

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LOS LABORATORIOS DE CIRCUITO:
ELÉCTRICOS 1 Y 2 UTILIZANDO UN SIMULADOR DE CIRCUITOS EN
COMPUTADORA**

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ROBERTO ANTONIO BARRERA MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1,996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

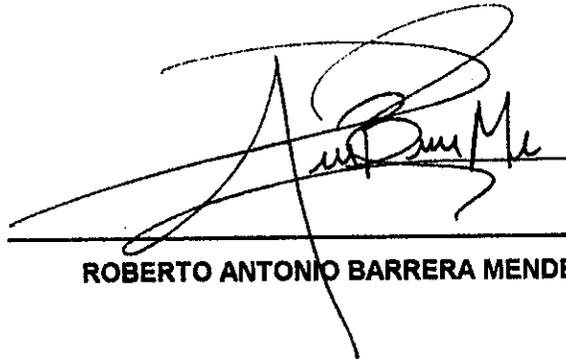
08
T(3864)
CA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

IMPLEMENTACION DE LAS PRACTICAS DE LOS LABORATORIOS DE CIRCUITOS ELECTRICOS 1 Y 2 UTILIZANDO EN SIMULADOR DE CIRCUITOS EN COMPUTADORA

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.



ROBERTO ANTONIO BARRERA MENDEZ.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZÁLEZ PODSZUECK.
VOCAL 1ro.	ING. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ GUERRA
VOCAL 2do.	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL 3ro.	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRÍA MÉNDEZ
VOCAL 4to.	Br. FERNANDO WALDEMAR DE LEÓN CONTRERAS
VOCAL 5to.	Br. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ LÓPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZÁLEZ PODSZUECK.
EXAMINADOR	ING. GUSTAVO BENIGNO OROZCO GODÍNEZ
EXAMINADOR	ING. CARLOS FERNANDO RODAS
EXAMINADOR	ING. JACOBO ESTUARDO PONCE CHAVARRIA
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ LÓPEZ.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Guatemala, 21 de octubre de 1,996

Ing. José Luis Herrera Gálvez
Coordinador Area de Electrotecnia
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimado Ingeniero Herrera.

Habiendo asesorado al señor Roberto Antonio Barrera Méndez, en el trabajo de tesis titulado: Implementación de las prácticas de los Laboratorios de Circuitos Eléctricos I y II utilizando un simulador de circuitos en computadora y llenando ésta los objetivos trazados, extiendo la aprobación de la misma.

Por lo tanto, el autor de esta tesis y, yo, como su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Sin otro particular, me es grato suscribirme, atentamente.

Ing. Francisco Javier González López
ASESOR

FJGL/sdem.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 25 de octubre de 1,996

Señor Director
Ing. Edgar F. Montúfar Urizar
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

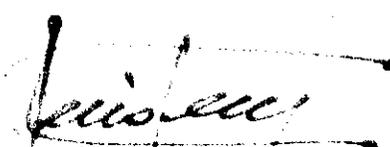
Señor Director.

Me permito dar aprobación al trabajo de tesis titulado:
Implementación de las prácticas de los Laboratorios de Circuitos
Eléctricos I y II utilizando un simulador de circuitos en computadora,
realizado por el señor Roberto Antonio Barrera Méndez, ya que considero
que cumple con los objetivos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Luis Herrera Gálvez
Coordinador Area de Electrotecnia

JLHG/sdem.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

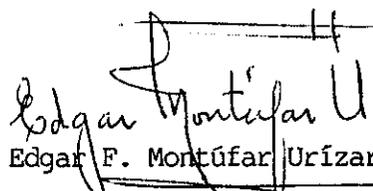


FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de tesis del estudiante Roberto Antonio Barrera Méndez, titulada: Implementación de las prácticas de los Laboratorios de Circuitos Eléctricos I y II utilizando un simulador de circuitos en computadora, procede a la autorización del mismo.


Ing. Edgar F. Montúfar Urizar
Director



Guatemala, 30 de octubre de 1,996

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de tesis: **Implementación de las prácticas de los Laboratorios de Circuitos Eléctricos I y II utilizando un simulador de circuitos en computadora**, del estudiante **Roberto Antonio Barrera Méndez**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck

Decano

Guatemala, 31 de octubre de 1,996.



ACTO QUE DEDICO

- A :
- DIOS
Porque Jehová da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia. Proverbios 2:6.
- GUATEMALA
Tierra bendita por Dios , que me inspira a la vida y al sacrificio para lograr mis anhelos y sueños.
- MI MADRE
Adelsa Méndez viuda de Barrera.
Como un pequeño tributo a su esfuerzo, dedicación y amor.
- LA MEMORIA DE MI PADRE
Rodolfo A. Barrera Sarceño.
Por los recuerdos hermosos que guardo de él.
- MI ESPOSA
Ilka A. López Catalán.
Por su amor , paciencia y apoyo en todo.
- MI BEBE
Que me inspira a dar lo mejor de mí , y a él le brindo este triunfo.
- MIS HERMANAS:
Maribel , Rubilia , Victoria , María Elena.
Por el amor y apoyo.
- MI PASTOR
Saúl Madrid.
Por sus consejos , oraciones y palabras de aliento.
- MIS FAMILIARES
Con todo cariño , en especial , a mi tío **Israel Barrera Sarceño** porque siempre he encontrado apoyo y palabras de aliento en él , cuando más lo necesito.
- MIS SUEGROS
Alfredo López y María Inéz Catalán.
Por su afecto y confianza.
- MIS CUÑADOS
Olinda, Nora, Edgar, Dario, Jorge, Fredy.
Con mucho aprecio.
- MIS HERMANOS EN JESUCRISTO
Porque esta meta es para la gloria de Dios.

AGRADECIMIENTOS

A:

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por el torrente de conocimientos recibidos en sus aulas , y la oportunidad de superación que me brinda.

MI ESPOSA ILKA

Por su apoyo para la realización de este trabajo de tesis.

Ing. JOSE LUIS HERRERA GALVEZ

Por su amistad , confianza y apoyo.

Ing. FRANCISCO GONZALEZ LOPEZ

Por su amistad y asesoría en este trabajo de tesis.

SAE/SAP.

Por la oportunidad de realizar las prácticas de circuitos eléctricos¹ y ² en computadora , mejorando así la enseñanza de la ingeniería eléctrica en la USAC.

Dr. LEONEL MORALES , WILLY , RITA , DORITA.

Por su amistad y ayuda.

Ing. LUIS ARTURO GONZALEZ LOPEZ.

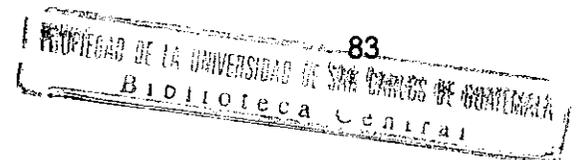
Por su amistad y orientación.

TODAS LAS PERSONAS QUE CON SU ESTIMULO Y COLABORACION , ME AYUDARON A ALCANZAR ESTA META.

INDICE

PAGINA.

- **INTRODUCCION.**
- **CAPITULO 1: EL SIMULADOR ELECTRONICS WORKBENCH Y LAS COMPUTADORAS PERSONALES PC'S.**
 - 1.1 Notas sobre las computadoras personales. 1
 - 1.2 Requerimientos de la PC para correr el simulador EWB. 13
 - 1.3 Dibujo de un circuito en pantalla. 15
 - 1.4 Cambiando los valores de los elementos de circuito. 19
 - 1.5 Medición de Resistencia , Voltaje y Corriente. 23
 - 1.6 Uso del Osciloscopio. 27
 - 1.7 Uso del Generador de Señales. 29a
- **CAPITULO 2: SIMULACIONES DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRICOS 1.**
 - 2.1 Ley de Ohm y leyes de Kirchoff en circuitos resistivos DC. 30
 - 2.2 Circuitos resistivos DC mixtos. 33
 - 2.3 Conversiones Y - Δ y Δ - Y. 34
 - 2.4 Teoremas fundamentales en circuitos eléctricos. 37
 - 2.5 Medición de parámetros de señales de AC. 45
 - 2.6 Respuesta de circuitos RC, RL, y RLC a AC. 48
 - 2.7 Resonancia en serie. 55
 - 2.8 Factor de Potencia. 56
 - 2.9 Sistemas trifásicos. 57
- **CAPITULO 3: SIMULACIONES DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRICOS 2.**
 - 3.1 Marcas de polaridad en transformadores. 61
 - 3.2 Condiciones iniciales en circuitos RC y RL. 63
 - 3.3 Polos y Ceros. 67
 - 3.4 Parámetros de entrada, salida y transferencia de un circuito de dos puertos. 69
 - 3.5 Parámetros de líneas de transmisión. 72
 - 3.6 Filtros eléctricos pasivos. 74
 - 3.7 Series de Fourier. 78
- **CONCLUSIONES.** 81
- **RECOMENDACIONES.** 82
- **BIBLIOGRAFIA.** 83



INTRODUCCION

Las computadoras personales o PC'S , en la actualidad , están modificando y acelerando el desarrollo científico y tecnológico de la humanidad , especialmente , en lo relacionado con la información.

En este trabajo de tesis , se presenta un programa utilizado para la simulación de circuitos eléctricos y electrónicos , llamado ELECTRONICS WORKBENCH (EWB) con el cual el usuario del mismo puede dibujar en la pantalla de su PC en forma rápida ,cualquier circuito para su simulación , con resultados verdaderamente sorprendentes.

El usuario podrá hacer las modificaciones necesarias al circuito , ya que el simulador cuenta con un número ilimitado de dispositivos y con los valores que se desean , así como , aparatos de medición con los cuales se obtienen resultados exactos , incluso , se pueden poner restricciones para que estos resultados sean más parecidos a la realidad.

El trabajo de tesis se orientó a que el usuario conozca algunos de los aspectos más importantes de una computadora , así como también , un instructivo para que se familiarice con el simulador EWB y lo pueda utilizar rápidamente (**capítulo 1**) . También se desarrollan las simulaciones de las prácticas del laboratorio de circuitos eléctricos 1 en el **capítulo 2** , y la simulación de las prácticas del laboratorio de circuitos eléctricos 2 en el **capítulo 3**.

La enseñanza de la ingeniería , en la actualidad , requiere de métodos más directos y rápidos ya que la tecnología avanza rápidamente , lo cual hace necesario el uso de la simulación , para así , comprobar los postulados de vanguardia , muchos de los cuales no se pueden comprobar , directamente , con equipo común por las limitaciones del mismo. La computadora proporciona las herramientas necesarias para hacer frente a la investigación acelerada en la que se vive.

Con este trabajo se pretende proporcionar a los estudiantes del fenómeno de la electricidad , y las aplicaciones de éste a la tecnología , una herramienta alternativa a través de la cual adquiera los conceptos básicos que le permitan analizar y diseñar un circuito para una aplicación posterior.

CAPITULO 1

**EL SIMULADOR ELECTRONIC WORKBENCH
Y LAS
COMPUTADORAS PERSONALES (PC ´ S)**

1.1 Notas sobre las computadoras personales

1.1.1 OPERACIÓN DE LA COMPUTADORA PERSONAL

Una computadora personal o PC está formada por un conjunto de dispositivos electrónicos (Hardware) y una serie de programas (Software) que es necesario conocer para obtener los beneficios de que se disponen con estas máquinas.

- COMPONENTES BÁSICOS DE UNA PC CON CPU VERTICAL

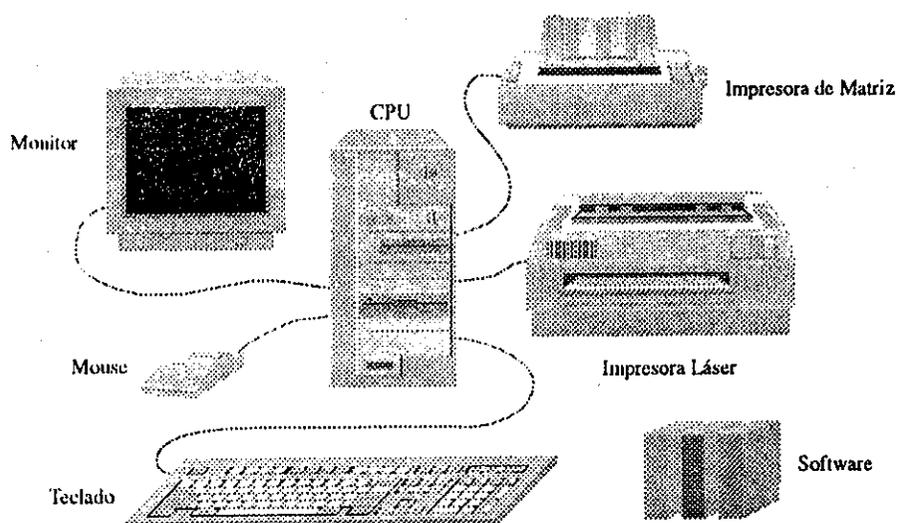


Fig. 1-1 Componentes del CPU vertical.

- COMPONENTES BÁSICOS DE UNA PC CON CPU HORIZONTAL

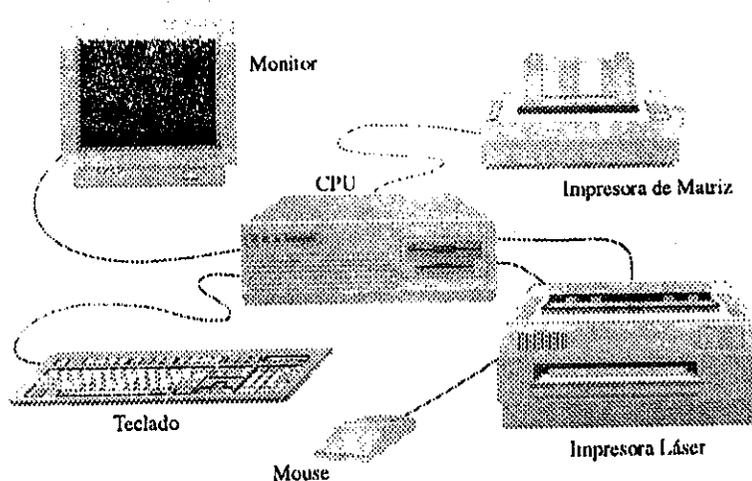


Fig. 1-2 Componentes del CPU horizontal.

1.1.2. LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESO O CPU

Este es el dispositivo de mayor importancia , se le llama , corrientemente , CPU por su nombre en ingles *Central Procces Unit*. Está compuesto por diferentes elementos electrónicos entre los que destaca por su importancia , en la parte exterior , por enfrente : *las unidades de disco y el panel de control* . Los conectores de dispositivos periféricos por la parte de atrás. En el interior de la CPU se encuentra otro conjunto de elementos electrónicos que permiten llevar a cabo el trabajo de la computadora , los dos más importantes son: **el microprocesador y la memoria principal (RAM)**. Todos los componentes electrónicos de la CPU se colocan en una caja de metal que los protege , llamada **Case**. Un error común es llamar CPU al Case que reúne a los componentes electrónicos de la computadora , en realidad el CPU es el microprocesador .

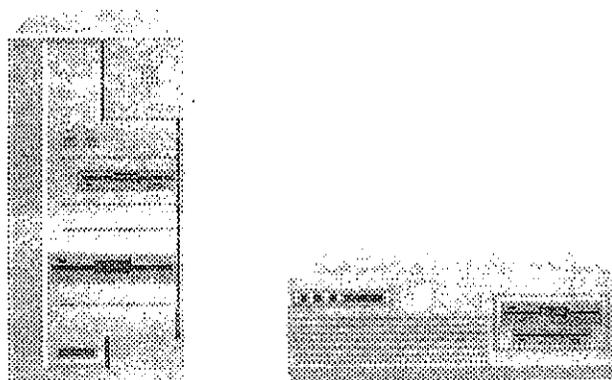


Fig. 1-3 CPU horizontal y vertical.

1.1.3. UNIDADES DE DISCO

Las unidades de disco llevan a cabo la función de *almacenaje, lectura de datos y programas* sobre medios magnéticos como los discos duros y discos flexibles (diskettes).

Una PC , generalmente , tiene instaladas unidades de disco duro y unidades de disco flexible a la vez. La diferencia principal entre una y otra es la capacidad de almacenar información. El disco duro tiene mayor capacidad que los discos flexibles.

Otra diferencia importante consiste en que los discos duros , por lo general , son fijos están instalados dentro del Case y no están disponibles para el usuario. Por el contrario , las unidades de disco flexible permiten utilizar la cantidad de discos que sean necesarios , ya que éstos son removibles.

- **Unidad de diskette.** Llamada también *disk driver* , permite grabar y leer información de los diskettes. En su parte interna está compuesta por mecanismos electrónicos , un motor que hace girar el diskette y una cabeza de lectura y grabación entre otros componentes.

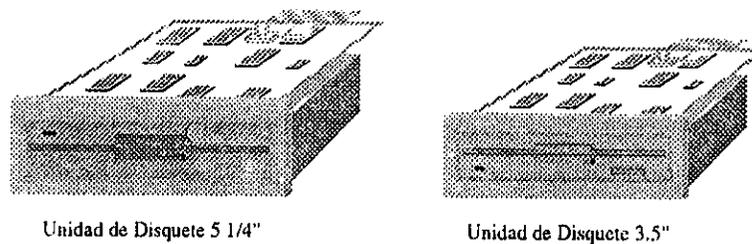


Fig. 1-4 Unidades de disco.

- **El diskette.** Entre los medios de almacenaje que son más populares se encuentra el diskette, también conocido como diskette, disco flexible, simplemente disco o floppy disk. Está formado por dos partes: *la funda* y *el disco magnético*. La funda sirve de protección y, como es obvio, en el disco magnético se graban los datos y ordenes. Para grabar y acceder a la información el disco magnético está organizado en *pistas* y *sectores*. Las pistas son una serie de divisiones concéntricas que, generalmente, están numeradas del borde exterior hacia el centro. Los sectores dividen a cada pista en varios elementos y en cada sector se almacena cierta cantidad de información.

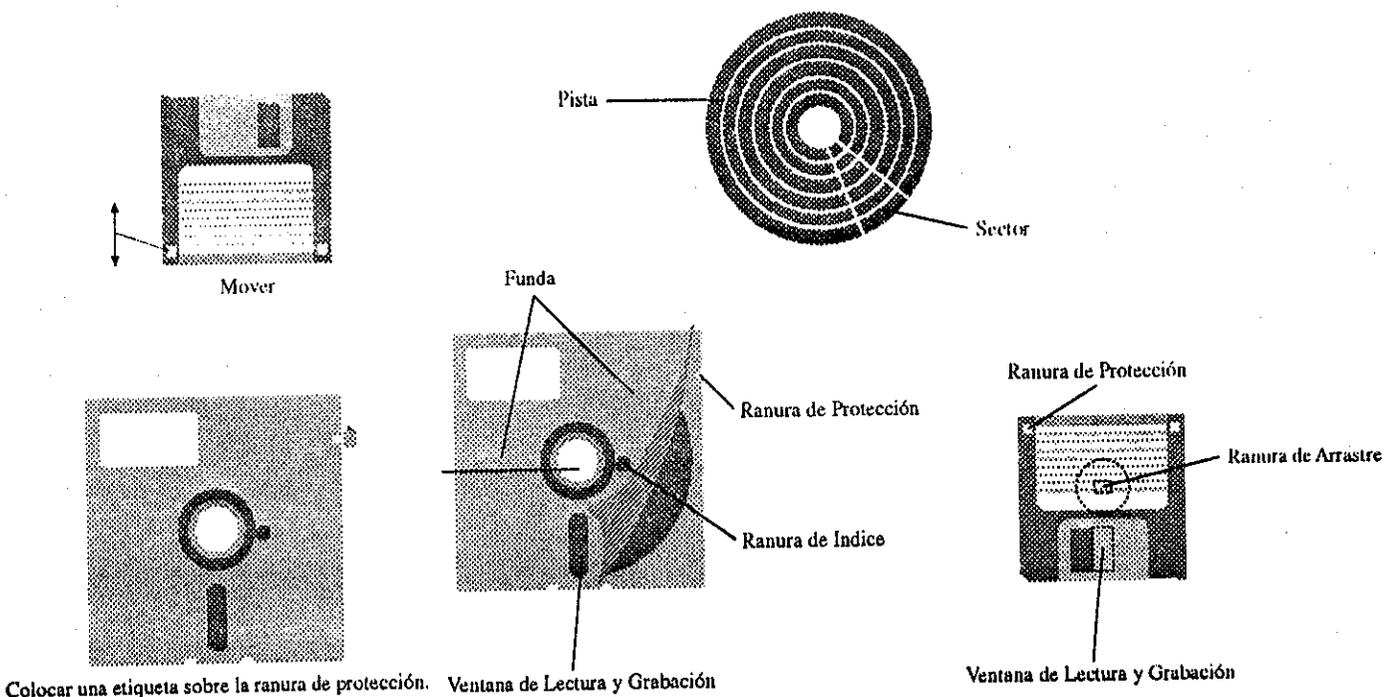
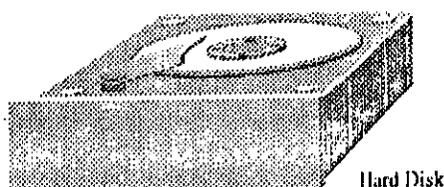
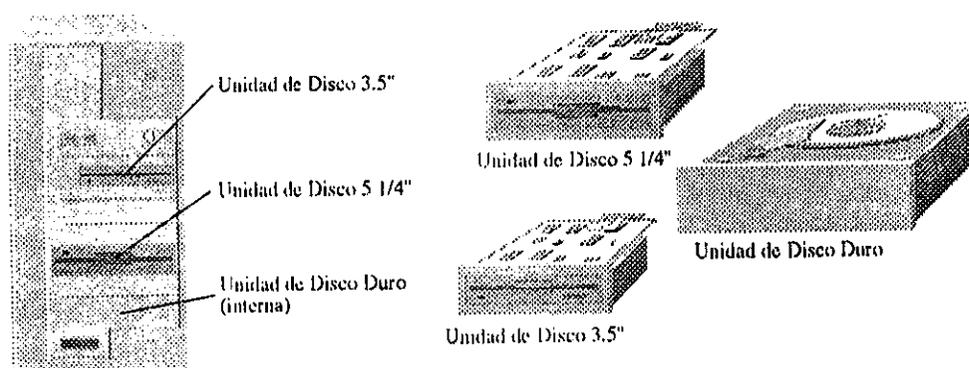


Fig. 1-5 Los diskettes.

- **Unidad de disco duro.** El disco duro o *hard disk* se ha convertido en un elemento indispensable para almacenar y procesar la información , ya que los programas nuevos ocupan grandes cantidades de memoria. La función y estructura del disco duro es similar a la de un diskette , guarda datos y órdenes. Está dividido en pistas y sectores. La cantidad de información que se puede guardar en un disco duro es muy superior a la de un diskette y , además , la rapidez de lectura y grabación de datos es superior.



(a)



(b)

Fig. 1-6 (a) disco duro. (b) ubicación en el case.

1.1.4. EL PANEL DE CONTROL

El panel de control está formado por todos los elementos que se observan por la parte de enfrente del Case.

Normalmente , se encuentra el botón de encendido , y apagado, botón de Turbo que permite cambiar la velocidad en que trabajará la computadora y el botón de Reset que permite realizar lo que se llama un *arranque en caliente* (consiste en un corte y restauración de la energía eléctrica a la PC sin llegar al estado de apagado total ; otra forma de realizar el arranque en caliente es mantener presionadas las teclas CTRL y ALT , luego presionar , suavemente , una sola vez la tecla DEL). Pueden aparecer , además , algunos indicadores luminosos que informan si el equipo está encendido, si se está utilizando la velocidad en turbo , si se está utilizando el disco duro , un display que indica la velocidad del proceso en Mega Hertz (millones de ciclos por segundo). Otro componente del panel de control puede ser una cerradura para obstruir el funcionamiento del teclado.

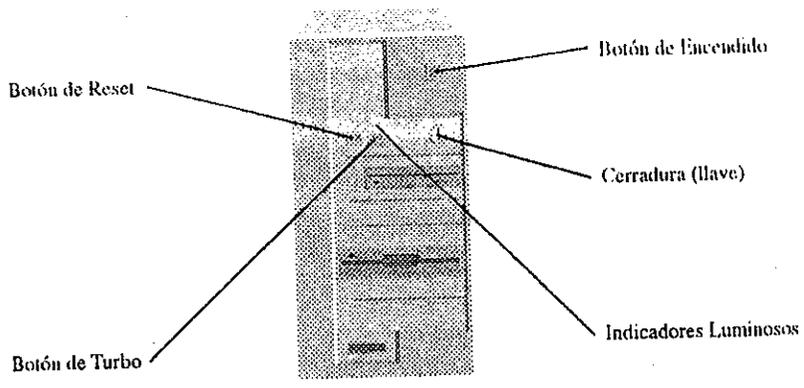
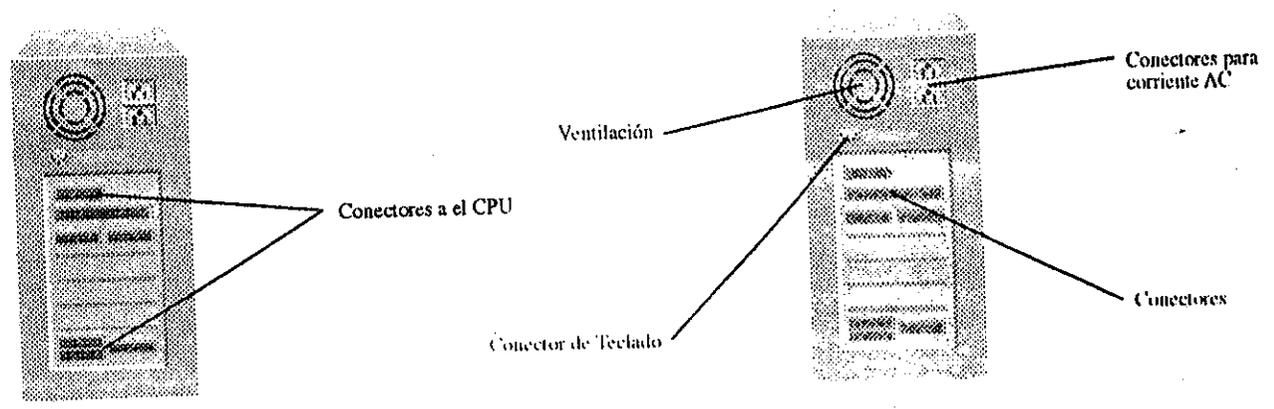


Fig. 1-7 Panel de control.

1.1.5. CONECTORES DE DISPOSITIVOS PERIFÉRICOS

En la parte de atrás del Case se encuentra una serie de conectores que permite conectar dispositivos periféricos como lo son : el teclado , el monitor , la impresora , etc. Los conectores pueden ser , del tipo hembra o macho , en otras palabras, con pines para conectar , ó , agujeros donde conectar los pines.



(a)



(b)

Fig. 1-8 (a) ubicación de los conectores para periféricos en el case, (b) forma de los conectores.

1.1.6. EL MICROPROCESADOR

En la parte interna del Case se encuentra la *Mother board* (tarjeta madre) en la que se ubica el microprocesador y es el cerebro de la PC , este determina la velocidad y capacidad de la memoria a utilizar para procesar la información. El microprocesador se identifica con un código especial , por ejemplo : 386sx , 386dx , 486dx o algo similar que indica la generación de la PC y el grado de inteligencia del mismo ; Entiéndase inteligencia como la capacidad para ejecutar una orden , por ejemplo : la cantidad de pasos para resolver la multiplicación de dos números.

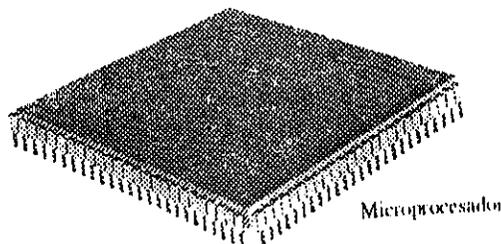


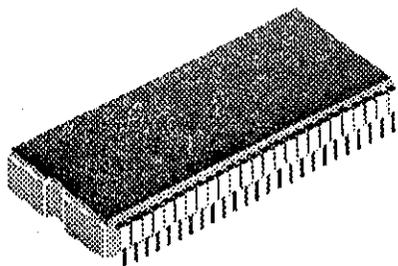
Fig. 1-9 Microprocesador.

1.1.7. MEMORIA RAM

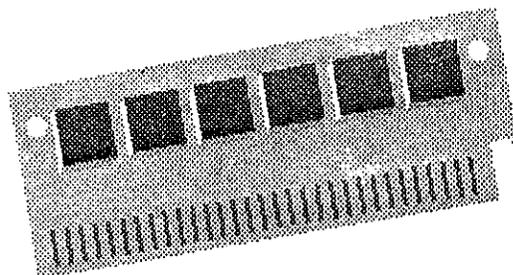
Llamada también *área de trabajo*. Es el lugar donde se almacenan las órdenes y datos mientras se lleva a cabo el procesamiento. Esta área funciona solamente al estar encendida la computadora (es volátil). Al apagar la PC las órdenes y datos se borran.

El nombre se deriva de su nombre en inglés **Random Access Memory** que , literalmente, significa **Memoria de Acceso al Azar**.

La memoria RAM se guarda en una serie de chips (nombre común de los circuitos integrados) , cada chip tiene determinada capacidad de almacenaje que en conjunto forman un banco de memoria y se encuentran en el mercado en reglas conocidas como **SIMMS** (Single Inline Memory Module).



(a)



(b)

Simms de Memoria

Fig. 1-10 (a) chip de memoria RAM ,(b) banco de memoria RAM.

1.1.8. EL MONITOR

A través de este dispositivo se puede observar la información que se ingresa a la PC , así como los resultados que se obtienen después de su proceso.

El monitor y la interfase de video permiten transformar las señales de video que vienen del CPU , en imágenes sobre la pantalla.

El tipo de interfase que se utilice determina el tipo de monitor a utilizar , así como la resolución y el color de las imágenes visualizadas.

La resolución se refiere al número de puntos o **Pixeles** que se pueden visualizar en la pantalla. Estos puntos son elementos independientes que pueden encenderse o apagarse , así como tornarse en un determinado color. A un mayor número de puntos en un monitor se obtienen mejores imágenes.

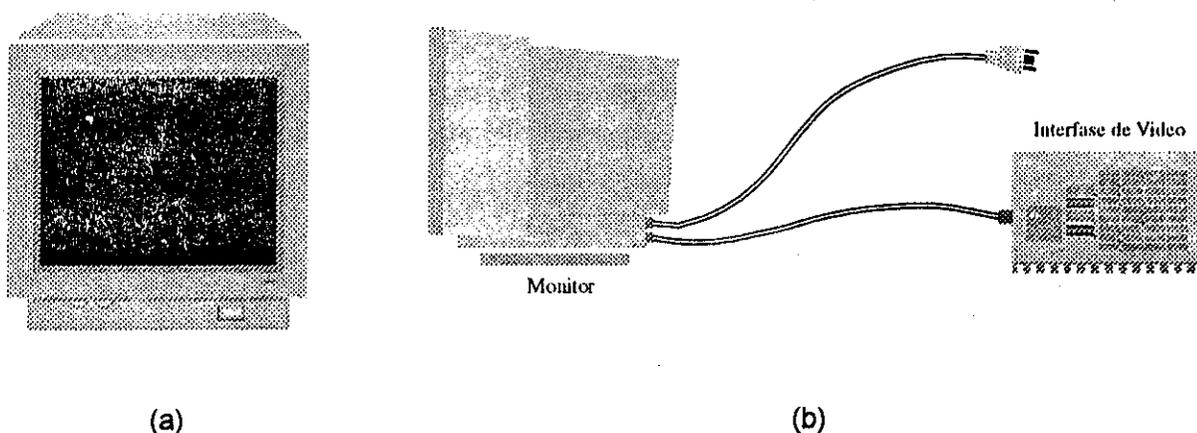
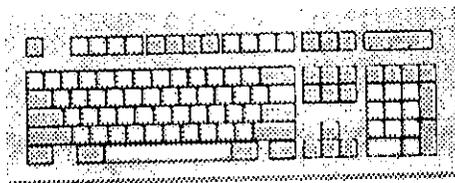


Fig. 1-11 (a) monitor de frente, (b) interfase de video del monitor.

