscopio es un instrumento de prueba que tiene la propiedad de mostrar las señales de las formas de onda. Identificará el desempeño del osciloscopio y sus varias funciones que sirven de ayuda al técnico para obtener información acerca del circuito electrónico. También se verá su uso para medir voltajes y fases de una señal aplicada, así como también la información acerca del funcionamiento del *Tubo de Rayos Catódicos*.

LIMITACIONES DE LOS MEDIDORES.

Después de haberse familiarizado con los multímetro y el voltímetro de tubo de vacío, se hace la reafirmación de que son instrumentos que son capaces de medir la magnitud de ciertas características eléctricas, pero limitadas a voltajes, corrientes y resistencias.

En la figura 34 se muestra un voltaje que varía, y la pregunta sería ¿Cuánta información proporcionaría un multímetro o un Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV) acerca de este voltaje?

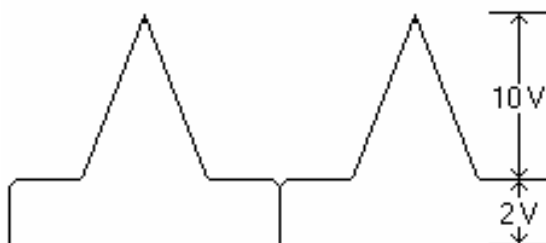


Figura 34

Un multímetro o un Voltímetro de Tubo de Vacío (VMTV) tienen escalas calibradas para medir voltajes de CA sinusoidales y no puede medir un voltaje no – sinusoidal. Es decir, como el voltaje es variable, el puntero no puede medir un voltaje que suba o baje con respecto a cierto tiempo, en dado caso de que llegase a marcar algo, solo sería, una leve indicación pero no con precisión.

IMPORTANCIA DE LAS FORMAS DE ONDA.

Un voltaje o corriente se puede describir en términos de amplitud y tiempo, se debe de identificar y analizar cualquier señal en estos términos. El gráfico de cómo la amplitud de señal cambia de acuerdo con el tiempo se le llama *forma de onda*.

Se eleva a 7 voltios
en 0.5 de segundo.

Se eleva a 2 voltios
en 0.1 de segundo.

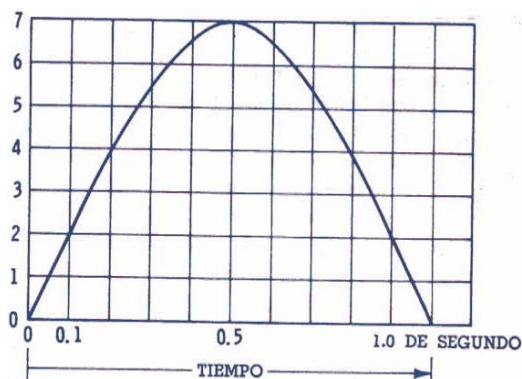


Figura 35

Para mantener, descubrir irregularidades y reparar equipo electrónico, se necesita ver la forma de onda de una señal cuando pasa de un circuito a otro. Para esto se necesita un instrumento que nos proporcione una buena representación de la señal. Si la figura es del mismo tamaño y forma que la señal que debe de producirse en el punto de prueba, se puede asumir que el circuito del cual vino está funcionando como es debido. Si la figura no es como debe de ser, el tipo y cantidad de diferencia, proporcionará las causas del problema.

Características de la forma de onda.

Cada circuito electrónico está diseñado para lograr un propósito específico. El propósito determina los requerimientos de entrada y salida del circuito. La señal de entrada de un circuito es por lo general la señal de salida del circuito precedente. La señal de salida es la señal requerida como la entrada a la próxima etapa. Los componentes del circuito están seleccionados y conectados de tal manera que convierten la entrada en la salida para cada etapa.

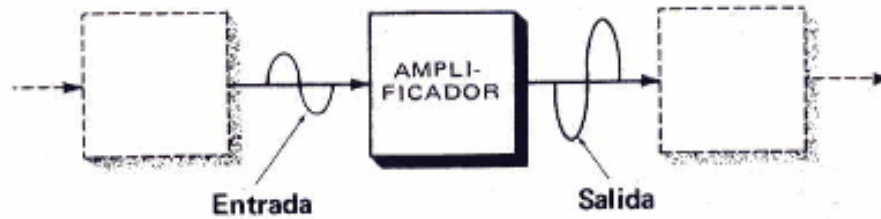


Figura 36

Un amplificador, por lo general recibe una pequeña señal de paso o de etapa precedente y la convierte en una mayor. Es decir, que el paso amplifica la señal.

Las formas de onda nos ayuda a determinar si el cambio de entrada y de salida es efectuado de una manera debida. Por ejemplo, en la figura 37 se desea saber si la forma de onda cambia cuando la señal pasa por un circuito amplificador.

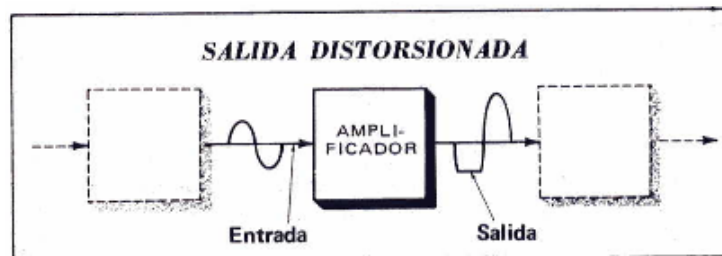
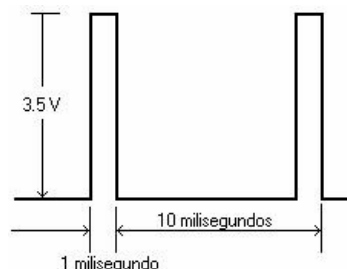


Figura 37

En la figura notamos que en la primera mitad del ciclo la salida esta distorsionada. Por lo tanto, se sospecha que el amplificador se ha saturado y que está cortando partes de la onda. También se puede suponer, que la causa del problema probablemente sea un cambio en la polarización del tubo.

Los impulsos como los que se muestran abajo, tiene una amplitud de 3.5 voltios y un ancho de 1 milisegundo. El impulso se repite cada 10 milisegundos.



UNA FORMA DE ONDA PULSATORIA

Figura 38

Si el impulso ocurre cada 0.01 segundos, el impulso tiene una frecuencia de 100 por segundo, es decir:

$$\text{Frecuencia} = \frac{1}{\text{tiempo}}$$

La onda sinusoidal es una forma de onda curva. Hay otras curvas cuyos aumentos y disminuciones aparecen como si fueran líneas rectas. La forma de onda de impulso de la figura 38 es un ejemplo, otro ejemplo es la onda de diente de sierra.

UNA FORMA DE ONDA DE DIENTE DE SIERRA

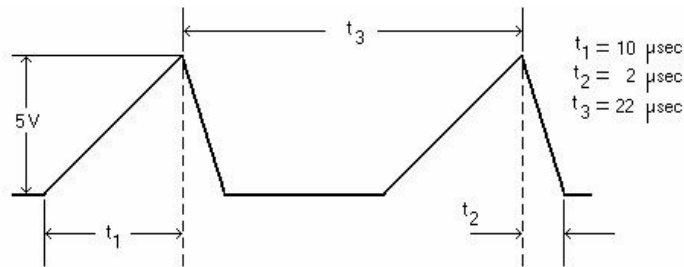


Figura 39

Otro punto importante en las formas de onda es la relación de fase. ¿Cuál es la relación de las amplitudes en un momento dado? Observa las dos ondas de la figura 40.

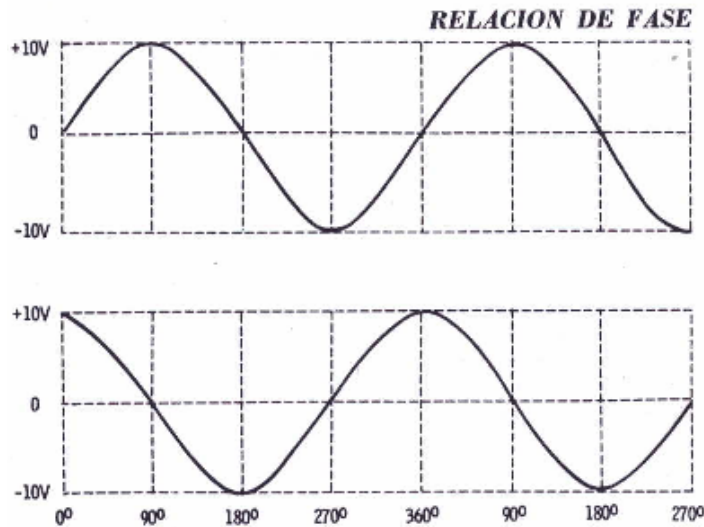


Figura 40

La onda de arriba es sinusoidal y sube de cero a 10 voltios positivo en 90°, es decir, un cuarto de ciclo. Durante este periodo de tiempo, la onda sinusoidal de abajo decrece de 10 voltios a cero. En otras palabras, las dos se encuentran a 90° fuera de fase.

Estas y otras características de las formas de onda se pueden determinar si se marca una escala de amplitud y tiempo. Aún si se pudieran medir pequeños cambios de tiempo, la visión es muy lenta para seguir la rápida subida y bajada de la amplitud. Por lo tanto, sería imposible hacer un gráfico preciso. El osciloscopio esto lo hace de manera electrónica, hace representaciones gráficas de la amplitud contra el tiempo de la forma de onda.

¿QUÉ ES EL OSCILOSCOPIO?

El osciloscopio es un indicador que muestra la forma de señal que aparece en el punto de prueba. Algunos osciloscopios son mejores para enseñar la reproducción de una forma de onda que otros. Todos los osciloscopios funcionan de acuerdo con el mismo grupo de principios básicos.

El osciloscopio contiene un *Tubo de Rayos Catódicos* y un grupo de circuitos de control. El *Tubo de Rayos Catódicos* muestra la señal. Los circuitos de control presentan la señal en el *Tubo de Rayos Catódicos* y un grupo de líneas de prueba traen la señal a los controles.

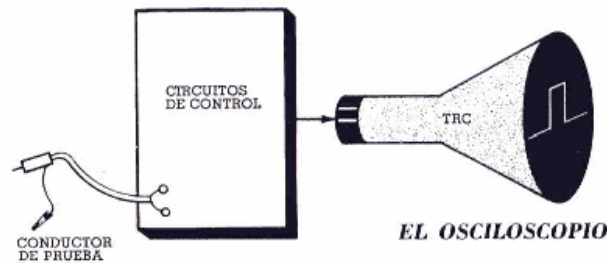


Figura 41

Para conocer lo que es un osciloscopio, se debe partir del funcionamiento del *Tubo de Rayos Catódicos* y los circuitos de control. Las líneas de prueba son muy similares a las que ya se conocen.

TUBOS DE RAYOS CATODICOS (TRC)

El *Tubo de Rayos Catódicos* es una parte integral de la televisión. El *Tubo de Rayos Catódicos* funciona mediante el movimiento de un haz controlable de electrones en la cara interior del tubo. El número de electrones en el haz determina los negros, grises y blancos en la escena que capta la cámara de televisión. El blanco se produce cuando gran número de electrones golpea el revestimiento de la cara interior del tubo. El negro se obtiene si detenemos el flujo de electrones, y los grises se obtienen variando la cantidad de electrones entre la cantidad de negro y blanco.

La imagen se crea en la pantalla por medio de un haz muy delgado de electrones que se mueve a través del tubo muchas veces por segundo. El movimiento se debe a un campo magnético variable producido por un grupo de bobinas alrededor del cuello del *Tubo de Rayos Catódicos*.

El principio de crear una imagen de una forma de onda en la pantalla de un osciloscopio es similar. El movimiento de haz de electrones está controlado electrónicamente de tal manera que el haz traza el patrón de la forma de onda que se está midiendo. Al igual que el tubo de la televisión, los electrones iluminan la capa en el interior del tubo.

Electrostática.

Para entender como funciona el *Tubo de Rayos Catódicos*, es importante repasar el tema de campos electrostáticos. Recuerda que un campo electrostático es una región en la cual están actuando fuerzas eléctricas.

Un campo electrostático puede desarrollarse entre dos placas cargadas. Si una placa es negativa con respecto a la otra, la dirección de la fuerza eléctrica se puede determinar.

Fuerza de un campo electrostático.

En la figura 42, las líneas de fuerza eléctrica siguen la dirección de negativo a positivo. Esto quiere decir que un cuerpo cargado negativamente, si entrase en el campo, se moverá hacia abajo, de negativo a positivo. Un cuerpo cargado

positivamente, se moverá hacia arriba, positivo a negativo. Esto es debido a que cargas iguales se repelen y cargas opuestas se atraen.

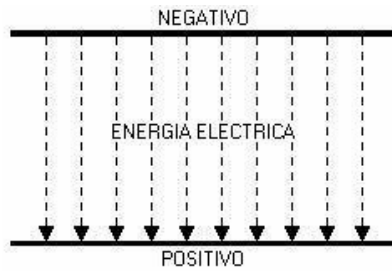


Figura 42

El campo electrostático se forma con una fuente de voltaje y un par de placas para conservar las cargas.

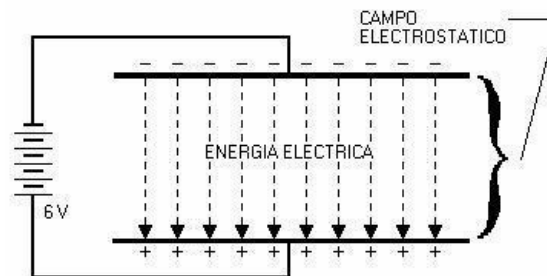


Figura 43

Si una batería de 6 voltios es cargada en la manera mostrada en la figura 43, la batería tomará electrones en la placa de abajo y los depositará en la placa de arriba hasta que la diferencia de potencial entre las dos placas sea igual al voltaje de la batería. El potencial de la placa con exceso de electrones será negativo. La otra placa con una diferencia será positiva.

Indicado en la gráfica, observa que en el campo electrostático hay una fuerza eléctrica. Esta fuerza puede actuar sobre otras cargas que entran en este campo.

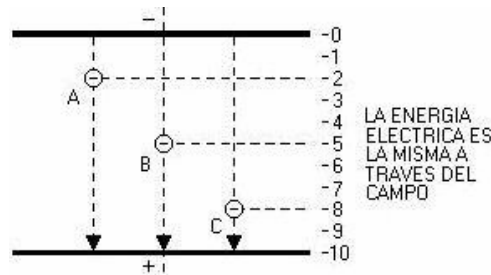


Figura 44

En la figura 44 arriba, se tienen tres electrones en un campo electrostático. Los tres son atraídos por la placa positiva y repelidos por la placa negativa. La distancia entre las placas está marcada en 10 unidades iguales.

Estableciendo un campo uniforme entre las dos placas, se podría decir que, sobre cualquier punto se ejercerá la misma fuerza que sobre cualquier otro electrón en cualquier otra parte del mismo campo. Por lo tanto, los electrones A, B y C reciben la misma fuerza aunque están a diferentes posiciones con relación a las placas y el tiempo relativo para cubrir la distancia depende de la distancia a que se encuentre de la placa positiva.

Distribución de la fuerza eléctrica.

Para dar una idea acerca de las fuerzas electrostáticas, hay que hacer una representación con líneas quebradas y una flecha indicando en que dirección está actuando la fuerza. Cada fuerza está representada individualmente por una línea.

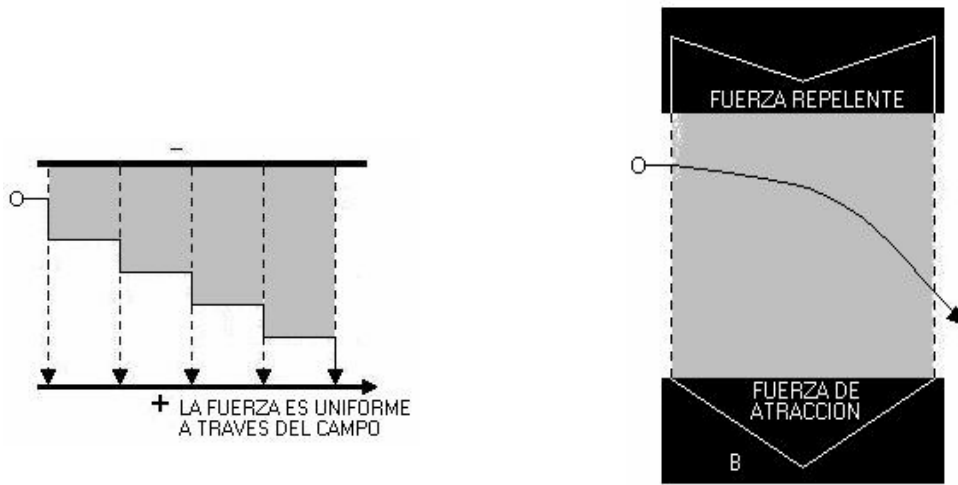


Figura 45

Los electrones que atraviesan el campo, si tuvieran la suficiente velocidad, cubrirían la distancia en forma de escalera, como se ve en la figura 45 (imagen izquierda). Sin embargo, la trayectoria de un electrón a través de un campo de fuerza es una curva, como en la figura 45 (imagen derecha). La fuerza no existe en haces separados, por lo contrario, son continuas y uniforme a través del campo. Pero, es más fácil hablar de un campo en términos de líneas imaginarias.

Distribución de las líneas de fuerza.

Hasta el momento se han visto las líneas de fuerza como si fueran derechas y paralelas entre sí. Pero esto no siempre es cierto. En la figura 46 se muestra un caso en el cual parte de las líneas de fuerza se curvan, recuerda que esto solo es una representación de un campo continuo.

Las líneas existentes directamente entre las placas son paralelas. Como son líneas de fuerza iguales, tienden a repelerse entre sí en dirección horizontal. El efecto de repelerse es igual en todas las direcciones alrededor de una línea de fuerza. Las líneas de fuerza que están en los bordes del campo se curvan hacia fuera del campo que las repela hacia adentro.

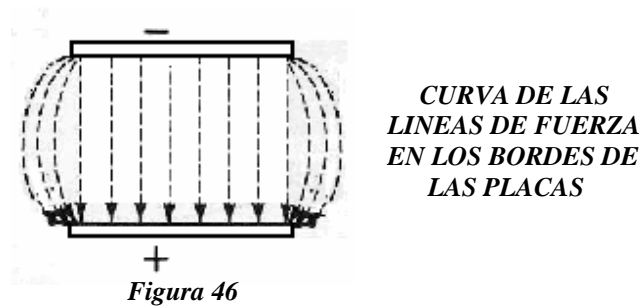


Figura 46

Un electrón en movimiento a través de un campo eléctrico tiende a seguir la dirección de las líneas de fuerza. La curvatura del camino del electrón hacia las líneas de fuerza depende de su velocidad y del potencial del campo eléctrico. Si un electrón pasa muy rápidamente por un campo, su ruta tendrá poca curvatura. La ruta de un electrón que pasa lentamente tendrá más curvatura. Electrones con velocidad iguales, se curvarán más a través de un campo fuerte que a través de uno débil.

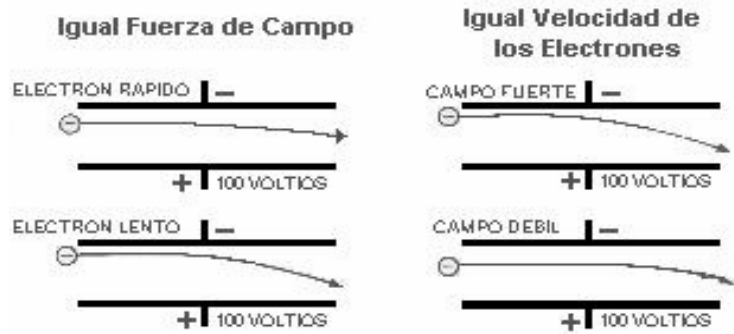


Figura 47

Fuerzas electrostáticas entre placas circulares y tubulares.

La figura 48 muestra un campo electrostático entre dos placas con agujeros en el centro. Obsérvense las curvaturas de las líneas de fuerza debajo en los agujeros.

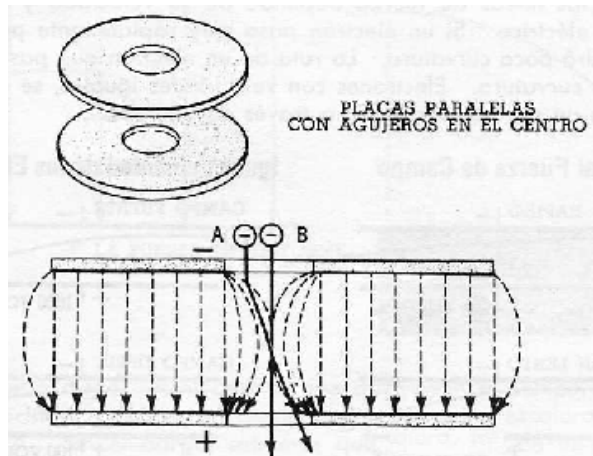


Figura 48

Como que su camino es paralelo a las líneas de fuerza, el electrón B pasará exactamente por el eje (línea central) de los agujeros. El electrón A comienza en la misma dirección que el electrón B. Cuando el electrón A entra en el campo, cambia con la dirección de las líneas de fuerza. Antes de abandonar el campo, todavía cambia más aún en la dirección de las líneas de fuerza.

Suponiendo que dos cilindros, uno grande y otro pequeño, cargados con potenciales positivos, están colocados de tal manera que los electrones tienen que pasar a través de los dos. Supóngase también que las líneas de fuerza son como se ilustran en la figura 49.

Un electrón en el espacio a la izquierda del cilindro pequeño será atraído hacia éste por la carga positiva. Si el electrón va en dirección del eje del cilindro, lo atravesará sin ninguna línea de fuerza. Al aproximarse al mayor, que tiene más carga positiva, aumenta la velocidad del electrón.

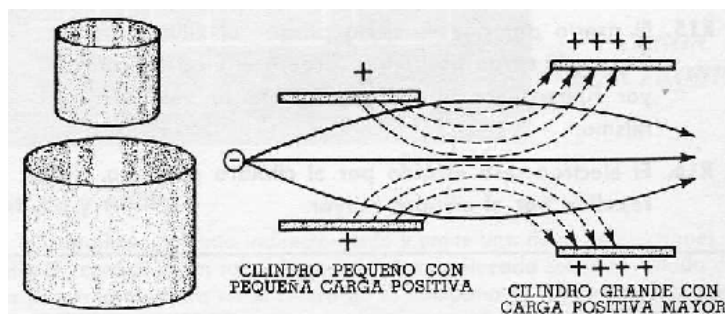


Figura 49

Un electrón que entra en el cilindro pequeño en ángulo, corta las líneas de fuerza y asume la dirección de estas tal como en la figura anterior. Cuando se aproxima al cilindro mayor, el electrón es acelerado por el mayor potencial positivo. Debido a la mayor velocidad del electrón, las líneas de fuerza del cilindro mayor sufrirán menor efecto en el cambio de dirección del mismo. Si la dirección de potencial entre los dos cilindros se ajusta debidamente, los electrones se unirán a una distancia dada después de pasar por el segundo cilindro. Esta acción de los electrones cuando pasan por la influencia de los dos cilindros provee un método conveniente de enfocar el haz de electrones.

CAÑÓN DE ELECTRONES.

El *Tubo de Rayos Catódicos* usado en los osciloscopios consiste de un cañón de electrones, un sistema de deflexión y una pantalla fluorescente. Todos los elementos se encuentran en un continente evacuado, hecho por lo general de cristal. El cañón de electrones genera electrones y los enfoca en un haz muy estrecho. El sistema de deflexión mueve al electrón a través de la pantalla en la forma deseada. La pantalla está cubierta con un material que brilla cuando lo golpea un electrón.

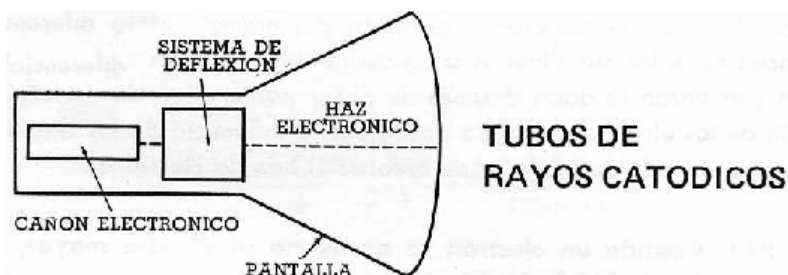


Figura 50

El cañón de electrones tiene un cátodo para generar electrones, una rejilla para controlar el flujo de estos y un elemento positivo para acelerar su movimiento. La rejilla de control es cilíndrica y tiene una pequeña abertura acampanada en uno de sus extremos. El elemento positivo consiste de dos cilindros llamados ánodos. Estos también contienen campanas con pequeñas aberturas en los centros respectivos. El propósito principal del primer ánodo es el de enfocar a los electrones en un haz muy fino en la pantalla. El segundo ánodo acelera a los electrones cuando pasan.

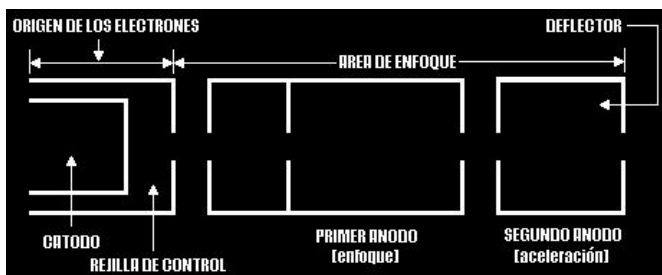


Figura 51

Cátodo y rejilla.

El cátodo se calienta indirectamente y emite una nube de electrones. La rejilla de control es un tubo de metal, colocado sobre el cátodo. Hay una pequeña abertura en el centro de la campana en el extremo opuesto al cátodo. La rejilla se mantiene en un potencial negativo con respecto al cátodo.

Un potencial positivo alto en los ánodos fuerza a los electrones a través de la abertura de la rejilla. Como la rejilla está cerca del cátodo, esta puede controlar el número de electrones que se emite. Como en el tubo de vacío ordinario, el voltaje negativo de la rejilla se puede cambiar para variar el flujo de electrones o detenerlos por completo. La brillantez de la imagen en la pantalla fluorescente se determina por medio del número de electrones que chocan contra ella. Por lo tanto, la intensidad se puede controlar por medio del voltaje en la rejilla de control.

Control de enfoque.

El enfoque se logra controlando los campos electrostáticos que existen en la rejilla y el primer ánodo y entre el primer ánodo y el segundo. Observa el diagrama de la figura 52 ¿Crees que sea posible determinar las rutas de los electrones a través del cañón?

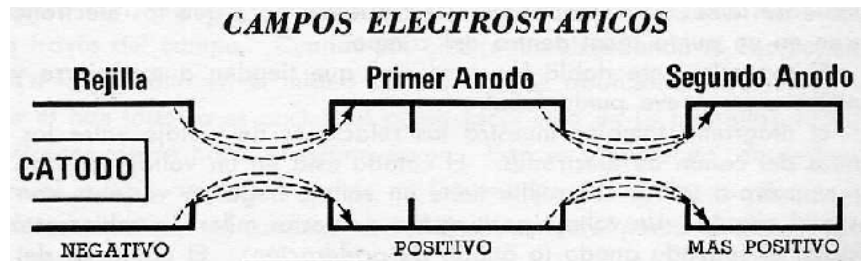


Figura 52

Lentes electrostáticas.

El siguiente diagrama muestra una serie de electrones moviéndose a través del cañón, las áreas de los campos electrostáticos reciben a menudo el nombre de lentes. El primer lente electrostático hace que los electrones se crucen en un punto focal dentro del campo. El segundo lente dobla las corrientes que tienden a espaciarse y las conduce a un nuevo punto focal.

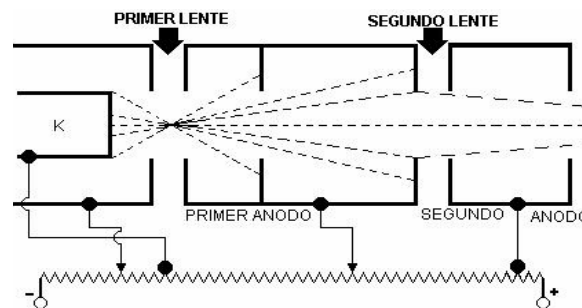


Figura 53

El diagrama muestra también las relaciones de voltajes entre los elementos del cañón de electrones. El cátodo está en un voltaje positivo fijo con respecto a tierra. La rejilla tiene un voltaje negativo variable con respecto al cátodo. Un voltaje positivo fijo de varios de miles de voltios está conectado al segundo ánodo. El potencial del primer ánodo es menos positivo que el del segundo ánodo. Se puede variar para colocar el punto focal de haz de electrones en la pantalla del tubo. El potencial de la rejilla de control se establece a una elevación apropiada para permitir que el número correcto pase a través del cañón para producir la intensidad deseada en la pantalla.

SISTEMA DE DEFLEXIÓN DEL HAZ DE ELECTRONES.

El haz de electrones se desarrolla, enfoca y acelera por medio del cañón de electrones. Aparece en la pantalla del *Tubo de Rayos Catódicos* como un punto pequeño y brillante. Si el haz está en una sola posición, los electrones pronto quemarán la cubierta iluminadora en esa área. Para que resulte útil el haz debe estar en movimiento.

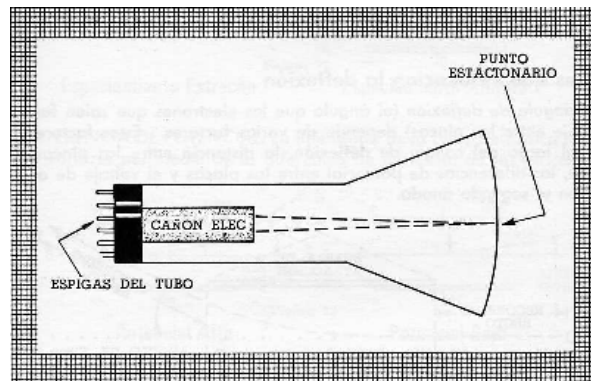


Figura 54

Un campo electrostático puede doblar la ruta de un electrón. Suponiendo que el haz de electrones pasa a través del campo electrostático entre dos placas. Como los electrones están cargados negativamente, se deflexionarán en dirección hacia la fuerza eléctrica. Los electrones siguen una ruta curva a través del campo. Cuando los electrones abandonan el campo, se dirigen hacia la pantalla en el mismo ángulo en que abandona el campo. Aunque el haz todavía es ancho, todos los electrones viajan hacia el mismo punto. De antemano suponiendo, que el voltaje apropiado existe en los ánodos, los cuales producen el campo electrostático. Al cambiar los voltajes, cambia el punto focal del haz.

Factores que influyen en la deflexión.

El ángulo de deflexión (el ángulo en que los electrones que salen forman con el eje entre las placas) depende de varios factores. Entre estos está incluido el largo campo de deflexión, la distancia entre las placas deflectoras, la diferencia de potencial entre las placas y el voltaje de aceleración en el segundo ánodo.

