



**Corporación Universitaria
Tecnológica de Bolívar**

**GUIAS DEL LABORATORIO
DE
FISICA ELECTRICA**

Ing. Jorge Duque

Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar

Cartagena de Indias D. T. y C.

2002

Nombre: _____ **Código:**_____

Grupo:_____ **Subgrupo:**_____

	Práctica	Semana	Fecha
1.	Instrumentos de medición	1	
2.	Resistencia Eléctrica	2	
3.	Leyes de Kirchhoff	3	
4.	Carga y descarga de un condensador	4	
5.	Osciloscopio de rayos catódicos	5	
6.	Rectificación de corriente	6	
7.	Superficies equipotenciales		
8.	Campo magnético		
9.	Fuerza magnética		
10.	El transformador		
11.	Fuentes de voltaje		
12.	Inducción magnética		

REGLAMENTO DEL LABORATORIO DE FÍSICA ELÉCTRICA

1. Se entenderá por **PRÁCTICA DE LABORATORIO** no sólo la ejecución, sino resultado y conclusiones a que diere lugar cada una de ellas, en consecuencia y para la realización de informes y evaluación se tendrán en cuenta estos factores.
2. En el primer día de clase el profesor procederá a distribuir a los estudiantes debidamente matriculados en subgrupos, cada uno de los cuales tendrá un código o número distintivo. El número de subgrupos permitirá al estudiante conocer previamente que experimento o práctica debe realizar en la sección de laboratorio semana por semana.
3. Los laboratorios inician actividades a la hora señalada en el horario, efectuando el quiz semanal.
4. Una vez presentado el quiz cada subgrupo recibirá del auxiliar del laboratorio el equipo necesario para efectuar la correspondiente práctica. Los estudiantes deben verificar confrontando los elementos y la lista. Cualquier observación debe hacerse inmediatamente al profesor, puesto que una vez iniciada la práctica todo daño o pérdida corre por cuenta del subgrupo.
5. Verificado el equipo se anotan claramente los nombres de los estudiantes, grupo, subgrupo, hora y fecha de la realización del experimento. Una vez firmada la hoja del equipo ésta será recogida por el auxiliar.
6. El material o equipo de laboratorio se devolverá durante los 30 minutos finales del tiempo estipulado para cada práctica semanal, una vez realizada la parte experimental exigida.
7. Se aclara que el equipo será recibido por el auxiliar mediante inventario físico con el fin de establecer faltantes. Se realizará además un chequeo para determinar si hubo daño en los aparatos utilizados.
8. En caso de daño por negligencia comprobada, o en caso de pérdida de algún elemento se deberá reponer o pagar además de afectarse la calificación de la respectiva práctica.
9. Con ayuda del manual de laboratorio el estudiante deberá prepararse, de tal que manera pueda ejecutar el experimento por sí solo.
10. La evaluación de esta preparación se llevará a cabo por medio de quices semanales y el control del trabajo de cada estudiante durante la práctica mediante preguntas pertinentes sobre los principios físicos, el montaje o instrumentación utilizada. Si se considera que el estudiante está desarrollando la práctica incorrectamente el profesor podrá exigir la repetición de la misma.
11. Durante la práctica el profesor y el monitor del Laboratorio supervisarán el desempeño de cada estudiante. A juicio del profesor se prestará ayuda, si el grado de dificultad en algún aspecto de la práctica lo requiere.
12. Se realizará un informe por cada subgrupo, el cual se consignará en una libreta cuadrículada tamaño carta y será elaborado en su totalidad a tinta. Las gráficas se elaborarán en papel milimetrado recortado al tamaño de la hoja. Cada informe deberá llevar el nombre los estudiantes que asistieron y el día de realización de la práctica.
13. El tiempo estipulado para la realización de la práctica es de máximo una hora y 45 minutos, al final del cual se suspende la actividad y se procede a la elaboración del informe
14. Durante la elaboración del informe no está permitido el intercambio de información entre subgrupos.

15. La calificación de la práctica será así:
- Quiz semanal: 33,3 %
 - Desarrollo de la práctica: 33,3 %
 - Informe: 33,3 %
1. En el desarrollo de la práctica, además del conocimiento y preparación de la misma, se evaluarán otros factores tales como: trabajo en grupo, destreza y habilidad para resolver problemas y orden en el laboratorio.
2. El contenido de cada informe debe ser como mínimo el siguiente:
1. Título de la práctica
 2. Integrantes del subgrupo
 3. Datos tabulados y características de los instrumentos utilizados
 4. Cálculos tipo incluyendo el cálculo de errores.
 5. Resultados tabulados y/o gráficas.
 6. Análisis e interpretación de gráficas y/o resultados
 7. Conclusiones
3. El Laboratorio de Física Eléctrica es el complemento práctico de la asignatura Electromagnetismo, por lo tanto el estudiante debe poseer claros conocimientos acerca de los principios físicos que se verifican en cada práctica.

OBSERVACIONES PRELIMINARES

1. Comprobar el estado de las fuentes (baterías, pilas, fuentes de C.A.
2. No mantener energizadas las fuentes permanentemente.
3. Apagar o desconectar las fuentes al hacer cambios o modificaciones en el circuito.
4. Consultar los valores de placa de los instrumentos y datos del fabricante en catálogos o certificado., antes de hacer conexiones o modificaciones.
5. Escoger los rangos de medición más altos de los que se operan.
6. Antes de conectar a un borne o empalmar un cable cuyas puntas están dispersas, realice el trazado del mismo.
7. Cerciórese que la aguja de los instrumentos de medición de tipo analógico estén en cero. Si no es así, informe al profesor auxiliar para corregir el defecto.
8. Revise que la función y escala de los multímetros sea la correcta. Energice los multímetros digitales antes de efectuar cualquier medición
9. **NUNCA** energice el circuito sin la aprobación del profesor o monitor.

PROPAGACIÓN ARITMÉTICA DE ERRORES

Debido a que las lecturas resultantes de la indicación de un instrumento llevan implícito un error, al utilizar estos datos para obtener un resultado final se produce un error adicional que no depende únicamente de la precisión de las lecturas originales sino también de las operaciones aritméticas llevadas a cabo.

DEFINICIONES:

EXACTITUD: Se refiere en general a la precisión con lo cual una cantidad dada por un instrumento o aparato se aproxima a su valor real. Se identifica generalmente con el límite de error.

VALOR NOMINAL: Es el valor en placa o valor establecido de la cantidad.

VALOR MEDIDO: Es el valor de una magnitud obtenido utilizando un método cualquiera de medición.

ERROR : Es la desviación del valor medido, con respecto al valor nominal o valor verdadero.

VALOR REAL ACTUAL O EXACTO: Es el valor que tiene la cantidad bajo condiciones establecidas. Este valor se conoce únicamente en el caso de los patrones fundamentales. En los demás casos estará comprendido dentro de los límites de error.

ERROR FRACCIONARIO: Es la relación entre el límite máximo de error y el valor nominal.

PORCENTAJE DE ERROR: $100 * \text{error fraccionario} \%$

EJEMPLO:

Se toman una serie de lecturas con un voltímetro cuya placa establece una precisión del 1% . Se está utilizando la escala de 0-150 v los datos obtenidos son los siguientes:

LECTURA No.	VOLTAJE (V)
1	10
2	40
3	75
4	110
5	148

En primer lugar se establece el error del instrumento. El cual se expresa en la placa como un porcentaje de la deflexión a escala completa. Entonces:

$$\text{error} : 1*150/100 = \pm 1.5 \text{ voltios}$$

Esto determina el límite de error para cada lectura. Por esta razón, tomar lecturas en esta escala del tipo 40,5 V. ó 110,8 V no tiene ningún significado en cuanto se refiere a la exactitud de la medida ya que el error asociado con cada lectura es mayor que la fracción que se tome.

LECTURA N ₀ .	VOLTAJE (V)	ERROR (V)	ERROR FRACCIONARIO	ERROR FRACC. EN %
1	10	± 1.5	0.1500	15.00
2	40	± 1.5	0.0375	3.75
3	75	± 1.5	0.0200	2.00
4	110	± 1.5	0.01364	1.36
5	148	± 1.5	0.01014	1.01

Al comparar las columnas 3 y 4 se debe notar que aún cuando el límite de error para cada lectura es el mismo (± 1.5 v) el error fraccionario es diferente y va disminuyendo. Esto se debe a que todo instrumento se diseña con máxima precisión a plena deflexión y por esto se debe escoger la escala apropiada para cada grupo de lecturas, por ejemplo una lectura de 1 voltio, en esta escala no tendría validez alguna.

SUMA DE ERRORES

Sean A,B,C y D los valores de las cantidades medidas y a, b, c, y d, sus correspondientes errores fraccionarios. El valor verdadero de A estará en algún lugar entre los límites indicados por $A \pm a$. A. Expresiones similares se pueden escribir para las otras cantidades.

Al efectuar la suma, estas quedarán de la siguiente manera:

$$(A \pm a) + (B \pm b) + (C \pm c) = A + B + C + (\pm a \pm b \pm c)$$

y el error fraccionario de la suma será :

$$E.F. = \frac{\pm a \pm b \pm c}{A + B + C}$$

El primer término es la suma de los valores nominales o medidas y el segundo término representa el error que puede existir en esa suma.

Se observará que el error máximo ocurre cuando todos los signos del segundo término sean los mismos y para efecto de cálculo de errores siempre se asume este caso.

RESTA DE ERRORES :

La resta es el proceso aritmético menos deseable ya que puede conducir a errores muy grandes especialmente si los números para restar son casi iguales. Utilizando las cantidades ya conocidas, tenemos:

$$A \pm a - (B \pm b) = (A - B) + (\pm a) - (\pm b)$$

y el error fraccionario será:

$$e.f. = \frac{\pm a - (\pm b)}{A - B}$$

Nótese que en este caso el máximo error ocurre cuando a y b tienen signos contrarios y para efectos de cálculo de errores esto es lo que se asume.

PRODUCTO DE ERRORES :

Utilizando idéntica notación:

$$(A \pm a A) \cdot (B \pm b B) = (AB \pm b AB \pm a AB \pm ab AB)$$

y agrupando términos:

$$AB \pm AB(a+b) \pm abAB$$

Para error máximo, signos iguales, entonces tomando el signo + tenemos :

$$(a + a A) (B + bB) = AB + AB(a+b) + abAB$$

y el error fraccionario será :

$$e.f. = \frac{AB(a+b) + abAB}{AB} = a + b + ab$$

En la mayoría de los casos el producto a b es muy pequeño y se puede despreciar, quedando el error igual a : (a + b).

DIVISIÓN DE ERRORES:

Utilizando las cantidades anteriores :

$$\frac{A \pm a A}{B \pm b B} = \frac{A + A[\pm a - (\pm b)]}{B + B[1 \pm b]}$$

y el error fraccionario en el cociente será:

$$e.f. = \frac{\pm a - (\pm b)}{1 \pm b}$$

El máximo error ocurrirá cuando los signos para a y b son opuestos , tomando para a + y para b - quedara el error máximo igual a:

$$e.f. = \frac{a + b}{1 - b}$$

POTENCIA DE ERRORES:

Elevar a una potencia n es simplemente efectuar un producto n veces. Por consiguiente el error fraccionario se calcula como para el producto con: A = B y a = b, siendo entonces igual a: n.a

Para 1/n y por el mismo procedimiento el error fraccionario será igual a : a/n

EJEMPLOS:

1. Se conectan tres resistencias en serie para lograr una resistencia total de 1000 Ω. Las resistencias con sus respectivas tolerancias son:

$$R_1 = 100\Omega \pm 2\%$$

$$R_2 = 300\Omega \pm 1\%$$

$$R_3 = 600\Omega \pm 5\%$$

Para el cálculo de errores se asume siempre el máximo error, por lo cual se toma el signo positivo en la expresión:

$$\begin{aligned} \text{error} &= (A \pm a A) + (B \pm b B) + (C \pm c C) \\ &= 100 + (2 \cdot 100)/100 + 300 + (1 \cdot 300)/100 + 600 + (5 \cdot 600)/100 \\ &= 1000 + 35 \end{aligned}$$

el error fraccionario será: $e.f. = 35/1000 = 0.035$
y el error en porcentaje: $e\% = 0.035 * 100 = 3.5\%$

Es importante notar que el resultado no se debe dar como 1035 sino como $1000 + 35$, correspondiente al límite máximo de error positivo. Tomando el signo menos, el resultado quedaría $1000 - 35$, osea que el límite de error quedará en $1000 \pm 35 \Omega$.