1.1.9. EL TECLADO

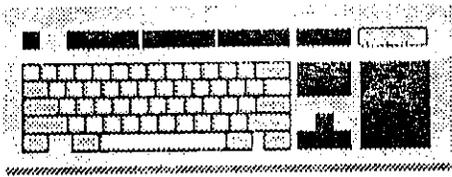
Permite suministrar órdenes e información a la PC. Es muy similar en su configuración a una máquina de escribir y una sumadora de escritorio en un solo panel.

El teclado está formado por tres grupos de teclas, el alfanumérico, el numérico y el de las teclas de control.

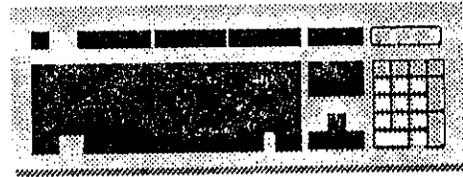


(a)

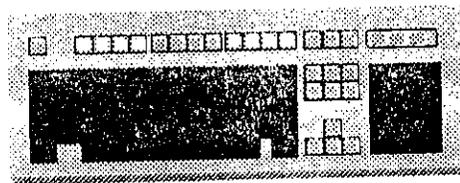
- **Grupo de teclas Alfanuméricas.** Se localizan en la sección central del teclado y su presentación es muy parecido al teclado de una máquina de escribir. A través de estas teclas se ingresan a la PC datos y órdenes.
- **Grupo del teclado Numérico.** Se localiza al lado derecho del panel y es utilizado para cálculos aritméticos o ingreso de datos. Este grupo incluye funciones de movimiento del cursor y edición de texto las cuales son accesibles a través del uso de la tecla NUMLOCK. Con esta tecla se elige entre la función numérica o funciones especiales.
- **Grupo de teclas de control.** Son teclas diseñadas para ejecutar funciones especiales.



(b)



(c)

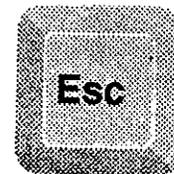


(d)

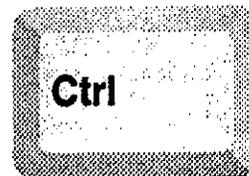
Fig. 1-12 (a) teclado, (b) teclas alfanuméricas, (c) teclas numéricas y (d) teclas de control.

EXPLICACIÓN DEL USO DE ALGUNAS TECLAS IMPORTANTES

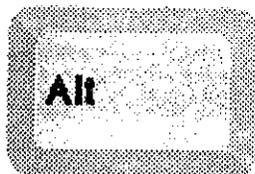
- **Esc. (Escapar)** En el sistema operativo esta tecla es utilizada para anular una orden recién escrita. En otros programas es utilizada para salir de una aplicación ó retornar al menú principal.



- **Ctrl. (Control)** Se emplea para ejecutar una función u orden desde el teclado, Ctrl es utilizada en combinación con otra tecla a la vez. Para ingresar una orden mantenga presionada la tecla mientras pulsa la segunda tecla.



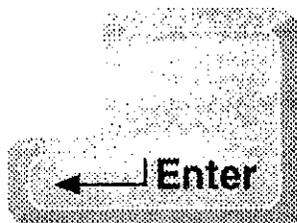
- **Alt.** Su uso es muy similar al de la tecla Ctrl. Para ejecutar órdenes se mantiene presionada esta tecla mientras se pulsa una segunda tecla.



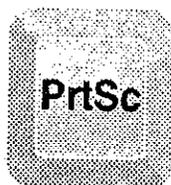
- **Back Space.** (Retornando un espacio) Con esta tecla se borran caracteres a la izquierda del cursor. Es utilizada generalmente para corrección en el ingreso de letras y/o números en textos.



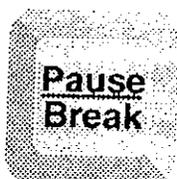
- **Enter.** (Ingresar) Mueve el cursor de la posición que ocupa al inicio de la siguiente línea. También es utilizada para indicar que se debe ejecutar una orden luego de ser escrita.



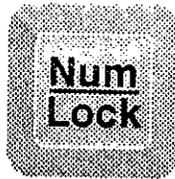
- **PrtSc.** (Print Screen) Es utilizada para dar la orden de imprimir lo que se observa en la pantalla. Para utilizar esta tecla se debe tener conectada una impresora a la PC.



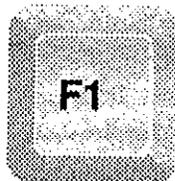
- **Pause/Break.** (Pausa/Cortar) Al presionar esta tecla se detendrá la ejecución de cualquier tarea. Para reiniciar la tarea detenida se presiona cualquier tecla.



- **Num/Lock.** Es utilizada para activar o desactivar las funciones especiales del teclado numérico. Para utilizar los números nuevamente , presione Num/Lock y se encenderá el indicador respectivo en la parte superior derecha del teclado.



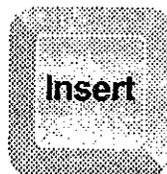
- **F1,F2,F3... Teclas de funciones Programables.** La función de estas teclas esta definida por el programa en uso , lo que significa que para cada programa tienen aplicación diferente.



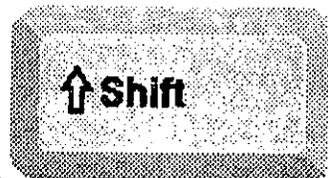
- **Del. (Eliminar)** Permite borrar caracteres a la derecha del cursor.



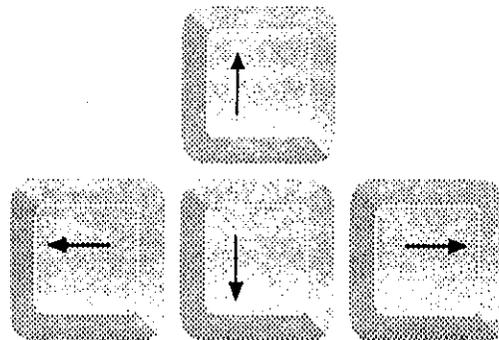
- **Insert. (Insertar)** Enciende y apaga la función de insertar caracteres.



- **Shift. (Cambio)** Utilizada para ingresar una letra inicial mayúscula.



- **Flechas de movimiento del cursor.** Estas teclas son programables , generalmente , se utilizan para mover el cursor en las direcciones que indica la flecha sobre la tecla.

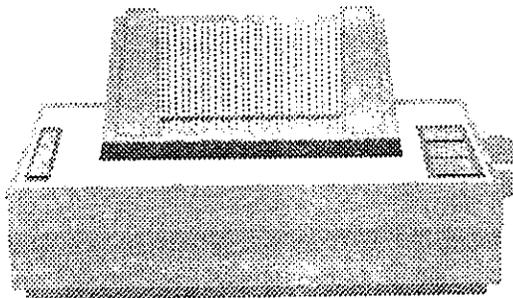


1.1.20. LA IMPRESORA

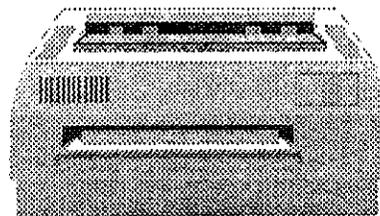
Es el medio típico para obtener resultados impresos en papel , por lo que es uno de los periféricos más importantes de la PC.

La tecnología actual brinda muchas opciones , pero , lo que se debe evaluar al escoger una impresora es la *velocidad* , *capacidad de impresión de caracteres por línea* y el *método de impresión*.

- **Velocidad:** en equipos convencionales la velocidad puede variar entre 180 y 300 caracteres por segundo.
- **Capacidad de impresión por línea:** de esta característica depende utilizar papel de 8.5 ó 13 pulgadas de ancho.
- **Método de Impresión**
 - **Matricial.** Es el método más popular, imprime el impacto de un juego de pines sobre una cinta entintada.
 - **Láser.** Es el mejor de los métodos en cuanto a calidad y resolución , utiliza un sistema electrostático similar a una fotocopiadora. La diferencia con los otros métodos es que utiliza cierta cantidad de memoria para manipular y procesar la información a imprimir.
 - **Burbuja o tinta.** Imprime a través de un chorro de pequeñísimas gotas de tinta que impulsa por medio de un cañón especial.
 - **Térmica.** Es el método menos utilizado , imprime a través de calor sobre papel sensible.



(a)



Impresora Láser

(b)

Fig. 1-13 Impresoras (a) matricial (b) láser.

USAC 1.1.21. EL RATÓN

Es un excelente ayudante para dar órdenes a la PC en lugar del teclado. Esto se logra a través de una señal sobre la pantalla llamada **Puntero** con la que se puede indicar lo que se desea hacer. También es muy utilizado en el trazo de dibujos.



Fig. 1-14 El ratón (mouse).

1.1.22. EL SOFTWARE

Se refiere al conjunto de programas que permiten obtener de la PC múltiples y variadas aplicaciones ; Entre los mas importantes programas se tiene:

- **Sistema operativo.** Es quizá el más importante , porque sin éste no se podría encender la PC ni trabajar en ella . Ejemplos de sistemas operativos son MS-DOS y WINDOWS.
- **Procesadores de palabras.** Con estos programas se puede escribir cualquier tipo de documentos utilizando la PC como una máquina de escribir . Ejemplos de procesadores de palabras son WordPerfect , Professional Write , Works , etc.
- **Hojas electrónicas.** Son programas utilizados para resolver problemas estadísticos o de tipo contable . Ejemplos de hojas electrónicas son LOTUS 123 , QUATTRO , EXCEL.
- **Bases de datos.** Programas especializados para almacenar , procesar y manipular grandes cantidades de información sobre nominas de empleados , inventarios , etc. Entre las bases de datos más populares están dBASE IV , FOXBASE , FOXPRO , etc.
- **Lenguajes de programación.** Son programas especiales para los programadores que les dan aplicaciones personalizadas . Ejemplos de estos programas son PASCAL , BASIC , COBOL , FORTRAN.
- **Utilitarios.** Son programas que facilitan la operación de la PC . Ejemplos son los Antivirus.

1.2 Requerimientos de la PC para correr el simulador Electronics WorkBench (EWB).

El simulador EWB versión 3 fue creado por la empresa *INTERACTIVE IMAGE TECHNOLOGIES LTD* ; El principal objetivo de este simulador es proporcionar al usuario del mismo , un laboratorio de electrónica completo en su computadora personal y así efectuar prácticas de aprendizaje , diseño o simplemente entretenimiento con resultados verdaderamente sorprendentes .

El simulador consta de dos partes ; *simulación de circuitos analógicos y simulación de circuitos digitales.*

Debido a la naturaleza de este trabajo de tesis solamente se trabajará con la parte del programa que simula circuitos analógicos.

1.2.1. REQUISITOS DEL MICROPROCESADOR

Para instalar y correr el simulador EWB en una computadora personal ésta debe ser de las generaciones de microprocesador 386 , 486 , 586 o más.

La generación del microprocesador indica la cantidad de información que se puede procesar y , además , la rapidez con que se hace el proceso , así como , también la inteligencia del proceso , entendiéndose como inteligencia la capacidad de ejecutar una orden con el mínimo número de pasos ; por ejemplo : el número de pasos que necesita efectuar el microprocesador para efectuar la suma de dos números.

1.2.2. REQUISITO DE MEMORIA RAM

La memoria RAM o memoria principal es el lugar donde la información se almacena mientras se efectúa el proceso en la PC , al terminar una sección de trabajo , tanto la información como las órdenes allí guardadas se pierden.

El simulador EWB puede utilizarse con un mínimo de **4 Mega Bytes de memoria RAM** , aunque en simulación de circuitos muy complejos , en pantalla aparecerá en una ventana un mensaje indicando que existe muy poca memoria.

Si la PC tiene mayor cantidad de memoria RAM la simulación se efectuará con mayor rapidez.

1.2.3. REQUISITOS DEL MONITOR

Para obtener los mejores resultados se recomienda utilizar un monitor **VGA** (Video Graphics Array) a colores , con una resolución de 0.28 mm. Ó algún otro con mejor resolución.

1.2.4. REQUISITOS DE RATÓN

El simulador EWB a pesar de utilizar como sistema operativo MS-DOS para correr , tiene una presentación parecida a la del sistema operativo Windows (ventanas) y además , por ser un programa gráfico se necesita del ratón para realizar las simulaciones.

Antes de instalar el programa del simulador es necesario tener instalado el manejador de ratón (Mouse Driver) en el disco duro.

1.2.5. Instalación de un programa o paquete nuevo.

Esta actividad consiste en tomar el juego de discos de instalación originales o copias , y , realizar un proceso en el que se le interroga al usuario sobre las especificaciones de su PC y las condiciones en las que él desea utilizar el paquete nuevo.

Esta operación se inicia , generalmente , con un diskette que debe estar etiquetado indicando que servirá para realizar la instalación. En el caso de no contener esta información , se debe mirar el directorio de cada disco y , alguno de ellos , contendrá el archivo de instalación , sugerido por algo similar a esto:

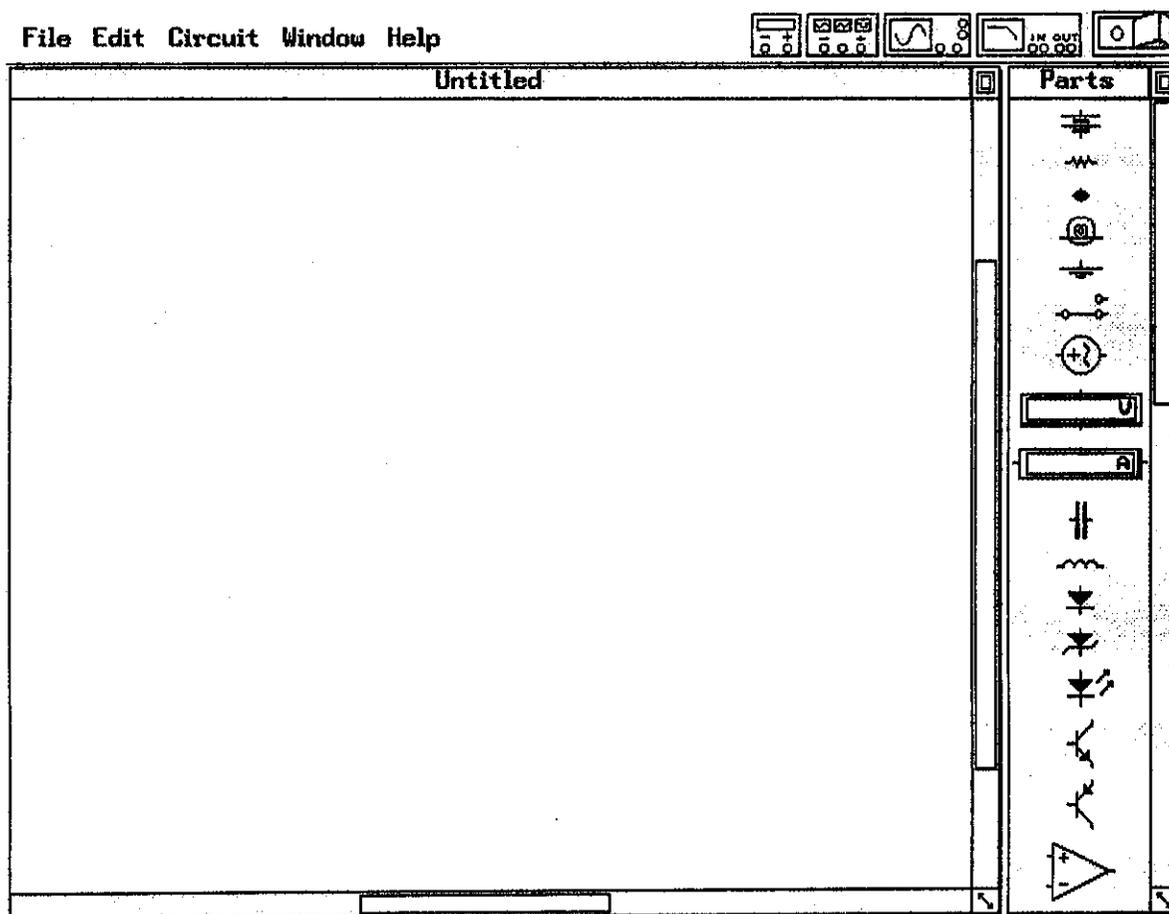
INSTALL.BAT .

Se debe recordar que para correr el simulador EWB se debe tener instalado el programa del simulador en si y el manejador de ratón o Mouse Driver.

1.3 Dibujo de un circuito en pantalla.

La presentación de la pantalla del simulador está dividida , básicamente , en tres sectores o áreas bien definidas :

- el área blanca que ocupa la mayor parte de la pantalla es el lugar en donde se dibujan los circuitos , se ajustan los dispositivos con los valores deseados para la práctica particular y se efectúan las mediciones,
- a la derecha del área blanca de trabajo se encuentra una columna celeste (columna de partes) en donde está contenido una serie de símbolos eléctricos y electrónicos de los dispositivos disponibles en el simulador para armar circuitos,
- en la parte superior de la pantalla se encuentra una fila celeste que contiene , tanto el menú de opciones como cinco figuras que representan aparatos muy útiles para efectuar las simulaciones.



(a)

Para dibujar un circuito en la pantalla se debe utilizar el ratón , al mover éste , se ve como se desplaza sobre la pantalla el **Puntero** (figura en forma de flecha o mano), el puntero se puede mover sobre toda la pantalla .

Al colocar el puntero sobre los diferentes símbolos de la columna de partes , éste cambia de una figura en forma de **flecha** a una figura en forma de **mano** , al estar el puntero en forma de mano sobre el símbolo que se desea utilizar se hace **clic** (Hacer clic significa oprimir el botón izquierdo del ratón y soltar) , y se mantiene sostenido el clic mientras se arrastra el símbolo desde la columna de partes hasta el área blanca de trabajo.

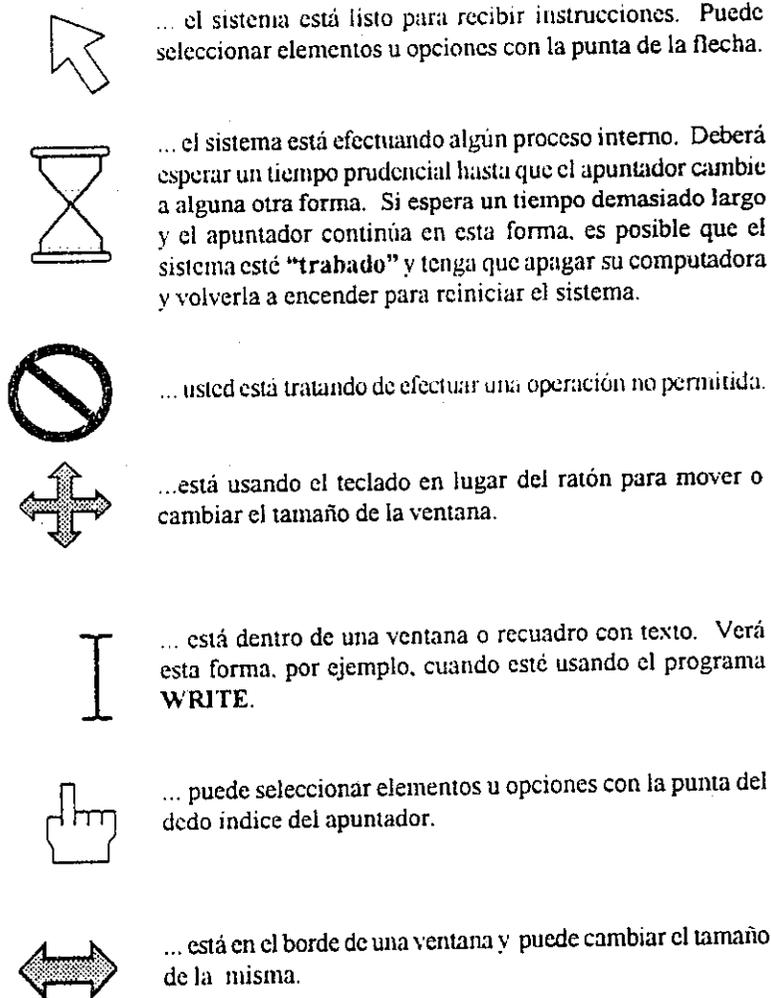


Fig. 1-15 (a) presentación de pantalla del EWB ,(b) formas en las que aparece el puntero y su significado.

Cada uno de los símbolos que se van incluyendo en el área de trabajo para completar el circuito que se está trabajando sale con alguna orientación determinada , por ejemplo :las resistencias salen en forma horizontal , según el circuito que se esté dibujando para su posterior simulación , se puede tener necesidad de colocar la resistencia en forma vertical (rotarla 90 grados) ; para lograr lo anterior existen dos formas :

- en el teclado presiónese simultáneamente las teclas CTRL y R .
- oprímase la tecla F8.

Cabe hacer la salvedad de que para rotar un elemento de circuito , éste debe estar en la pantalla de color rojo , lo que significa que se está trabajando en dicho elemento.

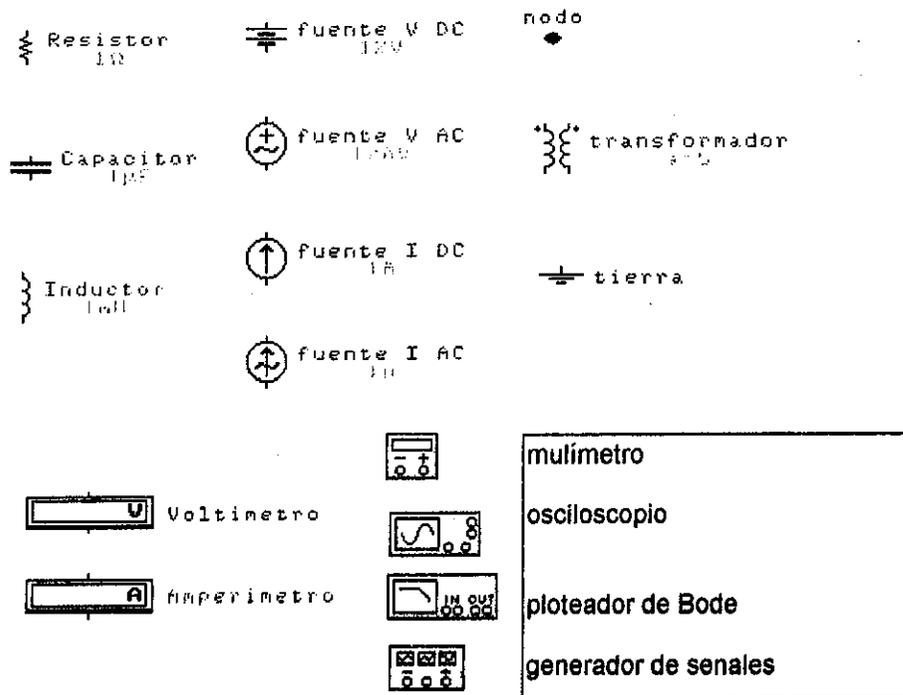


Fig. 1-16 Símbolos del EWB.

Al tener sobre la pantalla todos los elementos que forman el circuito , se procede a hacer las **conexiones** necesarias , para ello , se debe observar que cada uno de los dispositivos cuenta con sus terminales respectivas , y , los aparatos que se encuentran en la fila superior tienen sus terminales en forma de puntos (que son los bornes de los aparatos de medición).

Para conectar la terminal de un elemento con la terminal de otro elemento del circuito , se lleva el puntero hasta una de las terminales y cuando aparezca en la punta de la flecha del puntero un cuadrado negro , se hace clic , se mantiene el clic mientras se mueve el puntero hacia la otra terminal , al llegar el puntero a la terminal de destino aparece , nuevamente , el cuadrado negro ; en este momento se suelta el botón del ratón.

USAC

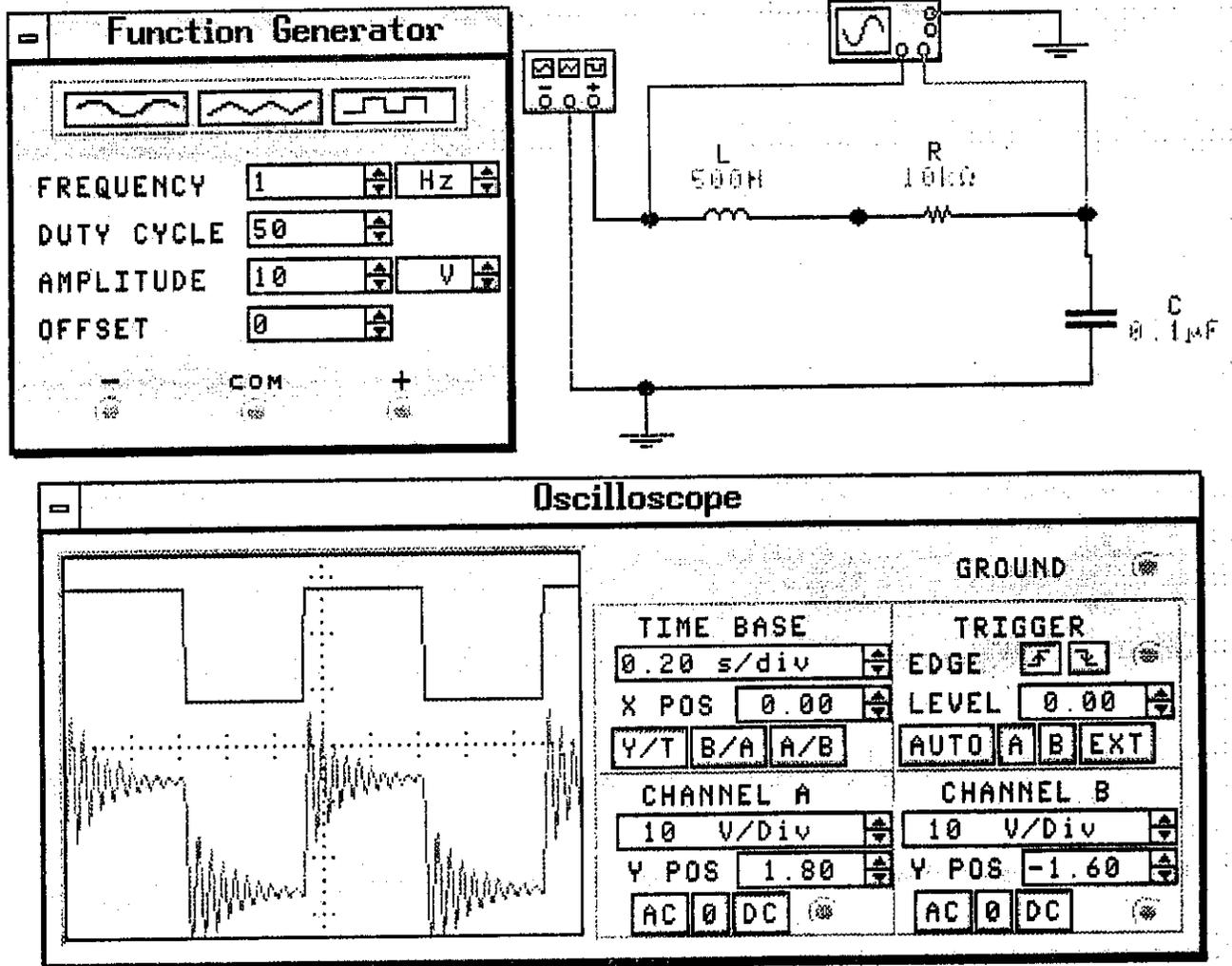


Fig. 1-17 Ejemplo de un circuito RLC alambrado ; en el osciloscopio se mira la señal en L (inferior).

USAC

1.4 Cambio en los valores de los elementos de circuito.

Para obtener los resultados correctos al simular un circuito eléctrico es necesario que todos los dispositivos que forman el circuito tengan los valores correctos , así como también los aparatos utilizados en las mediciones tengan la escala y la función correcta.

1.4.1 CAMBIO DEL VALOR EN OHMS DE UNA RESISTENCIA

Para cambiar el valor en Ohms de una resistencia se debe llevar el puntero hasta la resistencia que se debe encontrar sobre el área de trabajo , al tener el puntero en forma de mano se hace **doble clic** (presionar dos veces consecutivas el botón izquierdo del ratón) y aparecerá en pantalla una ventana de diálogo a través de la cual se le asigna el nuevo valor a la resistencia.

Para cerrar la ventana , luego de realizada la modificación , se hace clic sobre el cuadro **aceptar** o , si se quiere dejar sin efecto el cambio , se hace clic sobre el cuadro **cancelar** ; estos dos cuadros están incluidos en la ventana.

También es posible incrementar el valor de la resistencia de *Ohms* a *kilo ohms* ($K\Omega$) y a *Mega ohms* ($M\Omega$) utilizando las flechas que aparecen en la ventana de dialogo.

- $1 M\Omega = 1 \times 10^6$ Ohms
- $1 K\Omega = 1 \times 10^3$ Ohms

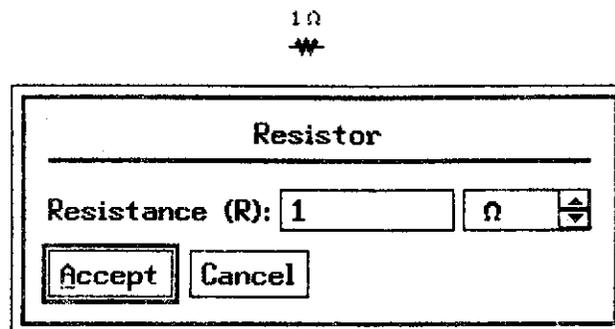


Fig. 1-18 Ventana de diálogo para una resistencia.

1.4.2 CAMBIO DEL VALOR DE UN CAPACITOR

El procedimiento para cambiarle el valor en Faradios de un capacitor es similar al utilizado para la resistencia , pero esta vez , claro está , sobre el símbolo del capacitor.

Por ser el Faradio una unidad de medida muy grande , comúnmente , son utilizados los submúltiplos *mili Faradio* (mF) , *micro Faradio* (μF) , *nano Faradio* (nF) , y el *pico Faradio* (pF).

- $1 mF = 1 \times 10^{-3}$ Faradios
- $1 \mu F = 1 \times 10^{-6}$ Faradios
- $1 nF = 1 \times 10^{-9}$ Faradios
- $1 pF = 1 \times 10^{-12}$ Faradios



Capacitor

Capacitance (C): μ F ↕

Accept Cancel

Fig. 1-19 Ventana de diálogo para el capacitor.

1.4.3 CAMBIO DEL VALOR DE UNA BOBINA

El procedimiento para cambiarle el valor en Henrrys de una bobina es el mismo utilizado para la resistencia , pero ahora sobre el símbolo de la bobina.
Los sub múltiplos mas utilizados en bobinas son el *mili Henry* (mH) , y el *micro Henry* (μ H).

- 1 mH = 1×10^{-3} Henry
- 1 μ H = 1×10^{-6} Henry

1 mH



Inductor

Inductance (L): mH ↕

Accept Cancel

Fig.1-20 Ventana de diálogo para un inductor.

1.4.4 CAMBIO DEL VALOR DE UNA FUENTE DE VOLTAJE

- **De Corriente Directa (DC)** . Este tipo de fuente es presentado por el simulador como una batería , se le puede asignar el valor en voltios haciendo doble clic sobre el símbolo de batería , lo que abrirá una ventana a través de la cual se le asigna el nuevo valor. Es posible cambiar el valor de la fuente de DC de voltios a kilovoltios (KV.) , mili voltios (mV) y micro voltios (μ V) ; para ello se utilizan las flechas que aparecen en la ventana.

- 1 kv = 1×10^3 Voltios
- 1 mV = 1×10^{-3} Voltios
- 1 μ V = 1×10^{-6} Voltios

12V

Battery

Voltage (V): kV ↕

Accept Cancel

Fig. 1-21 Ventana de diálogo para la batería.

- **DE Corriente Alterna (AC)** . Este tipo de fuente proporciona un voltaje **senoidal** con la **magnitud** (valor *eficaz* o *rms*) , **frecuencia** y **fase** seleccionadas en la ventana de dialogo correspondiente a esta fuente.