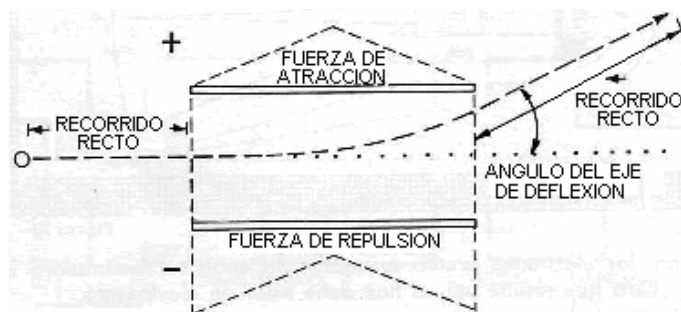


Figura 55

LARGO DEL CAMPO: Un campo largo tiene más tiempo de ejercer sus fuerzas deflectoras sobre un haz de electrones que un campo corto. Por lo tanto, el haz se curva con un ángulo de deflexión mayor. Con esto queda claro que los demás factores son iguales.

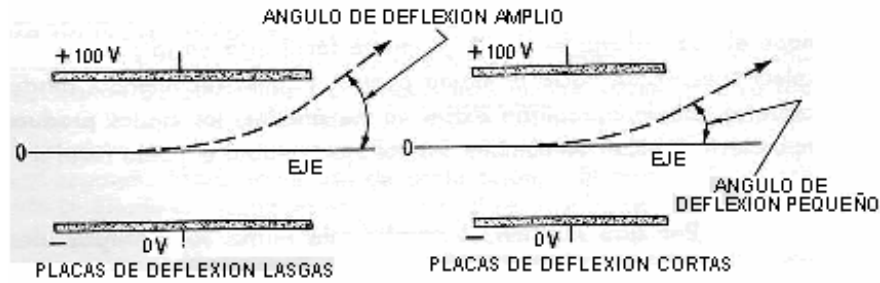


Figura 56

DISTANCIA ENTRE PLACAS: Mientras más cercanas están las placas, es mayor el efecto.

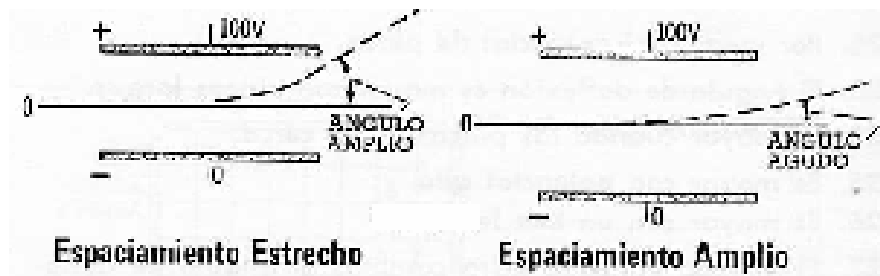


Figura 57

DIFERENCIAL DE POTENCIAL: La intensidad de la fuerza eléctrica también puede variarse por medio de la diferencia de potencial de las placas.

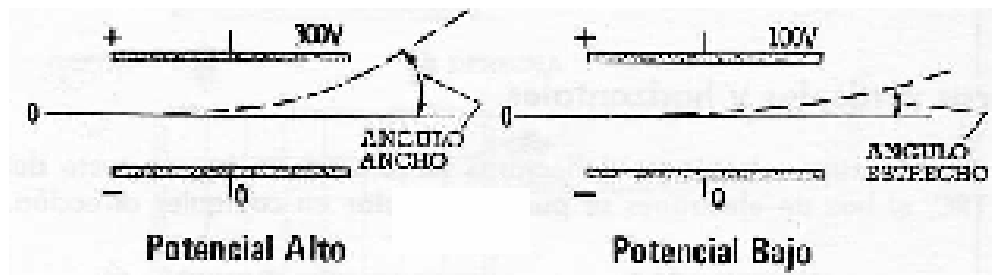


Figura 58

ACELERACIÓN DEL HAZ: Mientras mayor es la velocidad de los electrones, menor es el ángulo de deflexión.

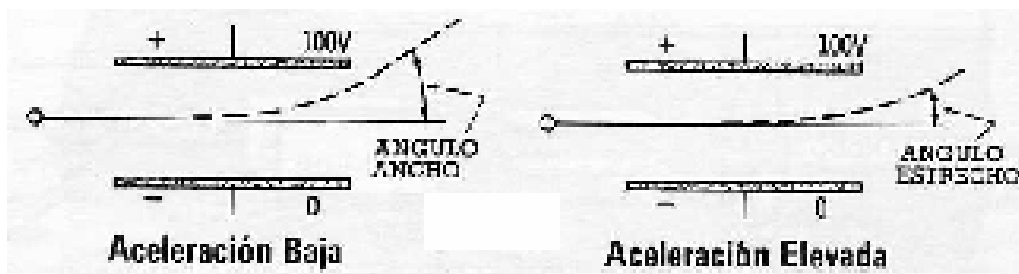


Figura 59

Placas verticales y horizontales.

Si dos grupos de placas deflectoras se colocan en ángulo recto dentro del *Tubo de Rayos Catódicos*, el haz de electrones se puede controlar en cualquier dirección.

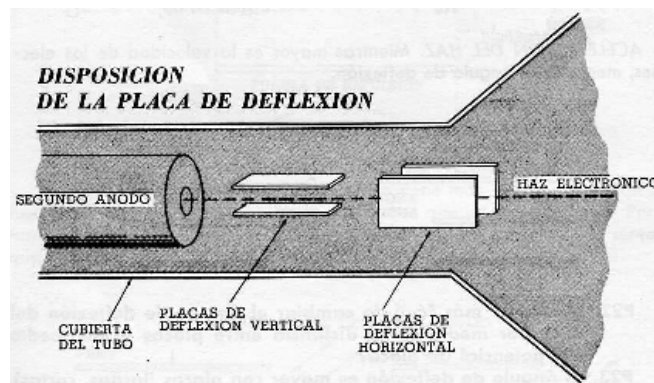


Figura 60

Al cambiar el potencial de las placas deflectoras verticales, el punto en la cara del tubo se mueve de arriba a abajo. La distancia es proporcional al cambio de potencial entre las placas. Si se cambio el potencial en las placas deflectoras horizontales hace que el haz se mueva cierta distancia de un lado al otro. Hay otras direcciones además de arriba a abajo y de izquierda a derecha. El haz debe desviarse en todas direcciones.

Observa el diagrama de la figura 61, y note que el haz puede elevarse en cualquier posición en la pantalla, simplemente moviéndolo vertical y horizontalmente.

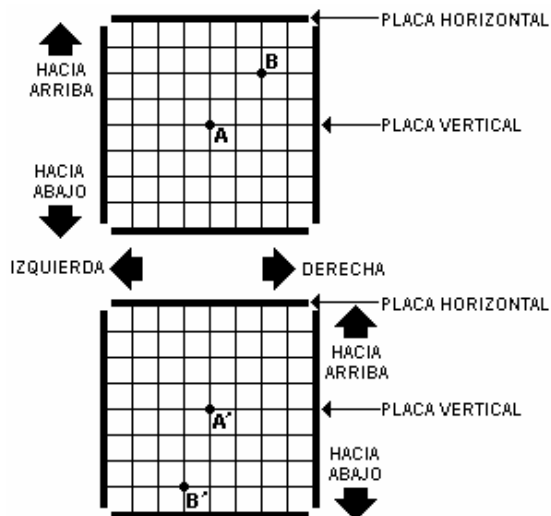


Figura 61

La posición A del haz en el diagrama está en el centro. Se le puede mover en la posición B tomando dos unidades hacia arriba y dos unidades hacia la derecha. El movimiento del haz es el resultado de la acción simultánea de los dos grupos de las placas deflectoras. El campo electrostático entre las placas verticales mueve a los electrones hacia arriba una cantidad proporcional a dos unidades en la pantalla. Cuando el rayo pasa a través de las placas horizontales, se mueve hacia la derecha una cantidad proporcional a dos unidades en la pantalla.

Amplitud contra el tiempo.

Recuerda que las formas de onda se pueden describir en términos de amplitud y tiempo, también hemos visto que el movimiento en el *Tubo de Rayos Catódicos* depende de ambos.

La forma de onda en el diagrama de la figura 62, del tiempo cero a 1, está en cero voltios. En el *Tubo de Rayos Catódicos*, las placas verticales se mantienen a la misma diferencia de potencial mientras que la diferencia de potencial entre las placas horizontales se incrementa 1 unidad en la dirección necesaria para mover el haz hacia la derecha.

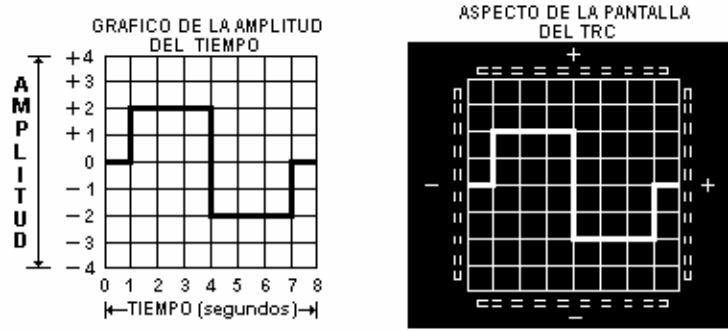


Figura 62

Cuando el tiempo es igual a 1 segundo, la forma de onda se eleva a +2 voltios. La diferencia de potencial entre las dos placas verticales se incrementa lo suficiente para mover el haz de electrones dos unidades en la dirección positiva. De 1 a 4 segundos, la forma de onda se mantiene en +2 voltios y entonces decrece a -2 voltios. Cuando la diferencia de potencial en las dos placas horizontales se incrementa 3 unidades, el potencial vertical permanece igual (+2 unidades) y entonces cae muy rápidamente a -2 unidades. En el *Tubo de Rayos Catódicos*, la diferencia de potencial entre las placas verticales se incrementa uniformemente 3 unidades.

La diferencia de potencial en las placas verticales sigue el voltaje de la forma de onda. El potencial de las placas horizontales sigue el paso del tiempo. Ambas determinan el trazado, es decir, la imagen producida en la pantalla por el haz en movimiento.

Control de voltaje de las placas horizontales.

En la figura 63 mostramos un potenciómetro, su resistencia está esparcida igualmente a lo largo de su tamaño. Cuando el brazo del potenciómetro está en la posición de en medio, hay el mismo potencial en cada placa. Si la diferencia de potencial entre las placas es cero, no se produce un campo electrostático, y por lo tanto, el haz en la pantalla estará en cero de igual manera. Si movemos el brazo hacia abajo a una velocidad continua, la placa de la derecha será más positiva que la de la izquierda. El haz de electrones se moverá desde 0 a través del 1, 2, 3 y 4, en intervalos de tiempo iguales. Si movemos el brazo del potenciómetro a la misma velocidad en dirección opuesta, la placa de la derecha decrecerá en potencial positivo. El haz regresa a la posición cero cuando la diferencia de potencial entre las placas se convierte en cero. El mover el brazo hacia el otro lado de la resistencia, hace que la placa de la izquierda se haga más positiva que la de la derecha. La dirección de la fuerza eléctrica se invierte, y el haz se mueve de 0 a través del 4. Si los movimientos del brazo del potenciómetro se producen en proporciones lineales el haz se moverá de igual manera.

Los extremos de las placas de deflexión se doblan hacia afuera para permitir un ángulo de deflexión del haz más ancho. Las placas verticales están curvadas de igual manera.

El mover el brazo del potenciómetro es bueno como ilustración, pero en realidad no es práctico en los osciloscopios, cuando se trata de variar el voltaje de deflexión horizontal. Casi todos los osciloscopios con deflexiones electrostáticas usan una forma de onda de diente de sierra aplicada a las placas horizontales para producir una deflexión horizontal en el haz.

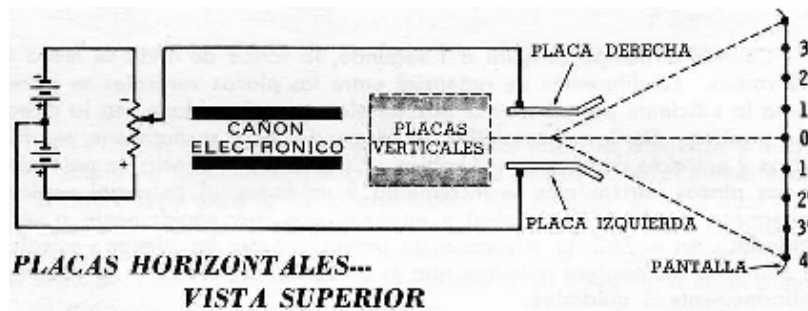


Figura 63

En la línea de referencia, el potencial de ambas placas es igual. Bajo la línea, la forma de onda hace que la placa de la izquierda sea más positiva, y por encima de la línea, la placa de la derecha es más positiva que la otra. La amplitud de la forma de onda causa un movimiento uniforme en el haz a través de la pantalla. La línea de retraso, es decir, el lado que sigue de la forma de onda, trae el haz rápidamente al punto de partida.

Cuadrícula del Tubo de Rayos Catódicos TRC.

La cara del *Tubo de Rayos Catódicos* está cubierta por una lámina de plástico en la cual hay trazadas líneas horizontales y verticales. Esta lámina de plástico se llama cuadrícula.

PANTALLA DE UN TUBO DE RAYOS CATODICOS

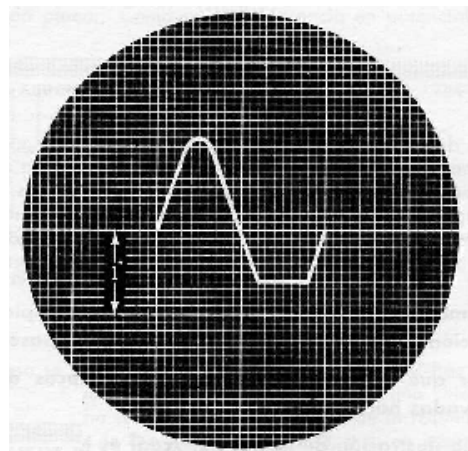


Figura 64

La cuadrícula se puede utilizar para determinar el voltaje de las formas de onda por que la sensibilidad a la deflexión del *Tubo de Rayos Catódicos* es uniforme en todo el plano vertical de la pantalla. La sensibilidad a la deflexión es una constante que depende de la construcción del tubo. La cuadrícula especifica el número de pulgadas, centímetros o milímetros de deflexión que el haz va a experimentar por cada voltio de diferencia de potencial que se aplica a las placas deflectoras. La sensibilidad a la deflexión es directamente proporcional al largo físico de las placas deflectoras y a la distancia a la pantalla. Está en proporción a la distancia entre las placas y al voltaje del segundo ánodo.

La sensibilidad a la deflexión para un *Tubo de Rayos Catódicos*, puede ser 0.2 mm por voltio. Esto quiere decir, que un punto en la pantalla se deflexionará 0.2 mm cuando una diferencia de 1 voltio existe entre las placas. Algunas veces el recíproco de la sensibilidad a la deflexión se le denominará factor de deflexión. Por lo general, la sensibilidad se mide en pulgadas por voltio y el factor en voltios por pulgada.

En el ejemplo dado con anterioridad, 125 voltios aplicado a un grupo de placas deflexionará un haz una pulgada en la pantalla. Esto quiere decir que la deflexión causada por señales pequeñas no se puede observar, por esta razón, las placas de deflexión están conectadas a amplificadores que aumentan las señales.

Otro ejemplo es que, si suponemos que el valor de cresta a cresta de un voltaje que conocemos, aplicado al osciloscopio, indica que una marca de una pulgada en la cuadrícula es igual a 60 voltios, cada una de las 10 subdivisiones es por lo tanto igual a 6 voltios. La mayoría de los osciloscopios tiene controles para aminorar o incrementar la fuerza de la señal antes de que se coloque en las placas deflectoras. Las posiciones del disminuidor y control de ganancia no deben moverse después de que se ha efectuado la calibración. Para mayor precisión, hay que calibrar la cuadrícula antes y cada vez que se efectúe la medida de un voltaje.

Designaciones del Tubo de Rayos Catódicos.

Los *Tubos de Rayos Catódicos* se designan por un número de tubo, como 2AP1, 2BP4, 5AP1A, etc. El primer número da el diámetro de la cara del tubo. Los diámetros más comunes son de 2 pulgadas, 5 pulgadas y 7 pulgadas. La primera letra da el orden en que fue registrado un tubo de un diámetro dado, la combinación de letra y dígito indica el tipo de fósforo utilizado en la pantalla. El fósforo P1, el cual es utilizado en la mayoría de los osciloscopios, produce una luz verde de persistencia mediana. El P4 produce una luz blanca y tiene una persistencia corta. La persistencia se refiere a lo largo de tiempo que el fósforo brilla después de que se suprime el haz de electrones. Si hay una letra al final, esto significa el número de la modificación después del diseño original.

Seguridad con el Tubo de Rayos Catódicos.

El *Tubo de Rayos Catódicos* se debe manejar con mucho cuidado, a causa de su tamaño y su condición de vacío, se desarrolla una extraordinaria presión hacia el interior sobre toda su superficie. Un ligero golpe o un arañazo puede debilitar el cristal, provocando una implosión, haciendo volar pedazos de cristal en todas direcciones.

CIRCUITOS DEL CONTROL.

Aunque el *Tubo de Rayos Catódicos* es un aparato muy versátil, no se puede hacer funcionar sin circuitos de control. Claro que, el tipo de circuitos requeridos depende del uso que se le va a dar al equipo.

Hay muchos tipos de osciloscopios. Sin embargo, todos tienen dos cosas en común, tienen algún tipo de *Tubo de Rayos Catódicos* y un grupo de circuitos de control para alimentar las formas de onda del *Tubo de Rayos Catódicos*. Aunque hay varios tipos de circuitos, la mayoría de los osciloscopios de prueba se pueden dividir en secciones básicas, figura 65.

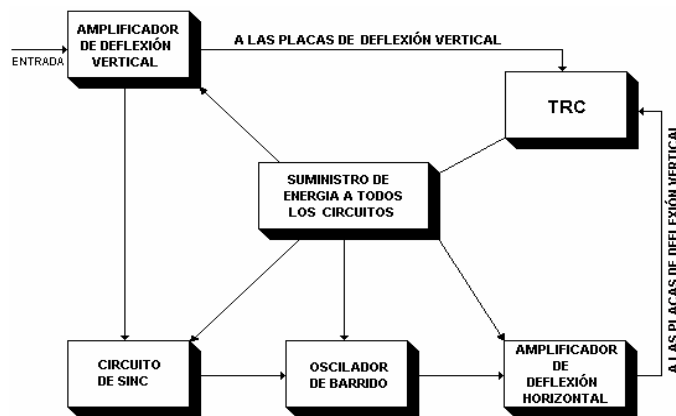


Figura 65

Controles del panel frontal.

Los controles en el panel frontal se utilizan para ajustar los circuitos del osciloscopio para el funcionamiento apropiado. El tipo y número de controles varía con el propósito del escopio.

PANEL FRONTAL DEL OSCILOSCOPIO

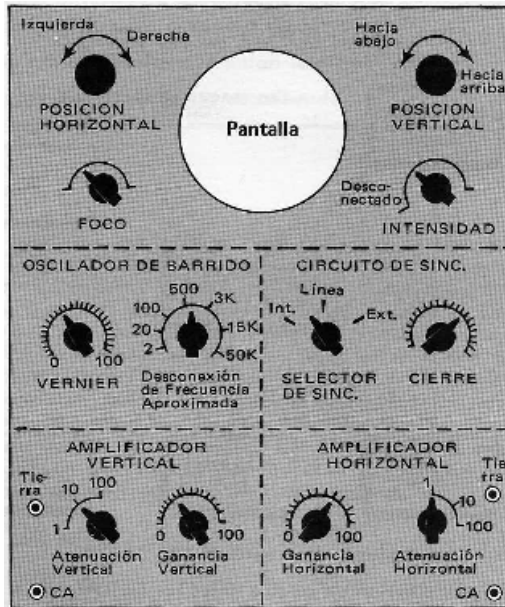


Figura 66

Todos los circuitos mostrados en el diagrama de conjunto (figura 65), están representados en el panel frontal (figura 66). El interruptor de fuerza esta en el control de intensidad, los cuatro controles que ordenan a la pantalla regulan los voltajes que se la dan al *Tubo de Rayos Catódicos*. Las cuatro áreas en la mitad inferior del panel frontal tienen títulos similares a los de la figura 65.

Fuente de fuerza o de alimentación.

Las necesidades de alimentación de un osciloscopio varían considerablemente. Algunos TRC requieren aceleraciones de voltaje hasta de 15 a 30 KV (15,000 a 30,000 voltios), el tipo usado en general usa de 1 a 3 KV. La mayoría de las fuentes de fuerza utilizan un transformador, rectificadores de media onda o de onda completa, filtros, resistencias de carga y en algunos casos reguladores de voltaje.

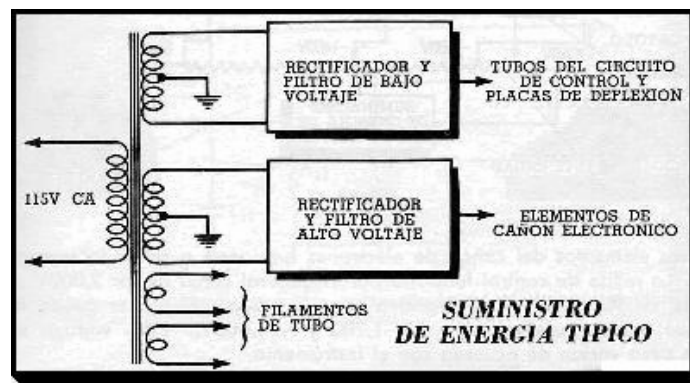


Figura 67

La mayoría de los escopios de prueba tienen fuentes de fuerza de alto y bajo voltaje alimentadas por un transformador. La sección de alto voltaje y baja corriente satisface los requerimientos del cañón electrónico.

El voltaje necesario para el resto de los circuitos procede de la sección de bajo voltaje. Esta sección puede proveer potenciales de hasta 300 o 400 V. Un tercero o cuarto enrollado en el transformador provee voltajes y corrientes para los calentadores de los tubos de vacío.

Controles del Tubo de Rayos Catódicos.

En el circuito de la figura 68, el segundo ánodo (acelerador) está en el potencial de tierra. Para obtener el alto potencial de aceleración necesario, los otros elementos del cañón de electrones funcionan a potenciales negativos. La rejilla de control funciona por lo general cerca de los 2,000 V negativos, de 90 a 100 V más negativa que el cátodo. El primer ánodo (de enfoque) puede funcionar entre -1,200 y -1,600 V, estos voltajes son típicos, pero varían de acuerdo con el instrumento.

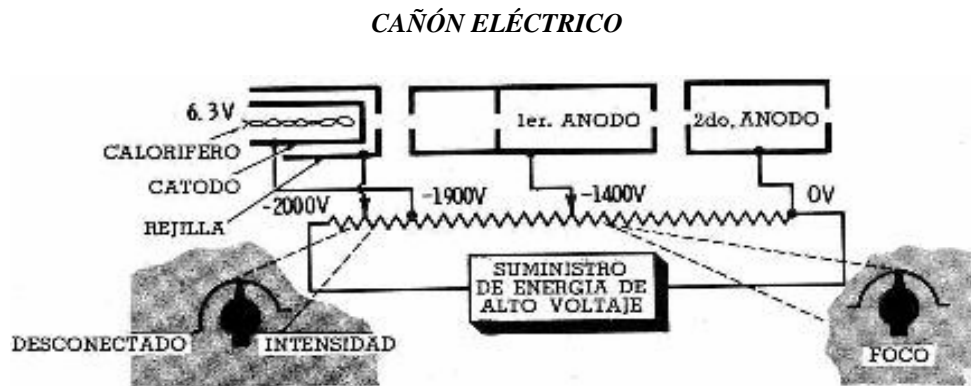


Figura 68

Controles de las placas de deflexión.

El método para ajustar el voltaje de las placas de deflexión que a continuación te describimos es uno de los más posibles.

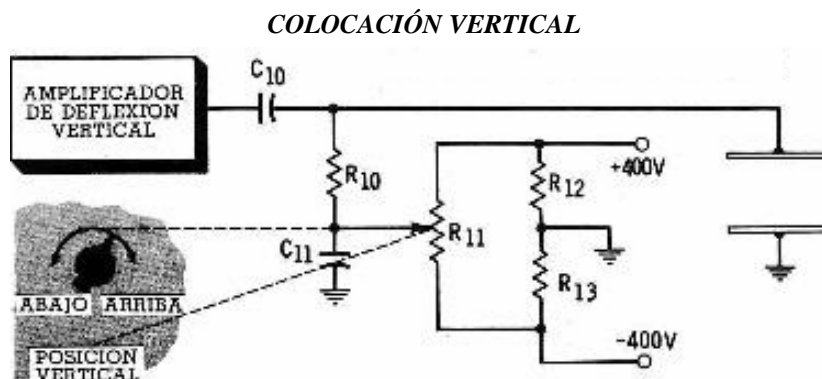


Figura 69

Además de centrar el haz verticalmente en la pantalla, hay veces que se desea mover la forma de onda completa hacia arriba o hacia abajo. POS VERT (posición vertical), es el control, en el panel frontal que permite hacer esto. El circuito usado para variar los potenciales de las placas para posicionar la onda se muestra en la figura 69. El voltaje del ultimo paso del amplificador, variando en la misma manera que la forma de onda original se impresiona a través de R10. C11 devuelve la señal de CA a tierra y bloquea la señal de CC.

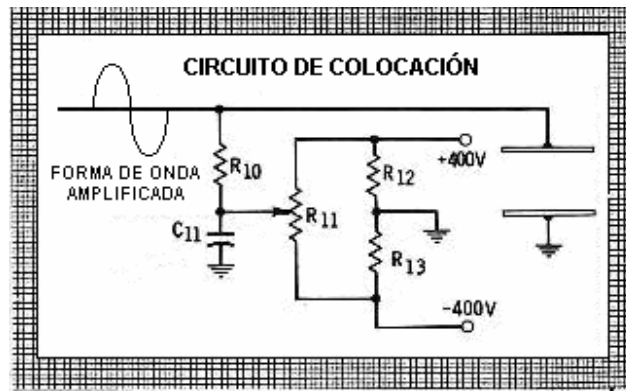


Figura 70

Cuando R11 (control de POS VERT) está cerrado, no hay diferencia de potencial entre las dos placas. Cuando movemos el brazo hacia abajo, la placa inferior se hace más positiva que la placa superior, y el haz de electrones se mueve hacia abajo. Cuando movemos el brazo hacia arriba, la placa superior se hace más positiva. Si hay una forma de onda aplicada a través de R10 la diferencia de potencial de esta red de posicionamiento se suma o se resta a la misma. Este arreglo hace posible el cambiar la forma de onda completa hacia arriba o abajo en la pantalla del *Tubo de Rayos Catódicos*.

Posicionamiento horizontal.

La figura 71 muestra un tipo de posicionamiento horizontal usado en el sistema de deflexión.

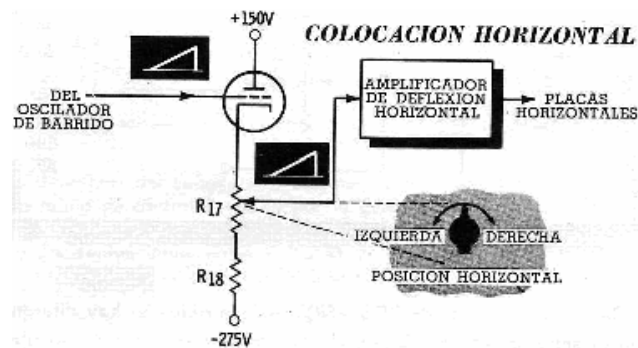


Figura 71

El tubo de posicionamiento funciona como un seguidor de cátodo. Su señal de entrada es un voltaje de barrido de diente de sierra del circuito del oscilador de barrido. Los tamaños de los resistores son tales que la posición central de R17 (POS HOR) está en potencial cero, es decir, a tierra. El amplificador de deflexión horizontal está compuesto por dos tubos que se encuentran en contrafase. Cada tubo controla el potencial de las placas con el brazo de R17 en el potencial de tierra y sin señal de diente de sierra presente, la corriente de placa en los tubos del amplificador de placa son idénticos. Cuando el brazo se mueve hacia arriba o hacia abajo, las corrientes de placa dejan de ser iguales. El potencial de una placa amplificadora es entonces más positiva o menos positiva que la otra. De esta manera el haz se puede mover hacia la izquierda o hacia la derecha. El posicionamiento vertical se puede efectuar de una manera similar.

Amplificador vertical.

Como el amplificador vertical recibe la forma de onda que se va a observar, su impedancia de entrada debe de ser muy alta para impedir el cargar el circuito externo del cual se obtiene la forma de onda, lo que puede resultar de la distorsión de la señal. Los amplificadores de la mayoría de los escopios tienen impedancia de entrada de varios megaohmios. Otros requisitos para buenos amplificadores verticales pueden ser:

- **RESPUESTA A LA FRECUENCIA.**

Es una medida de la habilidad de un amplificador de pasar los componentes de frecuencia de una forma de onda. Una onda senoidal pura tiene un solo componente de frecuencia: del fundamental.

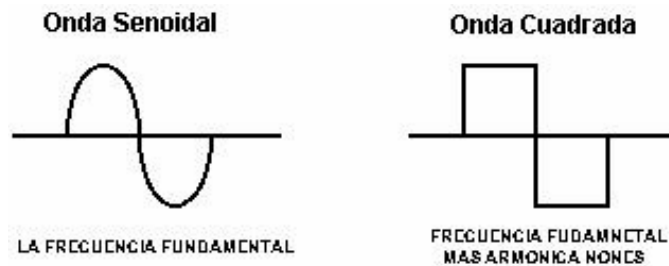


Figura 72

Una onda cuadrada, consiste de la forma de onda fundamental con un número crecido de armónicas impares. Una armónica es una onda senoidal con una frecuencia que es un múltiplo de un número entero de la frecuencia fundamental. Una onda cuadrada perfecta tiene un número infinito de armónicas impares. Las partes inferiores y superiores son iguales a cero. Debe de haber un tiempo para que los voltajes suban o bajen, por lo tanto, no hay circuito práctico que pueda producir una onda cuadrada perfecta. Sin embargo, una onda cuadrada convencional contiene cientos de armónicas impares.

Un buen escopio para uso general debe de tener una respuesta de frecuencia de hasta 2 megaciclos. Para el trabajo de mantenimiento práctico, el escopio debe de poder pasar a décima armónica impar de una onda cuadrada, esto es, 21 veces la frecuencia fundamental, un escopio con 2 megaciclos debe de poder dar ondas cuadradas con frecuencias de hasta 100 Kc.

Cada una de las formas de onda de impulso que se muestran en la figura 73, consisten de una combinación diferente de frecuencias fundamentales y armónicas. El escopio para poder mostrarlas de manera precisa, debe de tener buena respuesta de frecuencia. Esto es para que las armónicas más altas se puedan amplificar de igual manera que la fundamental y las armónicas inferiores.