2. Se mide una resistencia por el método del voltímetro amperímetro, utilizando los siguientes instrumentos:

Voltímetro con escala : 0 - 100 V y precisión del 1%

Amperímetro con escala : 0 - 5 A y precisión del 1%

Las lecturas son 20 V y 4 A . Hallar el error en el cálculo de la resistencia.

Solución:

Los límites de error para los instrumentos son:

Voltímetro: $100 * 1/100 = \pm 1 \text{ V}$

Amperímetro : $5 * 1/100 = \pm 0.05 \text{ A}$

Por consiguiente los respectivos errores fraccionarios para las lecturas serán:

$\pm 1\text{V} / 20\text{V} = \pm 0.05$ y,

$\pm 0.05\text{A} / 4\text{A} = \pm 0.0125$

Como se comprobó anteriormente, el máximo error se obtendrá para signos opuestos, tomando + para volts y - para amperes:

$$\text{error} = \frac{0.05 + 0.0125}{1 - 0.0125} = +0.06329$$

Luego el error en el cálculo de la resistencia será igual a 6,3%, osea que:

$R = 20/4 = 5 \Omega + 6,3*(5/100) = 5 + 0.315 \Omega$.

Cabe anotar que si se toman signos opuestos el error será diferente, pero no mucho y se puede tomar un promedio de los dos para establecer el límite de error.

1. INSTRUMENTOS DE MEDICION

1.1. OBJETIVOS:

- Identificar y diferenciar los voltímetros, amperímetros y óhmímetros.
- Identificar las funciones y rangos del multímetro.
- Analizar el comportamiento de los instrumentos de medida.

1.2. TEMAS DE CONSULTA:

Galvanómetro D'Arsonval, amperímetros, voltímetros y ohmímetros. Propagación aritmética de errores.

1.3. BIBLIOGRAFIA:

- Serway; Física Tomo II . Caps 27 y 28
- Sears-Zemansky -Young ; Física Universitaria Cap 28
- Anexo: Propagación Aritmética de errores.

1.4. PRELIMINARES:

Se realizarán mediciones con el multímetro analógico y el multímetro digital de:

- Voltaje en C.A.
- Intensidad de corriente en C.C.
- Resistencia .

1.5 PREGUNTAS DE REPASO:

1. Explique la estructura de un amperímetro real.
2. Explique la forma de utilizar un galvanómetro para medir voltaje.
3. ¿Cómo se puede medir resistencia a partir de un instrumento que mide corriente?
4. ¿Por qué razón , en un amperímetro o voltímetro analógico se deben tomar las lecturas cerca del fondo de escala?
5. ¿Que precauciones deben tenerse en cuenta para medir corriente con un multímetro analógico?

1.6 EQUIPO:

- Fuente de C.C. y de C.A.
- Multímetro digital
- Multímetro analógico
- Reóstatos de 33 Ohms /3.1 A
- Década de resistencias

1.7 PROCEDIMIENTO:

1.7.1 Identificación de los instrumentos :

1. El profesor de Laboratorio dará las instrucciones pertinentes al manejo de los instrumentos utilizados y se identificarán las características de cada uno.
2. Consulte los manuales de operación de los instrumentos y consigne los datos de exactitud para cada rango de medición.

1.7.2 Medición de intensidad de corriente en D.C. :

1. Arme el circuito como lo indica la Figura 1.1 Utilice el multímetro analógico para medir corriente

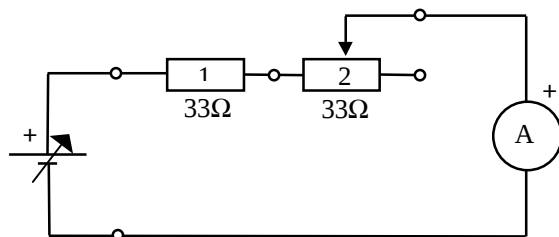


FIGURA 1.1 Montaje para medir la intensidad de la corriente en D.C.

Precaución: Antes de iniciar las lecturas sitúe el cursor del reóstato 2 en la mitad.

2. Seleccione el rango de 500 mA y aumente gradualmente el voltaje de la fuente hasta obtener los valores de corriente especificados en la tabla 1.1. Realice el ajuste fino con el reóstato 2.
3. Repita el procedimiento para los rangos de 100mA y 10 mA. Obteniendo sólo los valores de corriente que se encuentren dentro de éstos rangos.

Medición	1	2	3	4	5	6	7	8
Corriente (mA)	8	15	75	90	150	230	370	400
Escala de 500 mA								
Escala de 100 mA								
Escala de 10 mA								

TABLA 1.1. Corrientes medidas y escalas utilizadas

1.7.3 Medición de voltaje en A.C. :

1. Arme el circuito como lo indica la Figura 1.2. Utilice el multímetro analógico como voltímetro.

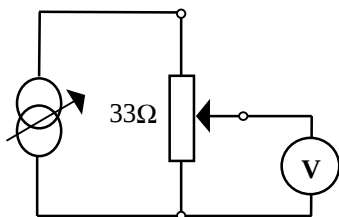


FIGURA 1.2. Montaje para medir voltaje en A.C.

2. Seleccione el rango de 250 V. y aumente gradualmente el voltaje de la fuente hasta obtener los valores de voltaje especificados en la tabla 1.2.
3. Repita el procedimiento para los rangos de 50 V y 25 V. Obteniendo sólo los valores de voltaje que se encuentren dentro de éstos rangos.

Medición	1	2	3	4	5	6	7
Voltaje (V)	7	15	22	35	40	65	85
Escala de 250 V							
Escala de 50 V							
Escala de 25 V							

TABLA 1.2. Voltajes medidos y escalas utilizadas

1.7.4. Medición de la resistencia:

1. Identifique los valores de resistencia con el código de colores y registre los datos en la tabla 1.3.
2. Mida el valor de cada resistencia con el multímetro digital y consigne los datos en la tabla 1.3.

Resistencia N.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor teórico (Ω)										
Tolerancia (%)										
Valor experimental (Ω)										

Tabla 1.3. Valores teóricos y experimentales de resistencia.

1.8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

1. Para los datos de la tablas 1.1 y 1.2, calcule con base en las especificaciones de exactitud del instrumento (ver catálogo) : error del instrumento, error fraccionario y porcentaje de error
2. Discuta sobre la validez de las lecturas tomadas, con base en los porcentajes de error calculados para cada caso.
3. Calcule la tolerancia de cada resistencia, tomando como valor real la lectura del multímetro y valor teórico el valor nominal. ¿ Con qué exactitud se miden éstas resistencias? (Consulte el manual del instrumento) ¿ Se encuentran éstas, dentro de las tolerancias especificadas?

4. **Problema:** La potencia que consume un aparato se ha de determinar por medio de las lecturas de corriente y voltaje, utilizando instrumentos analógicos con las siguientes características:

- Amperímetro: Escala: 0 a 10 A, Exactitud 1% F.S. (Full Scale)

- Voltímetro : Escala: 0 a 250 V , Exactitud 2% F. S.

Si las lecturas obtenidas fueron: 2A y 80 V, calcule :

- a. El error de cada lectura una debido a los instrumentos .
- b. Calcule la potencia consumida por el aparato y el error porcentual debido al cálculo de la potencia.

2. RESISTENCIA Y LEY DE OHM

2.1. OBJETIVOS:

- Estudiar empíricamente la relación existente entre el voltaje aplicado a un conductor y la corriente eléctrica que circula como resultado de la aplicación del mismo.
- Adquirir destreza en el manejo de los instrumentos de Laboratorio y en el cálculo de errores de medición.

2.2. TEMAS DE CONSULTA:

Resistencia eléctrica, Ley de Ohm, Potencia eléctrica, voltímetros, amperímetros y óhmetros.

2.3. BIBLIOGRAFIA:

- Serway; Física Tomo II . Caps 27 y 28
- Sears-Zemansky -Young ; Física Universitaria Cap 28

2.4. PRELIMINARES:

La *Ley de Ohm* establece una relación entre voltaje, V , aplicado a un conductor y corriente, I , circulando a través del mismo.

$$V = I \cdot R \quad (1)$$

donde R es la resistencia del conductor. De acuerdo con la Ec. (1), la relación entre I y V es lineal. Un conductor que satisface esta relación es llamado *óhmico*. Existen conductores en los que no se satisface esta relación, debido a cambios en la resistencia por efectos, principalmente térmicos, asociados a la circulación de la corriente.

Para comprobar lo anterior, se determinarán las curvas características de voltaje contra corriente para dos elementos conductores.

2.5 PREGUNTAS DE REPASO:

1. ¿Cómo es la estructura de un ohmímetro analógico?
2. ¿La Ley de Ohm se cumple para todos los conductores?. Explique.
3. Explique mediante gráficas comparativas, las diferencias existentes entre un conductor óhmico, un semiconductor y un superconductor.
4. Compare las ventajas de utilizar un método directo y un método indirecto para medir la resistencia. De ejemplos de aplicación práctica.

2.6 EQUIPO:

- Fuente de C.C.
- Multímetro digital Fluke (se utilizará como voltímetro)
- Multímetro análogo Simpson (se utilizará como amperímetro)
- Resistor de 500Ω / 90 mA
- Bombillo de 60W/110V
- Reóstato de 33 Ohms /3.1 A

2.7 PROCEDIMIENTO:

1. Mida la resistencia del resistor y anótela.
2. Realice el montaje de la Figura 2.1. Utilice el multímetro analógico como amperímetro.

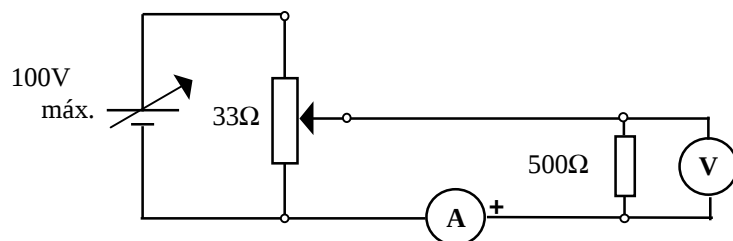


FIGURA 2.1. Circuito para determinar la característica V vs. I

3. Aumente gradualmente el voltaje de la fuente hasta obtener los valores de corriente especificados y anote las respectivas lecturas de voltaje en la tabla 2.1. Realice el ajuste fino con el reóstato.

Lectura N.	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Escala de corriente
1		2	10mA
2		6	
3		9	
4		15	100mA
5		20	
6		25	
7		30	
8		35	
9		40	
10		45	
11		50	
12		55	
13		60	
14		65	
15		70	
16		75	
17		80	
18		85	
19		90	

Tabla 2.1. Lecturas de voltaje y corrientes en el resistor de 500Ω

4. Mida la resistencia del bombillo "en frío" y anótela.
5. En el circuito de la Figura 2.1, reemplace el resistor de $500\ \Omega$ por un bombillo de 60W.
1. Aumente gradualmente el voltaje de la fuente hasta obtener los valores especificados, anote las correspondientes lecturas de corriente en la tabla 2.2. Realice el ajuste fino con el reóstato .

Lectura N.	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Escala de corriente
1	5		500 mA
2	10		
3	15		
4	20		
5	25		
6	30		
7	35		
8	40		
9	45		
10	50		
11	55		
12	60		
13	65		
14	70		
15	75		
16	80		
17	85		
18	90		
19	95		
20	100		

Tabla 2.2. Lecturas de voltaje y corrientes en el bombillo de 60W

2.8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

1. Grafique en papel milimetrado la curva V vs I a partir de los datos de la tabla 2.1.
2. Realice el ajuste de la curva mediante regresión lineal y determine el valor experimental de la resistencia de 500Ω . Compárelo con el valor medido y explique las posibles fuentes de error.
3. ¿Se comporta la resistencia de 500Ω como un dispositivo “*óhmico*”? Justifique su respuesta.
4. Grafique en papel milimetrado la curva V vs I a partir de los datos de la tabla 2.2. ¿Se comporta el bombillo de 60 W como un dispositivo “*óhmico*”? Justifique su respuesta.
5. A partir del gráfico para el bombillo, estime su resistencia cuando está “fría” y cuando está “caliente”. Compárelos con el valor medido y saque conclusiones.
6. Calcule el porcentaje de error debido a los instrumentos y al cálculo de la resistencia, consígnelos en una tabla.
7. Calcule la potencia consumida por el bombillo en cada una de las lecturas. Concluya acerca de los resultados.