La **magnitud** del voltaje se puede seleccionar en kilo voltios (Kv.) , voltios (v) , mili voltios (mV) y micro voltios (μV) ; al igual que en la fuente de voltaje de DC (Bateria).

La **frecuencia** del voltaje se puede seleccionar en Mega Hertz (MHz) , kilo Hertz (KHz) y Hertz (Hz) .

La **fase** en grados sexagesimales es utilizada en sistemas trifásicos en donde existen tres señales desfasadas 120° sexagesimales.

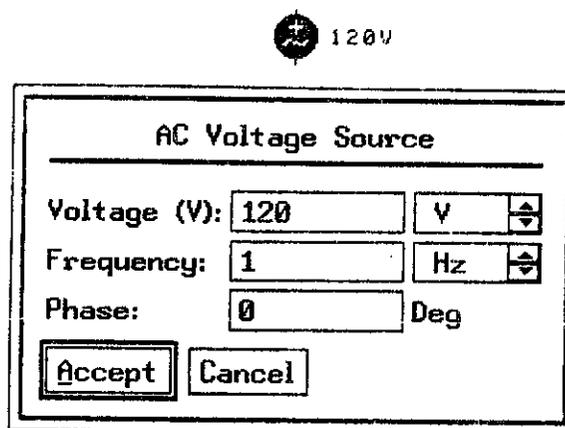


Fig. 1-22 Ventana de diálogo para la fuente de voltaje de AC.

1.4.5. Cambio del valor de una fuente de Corriente.

- **De Corriente Directa (DC)** . Haciendo doble clic sobre el símbolo de la fuente de corriente de DC , aparece la ventana de dialogo en donde se le asigna el valor en Amperios a la fuente. También es posible asignarle valores a la fuente en kilo Amperios (KA) , mili Amperios (mA) , y en micro Amperios (μA) .

- $1 \text{ KA} = 1 \times 10^3$ Amperios
- $1 \text{ mA} = 1 \times 10^{-3}$ Amperios
- $1 \mu A = 1 \times 10^{-6}$ Amperios

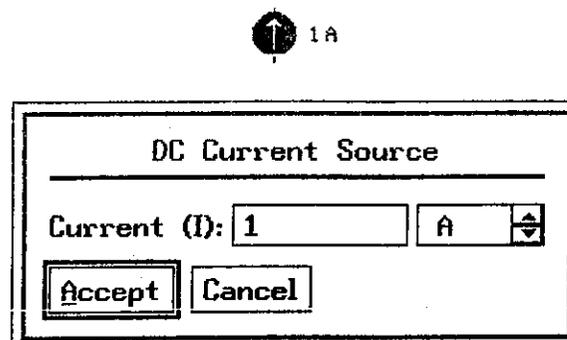


Fig. 1-23 Ventana de diálogo para la fuente de corriente de DC.

- **De Corriente Alterna (AC)** . Haciendo doble clic sobre el símbolo de la fuente de corriente de AC, aparece en pantalla la ventana de diálogo en donde se cambia el valor de la *magnitud* (valor eficaz ó rms) , *frecuencia* y *fase* de la corriente.

La **magnitud** de la corriente se puede seleccionar en Kilo Amperios , Amperios , mili Amperios y micro Amperios.

La **frecuencia** y **fase** igual que para una fuente de voltaje de AC.

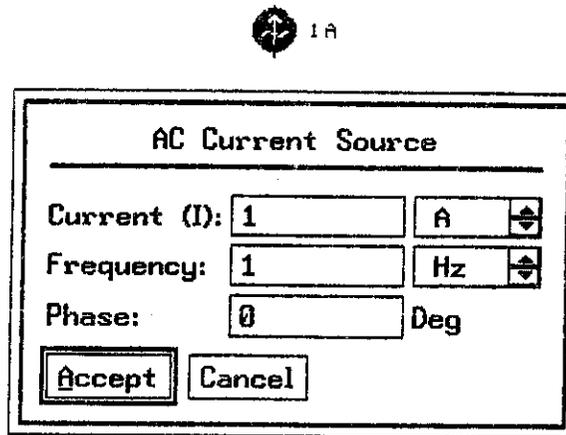


Fig. 1-24 Ventana de diálogo para una fuente de corriente de AC.

Nota importante . Es posible cambiar el color de un conductor , para ello , se coloca el puntero sobre dicho conductor y se hace doble clic , lo que desplegará una ventana con varias opciones de color y se elige uno. Cambiar el color de un conductor es de suma utilidad al utilizar el osciloscopio , que se describirá más adelante.

1.5 Mediciones de Resistencia , Voltaje y Corriente

1.5.1. MEDICIÓN DE RESISTENCIAS

Para efectuar mediciones de resistencia se debe utilizar el *ohmetro* , que se encuentra incluido en el *multímetro* ; el *multímetro* se localiza en la fila superior , es la primer figura que se observa de izquierda a derecha.

Al hacer doble clic sobre el *multímetro* , estando éste sobre el área de trabajo , se visualiza (se expande) y es posible modificar la función en que trabajará , siendo las opciones que presenta la de medir *Amperios* (corriente eléctrica) *voltios* (tensión eléctrica), *Ohms* (resistencia eléctrica) y *decibeles* (relación de potencia).

El *multímetro* debe estar ajustado en la posición de Ω y en DC al medir resistencia.

Se debe recordar siempre que para obtener una medición correcta de resistencia el circuito debe estar desenergizado , o sea que , las fuentes de voltaje y/o corriente presentes en dicho circuito se deben ajustar a cero.

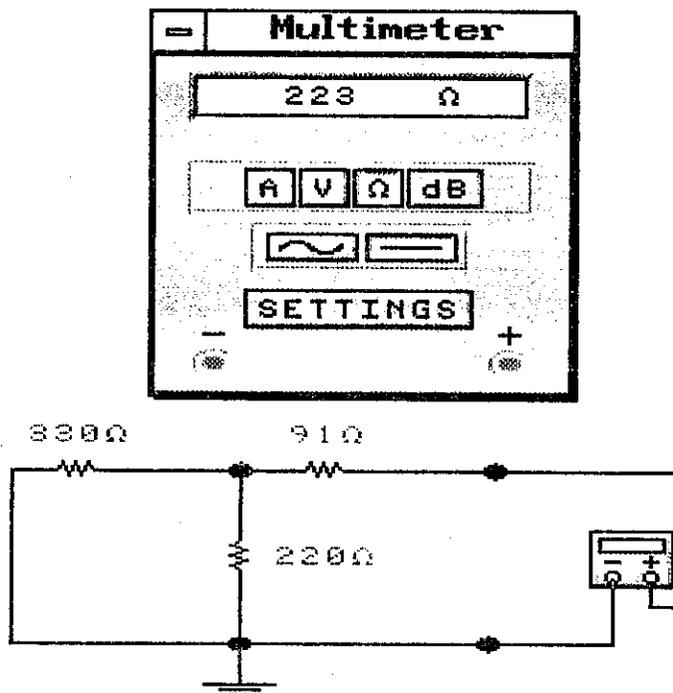


Fig. 1-25 Multímetro como Ohmetro y ejemplo de medición.

1.5.2. MEDICIÓN DE VOLTAJE

El simulador EWB presenta dos opciones para efectuar mediciones de voltaje , tanto en AC como en DC .

- **Uso del multímetro.** Para medir voltaje con el multímetro , éste debe ajustarse en V cuando se ha hecho doble clic sobre el símbolo del multímetro , y se debe elegir — si se va a medir DC ó \sim si se va a medir AC.

Se debe recordar que cuando se está midiendo voltaje , el voltímetro se debe colocar en paralelo a los puntos en los que se efectúa la medición , y que el aparato , internamente tiene una **resistencia elevada** (idealmente infinito) que en la práctica es del orden de Mega Ohms (millones de Ω).

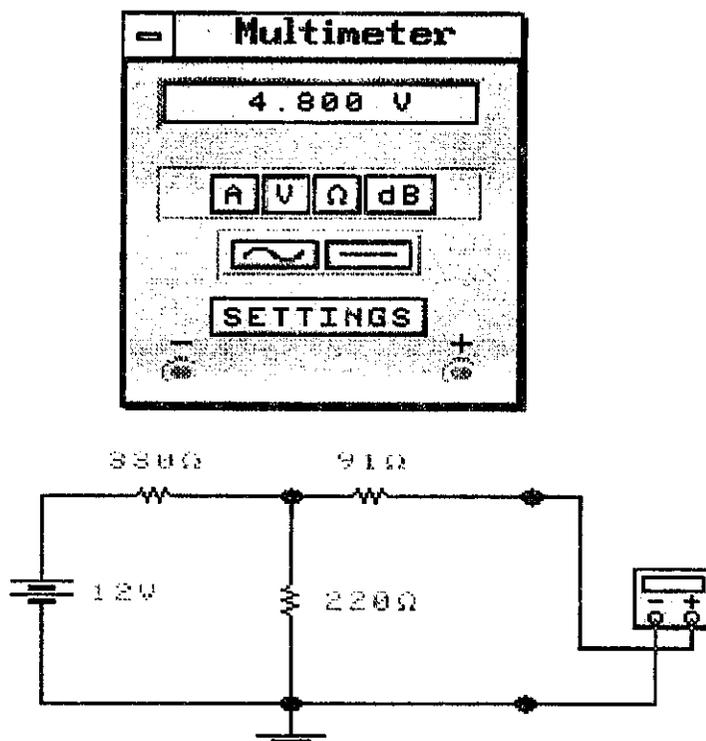


Fig. 1-26 Multímetro como voltímetro y ejemplo de medición.

- **Uso del voltímetro.** Estos se encuentran en la *columna de partes* a la derecha de la pantalla en el simulador . Al hacer doble clic sobre el símbolo del voltímetro aparece en pantalla la ventana de diálogo en la que se puede cambiar el valor a la resistencia interna del voltímetro (ésta resistencia debe ser del orden de millones de Ohms) y se selecciona el tipo de voltaje que ha de medirse ; de AC o DC.

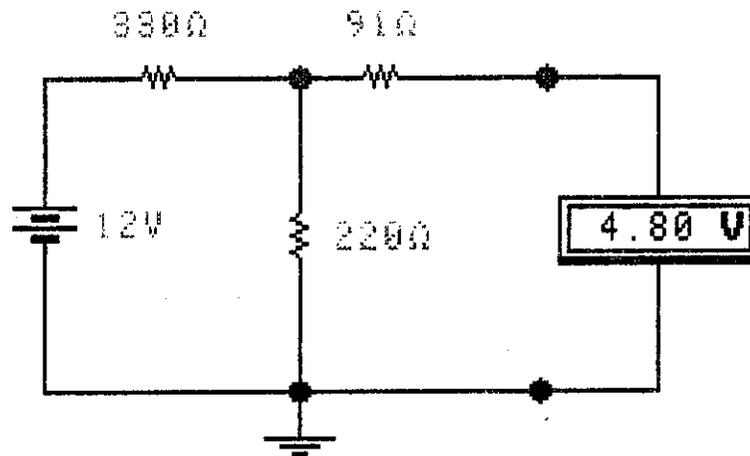


Fig. 1-27 Medición de voltaje utilizando el voltímetro.

1.5.3. MEDICIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA.

El simulador EWB presenta dos dispositivos para medir corriente eléctrica , tanto en AC como en DC , a saber , el multímetro en función de **Amperímetro** y los Amperímetros propiamente dichos.

- **Uso del multímetro.** Antes de efectuar la medición se debe seleccionar **A** en el multímetro y dependiendo si se va a medir AC o DC se debe seleccionar **-** para corriente directa ó **~** si es corriente alterna. La forma correcta de colocar el amperímetro es en **serie** al elemento de circuito al que se le mide la corriente. Se debe recordar que un amperímetro tiene internamente una resistencia de pocos Ohms (cero idealmente) , que en la práctica puede ser del orden de mili Ohms.

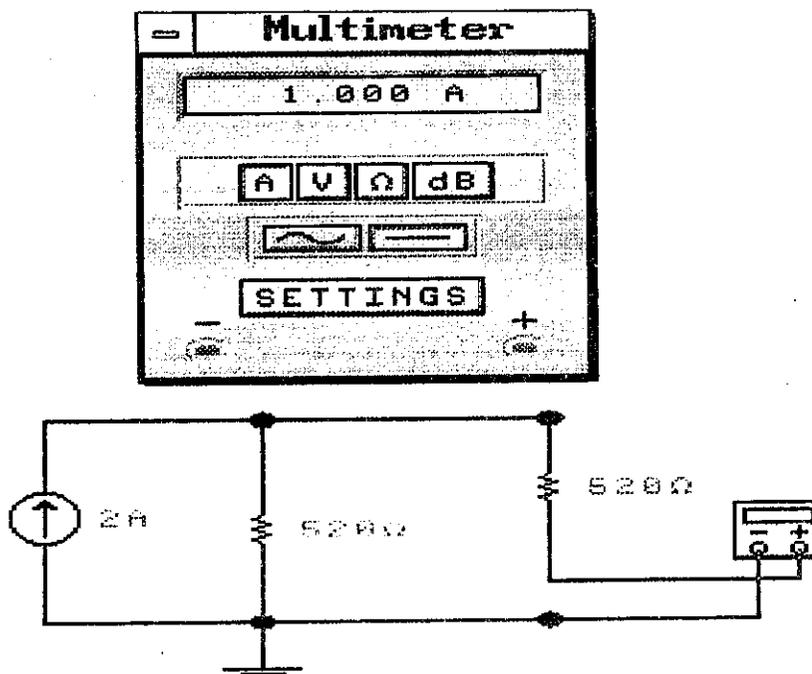


Fig. 1-28 Multímetro como amperímetro y ejemplo de medición.

- **Uso del amperímetro.** Para efectuar una medición correcta, la resistencia interna de los amperímetros debe ser del orden de mili Ohms y, además, se debe ajustar para medir corriente alterna (AC) ó corriente directa (DC). Esto se logra abriendo la ventana de diálogo haciendo doble clic sobre el símbolo del amperímetro.

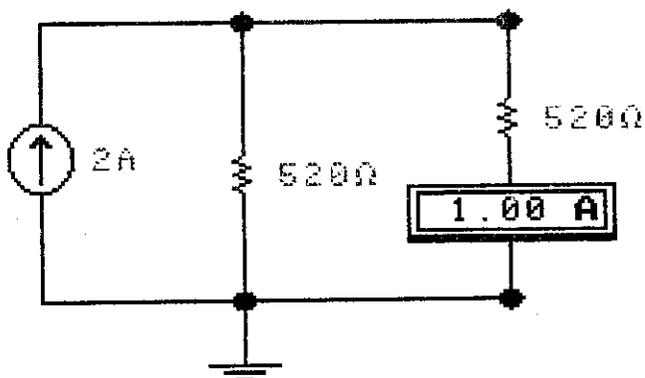


Fig. 1-29 Medición de corriente eléctrica utilizando el amperímetro.

1.6 Uso del Osciloscopio.

Se encuentra en la barra horizontal superior (barra de Menú) es el tercer símbolo de izquierda a derecha , se reconoce , fácilmente , por la figura de un ciclo de una senoide (~).

Este aparato es de gran utilidad en la medición de señales de AC y DC en forma gráfica ; además , se puede medir frecuencia , valor máximo , valor pico , valor pico a pico , período y otros parámetros importantes de las señales electrónicas.

Es posible medir dos señales en forma simultánea ya que cuenta con dos terminales de entrada de señal o canales ; el canal A y el canal B.

Al hacer doble clic sobre la figura del osciloscopio , aparece en pantalla el panel de control para ajustar las funciones y la pantalla en color amarillo que tiene la forma de un plano cartesiano (dos ejes perpendiculares con escalas).

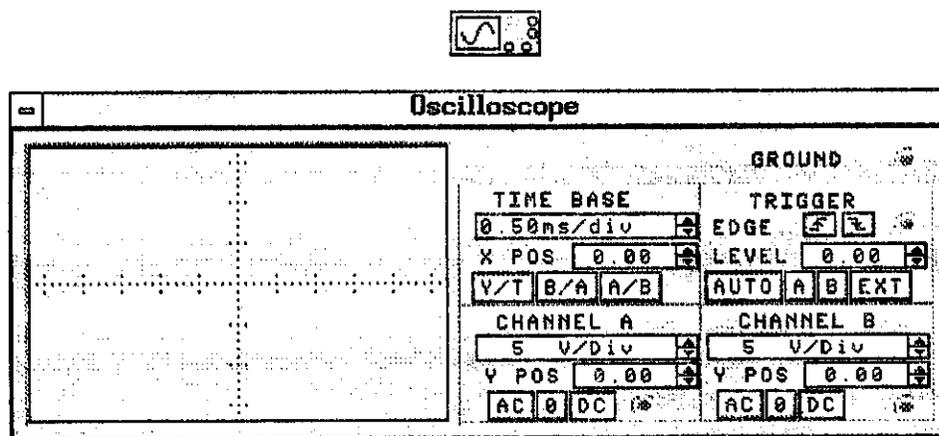


Fig. 1-30 Forma en que aparece el osciloscopio en pantalla.

AJUSTES AL OSCILOSCOPIO

- Especificación de ejes: Y/T , A/B y B/A .
 - Y/T ajusta el osciloscopio para mostrar la magnitud del voltaje (en voltios), contra el tiempo (en segundos).
 - A/B , B/A muestran la magnitud de una señal en comparación con otra.

Seleccionando Y/T , el eje horizontal muestra el tiempo y el eje vertical los voltios por división .

Seleccionando A/B o B/A , ambos ejes muestran voltios por división .

Por ejemplo si se está comparando la entrada en el canal A con la entrada en el B , la escala del eje horizontal es determinada por el ajuste en los voltios por división hecha al canal B y viceversa.

- **Ajustes a las escalas de base de tiempo y voltios por división.**
 - **Base de tiempo.** Controla la escala del eje horizontal cuando se está comparando la magnitud contra el tiempo (Y/T). El valor de cada división de tiempo se puede seleccionar entre el rango de 0.1 nano segundo (nseg) a 0.5 segundos. Para ver correctamente la forma de una señal , ajústese la base de tiempo en proporción inversa a la frecuencia de la señal. Por ejemplo se quiere ver la forma de onda de una señal de 1 kilo Hertz de frecuencia , se debe seleccionar la base de tiempo en : $1/(1 \text{ kilo Hertz }) = 1 \text{ mili segundo o , sea , } 0.001 \text{ seg./división que es igual a } 1 \text{ mseg/div.}$
 - **Voltios por división.** Aquí se determina la escala del eje vertical en función Y/T , y las escalas de ambos ejes en A/B y B/A. El rango de ajuste va de 0.001 mV/Div (mili voltio por división) a 50 v/Div. Cada canal puede ser controlado , independiente , del otro.
- **Especificación del origen de los ejes : X Pos y Y Pos.**
 - **X Pos (posición en X).** Determina el inicio en el trazado de la señal sobre el eje horizontal.
 - **Y Pos (posición en Y).** Selecciona el **punto de origen** para el eje vertical. Cuando Y Pos es ajustado en 00 , el punto de origen del eje es en la intersección con el eje horizontal . El rango en el que se puede ajustar es de -3.00 a 3.00. Un valor de 1.5 , por ejemplo , mueve el origen del eje Y la mitad del espacio entre el eje X y el borde de la pantalla del osciloscopio. Este control es muy útil cuando se quiere separar las señales que ingresan a ambos canales para una mejor visualización de las señales.
- **Selección del tipo de señal: AC , 0 , ó DC.**

Se puede seleccionar diferente tipo de señal para cada canal , AC ò DC o , simplemente , bloquear la señal seleccionando 0 .

- Seleccionando **AC** , en pantalla aparecerá , únicamente , la componente alterna de la señal.
- Seleccionando **DC** , en pantalla aparecerá la suma de la componente AC y DC de una señal compuesta.
- Seleccionando **0** , aparece en pantalla una línea horizontal sobre el eje de referencia ,que es selecciona con Y Pos.

- **Disparador (Triggering)** . Este control determina cuándo la forma de onda es mostrada en la pantalla del osciloscopio.
 - El botón de **flanco (EDGE)** . Determina si el osciloscopio responderá al flanco de subida o al de bajada de la señal.
 - El botón de **nivel de disparo** , especifica el punto sobre el eje Y que más es muestreado o sentido por la señal de disparo antes de ser mostrada la señal en pantalla.
 - Los botones **Auto , A , B , y Ext. ;** determinan el origen de la señal de disparo.
 - **Auto.** Usado para mostrar una señal de alta frecuencia y muestrear señales débiles.
 - **A ò B** , para utilizar como señal de disparo las señales que llegan a esos canales.
 - **Ext.** Para utilizar como señal de disparo una señal externa que *siempre* debe inyectarse al osciloscopio per el canal B.
- **Tierra del Osciloscopio (Ground)** . El punto de referencia para el osciloscopio es el conectado a este borne. Se puede tomar una lectura exacta sin necesidad de la tierra , no obstante , se recomienda conectar *siempre* este borne al punto de referencia del circuito.

NOTA.

Si se quiere tener tiempo para analizar un transitorio en un circuito , se selecciona **pausa antes de cada pantalla (Pause after each screen)** en la ventana de diálogo , que aparece en pantalla , al seleccionar **opciones de análisis (Analysis options)** del menú **circuito (Circuit)**.

USAC

USAC

1.7 Generador de Señales

En realidad es una fuente de voltaje que genera señales análogas en las formas *senoidal*, *triangular* y *cuadrada*.

En el simulador EWB este aparato aparece como FUNCTION GENERATOR (generador de funciones) conocido en español como GENERADOR DE SEÑALES.

Al hacer doble clic sobre el símbolo del generador se pueden mirar los botones de ajustes para este aparato que son:

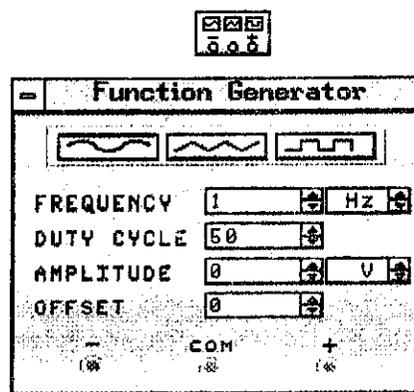
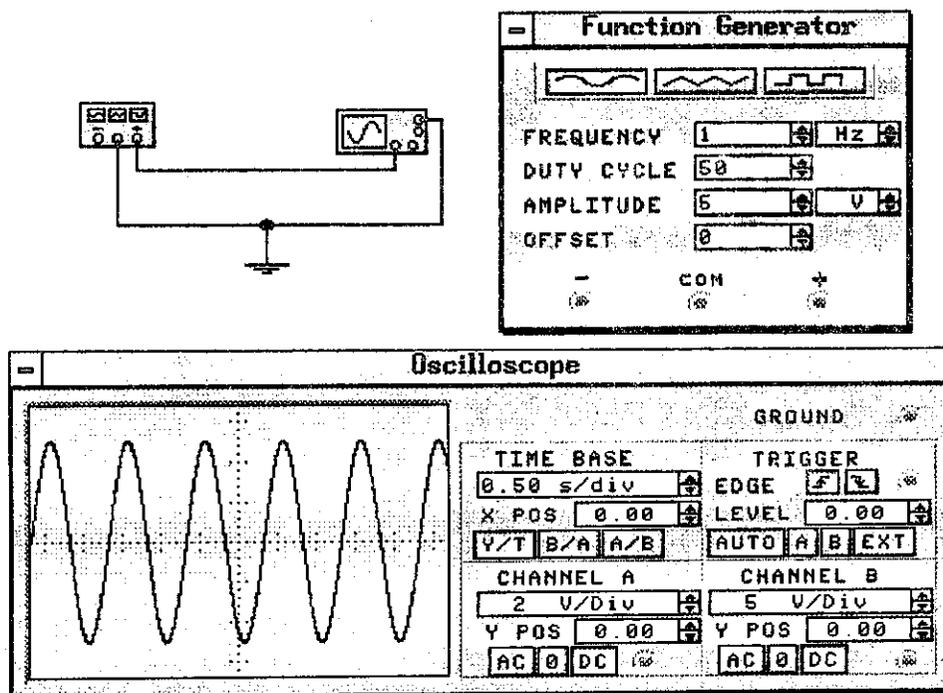
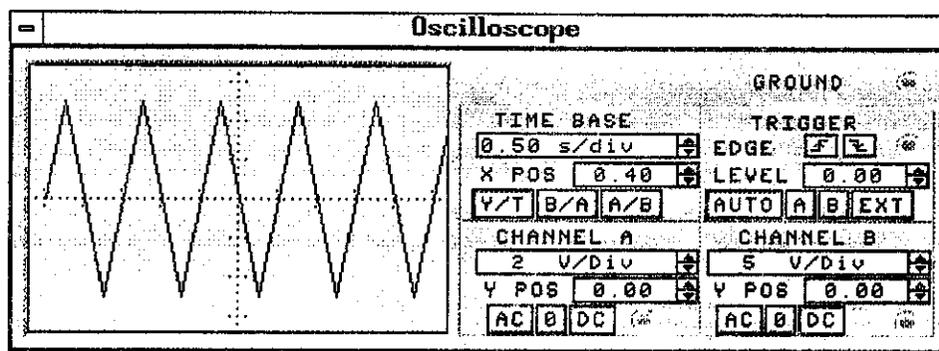


Fig. 1-31 Símbolo y ventana de diálogo para el generador de señal.

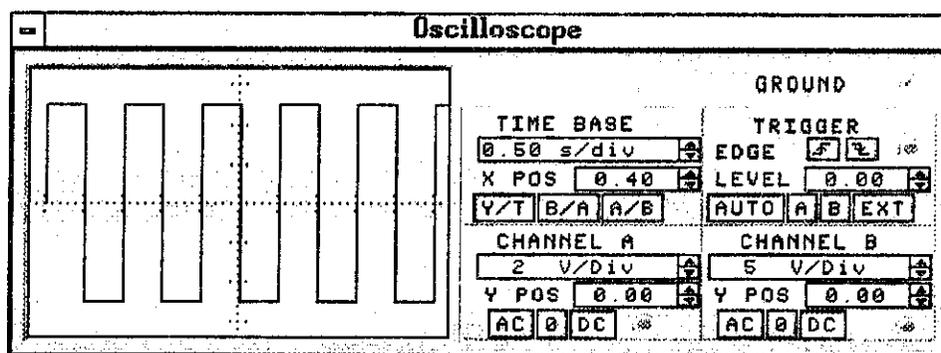
- Selección del tipo de señal. Son tres botones con una figura que representa el tipo de señal en el que ajustan al generador, pudiéndose seleccionar la forma de onda de las señales como triangular, senoidal y cuadrada.



(a)



(b)



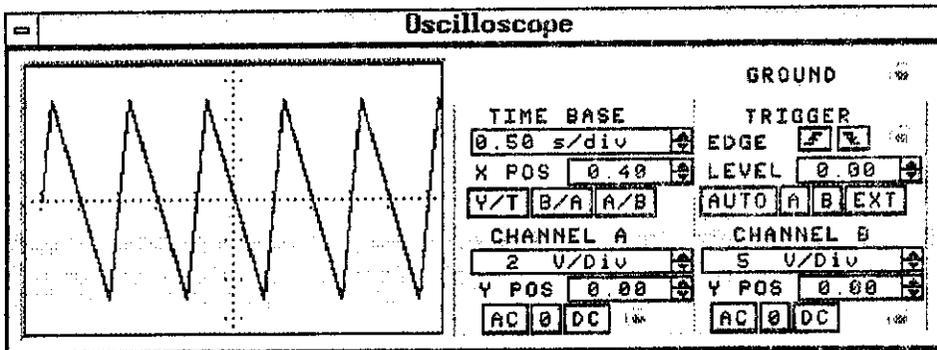
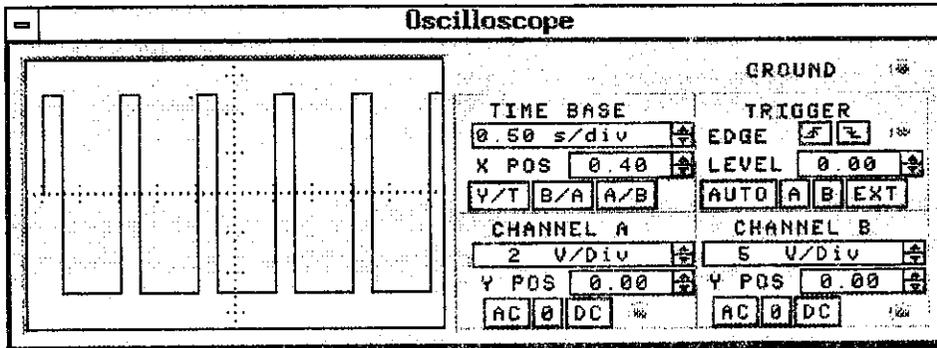
(c)

Fig. 1-32 formas de onda del generador de señal (a) senoidal (b) triangular y (c)cuadrada.

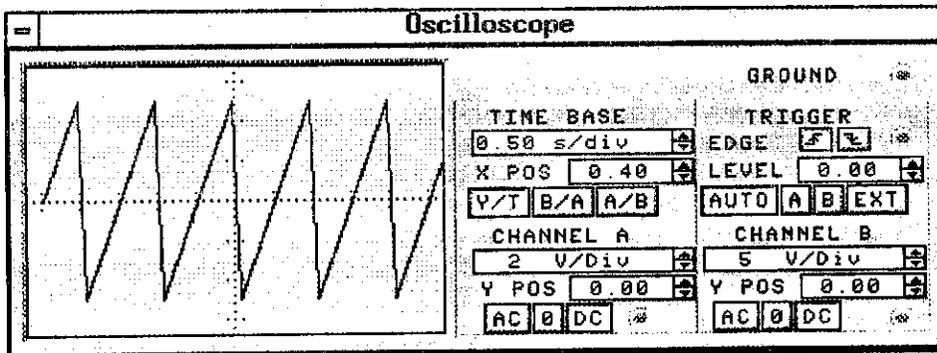
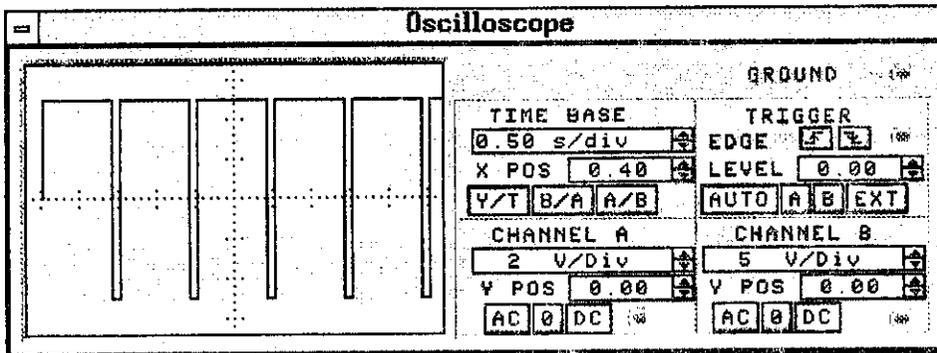
- **Frecuencia.** Determina el número de ciclos generados cada segundo. El rango de ajuste va desde 1 Hertz hasta 999 Mega Hertz.

Nota: en circuitos de AC solamente se puede trabajar con una frecuencia a la vez. Por ejemplo : si en el circuito se tienen varias fuentes de voltaje y/o corriente y , además , el generador de señal y se cambia la frecuencia a cualquiera de estos elementos , automáticamente , se cambia la frecuencia del resto de fuentes y al generador de señal.

- **Ciclo de trabajo.** Con este control , se afecta la forma de onda de las señales cuadrada y triangular. El ajuste se puede hacer desde 1% hasta 99%.
 - Para la **señal cuadrada** ajusta la proporción del ciclo que será alta y la baja. Por ejemplo : un 50% de ciclo de trabajo , significa que la mitad del ciclo será alto y la otra mitad será bajo.
 - Para la **señal triangular** , el ciclo de trabajo controla la pendiente de subida al valor máximo de la señal , pudiendo formar la señal conocida como **diente de sierra** en 1% y 99% del ciclo de trabajo.