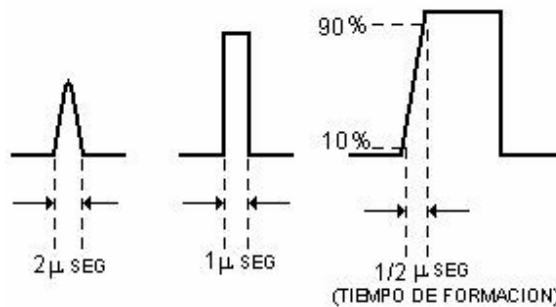


Figura 73

Otra manera de examinar la respuesta del escopio es en términos de tiempo de subida, que es el tiempo entre 10% y 90% de los puntos de amplitud de los lados entre el impulso. El tiempo de subida mínimo que el escopio puede reproducirse determina principalmente por el tiempo de carga de ciertos condensadores en el escopio.

- **GANACIA.**

La ganancia del amplificador vertical determina cuán bien se puede esperar una pequeña señal para observarla en la pantalla. Si el *Tubo de Rayos Catódicos* tiene un factor de deflexión de 0.8 V por pulgada será my difícil y no tiene una

manera de amplificarla, por lo tanto, una forma de onda de 0.2 V de amplitud será difícil de examinar. Pero, si usamos un amplificador, todas las señales grandes se amplificarán tanto que se extenderán por fuera de la pantalla. Por lo tanto, en vez de tener varios canales de amplificación, debe de usarse un método para atenuar las amplitudes de las formas de onda antes de que lleguen a un solo canal de amplificación.

El diagrama de la figura 74, muestra un método usado muy comúnmente para atenuar. El ATEN VERT (atenuador vertical) tiene tres posiciones 1, 10 y 100 que son factores de atenuación, que es igual a la unidad en la posición uno no hay atenuación de señal. Esto corresponde con la toma superior del interruptor en el diagrama.

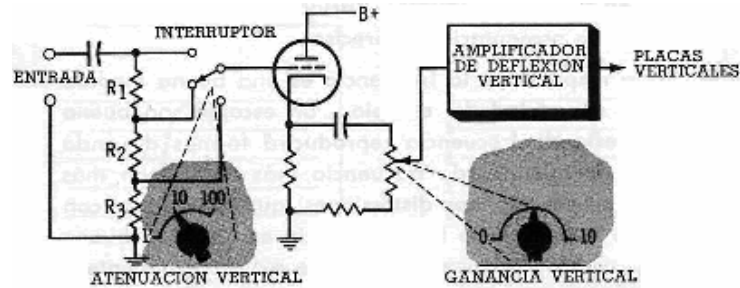


Figura 74

El voltaje total de la entrada es alimentado a la rejilla del seguidor del cátodo. La atenuación es igual a 1 / 10 en la posición 10. R1, R2 y R3 se seleccionan de tal manera que 1/ 10 del voltaje de entrada llegue a la rejilla. La posición 100 provee una atenuación de 1 / 100.

Entre los valores atenuados ya dados, también hay un control de atenuación más delicado. Este es el GAN VERT (ganancia vertical). Él mismo selecciona un voltaje de R4, parte de la resistencia del cátodo y aplica este voltaje al amplificador vertical. Mediante el uso de ATEN VERT y GAN VERT, el tamaño vertical de la forma de onda puede regularse en la pantalla.

El estado del amplificador de deflexión vertical en un buen escopio es por lo general un amplificador de contra fase con una ganancia constante y una respuesta de frecuencia de hasta 2 mc. La salida del amplificador se alimenta a las placas de deflexión vertical.

Otros requerimientos del amplificador vertical.

- **ENTRADAS AL ESCOPIO.**

La figura 66 del panel frontal del osciloscopio muestra conexiones de TIERRA y CA para el amplificador de deflexión vertical. Las tomas de prueba se insertan en estas conexiones para hacer pruebas. En algunos osciloscopios hay una tercera toma marcada como CC, esto provee la posibilidad de observar voltajes de CC o formas de onda que varían su amplitud lentamente. La conexión CC alimenta la señal directamente al amplificador de CC y entonces a las placas deflectoras. El amplificador normal vertical causa distorsiones en señales de muy baja frecuencia.

- **AMPLIFICADOR DEL EJE Y.**

En algunos escopios, el amplificador de deflexión vertical se llama amplificador del eje Y. El eje Y corresponde al coordinado Y (línea de referencia de arriba abajo) en la cuadrícula. En esta el escopio presenta un gráfico de amplitud (eje Y) y tiempo (eje X), estos términos se utilizan algunas veces en vez de vertical y horizontal.

Si el amplificador vertical y sus circuitos asociados están diseñados apropiadamente, de acuerdo con los requerimientos, la amplitud de la forma de onda se reproducirá finalmente en la pantalla.

Se requiere un amplificador que incremente la señal de voltaje para poder utilizar completamente la pantalla. Es más fácil y más preciso el observar una reproducción aumentada de una forma de onda. Grandes forma de onda se pueden

atenuar un $1 / 10$ o $1 / 100$ del tamaño amplificado, y cualquier forma de onda puede agrandarse o achicarse simplemente variando la ganancia del amplificador.

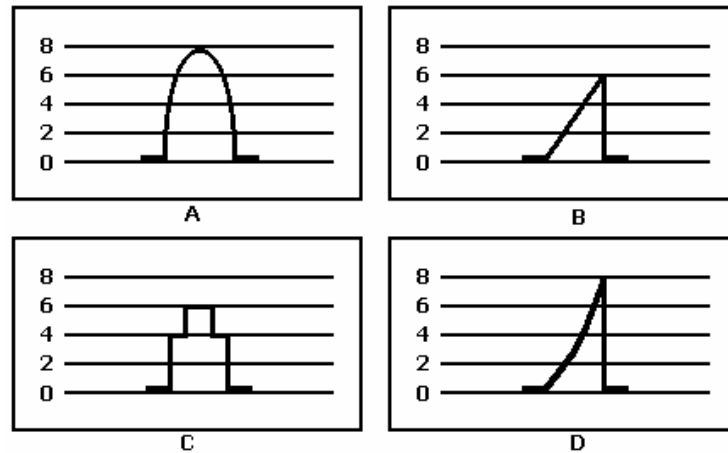


Figura 75

Base horizontal de tiempo.

Un escopio con un solo amplificador de deflexión vertical en sus circuitos de control presenta solo una línea vertical, la dimensión horizontal no aparece.

- ***EL TIEMPO COMO REFERENCIA.***

Las formas de onda cambian su amplitud de acuerdo con el tiempo, se convierten en una manera muy útil de medir la dirección horizontal de la pantalla.

Observa la figura 76, si las formas de onda cubren el mismo periodo de tiempo, cada una puede dividirse en pequeños incrementos correspondientes al tiempo. Si una forma de onda de diente de sierra se aplica a las placas horizontales y la onda senoidal se aplica a las placas verticales, las primeras moverán el haz de electrones en sentido lateral y la segunda la moverá de arriba abajo en incrementos de tiempo correspondientes. Las deflexiones verticales y horizontales se combinan en cada instante de tiempo para producir la forma de onda.

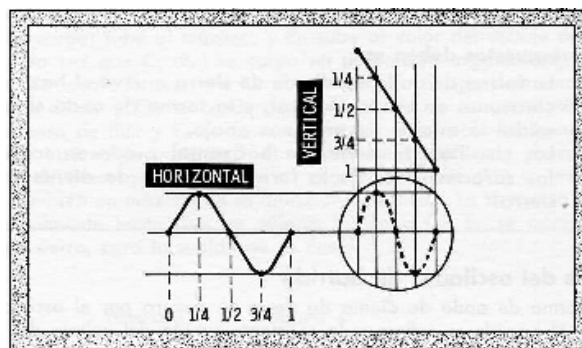


Figura 76

- ***CARACTERISTICAS DE LA FORMA DE ONDA DE DIENTE DE SIERRA.***

Has identificado seguramente las características de las formas de onda de diente de sierra. El voltaje debe de subir uniformemente para mantenerse constantemente proporcional al tiempo. Debe de ser capaz de empezar a subir al mismo instante en que comienza la forma de onda. El tiempo de duración de la forma de onda de diente de sierra debe de ser al

de la otra forma de onda si se desea observar un ciclo completo. El diente de sierra debe caer rápidamente a cero para que ambas formas de onda puedan completar sus ciclos al mismo tiempo.

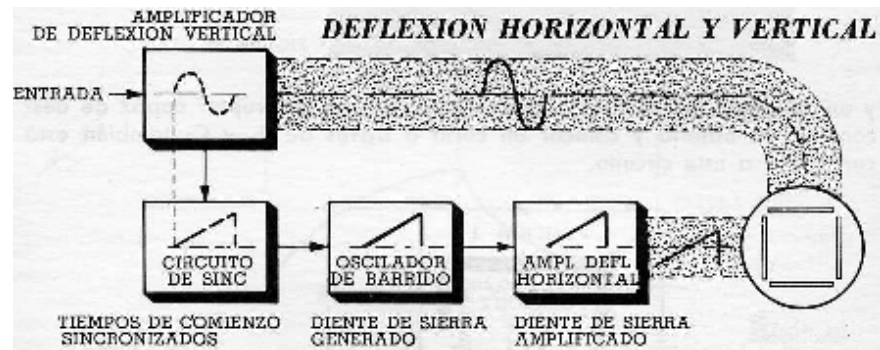


Figura 77

Circuitos del oscilador de barrido.

La forma de onda de diente de sierra se genera por el oscilador de barrido. El barrido se refiere a la constante subida de voltaje de diente de sierra que mueve la forma de onda horizontalmente a través de la pantalla en el periodo de tiempo deseado. El oscilador es un circuito capaz de repetir las formas de onda que genera en alguna frecuencia específica.

En los principios fundamentales de CA, te familiarizaste con el circuito RC, que aparece en la figura 78 el circuito contiene un resistor y un condensador en serie con una batería. Un interruptor capaz de desconectar la batería y colocar un corto a través de R1 y C1 también está conectado a este circuito.

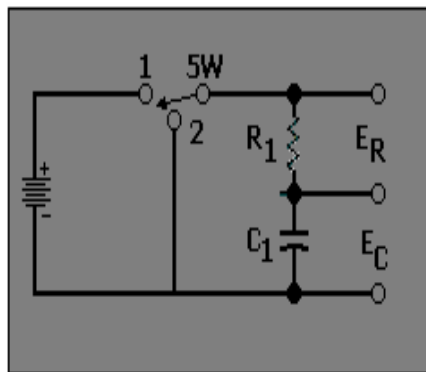


Figura 78

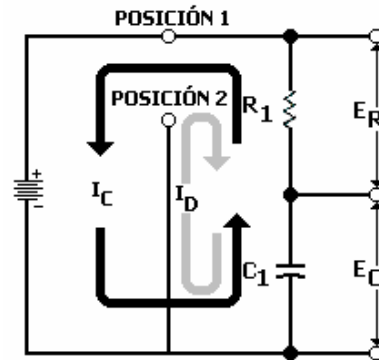


Figura 79

En el instante en que el interruptor se coloca en la posición 1, I_c (corriente de carga) sube al máximo, y E_R sube el valor del voltaje de la batería. A la vez que C_1 (E_c) se carga en posición exponencial I_G y E_R decrecen de igual manera. Al fin de un periodo de tiempo determinado por los valores de R_1 y C_1 , el condensador alcanzara su carga máxima. La corriente cesa de fluir y E_R se convierte en cero. En el periodo 2, cuando el interruptor esta en la posición 2, el condensador se comienza a descargar. I_d (corriente de descarga) es máxima en negativo (la dirección se invierte), y E_R está también en máximo en la dirección negativa. La descarga decrece exponencialmente hasta que los valores llegan a cero. E_c se parece a un diente de sierra, pero la subida no es lineal.

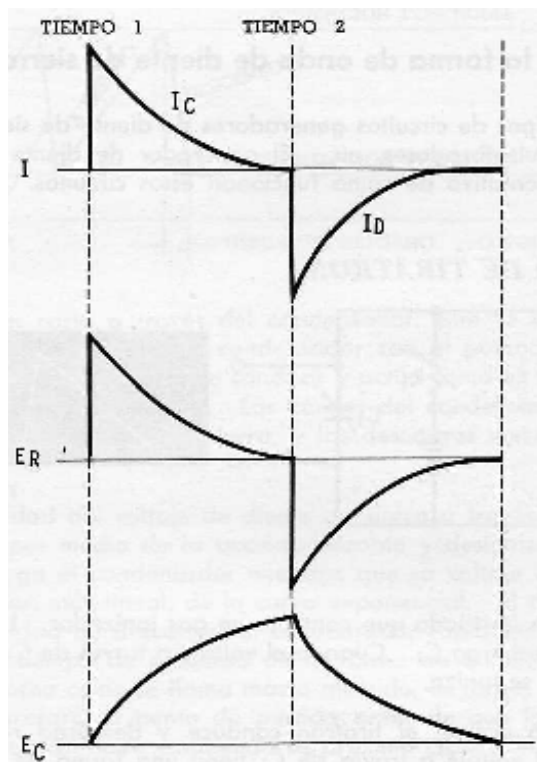


Figura 80

Desarrollando la forma de onda de diente de sierra

Hay varios tipos de circuitos generadores de diente de sierra: tubos de neón, tiratrón, multivibradores, etc. El generador de diente de sierra de tiratrón es representativo de cómo funcionan estos circuitos.

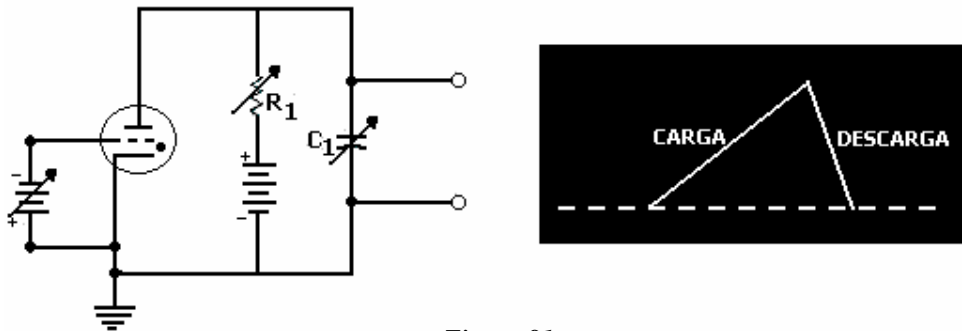


Figura 81

El tiratrón es un triodo que contiene un gas ionizador. La corriente de B+ fluye por R1 y carga C1. Cuando el voltaje a través de C1 llega a cierto potencial, el gas se ioniza.

Cuando esto ocurre, el tiratrón conduce y descarga rápidamente el condensador. El voltaje a través de C1 tiene una forma de onda que depende del tiempo de carga y descarga. El tiempo de carga puede alargarse si incrementamos el valor de R1, C1 o ambos. La polarización de la rejilla también controla el tiempo en el cual el tubo conducirá. Un potencial negativo mayor en la rejilla a cátodo, haciendo más difícil que el tubo pueda conducir, requiere un potencial de ionización mayor en la placa. El circuito RC tardará más tiempo en llegar a este potencial, y el tiempo de carga del diente de sierra es mayor. Cuando el tubo conduce, el condensador descarga hasta que alcanza un voltaje a través del tubo que no ayuda a la ionización. C1 se recarga y el ciclo se repite.

Observa la figura 82, el condensador se carga hasta que ha acumulado un voltaje igual al potencial de ionización del tiratrón. El tubo conduce corriente y descarga el condensador. Como que el tiratrón actúa como un corto a través del

condensador, éste se descarga rápidamente. Cuando el voltaje del condensador cae al potencial de desionización del tubo, el tiratrón cesa de conducir y actúa como un interruptor abierto. Entonces se repite el ciclo. Las cargas del condensador corresponden con las subidas del diente de sierra, y las descargas corresponden con las bajadas.

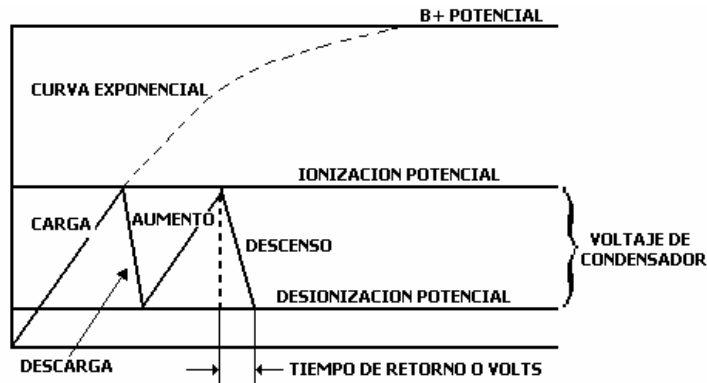


Figura 82

La linealidad del voltaje de diente de sierra a través del condensador se determina por medio de la acción ionizante y desionizante del tiratrón. El tubo descarga el condensador mientras que su voltaje de carga está en la parte inferior, más lineal, de la curva exponencial. El tiratrón tiene también la capacidad de descargar el condensador rápidamente, manteniendo al máximo el tiempo de descenso de la forma de onda. Si la bajada, o tiempo de retorno como se llama más a menudo, es largo, la deflexión horizontal no regresará al punto de partida antes de que la forma de onda en la placa vertical haya empezado su próximo ciclo.

Generador típico de diente de sierra.

Las frecuencias o el tiempo de duración de las formas de onda no son iguales, una forma de onda de diente de sierra con un solo tiempo de subida no es satisfactoria. El método más frecuente y utilizado para variar el largo de la forma de onda de diente de sierra es cambiar los valores en el circuito de carga RC.

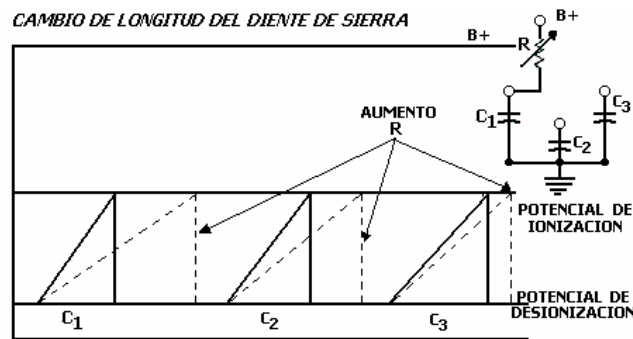


Figura 83

Si cambiamos los condensadores del circuito RC, la constante de tiempo de RC puede aumentar en incrementos más fuertes, como lo muestran las líneas sólidas de la figura 83. C1 tiene más capacitancia que C2, el cual es menor que C3. +si R se mantiene igual, la mayor capacitancia tomará más tiempo en cargarse que la menor. Por lo tanto, el tiempo de subida de la forma de onda de diente de sierra generada por el condensador aumentará. Si R fuera un resistor variable, variaciones muy delicadas de la forma de onda básica de diente de sierra para cada valor de C podrían ser controladas, como se muestra en la figura por medio de las líneas quebradas. En cada caso el potencial de disparo (que determina el momento en el cual se descarga el condensador) se mantendrá igual.

En la figura 84 se muestra una versión del generador tiratrón de diente de sierra usado en osciloscopios. El cátodo se mantiene en un bajo voltaje positivo (alrededor de 3V) por el divisor de voltaje compuesto de R3 y R4. La rejilla se mantiene por lo tanto en la deseada polarización negativa, siempre que está puesta a tierra a través de R1 y R2. El banco

de condensadores a través del tubo representa las distintas situaciones aproximadas para el tiempo de subida del diente de sierra. La fuente de B+ carga el condensador seleccionado a través de R5 y R6. El R6 puede ajustarse para el momento de la subida deseada. A causa de sus potenciales de ionización y desionización, el tiratrón actúa como un interruptor rápido y estable, cargando y descargando el condensador seleccionado. Las formas de onda desarrolladas a través del condensador se alimentan al próximo paso, al amplificador horizontal.

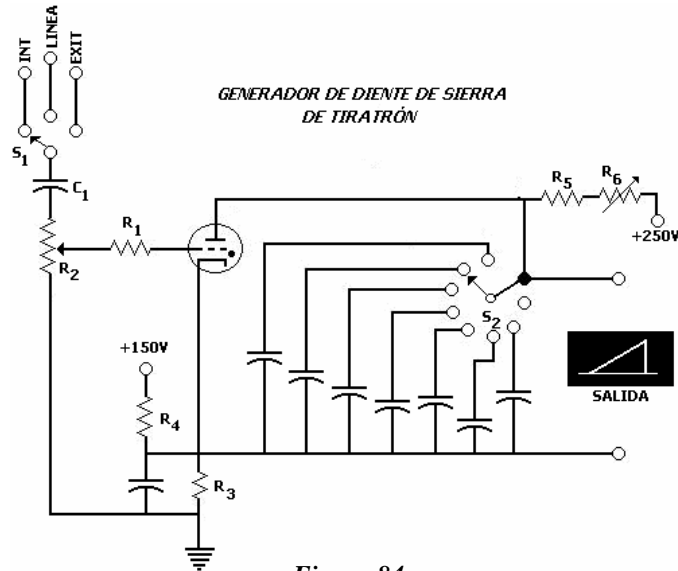


Figura 84

Control de la frecuencia y el tiempo de los dientes de sierra.

Ha dos controles para el circuito oscilador de barrido (generador de diente de sierra) en el panel frontal del escopio. FRECUENCIA APROXIMADA selecciona uno de los siete condensadores del circuito. Los números en el interruptor especifican la frecuencia (cps) del diente de sierra.

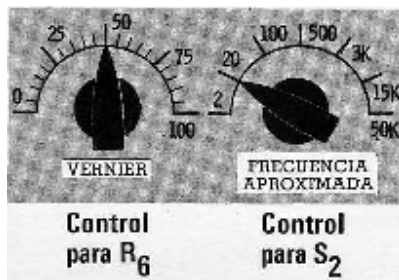
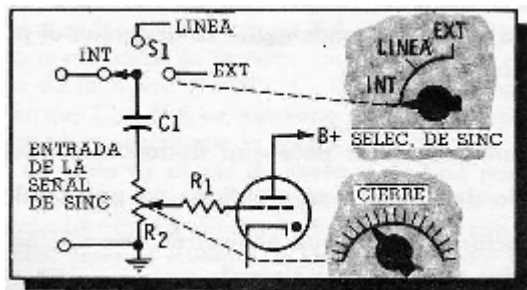


Figura 85

El VERNIER hace posible la colocación precisa de R5 para obtener frecuencias entre las posiciones aproximadas. Para colocar una forma de onda de 60 ciclos, la FRECUENCIA APROXIMADA se coloca en 20 y el VERNIER se ajusta hasta que se logra un solo ciclo.

Circuitos de sinc.



El propósito del circuito de sinc es el lograr que la forma de diente de sierra se mantenga en sincronización con las formas de onda que se colocan en la pantalla. Es decir, que ambas formas de onda empiecen al mismo tiempo. El origen de la forma de onda con la cual el diente de sierra se va a sincronizarse determina la posición del SEL SINC (selector de sinc) en el panel frontal. La posición EXT (externa) se usa cuando la señal de sinc va a obtenerse de un circuito o fuente externa. LINEA obtiene la señal de sinc de la línea de fuerza del osciloscopio. NT (interior) prueba la forma de onda en el canal del amplificador de deflexión vertical.

El principio es idéntico para las tres posiciones. Suponga que el interruptor está en INT, la forma de onda que aparece en la pantalla es alimentada a través de C1 y R2. El voltaje de la rejilla subirá y bajará con la amplitud de la señal, decreciendo o incrementando, por lo tanto el intervalo de tiempo antes de que el tubo se ionice y conduzca corriente.

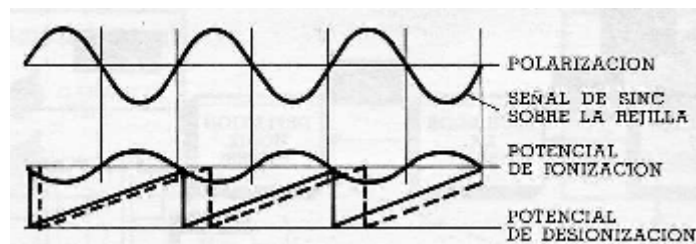


Figura 86

Una señal de sinc en la rejilla produce una caída y una elevación en el potencial de ionización, como se observa en la figura 86. Sin la señal de sinc, el potencial de ionización se mantiene igual, y la forma de diente de sierra es como la mostrada en líneas quebradas en la figura anterior. cuando añadimos el voltaje de sinc, el voltaje de diente de sierra llega más rápido al potencial de ionización. El tiempo de subida del diente de sierra se acorta, y su frecuencia se incrementa. Mostrado con líneas sólidas.

El control de CIERRE varía la señal de amplitud que aparece en la rejilla. Este control es necesario, dado que las señales de sinc varían mucho en amplitud. Se puede obtener un sinc firme y uniforme ajustando el control LOCK para la variación de la ionización apropiada.

Canales horizontales

El circuito de sinc, el oscilador de barrido y el amplificador de deflexión horizontal componen el canal horizontal.

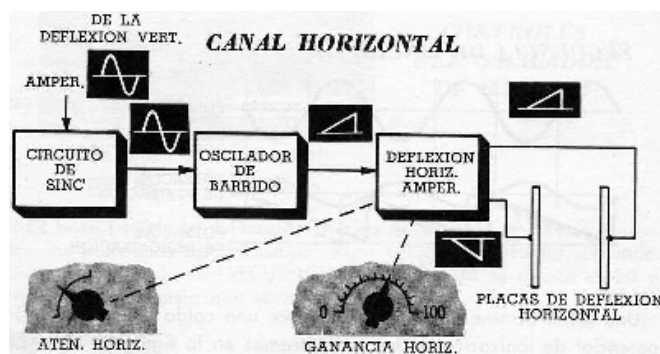


Figura 87

El circuito de sinc manda una prueba de la forma de onda en observación al oscilador de barrido para sincronizarla con la onda de diente de sierra generada. El diente de sierra es amplificado por el amplificador de deflexión horizontal y aplicado a las placas horizontales.

Los amplificadores verticales y horizontales son similares y desempeñan funciones idénticas. Cada uno tiene un control de ganancia para desarrollar el tamaño de patrón deseado. Cada uno tiene también un control de atenuación para disminuir la amplitud de las formas de onda generadas para que se mantengan dentro del área de la pantalla. El control ATEN HOR se utiliza cuando una forma de onda externa se aplican a las placas de deflexión horizontal a través del amplificador. Las tomas de CA y tierra están enfrente para este uso. Cuando se va a aplicar una forma de onda directamente a las placas de deflexión horizontal, se desconecta el oscilador de barrido del amplificador horizontal y ninguno de estos se utiliza para la demostración en el escopio.

El osciloscopio completo.

Después de haber estudiado los circuitos del osciloscopio típico y de haber aprendido que no son difíciles de comprender, ahora estas listo para combinar todos los circuitos. Esta combinación de circuitos forma un osciloscopio completo. Aprenderás como ajustar los numerosos controles en el panel frontal y como dichos controles influyen los patrones en la pantalla. En la figura 88 haremos un repaso de los controles del osciloscopio y su propósito.

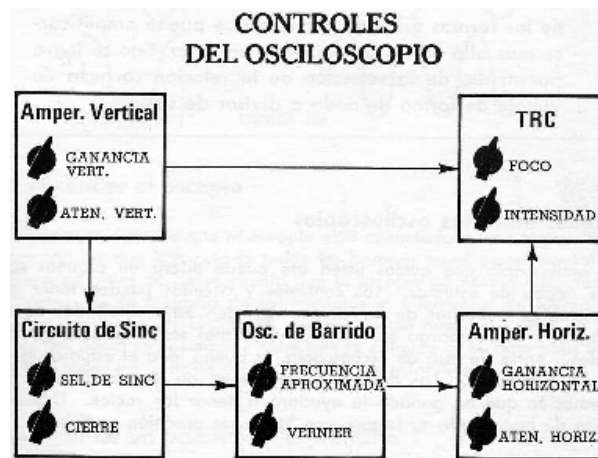


Figura 88

Similitudes entre los osciloscopios.

El osciloscopio que se este utilizando quizá difiera en algunas cosas. Los controles y circuitos pueden tener diferentes nombres y muchos de los circuitos pueden estar diseñados de manera distinta. Sin embargo, en todas sus funciones serán fundamentalmente iguales. Como recomendación: antes de utilizar un osciloscopio es indispensable leer el manual cuidadosamente. Las descripciones pueden no ser detalladas, pero la información aquí proporcionada ayudará a aclarar las dudas que se pudieran tener en el momento.

USO DEL OSCILOSCOPIO.

El osciloscopio puede usarse para diferentes tipos de medidas, pero por lo general se utiliza para estudiar la forma de onda cuando se está comprobando la calidad de un equipo. El patrón en el escopio se compara con la señal que aparece en el punto de prueba, y se decide si el funcionamiento del equipo es correcto o no.

La cuadrícula, es una hoja de plástico con calibraciones verticales y horizontales, que pueden colocarse sobre la pantalla del *Tubo de Rayos Catódicos*. Si apuntamos la altura de un voltaje conocido en la cuadrícula, podremos estimar el valor de un voltaje desconocido cuando lo colocamos en la pantalla.

Otras aplicaciones del osciloscopio pueden ser la determinación de fase y medir las frecuencias, en la figura 89 tenemos algunos ejemplos.

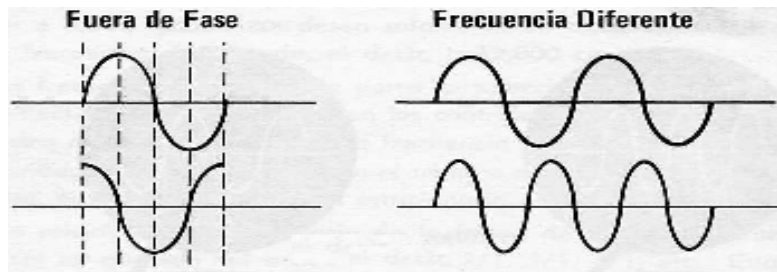


Figura 89

Para encender el escopio.

Primero, asegúrese de que el escopio este conectado a una toma eléctrica. Muchos son los que han rotado todos los controles en el panel frontal hasta desajustarlos antes de darse cuenta que el escopio no estaba conectado debidamente. En la mayoría de los escopios el interruptor de fuerza forma parte del control de INTENSIDAD. Rote el botón hasta que oiga un “click” y la luz del panel se encienda. Deje que el escopio se caliente unos minutos para que todos los voltajes de los circuitos se estabilicen.

Obtención de un patrón en la pantalla.

Cuando se coloque un patrón en la pantalla, hay que ajustar los controles de INTENSIDAD y ENFOQUE para obtener una línea fina y brillante. Si los otros controles forman un punto en ves de una línea, atenúe la intensidad para evitar el perforar el revestimiento inferior de la pantalla. El brillo y la nitidez varían de acuerdo con la frecuencia, a causa de las diferentes velocidades a las cuales viaja el haz a través de la pantalla. Por esta razón, puede que sea necesario ajustar la BRILLANTEZ Y EL ENFOQUE de vez en cuando mientras toma medidas.

Número de ciclos en la pantalla.

Como es posible que haya distorsiones al principio y al final de un barrido, lo mejor es poner dos o tres ciclos de la forma de onda en la pantalla en vez de uno solamente.