2.9 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

3. LEYES DE KIRCHHOFF

3.1. OBJETIVOS:

- Comprobar experimentalmente las leyes de Kirchhoff.
- Identificar los elementos de un circuito eléctrico.
- Analizar el comportamiento de los circuitos de mallas.

3.2. TEMAS DE CONSULTA:

Ley de ohm, ley de voltajes de Kirchhoff , ley de corrientes de Kirchhoff, circuitos de C.C., amperímetros y voltímetros.

3.3. BIBLIOGRAFIA:

- Serway; Física Tomo II . Caps 27 y 28
- Sears-Zemansky -Young ; Física Universitaria Cap 28

3.4. PRELIMINARES:

Las leyes de Kirchhoff se utilizan para analizar circuitos complejos que no se pueden resolver mediante la Ley de Ohm.

La leyes de Kirchhoff aplicadas a un circuito eléctrico, establecen que:

1. *La suma de las corrientes que entran a cualquier nodo debe ser igual a la suma de las corrientes que salen de ese nodo.*
2. *La suma algebraica de los cambios de potencial a través de todos los elementos alrededor de cualquier lazo de circuito cerrado debe ser cero.*

Para comprobar lo anterior, se determinarán las corrientes y voltajes en cada elemento de circuitos de una y dos mallas.

3.5 PREGUNTAS DE REPASO:

1. ¿La dirección de la corriente a través de una batería siempre es de la terminal positiva a la terminal negativa? Explique
2. En las leyes de Kirchhoff hay incluidas dos leyes de conservación. ¿Cuáles son?
3. ¿Cuál es la resistencia interna de un amperímetro y de un voltímetro ideales?
4. Las baterías se especifican con frecuencia en A-h. ¿Qué significa esta especificación?

3.6 EQUIPO:

- Multímetro digital Fluke (se utilizará como voltímetro)
- Multímetro analógico Simpson (se utilizará como amperímetro)
- Dos Baterías de 12V/ 4Ah
- Década de resistencias
- Interruptor doble.

3.7 PROCEDIMIENTO:

1. Mida los valores de resistencia y anótelos en la tabla 3.1.

Resistencia	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
Valor teórico (Ω)	470 Ω	560 Ω	1K	2.2K	3.3K
Valor medido (Ω)					

Tabla 3.1. Valores de resistencia

1. Realice el montaje de la Figura 3.1. Utilice el multímetro analógico Simpsom como amperímetro en una escala apropiada.

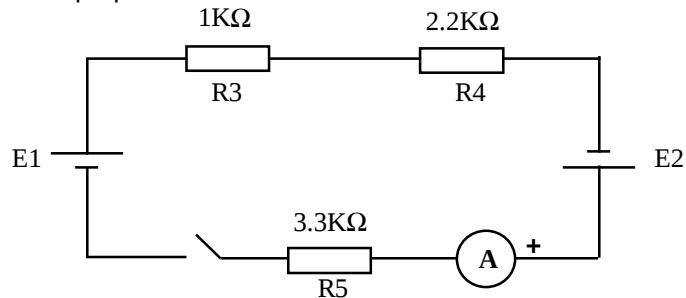


Figura 3.1. Circuito de una malla

2. Mida la corriente y los voltajes a través de cada elemento. Anote los valores en la tabla 3.2.

Variables eléctricas	Elementos de circuito				
	R_1	R_2	R_3	E1	E2
Voltaje (V)					
Corriente (mA)					
Escala					

Tabla 3.2. Corriente y voltajes en un circuito de una sola malla.

1. Realice el montaje de la Figura 3.2. Utilice el multímetro analógico Simpsom como amperímetro en una escala apropiada.

Precaución: Mantenga abiertos ambos interruptores antes de realizar la revisión del circuito

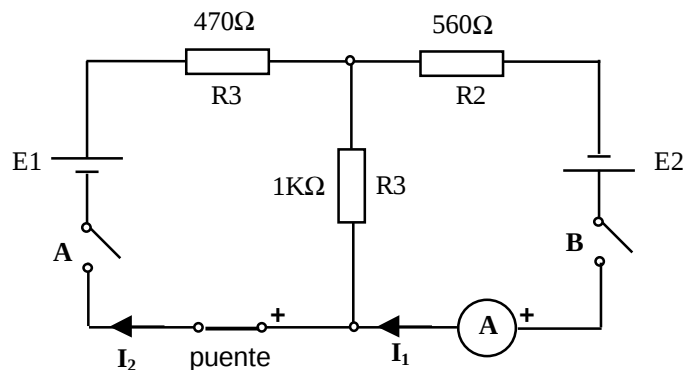


Figura 3.2. Circuito de dos mallas

2. Una vez realizada la revisión del circuito cierre los interruptores en el siguiente orden :
primero: interruptor A segundo: interruptor B
3. Seleccione la escala apropiada y proceda a medir la corriente I_1 y los voltajes a través de cada elemento . Anote los resultados en la tabla 3.3.

Corriente (mA) Escala:_____		Voltaje (V)				
I ₁	I ₂	R1	R2	R3	E1	E2

Tabla 3.3. Corrientes y voltajes en un circuito de dos mallas.

1. Abra los interruptores e intercambie el amperímetro con el puente.
2. Una vez realizada la revisión del circuito cierre ahora los interruptores en el siguiente orden :
primero: interruptor B segundo: interruptor A
3. Mida ahora la corriente I_x y los voltajes en cada elemento. Consigne los valores en la Tabla 3.3

Precaución: Tenga en cuenta la polaridad y escala del amperímetro, así como el orden en que se cierran los interruptores.

3.8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

1. Para el circuito de la Figura 3.1. Utilice los datos de resistencia de la Tabla 3.1 y los voltajes de las fuentes E_1 y E_2 para calcular la corriente a través del circuito así como los voltajes a través de cada elemento. Compárelos con los valores medidos y halle los porcentajes de error. Describa las posibles fuentes de error.
2. Para el circuito de la Figura 3.2. Utilice los datos de resistencia de la Tabla 3.1 y los voltajes de las fuentes E_1 y E_2 para calcular las corrientes I_1 e I_2 a través del circuito así como los voltajes a través de cada elemento. Compárelos con los valores medidos y halle los porcentajes de error. Describa las posibles fuentes de error.
3. En el circuito de la figura 3.2 calcule la corriente que circula por R_3 por dos métodos diferentes. Descríbalos.
4. En los dos circuitos estudiados, se consideraron las fuentes y amperímetros como ideales. ¿Es válida esta consideración? Justifique su respuesta.
5. Realice el esquema de un circuito en el que dos interruptores del tipo mostrado en la Figura 3.3. pueden utilizarse para accionar la misma lámpara desde dos lados opuestos de un cuarto

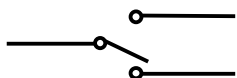


Figura 3.3 Interruptor conmutable

3.9 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

4. CARGA Y DESCARGA DE UN CONDENSADOR

4.1. OBJETIVOS:

- Analizar el comportamiento de la corriente y el voltaje durante el proceso de carga de un condensador.
- Determinar la influencia de la constante de tiempo en la dinámica del circuito RC.

4.2. TEMAS DE CONSULTA:

Capacitancia, circuitos RC, carga y descarga de un condensador, constante de tiempo, función exponencial.

4.3. BIBLIOGRAFIA:

- Serway; Física Tomo II . Caps 27 y 28
- Sears-Zemansky -Young ; Física Universitaria Cap 28.
- Giancoli , Física Tomo II

4.4 PRELIMINARES:

Se determinará la curva de carga y descarga de un condensador para voltaje y corriente.

4.5 EQUIPO:

- Fuente de C.C.
- Cronómetro
- Multímetro digital (como voltímetro)
- Multímetro analógico (como miliamperímetro)
- Capacitor de 10000 μF
- 2 Resistores de 22 K
- Interruptor bipolar de doble tiro.

4.6 PREGUNTAS DE REPASO:

1. ¿ A qué se le conoce como constante de tiempo τ en un circuito RC?
2. ¿ Cómo se comporta un condensador cuando está descargado?
3. ¿ Cómo se comporta el condensador cuando está cargado?
4. ¿ En cuanto tiempo se considera que se ha cargado un condensador conectado en serie con una resistencia?
5. ¿ Porqué no se debe cargar un condensador directamente de una fuente?

4.7 PROCEDIMIENTO :

1. Arme el circuito de la Figura 4.1.

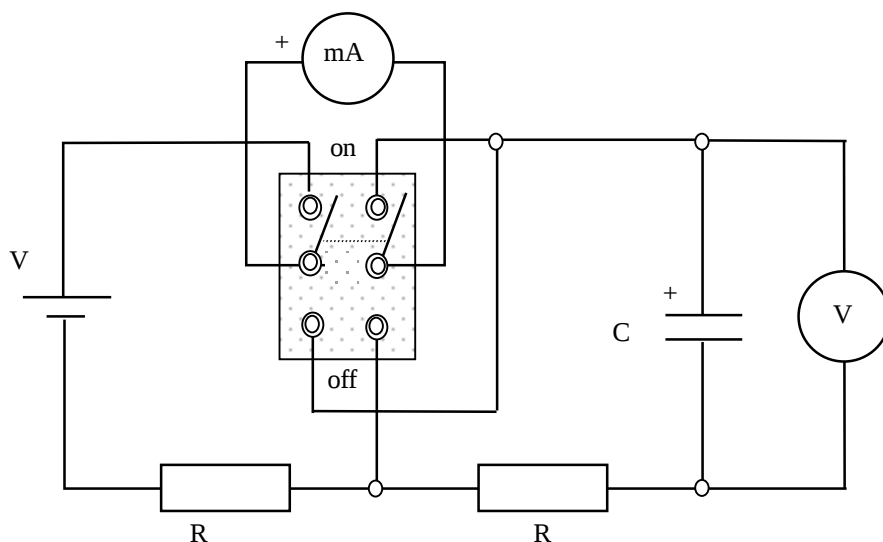


FIGURA 4.1. Circuito de carga de un condensador

2. Seleccione $R = 22K$, y un voltaje en la fuente de 20V . Cerciórese que el condensador se encuentre descargado, de no ser así utilice un resistor de 100Ω para descargarlo. Inicie el experimento con el interruptor en la posición off.

3. **Curva de carga:** Tome los datos de corriente y voltaje para el condensador en función del tiempo a partir del instante en que se pase el interruptor a la posición on . Consigne los datos en la Tabla 4.1.

4. **Curva de descarga:** Tome ahora los datos de corriente y voltaje para el condensador en función del tiempo a partir del instante en que se pase nuevamente el interruptor a la posición off . Consigne los datos en la Tabla 4.2.

t (min)	Vc (V)	Ic (mA)	t (seg)	Vc (V)	Ic (mA)	t (min)	Vc (V)	Ic (mA)
0			5:30			11:00		
30			6:00			11:30		
1:00			6:30			12:00		
1:30			7:00			12:30		
2:00			7:30			13:00		
2:30			8:00			13:30		
3:00			8:30			14:00		
3:30			9:00			14:30		
4:00			9:30			15:00		
4:30			10:00			15:30		
5:00			10:30			16:00		

continúa...