(a)

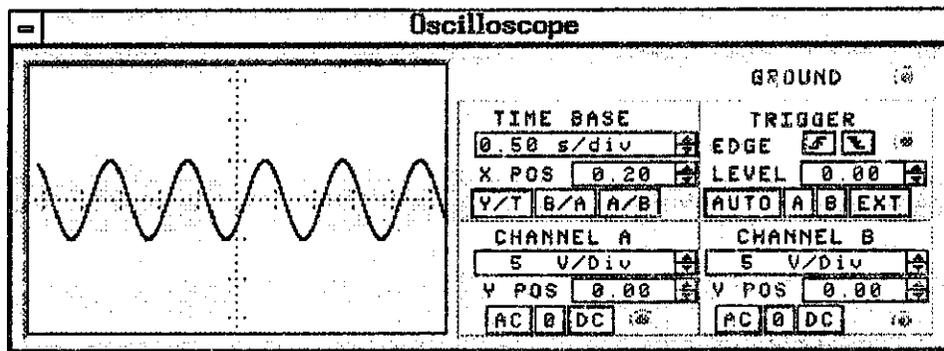


(b)

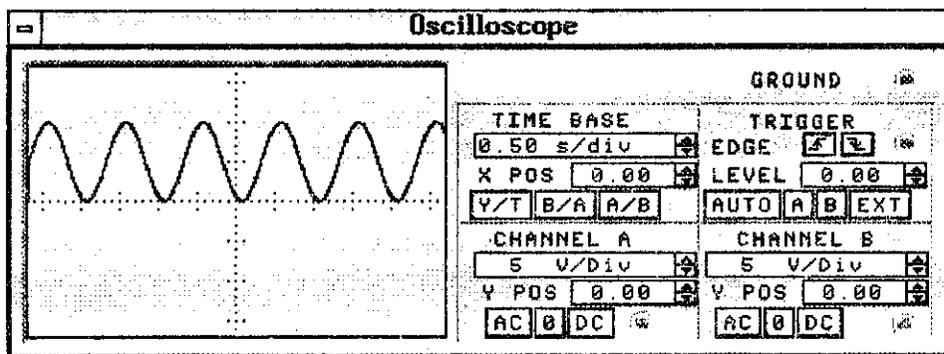
Fig. 1-33 Ciclo de trabajo para señales triangular y cuadrada en (a) 25% (b) 90%.

- Amplitud.** Se refiere al nivel de voltaje de la señal medido desde el nivel de DC hasta el valor pico. Si las terminales que se conectan son COM con + ò -, el valor pico a pico es igual a *dos veces* la amplitud medida. Si la conexión es desde + a -, el valor pico a pico es *cuatro veces* la amplitud medida. El ajuste de amplitud en el generador de señales modifica el valor pico de la señal , mientras que en las fuentes de voltaje y corriente el ajuste a la amplitud modifica el valor eficaz o RMS (root mean square).

Offset. Controla el nivel de DC o **componente directa** de una señal alterna . Un valor offset de cero posiciona el valor medio de la señal sobre el eje X del osciloscopio (con Y Pos también en cero). El control offset va desde -999 Kilo voltios hasta 999 Kilo voltios ; las unidades seleccionadas para la amplitud , determinan las unidades del voltaje DC offset.



(a)



(b)

Fig. 1-34 Señal senoidal con voltaje offset (a) cero (b) diferente de cero.

CAPITULO 2

SIMULACIONES DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS 1

2.1 Ley de Ohm y leyes de Kirchoff en circuitos serie y paralelo.

Objetivo.

Comprobar la veracidad de las leyes fundamentales en el análisis de circuitos eléctricos.

Procedimiento.

Ármese en pantalla los siguientes circuitos , analizando corrientes y voltajes en cada elemento.

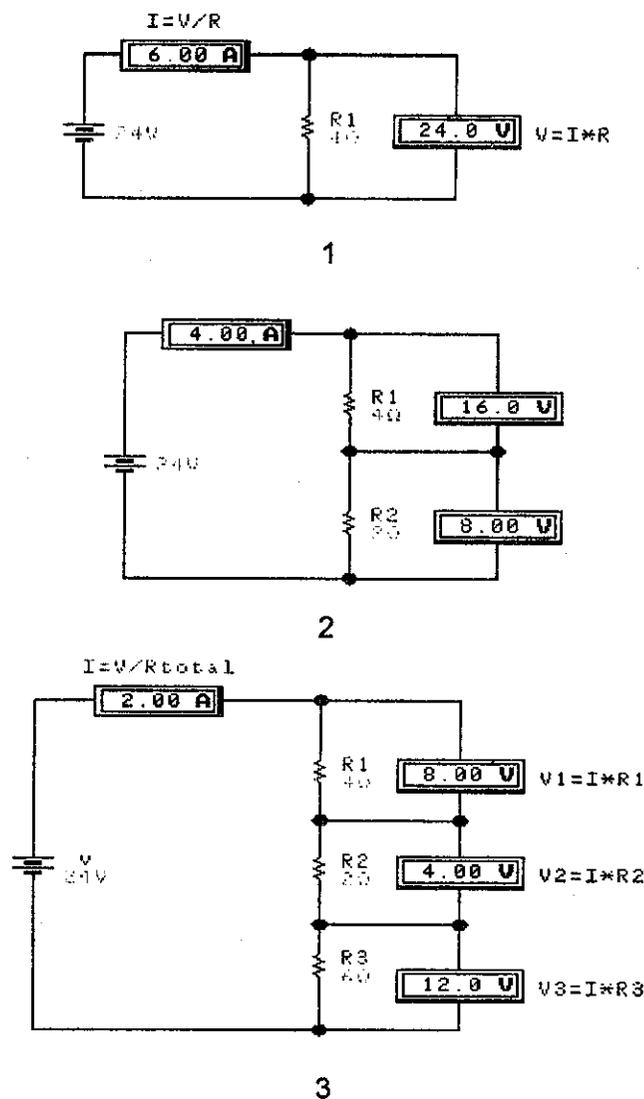


Fig. 2-1 Ilustración de la ley de Ohm y ley de voltajes de Kirchoff.

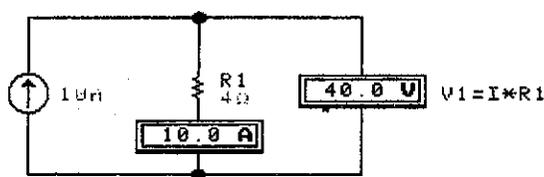
En la secuencia de circuitos anteriores se puede ver que al aumentar el número de resistencias en serie al circuito, la corriente disminuye, lo cual significa que la resistencia total ha aumentado. Esto obedece a la ley de Ohm y afirma que la corriente en un circuito es proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia presente ($i = v/R$).

En el circuito también se ve que la suma de los voltajes en cada resistencia es igual al voltaje de la fuente de alimentación, este hecho es descrito por la ley de voltajes de Kirchoff la cual dice que en una malla cerrada la suma de caídas de voltaje es igual a la suma de las subidas de voltaje.

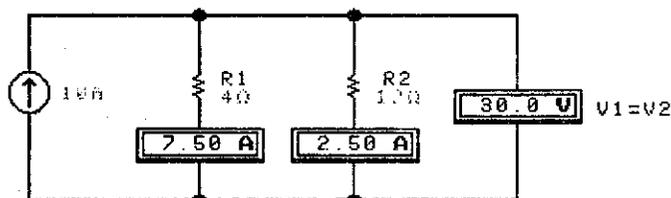
La corriente en elementos en serie es la misma.

La resistencia total de un circuito en serie es:

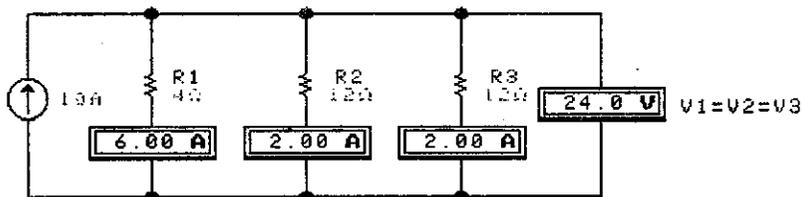
$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (2-1)$$



1



2



3

Fig. 2-2 Ilustración de la ley de Ohm y ley de corrientes de Kirchoff.

En los circuitos anteriores se observa que al aumentar el número de resistencias en paralelo , el voltaje disminuye , lo que significa que la resistencia total está disminuyendo , esto , por la ley de Ohm $v = i \times R$.

Se puede observar también , que la corriente entregada por la fuente es la suma de las corrientes en cada R que forman el paralelo , esto se describe en la ley de corrientes de Kirchoff , la cual afirma que en un nodo de un circuito , la suma de las corrientes que entran es igual a la suma de las corrientes que salen.

El voltaje en elementos de un circuito en paralelo es el mismo.

La resistencia total en un circuito en paralelo es:

$$R_{total} = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots} \quad (2-2)$$

USAC

USAC

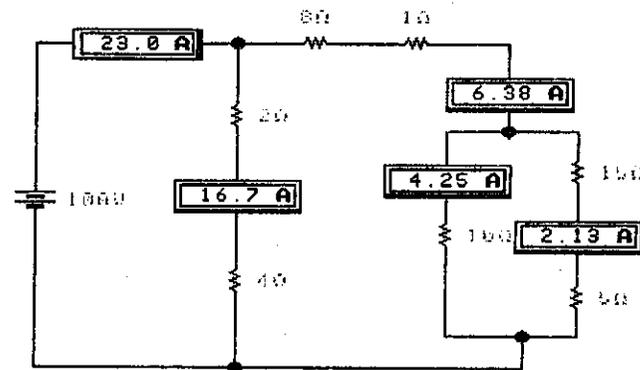
2.2 Circuitos resistivos mixtos (serie/paralelo).

Objetivo.

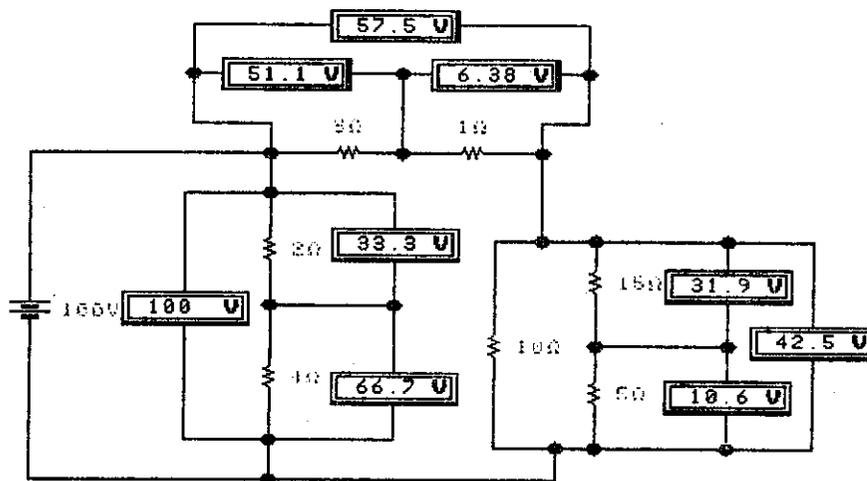
Observar el cumplimiento de las leyes fundamentales en el análisis de circuitos en cualquier nodo, rama o lazo cerrado de un circuito.

Nodo: o nudo, se refiere a un punto en el circuito donde se unen dos o más terminales.

Rama: se le llama así a cualquier camino que une un nodo, con otro adyacente.



(a)



(b)

Fig. 2-3 Cumplimiento de las leyes fundamentales para circuitos eléctricos; (a) ley de corrientes de Kirchoff (b) ley de voltajes de Kirchoff.

Al analizar las corrientes que entran y salen de cada nodo del circuito, se puede mirar que la suma algebraica de las mismas es cero.

Al analizar los voltajes en cualquier rama del circuito, se puede mirar que cumple con lo establecido por la ley de voltajes de Kirchoff.

USAC. _____

2.3 Conversiones Y- Δ y Δ -Y.

Objetivo.

Comprobar la equivalencia de este tipo especial de circuitos frecuentemente utilizados.

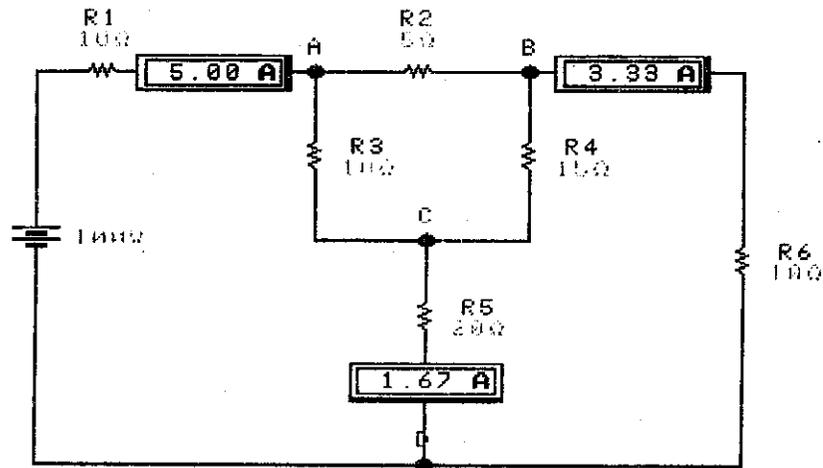


Fig. 2-4 Circuito original con una configuración en Δ entre los nodos A,B y c y , con una en Y entre los nodos A,B y D.

En el circuito se observa que R_2 , R_3 y R_4 forman una configuración en Δ conectada entre los nodos A,B y C ; además , R_3 , R_4 y R_5 forman una configuración en Y conectada entre los nodos A,B y D.

Para hacer la conversión es necesario aplicar las siguientes ecuaciones:

$$(2.3-1) \quad R_A = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3 + R_4}$$

$$(2.3-2) \quad R_B = \frac{R_2 \times R_4}{R_2 + R_3 + R_4}$$

$$(2.3-3) \quad R_C = \frac{R_4 \times R_3}{R_2 + R_3 + R_4}$$

Ecuaciones para calcular los valores de las Resistencias de la Y a partir de los valores de la Δ .

Al convertir , del circuito original , la Δ a una estrella entre los mismos nodos se obtiene el circuito:

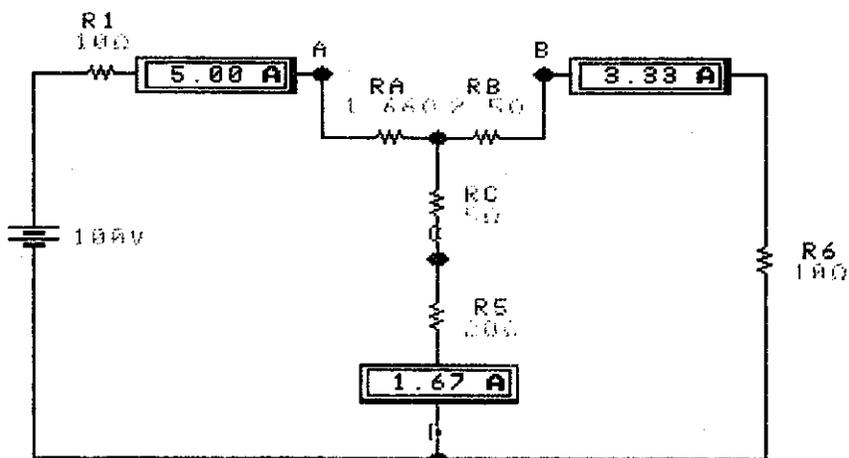


Fig. 2-5 Circuito equivalente al original convertida la Δ a Y.

Se puede observar que las corrientes en los nodos para este circuito son iguales a las corrientes en el circuito original , por lo que se puede concluir que ambos circuitos son equivalentes.

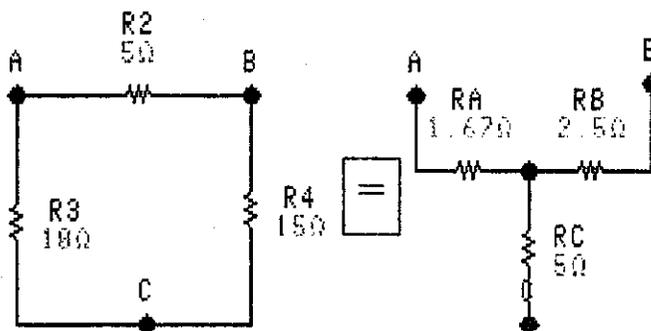


Fig. 2-6 Circuitos equivalentes.

Al convertir , del circuito original , la Y en una Δ entre los mismos nodos se obtiene el circuito:

(2.3-4)
$$R_{AB} = \frac{R_3R_4 + R_3R_5 + R_4R_5}{R_5}$$

(2.3-5)
$$R_{AD} = \frac{R_3R_4 + R_3R_5 + R_4R_5}{R_4}$$

(2.3-6)
$$R_{BD} = \frac{R_3R_4 + R_3R_5 + R_4R_5}{R_3}$$

Ecuaciones para calcular los valores de las Resistencias de la Δ a partir de los valores de la Y

2.4 Teoremas fundamentales en Circuitos Eléctricos.

Objetivo.

Tener conocimiento de herramientas útiles en el análisis y diseño de circuitos.

- **SUPERPOSICIÓN.** La respuesta en voltaje y corriente en un elemento de un circuito , con dos o más fuentes de voltaje y/o corriente , es la suma algebraica de las respuestas de cada una de las fuentes , con el resto de las fuentes apagadas o en cero.

Una fuente de voltaje apagada o en cero , significa retirarla del circuito y poner en **corto circuito** los puntos de donde se retiró.

Una fuente de corriente apagada o en cero significa retirarla del circuito y dejar en **circuito abierto** los puntos de donde se retiró.

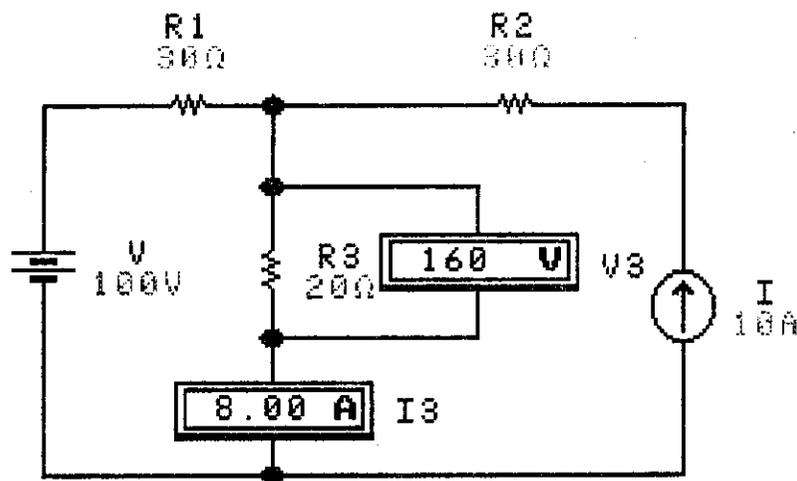


Fig. 2-9 Medición de voltaje y corriente en R_3 del circuito original.

Eliminando del circuito original la fuente de corriente y midiendo el voltaje y la corriente en R_3 se tiene:

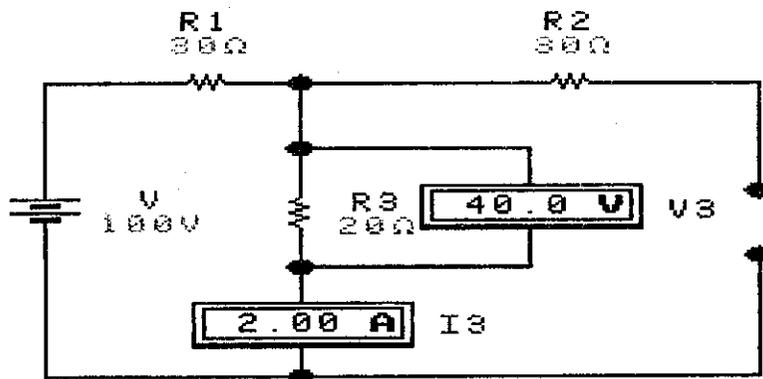
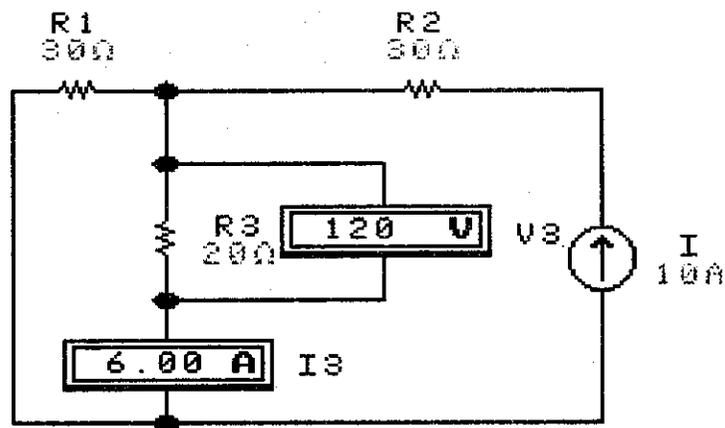


Fig. 2-10 Medición de V_3^1 e I_3^1 .

Eliminando del circuito original la fuente de voltaje y midiendo V_3 e I_3 , se tiene:

Fig. 2-11 Medición de V_3'' e I_3'' .

Como afirma el teorema de superposición $V_3 = V_3^I + V_3^{II}$, e $I_3 = I_3^I + I_3^{II}$.

- **RECIPROCIDAD.** La respuesta en corriente en algún punto de un circuito, debido a una fuente de voltaje, se puede sustituir por dicha fuente y la respuesta en corriente, aparecerá en el lugar en donde originalmente se encontraba dicha fuente. El concepto anterior se ilustra en los siguientes circuitos: Obsérvese, cuidadosamente, la posición de la fuente y del amperímetro.

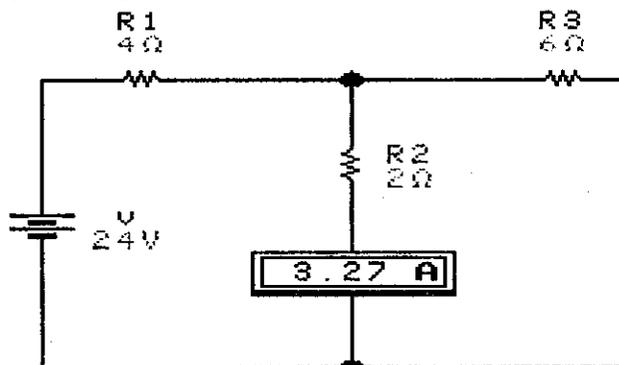


Fig. 2-12a Circuito original.

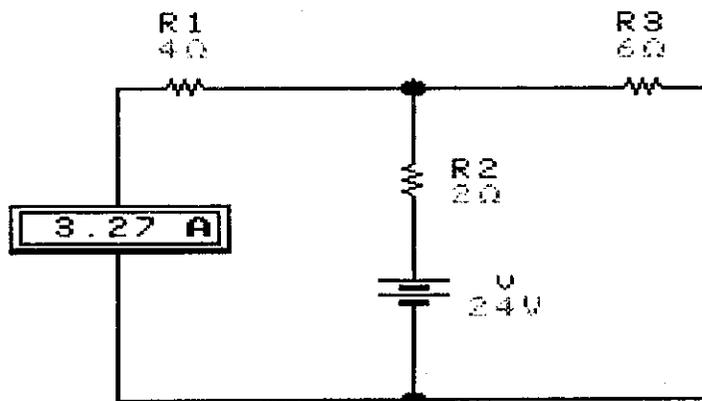


Fig. 2-12b Se cambió de lugar la fuente y la respuesta en corriente aparece en donde se encontraba en la Fig. 2-12a.

La reciprocidad se da entre la fuente y la respuesta que ésta produce en cualquier parte del circuito.

- **THEVENIN.** Un circuito lineal y bilateral, visto desde dos puntos A y B cualesquiera es equivalente a otro circuito formado por una fuente de voltaje en serie con una resistencia; la fuente se conoce como fuente de Thevenin y tiene un valor en voltios igual al voltaje medido entre los puntos A y B del circuito original; la resistencia se conoce como resistencia de Thevenin y tiene un valor en ohms (Ω) igual a la resistencia medida entre los puntos A y B con todas las fuentes apagadas o ajustadas a cero.

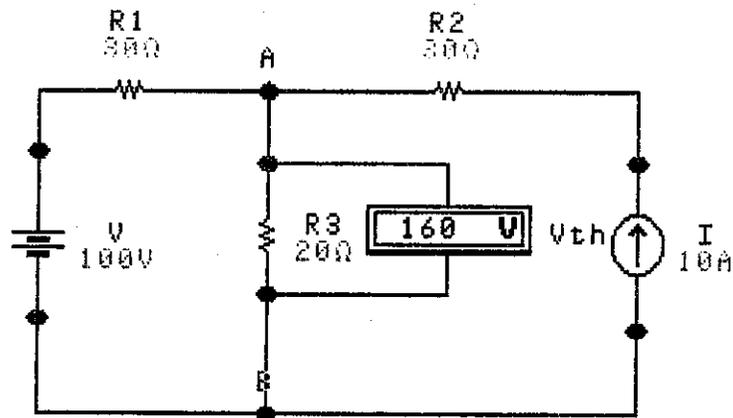


Fig. 2-13 Medición del voltaje de Thevenin en el circuito original.

Para medir la Resistencia de Thevenin se deben apagar las fuentes.

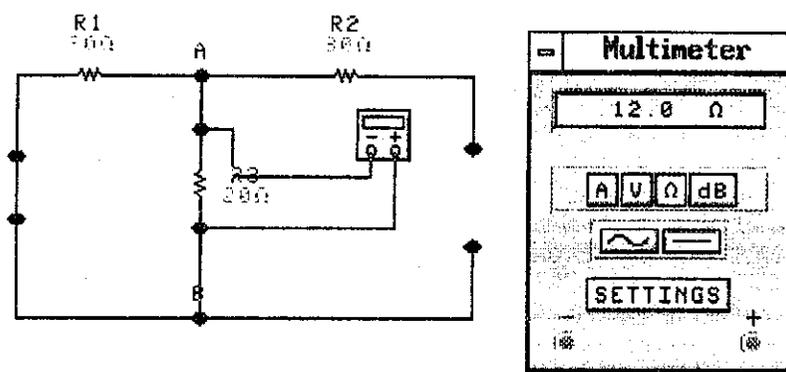


Fig. 2-14 Medición de la Resistencia de Thevenin.

Con el voltaje y la resistencia de Thevenin, conocidos, el circuito equivalente visto desde A y B es:

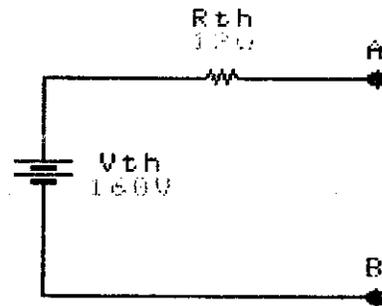


Fig. 2-15 Equivalente de Thevenin.

Para comprobar la equivalencia entre los circuitos de las figuras 2-13 (original) y 2-15 (equivalente) se conecta una carga R_L a ambos circuitos entre los nodos A y B y se mide el voltaje en cada R_L ; si es igual significa que se hay equivalencia.

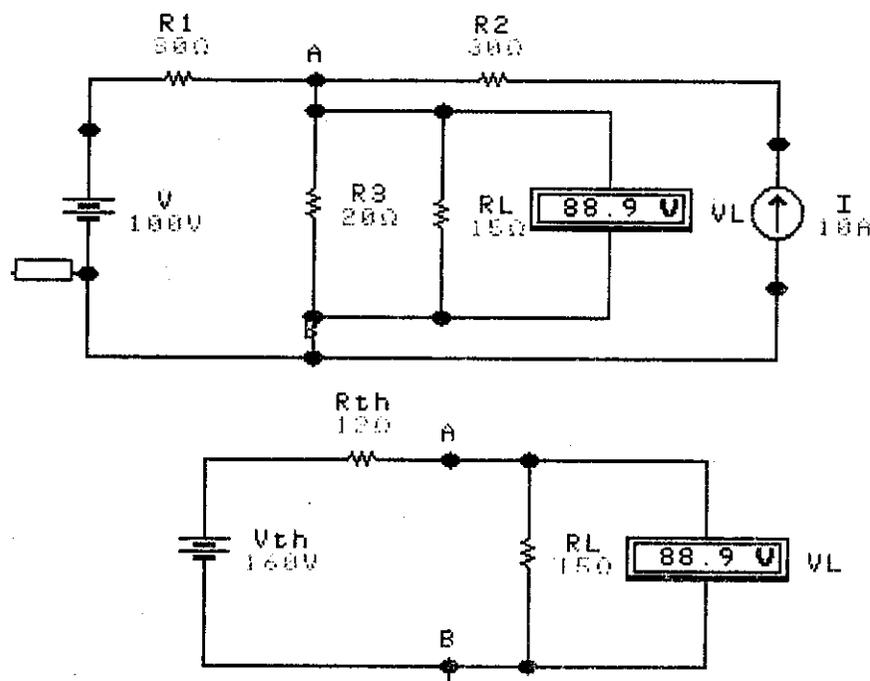


Fig. 2-16 Resistencia de carga recibiendo la misma potencia del circuito original y del circuito equivalente de Thevenin.

- **NORTON.** Este teorema es el dual del teorema de Thevenin y dice que un circuito lineal y bilateral visto desde dos puntos cualesquiera A y B, es equivalente a una fuente de corriente, llamada fuente de Norton, en paralelo con una resistencia, llamada Resistencia de Norton; La fuente de Norton tiene un valor en Amperios igual a la corriente que circula entre A y B al cortocircuitarlos en el circuito original y la resistencia de Norton tiene un valor en Ω , igual a la resistencia de Thevenin.

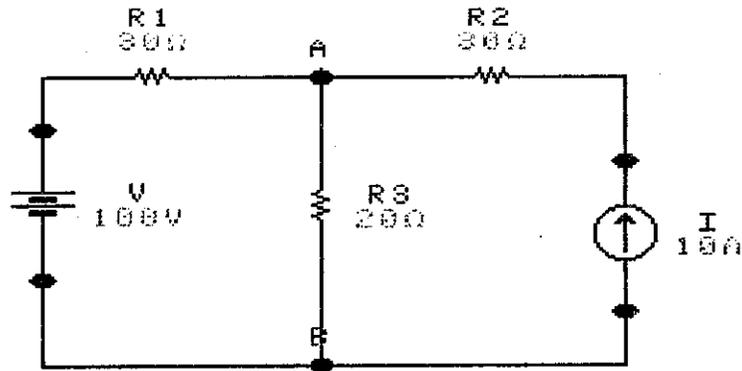
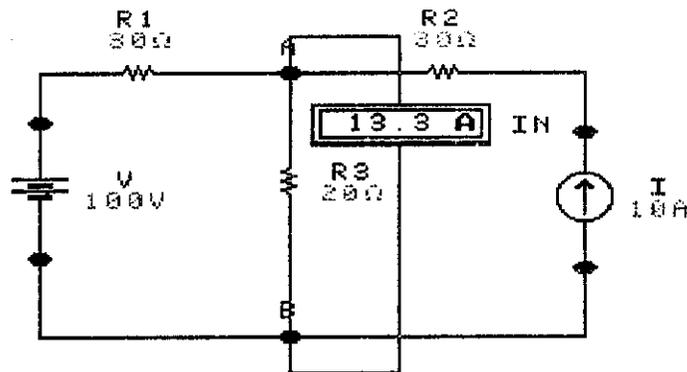


Fig. 2-17 Circuito original con los nodos A y B indicados.

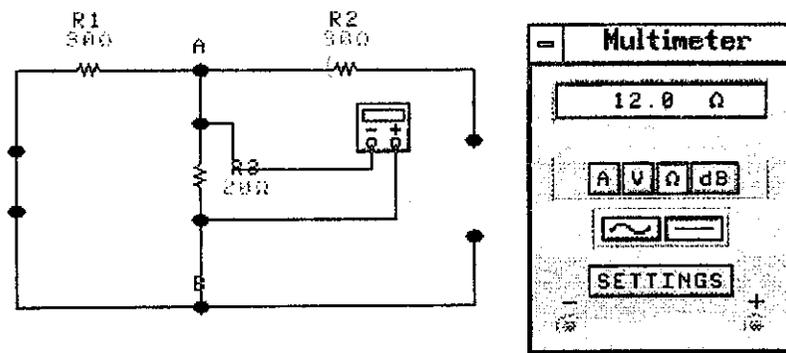
Para medir la corriente de Norton , se cortocircuitan los nodos A y B y se mide la corriente por dicho corto.