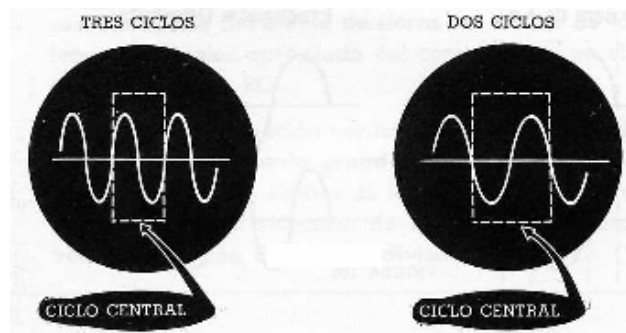


Figura 90

El ciclo central de los tres ciclos le proporciona una forma de onda sin distorsiones y en su fase correcta. El ciclo central de una imagen de dos ciclos aparecerá invertido, pero no distorsionado.

La relación entre las frecuencias de la forma de onda en las placas verticales y el diente de sierra en las placas horizontales determina el número de ciclos en la pantalla.

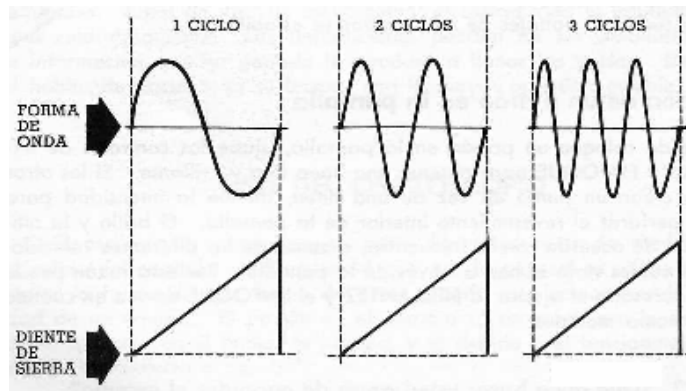


Figura 91

La frecuencia de barrido debe de mantenerse menos que o igual a la frecuencia de la forma de onda; nunca debe de ser mayor. Si la frecuencia de barrido fuera mayor, solamente una porción de la forma de onda aparecerá en el escopio.

En la figura 91, habrá tres ciclos de forma de onda en la pantalla cuando la frecuencia de barrido esta colocada a $1/3$ de la frecuencia de la señal de entrada. Si la frecuencia de entrada es de 12,000 cps, la frecuencia de barrido debe ser de 4,000 cps para presentar tres ciclos en el escopio. Para presentar dos ciclos, la frecuencia de barrido debe colocarse en 6,000 cps. Si se desea solamente un ciclo, debe colocarse a la misma frecuencia de entrada, es decir a, a 12,000 cps.

La frecuencia de diente de sierra se selecciona por medio de las posiciones **FREQ APROX** y **VERNIER** en los controles del panel frontal. Si no se encuentra el número exacto de la frecuencia en el control en la frecuencia aproximada, habrá que colocar el control, en el número más cercano y ajustar el control **VERNIER** para lograr un patrón estacionario en la pantalla.

La relación de la frecuencia de la forma de onda de diente de sierra debe de ser tal que sea el orden de $1/1$, $2/1$, $3/1$, $4/1$, etc. Cuando la relación no deja un número que no es un entero, el patrón consiste en una serie de líneas que se mueven a través de la pantalla. Si el patrón aparece incorrecto, ajuste el control aproximado (**APROX** o **VERNIER**).

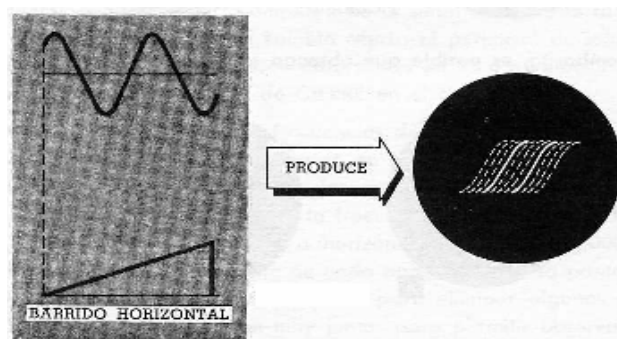


Figura 92

Otras posiciones preparadas de antemano.

Hasta ahora se ha visto como colocar los controles de **INTENSIDAD** y **ENFOQUE** al brillo y nitidez apropiados en la forma de onda en la pantalla. Se ha obtenido un patrón firme por medio de los controles de **FREQ APROX** y **VERNIER** del oscilador de barrido. Si el patrón luce como cualquiera de los mostrados en la figura 93, entonces se esta listo para proceder con el análisis de la forma de onda.

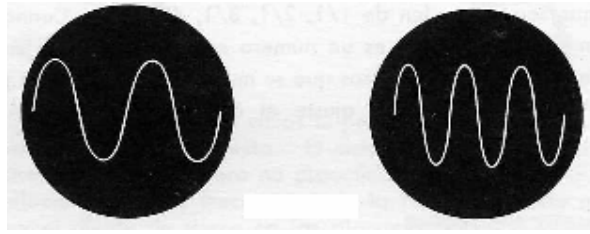


Figura 93

Sin embargo, es posible que obtenga patrones que les hace falta ajustarse como los siguientes:

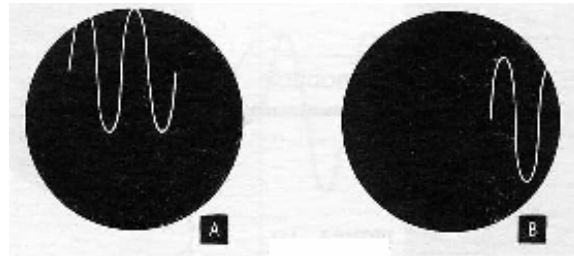


Figura 94

La forma de onda A de la figura 94 puede ajustarse rotando el control de POS VERT para traer la forma de onda al centro de la pantalla. La forma de onda B de la figura 94 puede ajustarse rotando el control POS HOR para traer la forma de onda al centro de la pantalla.

Los dos controles que están arriba y a los lados de la pantalla se usan para centrar la forma de onda. Suponiendo que el patrón de los dos ciclos aparece como uno de los de la figura 95 ¿Cuál de los controles ajustaría?



Figura 95

Es evidente que hay porciones de la forma de onda que está siendo deflexionadas hacia los lados de la pantalla en ambos casos. La figura de la izquierda tiene mucha expansión horizontal, por lo tanto se debe de reducir la GAN HOR (ganancia horizontal). Una reducción en la GAN VER (ganancia vertical) traerá nuevamente la forma de onda a la derecha de la pantalla. Para la visión normal, el alto y el ancho de la forma de onda deben ser iguales y deben cubrir del 60 al 70% de la pantalla. En un escopio de cinco pulgadas, esto será alrededor de tres pulgadas. El patrón debe ser de 2 pulgadas para un *Tubo de Rayos Catódicos* de 3 pulgadas. Los ajustes en el control de ganancia vertical no solo cambian la amplitud de la señal que esa siendo alimentada a las placas de deflexión vertical, sino que también incrementa o disminuye la amplitud de la señal alimentada al circuito de sinc. Muy frecuentemente, el cambio afecta el potencial de ionización del tiratrón lo suficiente para causar distorsiones en la presentación. Para darle remedio a esto hay que ajustar el control de CIERRE en el circuito de sinc.

Algunas ocasiones encontraras frecuencias de forma de onda tan altas que la frecuencia del oscilador de barrido no puede hacerse lo suficiente alta para presentar 2 o 3 ciclos en la pantalla. Sí el límite superior de la FREQ APROX es de 50 kc y la frecuencia de la forma de onda es de 1 mc, la proporción de vertical a horizontal será de $1,000,000 / 50,000$ o $20 / 1$. Veinte ciclos de la forma de onda aparecerán en la pantalla en esta posición. El VERNIER se puede ajustar para eliminar algunos ciclos, pero los ciclos que quedan estarán muy juntos para permitir hacer las debidas observaciones.



Figura 96

Lectura de las formas de onda.

Al principio se vio que las señales se modifican o cambian cuando pasan de un circuito a otro hasta llegar al último paso, cuando tienen las características deseadas. Con el osciloscopio se puede probar cada una de las señales de las partes de un equipo y determinar si los circuitos están funcionando de la manera apropiada y/o cual de ellos esta dando problemas.

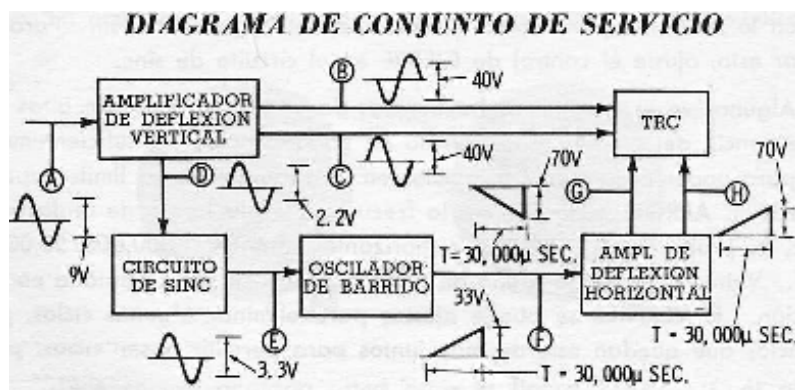


Figura 97

La figura 97 muestra un diagrama de servicio de conjunto. Las letras en los círculos marcan los puntos importantes para las pruebas. Las formas de onda al lado muestran la forma, el voltaje y la duración del tiempo que debe de observarse entre estos puntos. Las flechas de las líneas que conectan a los bloques muestran las direcciones del fluido de la señal. Este diagrama se utiliza cuando se están comprobando las características de la forma de onda con las que aparece en el osciloscopio. Si se utiliza la cuadrícula con líneas, las cuales tienen marcados los voltajes de acuerdo con la amplitud de un voltaje conocido, podrá comprobarse el voltaje de cada punto de prueba.

Figuras de Lissajous.

La relación de fase entre dos formas de onda y la frecuencia de una señal puede medirse en un osciloscopio. Los patrones que aparecen en la pantalla para lograr esto se llaman FIGURAS DE LISSAJOUS. La figura de Lissajous es el patrón que se obtiene cuando se aplican señales de CA simultáneamente a los dos grupos de placas deflectoras.

- **MEDIA FASE.**

Cuando se estén tomando medidas de diferencias de fase entre dos señales, hay que aplicar una señal a la entrada vertical y otra a la horizontal. Mantener apagado el barrido para que no haya voltaje de diente de sierra que pueda interferir con la señal en el canal horizontal. Para mayor precisión, las amplitudes de las dos señales deben ser iguales.

Ajusta los controles de ganancia para obtener un patrón tan alto como ancho. Cuando se estén midiendo diferencias de fase, las dos señales deben de ser, de la misma frecuencia.

Análisis de una figura de Lissajous.

La figura 98 muestra el patrón de Lissajous de dos ondas senoidales. Los números están asignados por los puntos de voltaje correspondientes en las dos señales. El punto de intersección de las líneas numeradas correspondientes a la posición del haz de electrones en el instante.

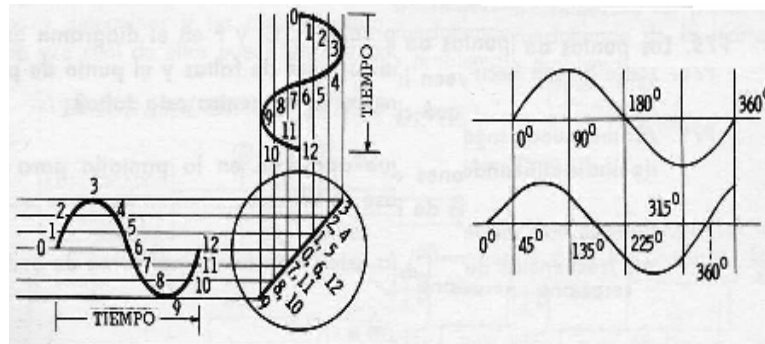


Figura 98

En este caso, las dos ondas senoidales están en fase. En la figura 99, las relaciones de voltaje y tiempo son diferentes: los puntos correspondientes de voltaje están a 45° de distancia. Por lo tanto las formas de onda están a 45° fuera de fase.

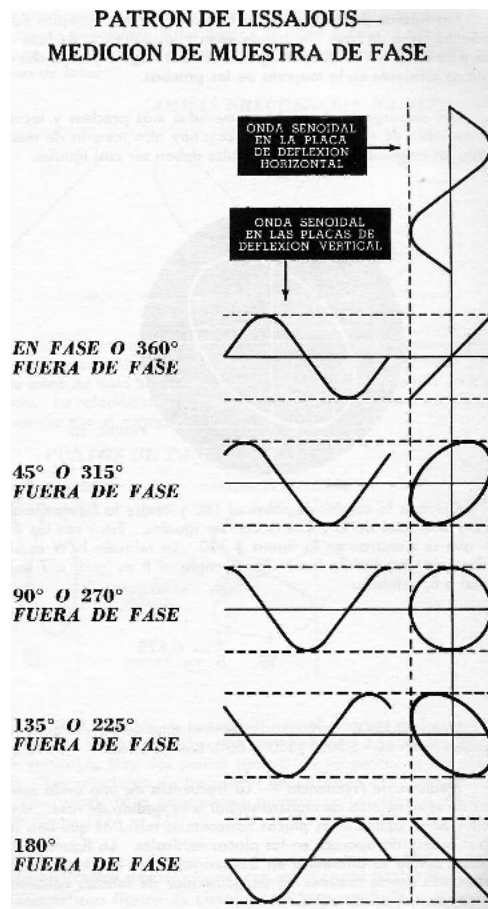


Figura 99

Las figuras de Lissajous en la figura 99 son ejemplos de algunas relaciones fuera de fase. Se puede estimar la diferencia de fase de dos señales si se observa la dirección, el tamaño del ángulo y el ancho de la elipse. Esto es suficiente en la mayoría de las pruebas.

Sin embargo, si se desean hacer pruebas más precisas y localizar valores en una tabla de senos, hay otro método para hacerlo. En este caso, las dos amplitudes de las señales deben ser iguales.

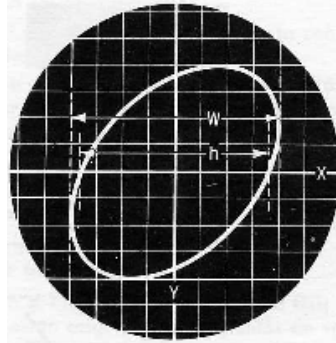


Figura 100

Coloca la cuadrícula sobre el *Tubo de Rayos Catódicos* y centra la figura de Lissajous. El ancho y alto total de la elipse deben de ser ambas iguales. Estas son las distancias h y W que se aprecian en la figura 100. La relación h / W es el seno de la diferencia angular de fase.

- **MEDIDAS DE FRECUENCIA.**

La frecuencia de una onda senoidal desconocida se determina de manera similar a la medida de fase. Una frecuencia conocida se aplica a las placas horizontales mientras que una forma de onda desconocida aparece en las placas verticales. La figura de Lissajous que resulta revela la diferencia en frecuencias entre las dos. La frecuencia de referencia puede tomarse de un generador de señales calibrado o de una fuente de CA de 60 ciclos.

El haz de electrones seguirá las amplitudes de los voltajes que se le colocan en las placas de deflexión. Si las formas de onda son de la misma frecuencia, las figuras de Lissajous se parecerán a las que se obtienen cuando se miden relaciones de fase.

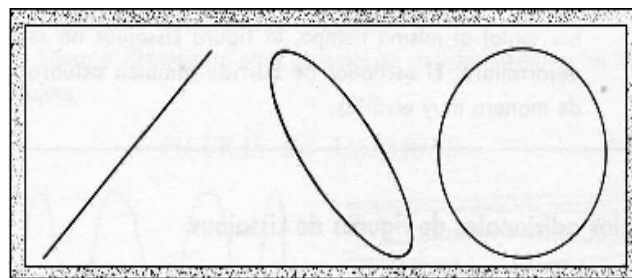


Figura 101

Las relaciones de frecuencia se pueden determinar por el número de gatas o puntos que tocan arriba o abajo y uno de los lados del patrón. En las figuras que has visto hasta ahora, hay un punto de tangencia arriba y uno a un lado. La relación de frecuencias es de $1 / 1$: el desconocido tiene la misma frecuencia que el conocido.

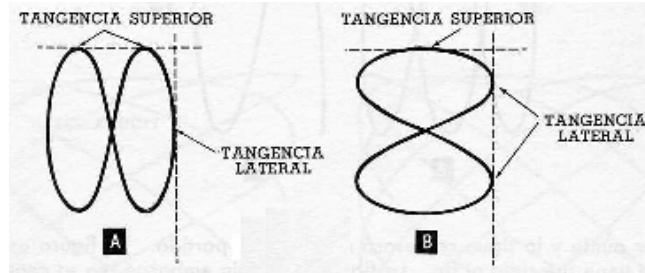


Figura 102

En la figura 102^a, un ciclo de frecuencia normal aparece en las placas horizontales al mismo tiempo que dos ciclos de frecuencia desconocida están en las placas verticales. Hay dos puntos de tangencia arriba y un punto al lado. Las relaciones de frecuencia deben expresarse en términos de verticales (desconocidas) a horizontales (normales). La relación de frecuencia en la figura 102^a es de 2 / 1.

Ejemplos adicionales de figuras de Lissajous.

Las figuras 103 A y B muestran una relación de 3 a 1, pero no son iguales. La figura 103^a tiene un patrón cerrado. Si se comenzará en cualquier punto y continúa regresará al punto de partida. La figura es continua, no tiene ni principio ni fin. La figura 103B, sin embargo, no es continua, tiene un principio y un fin, es decir, que es un patrón abierto.

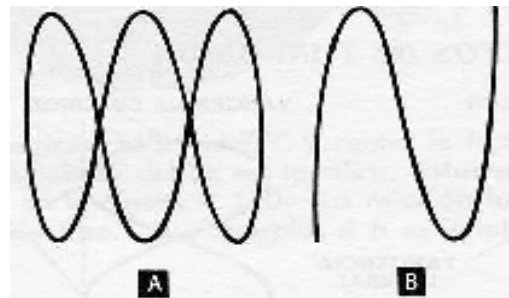


Figura 103

Los tres puntos de tangencia arriba y el punto al lado son fáciles de contar en la figura 103A. Pero los tres puntos de tangencia no aparecen en la figura 103B. El problema se resuelve contando los puntos de tangencia en mitades en vez de unidades en los patrones abiertos. Cada línea que termina arriba o al lado en un medio punto de tangencia. Cada gaza se considera como consiste en dos extremos o dos medios puntos. Contando arriba hay una gaza más un extremo para un total de tres mitades. Al lado hay un solo extremo para una mitad. La relación de verticales a horizontales es tres medios divididos por un medio o 3 / 1.

Una señal de Lissajous que cambia continuamente se produce cuando la relación de fase entre las dos señales de entrada están cambiando constantemente. Mientras más complicado es el patrón (que resulta de relaciones de frecuencia con números grandes tales como 17 / 13) más difícil es interpretarlos. Por lo tanto, es mejor simplificar la relación, mediante el cambio de las frecuencias conocidas.

La figura 104 muestra dos ejemplos de medidas mediante las figuras de Lissajous.

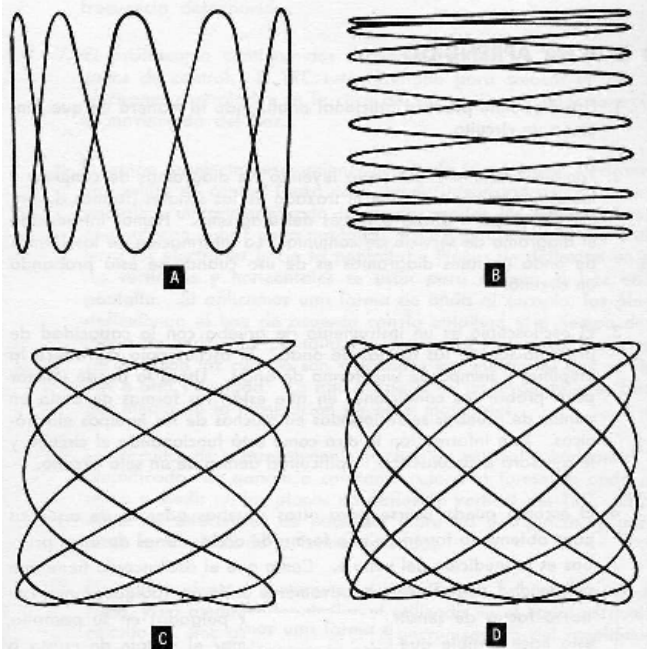


Figura 104

V. EL PUENTE DE WHEATSTONE

OBJETIVO.

Explicar los principios fundamentales sobre los que se basa el circuito de puente, para poder determinar valores de resistencias, condensadores e inductores de manera precisa con un instrumento de puente.

¿QUÉ ES UN PUENTE?

Un puente es un circuito paralelo muy sencillo, diseñado con la capacidad de determinar diferencias de potenciales entre dos ramas paralelas, como se ilustra en la figura 105.

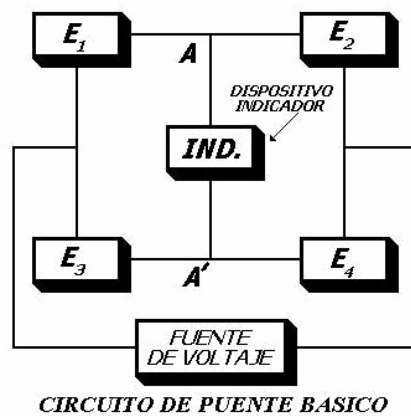


Figura 105

Si se aplica un voltaje a través del circuito de puente (paralelo), la corriente a través del aparato indicador será cero solo cuando los voltajes que aparecen en los puntos A y A' sea iguales.

Otro principio fundamental es que el voltaje a través de una red paralela es el mismo en cada rama. Es decir, sin cortar la caída de voltaje en los conductores.

$$E_1 + E_2 = E_3 + E_4 = \text{fuente de voltaje.}$$

Esto quiere decir que se obtiene un equilibrio entre las dos ramas (no fluye corriente entre A y A') si la relación de voltajes es cada lado de A es igual a la relación de los voltajes en los lados respectivos de A', o

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{E_3}{E_4}$$

¿CÓMO ACTÚA UN CIRCUITO DE PUENTE?

Los fundamentos de los circuitos, clasifican este equilibrio, o igualdad, entre las relaciones de voltaje. En el circuito de paralelo de la figura 106 $R_1 = R_2$.

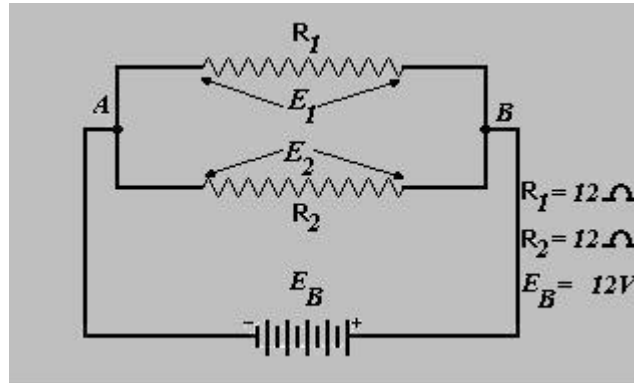


Figura 106

Sin cortar la caída de voltaje en los conductores, la diferencia de voltaje entre los puntos A y B en la figura 106 será igual a la de la fuente de voltaje de 12V. La corriente a través de R1 y R2 será 1 amperímetro en cada uno, o un total de corriente de circuito de 2 amperios. Como que las corrientes o resistencias en ambas ramas es igual, E1 es igual a E2. Ahora divide la resistencia en cuatro partes iguales.

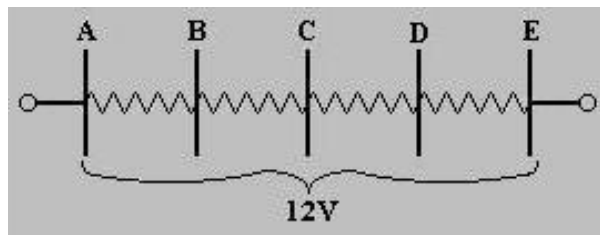


Figura 107

Si la resistencia, que muestra la diferencia de voltaje de 12V de una a otra, se divide en cuatro partes iguales, cada cuarto representa 3V. Ahora divide ambas resistencias del circuito paralelo en cuartos iguales.

PUNTOS DE IGUAL VOLTAJE

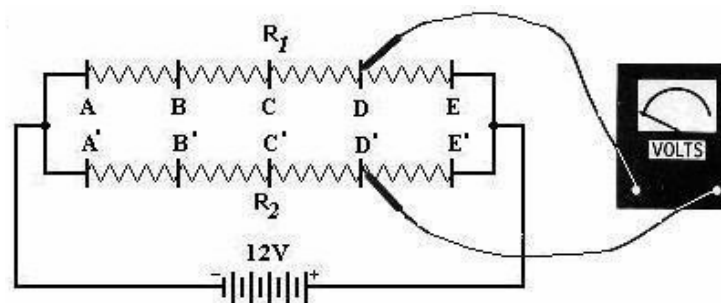


Figura 108

¿Qué voltaje medirá entre los puntos D y D'? La respuesta es cero. La diferencia de potencial entre A y D es de 9V; esto es igual entre la diferencia entre A' y D'. Por lo tanto no hay diferencias de potenciales.

Para mostrar que la medida es igual, no importa cual sea el punto de referencia, empiece en el otro extremo de la red. El voltaje en B con respecto a E es $-9V$, el voltaje en D' con respecto a E' es de $-3V$. Por lo tanto la diferencia, $6V$, será la medida de B a D'.

CIRCUITO EN PARALELO – RESISTENCIAS DESIGUALES

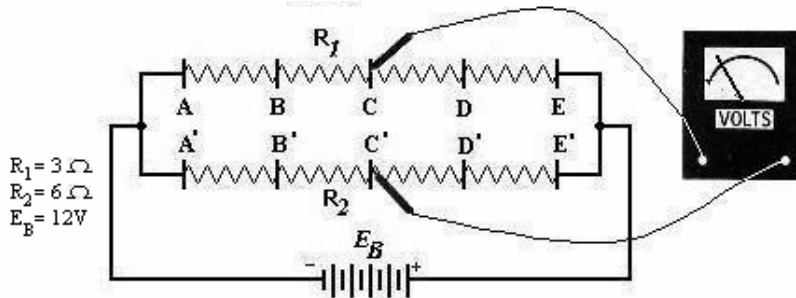


Figura 109

Suponiendo que en un circuito paralelo existen resistencias distintas como en la figura 109. El voltaje a través de R_1 y R_2 será idéntico, es decir, de $12V$. De nuevo se hace el calculo de divisores en cuartos.

Relaciones de voltaje en circuitos paralelos.

Para cada punto en cada rama paralela de resistencia, hay otro punto en otra rama que esta al mismo potencial. Esto es cierto, no importa cuál sea la resistencia total de las ramas.

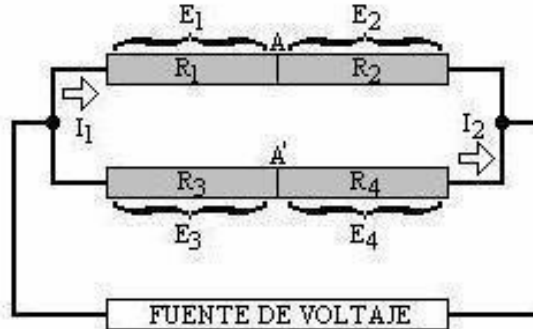


Figura 110

El voltaje a través de la red paralela es igual en cualquier rama. Se podría decir que $E_1 = E_3$ y que $E_2 = E_4$ en la figura 110 si A y A' están en el mismo potencial. Estas relaciones de voltaje pueden darse en forma de relación.

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{E_3}{E_4}$$

Como que E es igual a IR, las relaciones que se han analizado pueden darse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} E_1 &= I_1 \times R_1 & E_3 &= I_2 \times R_3 \\ E_2 &= I_1 \times R_2 & E_4 &= I_2 \times R_4 \end{aligned}$$

Por lo tanto,

$$\frac{I_1 R_1}{I_1 R_2} = \frac{I_2 R_3}{I_2 R_4}$$

¿De que otra forma se puede deducir la ecuación de IR en términos de resistencia solamente?

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Tomando en cuenta que la caída de voltaje en el resistor es igual a la corriente en la rama multiplicada por la resistencia, las resistencias deben de tener la misma relación que los voltajes. La relación puede razonarse del ejemplo siguiente:

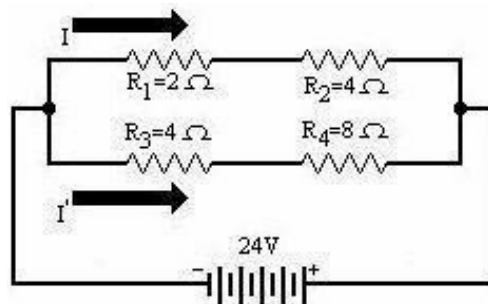


Figura 111

Ambas resistencias son iguales a $\frac{1}{2}$

$$\frac{2}{4} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$$

La corriente en cada rama es:

$$I = \frac{24V}{R_1 + R_2} = \frac{24V}{6\Omega} = 4 \text{ amps}$$

$$I' = \frac{24V}{R_3 + R_4} = \frac{24V}{12\Omega} = 2 \text{ amps}$$

Ambos voltajes también tiene una relación de $\frac{1}{2}$

$$\frac{IR_1}{IR_2} = \frac{I'R_3}{I'R_4}$$

$$\frac{4 \times 2}{4 \times 4} = \frac{2 \times 4}{2 \times 8} = \frac{1}{2}$$

PUENTES DE RESISTENCIA.

Si las relaciones de dos resistores en cada rama de una red paralela son iguales, los voltajes de cada punto de conjunción correspondiente entre pares de resistencias es igual.

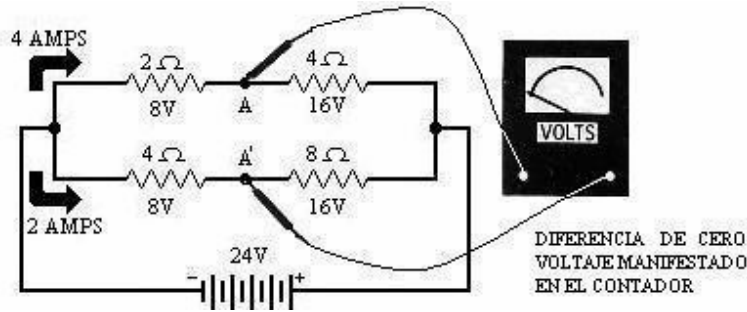


Figura 112

Suponiendo que un resistor de 8 ohmios como en la figura 112 se cambia a uno de 4 ohmios. Las relaciones de resistencia no son iguales. La corriente en la rama inferior tiene ahora 3 amperios y el voltaje de A' se convierte en 12V comparado con 16V en A. El medidor indica ahora 4V.