16:30			21:30			26:30		
17:00			22:00			27:00		
17:30			22:30			27:30		
18:00			23:00			28:00		
18:30			23:30			28:30		
19:00			24:00			29:00		
19:30			24:30			29:30		
20:00			25:00			30:00		
20:30			25:30			30:30		
21:00			26:00			31:00		

TABLA 4.1. Corrientes y voltajes para el circuito de carga

t (min)	Vc (V)	Ic (mA)	t (min)	Vc (V)	Ic (mA)
0:00			8:30		
0:30			9:00		
1:00			9:30		
1:30			10:00		
2:00			10:30		
2:30			11:00		
3:00			11:30		
3:30			12:00		
4:00			12:30		
4:30			13:00		
5:00			13:30		
5:30			14:00		
6:00			14:30		
6:30			15:00		
7:00			15:30		
7:30			16:00		
8:00			16:30		

TABLA 4.2. Voltajes y corrientes para el circuito de descarga.

4.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS :

1. Dibuje en una sola gráfica en papel milimetrado, la curva de V_c vs. t para el proceso de carga y descarga . Analice los resultados.
2. Dibuje en una sola gráfica la curva de I_c vs. t para el proceso de carga y descarga
Analice los resultados. (Nota: tenga en cuenta que para la descarga se invirtió la corriente).
3. En la curva de voltaje de carga, halle el tiempo en el cual el voltaje del condensador alcanza el 63,2% de su valor final. Verifique que es igual a τ ($\tau = RC$). Demuestre esta afirmación. Sugerencia: $(1-e^{-1} = 0.632)$
4. En la curva de corriente de carga, halle el valor inicial de la corriente. Verifique que sea igual a $20/R$. Explique éste resultado.
5. Halle la pendiente de la curva de carga en $t=0$, verifique que intercepta a la recta $V=10$, en un tiempo igual a τ . Explique porqué.
6. Demuestre que el tiempo en el cual el voltaje en el condensador alcanza el 99% de su valor final es 5τ . ¿ Lo comprobó experimentalmente?

4.9. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

5. OSCILOSCOPIO DE RAYOS CATODICOS

5.1. OBJETIVOS:

- Conocer el funcionamiento del osciloscopio de rayos catódicos .
- Determinar la diferencia de fase entre dos señales por medio del osciloscopio.
- Estudiar el comportamiento de un circuito RC y calcular la capacitancia del condensador.

5.2. TEMAS DE CONSULTA:

Tubo de rayos catódicos, circuitos RC, capacitancia, figuras de Lissajous, fase de una onda, carga y descarga de un capacitor.

5.3. BIBLIOGRAFIA:

- Serway; Física Tomo II . Caps 30
- Sears-Zemansky -Young ; Física Universitaria. Caps 29 y 36
- Giancoli, física vol 2.

5.4. PRELIMINARES:

El osciloscopio es un instrumento electrónico que mide señales eléctricas que varían en función del tiempo. Este consta esencialmente de un tubo de rayos catódicos o TRC, el cual tiene un conjunto de dos bobinas deflectoras para desviar en sentido vertical y horizontal al haz de electrones provenientes de un cañón electrónico.

La señal eléctrica que se va a estudiar es aplicada a través de un amplificador, con el objeto de desviar el haz verticalmente, al mismo tiempo que una diferencia de potencial de referencia barre el haz horizontalmente.

El barrido horizontal más útil es el que se deriva de un oscilador que genera un voltaje que aumenta linealmente con el tiempo , de tal forma que la señal bajo estudio se muestra en la pantalla como una función lineal del tiempo.

Medición de voltajes:

El osciloscopio puede utilizarse como un voltímetro de elevada resistencia para medir la diferencia de potencial en un circuito donde un voltímetro ordinario alteraría las condiciones del circuito. Se pueden tener tres diferentes mediciones:

Voltaje C.A. pico :

Cuando se desea determinar sólo la componente de C.A. de una señal medida, se coloca el interruptor **AC-GND-DC** en **AC** y a partir de la amplitud sobre la pantalla se determina el voltaje pico como sigue:

Medición utilizando un cable:

Voltaje pico (Vp-p) = Valor indicado en VOLTS/DIV x Amplitud (div.) x 1/MAG

Medición usando una punta de prueba x10:

Voltaje pico: (Vp-p) = Valor indicado en VOLTS/DIV x Amplitud(div.) x 10x 1/MAG

Donde MAG actúa así:

PUSH: factor de 10

PULL : factor de 1

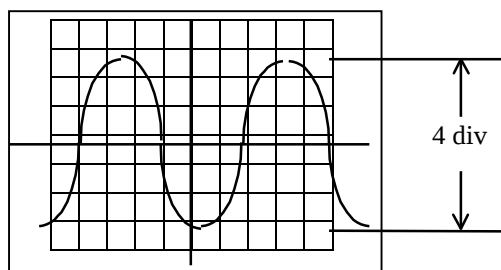


FIGURA 5.1. Medición de la componente de A. C. de una señal

Como se muestra en la figura 5.1, el voltaje de la señal medida se calcula como sigue:

Si VOLTS/DIV = 0.05 V/div. (con MAG en off), el voltaje pico cuando se conecta un cable directamente es: $0.05\text{V/div.} \times 4\text{div.} = 0.2 \text{ Vp-p}$.

Nota: Cuando mida un voltaje asegúrese de que en el botón VARIABLE (CH1 o CH2) la perilla de calibración (CAL) se encuentre completamente girada en sentido horario.

Voltaje D.C. :

Coloque la perilla de sincronización en AUTO y el interruptor AC-GND-DC en GND. La traza indicará 0 V. Ajuste entonces la traza en una posición de fácil lectura sobre la pantalla. Ahora, coloque el interruptor AC-GND-DC en DC y lea el desplazamiento de la traza sobre la pantalla.

Voltaje D.C. + A.C pico :

Realice la medición colocando el cursor en "DC" y en "GND" como en el caso de medición del voltaje DC. Si el rango indicado en la perilla de VOLTS/DIV es 0.1V/div., el voltaje de la señal medida es obtenida como se muestra en la figura 5.2.

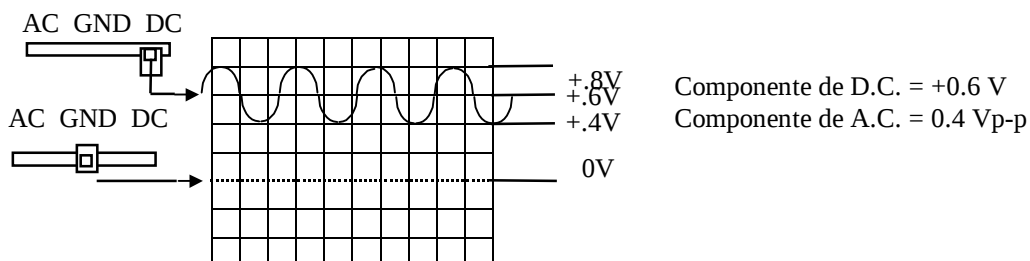


FIGURA 5.2 . Medición de voltaje A.C. con componente de D.C.

Medición de intervalos de tiempo:

El período de tiempo T se puede calcular como sigue:

Tiempo T (seg) = valor indicado en el selector TIME/DIV x intervalo sobre la pantalla x recíproco de la amplificación del multiplicador (MAG).

El recíproco de la amplificación del multiplicador es 1 cuando no está amplificado y 0.1 cuando está amplificado.

El intervalo de tiempo T en la figura 3 se calcula como sigue:

Si el selector de rango se encuentra en TIME/DIV = 0.5 ms/div.

Cuando el amplificador está X1 (PUSH) :

$$T = 0.5 \text{ ms/div} \times 3 \text{ div.} \times 1 = 1.5 \text{ mseg.}$$

Cuando el amplificador está X10 (PULL)

$$T = 0.5 \text{ ms/div} \times 3 \text{ div.} \times 0.1 = 0.15 \text{ mseg}$$

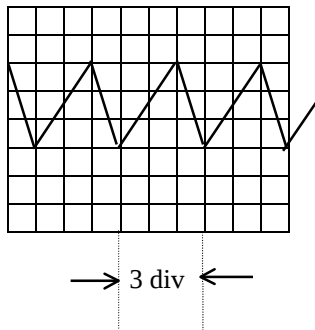


FIGURA 5.3. Medición de intervalos de tiempo.

Medición de frecuencia:

La frecuencia se calcula como el recíproco del período de tiempo T , tal como sigue:

$$\text{Frecuencia (Hz)} = 1/T \text{ (seg)}$$

Donde el intervalo de tiempo T se halla como en la sección precedente.

Medición de desfase entre dos señales:

Para medir la diferencia de fase entre dos señales de la misma frecuencia se debe operar el osciloscopio en sistema de doble traza, mediante la ubicación del selector de modo vertical (MOD VERT) en la posición CHOP.

Centre las ondas con la referencia del osciloscopio mediante las perillas de posicionamiento horizontal y luego tome la distancia entre los puntos de intersección de las ondas con la línea de referencia, tal como se muestra en la figura 5.4.

De acuerdo a la figura 5.4. , se toma 1 ciclo como 360° en 8 divisiones, entonces:

$$360^\circ/8\text{div} = 45^\circ/\text{div.}$$

Luego, la diferencia de fase entre las dos ondas será calculada como sigue:

Distancia horizontal en la pantalla: 1 div

$$\text{Diferencia de fase} : 45^\circ/\text{div} \times 1 \text{ div} = 45^\circ$$

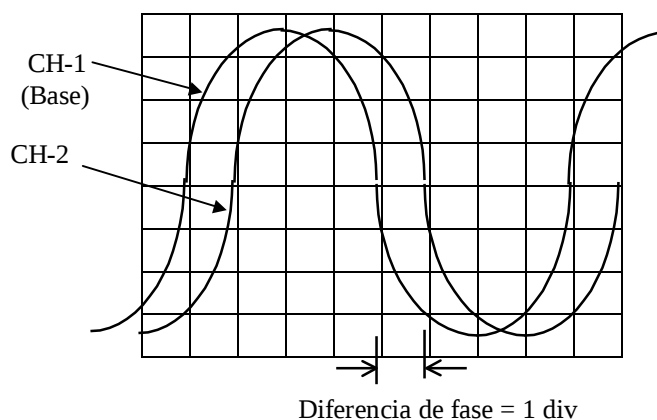


FIGURA 5.4. Medición de desfase entre dos señales de la misma frecuencia

Si la diferencia de fase es muy pequeña, se utiliza el multiplicador (MAG) en la posición X10 y 360° se despliega en $8\text{div} \times 10$.

Entonces se tiene que cada división equivale a: $360^\circ/(8\text{div.} \times 10) = 4.5^\circ/\text{div}$

Medición de desfase entre ondas de diferente frecuencia :

Si dos señales tienen la misma frecuencia pero difieren en fase, la superposición de éstas se puede observar en la pantalla colocando el osciloscopio en el modo **X-Y**. Se puede determinar la diferencia de fase por el siguiente procedimiento:

Si la señal Y se encuentra atrasada de la señal X en un ángulo θ y las ganancias de los amplificadores se ajustan de tal forma que las amplitudes sean iguales:

$$X = X_0 \text{ Sen } (\omega t)$$

$$Y = X_0 \text{ Sen } (\omega t \pm \theta)$$

Entonces en el área de la pantalla del osciloscopio aparecerá un elipse como se ve en la figura 5.5. Así, si B es la intersección de la elipse con el eje vertical, se tiene que:

$$\text{Sen}\theta = \frac{B}{A} \quad (1)$$

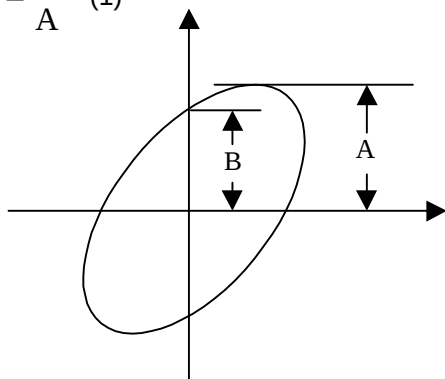


FIGURA 5.5. Medición de desfase en operación X-Y

La figura resultante se denomina figura de Lissajous y su centro debe coincidir con el centro de la escala horizontal y vertical.

5.5 PROCEDIMIENTO:

5.5.1 Medición de voltaje y frecuencia :

1. Ajuste el generador de señales para obtener las ondas especificadas en la tabla 5.1. Mida el valor de voltaje pico (V_p) con el osciloscopio y el voltaje r.m.s. con el multímetro digital (V_{rms}) para varias frecuencias del generador.