USAC

(a)

Ya que se utilizó el mismo circuito para el teorema de Thevenin , la R_N es igual a la R_{th} .



(b)

Fig. 2-18 Medición de (a) corriente de Norton (b) resistencia de Norton.

El circuito equivalente de Norton queda así:

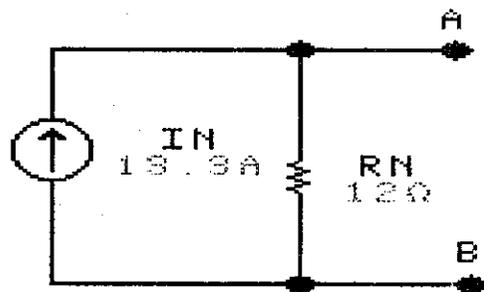


Fig. 2-19 Equivalente de Norton entre los nodos A y B del circuito de la Fig. 2-17.

Para comprobar la equivalencia entre los circuitos de las figuras 2-17 y 2-19, se conecta una carga del mismo valor a cada circuito entre los nodos A y B y se mide la respuesta en la carga.

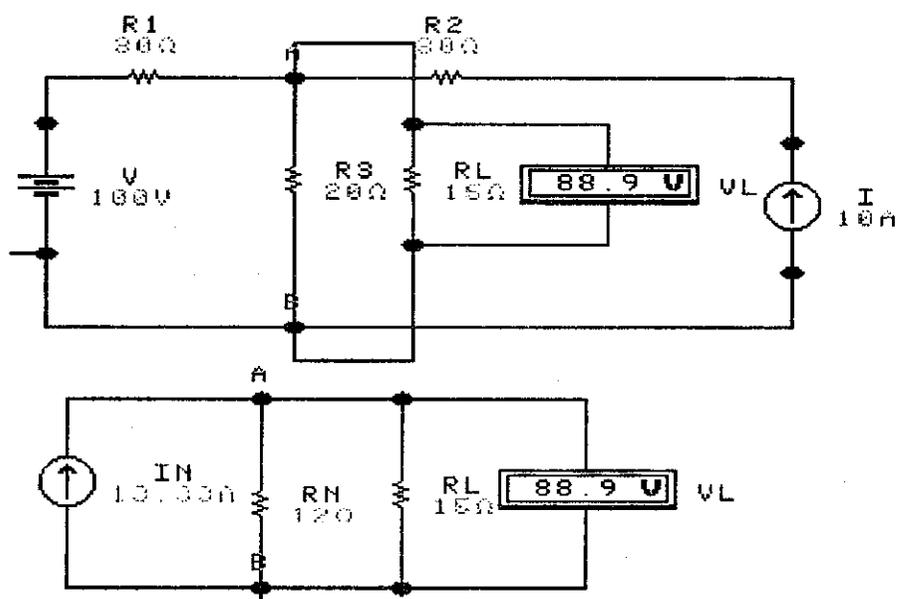


Fig. 2-20 Comprobación de la equivalencia entre los circuitos de las figuras 2-17 y 2-19.

- **CORRESPONDENCIA ENTRE EL EQUIVALENTE DE THEVENIN Y EL DE NORTON**

Conociendo el equivalente de Norton es posible obtener el de Thevenin y viceversa, esto, para los mismos dos puntos o nodos de un circuito.

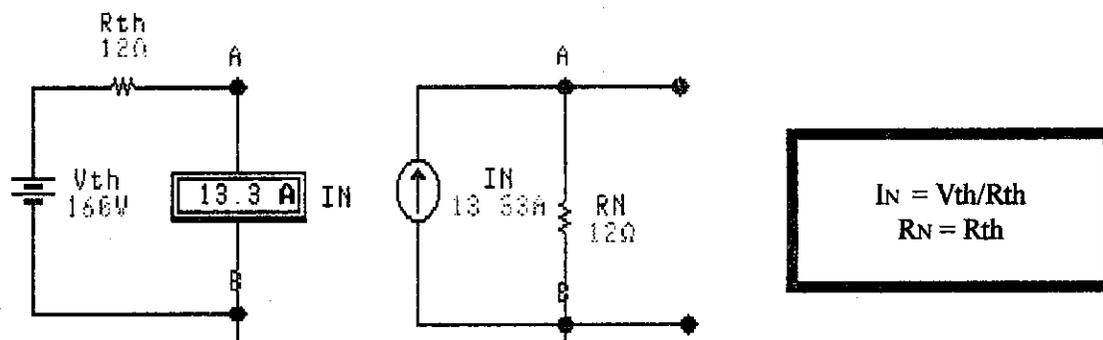


Fig. 2-21 Equivalente de Norton a partir del de Thevenin.

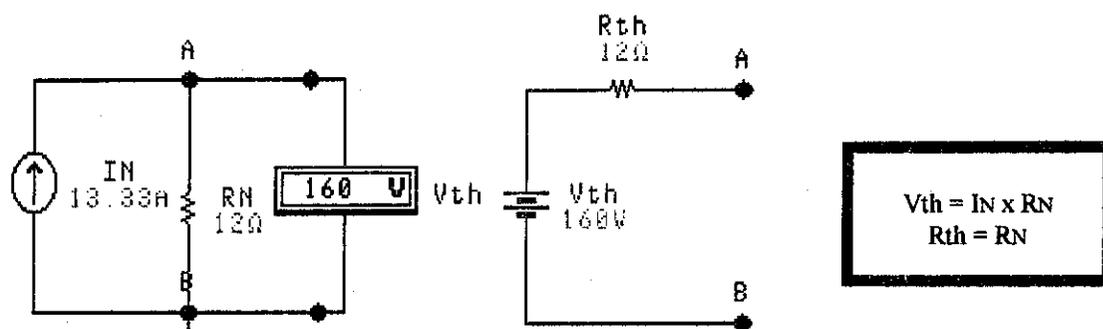


Fig. 2-22 Equivalente de Thevenin a partir de Norton.

Generalizando, se puede decir que dentro de un circuito, cualquier fuente de voltaje en serie con una resistencia, se puede sustituir por una fuente de corriente en paralelo con una resistencia, y viceversa.

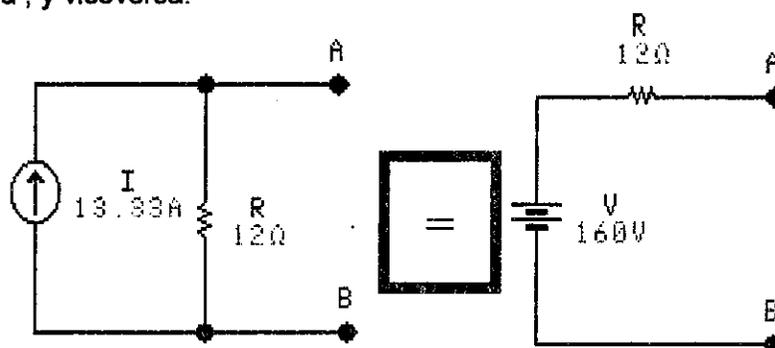


Fig. 2-23 Transformaciones que se pueden hacer dentro de un circuito.

- **MÁXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA (MTP).** Se sabe de los teoremas anteriores que cualquier circuito lineal y bilateral, visto desde dos puntos A y B, es equivalente a una fuente de voltaje en serie con una resistencia y, también, es equivalente a una fuente de corriente, en paralelo con una resistencia; una pregunta interesante de responder sería ¿Qué condiciones se deben cumplir para que al conectar una carga entre dos puntos cualesquiera A y B, de un circuito, en dicha carga se disipe la máxima cantidad de potencia?. La respuesta a esta pregunta la proporciona el teorema de MTP

, el cual afirma que la carga tenga un valor en Ω igual a la resistencia de Thevenin , del equivalente entre los puntos donde se está colocando dicha carga.

Sea el siguiente circuito el equivalente de Thevenin entre dos punto A y B de un circuito .

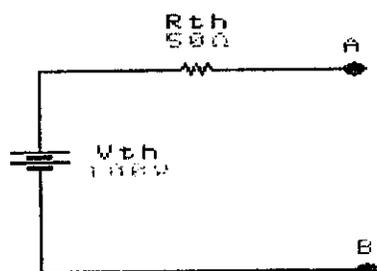


Fig. 2-24 Equivalente de Thevenin entre los puntos A y B de un circuito .

Para ilustrar la validez del teorema de MTP , al circuito anterior se le colocan tres cargas diferentes , donde una de ellas es igual a R_{th} y se calcula la potencia disipada en cada una ($P = I^2 \times R_L$).

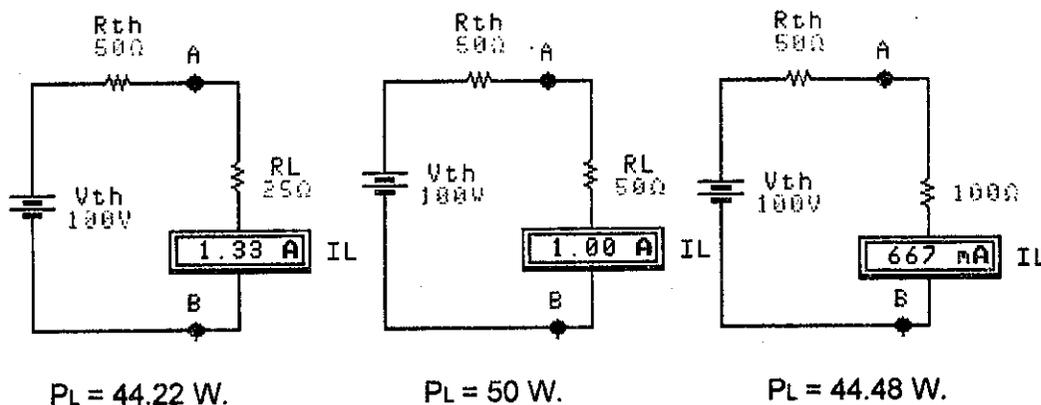


Fig. 2-25 Ilustración del teorema de MTP, cuando $R_L = R_{th}$ se da la MTP.

2.5 Medición de parámetros de señales de AC .

Objetivo.

Conocer los aspectos más importantes de las señales variantes en el tiempo así como su correcta medición.

A continuación se describen los parámetros más importantes de las señales de AC.

- **Frecuencia (F) y Periodo (T)**. La frecuencia es el número de oscilaciones o ciclos que la señal efectúa en la unidad de tiempo (se mide en ciclos/segundos , lo que se conoce como Hertz). El periodo es el tiempo que tarda la señal para producir en ciclo completo. Estos dos parámetros se relacionan entre sí como inverso uno del otro, lo que significa que las señales de alta frecuencia tienen un periodo pequeño.

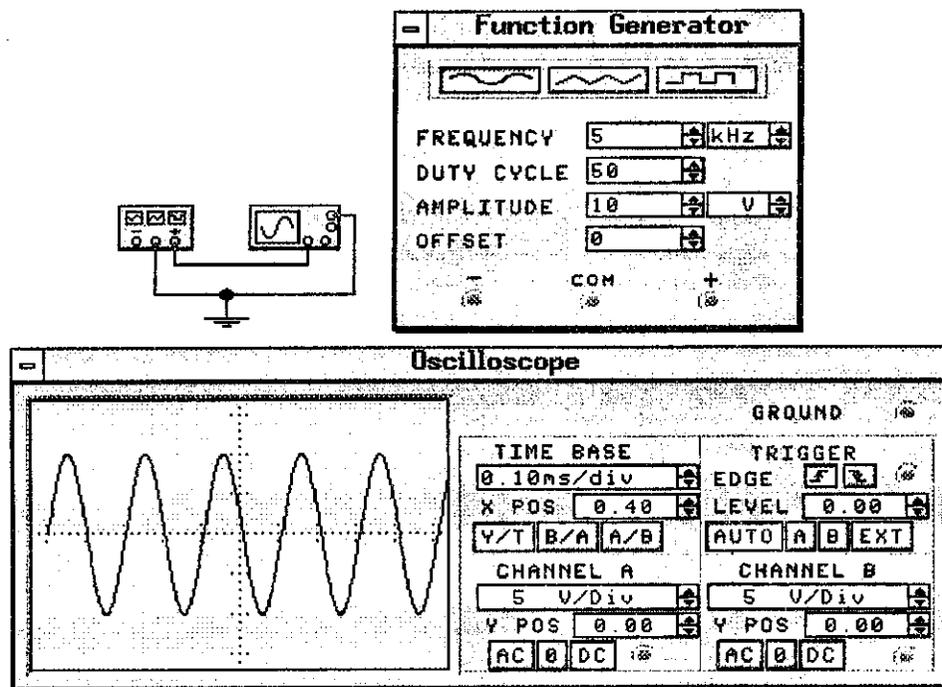


Fig. 2-26 Señal de 5 KHz. de frecuencia y 0.2 seg. de periodo.

Para medir la frecuencia se debe observar que un periodo o ciclo completo dura dos divisiones del eje X por lo que el periodo es de $T = 2 \text{ div} \times 0.10\text{ms/div} = 0.2 \text{ mseg.}$, y la frecuencia es $F = 1/T = 1/0.2\text{seg.} = 5,000 \text{ Hz.}$

- **Valor medio.** El valor medio o promedio de una señal se mide con el voltímetro en DC ; las señales que son simétricas respecto del eje X tienen un valor medio igual a cero , en tanto que las señales asimétricas o con componente directa si tienen un valor medio diferente de cero.

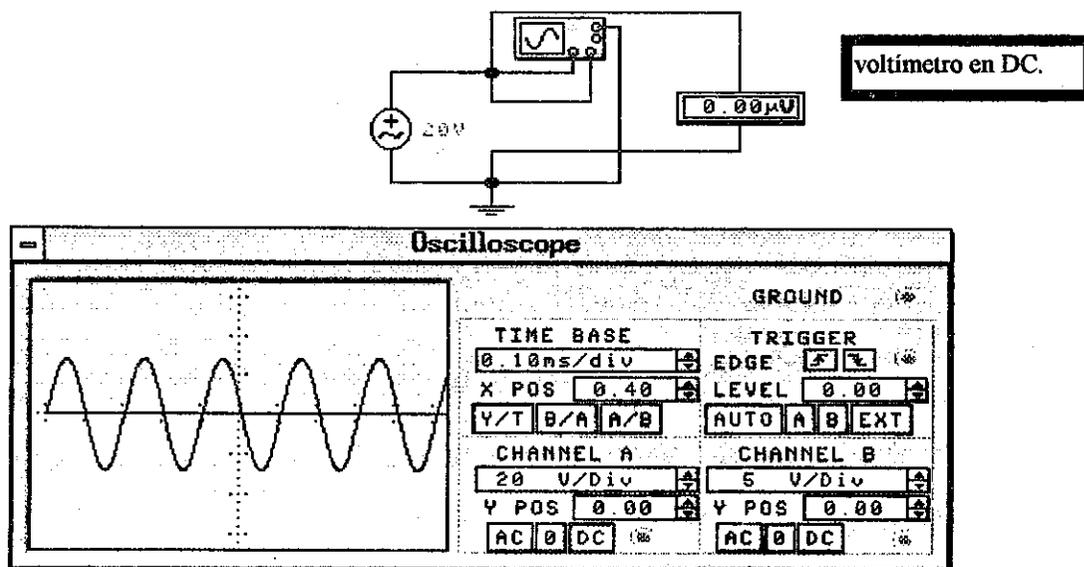


Fig. 2-27a Señal con valor medio igual a cero.

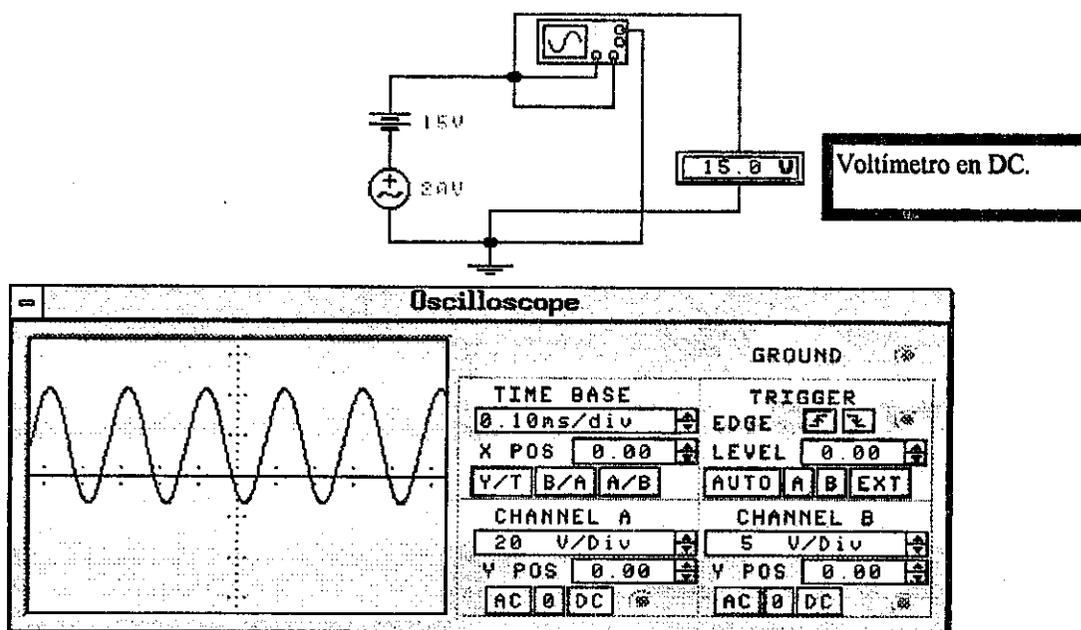


Fig. 2-27b Señal con valor medio diferente de cero.

- **Valor eficaz.** Conocido como valor RMS de las siglas en inglés Root Mean Square , ya que se trata de un promedio cuadrático . Este valor es el que se mide con el voltímetro en AC, y es diferente el valor pico de las señales.

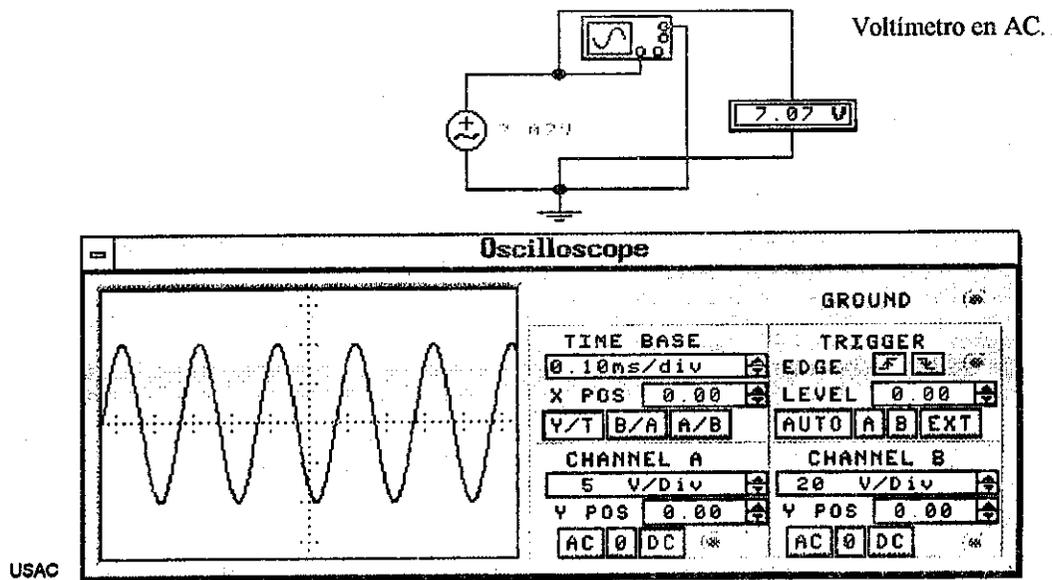


Fig. 2-28 Medición del valor eficaz de una señal senoidal con valor pico de 10 v.

Para una señal senoidal pura el valor eficaz es el Valor pico dividido $\sqrt{2}$.

2.6 Respuesta de circuitos RC , RL y RLC a corriente alterna (AC)

Objetivo.

Analizar en forma cualitativa la forma de las señales presentes en este tipo de circuitos.

Para el análisis de este tipo de circuitos se debe recordar que un capacitor se opone a los cambios de voltaje , en tanto que una bobina se opone a los cambios de corriente. Otro aspecto que se debe tener en cuenta es que la resistencia que presentan estos dos elementos reactivos (L y C) depende de la frecuencia de la señal que se les aplica.

- Circuito RC.

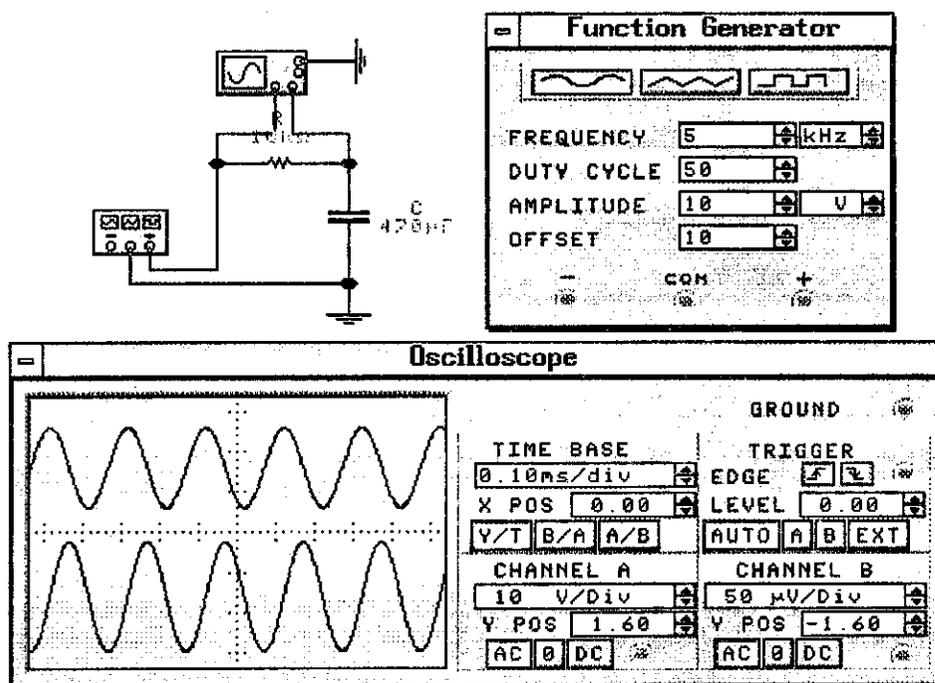


Fig. 2-29a Desfase entre la señal del generador (superior) y el voltaje en el capacitor (inferior).

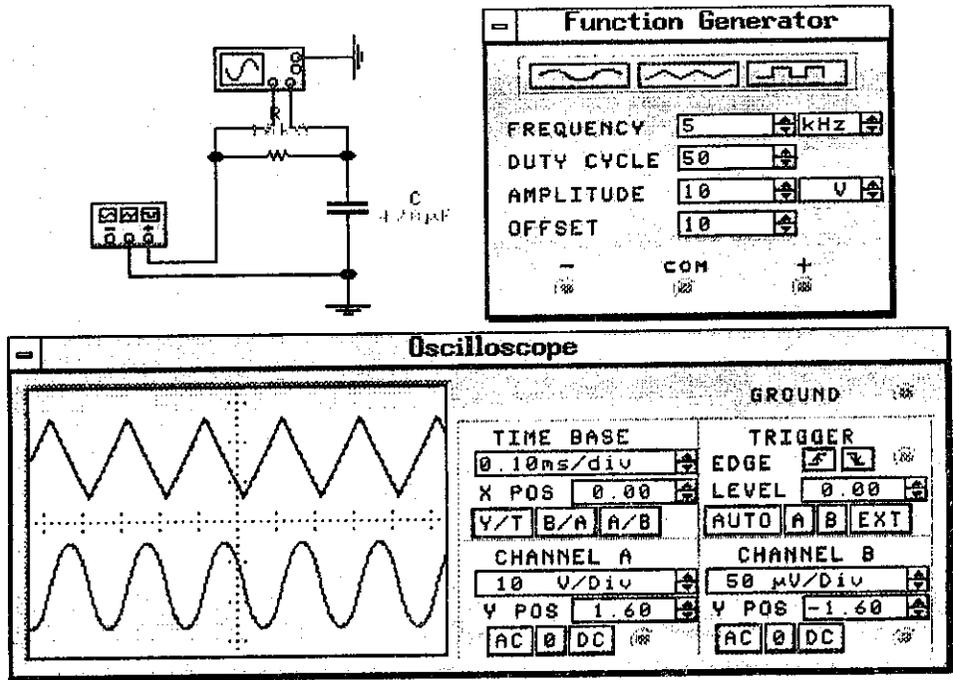


Fig. 2-29b Al aplicar señal triangular (superior) al circuito RC , el voltaje en C cambia de forma y se desfasa.

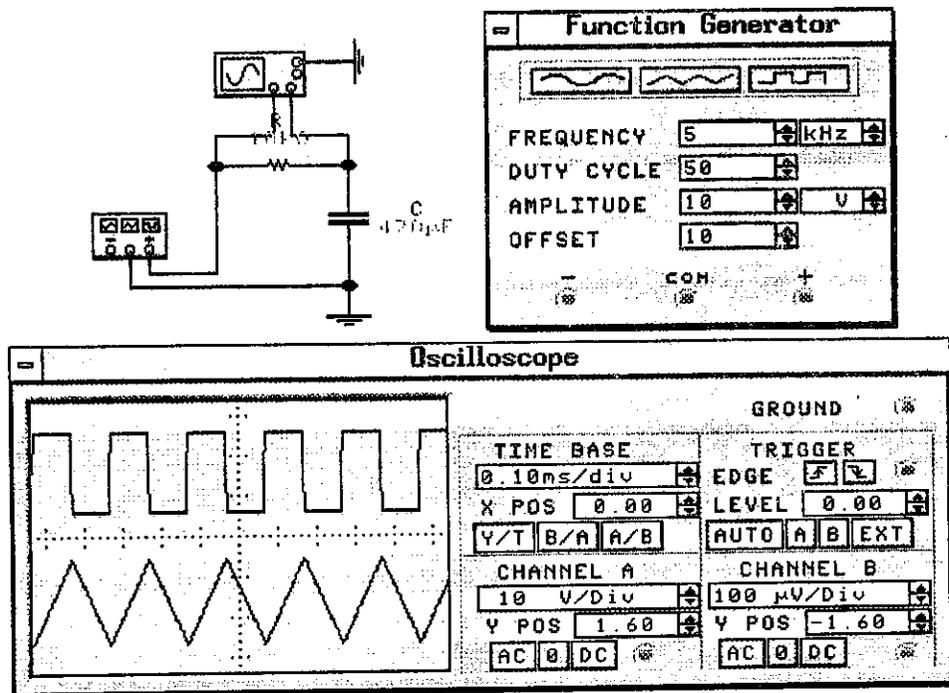


Fig. 2-29c Aplicación de señal cuadrada al circuito RC . La señal inferior es el voltaje resultante en C.

- Circuito RL.

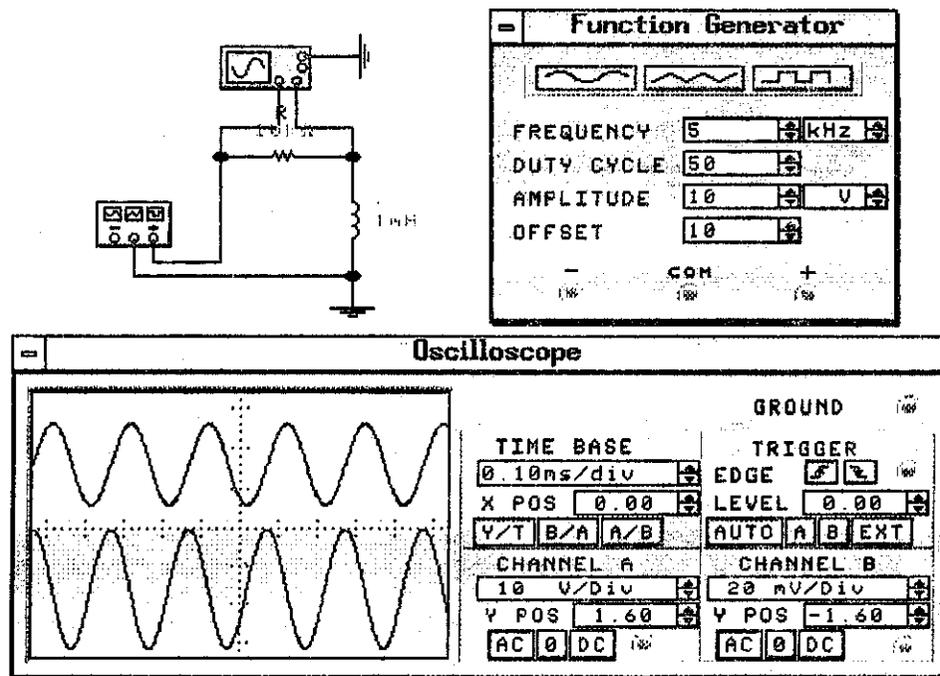


Fig. 2-30a Aplicación de señal senoidal al circuito RL, obsérvese el desfase en las señales.

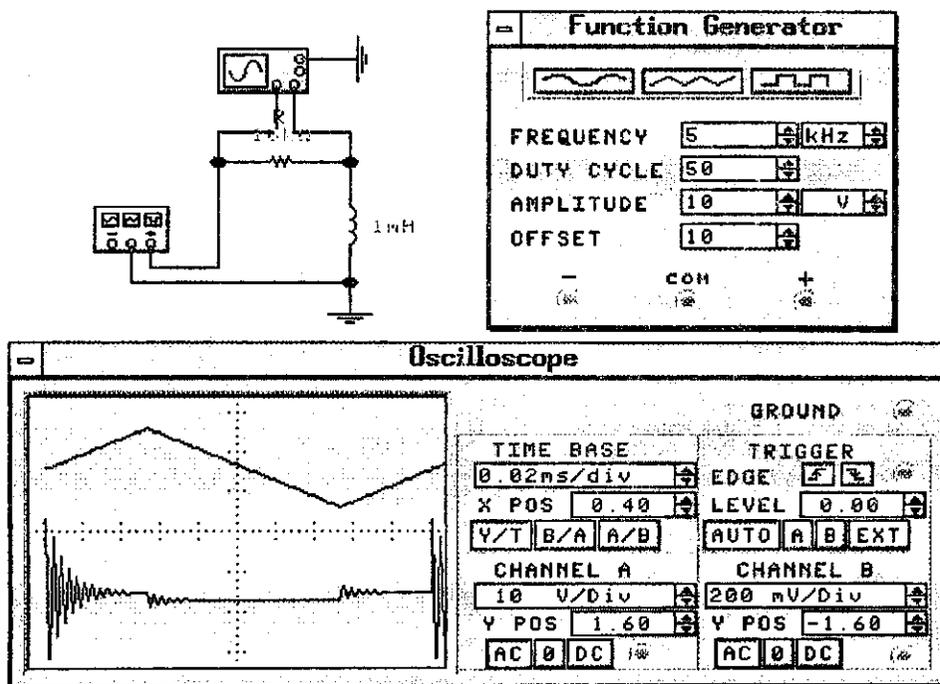


Fig. 2-30b Voltaje en L (inferior) al aplicar señal triangular.