Si se cambia el circuito de la figura 112 por otro como el de la figura 113, se obtendrá una manera de medir resistencias desconocidas.

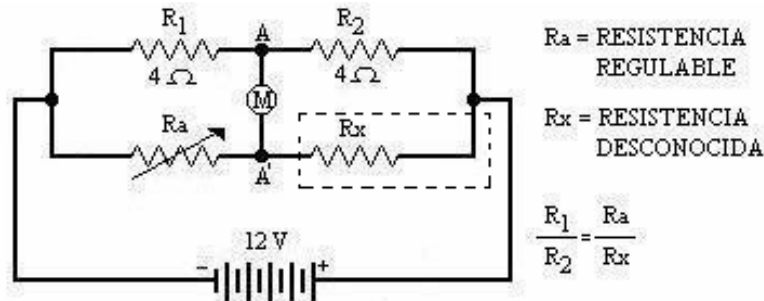


Figura 113

Cuando las relaciones de las resistencias en las ramas no son iguales, hay una diferencia de voltaje entre A y A. La corriente fluirá a través del medidor. Cuando ajustamos R3 para registrar corriente cero $R_1 / R_2 = R_a / R_x$. Si se tuviera la manera de demostrar el valor de Ra en esta posición, ¿Cómo se podrá determinar el valor de Rx?

Si se tiene la relación:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_a}{R_x}$$

Resolviendo el problema seleccionado para un valor de Rx que hace que la relación de la derecha se vuelva proporcional a la de la izquierda. Despejando, quedaría lo siguiente:

$$R_x = \frac{R_a \times R_2}{R_1}$$

EL PUENTE DE WHEATSTONE.

Hasta el momento se ha mostrado como se construye un circuito de puente para medir resistencias desconocidas que es muy similar a un puente en realidad. Se demostraron todas las operaciones matemáticas que se requieren para encontrar el valor de la resistencia desconocida de la misma manera que si se estuviera usando un puente.

El puente más común es el de Wheatstone. Los modelos comerciales en este tipo de puente pueden medir resistencias de 1 ohmio a 1 megaohmio con una precisión de 1%. Los modelos más caros miden con exactitud resistencias entre 0.1 ohmio y aproximadamente 12 megaohmios.

Los componentes necesarios incluyen una fuente de voltaje (por lo general una batería para medir resistencias), un aparato indicador (por lo general un galvanómetro muy sensible, similar en los utilizados en los multímetros), resistencias conocidas muy precisas para establecer la relación (R_1 y R_2), una resistencia variable para obtener el balance del voltaje entre las dos ramas paralelas (por lo general un potenciómetro muy preciso con una escala en el panel frontal) y manera de conectar la resistencia desconocida al puente. Todas las partes están diseñadas para dar valores precisos y con el más alto grado de precisión. El medidor esta por lo general cubierto para impedir que campos extraños añadan o hagan fluctuar las lecturas.

Representación esquemática.

En la mayoría de los casos, el puente comercial se muestra esquemáticamente en forma de diamante. Las formas de diamante y la rectangular se muestran en la figura 114.

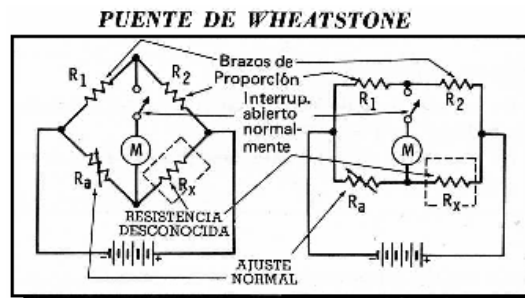


Figura 114

El medidor es por lo general del tipo que tiene el cero en el centro de la escala. Esto permite que el medidor registre corrientes que van en cualquier dirección entre las dos ramas paralelas. Un interruptor de contacto instantáneo está en serie con el medidor y por lo general abierta para, mantener el medidor aislado del circuito durante el proceso de montaje. El interruptor se cierra momentáneamente para observar la deflexión del medidor. La cantidad de deflexión y la dirección provee un estimado de cuanto debe cambiarse R_a . El ajuste de R_a para darla lectura de cero se le denomina ajuste para nulo.

El funcionamiento del puente.

En el circuito típico de la figura 115, R_2 se coloca de una de cuatro posiciones para establecer la relación R_1 / R_2 . En la posición 1 la relación es de $1 / 1$; en la posición 10 es de $1 / 10$, etc.

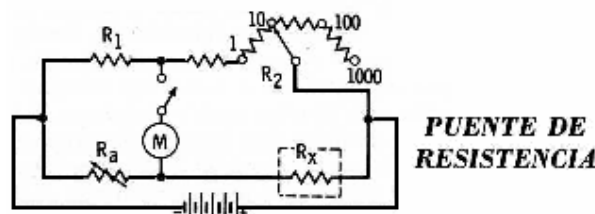


Figura 115

Ra puede ser un potenciómetro con embobinado de alambre con valores calibrados en la escala del panel frontal, o pueden ser varios interruptores decimales (10 posiciones) en serie. Un interruptor suma resistencias en múltiplos de uno, otros en múltiplos de diez, etc.

Funcionamiento del puente de Wheatstone.

En algunos puentes, las fuentes de fuerza son varias para proveer bajas corrientes para bajas resistencias y altas corrientes para altas resistencias. En muchos modelos la corriente deseada se obtiene por medio de resistencias limitadas de corriente.

Como el medidor puede dañarse si hay una gran diferencia de potencial entre las dos ramas, a resistencia de derivación conectada con el medidor es por lo general variable.

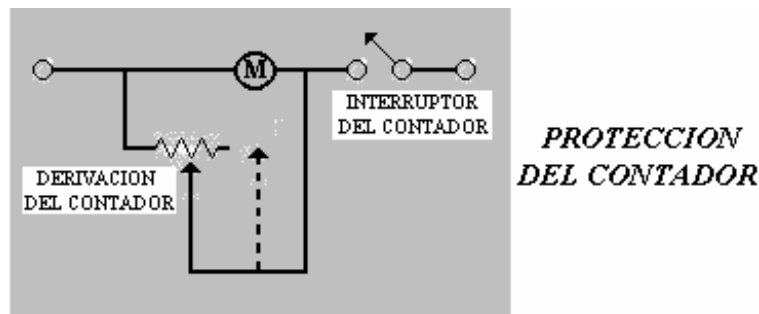


Figura 116

A menudo no es posible adivinar con cierta precisión el valor de la resistencia desconocida. En tales casos, la relación del puente y de Ra no puede colocarse a valores muy cercanos al desconocido, de esta manera manteniendo la diferencia de potencial a través del medidor en un nivel mínimo. Cuando esté colocado Rx a los postes medidores, el derivado del medidor debe moverse a su resistencia más baja. El interruptor del medidor se aprieta y se nota la deflexión del medidor. Mientras más se ajusta la relación entre Ra y el puente al valor de Rx (menos diferencia de potencial), el derivado del metro se aumenta en resistencia para permitir mayor sensibilidad de medida. Durante los ajustes finales para un metro nulo (cero), el brazo del derivado no está en contacto con la resistencia, y toda la corriente que hay fluye a través del medidor.

Otro puente de resistencia.

Hay otras variaciones del Puente de Wheatstone básico, tales como el ejemplo de la figura 117.

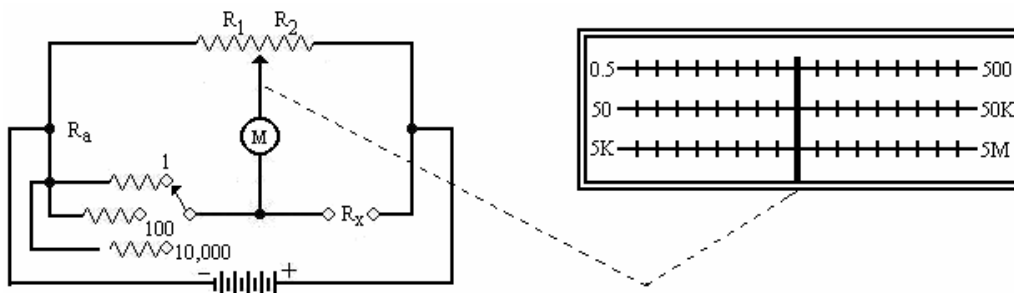


Figura 117

En este puente, la relación de R1 a R2 se establece por medio de un potenciómetro. El contacto móvil del potenciómetro está en contacto con una escala de lectura directa. El potenciómetro se ajusta para leer nulo el medidor, y el valor de Rx se lee directamente de la escala en el alcance que depende de la posición de Ra. Las tres resistencias de Rz aumentan en múltiplos para hacer posible que un solo puntero sirva en las tres escalas. Si Ra es de 15 ohmios en la posición 1 y 1,500 ohmios en la posición 2, entonces será 150,000 ohmios en la posición 3. Se pueden usar otros

múltiplos así como diferente número de resistencias. El ejemplo muestra un puente de capacidad de 0.5 ohmios a 5 megohmios en tres pasos.

MEDIDA DE CAPACITANCIA DE UN PUNTE.

Usando el mismo principio de relaciones, un puente puede utilizarse para medir el valor de condensadores desconocidos. El circuito básico se muestra en la figura 118.

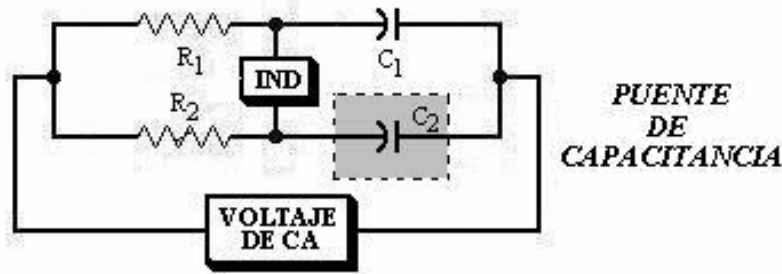


Figura 118

Una fuente de voltaje de CC no puede usarse debido a los condensadores. Como esta indicada, la fuente debe ser de CA. La mayoría de los modelos emplean una frecuencia de 60 a 1,000 ciclos. Si el instrumento está diseñado para una frecuencia de 60 ciclos, el voltaje puede tomarse directamente de la línea de fuerza. Para 1,000 ciclos, algunos instrumentos pueden tener un oscilador en el mismo puente y otros pueden tener tomas para conexiones y un oscilador externo.

El indicador puede ser un medidor de CA en el mismo puente que permite que la corriente pase en una sola dirección. Algunas unidades tienen tomas para audífonos para escuchar el nulo. Se puede obtener mayor precisión usando un *Voltímetro de Tubo de Vacío*. Esto es posible porque el *Voltímetro de Tubo de Vacío* puede dar reflexiones del medidor relativamente altas, a pesar de que la diferencia de voltaje entre las ramas del puente es pequeña.

Los principios de relaciones de voltaje que has visto en los puentes de resistencias son aplicables a los puentes de condensadores. Para obtener una lectura nula en el indicador, las relaciones de voltaje en cada rama de las redes paralelas deben ser proporcionales.

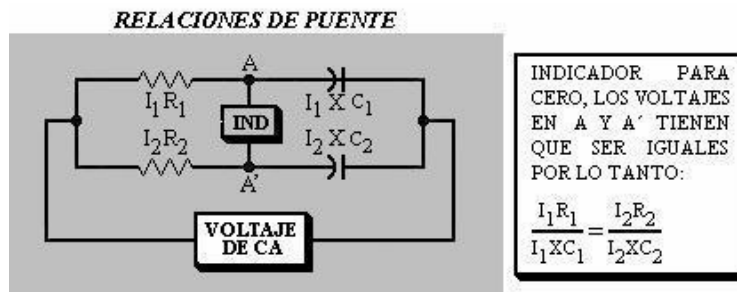


Figura 119

Determinando relaciones en puentes de capacitancia.

Al igual que antes, los símbolos de la corriente se cancelan, dejando relaciones en términos de resistencia y reactancia. Si se desea se puede usar el puente con el propósito original, la reactancia debe convertirse en capacitancia.

Reactancia capacitativa es:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

Antes de sustituir el elemento correcto de la ecuación de X_c en las relaciones y hacer la solución más compleja de lo necesario, las relaciones pueden cambiarse de la siguiente manera:

$$\frac{R_1}{X_{c1}} = \frac{R_2}{X_{c2}} \quad \text{se convierte en} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{X_{c1}}{X_{c2}}$$

Sustituyendo X_c en la relación de la derecha, se obtiene lo siguiente:

$$\frac{1}{2\pi fC_1} \div \frac{1}{2\pi fC_2}$$

invirtiendo y multiplicando:

$$\frac{1}{2\pi fC_1} \times \frac{2\pi fC_2}{1} = \frac{C_2}{C_1}$$

Los 2π se cancelan. La expresión en términos de C es ahora:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{C_2}{C_1}$$

Los valores de C son inversamente proporcionales a los valores de R en las ramas del circuito. Esto es lógico por que un condensador grande da una reactancia pequeña.

Puente práctico de reactancia.

La figura 120 muestra el esquema típico de un puente de capacitancia. Haciendo un análisis con detalle se vera que es esencialmente el mismo tipo de circuito en paralelo visto con anterioridad.

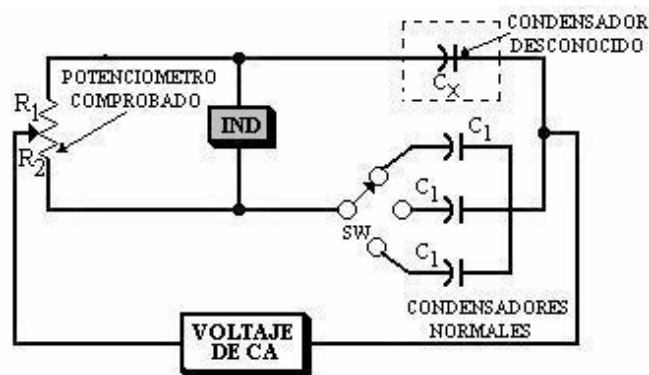


Figura 120

Manipulado por un interruptor, uno de los varios condensadores pueden seleccionarse con el conocido, dependiendo del tamaño del desconocido C_x . Un potenciómetro calibrado ajusta la relación del puente (R_1 a R_2) para dar una lectura de nulo. Por medio de este sistema de brazo del potenciómetro puede conectarse a un puntero que se mueve en una escala

calibrada en valores de capacitancia. Esto será cierto siempre y cuando los condensadores conocidos se incrementen en valores de un mismo múltiplo.

Este puente es adecuado para medir condensadores con pequeña o ninguna resistencia en serie y sin dispersión entre las placas. Valores significativos de dispersión de resistencias en serie o en paralelo no permiten el equilibrio del puente. Este puente puede probar la mayoría de los condensadores de papel, cerámica o mica.

Midiendo factores de fuerza.

Los condensadores grandes tienen resistencia interna. Esta resistencia debe no solo compensarse en el puente para obtener lectura nula, sino también medirse para determinar el factor de fuerza del condensador.

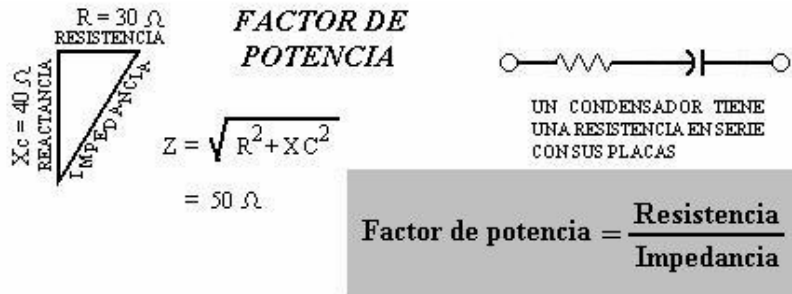


Figura 121

Como se aprecia en la figura 121, el factor de fuerza del condensador varía de acuerdo con el tamaño de la resistencia interna. El diagrama de la izquierda muestra la relación entre la resistencia y la impedancia de los elementos del condensador; así también muestra como puede determinarse la impedancia por medio de la fórmula del factor de fuerza. Si la resistencia interna es cero, el factor de fuerza es cero. Si el factor de fuerza es grande (dado en porcentaje), puede afectar seriamente el funcionamiento del circuito o del equipo. Muchos puentes tienen provisiones para medir el factor de fuerza. La figura 122 muestra otro ejemplo.

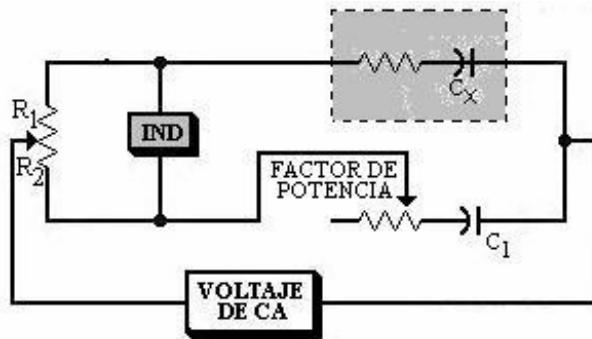


Figura 122

El potenciómetro R_1 / R_2 se ajusta hasta indicar nulo como el efectuado anteriormente, o tan cerca de C_x como es posible. La resistencia variable en serie con C_1 se ajusta hasta leer nulo. Una extensión de la resistencia variable en el panel frontal, probablemente bajo el nombre de FACTOR DE FUERZA da el porcentaje del factor de fuerza.

Midiendo la dispersión de condensadores.

Un condensador que dispersiona es uno en que los dieléctricos, habiendo perdido alguna de sus cualidades de aislar, permite que electrones vayan de una placa a la otra. La dispersión se considera como si fuera una resistencia en paralelo con el condensador.

DISPERSION

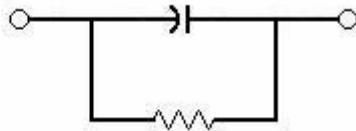


Figura 123

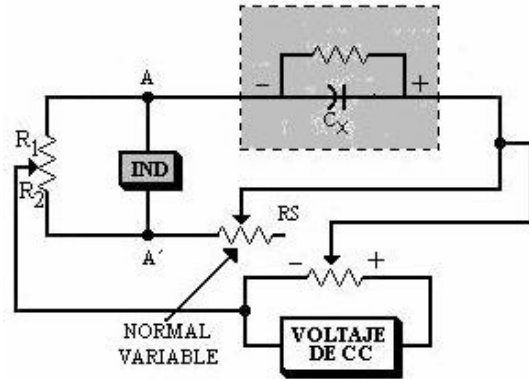
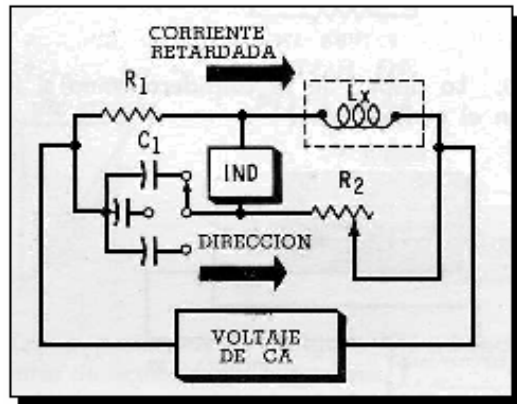


Figura 124

En general, un interruptor en el panel frontal conecta una resistencia variable en ves de C_1 y cambia la fuente voltaje a una de CC variable. El voltaje se coloca en el valor de voltaje de trabajo del condensador. Un condensador electrolítico puede dañarse si no se observa la polaridad cuando se esta conectando a los postes de medida. R_S se ajusta para equilibrar el puente y obtener la lectura nula. Si la resistencia medida es baja, la dispersión es alta.

MIDIENDO INDUCTANCIAS CON EL PUENTE.

Las inductancias pueden ser medidas con el puente mostrado en la figura 125. en los puentes previos, se uso un resistor para equilibrar un resistor, y un condensador para equilibrar un condensador.



PUENTE DE INDUCTANCIA

Figura 125

En este circuito, sin embargo, se usa un condensador para balancear la inductancia de una bobina. Un inductor conocido puede usarse en ves del condensador, por esto daría algunas condiciones no deseadas.

La figura 126 muestra como el campo electromagnético alrededor de una bobina puede cortar a través de un conductor e inducir corrientes que producen errores. El campo electrostático de un condensador, sin embargo, esta contenido en su mayoría dentro del condensador. Otra ventaja adicional del condensador es que no recoge un campo perdido como lo hace una bobina.

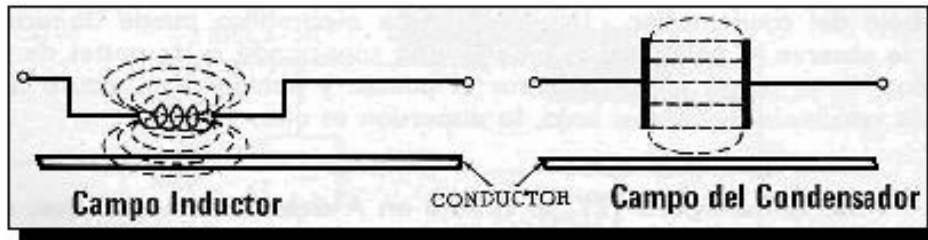


Figura 126

Si se usaran inductores para equilibrar el puente, estos deben ser más grandes y caros que un condensador equivalente. El tamaño y el costo del instrumento serían mayores. Finalmente el mismo condensador puede utilizarse para inductancias y capacitancias en el mismo puente.

Existe una desventaja en el uso de un condensador contra un inductor en un puente. La corriente a través de la rama de la bobina se retrasa en comparación con la corriente a través de la rama del condensador. La diferencia en fase hace que sea imposible el equilibrar el puente. Esta condición se puede compensar si se coloca la bobina desconocida y el condensador conocido en ramas opuestas del puente a través del indicador, como se muestra en la figura 125.

Típico puente de inductancia.

En el puente de inductancia en la figura 127, y en el anteriormente mostrado, la condición nula se establece por medio de los valores de C_1 , R_2 (una resistencia variable) se ajusta para dar una lectura en cero. La posición en una escala en el panel frontal de un puntero unido a R_2 indica el valor de L_X .

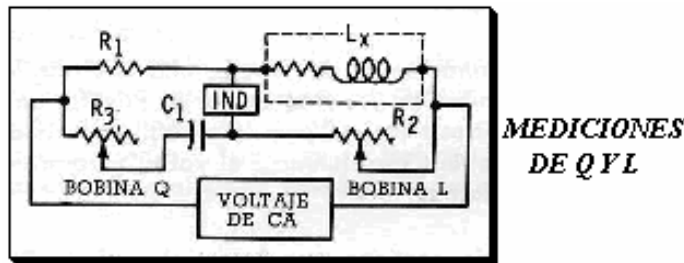


Figura 127

Midiendo el Q de un inductor.

Un inductor tiene un nivel de Q, o figura de mérito, que es su relación de reactancia a resistencia ($2\pi fL/R$). La resistencia es la del alambre utilizado en la bobina y se considera que esta en serie con su reactancia. Un alambre grueso y un pequeño número de vueltas producen un Q bajo. Como que Q, la medida de calidad, es un factor utilizado para determinar la finura de la resonancia de un circuito utilizado L y C, es deseable que se mida el Q de una bobina. El R_3 en el circuito de la figura 127 se utiliza para este propósito. La escala esta calibrada en Q.

Algunas consideraciones finales para resumir lo estudiado en esta parte son:

- Un puente es un instrumento de prueba con la capacidad de medir precisamente resistencias, condensadores, inductores y reactancias. Aunque un puente puede que no tenga una escala calibrada en reactancia, esto no importa por que se puede determinar la reactancia si conoce C o L y la frecuencia.
- El puente de Wheatstone utiliza el principio básico según por el cual están hechos todos. el arreglo de los elementos del puente es tal que las relaciones de voltaje entre los elementos entre las ramas paralelas pueden ajustarse para lograr un nulo en un indicador colocado entre las ramas paralelas.

- Cada puente requiere una fuente de voltaje, una red paralela con suficientes elementos variables para equilibrar el puente, un indicador para determinar cuando está el puente en equilibrio, o una manera de leer directamente el valor, y controles con las tomas para hacerlo funcionar.
- Un puente de resistencia contiene una fuente de voltaje CC, y un medidor sensitivo a CC y una red paralela de resistores. Cuando existe una condición de equilibrio, la resistencia desconocida puede determinarse leyendo directamente de una escala calibrada, o por cálculo.
- Un puente de capacitancia contiene una fuente de voltaje de CA, un medidor sensitivo de CA (o audífonos), una red paralela de resistencias y capacitancia.
- Con las modificaciones apropiadas, un puente de capacitancia puede medir el factor de fuerza y dispersiones de un condensador.

Un puente de inductores contiene la misma fuente de voltaje y aparatos indicadores que el puente de condensadores, pero su red paralela está compuesta por lo general de resistencia, capacitancia y la inductancia desconocida.

VI. PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

PRACTICA 1

METROLOGIA DEL TALLER

OBJETIVO.

El alumno identificara el equipo electrónico de mediciones, su precisión y empleo, así como los principios de su funcionamiento en el laboratorio de metrología.

INTRODUCCIÓN.

En esta practica se identificaran algunos de los instrumentos de medición empleados en la industria, laboratorios o talleres, para que al final de la práctica los clasifiques para emplearlos como: medidores de corriente, de voltaje, de resistencia, de potencia real, aparente o reactiva y otros instrumentos auxiliares como los puentes o en su caso el osciloscopio.

El conocimiento de todos los instrumentos de medición te ayudaran en otras materias tecnológicas, así como en el campo profesional. Recuerda que en metrología se requiere de precisión no de rapidez.

SINTESIS DE INFORMACIÓN TEORICA.

Los instrumentos de medición eléctrica se identifican de acuerdo a su precisión, sensibilidad, clase de instrumento, rango o marca y algunas otras características; de ahí que tome su nombre según la unidad que miden. Los aparatos de medición se construyen de tal manera que, por medio de una escala graduada, nos indica alguna lectura para compararla con otra anteriormente preestablecida.

MATERIAL.

- Patrones de medida resistencia, inductancia y capacitancia.
- Ohmímetro
- Voltímetro.
- Amperímetro.
- Amperímetro de gancho.
- Multímetro.
- Osciloscopio.
- Wáttmetro.

NORMAS DE SEGURIDAD.

- I. No mover ninguna perilla, selector o palanca de los instrumentos sin antes consultar a tu profesor.
- II. No conectar los aparatos a una fuente de alimentación.
- III. Manejar o manipular los instrumentos con las manos limpias.
- IV. Hay que recordar que en Metrología se requiere precisión y no rapidez.

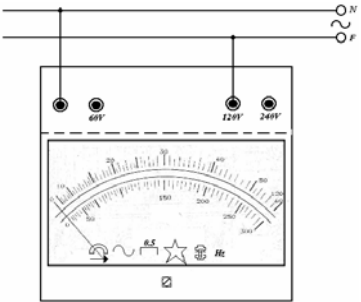






- V. Los accidentes ocurren cuando se realizan actos inseguros o por que se presentan condiciones inseguras. Corresponde a los alumnos en este laboratorio, que no realicen actos inseguros que lleguen a provocar un accidente entre ellos mismos o a sus profesores. Deben mantener el equipo, los accesorios y el lugar de trabajo en óptimas condiciones de seguridad.

PROCEDIMIENTO.

Observar cuidadosamente los instrumentos que se proporcionan; anotando todo lo necesario y realizando una gráfica técnica, para cada instrumento, que contenga los siguientes datos:

1. Nombre del instrumento.
2. Marca.
3. Esquema de conexión del instrumento.
4. Símbolo del instrumento.
5. Unidad de medida.
6. Rangos de medición.
7. Escala del aparato.
8. Constantes de medida.
9. Tipo de instrumento.
10. Símbolos indicados en la carátula y su significado.
11. Principios de su funcionamiento.
12. Aplicación práctica.
13. Dibujo físico o fotografía.
14. Observaciones.

A continuación se presenta un ejemplo de un formato en donde se emplee la información antes mencionada. Se debe de llenar con los demás datos a medida que se vayan conociendo los instrumentos.

NOMBRE DE INSTRUMENTO: <i>Frecuencímetro de aguja</i>		MARCA: <i>Laboratorio electrofísico.</i>	
ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL INSTRUMENTO 		SIMBOLO DEL INSTRUMENTO 	
UNIDAD DE MEDIDA <i>Hz</i>	RANGOS DE MEDICION <i>1</i>	ESCALAS DEL APARATO <i>0 - 100</i>	CONSTANTE DE MEDIDA <i>1</i>
TIPO DE INSTRUMENTO: <i>Para utilizar en el laboratorio</i> _____ _____ _____			
SIMBOLOS INDICADOS EN LA CARATULA Y SU SIGNIFICADO			
	<i>Rectificador con instrumento de carrete móvil.</i>		
	<i>Corriente alterna</i>		
	<i>Posición de empleo horizontal.</i>		
	<i>Signo de tensión de prueba (estrella de contorno negro)</i>		
	<i>Nombre del fabricante</i>		
PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO <u><i>En este frecuencímetro, la corriente ejerce un efecto con la frecuencia. El elemento móvil actúa bajo la acción combinada de dos corrientes en circuitos en paralelo. Uno de ellos con autoinducción y el otro con resistencia o capacidad. Una variación de la frecuencia produce efectos opuestos sobre la fase...</i></u>			

“FORMATO PARE EL REGISTRO DE DATOS”

APLICACIÓN PRÁCTICA.

PRACTICA 2

EL OHMÍMETRO.

OBJETIVO.

El alumno utilizará correctamente el Ohmímetro y el Multímetro al comprobar el valor de diferentes resistencias.

INTRODUCCIÓN.

El ohmímetro es un aparato clásico utilizado en la comprobación de equipó o maquinaria eléctrica. Con dicho medidor es posible leer directamente el valor de una resistencia en una bobina, de un devanado o hacer pruebas de continuidad en contactos eléctricos, condensadores y transformadores. Estas son algunas de las aplicaciones del ohmímetro analógico o digital que se utilizará; para ello es necesario conocer los controles de cada instrumento observando las medidas de seguridad que se indican para el mejor aprovechamiento del equipo y de la práctica.

SISNTESIS DE LA INFORMACIÓN TÉORICA.

El ohmímetro es un aparato relativamente sencillo, formado por un medidor de bobina móvil, una batería de baja tensión (3 voltios), una resistencia fija R_1 y un reóstato R_2 , conectados como se muestra en el diagrama siguiente:

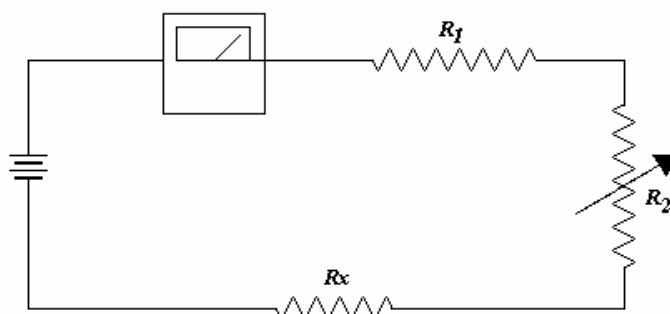


Figura II.1 Diagrama de un ohmímetro.