Señal	Senoidal		Cuadrada		Diente de sierra	
	V_p	V_{rms}	V_p	V_{rms}	V_p	V_{rms}
8Vp-p/50Hz						
6Vp-p /200 Hz						
4Vp-p /1000Hz						
2Vp-p /2000Hz						
0.1Vp-p /5000Hz						

TABLA 5.1. Valores medidos de voltaje con el osciloscopio y con multímetro.

5.5.2 Medición del desfase entre dos señales:

1. Realice el montaje indicado en la figura 5.6.

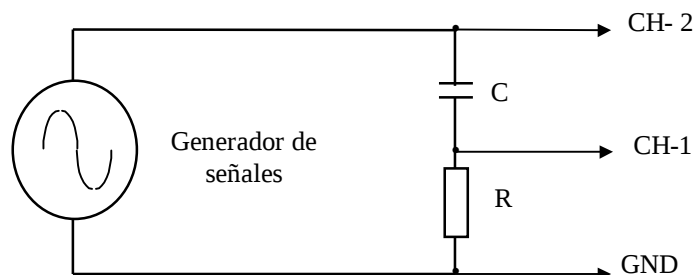


FIGURA 5.6. Circuito para medir el desfase entre dos señales

2. Seleccione una resistencia de $1200\ \Omega$, una capacitancia de $0.22\ \mu\text{F}$ y una onda senoidal con frecuencia de $10\ \text{KHz}$ en el generador de señales.
3. Ajuste las ganancias de los canales 1 y 2 (CH-1 y CH-2) de tal forma que las dos señales tengan la misma amplitud sobre la pantalla y un trazo nítido.
4. Coloque el osciloscopio en modo X-Y.
5. Mida la intersección B en el eje vertical y la amplitud A en el horizontal. Consigne éstos datos en la tabla 2.
6. Repita el mismo procedimiento para varios valores de C, R y frecuencia f

C (μF)	R (Ω)	f (Hz)	B (div)	A (div)
0.22	1200	10.000		

TABLA 5.2. Valores de C, R y f para determinar el ángulo de fase

5.5.3 Medición de la capacitancia:

1. Realice el montaje del circuito de la figura 5.7.

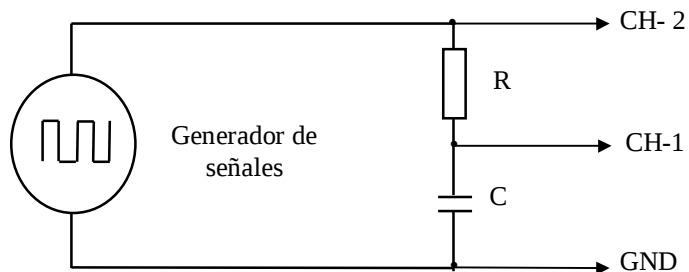


FIGURA 5.7. Montaje para determinar la capacitancia

2. Seleccione una onda cuadrada en el generador de señal con una frecuencia de 100Hz, una resistencia de 10.000Ω y una capacitancia de $0.1\mu F$. La siguiente onda se observará en el osciloscopio:

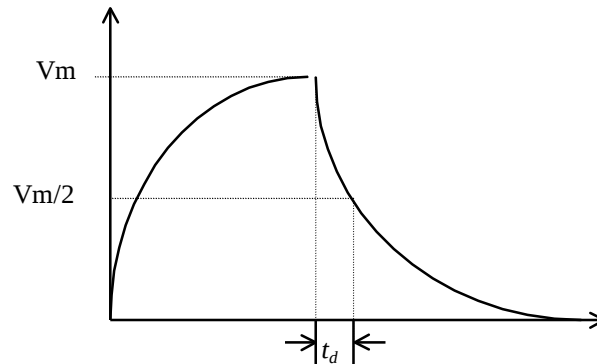


FIGURA 5.8. Curva de carga y descarga de un capacitor

Tome el tiempo t_d , el cual representa el tiempo de vida media (tiempo transcurrido desde el instante en que comienza a descargarse , hasta que llega a la mitad de su valor máximo). Para diferentes valores de R y C repita el mismo procedimiento consignando los datos en la tabla 5.3.

$C_{teórica} (\mu F)$	$R (\Omega)$	$t_d (seg)$
0.1	10.000	

TABLA 5.3. Valores de $C_{teórica}$, R y t_d para el cálculo de la capacitancia C_{exp} .

5.6 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS:

1. Con los resultados de la tabla 5.1, calcule el voltaje rms a partir del voltaje pico (V_p) medido con el osciloscopio y compare con el voltaje rms medido por el multímetro digital (V_{rms}).
2. Grafique las figuras observadas en la sección 5.5.2 y calcule el valor del ángulo de desfase θ , de acuerdo con la ecuación (1)
3. Con los datos obtenidos en la tabla 3 , calcule el valor de C_{exp} , según la ecuación:

$$t_d = R \cdot C \cdot \ln 2 \quad (2)$$
5. Calcule el error porcentual en cada uno de los anteriores puntos y describa posibles fuentes de error.
6. ¿Qué es valor pico o máximo (V_p), valor pico-pico (V_{p-p}) y valor medio cuadrático (V_{rms}) de una señal?. Escriba las relaciones entre estos tres valores para una señal:
 - a. Senoidal
 - b. Cuadrada

5. 7. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.

6. RECTIFICACION DE CORRIENTE

6.1. OBJETIVOS:

- Estudiar y aplicar diversos métodos para convertir la corriente alterna en corriente continua.
- Analizar el comportamiento y características del diodo rectificador .

6.2. TEMAS DE CONSULTA:

Diodos rectificadores , rectificador de media onda, rectificador de onda completa, rectificador en puente, filtros .

6.3. BIBLIOGRAFIA:

Boylestad & Nashelsky; Electronica. Teoría de circuitos . Secciones: 1.7, 1.19 y 1.24

6.4. PRELIMINARES:

Se analizará el funcionamiento del diodo rectificador en los siguientes circuitos:

- Rectificador de media onda
- Rectificador de onda completa con dos diodos
- Rectificador de onda completa con 4 diodos en puente

6.5 EQUIPO:

- Diodos rectificadores de silicio
- Transformador con derivación central.
- Tabla de resistencias
- Osciloscopio
- Multímetro digital
- Condensadores

6.6. PROCEDIMIENTO:

1. Arme el circuito de la Figura 1.

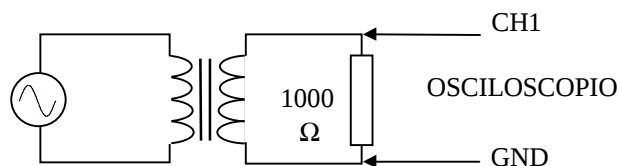


FIGURA 6.1. Circuito para observar la señal senoidal

2. Observe en el osciloscopio la forma de la onda entre los puntos A y B. Regístrela en papel milimetrado, anotando el valor pico y la frecuencia de la señal.

Rectificación de media onda:

3. Arme el circuito de la figura 6.2.

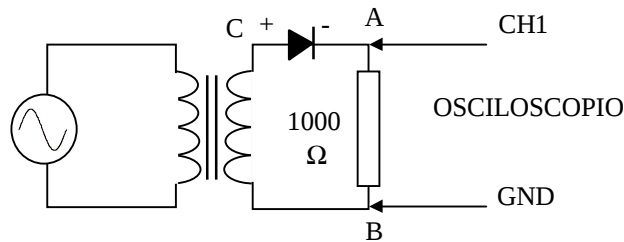


FIGURA 6.2. Rectificación de media onda

4. Observe en el osciloscopio la forma de onda entre los terminales A y B . Esta onda es aproximadamente la mitad de la onda anterior. Registre la forma de onda en papel milimetrado. Ahora invierta el diodo y registre nuevamente la onda. ¿ Qué conclusión saca de ésto?
5. Observe simultáneamente la señal producida en el punto C (en el canal 1) y la señal producida en el punto A (canal 2). ¿ Existe alguna diferencia? Explique.

Rectificación de onda completa:

La rectificación de onda completa puede hacerse de dos maneras:

a. Rectificación con dos diodos y transformador con derivación central:

6. Realice el montaje de la Figura 6.3.

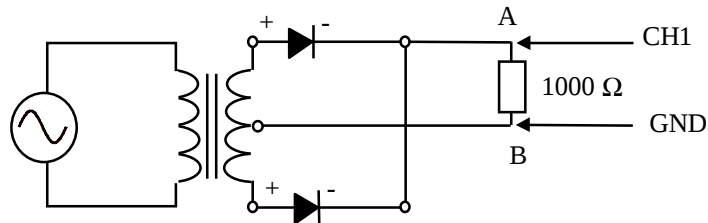


FIGURA 6.3. Rectificación de onda completa

7. Observe y registre la forma de onda, la cual corresponde a una rectificación de onda completa. Ahora conecte y desconecte rápidamente los diodos en forma alternada. Observe que cada circuito simétrico rectifica una parte de la onda

b. Rectificación con cuatro diodos en puente:

8. Arme el circuito de la figura 6.4. y observe la señal obtenida. Desconecte luego alternativamente los circuitos simétricos (puentes 5-6 o 7-8). Explique los resultados.

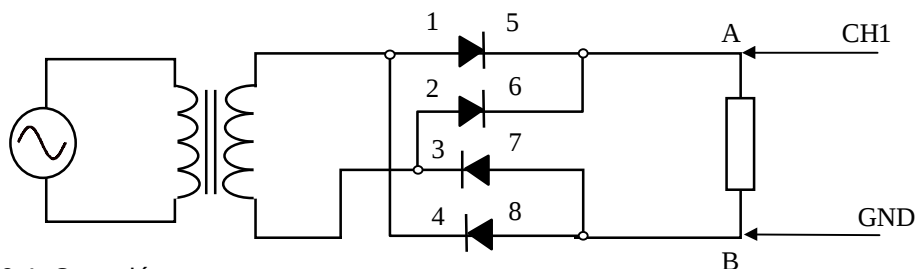


FIGURA 6.4. Conexión en puente.

c. Filtrado de la onda rectificada:

Con el fin de obtener un corriente continua, es necesario adicionar un elemento que filtre la señal pulsante.

9. Realice el montaje de la figura 6.5

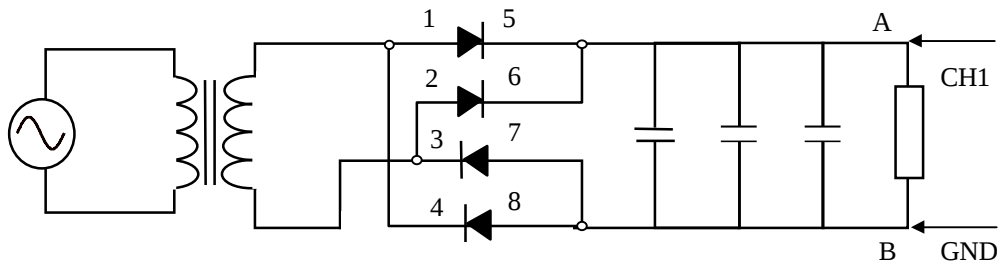


FIGURA 6.5 Filtrado de la señal utilizando condensadores

10. Observe la variación en la señal de salida a medida que se va incrementando el número de condensadores (1,2 y 3)

6.8 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

1. Represente gráficamente en papel milimetrado, las observaciones hechas en cada paso del experimento.
2. ¿Qué relación existe entre las frecuencias de las señales de entrada y de salida cuando se rectifica en media onda?
3. ¿Porqué en la Figura 3. no se debe invertir la polaridad de un solo diodo?
4. Explique el mecanismo mediante el cual el condensador filtra la señal pulsante. ¿Porqué a medida que se aumenta la capacitancia, disminuye el rizado?
5. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas comparativas entre los dos tipos de rectificación de onda completa?

6.9 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

7. SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES

7.1. OBJETIVOS:

- Analizar el comportamiento del campo y del potencial eléctrico para diferentes configuraciones de electrodos.
- Determinar las superficies equipotenciales y las líneas de campo para distribuciones de carga

7.2. TEMAS DE CONSULTA:

Campo eléctrico, potencial eléctrico, líneas de campo y superficies equipotenciales.