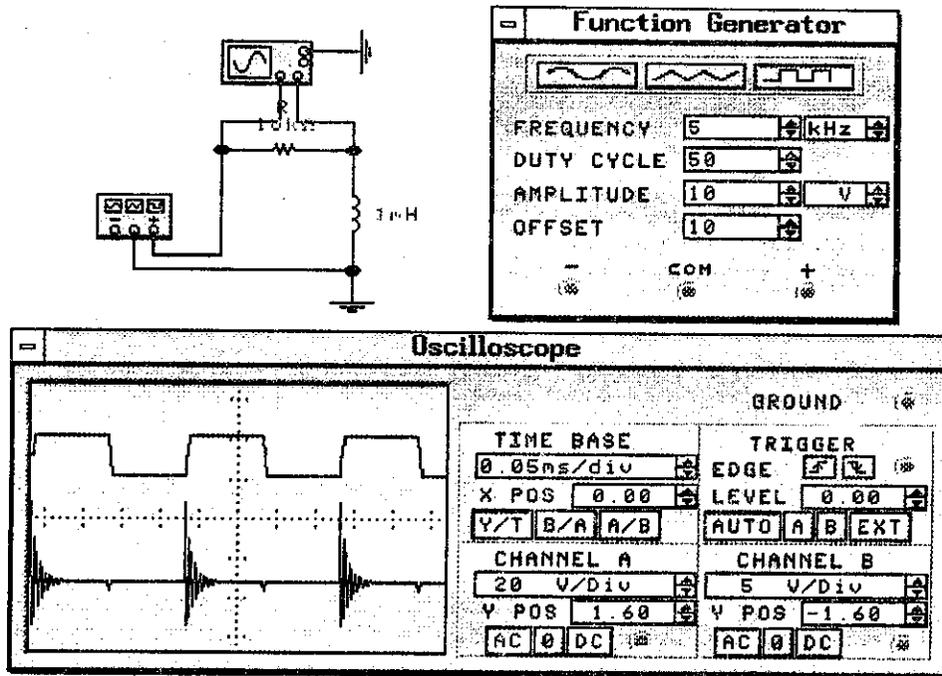
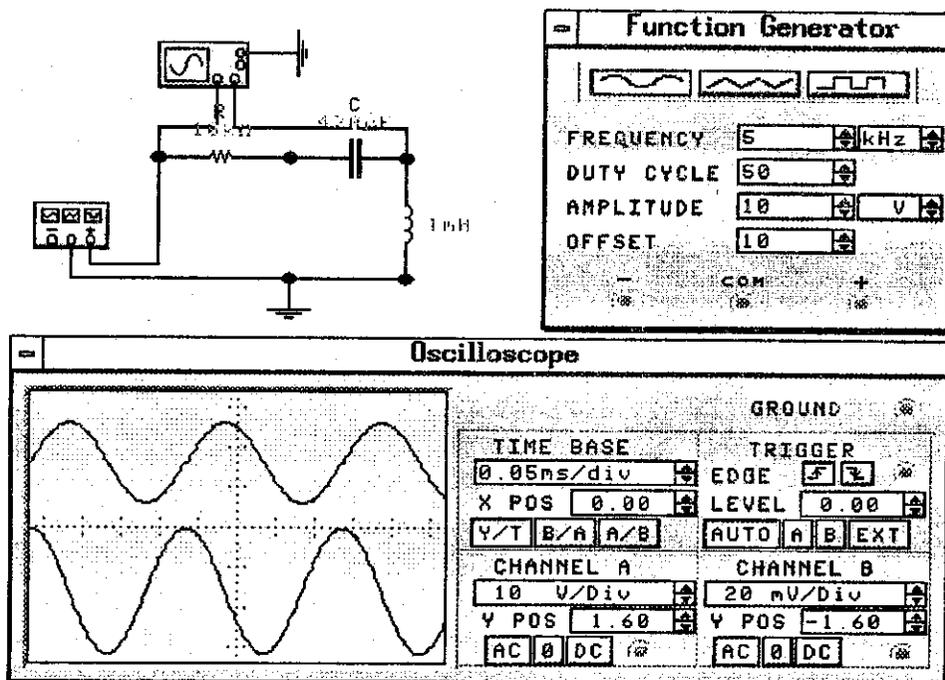
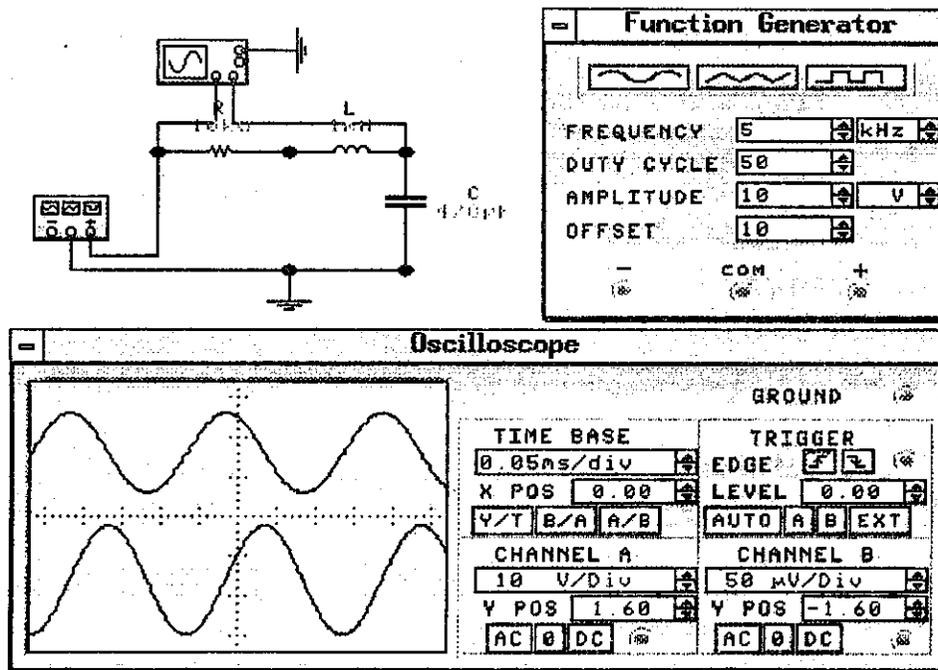


Fig. 2-30c Voltaje en L (inferior) al aplicar señal cuadrada.

- Circuito RLC.

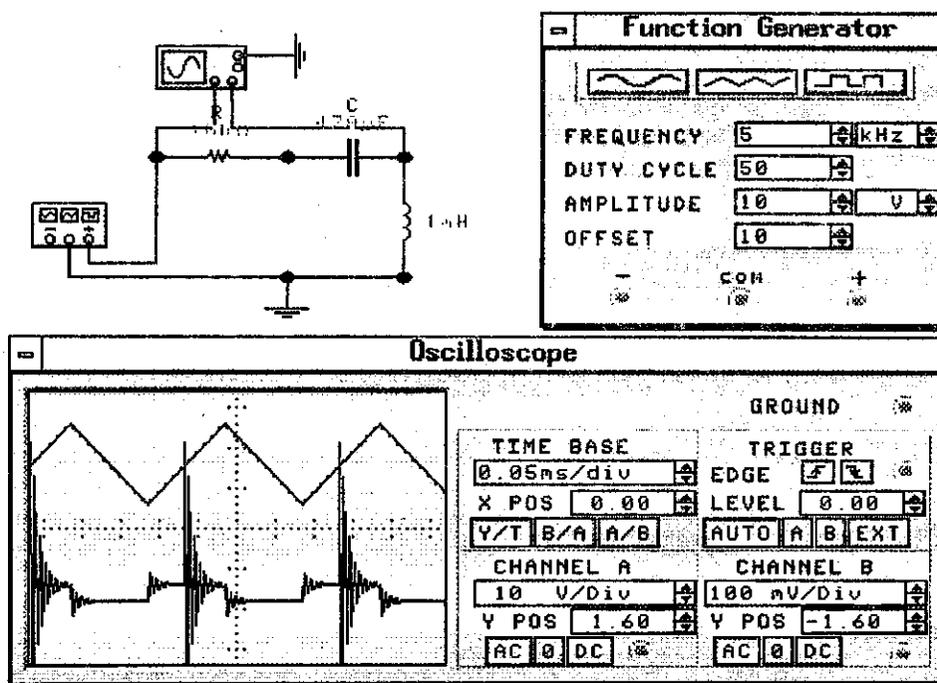


(a)

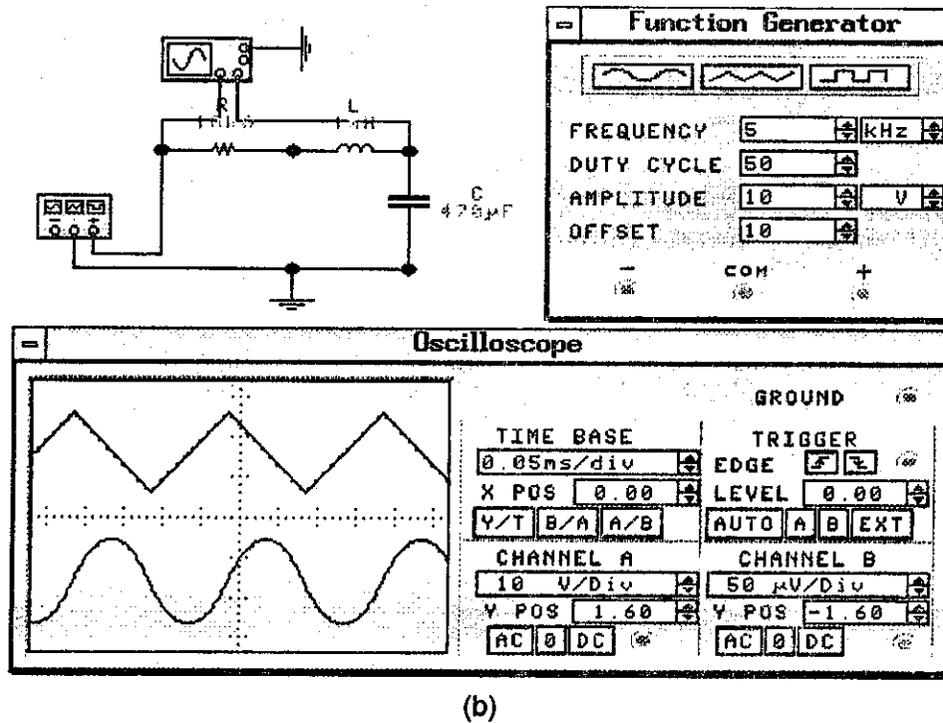


(b)

Fig. 2-31a Voltajes en circuito RLC al aplicar señal senoidal (a) voltaje en L (b) voltaje en C. Obsérvese detenidamente el desfase para cada caso.

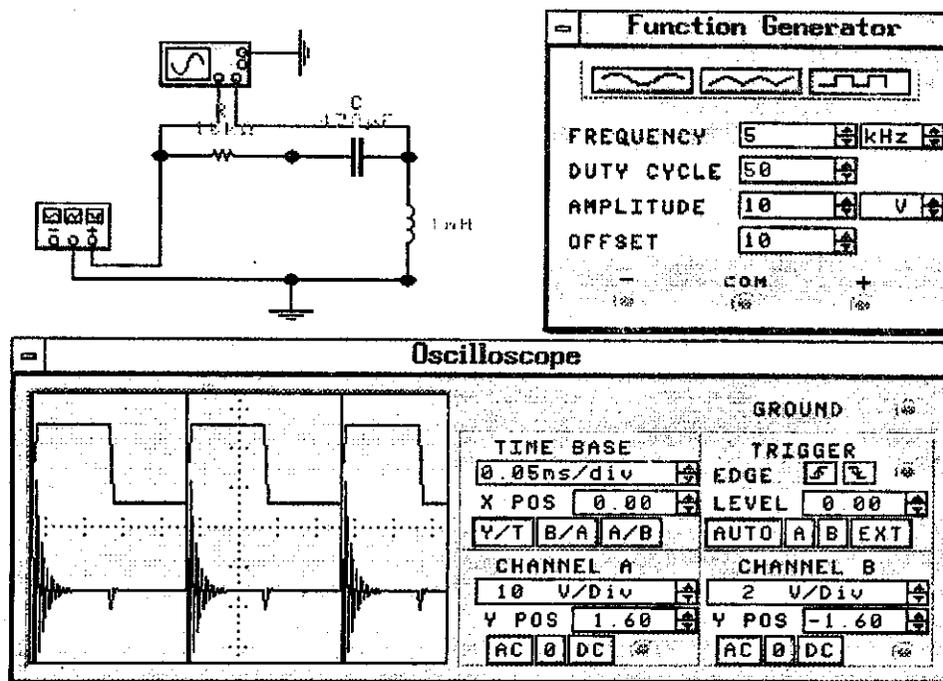


(a)



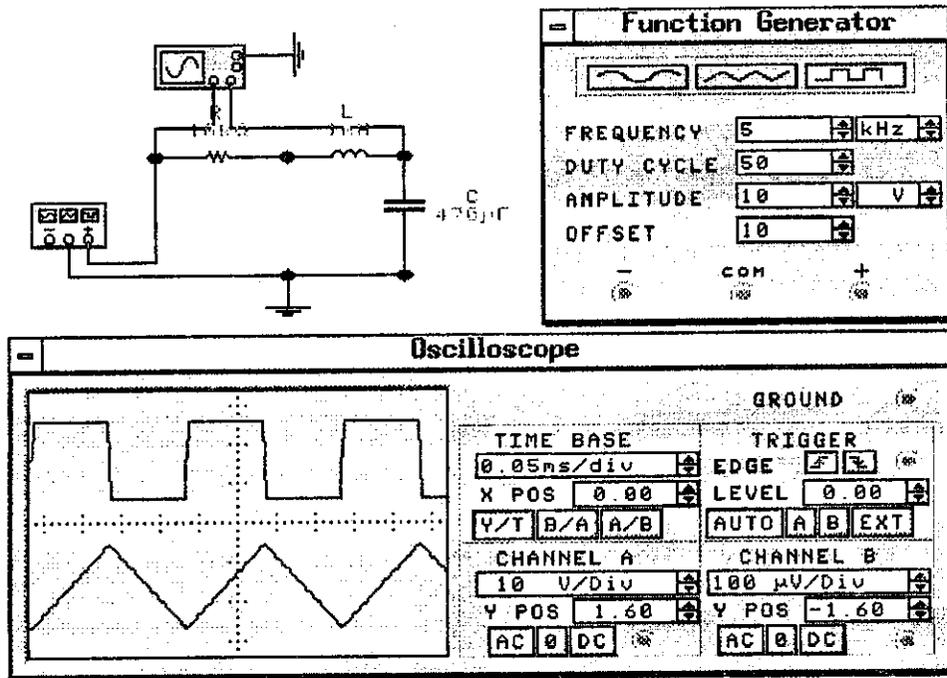
(b)

Fig. 2-31b Voltajes en circuito RLC al aplicar señal triangular (a) V en L (b) V en C.



(a)

USAC



(b)

Fig. 2-31c Voltajes en el circuito RLC al aplicar señal cuadrada (a) V en L (b) V en C.

USAC

2.7 Resonancia en serie.

Objetivo.

Comprender el fenómeno de resonancia en serie , a través de un análisis con el ploteador de Bode.

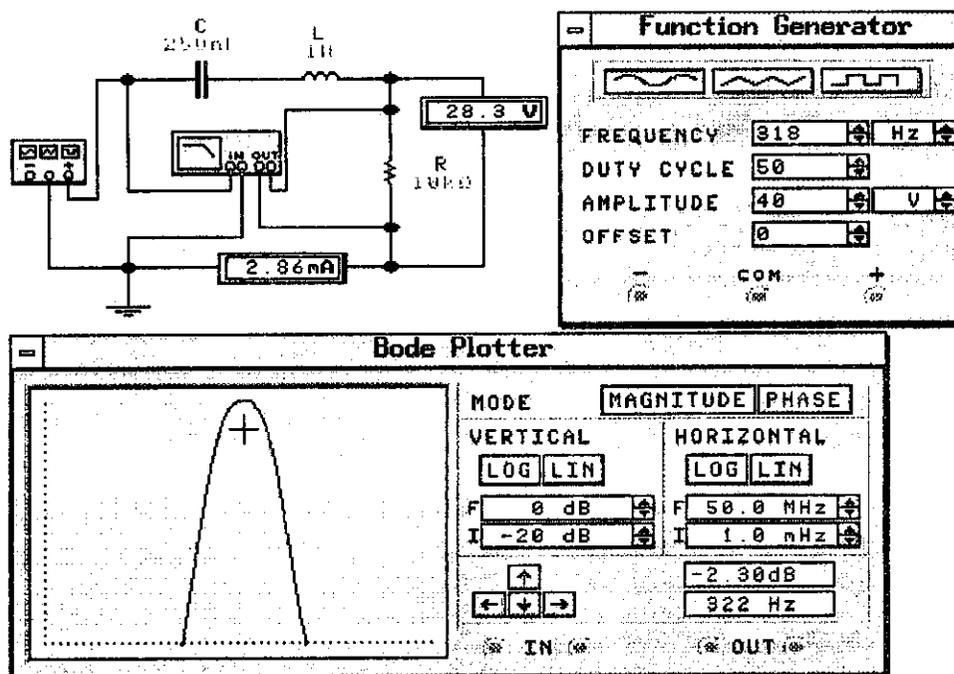


Fig. 2-32 Fenómeno de Resonancia en serie.

La resonancia se da en un circuito RLC cuando la reactancia inductiva (X_L) es igual a la reactancia capacitiva (X_C). Para calcular la frecuencia de resonancia se igualan las expresiones para X_L y X_C :

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_C = 1 / 2\pi fC$$

$$F_r = 1 / 2\pi \sqrt{LC}$$

f = frecuencia de la señal en Hertz.

L = inductancia en Henrrys.

C = capacitancia en Faradios.

F_r = frecuencia de resonancia

Para el circuito anterior con $C = 250 \text{ nF}$, y $L = 1 \text{ H}$; $F_r = 318 \text{ Hz}$.

En el Ploteador de Bode se puede observar que a dicha frecuencia se obtiene el máximo valor de voltaje en R. Se puede ver que el ploteador está ajustado para medir la relación del voltaje de salida (V en R) respecto del voltaje en la entrada del circuito , que tiene su máximo valor a la frecuencia de resonancia.

2.8 Factor de potencia.

Objetivo.

Determinar cómo se logra el mejoramiento del factor de potencia en un circuito eléctrico.

Un motor eléctrico está formado por arrollamientos de alambre esmaltado , generalmente , de cobre , por lo que se puede modelar en un circuito eléctrico como una inductancia en serie con una resistencia .

En la práctica esta resistencia es muy pequeña , del orden de las centésimas de Ω , ya que el cobre es conductor y la inductancia es del orden de los mili Henrys.

Desde este punto de vista se presenta un circuito que modela un motor eléctrico conectado a una red de potencia de 120 voltios y 60 Hertz . La corriente que demanda el motor es utilizada , parte de ella , para producir el giro (corriente activa) y el resto de la corriente es utilizada por los arrollamientos de alambre para producir un campo magnético , necesario para convertir la energía de eléctrica a mecánica , a esta corriente se le llama **corriente reactiva** .

La corriente reactiva se le puede suministrar al motor en el lugar donde se encuentra a través de un capacitor en paralelo , lo que hará que por la línea de alimentación sólo circule la corriente activa , mejorando , así , otra característica de una instalación eléctrica conocida como **REGULACION DE VOLTAJE**.

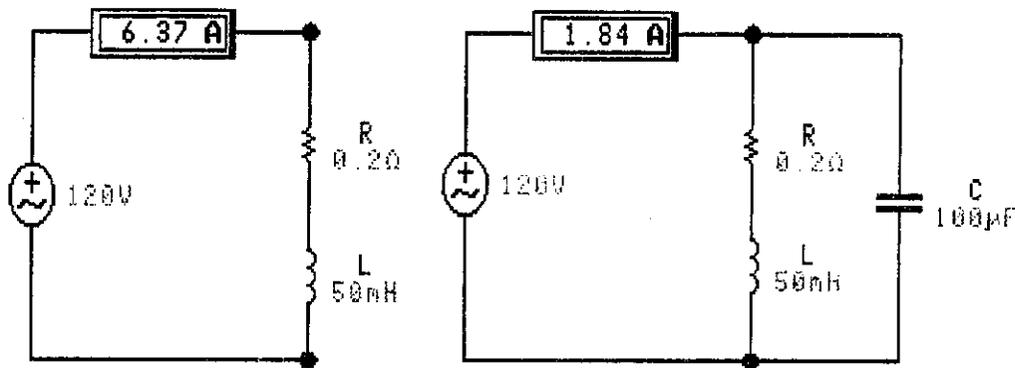


Fig. 2-33 Modelado de un motor eléctrico (R y L en serie) al que se le mejora el factor de potencia con el capacitor C.

Obsérvese que cuando se conecta C al circuito , la corriente entregada per la fuente disminuye.

2.9 Sistemas trifásicos.

Objetivos:

Entender que es un circuito trifásico, así como sus diferentes configuraciones, y características de cada una.

Un sistema trifásico se forma al interconectar tres generadores o fuentes de energía eléctrica, donde cada una de estas fuentes están desfasadas 120° eléctricos. La forma en que se conectan estas fuentes da lugar al nombre del sistema; Las conexiones más comunes son CONEXION Δ 3 HILOS, ESTRELLA 3 HILOS Y ESTRELLA 4 HILOS.

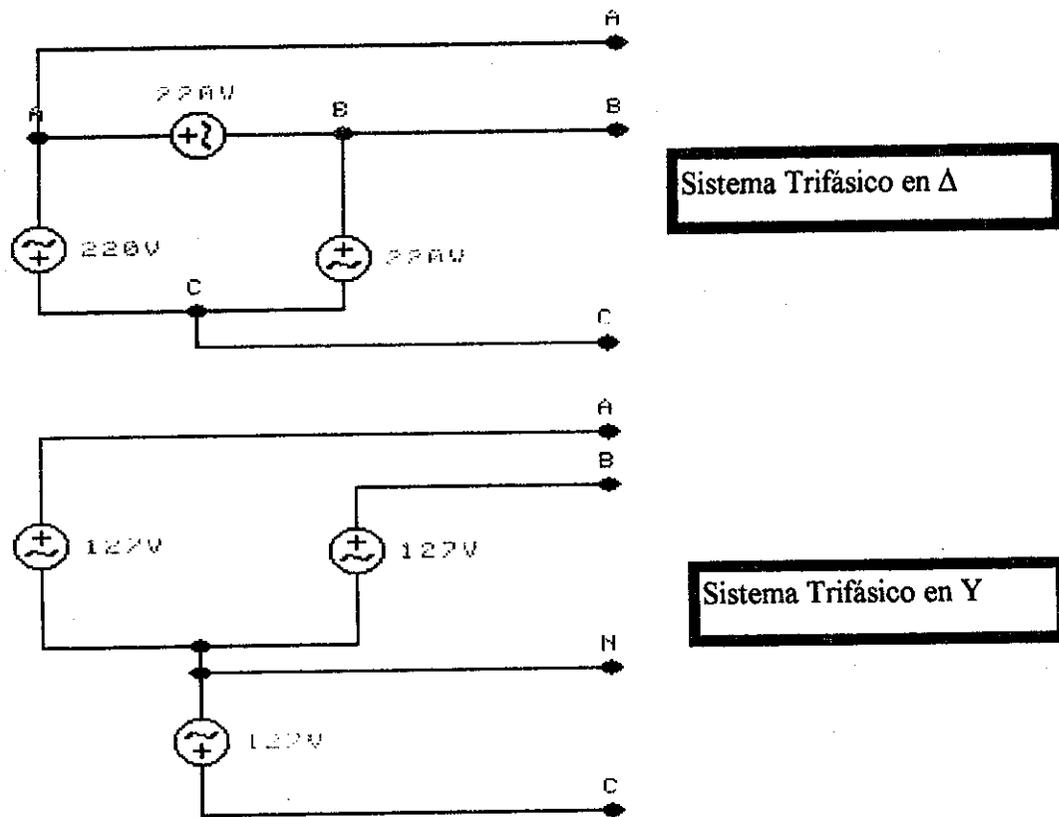


Fig. 2-34 Sistemas trifásicos.

Las cargas que se le conectan al sistema también pueden estar en Y o en Δ , lo que da lugar a varias combinaciones posibles. El análisis aquí se hará para cargas en Y para sistemas en Y, y cargas en Δ para sistemas en Δ .

La conexión en Y presenta dos variantes, a saber, con 3 ó 4 hilos, donde esta última conexión contiene la línea neutra.

El análisis se hará para cargas balanceadas y desbalanceadas.

- Sistema trifásico en Y 3 hilos con carga balanceada.

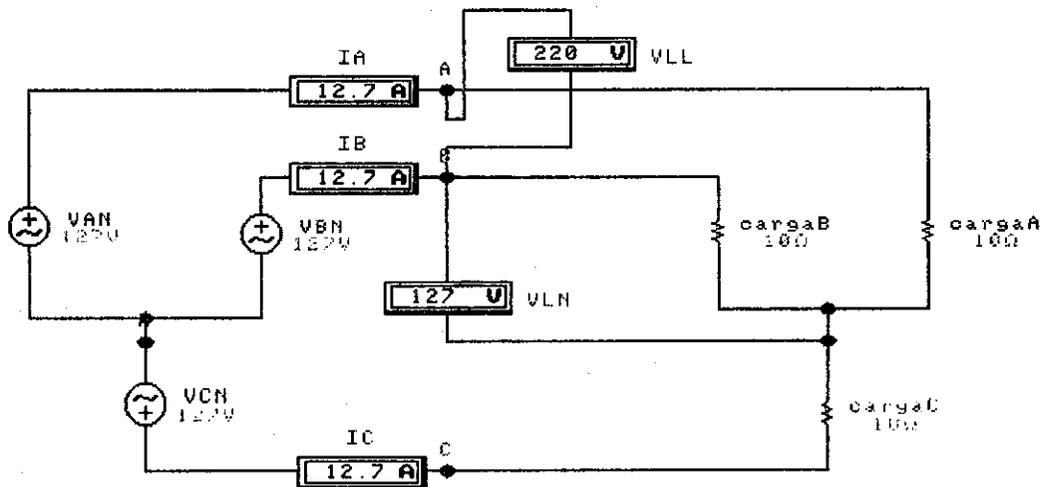


Fig. 2-35a En esta configuración se puede observar que $I_L = I_f$, y $V_{LL} = \sqrt{3} \times V_f$.

- Sistema trifásico Y 3 hilos con carga desbalanceada.

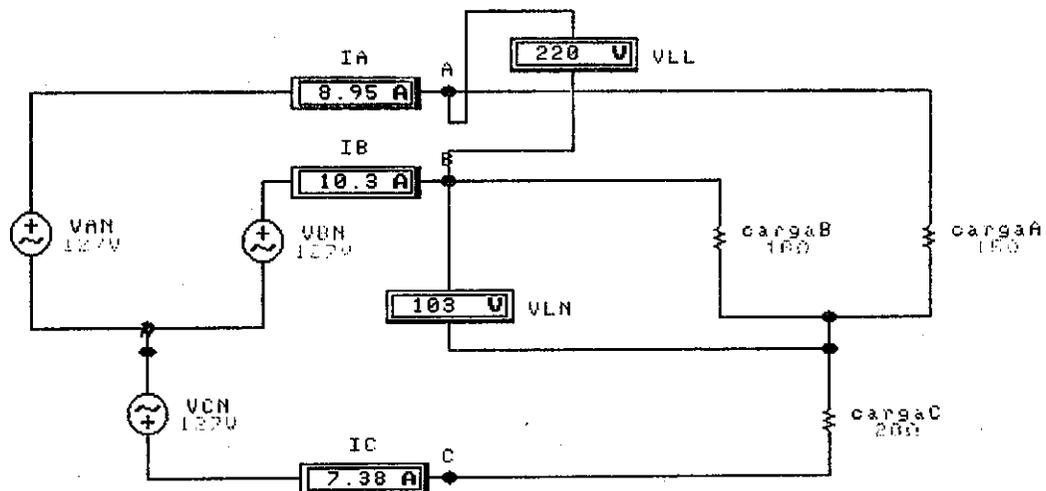


Fig. 2-35b Se observa el corrimiento del neutro por la falta de la línea neutra.

- Sistema trifásico en Y 4 hilos con cargas balanceadas.

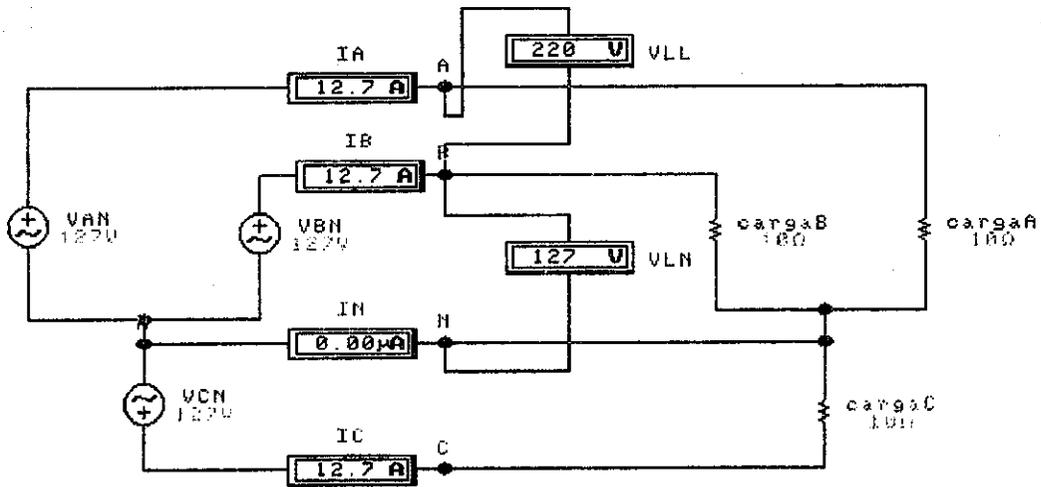


Fig. 2-36a Se observa en esta configuración que $I_N = 0$.

- Sistema trifásico Y 4 hilos con carga desbalanceada.

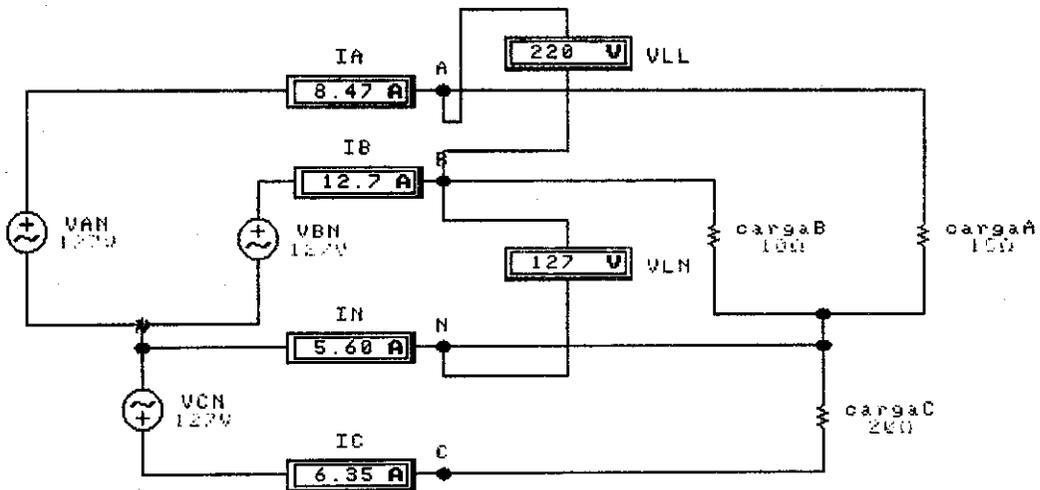


Fig. 2-36b Se observa que en esta configuración $I_N \neq 0$.

- Sistema trifásico Δ con carga balanceada.

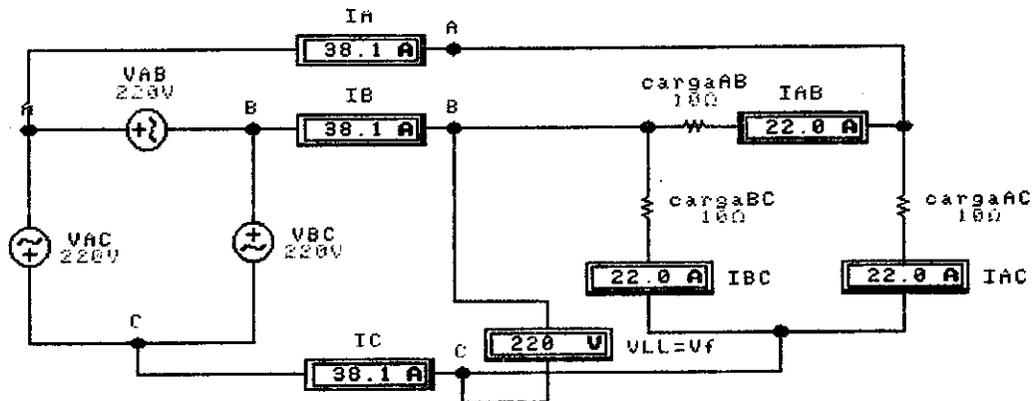


Fig. 2-37a En esta configuración se observa que $V_{LL} = V_f$, y $I_L = \sqrt{3} \times I_f$.