Cuando se juntan entre sí las dos puntas de prueba, el medidor queda conectado a través de la batería e indica la desviación límite de la escala. Las dos puntas en contacto representan una conexión de resistencia cero, por lo tanto, el citado punto de la escala del medidor se señala con 0Ω .

El reóstato R_2 se hace variable para compensar el envejecimiento de la batería. Cada una de las pilas secas que se utilizan, normalmente tiene 1.5V cuando están nuevas, pero, cuando la tensión cae a 1.2V aproximadamente, las pilas envejecen, en consecuencia, antes de medir una resistencia es preciso unir las puntas entre sí y ajustar el reóstato para que el puntero indique 0Ω . Generalmente el ohmímetro forma parte de un instrumento de medición que recibe el nombre de multiprobador o multímetro y consiste en un medidor de CC relativamente sencillo, encerrado en una pequeña caja en unión con una batería, un conmutador y varias terminales; es el único medidor que puede ser utilizado como voltímetro, ohmímetro y miliamperímetro. Algunos tienen rectificadores que permiten medir CA.

A continuación se presenta la carátula y los componentes del ohmímetro y del multímetro que se ocupará en esta práctica, señalando cada uno de sus controles y la función que realizan.

CONTROLES DEL OHMÍMETRO.

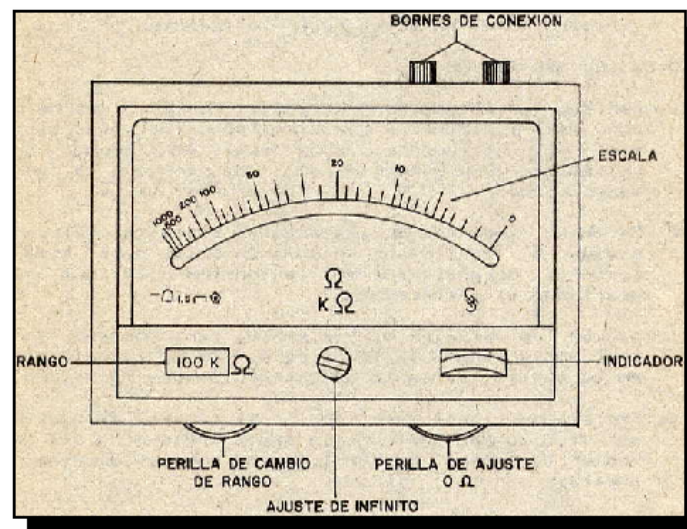


Figura II.2 Ohmímetro

1. **Perilla de ajuste a cero.** El control de ajuste a cero se utiliza para colocar la aguja indicadora del ohmímetro sobre la línea de cero en el extremo derecho de la escala.
2. **Ajuste de infinito.** El control de infinito se emplea para colocar la aguja sobre la línea del extremo izquierdo de la escala.
3. **Escala del medidor.** En la carátula del medidor se muestra el alcance del instrumento para medir resistencia eléctrica en Ohms (Ω), desde 0Ω a $1,000 \Omega$ y desde 0Ω a $100 K\Omega$.
4. **Perilla de cambio de rango.** El control de cambio de rango nos muestra el alcance del medidor de $0 - 1,000 \Omega$ y de $0 - 100 K\Omega$.
5. **Bordes de conexión.** Se emplean para conectar las puntas de prueba con sus conectores correspondientes.
6. **Puntas de prueba.** Los multímetros cuentan además, con un juego de puntas de prueba, las que permiten conectar al instrumento con los componentes bajo prueba, o con el circuito con el que se desea hacer la medición.

CONTROLES DEL MULTÍMETRO.

1. **Perilla selectora de funciones.** Los multímetros cuentan con este indicador y nos permite seleccionar el trabajo que el instrumento va a realizar (como ohmímetro, voltímetro o amperímetro), de acuerdo a un rango específico.
2. **Escalas.** Cada una de las escalas tienen iniciales que nos ayuda a identificar en cual de ellas debe de tomarse la lectura, dependiendo de la función en la que se haya destinado el instrumento.
3. **Ajuste de infinito ∞ .** Se emplea para colocar la aguja indicadora sobre la línea de ∞ , en el extremo izquierdo de la escala, mediante un destornillador perillero.
4. **Perilla de ajuste a cero (adj).** El control de ajuste cero se utiliza para colocar la aguja indicadora del medidor sobre la línea de cerro, en el extremo derecho de la escala.
5. **Borde de conexión (COM/+ Ω).** Sirve para insertar la punta de conexión de color negro y para probar resistencia eléctrica, voltios y corriente eléctrica en función de la perilla selectora.
6. **Borde de conexión (V/ma).** En este borde se inserta la punta de prueba y se puede medir voltios de CA o CD y miliamperios CD.
7. **Borde de conexión (AC12A).** Se inserta la punta de color rojo y se puede medir 12 amperios de corriente alterna en combinación con la punta de prueba en el borde de la conexión (COM/+ Ω).
8. **Borde de conexión (DCKV).** Se inserta la punta de prueba de color rojo, además de insertar la punta de prueba de color negro en el borde de conexión A continuación se presenta la carátula y los componentes del ohmímetro y del multímetro que ocuparas en esta práctica, señalando cada uno de sus controles y la función que realizan.
9. **Borde de conexión (AC1KV).** Con este borde y el borde de conexión (COM/+ Ω), se insertan las puntas de prueba de color rojo y negro respectivamente, para medir un kilovoltio de corriente alterna.
10. **Borde de conexión (out).** Con este borde y el borde de conexión (COM/+ Ω) se obtiene la salida del galvanómetro del instrumento.
11. **Puntas de prueba.** Todos los multímetros cuentan, además con un juego de puntas de prueba, las que permiten conectar al instrumento con los componentes bajo prueba o con el circuito en donde se desea hacer la medición.

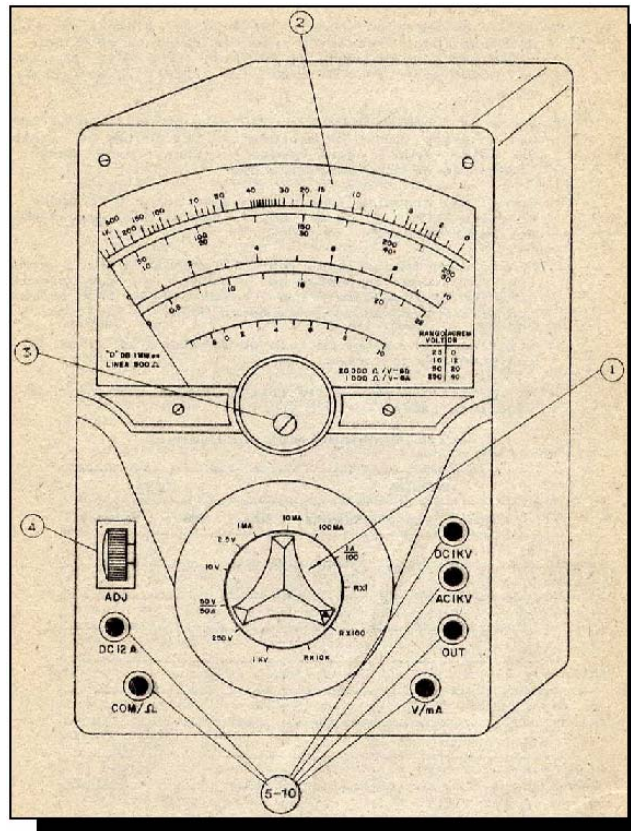


Figura II.3 Multímetro analógico.

MATERIAL.

- Ohmímetro.
- Multímetro.
- 10 resistencias de carbón de diferentes valores.
- 10 resistencias sin código de colores, designadas con letras de la A a la J.

NORMAS DE SEGURIDAD.

- I. No mueva ninguna perilla del instrumento sin antes consultar a tu profesor.
- II. No debe circular ninguna corriente eléctrica en el circuito en el que se comprueba el valor de la resistencia.
- III. Antes de medir una resistencia, es preciso unir las puntas entre sí y reajustar el reóstato hasta que el medidor indique cero Ω en la carátula.
- IV. Al utilizar el medidor, tener cuidado de no tocar con las manos las partes metálicas de las puntas de prueba.

PROCEDIMIENTO.

- a) Utilizando el código de colores determina el valor de las resistencias de carbón.
- b) Anote los valores en la columna de la siguiente tabla.

	VALOR LEIDO			% DE LECTURA		
	Código	Ohmímetro	Multímetro	Código	Ohmímetro	Multímetro
R ₁						
R ₂						
R ₃						
R ₄						
R ₅						
R ₆						
R ₇						
R ₈						
R ₉						
R ₁₀						

Tabla II.a. Determinación de valores de las resistencias.

- c) Los pasos que se dan a continuación dan la secuencia para manejar e interpretar correctamente las lecturas que se obtengan en el ohmímetro.
 - Colocar las puntas del instrumento en los bordes correspondientes.
 - Colocar la perilla de cambio de rango, de acuerdo con la capacidad de lectura que se desee del instrumento (1KΩ, 100KΩ)
 - Juntar las puntas de prueba y, con la ayuda de la perilla de ajuste cero, haz que la aguja indicadora coincida con la lectura de cero ohms.
 - Separar las puntas de prueba y la aguja indicadora debe regresar a la posición de máxima lectura. Esta operación deberá repetirse cada vez que varíe la capacidad del instrumento.
- d) Comprobar con el ohmímetro si coinciden los valores medidos con los valores calculados con el código de colores, y anota los valores correspondientes de cada resistencia en la tabla IV.a
- e) A continuación se describe el procedimiento para el manejo del multímetro en función del ohmímetro.
 - Generalmente, el ohmímetro forma parte de un instrumento de medición que recibe el nombre de multiprobador o multímetro.
 - El multímetro toma este nombre debido a que se pueden efectuar diferentes tipos de mediciones, por lo cual, lo primero que se debe de hacer al manejar este aparato es decidir que función se desee que esté realice, y esto se hace mediante la perilla selectora de funciones la cual debe de colocarse en la posición de ohmímetro X1.
 - Conectar las puntas de prueba en los bordes de conexión (COM/+Ω y V/ma), las puntas negra y roja respectivamente. Realizado lo anterior, el instrumento esta en condiciones de ser usado para medir resistencias eléctricas.
 - La lectura de resistencia eléctrica deberá tomarse en la escala de Ω kde nuestro multímetro y su valor se leerá directamente en dicha escala, cuando la perilla selectora de funciones se encuentre en la posición X1, su capacidad máxima de lectura será de 2 KΩ.

- Si el valor de la resistencia eléctrica que se desea medir es superior que la capacidad de la lectura del instrumento, simplemente mueve la perilla selectora de funciones en la posición de X10, X1K o 10K, según sea el caso.
- f) Las actividades que facilitan la utilización del multímetro como ohmímetro son las siguientes.
- Coloca las puntas de prueba del multímetro en los bordes correspondientes (COM-+ Ω y V/ma).
 - Selecciona la posición de la perilla selectora de funciones, de acuerdo con la capacidad de lectura que se requiera (X1, X10, X100, X10K).
 - Junta las puntas de prueba, y con ayuda de la perilla de ajuste cero (adj.) haz que la aguja indicadora coincida con la lectura de cero ohms (Ω).
 - Separa las puntas de prueba y observa que la aguja indicadora esté en posición de máxima lectura (∞).
 - Repite esta operación varias veces, hasta que no sea necesario mover la perilla de ajuste cero. Esta operación deberá repetirse cada vez que se cambie la capacidad de lectura del instrumento. Esta operación recibe el nombre de ***prueba de continuidad***.
- g) El paso siguiente es comprobar con el multímetro, en la función de ohmímetro, los valores de las resistencias que se midieron anteriormente con el código de colores y el ohmímetro.
- h) Anotar los valores obtenidos en la tabla IV.a
- i) Calcular matemáticamente el porcentaje de error de cada instrumento tomando como referencia el multímetro. Anotando los porcentajes obtenidos en la tabla IV.a

CUESTIONARIO.

1. Entre los controles del ohmímetro y del multímetro existe uno muy importante, di cual es y porque.
2. Enumera los colores del código de resistencias y menciona que valor les corresponde.
3. Al ohmímetro comúnmente lo encontramos acoplado a otro tipo de instrumento, indica con que nombre se le conoce.
4. ¿Cuál es la sensibilidad del ohmímetro que utilizamos?
5. Al determinar el porcentaje de error del código de colores y el ohmímetro ¿Qué ventajas se obtienen?
6. Describe la construcción básica del ohmímetro.
7. Enumera los circuitos básicos empleados en los ohmímetros.
8. ¿Que es un Galvanómetro?
9. ¿Al ajuste mecánico también se le denomina ajuste de infinito?
10. ¿A que le denominamos prueba de continuidad?
11. ¿Se puede utilizar el ohmímetro si trabajamos con una diferencia de potencial en un circuito? ¿Por qué?
12. Explica tres normas de seguridad aplicadas al ohmímetro y en el multímetro cuando se mide resistencia eléctrica.
13. ¿Por qué se ponen en corto circuito las puntas de prueba cuando calibramos el ohmímetro?

PRACTICA 3

VOLTIMETRO – AMPERIMETRO

OBJETIVO.

El alumno empleará el método del Voltímetro – Amperímetro en la medición de resistencias altas en diversos tipos de circuitos Eléctricos – Electrónicos.

INTRODUCCIÓN.

En la medición de resistencias eléctricas también se emplea un método llamado Voltímetro – Amperímetro, en el cual se considera el valor de la resistencia interna de cada instrumento sea del voltímetro o del amperímetro, por consiguiente, el alumno empleará el valor real de la resistencia de cada instrumento para efecto de cálculo matemático, además de usar correctamente dicho método en la medición de resistencias, cortocircuitando el voltímetro o el amperímetro.

SINTESIS DE INFORMACIÓN TEORICA.

El método del Voltímetro – Amperímetro sirve para medir resistencias y consiste en:

Se emplea una fuente de alimentación, en ella se conecta un voltímetro en paralelo con los extremos de la resistencia que se desea medir R_x , además de un amperímetro, en serie con ellos, que registrará la corriente, que circula por los elementos.

Posteriormente, con los valores indicados por los instrumentos de medición; se aplica la Ley de Ohm y se calcula el valor de R_x .

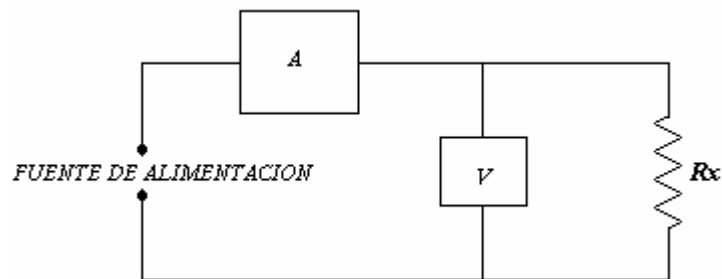


Figura III.1 Circuito elemental

El circuito elemental del método Voltímetro – Amperímetro se expresa de la siguiente manera:

$$R_x = \frac{V}{A} = \frac{E}{I}$$

Donde:

V = lectura del voltímetro.

A = lectura del amperímetro.

Algunas consideraciones que se deben de tomar son las siguientes:

- La resistencia del amperímetro R_A debe de ser lo más cercano al valor de cero ohms.
- La resistencia del voltímetro R_V debe de ser muy elevada y tiene un valor infinito.
- El calentamiento producido por la resistencia debe de ser despreciable, es decir, que debemos de tomar las lecturas lo más rápido posible.
- Efectuar las lecturas de los aparatos en forma simultanea parra evitar fluctuaciones o mediciones erróneas, por paralaje o pérdidas de voltaje en la fuente de alimentación.
- Evitar en lo posible que el amperímetro se mantenga conectado (tomen lecturas rápidamente).

NOTA: Las condiciones antes mencionadas deberán tomarse en cuenta para los experimentos que a continuación se ejecutaran.

Se presentan dos variantes del método que se muestra en el circuito de la figura III.2, las variantes están en función de la posición del interruptor.

Es conveniente mencionar que en la medición de la resistencia desconocida R_X , es importante considerar las resistencias internas R_A y R_V , estas influyen en la medición

En la figura III.2 se observa que al cerrar el interruptor en la posición 1, el amperímetro mide la corriente que circula por R_A y R_X , es decir, que R_X esta en serie con R_A , por lo tanto:

$$R_{X1} = R_X + R_A \quad \dots\dots\dots (1)$$

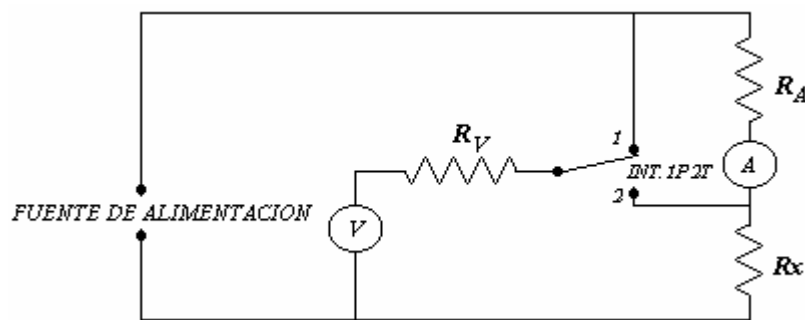


Figura III.2 Medición de una resistencia utilizando el método Voltímetro – Amperímetro

R_A = Resistencia interna del Amperímetro.

R_V = Resistencia interna del Voltímetro.

A = Amperímetro.

V = Voltímetro.

Con las lecturas obtenidas en los instrumentos de medición (Voltímetro – Amperímetro), aplicamos la Ley de Ohm:

$$R_X = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (2)$$

De esta forma se obtiene el valor de la resistencia desconocida.

Ahora bien, si conocemos el valor de R_A , se suma a R_X y se obtiene R_X ; que representa el valor más preciso de la medición. En caso contrario, se supone que $R_A = 0$, por lo que $R_X = R_X$, y el error de medición es mínimo, esto implica que en R_A no existe caída de tensión, obteniéndose un valor más exacto en la medición de resistencia de valores elevados (considerando un valor aproximado de 10Ω en adelante, en circuitos de CC)

NOTA: Es posible alimentar el circuito con CA, con la diferencia de que las lecturas corresponden a valores medios y los resultados serán, menos precisos.

En la misma figura, si cambiamos el interruptor a la posición 2, la lectura del amperímetro corresponde a la corriente que circula por la resistencia interna del voltímetro, mientras que el voltímetro mide la caída de tensión en R_X .

Entonces, el valor de R_{X2} considerando R_V en paralelo con R_{X1} ; esta dado por la formula:

$$R_X = \frac{R_{X1} R_V}{R_{X1} + R_V} \dots\dots\dots (3)$$

Para obtener R_X , con los valores obtenidos en las lecturas del voltímetro y del amperímetro, sustituimos:

$$R_X = \frac{V_2}{I_2} \dots\dots\dots (4)$$

Si se conoce el valor de R_V , más el valor calculado de R_X , lo sustituimos en la ecuación (3) y obtenemos el valor más aproximado al real de la resistencia desconocida.

En caso contrario, se considera a R_V un valor de infinito y $R_{X1} = R_{X2}$, es decir, por R_V no circula corriente. Este método es aplicable a resistencias pequeñas e inferiores de $10\text{ M}\Omega$, en circuitos de CC.

MATERIAL.

- Voltímetro de 0 – 60 V. C. D.
- Amperímetro de C. D. 0 – 6 A
- Fuentes de alimentación de C. D.

- Interruptor de 2 polos 1 tiro.
- Interruptor de 1 polos 2 tiro.
- Resistencias de $\frac{1}{2}$ watt: 12Ω , 47Ω , 100Ω , 470Ω , $1\text{ K}\Omega$, $3.9\text{ K}\Omega$, $10\text{ K}\Omega$, $22\text{ K}\Omega$, $47\text{ K}\Omega$, $2.2\text{ M}\Omega$.
- Cables de conexión.

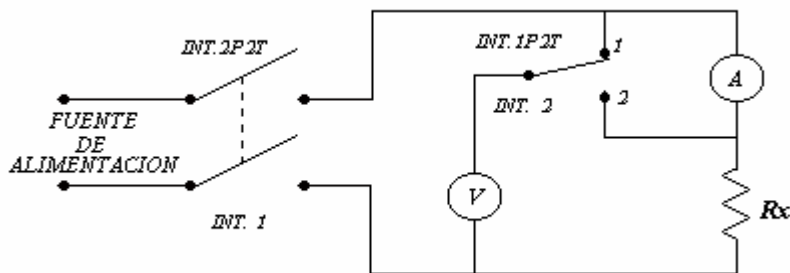
NORMAS DE SEGURIDAD.

- Mide la resistencia real del amperímetro y del voltímetro.
- Realiza tus mediciones rápidamente para evitar calentamientos excesivos.

PROCEDIMIENTO.

1. Circuito eléctrico del método Voltímetro – Amperímetro.

- Realiza el alambrado del circuito eléctrico mostrado en la siguiente figura y conecta una de las resistencias por medir.



*Figura III.3 Alambrado de circuito eléctrico para medición de resistencias
Por el método Voltímetro – Amperímetro*

2. Mediciones con el interruptor 2 en la posición 1.

- Coloca el interruptor 2 en la posición 1.
- Energiza el circuito cerrando el interruptor.
- Obtén las lecturas en forma simultánea en ambos aparatos y anótalos en la tabla III.a
- Apaga la fuente de alimentación.
- Reemplaza R_1 y realiza el mismo procedimiento con R_2 , anota las lecturas en la tabla III.a.
- Realiza el mismo procedimiento para las demás resistencias y anota de igual manera las lecturas obtenidas en la tabla III.a.
- Con los valores obtenidos en las lecturas del voltímetro y amperímetro, calcula por medio de la Ley de Ohm, el valor de cada una de las resistencias y repórtalo en la columna 4.

Resistencias Ω	Lecturas		Resistencia Calculada	% Error
	Voltímetro	Amperímetro		
R1 = 12				
R2 = 47				
R3 = 100				
R4 = 470				
R5 = 1 K				
R6 = 3.9 K				
R7 = 10 K				
R8 = 22 K				
R9 = 47 K				
R10 = 2.2 M				

Tabla III.a Lecturas obtenidas en la medición de Rx por el método Voltímetro – Amperímetro (INT 2 en posición 1).

3. Mediciones con el interruptor 2 en la posición 2

- Cambia el interruptor 2 a la posición 2.
- Energiza el circuito cerrando el interruptor 1.
- Obtén lecturas y anótalas en la tabla III.b.
- Realiza el mismo procedimiento para cada resistencia e indícalo en la tabla III.b.

Resistencias Ω	Lecturas		Resistencia Calculada	% Error
	Voltímetro	Amperímetro		
R1 = 12				
R2 = 47				
R3 = 100				
R4 = 470				
R5 = 1 K				
R6 = 3.9 K				
R7 = 10 K				
R8 = 22 K				
R9 = 47 K				
R10 = 2.2 M				

Tabla III.b Lecturas obtenidas en la medición de Rx por el método Voltímetro – Amperímetro (INT 2 en posición 2).

CUESTIONARIO.

- Explica porque de los cinco métodos de medición de resistencia, éste es el más preciso.
- ¿Cuál es la causa de cortocircuitar el amperímetro en esta práctica?
- ¿Influye la resistencia interna del voltímetro al realizar las mediciones? ¿Por qué?
- Describe la construcción de un shunt, ¿Por qué se necesitan 4 terminales?
- ¿Qué Ley rige la repartición de la corriente entre el shunt y el instrumento?
- ¿Cuál es el método de Voltímetro – Amperímetro, sistema cerrado?
- ¿En que aspecto importante difiere el voltímetro del amperímetro?
- ¿Cómo se limita la corriente en la bobina de un voltímetro cuando este aparato se empalma a los dos conductores de una línea?

9. Las resistencias de un milivoltímetro, cuya escala comprende desde 0 a 50 mV, es de 10.0 ohms. Determinar:
- La resistencia de un shunt que, cuando se emplee junto con el instrumento, produce la máxima desviación de la escala con 75 A.
 - Repetir con 150 A.
 - En a y b, calcular la relación de las corrientes en el milivoltímetro y el shunt.
10. La resistencia de un milivoltímetro es de 4.5 ohms y se utiliza para medir una corriente de 40 amperios. La resistencia del shunt es de 0.0012 ohms. Determinar:
- La corriente que pasa por el instrumento.
 - Cuando por el shunt pasa 75 amperios, la aguja del aparato alcanza su desviación máxima. ¿Por qué?
 - Determinar la tensión nominal del aparato en mV.

PRÁCTICA 4

EL AMPERÍMETRO

OBJETIVO.

El alumno manejará correctamente el amperímetro de C. D. En la toma de lectura de corrientes en circuitos eléctricos, e identificará las características de operación en cada elemento que lo integra.

INTRODUCCIÓN.

En esta práctica el alumno identificará las características específicas de un amperímetro, midiendo la resistencia interna del mismo. El amperímetro no debe tener ninguna resistencia adicional al circuito, dado que el objetivo de un medidor bien diseñado es el de no perturbar, en lo más mínimo posible, al circuito que está midiendo. Además, la unidad de corriente eléctrica es el amperio y esa corriente se mide con un amperímetro. Para realizar mediciones de este tipo, los amperímetros se conectan en serie y con una polaridad correspondiente en cada uno de los bordes. Estas son algunas de las consideraciones que debes tener presente al hacer conexiones eléctricas de los amperímetros en todos los circuitos de C. D.

SINTESIS DE INFORMACIÓN TEORICA.

La resistencia eléctrica es la oposición que existe al flujo de la corriente en un circuito, y depende de muchos factores. El alambre de cobre, aunque se considera un buen conductor de corriente eléctrica, presenta cierta resistencia, puesto que tiene una longitud y un corte transversal específico y la relación entre el voltaje y la corriente es una constante. Esta relación se conoce como resistencia y su unidad se expresa en ohms, de aquí se formula la Ley de ohm, que se considera a menudo como el fundamento del análisis de circuitos y se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{E}{I}$$

E = La diferencia de potencial entre los dos extremos de un elemento de resistencia.

I = La corriente eléctrica que pasa por dicho elemento de resistencia.

R = La resistencia del mismo elemento.

Para producir una corriente, primero debe existir un voltaje en la resistencia.

Los primeros investigadores en este campo, reconocieron el hecho de que una corriente eléctrica constituía un movimiento de cargas a lo largo de un conductor. El sentido del flujo de la corriente no se pudo determinar y desgraciadamente, se convino, en forma arbitraria, que fuera desde un cuerpo de carga positiva hacia otro de carga negativa (positivo a negativo) y este acuerdo se estableció tan firmemente, que sigue en vigencia hasta nuestros días. Así pues, la dirección convencional, o dirección positiva del flujo de la corriente, es siempre de positivo a negativo, aunque se sabe ahora que la

dirección del flujo eléctrico, que en realidad constituye una corriente eléctrica, va de negativo a positivo.

Por consiguiente, siempre cerciórate de que las polaridades concuerden con las marcas de las terminales del medidor, a fin de obtener una lectura positiva(escala de arriba). Si se invierten las conexiones, la aguja se desviará en dirección negativa.

El amperio es la unidad de la corriente eléctrica y se mide con un amperímetro, los amperímetros tienen una baja resistencia interna y se conectan en serie con el circuito o componente, por ejemplo, una resistencia. La polaridad se debe de mantener para obtener la deflexión adecuada de la aguja.

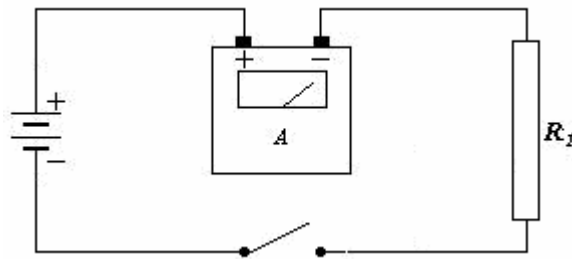


Figura IV.1 El amperímetro se conecta en serie con la resistencia de carga R_1

MATERIAL.

- Fuente de energía de C. D.
- Resistencia de alambre.
- Amperímetro de C. D.
- Cables de conexión.
- Ohmímetro.

NORMAS DE SEGURIDAD.

- I. Una vez seleccionado el rango del amperímetro, éste medirá únicamente corriente directa; con un margen máximo indicado por el rango correspondiente.
- II. Las mediciones de corriente directa solo deben de efectuarse en los circuitos en donde existe una carga o resistencia eléctrica.
- III. La capacidad de lectura de la corriente eléctrica del amperímetro debe de ser superior al valor estimado de la corriente que se desea medir.
- IV. Si una sobrecarga o choques excesivos, fueron la causa de que la exactitud del instrumento sea dudosa, comprueba varios puntos de escala y compara esta lectura con un instrumento que haya sido previamente calibrado. Si la exactitud del instrumento no cumple lo especificado, reajusta el instrumento.
- V. Para asegurar buenas mediciones, conserva el instrumento libre de polvo, humedad y lejos de la luz solar.

PROCEDIMIENTO.

1. Usa el ohmímetro para medir la resistencia entre las terminales del amperímetro múltiple y anota los valores obtenidos en la tabla IV.a.

RANGO	RESISTENCIA ELECTRICA	Ω
0 – 0.5		Ohms
0 – 1		Ohms
0 – 2		Ohms
0 – 5		Ohms

Tabla IV.a. Medición de resistencia eléctrica.

2. Instrucciones para la operación del amperímetro.
 - a) Coloca el instrumento sobre una superficie plana. Una posición horizontal da la más alta precisión.
 - b) Antes de medir, verifica que la aguja coincida exactamente con el cero de la escala, sino, gira el tornillo de ajuste de cero, que se encuentra sobre la cubierta del medidor, hasta que la aguja coincida con el punto cero de la escala.
 - c) Para mejorar la exactitud selecciona un rango de medición adecuado, de modo que la indicación puede ser leída en la parte alta de la escala.
 - d) Ten cuidado de no aplicar una corriente mayor a la del rango seleccionado.
 - e) Evita limpiar la superficie del vidrio del instrumento con algodón seco durante la medición. Si se limpia, puede ocasionar una desviación en la indicación por carga electrostática. Para contra restar esto, exhala sobre la superficie del vidrio.
 - f) El instrumento esta aislado magnéticamente, sin embargo, durante las mediciones procura que esté quede lejos de un cable o un bus por el cual circulen grandes corrientes. La indicación variará un máximo de 0.3 % cuando el instrumento se use a 1 metro de un conductor por el cual circule una corriente de 1,000 amp.
3. Para conectar el circuito ilustrado en la figura IV.2, ten sumo cuidado para establecer las polaridades.

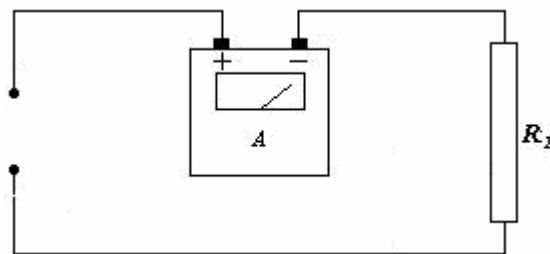


Figura IV.2 Conexión del circuito.