7.3. BIBLIOGRAFIA:

- Serway; Física Tomo II . Caps 25 y 26
- Kraus , Electromagnetismo . Cap. 2

7.4. PRELIMINARES:

Se determinarán las superficies equipotenciales y las líneas de campo para diferentes configuraciones de electrodos:

- Electrodos puntuales .
- Electrodo puntual y plano
- Electrodos planos
- Electrodos circulares

7.5 EQUIPO:

- Fuente de C.A.
- Multímetro analógico
- Bandeja de acrílico
- 2 Electrodos circulares
- 2 Electrodos planos
- 2 Electrodos puntuales
- 2 Electrodos de prueba

7.6 PROCEDIMIENTO:

7.6.1 Electrodos circulares:

1. Realice el montaje del circuito indicado en la figura 7.1

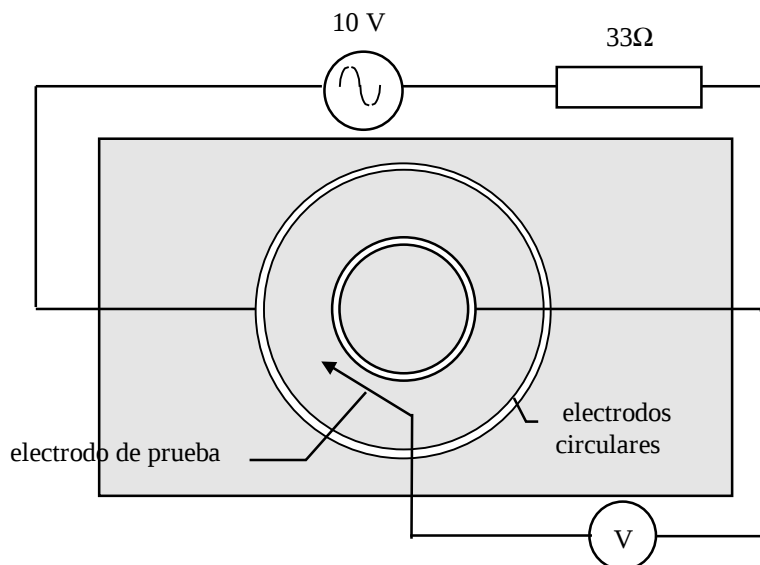


FIGURA 7.1. Montaje para determinar las superficies equipotenciales

2. Inicie el experimento con la configuración mostrada en la figura 7.1, colocando los electrodos concéntricos.
3. Mida el voltaje en $r = 3$ cm. (r = distancia al centro del electrodo)
4. Desplace ligeramente el electrodo móvil sobre un radio y encuentre el voltaje en los puntos $r = 4, 5, 6$ y 7 cm.
5. Mida los diámetros interno y externo de cada electrodo.

7.6.2 Electrodos planos y puntuales:

1. Realice el montaje del circuito indicado en la figura 7.2

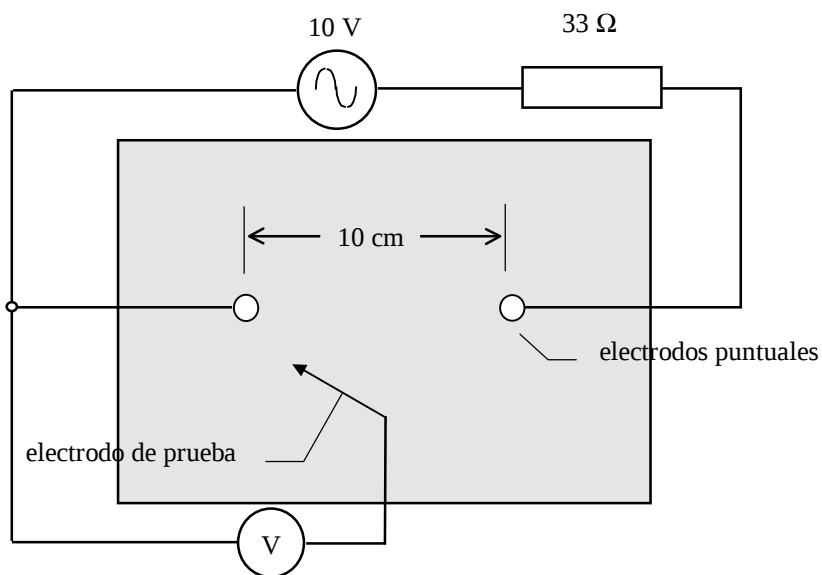
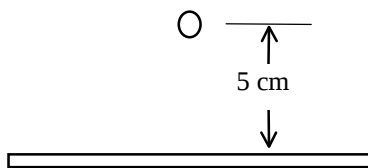


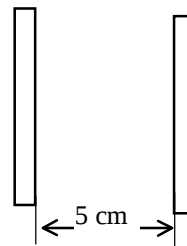
FIGURA 7.2. Montaje con electrodos puntuales

- Coloque el electrodo móvil a 1 cm del electrodo situado a la izquierda. Registre el voltaje en ese punto.
- Marque sobre la hoja milimetrada la posición del electrodo de prueba.
- Desplace ligeramente el electrodo móvil y encuentre otros puntos en los cuales el voltímetro indica nuevamente el voltaje registrado en el numeral 3. Marque también éstos puntos sobre la hoja.
- Repita el anterior procedimiento para otros puntos : 3,4, 5, 6, 8, y 9 cm hasta cubrir todo el espacio comprendido entre los electrodos.
- Utilice ahora las siguientes combinaciones de electrodos:

- Punta - plano :



- Placas paralelas :



7.6.3 Blindaje electrostático:

- Realice el montaje del circuito indicado en la figura 7.3

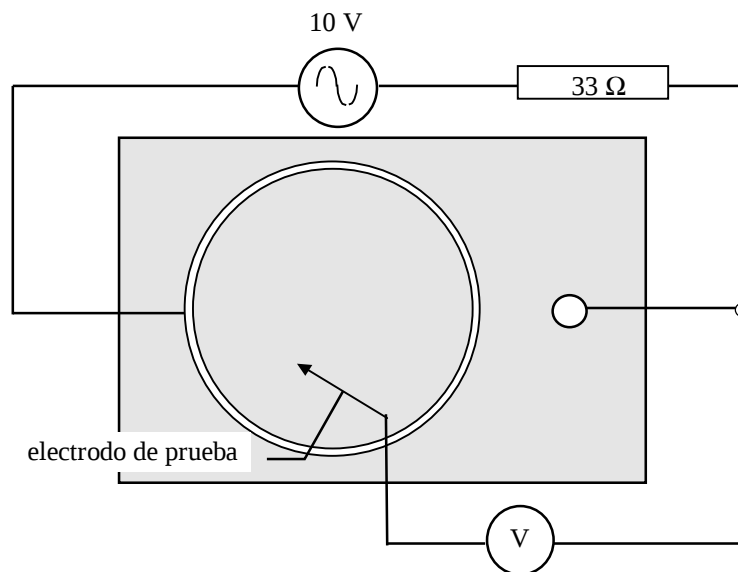


FIGURA 7.3. Blindaje electrostático.

2. Registre varios puntos en el interior del electrodo circular y note si obtiene alguna indicación de voltaje.
3. Tome ahora varios puntos en el espacio comprendido entre el electrodo puntual y el circular, regístrelos en la hoja milimetrada, así como sus valores de voltaje.

7.7 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.

1. La variación del potencial entre dos cilindros circulares de radios a y b (b>a) con una diferencia de potencial aplicada entre los dos igual a Vo es:

$$V = \frac{V_o * \ln (r / a)}{\ln (b / a)} \quad (1)$$

Compruebe la validez de la ecuación (1) con los datos tomados en el numeral 7.6.1 y realice una gráfica de V vs r. Explique la gráfica.

3. Dibuje las superficies equipotenciales con líneas continuas y las líneas de campo en líneas de trazos para cada configuración de electrodos a partir de los puntos tomados en el numeral 7.6.2 .
4. Realice el trazado de las líneas de campo alrededor del electrodo circular del numeral 7.6.3.
5. Deduzca la ecuación (1).
6. ¿Cómo son las líneas de campo en la superficie de los electrodos?. ¿ Lo comprobó experimentalmente ?
7. ¿A qué se le denomina efecto de bordes?. ¿ Cómo se observa dicho efecto en la experiencia?

7.8 CONCLUSIONES

8. CAMPO MAGNETICO

8.1 OBJETIVOS:

- Determinar experimentalmente la magnitud y dirección del campo magnético de una bobina circular en función de su geometría , número de vueltas y de la corriente.
- Calcular la componente horizontal del campo magnético terrestre.

8.2. TEMAS DE CONSULTA:

Campo magnético de una espira circular , Ley de Biot-Savart, Campo magnético terrestre , inclinación magnética.

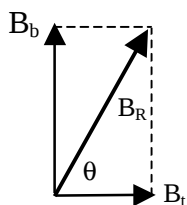
8.3. BIBLIOGRAFIA:

- Serway; Física Tomo II . Cap 29
- Sears-Zemansky -Young ; Física Universitaria.
- Giancoli, Física vol 2.
- Hallyday-Resnick, Física Vol. 2

8.4. PRELIMINARES:

Al circular corriente por una bobina se produce un campo magnético alrededor de la misma, cuya dirección y magnitud dependen de la geometría , del número de vueltas y de la intensidad de corriente. Si se conoce la magnitud y dirección del campo magnético en el centro de una bobina, es posible calcular de manera indirecta , el valor de la componente horizontal del campo magnético terrestre, a partir del ángulo que forma con el campo magnético resultante, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$B_b = B_t \cdot \tan \theta \quad (1)$$



donde: B_T = Campo magnético terrestre en Teslas
 B_b = Campo magnético en el centro de la bobina.
 θ = Angulo de deflexión de la brújula.

El ángulo θ se determina con una brújula colocada en el centro de la bobina y mide la dirección del campo resultante con respecto a un ángulo de referencia (θ_{ref})

8.5. EQUIPO :

1. Bobina circular .
2. Brújula
3. Reóstatos de 33Ω
4. Multímetro digital esc: 10 A.
5. Regla graduada en mm

8.6. PROCEDIMIENTO:

1. Mida el diámetro de la bobina circular
2. Arme el circuito de la figura 1 , teniendo en cuenta las siguientes observaciones:
 - No deben existir componentes ferrosos en la vecindad de las bobina.
 - La bobina debe estar suficientemente alejada de la fuente y de los instrumentos.

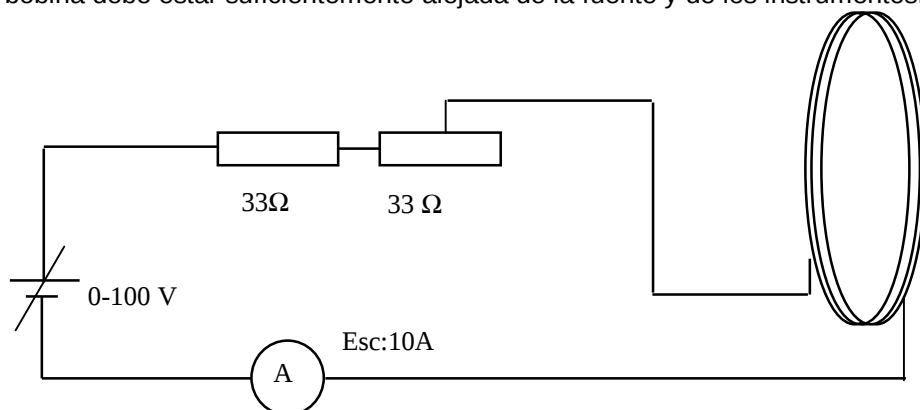


FIGURA 8.1 Determinación de la componente horizontal del campo magnético terrestre.

3. Conecte la bobina entre el terminal común y el terminal marcado con 10 espiras.
4. Coloque la brújula en el centro de la bobina y haga variar la corriente por medio del variac y el reóstato. Observe cuidadosamente el movimiento de la brújula y determine la posición correcta de la misma con el fin de obtener la máxima variación en el ángulo θ .
1. Una vez obtenida la posición correcta de la brújula inicie la toma de datos, variando la corriente de la bobina circular y tomando lecturas del ángulo θ de 10 en 10°. Consigne los datos en la tabla 8.1.