- Sistema trifásico Δ con carga desbalanceada.

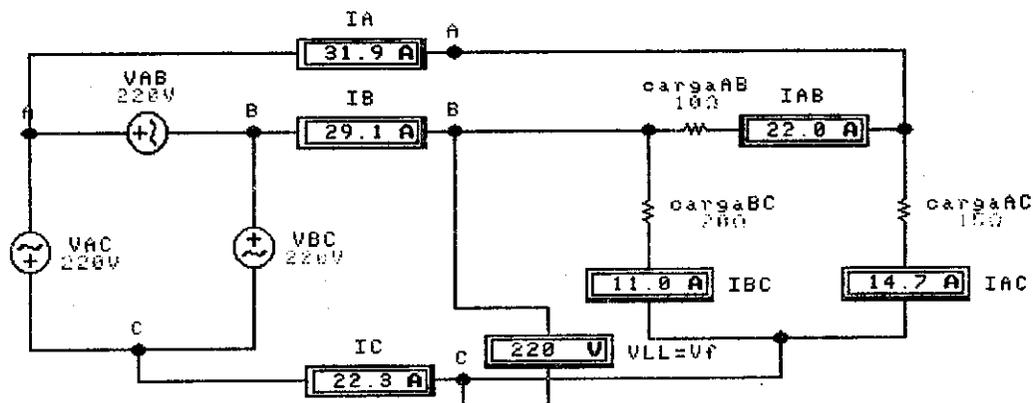


Fig. 2-37b En esta configuración se observa que no hay corrimiento del neutro.

USAC

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

APITULO 3

SIMULACIONES DEL LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS 2

3.2 Marcas de polaridad en transformadores.

Objetivo.

Comprender cómo reconocer las marcas de polaridad en un transformador.

Las marcas de polaridad de un transformador son puntos en las terminales de entrada y salida, que indican la polaridad instantánea de una terminal respecto de otra, lo cual es de suma importancia al conectar varios transformadores para formar bancos de éstos.

Un método simple para asignar marcas de polaridad a un transformador es conectar un voltaje de DC en las terminales de entrada y conectar un voltímetro análogo en las terminales de salida, si la reflexión de la aguja es hacia afuera, significa que la terminal positiva del voltímetro está conectada al voltaje más positivo en la salida del transformador, si la reflexión es hacia adentro del voltímetro, significa que el voltaje más positivo en la salida se encuentra en la terminal negativa del voltímetro.

El simulador EWB no cuenta con voltímetro análogo, por lo que se utilizará el osciloscopio para medir la respuesta transitoria en la salida del Transformador.

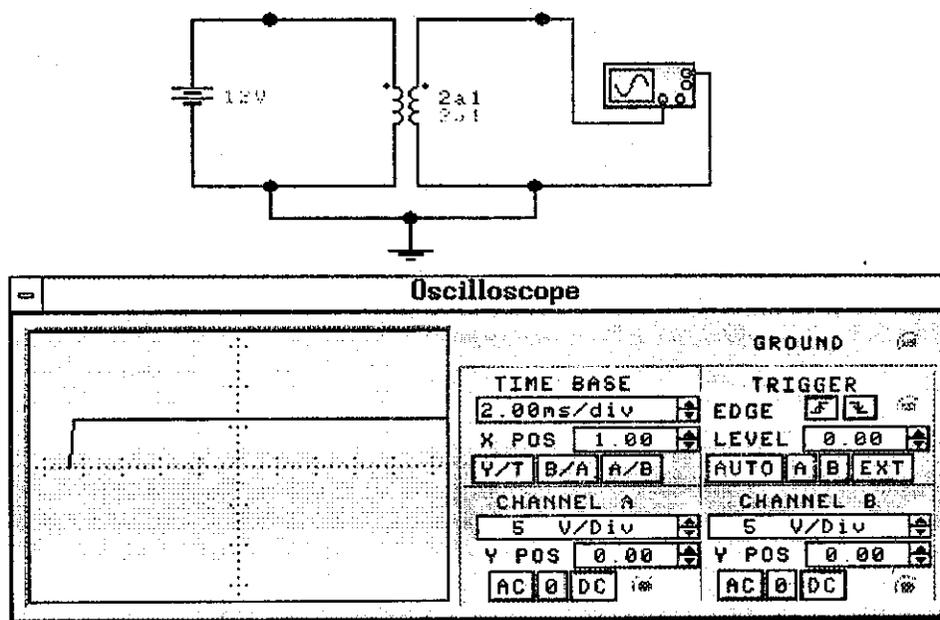


Fig. 3-0a Osciloscopio midiendo el pulso que se genera en la salida del transformador al aplicarle DC en la entrada, el pulso positivo de 6V significa que la terminal de salida en la parte superior es positiva respecto de la inferior.

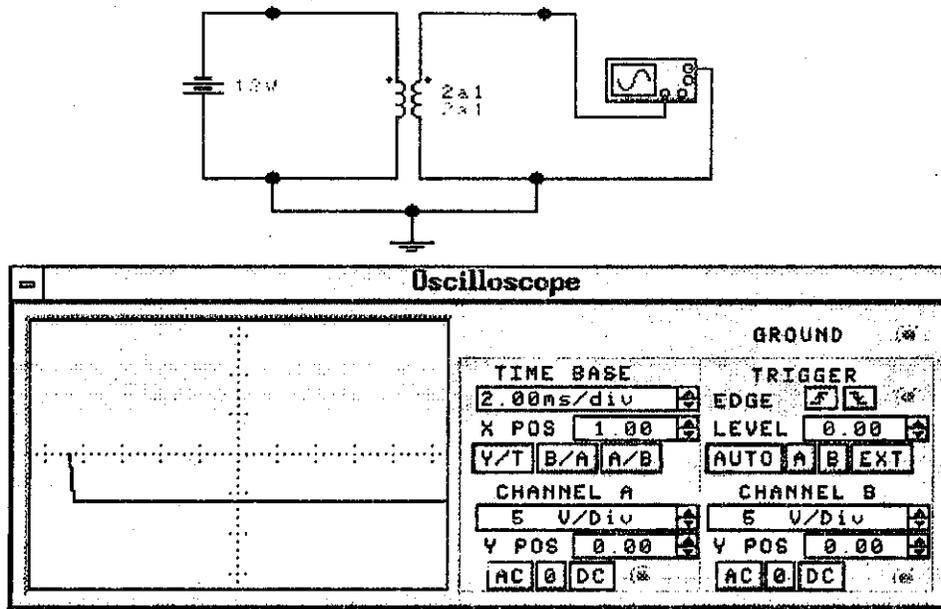


Fig. 3-0b El pulso de -6V DC medido por el osciloscopio significa que , la terminal de salida en la parte superior es más negativa que la inferior.

La conclusión es : las marcas de polaridad indican que en el mismo instante de tiempo las terminales marcadas son más positivas que las no marcadas para cada lado del transformador.

Aprovechando el concepto de marcas de polaridad se puede desarrollar , ahora , otro concepto importante como lo es el de POLARIDAD ADITIVA Y SUSTRACTIVA , que se describe en las gráficas siguientes:

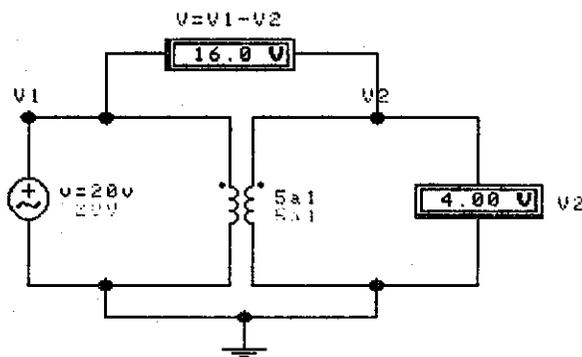


Fig. 3-0c Polaridad sustractiva : si se conectan las terminales no marcadas de un transformador , en las terminales marcadas se obtiene la diferencia del voltaje de entrada y el de salida.

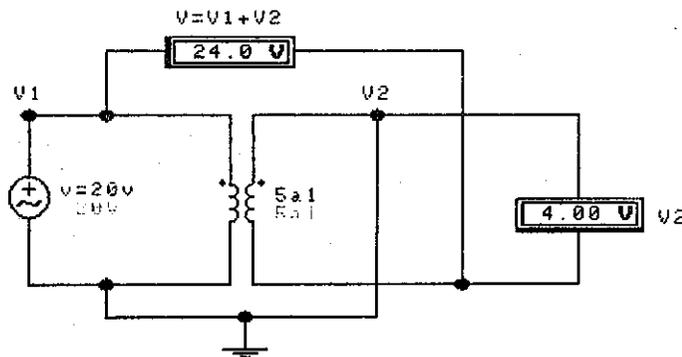


Fig. 3-1d Polaridad aditiva : si se conectan una terminal marcada y otra sin marca , pero no del mismo lado , del transformador , entre las terminales no conectada aparece la suma del voltaje de entrada y el de salida.

3.2 Condiciones iniciales en circuitos RC y RL.

Objetivo.

Observar el comportamiento del voltaje en el periodo inicial en bobinas y capacitores.

- **Tiempo de carga de un capacitor.** Para un circuito RC el tiempo en que se carga el capacitor solamente depende del valor en Ω de R y el valor en Faradios de C. Experimentalmente, se ha observado que el tiempo total de la carga es, aproximadamente, 5 veces el producto de R por C o sea $5RC$; Al producto RC se le conoce como **constante de tiempo τ** .

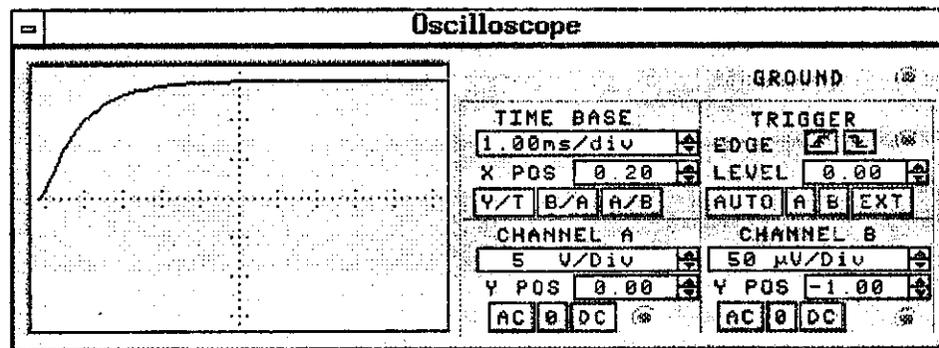
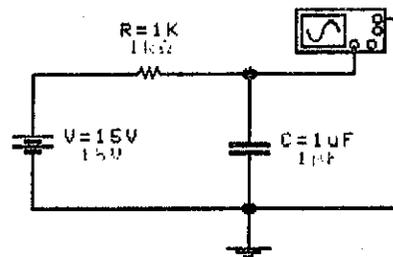


Fig. 3-1a Circuito RC con $R=1K$, $C=1\mu F$ y $V=15v$ DC.

Para este circuito $\tau = 1mseg.$ lo que significa que a los 5 mseg. aproximadamente, el capacitor se cargará.

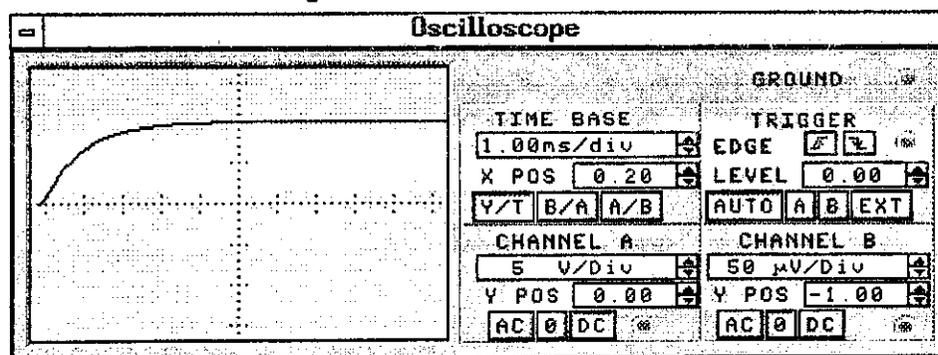


Fig. 3-1b Tiempo de carga del capacitor del circuito de la Fig. 3-1a con $V=10v$ DC.

El tiempo de carga no depende del voltaje aplicado al circuito.

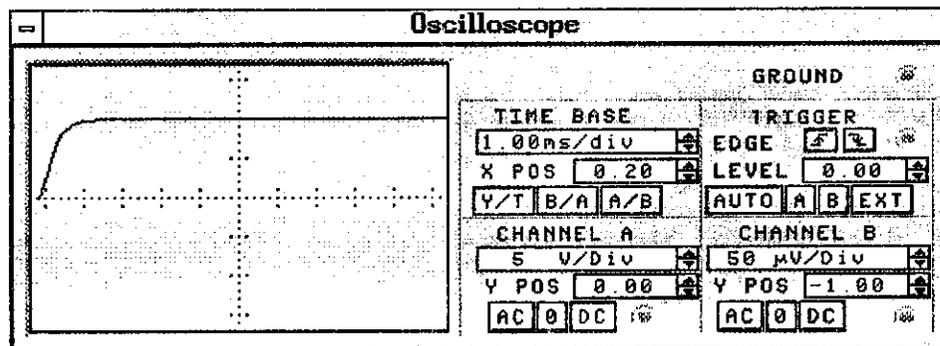


Fig. 3-1c Respuesta en circuito RC con $R=300\Omega$, $C=1\mu\text{F}$ y $V=10\text{v DC}$.

Al variar R o C si cambia el tiempo de carga.

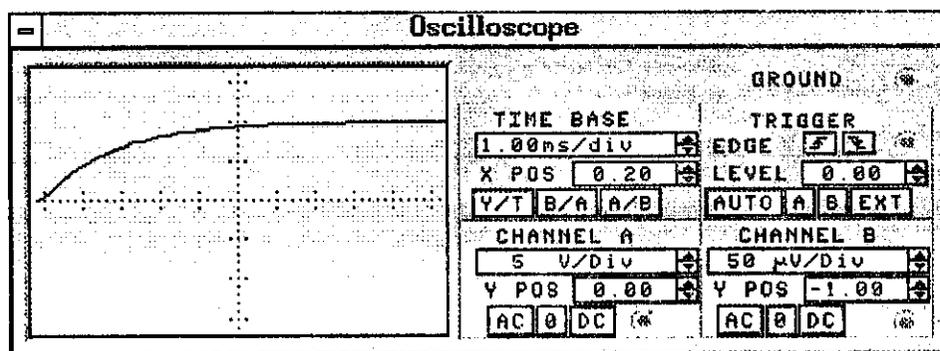


Fig. 3-1d Respuesta en circuito RC con $R=1.8\text{k}\Omega$, $C=1\mu\text{F}$ y $V=10\text{v DC}$.

- **Tiempo de puesta en corto de un inductor.** Al igual que en un circuito RC hay un tiempo de carga del capacitor, en un circuito RL hay un tiempo para que el inductor llegue al estado de cortocircuito; este tiempo depende solamente del valor en Ω de R y del valor en Henrys de L . Experimentalmente, se ha observado que este tiempo es, aproximadamente, $5RL$, donde al producto RL se le conoce como **constante de tiempo** τ del circuito RL.

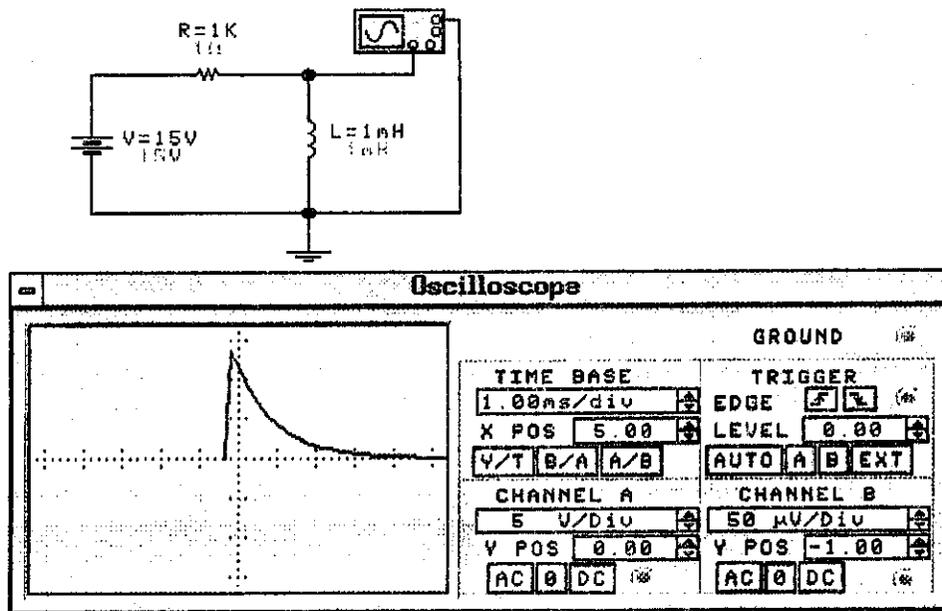


Fig. 3-2a Circuito RL con $R=1\Omega$; $L=1mH$ y $V=15v$ DC.

Para el circuito anterior $\tau=1mseg.$ lo que significa que a los 5mseg. la bobina será un corto circuito.

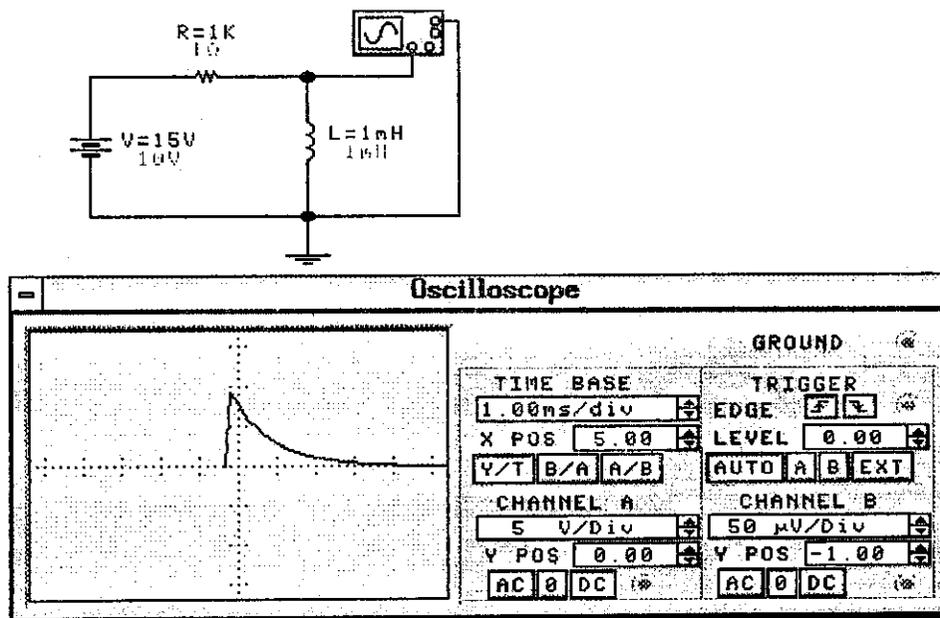
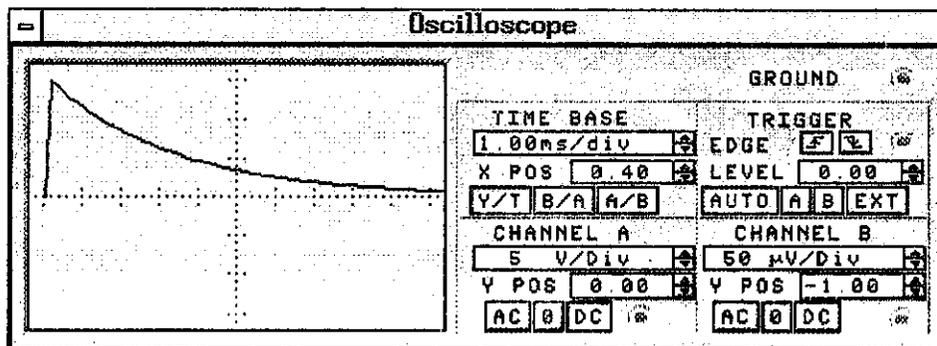
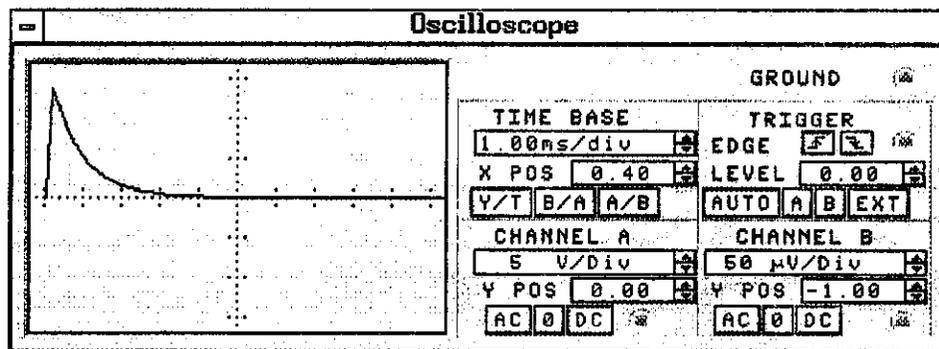


Fig. 3-2b Tiempo de puesta en corto para la bobina de 1mH. con $R=1\Omega$ y $V=10v$ DC. El tiempo de puesta en corto no depende del valor de la fuente de alimentación.



(a)



(b)

Fig. 3-3 Tiempo de puesta en corto para un circuito RL con $L=1\text{mH}$, $V=15\text{vDC}$ y (a) $R=300\Omega$ (b) $R=1.2\text{k}\Omega$.

Al variar R ó L en un circuito RL si se altera el tiempo de puesta en corto de la bobina.

USAC

3.3 Polos y ceros.

Objetivo.

Comprobar la existencia de polos y ceros un circuito mediante la observación de la relación entre dos voltajes V_{in} y V_{ou} a lo largo del espectro de frecuencia.

La teoría de polos y ceros estudia el comportamiento de los circuitos con relación a la frecuencia.

Si se analiza la relación que existe entre el voltaje de dos puntos de un circuito, se ha observado que existen frecuencias a las cuales esta relación es máxima (polo o polos del circuito) y frecuencias a las cuales esta relación es mínima (cero del circuito).

A continuación se presenta un circuito RC y se mide la relación de voltajes entre dos puntos, V_{in} (voltaje de entrada) y V_{ou} (voltaje de salida).

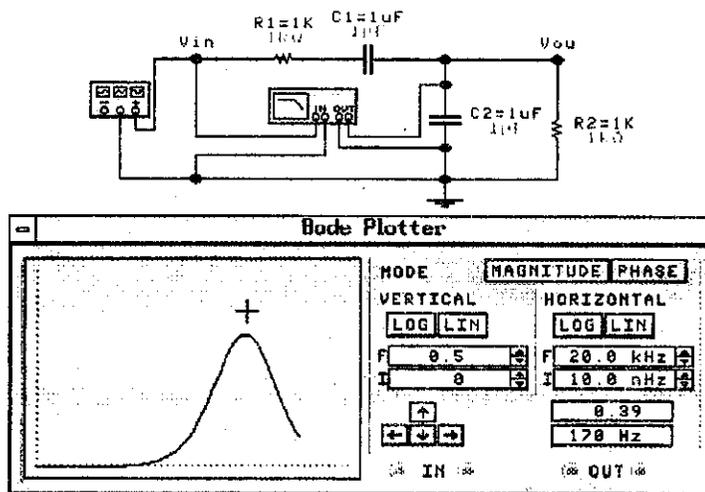
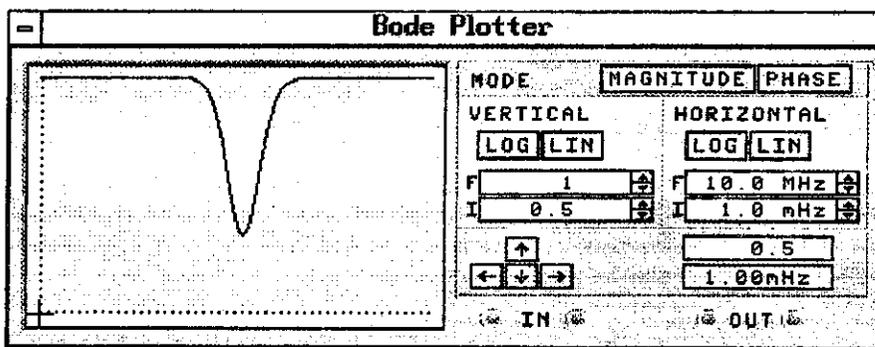
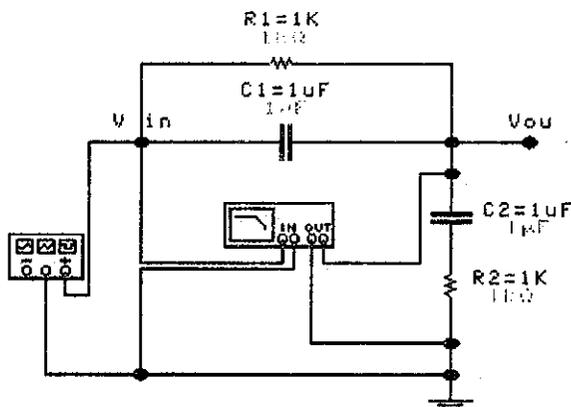


Fig. 3-4 La relación V_{ou}/V_{in} alcanza un polo a una frecuencia de 170Hz., aproximadamente.



USAC

Fig. 3-5 Alterando la configuración del circuito de la Fig. 3-4 se observa un cero en 160Hz. al medir la relación V_{ou}/V_{in} .

USAC

3.4 Parámetros de entrada , salida y transferencia de un circuito de dos puertos.

Objetivo.

Efectuar la medición correcta de estos parámetros , comprender su importancia en un circuito.

- **Impedancia de entrada de un circuito:** este parámetro es de gran importancia en el diseño de amplificadores y juntamente con los demás parámetros son constantes para un circuito dado sin depender del voltaje aplicado.

$$Z_{11} = V_1 / I_1 \text{ con } I_2 = 0.$$

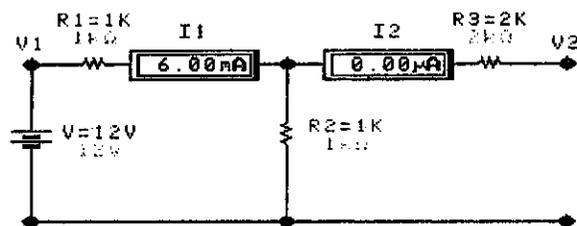


Fig. 3-6 a Medición de V_1 e I_1 para calcular la Impedancia de entrada que para este circuito es $2k\Omega$.

- **Impedancia de salida de un circuito:** este parámetro es de utilidad en el diseño de amplificadores y es constante para cada circuito.

$$Z_{22} = V_2 / I_2 \text{ con } I_1 = 0.$$

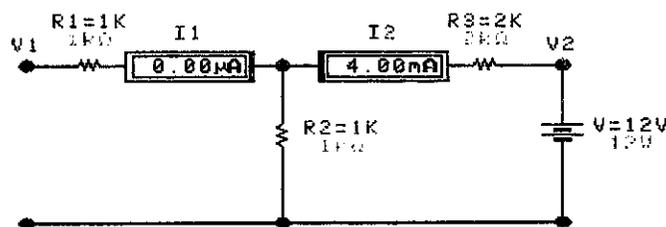
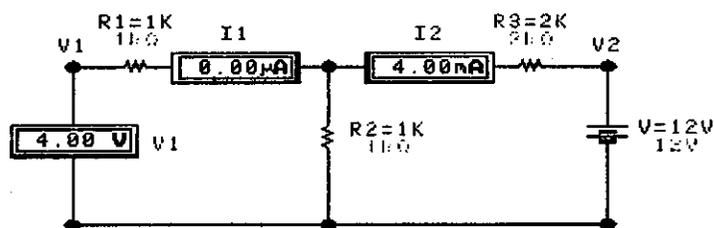


Fig. 3-6 b Medición de V_2 e I_2 para calcular la impedancia de salida del circuito . $Z_{22} = 3k\Omega$.

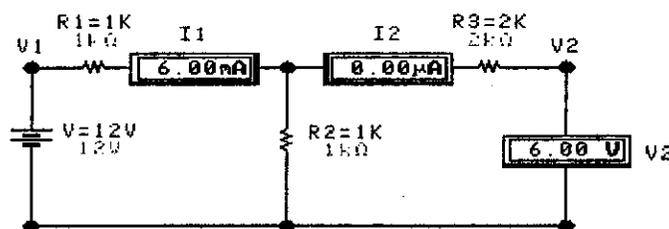
- **Impedancia de transferencia de un circuito.** Un circuito es BILATERAL cuando sus impedancias de transferencia son iguales, lo que significa que se le puede inyectar una señal por cualquiera de los dos puertos, ya que, la respuesta en el otro será igual.

$$Z_{12} = V_1 / I_2 \text{ con } I_1 = 0.$$

$$Z_{21} = V_2 / I_1 \text{ con } I_2 = 0.$$



(a)



(b)

Fig. 3-6c (a) Medición de V_1 e I_2 para calcular $Z_{12} = 1k\Omega$, (b) Medición de V_2 e I_1 para calcular $Z_{21} = 1k\Omega$.

- **Admitancia de entrada de un circuito:** Parámetro de gran interés en el análisis de redes, se calcula, para un circuito de dos puertos, como I_1 / V_1 con $V_2 = 0$.

$$Y_{11} = I_1 / V_1 \text{ con } V_2 = 0.$$

- **Admitancia de salida de un circuito:**

$$Y_{22} = I_2 / V_2 \text{ con } V_1 = 0.$$

- **Admitancia de transferencia de un circuito:**

$$Y_{12} = I_1 / V_2 \text{ con } V_1 = 0.$$

$$Y_{21} = I_2 / V_1 \text{ con } V_2 = 0.$$

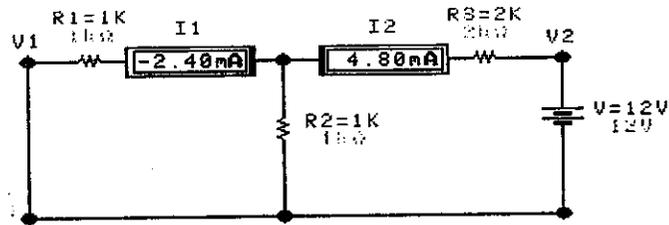


Fig. 3-7 a Circuito con $V_1 = 0$ en el que se mide I_1 e I_2 y se conoce $V_2 = 12v$.
 $Y_{12} = -2 \times 10^{-4}$
 $Y_{22} = 4 \times 10^{-4}$

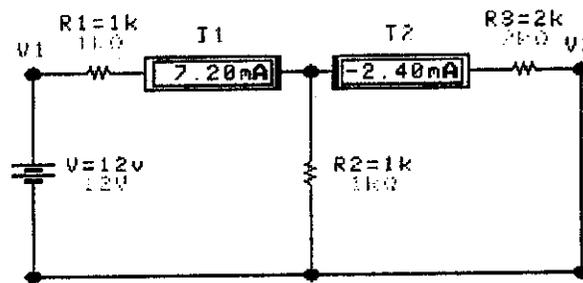


Fig. 3-7b Circuito con $V_2 = 0$ en el que se mide I_1 e I_2 y se conoce $V_1 = 12v$.
 $Y_{11} = 6 \times 10^{-4}$
 $Y_{21} = -2 \times 10^{-4}$

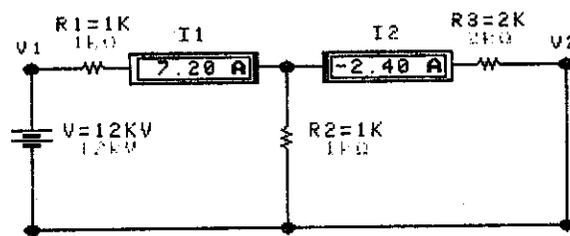


Fig. 3-8 Comparar con la Fig. 3-7b para observar que los parámetros no dependen del voltaje aplicado.
 USAC

3.5 Parámetros de Líneas de Transmisión.

Objetivos.