4. Regula periódicamente la tensión de salida de la fuente de energía, de acuerdo a los valores de tensión que se indican en la tabla IV.b. El miliamperímetro de 0 – 500 mA C. D. Indicará la corriente que pasa por el circuito, anota este valor en el espacio correspondiente en la tabla.

E	0	15	30	45	60	75	90	105	120
I									

Tabla IV.b. Valor de tensión

5. Observa la figura IV.3, aplica un potencial eléctrico al circuito hasta que $I_1 = 0.2$ A. Calcula y mide los valores de corriente.

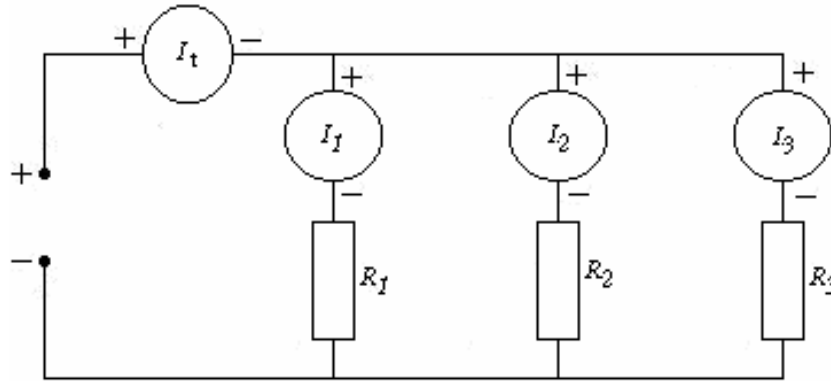


Figura IV.3 Aplicación de potencial eléctrico.

VALORES MEDIDOS

$I_2 =$ _____
 $I_3 =$ _____
 $I_T =$ _____

VALORES CALCULADOS

$I_2 =$ _____
 $I_3 =$ _____
 $I_t =$ _____

OBSERVACIONES

CUESTIONARIO.

- ¿Cuál es la causa de obtener valores muy bajos de resistencia interna de los amperímetros?
- Un medidor de 3 A C. D. Tiene una resistencia de 0.1 ohms. Si accidentalmente se le conectara a una línea de 120 V. C. D. ¿Cuál sería la corriente que pasaría por el instrumento? ¿Qué sucedería en tal caso?
- ¿Es aplicable la Ley de Ohm en un circuito eléctrico cuando utilizamos el amperímetro? ¿Por qué?.
- Usa la Ley de Ohm, en sus diversas formas para llenar los espacios en blanco de la siguiente tabla.

No.	E	I	R
1	6	2	
2		5	25
3	4		8
4	9	3	
5		6	12
6	5	10	
7	12		4
8	12	3	
9		100	1000
10	120		0.1

5. Un medidor de 3^a C. D. Tiene una resistencia de 0.15 ohms y porta una corriente de 2 amperios.
¿Cuál es el voltaje entre sus terminales?
6. Un alumno toca accidentalmente una línea de 240 V. C. D. Si la resistencia de su piel es de 1,000,000 ohms, ¿Cuál es el valor de la corriente que pasa por su cuerpo?
7. ¿Qué lectura a escala completa debe de tener aproximadamente el medidor que se elija para medir una corriente cuyo valor está entre 5 y 7 mA?
- a) ¿Entre 1 y 1.2 A? _____
- b) ¿Entre 20 y 30 μ A? _____
8. Un medidor de 0 a 100 mA es exacto al 2 % e indica una lectura de 45.5 mA en un circuito dado.
¿Cuáles son los valores de corriente más alto y más bajo posibles que pueden pasar por los mismos?

PRÁCTICA 5

AMPERÍMETRO D'ARSONVAL

OBJETIVO.

El alumno identificará los principios de funcionamiento del amperímetro D'Arsonval, así como sus usos y aplicaciones.

INTRODUCCIÓN.

Al construir un Galvanómetro D'Arsonval, el alumno identificará las partes que lo conforman, a su vez aclarará los conceptos teóricos sobre el funcionamiento y operabilidad de un campo magnético y el sentido de la corriente eléctrica, que influye en el movimiento de la aguja indicadora del Galvanómetro.

Con este Galvanómetro se aumenta la capacidad de medida de intensidad de corriente. Esto se logra al conectar una resistencia en paralelo, a la que llamaremos resistencia derivada de corriente o shunt.

En esta práctica los alumnos construirán el Galvanómetro y, a su vez un amperímetro multirango, para hacer un análisis del instrumento y de las partes que lo integran para emplearlo en corriente directa.

SISNTESIS DE INFORMACIÓN TEÓRICA.

El medidor básico de movimiento es el de bobina móvil o medidor D'Arsonval. Este tipo de medidor se utiliza como amperímetro, miliamperímetro y microamperímetro de CC; voltímetro y ohmímetro, y con ayuda de rectificadores, indica corrientes alternas y voltajes.

El medidor de bobina móvil es un dispositivo electromagnético que consta de:

1. Un imán permanente en forma de herradura.
2. Un trozo de núcleo de hierro redondo entre los polos del imán.
3. Un mecanismo giratorio que queda libre para moverse aproximadamente 90° , y que incluye:
 - a) Una bobina ligera.
 - b) Una aguja indicadora, sujeta mecánicamente a la bobina.
 - c) Dos resortes delicados en espiral, para hacer que la aguja indicadora retorne a cero.
 - d) Dos cojinetes de zafiro de alta precisión.
4. Una escala calibrada, ya sea de papel o de metal.
5. Cubierta metálica, de baquelita o de plástico.

Es de suma importancia tener instrumentos que nos permitan medir directamente la magnitud de ciertos factores como la corriente, la tensión y la resistencia, que pueden estar en diversas partes del circuito eléctrico.

El amperímetro se emplea para medir el flujo de corriente a través de un conductor. Se interrumpe el circuito y se inserta el medidor en el punto de interrupción, de manera que toda la corriente fluya a

través de éste, el cual se inserta en serie con el circuito que se prueba. Se usa para mediciones hasta 30 miliamperios aproximadamente.

Con mucha frecuencia deseamos medir corrientes más altas que las que el Galvanómetro es capaz de leer; para evitar daños en nuestro instrumento y, al mismo tiempo, extender su alcance, debemos de agregar resistencias en paralelo con el medidor, a fin de desviar parte de la corriente, tal y como se muestra en la figura V.1

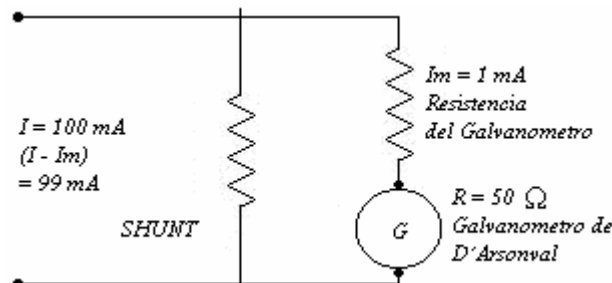


Figura V.1 Conexión de Resistencias.

A la resistencia conectada en paralelo con el Galvanómetro se le llama resistencia Shunt. La resistencia shunt debe de ponerse en paralelo con el Galvanómetro, ya que éste es un instrumento que mide corrientes eléctricas muy pequeñas. Su bobina móvil esta construida con un gran número de vueltas de alambre muy delgado, lo que significa evidentemente una considerable resistencia interna del instrumento.

MATERIAL.

- Pie redondo.
- Apoyo de muesca.
- Bobina de 1,600 espiras.
- Escala de Galvanómetro.
- Mecanismo de aguja indicadora.
- Fuente de C. D.
- Cables de conexión
- Shunt de 2 amp.
- Pinzas de cocodrilo.

NORMAS DE SEGURIDAD.

- I. Las mediciones de corriente directa solo deben de efectuarse en los circuitos donde existe una carga o resistencia eléctrica.
- II. Al seleccionar el shunt, el instrumento medirá únicamente corriente directa, con un margen máximo indicado por el shunt.
- III. Para asegurar buenas mediciones, conserva el instrumento libre de polvo, humedad y lejos de la luz solar.
- IV. El Galvanómetro mide corrientes directas, y en este caso, circulan por la bobina 2.5 mA.

PROCEDIMIENTO.

1. Usa el ohmímetro para medir la resistencia eléctrica entre terminales de la bobina del Galvanómetro _____ Ohms.
2. Procedimiento para el armado del Galvanómetro sobre un pie redondo.

Colocamos el apoyo con muesca y, sobre él, la bobina de 1,600 espiras. El mecanismo que esta compuesto por un imán con indicador, espejo, cuchillas y el posicionador a 0 en forma de un contrapeso girable, se coloca sobre las muescas de apoyo, para lo cual nos servimos del indicador con herramienta. La escala se coloca en la pared exterior del apoyo.

Para usar el instrumento hay que tener cuidado de que el mecanismo gire el contrapeso, volviéndolo a colocar y dejándolo oscilar.

Esto debe de repetirse tantas veces como sea necesario hasta conseguir la posición 0 deseada. Se coloca el Galvanómetro de tal forma que el plano del imán coincida con la dirección del campo magnético terrestre. Se consigue la misma sensibilidad si el polo norte del imán señala hacia el norte, y la máxima cuando señala al sur. Se consigue una sensibilidad media, cuando el plano del imán es perpendicular al campo magnético, es decir, a la dirección este – oeste.

3. Prueba el Galvanómetro.
4. Observaciones del armado y prueba del Galvanómetro.
 - a) Un imán apoyado en el seno de un campo magnético, producido por una bobina por donde circula una corriente, tiende a girar.
 - b) La dirección del giro depende del sentido de la corriente y por ello no sirve para la medición de corrientes alternas.
 - c) Un medidor, compuesto por un imán y una bobina, se utiliza para la medida de corrientes continuas.
5. Aplicación del campo de medida de un amperímetro de CC.
 - a) Colocando convenientemente el contrapeso, conseguimos que la posición del indicador coincida con el extremo izquierdo de la escala.
 - b) Conectamos las dos resistencias en paralelo (resistencia derivadora y resistencia del instrumento), como se indica en la figura V.2

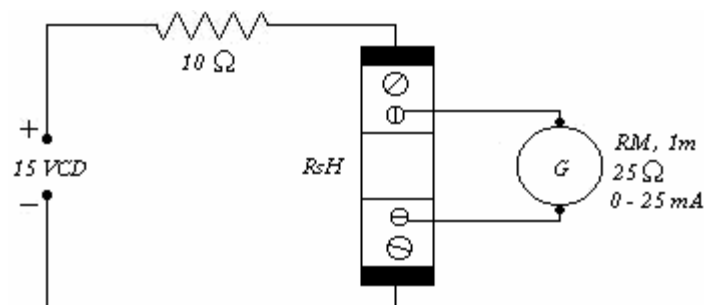


Figura V.2 Conexión de resistencias.

En el circuito se ilustra un medidor de 0 a 2.5 mA que tiene una resistencia interna (bobina y resortes) de 25 mA en un circuito con una carga de 10 Ω y una fuente de 15V.

6. Energiza lentamente al circuito y aplica la Ley de Ohm en el derivador y en el Galvanómetro, para ajustar la escala en la cual registraremos el rango de corriente y marcaremos la escala de 0 a 2 amperios.
 7. Empleando la Ley de Ohm calcula las corrientes que circulan por el shunt y el Galvanómetro.
- a) La relación de las resistencias de derivación y del medidor son inversamente proporcionales a las relaciones de corriente, es decir:

$$\frac{R_{sH}}{R_m} = \frac{I_m}{I_{sH}}$$

Donde:

R_{sH} = Resistencia de derivación o shunt.

R_m = Resistencia del medidor.

I_m = Corriente del medidor.

I_{sH} = Corriente del shunt.

CUESTIONARIO.

1. ¿Por qué nunca se debe de conectar un medidor de corriente en paralelo con una fuente de potencia o de carga?
2. ¿Por qué se usan los derivadores? ¿Cuál es la diferencia que hay entre derivadores internos y externos?
3. ¿El Galvanómetro que construiste tiene alta sensibilidad? ¿Por qué?
4. ¿Afecta un shunt en la sensibilidad del Galvanómetro? ¿Por qué?
5. ¿Qué dificulta el ajuste a cero del mecanismo de la aguja indicadora del Galvanómetro? ¿Qué fenómeno eléctrico influye en el ajuste?
6. ¿Qué otro nombre se le da al medidor de bobina móvil?
7. ¿Cuáles son las partes del medidor de bobina móvil que tienden a dañarse si pasa una corriente excesiva por el mismo?
8. Describe el funcionamiento del amperímetro de CC, con un Galvanómetro D'Arsonval.
9. Un medidor de 1 mA con una resistencia eléctrica de 50 Ω debe de convertirse en un medidor de 0 – 100 mA,
 - a) ¿Cuál es la caída de voltaje a escala completa si funciona como medidor de 0 – 1 mA?
 - b) ¿Sí funciona como medidor de 0 – 100 mA?
 - c) ¿Cuál es la caída de voltaje en el mismo cuando se emplea como medidor de 0 – 100 mA si se tiene una corriente de 50 mA en el circuito?
 - d) ¿Qué valor de resistencia en derivación tendría?
10. ¿Cuál es el valor del resistor en derivación que se requiere para convertir un medidor de 40 mA con una resistencia interna de 2,000 ohms, en un medidor de 0 – 5 mA?

11. Un amperímetro que tiene una escala de 0 – 1 A de C. D. y una resistencia de 1 ohm, y que se conecta a una fuente de 300 milivoltios, ¿Qué valor indicaría?

PRÁCTICA 6

EL VOLTÍMETRO.

OBJETIVO.

El alumno maneje correctamente el voltímetro al medir el valor de las tensiones eléctricas en diversas fuentes de energía.

INTRODUCCIÓN.

El voltímetro ayuda a identificar las diferentes fuentes de energía, e indica a que potencial eléctrico se está trabajando. En otras ocasiones indica la caída de tensión que existe en algún elemento de un circuito eléctrico o, en su caso, para identificar alguna falla por pérdida de tensión en alguna parte del circuito. Estas son las variantes de aplicabilidad de este instrumento, por consiguiente, el alumno lo utilizara comúnmente ya sea en un multímetro o en su caso en un voltímetro de tablero o de laboratorio. Cada uno de ellos tiene ciertas características específicas, pero todos ellos ofrecen cierta resistencia eléctrica.

SINTESIS DE INFORMACIÓN TEÓRICA.

Un medidor básico que esencialmente sirve para medir corriente, ya sea de CA o de CC, también es útil para medir voltaje, ya que la bobina de cualquier medidor tiene una resistencia fija y, por lo tanto, cuando fluye corriente a través de la bobina, se produce una caída de tensión en esta resistencia. Según la Ley de Ohm, la caída de tensión es proporcional a la corriente que fluye a través de la bobina ($E = IR$).

Como un medidor básico de corriente básico solo puede medir tensiones muy pequeñas (1 voltio máx.), el rango de voltaje de este medidor se puede aplicar agregando una resistencia, llamada resistencia multiplicadora, conectada en serie, el valor de esta resistencia es tal, que cuando se agrega a la resistencia de la bobina del medidor, la resistencia total limita la corriente a la capacidad de corriente a plena escala del medidor para cualquier voltaje aplicado.

Es posible limitar la corriente del medidor si se agrega una resistencia multiplicadora (shunt) en serie con la resistencia del medidor (R_m). Como solo puede fluir 1 miliamperio como máximo a través del medidor, la resistencia total del resistor multiplicador y del medidor debe limitar la corriente a 1 mA. Aplicando la Ley de Ohm la fórmula para la resistencia total es la siguiente:

$$R_{tot} = \frac{E_{m\acute{a}x}}{I_n}$$

Y para la resistencia multiplicadora tenemos:

$$E_{MULT} = R_{TOT} - R_m$$

Cuando se conecta un voltímetro de CC, siempre debe de observarse que se establezca la polaridad correcta. La terminal negativa del instrumento debe de conectarse a la punta negativa y la terminal positiva a la punta positiva del componente. Igual que en el caso del amperímetro, si se conecta el voltímetro al circuito con la polaridad opuesta, la bobina del medidor se defleca hacia la izquierda y la aguja se puede doblarse al golpear el perno de retención.

MATERIAL.

- Fuente de poder de C. D. (variable)
- Voltímetro de C. D.
- Multímetro.
- Resistencias de 1000, 600, 300 y 100
- Ohmímetro.

NORMAS DE SEGURIDAD.

- I. Cerciórate siempre de que las polaridades concuerdan con las marcas en las terminales del medidor.
- II. Con el fin de obtener márgenes de seguridad en las mediciones que se efectúan con el voltímetro, este debe de tener una capacidad de medición superior al valor estimado de lo que se desea medir.
- III. Si una sobre tensión o choque excesivos han causado que la exactitud del instrumento sea dudosa, comprueba varios puntos de la escala y compara estas lecturas con un instrumento patrón.
- IV. Para asegurar buenas mediciones, conserva el instrumento libre de polvo, humedad y lejos de la luz solar.

PROCEDIMIENTO.

1. Usa el ohmímetro para medir la resistencia entre las terminales del voltímetro y en los rangos indicados en el multímetro, para medición de tensión.
2. En estos instrumentos se pueden distinguir las siguientes partes:
 - La caja de protección.
 - La escala de medida.
 - La aguja indicadora.
 - Los bordes de conexión.
3. Procedimiento para el uso del voltímetro.

Generalmente el voltímetro forma parte de un tablero de medición, o de un multímetro, debido a que se pueden efectuar diferentes tipos de mediciones. Al usar el multímetro, primero es necesario decidir la función que se desea que este realice. En este caso, la perilla selectora de funciones deberá indicar DCV, en virtud de que el instrumento se destinará a medir voltios de corriente directa.

- a) La explicación que a continuación se da acerca de la forma de interpretar la lectura que se obtenga al efectuar mediciones con el voltímetro, corresponde únicamente al modelo del instrumento que se

utiliza en este laboratorio, sin embargo, esto puede ser aplicable a la mayoría de los multímetros debido a que existe mucha semejanza en su operación.

- b) Una vez seleccionada la función, el siguiente paso consiste en conectar las puntas de prueba en los conectores correspondientes, en este caso, en las entradas marcadas como COM y +POS. Hecho lo anterior, el instrumento esta en condiciones de ser usado para medir tensiones eléctricas. (observa la figura VI.1)

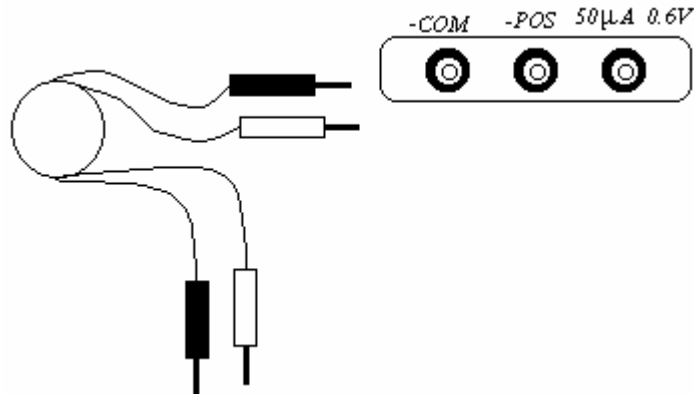


Figura VI.1 Conexión de puntas de prueba

- c) Antes de indicar las mediciones de las tensiones eléctricas, es necesario entender como y donde leer, el valor de la tensión que va a medirse. (observa la figura VI.2)

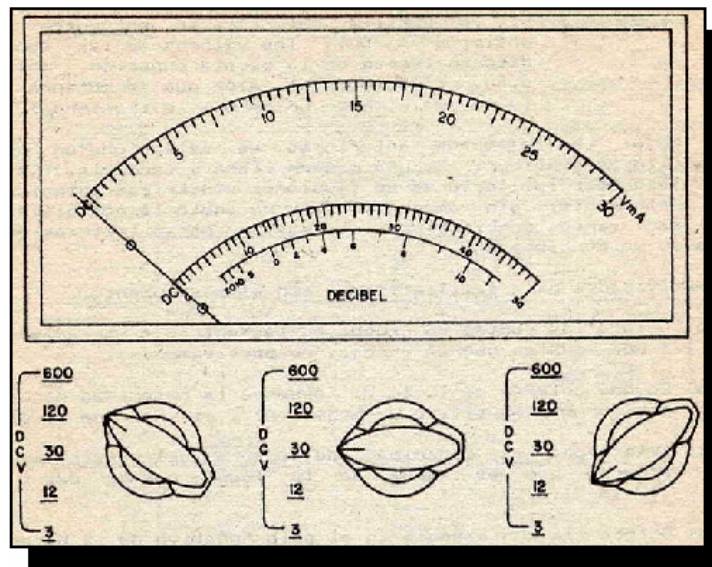


Figura VI.2 Escalas del voltímetro de CD.

- d) Si observas la carátula del instrumento, observarás que existen tres escalas que tienen marcadas las iniciales DC.
- e) Existe una relación entre las escalas y la posición de la perilla selectora,, dicha perilla determina la capacidad máxima de lectura que el instrumento puede efectuar en cada caso. Para el modelo utilizado en el ejemplo, las capacidades máximas de lecturas son 600 DVC, 120 DVC, 340 DVC 12 DVC y 3 DVC.
- f) La posición de la perilla selectora nos indica también la escala en la cual debe de tomarse la lectura registrada por el instrumento.

4. Actividad para familiarizarse con el instrumento.
 - a) Coloca las puntas de prueba en las entradas marcadas COM y +POS (punta negra y roja respectivamente)
 - b) En la batería de 12 – 16 V, observa la polaridad marcada en los bordes (+ -) y el valor de la misma.
 - c) Selecciona la capacidad de lectura del instrumento de acuerdo con el valor de la fuente que se desea medir (12 – 16 V).
 - d) Coloca la punta negra en el polo negativo de la batería y la punta roja en el polo positivo de la otra. Registra tu lectura.

5. Verifica los cálculos teóricos con los valores medidos de tensión de los siguientes circuitos.

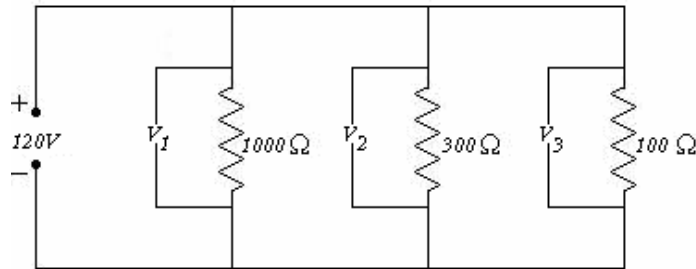


Figura VI.3 Circuito paralelo.

<i>Valores medidos</i>	<i>Valores calculados</i>	<i>Observaciones</i>
V ₁ _____	V ₁ _____	_____
V ₂ _____	V ₂ _____	_____
V ₃ _____	V ₃ _____	_____

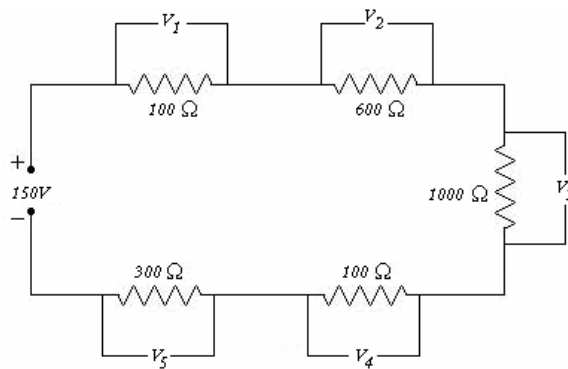


Figura VI.4 Circuito serie.

<i>Valores medidos</i>	<i>Valores calculados</i>	<i>Observaciones</i>
V ₁ _____	V ₁ _____	_____
V ₂ _____	V ₂ _____	_____
V ₃ _____	V ₃ _____	_____
V ₄ _____	V ₄ _____	_____
V ₅ _____	V ₅ _____	_____

CUESTIONARIO.

1. ¿Crees que pueda medirse medio voltaje de una pila para lámpara de mano con un voltímetro que tuviera una escala de 0 – 150 DVC? ¿Podrías confiar en tal medición? ¿Por qué?
2. ¿Qué características influyen en la conexión del voltímetro de CD y en el de CA?
3. ¿Cuál es la sensibilidad reactiva del voltímetro empleado en esa práctica?
4. ¿En que forma podríamos ampliar el rango de medida de tensión de nuestro instrumento?
5. ¿Cómo conectarías el voltímetro, el amperímetro, la fuente de energía y una carga, para obtener un circuito completo en pleno funcionamiento? Elabora un dibujo.
6. Del dibujo realizado, ¿Se quemaría el amperímetro de CD si se invirtiera su polaridad? ¿Por qué?
7. ¿Qué nombre se le da al resistor que se conecta a un amperímetro? Y ¿Al que se conecta en serie con el medidor del voltímetro?
8. ¿Qué significa la clasificación ohm / voltio de un voltímetro?
9. La bobina y la resistencia multiplicadora de un medidor de 10 mA tiene una resistencia total de 10 K Ω , ¿Cuál es la mayor tensión que se puede medir con este medidor?
10. Si un medidor de 1 miliamperio requiere de una resistencia combinada de multiplicador y de bobina de 5,000 ohms para una oscilación total de escala de 1 voltio, ¿Cuál es la clasificación ohms / voltio de este medidor?
11. La resistencia de la bobina móvil M de un voltímetro de CC es de 62.1 ohms y con ella, la máxima desviación de la aguja se produce para una tensión de 0.54 voltios entre las terminales de la bobina sola. Determinar:
 - a) Las resistencias que se deben agregar en serie con la bobina móvil, para que el aparato pueda alcanzar hasta 5 voltios y hasta 150 voltios.
 - b) ¿Cuál es la resistencia en ohms, por voltio, de este instrumento?

PRACTICA 7

EL OSCILOSCOPIO.

INTRODUCCIÓN.

El osciloscopio de rayos catódicos es uno de los instrumentos de mayor aplicación en el campo de las mediciones; tanto en las líneas de producción, como en los laboratorios de comprobación de calidad, además de los talleres de servicio.

A pesar de gran utilización y aplicaciones en la industria, es frecuente encontrar técnicos que aún recurren a otros procedimientos para efectuar ciertas mediciones renunciando a las posibilidades y ventajas que el osciloscopio puede brindar en muchos casos.

Existe una gran variedad de osciloscopios, algunos elementales y otros sofisticados, pero el principio de operación para cualquiera de ellos es el mismo.

La mayoría de los osciloscopios presentan la capacidad de observar dos señales a la vez, aunque los hay con 4, 6 y hasta 8 entradas., y e acuerdo al número e entradas será el número de señales que podemos observar simultáneamente.

SINTESIS DE INFORMACIÓN TEÓRICA.

El osciloscopio de rayos catódicos es un instrumento en el que las variaciones de amplitud, con respecto al tiempo de onda generadas por circuitos eléctricos se hacen visible en una pantalla por medio de un trazo luminoso.

Las aplicaciones más importantes de este osciloscopio son: hacer la mediciones e voltaje pico – pico (V_{pp}), voltaje pico (V_p) y periodo (T), de esta tres mediciones podemos determinar el voltaje eficaz para V_{pp} y para V_p la frecuencia F a partir del periodo T .

$$VF = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

$$VF = \frac{V_{pp}}{2\sqrt{2}} \quad (\text{voltaje eficaz para } V_{pp})$$

$$F = \frac{1}{T} \quad (\text{Frecuencia: inverso del periodo})$$

El voltaje eficaz (V_{ef}), nos permite obtener una comparación con un voltaje de un sistema de corriente directa CD, en función de V_p de una onda senoidal.

Corriente continua es aquella que circula siempre en una misma dirección, una corriente que varia en amplitud pero no en dirección, se considera como corriente continua pulsante.
Una corriente continua pulsante se origina cuando se añade o superpone una corriente continua y una corriente alterna.



Figura VII.1 Corriente continua

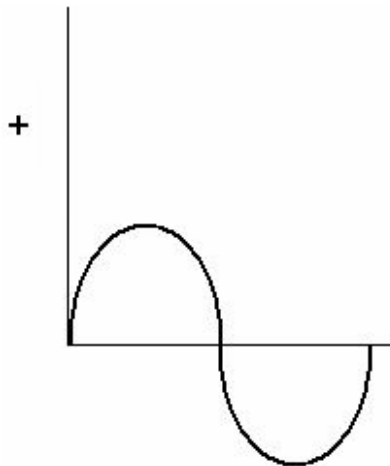


Figura VII.2 Corriente alterna

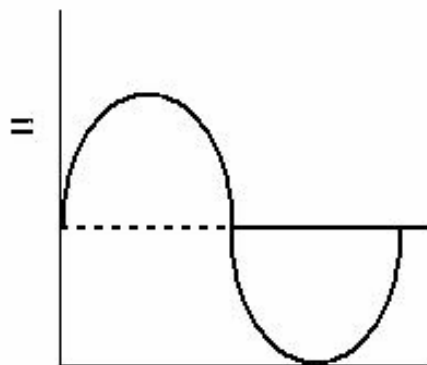


Figura VII.3 Corriente continua pulsante

La corriente alterna es aquella que cambia constantemente de amplitud e invierte su sentido a intervalos regulares.

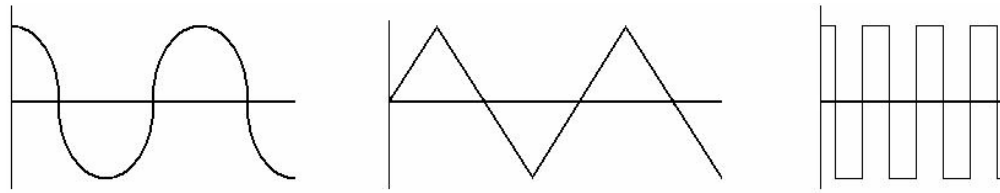


Figura VII.4 Formas de onda de corriente alterna

Ciclo: es un conjunto de valores positivos y negativos ya sea de corriente o de voltajes, por lo tanto, una alternativa (+) y una (-) nos da un ciclo compuesto.

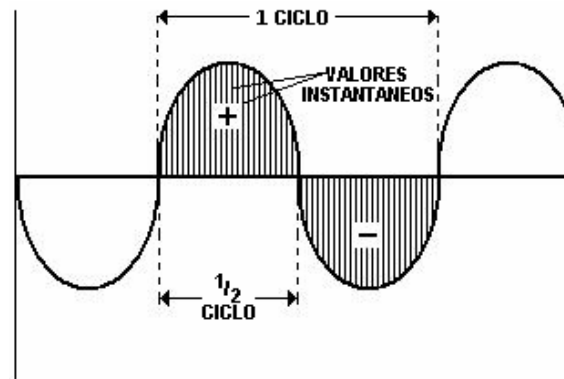


Figura VII.5 Formación de un ciclo

Frecuencia: es el número de veces que la corriente cambia e dirección en la unidad de tiempo. Si se requiere un segundo para que la corriente alcance su máximo (+), descienda a cero, llegue a su máximo (-) y vuelva a cero, habrá completado u ciclo por segundo.