Angulo θ ($^{\circ}$)	Corriente (A)			
	10 espiras	15 espiras	20 espiras	25 espiras
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				

TABLA 8.1. Corriente vs ángulo θ para la bobina circular.

6. Repita el anterior numeral para 15, 20 y 25 vueltas .

8.7 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

El campo magnético en el centro de una bobina circular plana , se puede calcular como:

$$B = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot N \cdot I}{D} \quad (2)$$

donde: B : Campo magnético en el centro de la bobina en (T)

N : Número de espiras

I : corriente que circula a través de la bobina en (A)

D : diámetro de la bobina en (m)

1. Calcule el campo magnético para cada una de las espiras, con los datos obtenidos en la tabla 8.1 y la ecuación (2) . Consigne los resultados en la siguiente tabla:

Angulo θ	B _b (Teslas)			
(°)	10 espiras	15 espiras	20 espiras	25 espiras
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				

2. Realice las gráficas de B vs I , para N = 10, 15 , 20 y 25 espiras. (en la misma hoja)

3. Con la ecuación (1) obtenga el valor de la componente horizontal del campo terrestre en cada caso. Consigne los resultados en la siguiente tabla, halle el promedio para cada número de espiras y el promedio total, el cual corresponderá al valor de la componente horizontal del campo terrestre local.

Angulo θ	B _T (Teslas)			
(°)	10 espiras	15 espiras	20 espiras	25 espiras
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
B _T prom.				

B_T = _____

4. Deduzca la ecuación (2)

8.8 CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.

9. FUERZA MAGNETICA

9.1. OBJETIVO:

- Determinar el campo magnético en el centro de un solenoide a partir de la fuerza magnética sobre una espira.

9.2. TEMAS DE CONSULTA:

Campo magnético en un solenoide, ley de Ampere, fuerza de Lorentz y fuerza sobre conductores con corriente.

9.3. BIBLIOGRAFIA:

- Serway; Física Tomo II . Caps 29
- Sears-Zemansky -Young ; Física Universitaria.

9.4. PRELIMINARES:

Se determinará el campo magnético de un solenoide a partir de la fuerza que ejerce sobre una espira con corriente.

9.5 EQUIPO

- Amperímetro de 0-5 A
- Solenoide de 500 espiras
- Fuente de alimentación marca Leybold de 0-12 VDC y 6.3 VAC
- Fuente de c.c. de 0-220 V
- Reóstato de $3\ \Omega / 6\text{ A}$
- Reóstato de $33\ \Omega / 3,1\text{ A}$
- Espira o balanza de corriente
- Hilos de peso conocido

9.6 PROCEDIMIENTO:

1. Arme el circuito de la Figura 9.1.

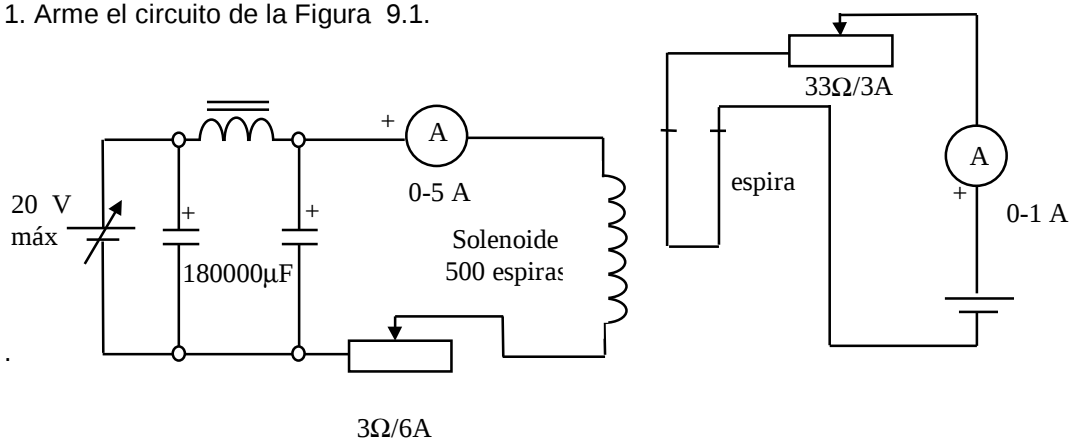


FIGURA 9.1. Circuito para medir el campo magnético en el interior de un solenoide

2. La espira se coloca de modo que quede nivelada dentro del solenoide, con sus lados paralelos al eje del mismo. (Figura 9.2)

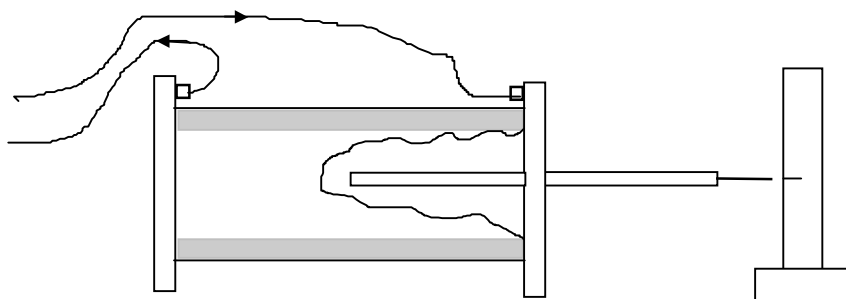


FIGURA 9.2. Colocación de la espira dentro del solenoide.

3. Establezca para el solenoide una corriente de 4 A y para la espira de 1A.
4. Observe que la balanza se desnivela, quedando el extremo externo levantado (En caso contrario cambie el sentido de la corriente).
7. Restablezca el equilibrio o nivel inicial de la balanza, adicionando peso (hilos) en el extremo externo de ésta.
8. Manteniendo 1 A en la espira varíe la corriente en el solenoide de .5 en .5 A , desde 4 hasta 0,5 A. En cada caso realice la nivelación de la balanza y determine el peso adicionado . Registre los datos en la tabla 9.1

I (A)	m (grs)
0.5	
1.0	
1.5	
2.0	
2.5	
3.0	
3.5	
4.0	

TABLA 9.1. Corriente en la espira vs masa adicionada.

9.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS:

1. Demuestre que el campo en el centro de un solenoide es:

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot N \cdot I / L \quad \text{donde } N = \# \text{ espiras, } I = \text{corriente y } L = \text{longitud del solenoide}$$

Sugerencia: Asuma que $L \gg r$

2. Determine el campo magnético en el centro del solenoide a partir de la fuerza magnética, la cual se iguala con el peso colocado en el extremo de la balanza ($F = iLB$)

I (A)	F (N)	B (T)
0.5		
1.0		
1.5		
2.0		
2.5		
3.0		
3.5		
4.0		

3. Explique porqué no existe fuerza sobre los lados paralelos de la espira.
4. Calcule el campo magnético en el centro de la espira a partir de la ecuación 1 y compárelo con el hallado en el numeral anterior

I (A)	Bmedido	B calculado	% error
0.5			
1.0			
1.5			
2.0			
2.5			
3.0			
3.5			
4.0			

4. Calcule el porcentaje de error $\%e = 100 \cdot (B_{\text{medido}} - B_{\text{calculado}}) / B_{\text{calculado}}$
5. Analice las posibles fuentes de error
6. Observaciones y conclusiones.

10. EL TRANSFORMADOR

10.1. OBJETIVOS:

- Comprobar experimentalmente la Ley de Faraday-Henry .
- Comprobar experimentalmente las leyes del transformador y del circuito magnético.
- Estudiar el comportamiento del transformador en diferentes condiciones de operación.

10.2. TEMAS DE CONSULTA:

Inducción, Ley de Faraday-Henry, principio del transformador, ecuaciones del transformador ideal, Transformador en carga, Transformador en vacío, , relación de transformación, Primario , Secundario, Bobinas , Circuito magnético y Materiales ferromagnéticos. Pérdidas por corrientes parásitas, histéresis y por Efecto Joule.

10.3. BIBLIOGRAFIA:

- Serway; Física Tomo II . Caps 30
- Sears-Zemansky -Young ; Física Universitaria.
- Hallyday-Resnick, Física Vol 2.

10.4. PRELIMINARES:

El transformador es un dispositivo para acoplar la energía de C.A. de una fuente a una carga. La fuente se conecta al arrollamiento primario, y la carga al arrollamiento secundario.

Un transformador ordinario se compone de dos o más arrollamientos, magnéticamente acoplados sobre un núcleo. Una tensión de C.A. aplicada entre los terminales de entrada o extremos del arrollamiento primario produce una corriente en éste. Esta corriente crea un campo magnético variable que corta las espiras del arrollamiento secundario, induciendo en éste una tensión de C.A. Cuando se conecta una carga entre los terminales del secundario, pasa corriente por la carga.

El núcleo alrededor del cual están arrollados el primario y el secundario puede ser de hierro, como en el caso de los transformadores de potencia de baja frecuencia. Para acoplar circuitos de alta frecuencia se pueden emplear núcleo de aire o de ferrita. El material y la geometría del núcleo determinan las características del acoplamiento.

En un transformador ideal la relación entre la tensión del primario E_p y la tensión inducida en el secundario E_s es la misma que la razón a entre el número de espiras del primario N_p y el número de espiras del secundario N_s :

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = a \quad (1)$$

Si $a = 1$ el transformador se denomina “ de aislamiento”, si $a > 1$ se llama reductor de tensión y si $a < 1$ es elevador de tensión.

Cuando el transformador tiene carga, la siguiente ecuación relaciona las corrientes en el primario I_p y la corriente en el secundario I_s :

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{E_s}{E_p} = \frac{1}{a} \quad (2)$$

El transformador ideal no existe debido a que hay pérdidas que no permiten la transferencia del 100% de potencia desde la fuente hasta la carga. Entre éstas pérdidas se cuentan:

- Pérdidas por la resistencia de los arrollamientos
- Pérdidas por corrientes parásitas (de Foucault)
- Pérdidas por histéresis
- Pérdidas por dispersión del flujo.

Para comprobar las anteriores ecuaciones y analizar el comportamiento del transformador se realizarán las siguientes mediciones:

El voltaje inducido en la bobina del secundario como función :

- Del número de espiras en la bobina primaria.
- Del número de espiras en la bobina secundaria.
- Voltaje primario.

10.5 EQUIPO:

- Fuente de A.C. variable
- Juego de núcleos y bobinas “ PASCO”
- Década décadas de resistencias de 5W
- Multímetros digitales

10.6 PROCEDIMIENTO:

- Arme el circuito mostrado en la Figura 10.1

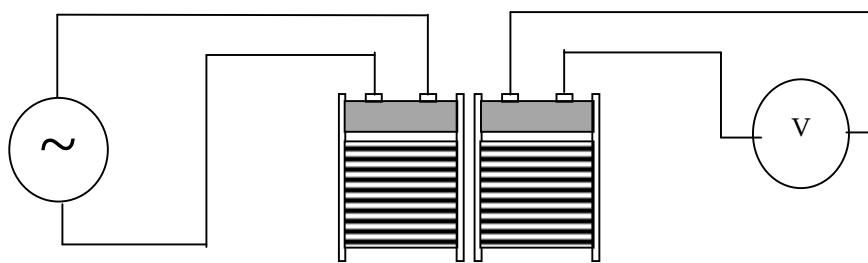


FIGURA 10.1. Montaje para estudiar el comportamiento de un transformador en vacío.

En el anterior diagrama la bobina de la izquierda será el primario y la bobina de la derecha será el secundario. Note que se está alimentando una corriente alterna a un nivel de voltaje en el primario y se está leyendo una salida de voltaje en el secundario.

- Coloque una bobina de 400 espiras en el primario y una de 400 espiras en el secundario, aplique una tensión de 10 voltios en el primario y registre los valores de voltaje secundario en la Tabla 10.1

Espiras Prim.	Espiras Sec.	Voltaje entrada	Voltaje Salida	Nucleo
400	400			aire
400	400			barra
400	400			en U abierto
400	400			en U cerrado

TABLA 10.1 Voltaje inducido en el secundario en función del voltaje primario.