Familiarizarse con los parámetros y modelos utilizados en el estudio de las líneas de transmisión.

En el estudio de flujos de carga y en el de pérdidas en las líneas de transmisión de energía eléctrica, es necesario modelar la línea real por medio de circuitos eléctricos.

Los modelos más utilizados son el modelo T y el modelo π .

Los parámetros de transmisión proporcionan una forma rápida y aproximada de la relación que existe entre la corriente y el voltaje en el inicio de la línea (V_s e I_s , en el lado de transmisión) y el voltaje y la corriente en el final de ésta (V_r e I_r , en el lado de recepción).

La relación entre V_s e I_s con V_r e I_r esta determinada por:

$$V_s = AV_r - BI_r \quad (3-1)$$

$$I_s = CV_r - DI_r \quad (3-2)$$

donde A, B, C y D son los parámetros de transmisión de la línea y vienen dados por:

$$1/A = V_r / I_s \text{ con } I_r = 0. \quad (3-3)$$

$$-1/B = I_r / V_s \text{ con } V_r = 0. \quad (3-4)$$

$$1/C = V_r / I_s \text{ con } I_r = 0. \quad (3-5)$$

$$-1/D = I_r / I_s \text{ con } V_r = 0. \quad (3-6)$$

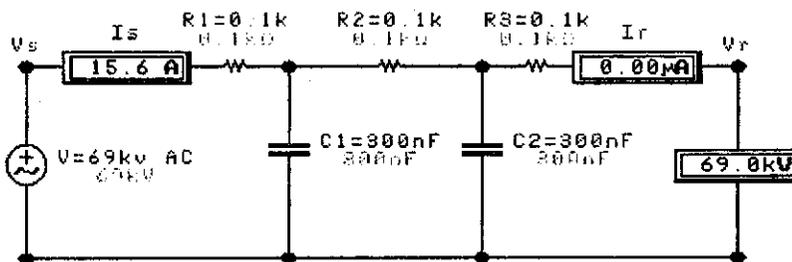


Fig. 3-9 Modelo simple π de una línea de transmisión con $V_r=0$ (corto circuito), $V_s=69 \text{ KV AC } 60 \text{ Hz}$.

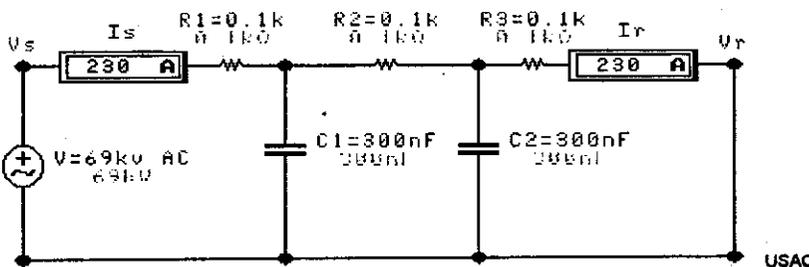


Fig. 3-10 Modelo de una línea de transmisión con $I_r=0$ (circuito abierto).

De los dos circuitos anteriores se puede calcular :

$$A = 1$$

$$B = -3.33 \text{ m } 1/\Omega$$

$$C = 4.42 \text{ k}\Omega$$

$$D = -1$$

Si se conoce el voltaje y la corriente (V_r e I_r) en la carga de una línea, es posible hacer una aproximación para el voltaje y la corriente en el lado transmisor (V_s e I_s) utilizando las ecuaciones 3-1 y 3-2.

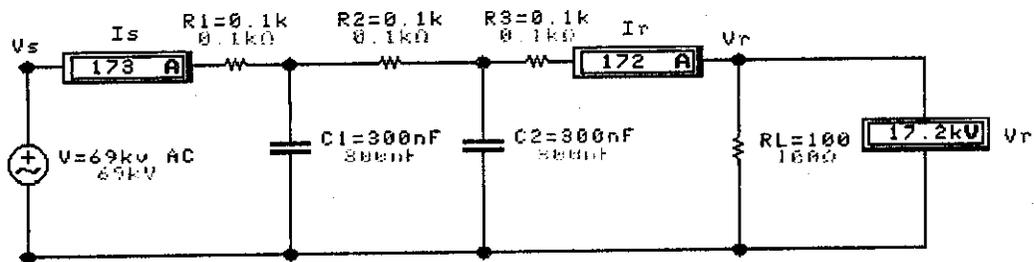


Fig. 3-11 a Línea de transmisión de las Fig. 3-9 y 10 con una carga $R_L=100\Omega$.

Evaluando las ecuaciones 3-1 y 3-2 con los parámetros A,B,C y D y los valores de V_r e I_r , se tiene:

$$V_s = 1 \times 17.2 \text{ KV} - (-300) \times 172 = 68.851 \text{ KV.}$$

$$I_s = 226 \mu\Omega \times 17.2 \text{ KV} - (-1) \times 172 = 175.8 \text{ A.}$$

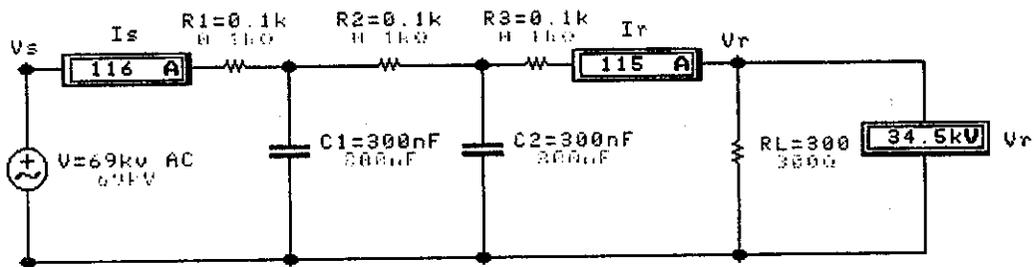


Fig. 3-11b Línea con carga de 300Ω .

Evaluando las ecuaciones 3-1 y 3-2 se tiene.

$$V_s = 69 \text{ KV}$$

$$I_s = 122.7 \text{ A.}$$

3.6 Filtros eléctricos pasivos.

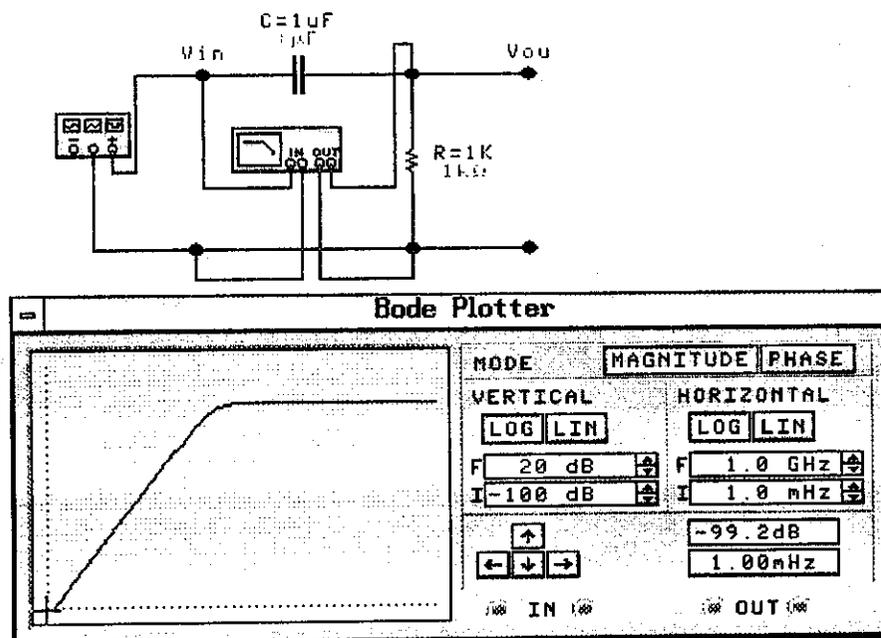
Objetivo.

Conocer y diferenciar los distintos tipos de filtros pasivos que hay , a saber , pasa - bajos , pasa-altos , pasa-banda y rechaza-banda.

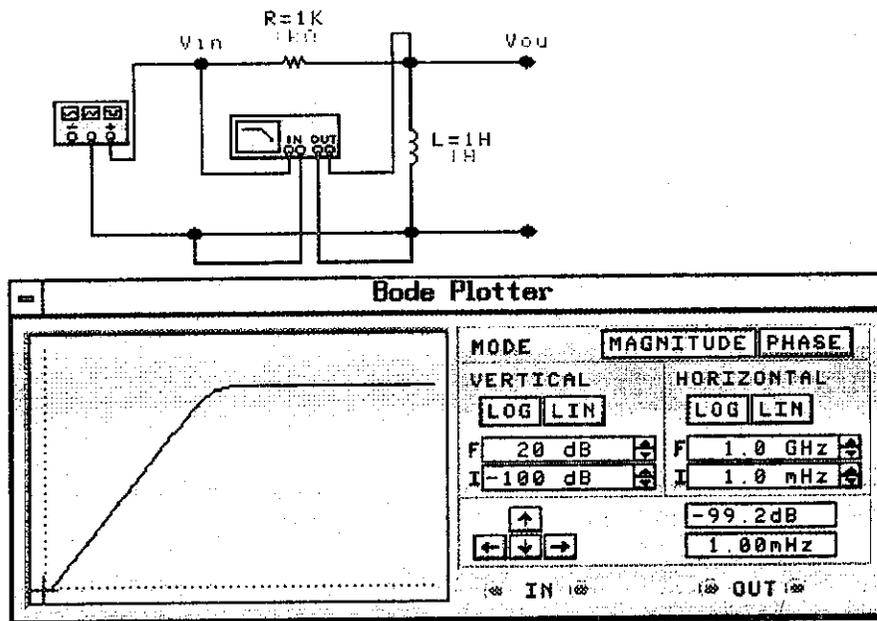
Un filtro eléctrico pasivo es aquel formado por elementos de circuitos pasivos , como lo son los elementos R , L y C ; pues , éstos no generan energía sino solamente la almacenan o la gastan. Existe otra clase de filtros conocidos como activos , construidos con elementos no pasivos , que no se tratarán en este estudio.

Se puede decir que un filtro es un circuito de dos puertos , entrada y salida , al cual se le inyecta una señal electrónica compuesta por muchas frecuencias , de las cuales , dependiendo de la clase de elementos que forman el circuito , el valor de los mismos y la posición que tengan dentro del circuito , solamente pasarán del puerto de entrada al de salida las frecuencias bajas , altas o un rango de ellas.

- Filtros pasa altas.



(a)

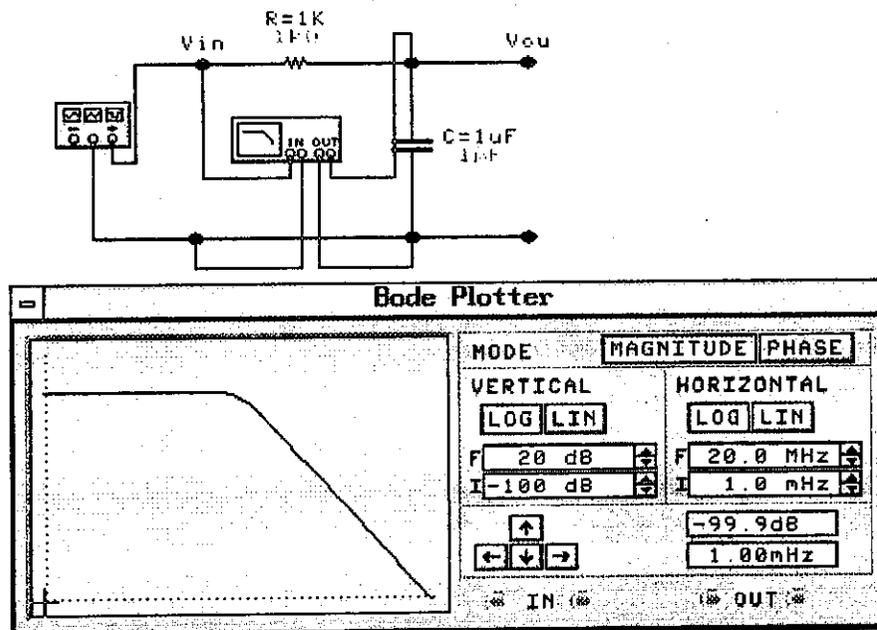


(b)

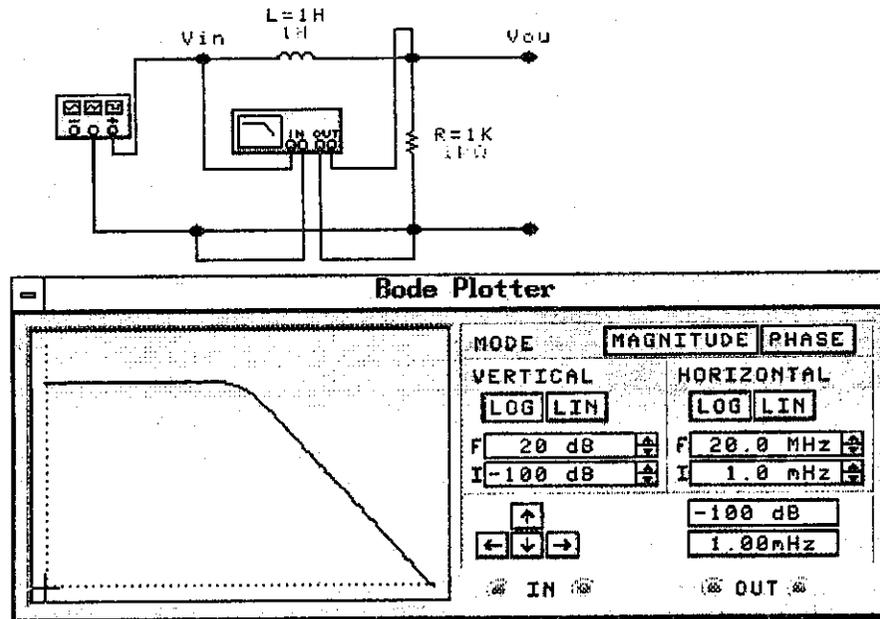
Fig. 3-12 Filtros pasa altas (a) RC (b) RL.

El ploteador de Bode mide la relación entre V_{out} y V_{in} como función de la frecuencia. La escala del eje Y está dada en deci Belios (dB), y la escala del eje X en Hz.

- Filtros pasa bajas.



(a)



(b)

Fig. 3-13 Filtros pasa bajas (a) RC (b) RL.

- Filtro pasa banda.

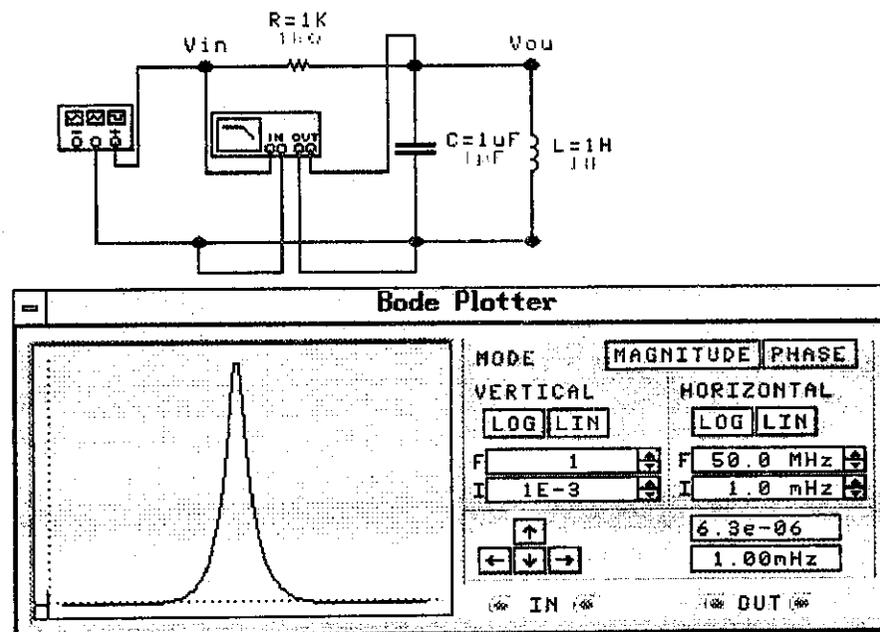


Fig. 3-14 Filtro pasa banda, con una frecuencia central de paso de 165 Hz. aproximadamente.

USAC

- Filtro rechaza banda.

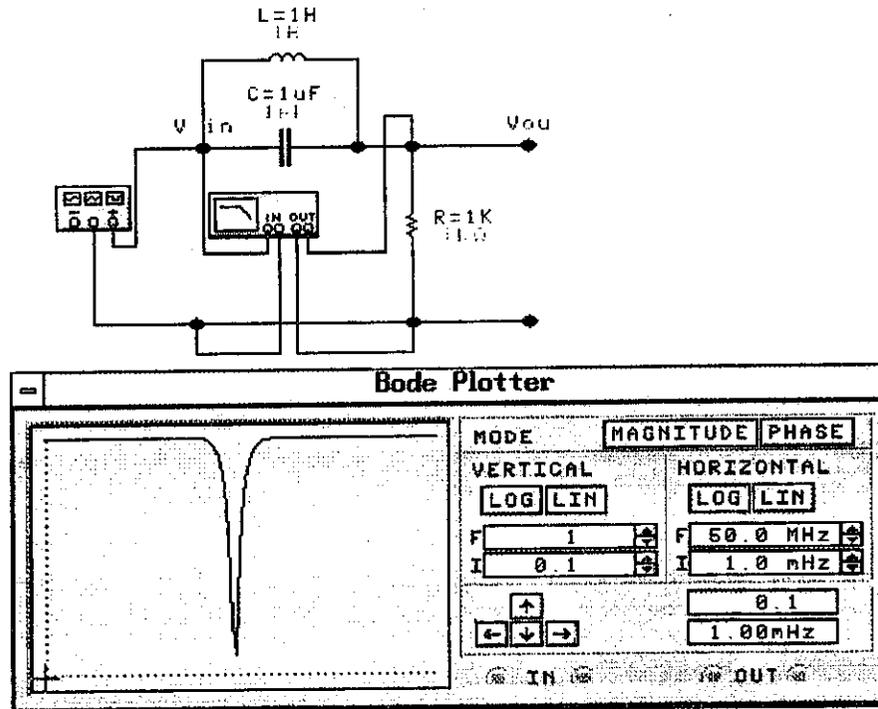


Fig. 3-15 Filtro rechaza banda , con una frecuencia central de rechazo de , aproximadamente , 165 Hz.

Se observa que los filtros de las Fig. 3-14 y 3-15 , contienen los mismos elementos RLC , pero , en diferente posición dentro del circuito.

USAC

3.7 Series de Fourier.

Objetivo.

Utilizando filtros pasa-banda y rechaza-banda comprobar que una señal cuadrada están formada por la suma de senales senoidales de diferentes frecuencias (armónicas).

Una senal cuadrada de frecuencia F está formada por la suma de una componente fundamental de frecuencia también F y varias armónicas o senales con frecuencias múltiplos de F , donde todas estas senales son senoidales.

Para comprobar lo dicho en el párrafo anterior se inyectará una senal cuadrada de frecuencia $F =$ a un filtro pasa banda con frecuencia central de paso igual a la frecuencia de la señal , de tal manera , que en la salida del filtro solamente llegue la componente fundamental senoidal.

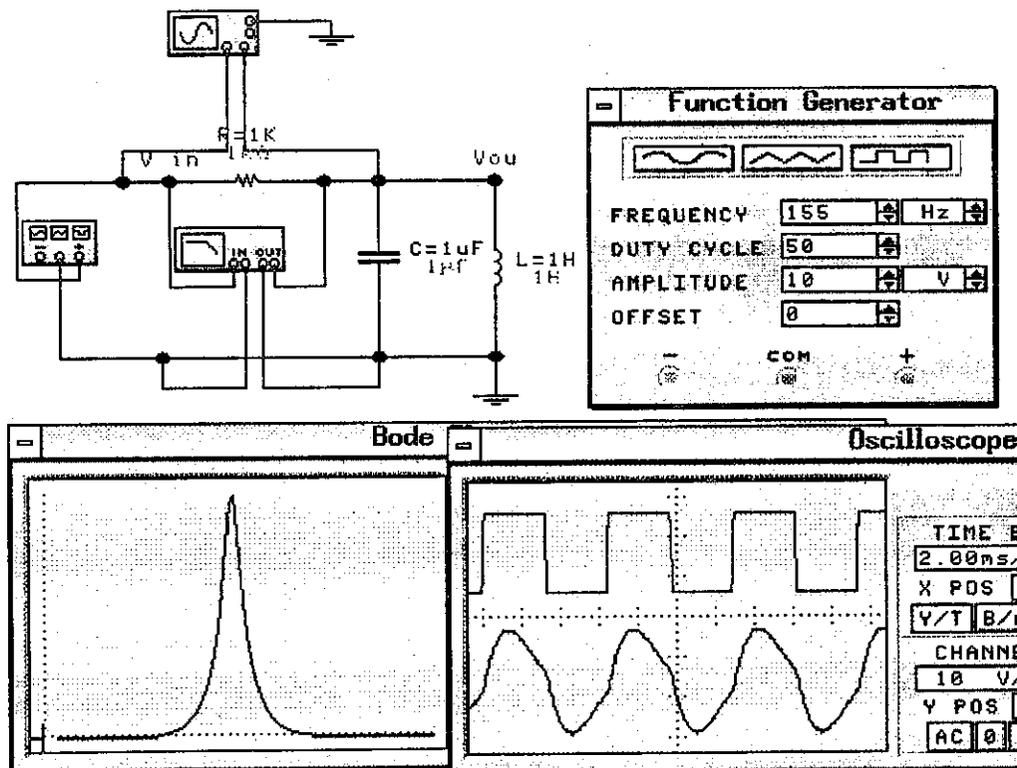


Fig. 3-16 Separación de la componente fundamental de una senal cuadrada de 155 Hz. al inyectarla a un filtro pasa banda con frecuencia central de paso de 160 Hz.

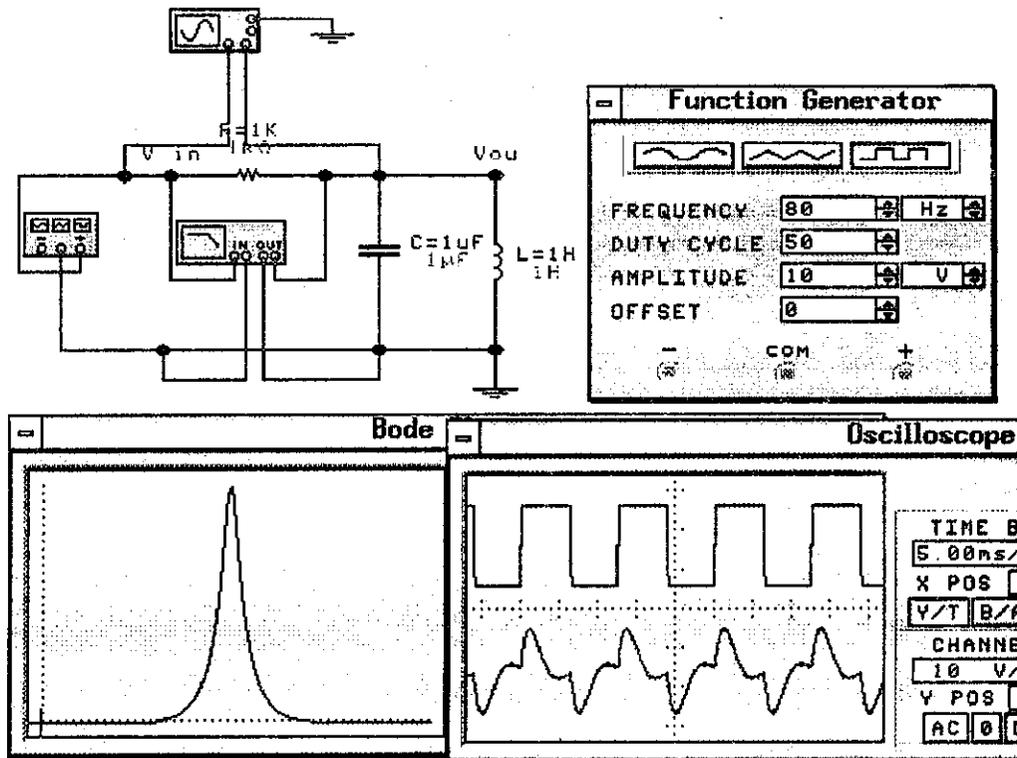


Fig. 3-17 Señal formada por la suma de la componente fundamental y la primera armónica. El filtro pasa banda solo permite el paso de las dos frecuencias, fundamental y primera armónica.

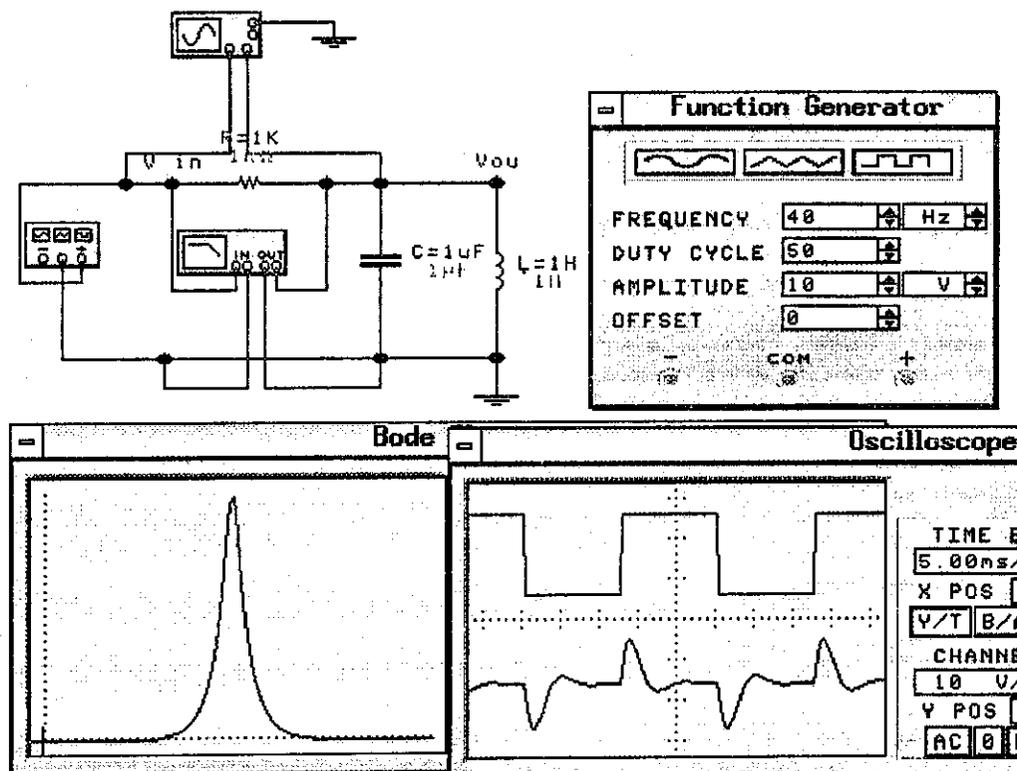


Fig. 3-18 Señal formada por la suma de la componente fundamental, primera y segunda armónicas.

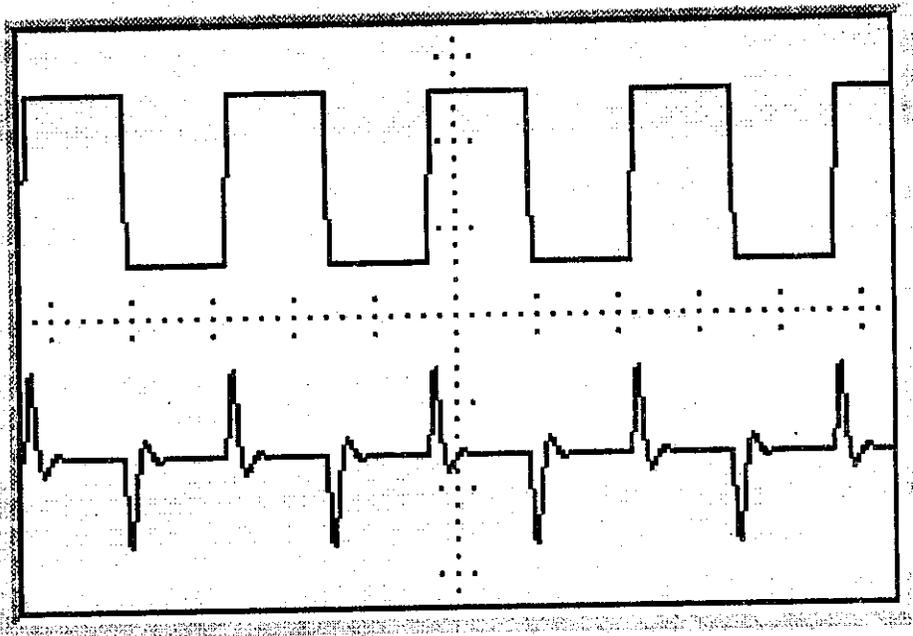


Fig. 3-19 Señal (inferior) formada por la suma de la componente fundamental , primera , segunda y tercera armónicas.

USAC

USAC

CONCLUSIONES

- El aprendizaje de los conceptos fundamentales , relacionados con el fenómeno de la electricidad , se facilita con el estudio y análisis de los resultados de las simulaciones de circuitos en computadora.
- El diseño de circuitos , que luego forman parte de sistemas más complejos , se efectúa más rápido y económico en simuladores , ya que en éstos se hacen las modificaciones necesarias hasta obtener el circuito deseado , pudiendo probar el funcionamiento luego de una modificación menor.
- La relación del estudiante de Ingeniería con simuladores , le proporciona un medio alternativo para el aprendizaje de conceptos básicos.
- Las computadoras personales representan el medio alternativo más eficaz para la enseñanza y en la actualidad , debido a la gran demanda de las mismas , se encuentran en el mercado a precios accesibles.
- El aumento de la población estudiantil en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica hace necesario la ampliación de los laboratorios y la compra de más equipo para las prácticas^{USAC} que se llevan a cabo en los mismos.

RECOMENDACIONES

1. Implementar en los laboratorios de electrotecnia de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad de San Carlos de Guatemala , una red de computadoras , con programas de simulación , instalados para cada área específica.
2. Promover dentro de los catedráticos , instructores de laboratorio , estudiantes y profesionales la búsqueda de medios alternativos para la enseñanza de la ingeniería.
3. Involucrar al estudiante desde el inicio de la carrera al diseño , utilizando como medio , una computadora personal que le traerá grandes beneficios en el desarrollo de su carrera.
4. Orientar al estudiante de ingeniería de cómo puede aprovechar el recurso de un simulador , en el desarrollo de su ejercicio profesional.
5. Incorporar los recursos existentes , disponibles en la Facultad de Ingeniería para su utilización en beneficio del estudiante.

BIBLIOGRAFIA

- 1._ DORF , RICHAR C. **Circuitos eléctricos , Introducción al análisis y diseño.**
versión española por Ruy Renau Ballester , revisión
Marta Elena Figueroa.
Alfaomega S.A. 1,992.

- 2._ EDMINISTER, JOSEPH A. **Teoría y problemas de circuitos eléctricos.**
traducción y adaptación de José Belarra.
Panamá , Mc Graw Hill.

- 3._ FOLK , MICHAEL J. **Estructuras de archivos: un conjunto de herramientas
conceptuales.**
Argentina , Addison 1,992.

- 4._ GUSSON , MILTON. **Fundamentos de Electricidad.**
traducción por Pablo L. Villanueva y revisión Javier
Salinas Uribe.
México , Mc Graw Hill 1,992.

- 5._ MILEAF , HARRY. **Electricidad serie 1-7.**
versión española por Lionel Dignowity , revisión Daniel
Barrios Morales y Candido P. Vega.
México , Limusa 1,991.