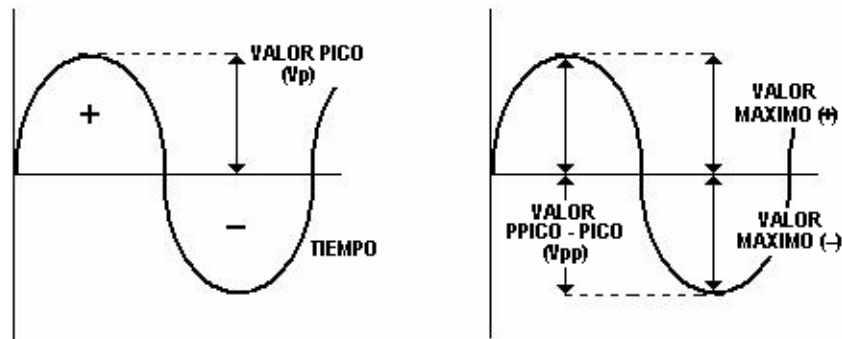


Figura VII.6 Frecuencia

MATERIAL.

- Voltímetro.
- Osciloscopio.
- Puntas de prueba del osciloscopio.
- Puntas de prueba.
- Fuentes de alimentación 0 – 20 V. C. D.
- Salidas de voltaje fijo en CA de 6.3 VCA y 12.6 VCA.

NORMAS DE SEGURIDAD.

- I. Acata las indicaciones del profesor.
- II. Utiliza la secuencia descriptiva del procedimiento de la práctica.

PROCEDIMIENTO.

Realiza los siguientes pasos para el uso del osciloscopio.

1. Controles. Coloca los controles como se indica en la siguiente tabla.

<i>CONTROLES</i>	<i>POSICIÓN</i>	<i>FUNCIÓN</i>
<i>ILLUM Intensit.y</i>	<i>OFF (apagado) Girado hacia la izquierda</i>	<i>Control de encendido intensidad de haz en la pantalla</i>
<i>AC – GND –DC de CH1 y CH2</i>	<i>AC</i>	<i>Selecciona acoplamiento en la señal de entrada (3 posiciones)</i>
<i>a) volt / div de CH1 y CH2 b) Variable</i>	<i>a) 20 V b) Posición CAL hasta el tope.</i>	<i>a) Selección de rangos de voltaje en la posición vertical b) Para fines de ajuste (calibrador).</i>
<i>MODE</i>	<i>CH1</i>	<i>Indica modos de operación. Selecciona el canal a usar: canal 1 (CH1), canal 2 (CH2), dual (trabajan alternativamente CH1 y CH2.</i>
<i>LEVEL</i>	<i>Centro (jala la perilla modo automático)</i>	<i>Nivel de disparo para el modo automático (pull auto). Selecciona automáticamente el nivel medio de la señal de entrada estable.</i>
<i>POSITION X 5 MAS</i>	<i>Centro Presiona la perilla</i>	<i>Ajusta la posición horizontal del trazo.</i>
<i>S/ NC</i>	<i>MOR (+)</i>	<i>Sincronía: en NOR la polaridad se relaciona con la forma de onda de entrada.</i>
<i>SOURCE</i>	<i>Ch1</i>	<i>Selector de 3 posiciones de voltaje para CH1, CH2 y CH3.</i>
<i>a) SHEEP TIME / DIV b) VARIABLE</i>	<i>a) 1 MS b) Posición inicial CAL hasta el tope.</i>	<i>a) selector de la velocidades del trazo teniendo como base el tiempo. b) para fines de ajuste (calibración) de desplazamiento de tiempo.</i>

Tabla VII.a. Pasos para el uso del osciloscopio

2. Conectores. Realiza las siguientes conexiones.

<i>CONTROLES</i>	<i>POSICIÓN</i>	<i>FUNCIÓN</i>
<i>POWER ILLUM</i>	<i>ON Accionada hacia la derecha.</i>	<i>Control de encendido. Observa la lámpara piloto (color rojo) que está encendida y espera un momento.</i>
<i>INTENSITY</i>	<i>Manipula para lograr un trazo luminoso fino.</i>	<i>Intensidad del haz en la pantalla.</i>
<i>FOCUS</i>	<i>CENTRO</i>	<i>Controla la definición del haz en la pantalla.</i>

Tabla VII.b. Ajuste del trazo.

3. Indicadores. Observa y manipula los controles de ajuste como se indica, para obtener el trazo deseado.

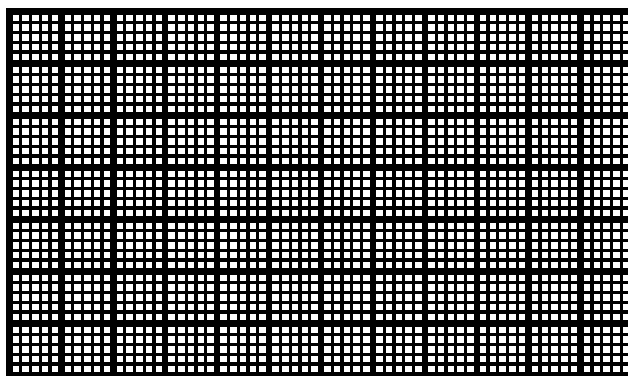
Si después de haber realizado los pasos I, II y III no observas el trazo, procede de la siguiente manera:

1. Mueve el control intensity hasta observar una línea poco gruesa en la pantalla (sin mucha intensidad).
2. Manipula conjuntamente con el focus para poder observarla.
3. Manipula el control position hasta observar una línea verde a lo largo de la pantalla.
4. Si esto persiste, mueve el control position de CH1 hasta observarla.
5. Una vez obtenido el trazo, repite los dos últimos pasos que especifica la tabla VII.b.
6. Coloca el interruptor AC – GND – DC del CH1 en la posición GND (tierra)
7. Con el control position CH1, ubica la línea de trazo en el centro de la pantalla.

Realiza los siguientes pasos para observar las líneas de forma de onda en el osciloscopio.

FORMAS DE ONDA DE CD.

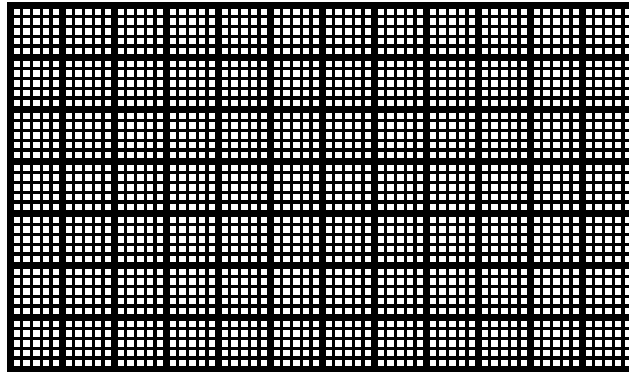
1. Coloca el interruptor AC – GND – DC del CH1 en la posición DC (el osciloscopio está debidamente ajustado para observar las formas de onda en DC).
2. Observa la forma de onda que nos proporciona la fuente de CD de 0 – 20 VCD. Cuando está la perilla de control en la posición 1, se conecta con el osciloscopio a los respectivos bordes de la fuente respetando la polaridad de ambos.
3. Mueve la perilla de volt / div de CH1 en 5 diferentes posiciones (.1, .2, .5, 1 y 2) y observa las formas de onda. Dibújalas.



Al terminar esta prueba desconecta la punta de prueba del osciloscopio de la fuente de CD.

FORMAS DE ONDA DE CA.

1. Coloca el interruptor AC – GND – DC del CH1 en la posición AC.
2. Observa la forma de onda de CA. Conectando las puntas de prueba en la salida de voltaje fijo de 6.3 VCA y 12.6 VCA.
3. Mueve la perilla de volt / div de CH1 para una mejor observación de la forma de onda. Dibújalo e indica de donde a donde es V_{pp} y V_p y T.



Medición de V_{pp} y V_p y T de la forma de onda de AC.

1. Mide el V_{pp} , V_p y T de la forma de onda de AC que dibujaste anteriormente.
2. Haz uso de las siguiente expresiones para a medición:

Medición de V_{pp} . La posición en que se encuentra el volt / div PUT se multiplica por el número por el número de divisiones verticales.

$$\text{Amplitud} = V_{pp} = PV \times \text{Núm de Div. Vert.}$$

$$\text{Amplitud} = \frac{\text{VOLT}}{\text{DIV}} \times \text{Núm. de Div.}$$

Medición de V_p : $V_p = \frac{1}{2} V_{pp}$

Medición de T. La posición en que se encuentra el sep time / div (PH) se multiplica por el número de divisores horizontales.

Periodo = $T = PH \times \text{Núm. de Div. Horizontal.}$

$$\text{Periodo} = \frac{\text{M seg}}{\text{Div}} \times \text{Núm. de Div.}$$

3. Con base en las expresiones anteriores, ¿Qué V_{pp} , V_p y T tiene la onda senoidal de CA?

V_{pp} = _____ Voltios

V_p = _____ Voltios

T = _____ Voltios

CUESTIONARIO.

1. Cuando estamos visualizando una tensión senoidal en el osciloscopio, y el multímetro nos registra una tensión e 10 voltios, ¿Qué se observa en la carátula cuando movemos la perilla azul del control variable volt / div hacia la derecha o hacia la izquierda?
2. De acuerdo con los resultados en el punto IV del procedimiento, ¿Qué concluyes? Si existe alguna diferencia, ¿Puedes expresarla en forma matemática y comprobar tus observaciones?
3. ¿Encuentras alguna dificultad en la aplicación del osciloscopio como voltímetro de CA? ¿Por qué?
4. ¿Encuentras alguna dificultad en la aplicación del osciloscopio como medidor de frecuencia? ¿Por qué?
5. Con un diagrama a bloques escribe el principio del funcionamiento del osciloscopio.
6. Dibuja el tubo de rayos catódicos y su aplicación en la electricidad.
7. Si en la pantalla de un osciloscopio se observa una señal alterna con amplitud de pico- pico de 5.8 div y nos indica que su valor es de 2.9 voltios, ¿En que posición la perilla del FSV?
8. ¿Qué valor es el que medimos con un voltímetro y que valor medimos con un osciloscopio
9. Si en la pantalla e un osciloscopio se muestra una señal senoidal que tiene un periodo que mide 7 div y nos dice que tiene una frecuencia de 28 571 Hz, ¿En que posición se encontrará la perilla del control de FSH para que nos de esta señal?
10. Menciona las ventajas y desventajas que existe entre un voltímetro de CA y un osciloscopio.

PRÁCTICA 8

PUENTE DE WHEATSTONE.

OBJETIVO.

El alumno utilizara el Puente de Wheatstone comprendiendo su funcionamiento y aplicación.

INTRODUCCION.

En la medición de resistencia eléctrica, el técnico electricista debe de obtener el valor de una resistencia con un alto grado de precisión, para ello se utiliza el Puente de Wheatstone.

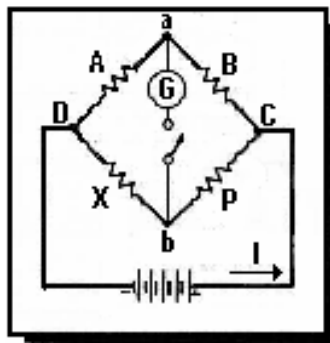


Figura VIII.1 Diagrama del Puente de Wheatstone

Este instrumento es muy empleado en el laboratorio de mediciones eléctricas, con él se determina el valor de resistencias eléctrica de los devanados de las maquinas eléctricas, motores, transformadores y generadores, así como en algunos elementos de control. Es por eso que el alumno debe conocer la forma de operación y funcionamiento de cada una de las partes que conforman el Puente de Wheatstone, así como la aplicación selecta de los instrumentos de resistencia eléctrica, tales como el ohmímetro digital, analógico y el Puente de Wheatstone, entre otros.

SINTESIS DE INFORMACIÓN TEÓRICA.

El puente de Wheatstone se diferencia de otros instrumentos de medición de resistencia, en que la resistencia desconocida se equilibra con otra resistencia conocida. El puente en su forma más simple, esta representado en la figura VIII.1.

Tres resistencias conocidas (A, B P) y una resistencia X se conectan de modo que el circuito tenga forma de rombo, los brazos A y B están formados por resistencias de valores decimales, tales como 1, 10, 100, 1000 ohms; el brazo P es graduable, de manera que puedan obtenerse valores de resistencia variable entre 1 y 11000 ohms, o más.

Una pila C que se une a los extremos opuestos O y C del rombo, entre los vértices opuestos a y b se conecta un Galvanómetro. Para realizar una medición en cada uno de los brazos A y B se dispone una resistencia determinada, que por lo regular es de valor decimal: 1, 10, 100, 1000 ohms; a resistencia del

brazo P se gradúa hasta que el Galvanómetro no se desvía, si el Galvanómetro no se mueve es que no pasa corriente por él y, por lo tanto, los dos puntos a y b deben de conectarse al mismo potencial. Como no circula ninguna corriente por el Galvanómetro tenemos:

$$I_1 = I_3 \quad \text{o} \quad I_2 = I_4$$

Si los puntos a y b están a un mismo potencial, las caídas serán:

$$E_{oa} = E_{ob}$$

Por lo tanto:

$$I_1 A = I_2 X \quad \dots\dots\dots(1)$$

Como las caídas de potencial $E_{ac} = E_{bc}$, se tiene:

$$I_3 B = I_4 P$$

Donde:

$$I_1 = I_3 \quad \text{o} \quad I_2 = I_4$$

$$I_1 B = I_2 P \quad \dots\dots\dots(2)$$

Dividiendo las formulas 1 y 2 tenemos que:

$$\frac{I_1 A}{I_1 B} = \frac{I_2 X}{I_2 P}$$

$$\frac{A}{B} = \frac{X}{P}$$

De donde:

$$A = \frac{X}{B} P$$

En la ecuación del Puente de Wheatstone, los brazos A y B se llaman de relación y el P se llama brazo equilibrador o reóstato, naturalmente, a pila y el Galvanómetro pueden sustituirse mutuamente sin que cambie la relación dada por la ecuación.

MATERIAL.

- Puente de Wheatstone.
- Multímetro digital.
- Multímetro analógico.

- 10 resistencias de carbón de $\frac{1}{2} w$, $\frac{1}{4} w$ (47 Ω , 100 Ω , 470 Ω , 1 K Ω , 4.7 K Ω , 10 K Ω , 47 K Ω , 100 K Ω , 470 K Ω , 1 M Ω)
- 2 cables e conexión de caimán.
- 1 timbre eléctrico.
- 1 motor universal.
- 1 perilla eléctrica.

NORMAS DE SEGURIDAD.

- I. Para medición de resistencias se debe de considerar qué resistencia se va a medir (bobina, shunt, o primario de un transformador), para determinar el multiplicador o constante que se empleará.
- II. Cerrar el interruptor de la batería que alimenta al puente y después el interruptor del Galvanómetro.
- III. Hacer la prueba del Galvanómetro para incrementar + o – resistencia, según sea el caso.
- IV. Aplicar estas reglas básicas con el puente:
 - a) ¿Qué resistencia se va a medir?
 - b) ¿Qué multiplicador se va a usar?
 - c) Cerrar el interruptor de la fuente.
 - d) Cerrar el interruptor del Galvanómetro.
- V. Recuerde que el laboratorio eléctrico pide precisión, no rapidez.

PROCEDIMIENTO.

A continuación se presenta la carátula del Puente de Wheatstone que emplearas durante la práctica, indicando sus controles y la función que realizan cada uno de ellos.

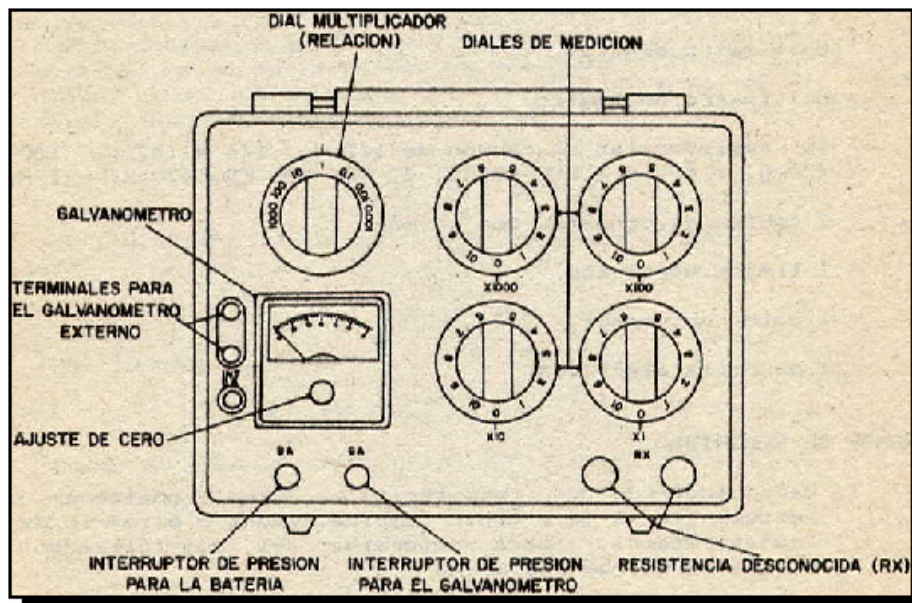


Figura VIII.2 Puente de Wheatstone

1. Dial multiplicador (relación) o perilla multiplicadora. Selecciona el rango de medición conveniente (A/B) , de acuerdo a la tabla siguiente.

<i>RX</i>	<i>MULTIPLICADOR</i>
<i>Abajo de 10</i>	<i>0.001</i>
<i>10 – 100</i>	<i>0.01</i>
<i>100 – 1 K</i>	<i>0.1</i>
<i>1 K – 10 K</i>	<i>1</i>
<i>10 K – 100 K</i>	<i>10</i>
<i>100 K – 1 M</i>	<i>100</i>
<i>1 M – 10 M</i>	<i>1000</i>

Tabla VIII.a. Dial multiplicador

2. Diales de medición o perillas de medición. Son décadas de resistencias o resistencias variables (P).
3. Bordos de conexión para la resistencia desconocida (X).
4. Interruptor de presión para el Galvanómetro (GA). Este permanece conectado si se presiona y se gira ligeramente hacia la izquierda o hacia la derecha.
5. Fuente de alimentación. Se conecta al circuito cuando el interruptor de presión B está oprimido. Este permanecerá conectado si se presiona o gira hacia la derecha o hacia la izquierda.
6. Ajuste cero. La aguja indicadora del Galvanómetro debe de estar al centro de la escala , se ajusta mediante un destornillador perillero.
7. Galvanómetro externo. Cuando se requiere un Galvanómetro de más alta sensibilidad, se conecta en las terminales GA y se mueve la barra cortocircuitadota de INT GA para cortocircuitarlas.
8. Galvanómetro. Es del tipo de bobina móvil con sensibilidad de $0.9 \mu\text{A}/\text{div} \pm 20\%$.

OPERACIÓN DEL PUENTE DE WHEATSTONE.

- a) Cerciórate que las terminales de EXT GA estén perfectamente conectadas con la barra cortocircuitadota.
- b) Cerciórate que el Galvanómetro indique 0, abriendo las terminales RX y presionando el interruptor BA sin presionar GA. Si el Galvanómetro ni indica 0, ajústalo girando el ajuste cero mecánico. Suelta el interruptor BA.
- c) Coloca la resistencia desconocida en las terminales RX.
- d) Coloca la perilla multiplicadora en el rango conveniente, de acuerdo a la tabla VIII.a.
- e) Coloca la perilla de medición en 1999 y presiona el interruptor BA, luego, por un momento , presiona el interruptor GA para ver en cual dirección (+ o -) se reflecta en Galvanómetro.
- f) Cuando el puntero del Galvanómetro se reflecta hacia +, aumenta el valor de las perillas de medición y cuando se deflecte hacia – disminuye el valor de las perillas de medición, ajusta las perillas de medición hasta que el Galvanómetro indique 0, entonces, el valor desconocido de la resistencia es medido por la siguiente ecuación:

$$R_x = \text{Factor multiplicador} \times \text{valor total de las perillas de medición} = \text{ohms.}$$

- g) Mide el valor de las 10 resistencias, utilizando los 3 diferentes instrumentos (Puente de Wheatstone, multímetro digital y multímetro análogo) y llena la tabla siguiente.

RESISTENCIA	VALLOR		MEDIDO	
<i>VALOR NORMAL</i>	<i>PUENTE DE WHEATSTONE</i>	<i>OHMÍMETRO ANALÓGICO</i>	<i>OHMÍMETRO DIGITAL</i>	
47 Ω				
100 Ω				
470 Ω				
1 K Ω				
4.7 K Ω				
10K Ω				
47 K Ω				
100 K Ω				
470 K Ω				
1 K Ω				
TIMBRE				
PARRILLA				
MOTOR				

Tabla VIII.b Valores medidos.

- h) De acuerdo a los valores medidos con los diferentes instrumentos y considerando el valor real de cada resistencia es el marcado por el código de colores (sin considerar tolerancias), calcula el porcentaje de error que se comete al medir cada resistencia con cada uno de los instrumentos, llena la tabla VIII.c.

RESISTENCIA	% PUENTE	% DIGITAL	% ANALOGO
47 Ω			
100 Ω			
470 Ω			
1 K Ω			
4.7 K Ω			
10K Ω			
47 K Ω			
100 K Ω			
470 K Ω			
1 K Ω			
TIMBRE			
PARRILLA			
MOTOR			

Tabla VIII.c. Porcentaje de error.

CUESTIONARIO.

1. Anota la fórmula o ecuación del Puente de Wheatstone, cuando esté en equilibrio.
2. ¿Qué función realizan los diales de medición en el Puente de Wheatstone.
3. ¿Cuál de las cuatro reglas básicas del Puente se pueden cambiar sin dañar el instrumento? ¿Por qué?
4. Cual es la función del multímetro digital en el desarrollo de la práctica y que ventajas se obtienen?
5. ¿Cuál de los 3 instrumentos consideras que es el más confiable? ¿Por qué?
6. ¿Es recomendable usar el Puente de Wheatstone para conocer el valor (tanto grandes como pequeñas)? ¿Cuáles son sus limitaciones?
7. ¿Se puede utilizar un Galvanómetro de bajo grado de sensibilidad para construir un Puente de Wheatstone? ¿Por qué?
8. ¿Sí varía el valor de la batería por desgaste en el Puente de Wheatstone se pierde exactitud al tratar de medir una resistencia desconocida? ¿Por qué?
9. Describe las aplicaciones y prácticas del Puente de Wheatstone en la industria.

VII. CONCLUSIONES.

La importancia de los instrumentos eléctricos de medición es incalculable, ya que mediante el uso de ellos se miden e indican magnitudes eléctricas, como corriente, carga, potencial y energía, o las características eléctricas de los circuitos, como la resistencia, la capacidad, la capacitancia y la inductancia. Además que permiten localizar las causas de una operación defectuosa en aparato eléctrico en los cuales, como es bien sabido, no es posible apreciar su funcionamiento en una forma visual, como en el caso de un aparato mecánico.

La información que suministran los instrumentos de medición eléctrica se da normalmente en una unidad eléctrica estándar: ohmios, voltios, amperios, culombios, henrios, faradios, vatios o julios.

Por su propia naturaleza, los valores eléctricos no pueden medirse por observación directa. Por ello se utiliza alguna propiedad de la electricidad para producir una fuerza física susceptible de ser detectada y medida. Por ejemplo, en el galvanómetro, el instrumento de medida inventado hace más tiempo, la fuerza que se produce entre un campo magnético y una bobina inclinada por la que pasa una corriente produce una desviación de la bobina. Dado que la desviación es proporcional a la intensidad de la corriente se utiliza una escala calibrada para medir la corriente eléctrica. La acción electromagnética entre corrientes, la fuerza entre cargas eléctricas y el calentamiento causado por una resistencia conductora son algunos de los métodos utilizados para obtener mediciones eléctricas analógicas.

Para garantizar la uniformidad y la precisión de las medidas los medidores eléctricos se calibran conforme a los patrones de medida aceptados para una determinada unidad eléctrica, como el ohmio, el amperio, el voltio o el vatio.

VIII. CONCEPTOS BÁSICOS

CORRIENTE ALTERNA.- Es aquella que cambia de polaridad en función del tiempo. Una característica de esta es que es de forma sinusoidal (adquiere la forma de la función seno).

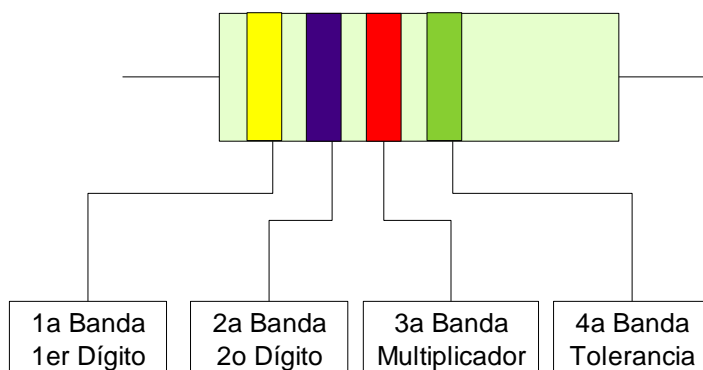
CORRIENTE / CONTINUA.- Es la que nos entrega, por ejemplo una batería, y es la que tiene polaridad positiva. La rectificación de la corriente alterna es una corriente pulsante en este caso, puede ser positiva o negativa.

LEY DE OHM.- Estable la relación entre la corriente, la resistencia y el voltaje. Esta ley establece que: *“La intensidad es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia que se opone a ésta”*.

CORRIENTE ELECTRICA.- Es el Flujo de electrones a través de un conductor que es generalmente cobre.

SEMICONDUCTOR.- Son material cuya conductividad se encuentra entre los conductores y los dieléctricos o aisladores. Un ejemplo de ellos es el germanio y el silicio.

RESISTENCIAS.- Las resistencias o resistores son dispositivos que se usan en los circuitos eléctricos para limitar el paso de la corriente, las resistencias de uso en electrónica son llamadas “resistencias de carbón” y usan un código de colores como se ve a continuación para identificar el valor en ohmios de la resistencia en cuestión.



CÓDIGO DE COLORES

NEGRO	0
CAFÉ	1
ROJO	2
NARANJA	3
AMARILLO	4
VERDE	5
AZUL	6
VIOLETA	7
GRIS	8
BLANCO	9

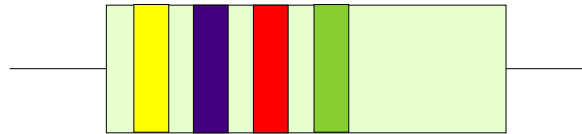
TOLERANCIA

DORADO	5%
PLATA	10%
SIN COLOR	20%

El sistema para usar este código de colores es el siguiente:

La primera banda de la resistencia indica el primer dígito significativo, la segunda banda indica el segundo dígito significativo, la tercera banda indica el número de ceros que se deben añadir a los dos dígitos anteriores para saber el valor de la resistencia, en la cuarta banda se indica el rango de tolerancia entre el cual puede oscilar el valor real de la resistencia.

Ejemplo:



Primer dígito: Amarillo = 4

Segundo dígito: Violeta = 7

Multiplicador: Rojo = 2 ceros

Tolerancia: Dorado = 5 %

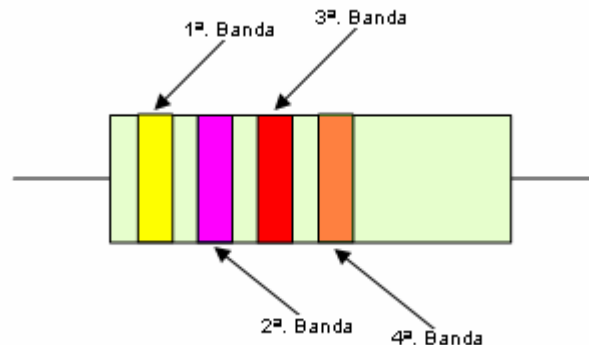
Valor de la resistencia: 4700 Ω con un 5 % de tolerancia.

CODIGO DE COLORES

Identificar un resistor no es una tarea muy complicada, note que la mayoría, salvo los de montaje superficial, poseen 4 bandas de colores, 3 de idénticas proporciones y una más alejada de éstas. Estas bandas representan el valor real del resistor incluyendo su porcentaje de tolerancia o error siguiendo un código de colores estándar.

En primer lugar tratamos de identificar el extremo que corresponde a la banda de tolerancia del resistor, que en la mayoría de los casos suele ser dorada (5%) o (algo más raro) plateada (10%). Una vez localizada ésta la dejamos de lado, (literalmente a la derecha), vamos al otro extremo y leemos la secuencia:

Ejemplo:



Primera banda: corresponde al primer dígito del valor

Segunda banda: corresponde al segundo dígito del valor

Tercera banda: representa al exponente, o "números de ceros" a agregar

Cuarta banda: porcentaje de tolerancia (la que deberíamos de identificar primero)

Los colores corresponden a valores estandarizados como se detallan:

	Color	1° y 2° dígitos	multiplicador	Tolerancia
	Negro	0	1 ($\times 10^0$)	
	Marrón	1	10 ($\times 10^1$)	1%
	Rojo	2	100 ($\times 10^2$)	
	Naranja	3	1000 ($\times 10^3$)	
	Amarillo	4	10000 ($\times 10^4$)	
	Verde	5	100000 ($\times 10^5$)	
	Azul	6	1000000 ($\times 10^6$)	
	Violeta	7	10000000 ($\times 10^7$)	
	Gris	8	100000000 ($\times 10^8$)	
	Blanco	9	1000000000 ($\times 10^9$)	
	Marrón o nulo			1%
	Dorado		0.1 ($\times 10^{-1}$)	5%
	Plata			10%

Esto nos da para el ejemplo de la fig. 1 los siguientes valores

- 1° banda = amarillo = **4**
- 2° banda = violeta = **7**
- 3° banda = rojo = **100**
- 4° banda = dorado = **5%**

es decir: 47 por 100 = **4700** Ohms o vulgarmente **4.7kΩ** con un 5% de tolerancia o error.

IX. BIBLIOGRAFÍA

SISTMAS DE MEDICIÓN (Principios y aplicación)

BENTLEY, JOHN P.

2ª Edición

Ed. CECSA

México. D.F. 1993

PRACTICAS DE FISICA GENERAL

FERNANDEZ MORENO F.

Ed. ALHAMBRA

Madrid, 1984.

SISTEMA DE UNIDADES FISICAS

GALAN GARCIA, JOSE LUIS

Ed. REVERTE

España, 1987.

PRICIPIOS DE ELECTRONICA

MALVINO, ALBRET PAUL

6ª edición.

Ed MCGRAW – HILL

México, D.F. 1999

ELECTRICIDAD BASICA

VALKENBURGH, VAN

Ed. CECSA

México, D. F. 1995

CORRIENTES, CAMPOS Y PARTICULAS

BITTER, FRANCIS

Ed. REVERTE.

México, D. F. 1964

PRACTICAS DE LECTRONICA

ZBAR, PAUL B.

3ª edición

Ed. MARCOMBO

Barcelona, 1988

TECNICAS BASICAS DE ELECTRONICA

ARNAU VIVES, ANTONIO

Universidad Politécnica de Valencia

México, D. F. 1989

PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD

HARNWELL GAYLOR P.

Ed. MCGRAW – HILL

México, D. F. 1961

ELECTRONICA BASICA

VALKENBURGH, VAN

Ed. CECSA

México, D. F. 1989