- Repita el paso 2 para varios tipos de núcleo de núcleo (Ver figura 10.2)

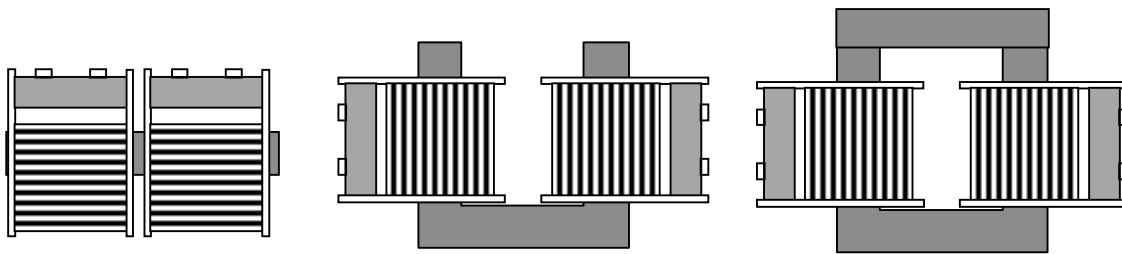


FIGURA 10.2. Diferentes configuraciones de núcleos

4. Usando la configuración que da el mayor voltaje de salida comparado con el voltaje de entrada, repita el paso 2 para todas las combinaciones de bobinas secundarias y primarias. Use un voltaje constante de 6 Volts A.C. . Registre los datos en la tabla 10.2.

Espiras Prim.	Espiras Sec.	Voltaje entrada	Voltaje Salida	Nucleo
400	400			
200	400			
400	200			
400	800			
800	200			
800	400			

TABLA 10.2. Diferentes combinaciones de bobinas secundarias y primarias

5. Con una bobina de 400 espiras en el primario y otra de 400 en el secundario conecte un resistor de 100Ω en el secundario. Mida la corriente de entrada, la corriente de salida y el voltaje de salida. Registre los datos en la tabla 10.3.

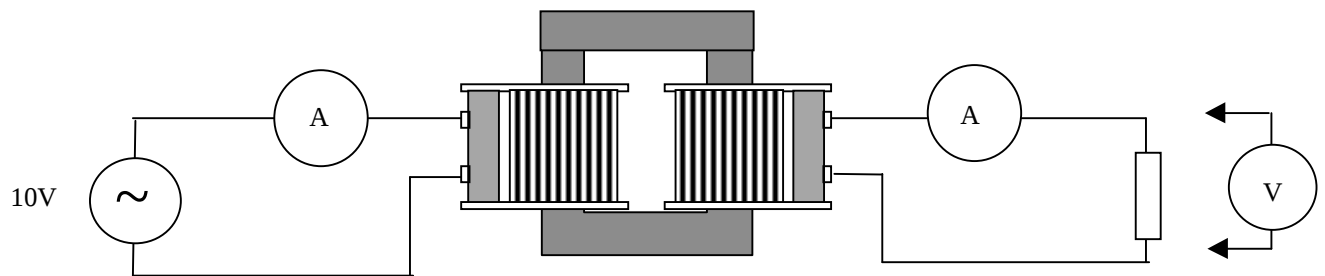


FIGURA 10.3. Medición de la corriente del primario y del secundario

Espiras Prim.	Espiras Sec.	Voltaje entrada	Voltaje Salida	Corriente entrada	Corriente salida	Potencia entrada	Potencia salida
400	400						
200	400						
400	200						
400	800						
800	200						
800	400						

TABLA 3. Corrientes de entrada y salida para diferentes combinaciones de bobinas

10.7. Análisis de resultados:

1. ¿Cuál configuración de núcleo da la máxima transferencia de efecto electromagnético a la bobina secundaria?. Desarrolle una teoría para explicar las diferencias existentes entre configuraciones.
2. ¿ Qué relación matemática existe entre las espiras del primario, del secundario y los voltajes primario y secundario ?
3. Considere las mejoras adicionales a su transformador: Que cambios adicionales Ud. haría para incrementar la transferencia electromagnética de una bobina a la otra?
4. La ganancia ideal de voltaje es igual al número de vueltas en el secundario dividido por el número de vueltas del primario. ¿Cómo resultó la ganancia de voltaje de su práctica comparada con la ideal ?
5. ¿ Qué relación matemática existe entre las espiras del primario, del secundario y las corrientes del primario y secundario ?. Elabore una hipótesis para explicar las diferencias.
6. Halle la eficiencia del transformador para cada combinación. Explique las causas de la diferencia con el transformadore ideal (eficiencia =100%)

10.8. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

11. FUENTES DE VOLTAJE

11.1. OBJETIVOS:

- Analizar el comportamiento de algunas fuentes de voltaje bajo diversas condiciones de operación
- Determinar el voltaje terminal de la fuente como función de la carga y de la resistencia interna.
- Medir la resistencia interna de una pila seca.

11.2. TEMAS DE CONSULTA:

Fuentes de voltaje, f.e.m., Ley de Ohm, Leyes de Kirchhoff, Voltaje terminal, Voltaje en vacío, operación en cortocircuito y máxima transferencia de potencia.

11.3. BIBLIOGRAFIA:

- Serway; Física Tomo II . Caps 27 y 28
- Sears-Zemansky -Young ; Física Universitaria Cap 28

11.4. PRELIMINARES:

Se determinará el voltaje terminal, el voltaje en vacío y la resistencia interna de:

- Acumulador de plomo-ácido
- Pila seca.
- Panel solar

11.5 EQUIPO:

- Acumulador de Plomo-ácido 12V / 4Ah
- Batería seca 6V
- Panel solar
- Multímetro digital
- Amperímetro de 0 a 3A
- Reóstatos de $33\ \Omega$ y $3\ \Omega$
- Pulsador normalmente abierto

11.6 PROCEDIMIENTO:

11.6.1 Determinación de la curvas características de las fuentes:

1. Realice el montaje del circuito indicado en la figura 11.1.

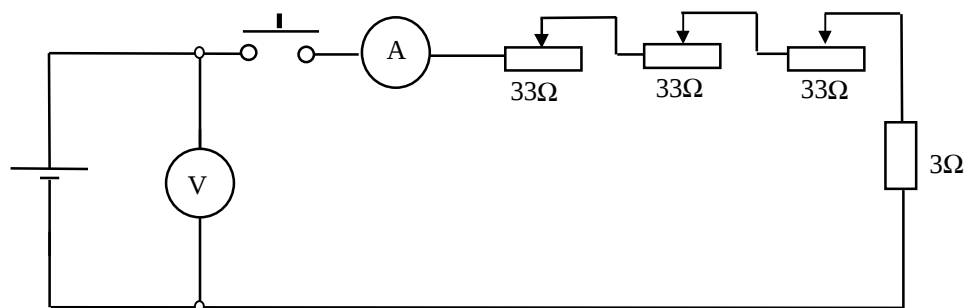


FIGURA 11.1 Circuito para determinar la curva característica de una fuente

2. Con la resistencia externa R_e en su máximo valor aumente gradualmente la corriente mediante los reóstatos para el acumulador de plomo-ácido. Mida el voltaje en terminales con el multímetro digital y consigne los datos en la tabla 11.1

3. Repita el procedimiento del numeral anterior para la batería y el panel solar .Consigne los datos en las tablas 11.2 y 11.3

I (A)	0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
Vt (V)																			

Tabla N. 11.1 Corriente vs voltaje terminal para el acumulador de plomo-ácido.

I (A)	0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
Vt (V)														

Tabla N. 11.2 Corriente vs voltaje terminal para la batería.

I (mA)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80
Vt (V)																

Tabla N. 11.3 Corriente vs voltaje terminal para el panel solar.

Nota: Utilice un reóstato de $1000\ \Omega$ para el panel solar.

11.6.2 Medición de la resistencia interna:

1.Mida el voltaje en vacío V_0 para una batería nueva y para una batería usada, consigne los valores en la tabla 11.4.

2.Suprima el amperímetro , conecte un reóstato de 33Ω (Figura 2) y desplace el dial hasta que el voltímetro indique un valor de : $V_t = \frac{V_0}{2}$

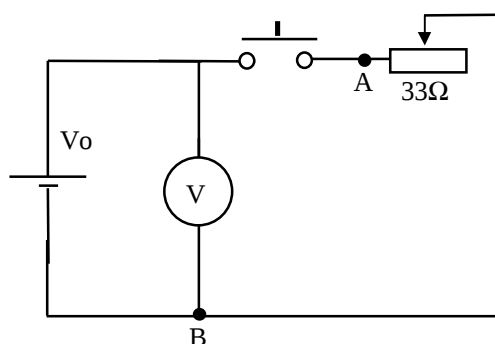


FIGURA 11.2. Circuito para determinar la resistencia interna de una batería.

3. Desconecte el reóstato de la batería en los puntos A y B y mida su valor R_e en ohms. Consigne los datos en la tabla 11.4. En este caso la resistencia interna es : $R_i = R_e$

Fuente de voltaje	V_o (V)	R_i (Ω)
Batería nueva		
Batería usada		

TABLA 11.4. Voltaje en vacío y resistencia interna.

11.7 ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.

1. Realice las siguientes gráficas de V_t vs. I para:
 - a. El acumulador de plomo-ácido
 - b. Batería seca
 - c. Panel solar

Aplique métodos de regresión lineal para las curvas de a. y b. y estime el valor de V_o y de R_i a partir de las curvas.

2. Para las baterías y acumuladores existe una relación lineal entre el voltaje terminal V_t y la corriente I según Figura 11.3.

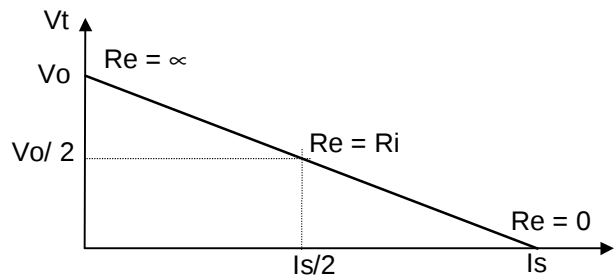


FIGURA 11.3. Característica corriente- voltaje de una fuente real con R_i constante

La resistencia externa R_e determina la relación del voltaje terminal a la corriente en el punto de operación:

$$R_e = \frac{V_t}{I}$$

Obtenga la característica ideal de corriente - voltaje para la batería seca con base en los valores de V_o y de R_i tomados de la tabla 5 y compare con la gráfica obtenida en el numeral 11.7.b.

3. Con base en las curvas características de carga para cada fuente, realice un análisis del comportamiento de cada una y establezca comparaciones
4. Compare la resistencia interna entre una batería nueva y una usada. Desarrolle una hipótesis explicativa de las diferencias encontradas.

11.8 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

12. INDUCCION MAGNETICA

12.1. OBJETIVOS:

- Comprobar experimentalmente la inducción magnética de un solenoide expuesto a un campo magnético variable.
- Determinar el voltaje inducido en un solenoide como función de la frecuencia, número de vueltas, diámetro y la intensidad de campo magnético.

12.2. TEMAS DE CONSULTA:

Ley de Faraday, campo magnético de un solenoide, ley de Ampere, flujo magnético, voltaje inducido en una bobina, e inductancia mutua.

12.3. BIBLIOGRAFIA:

- Serway; Física Tomo II . Caps 30
- Sears-Zemansky -Young ; Física Universitaria.
- Giancoli, física vol 2.
- Hallyday-Resnick.

12.4. PRELIMINARES:

El voltaje inducido en un solenoide se determinará como función :

- a. De la intensidad de campo magnético.
- b. De la frecuencia del campo magnético.
- c. Del diámetro de las bobinas

12.5 EQUIPO:

- Bobina inductora de 75cm y $n = 534$ espiras/m
- Bobina de inducción de:
 - 300 vueltas diámetro 63mm
 - 300 vueltas diámetro 43mm
 - 100 vueltas diámetro 63mm
- Generador de funciones
- Osciloscopio
- Multímetro digital
- Multímetro analógico

2.6 PROCEDIMIENTO:

1. Arme el circuito mostrado en la Figura 12.1

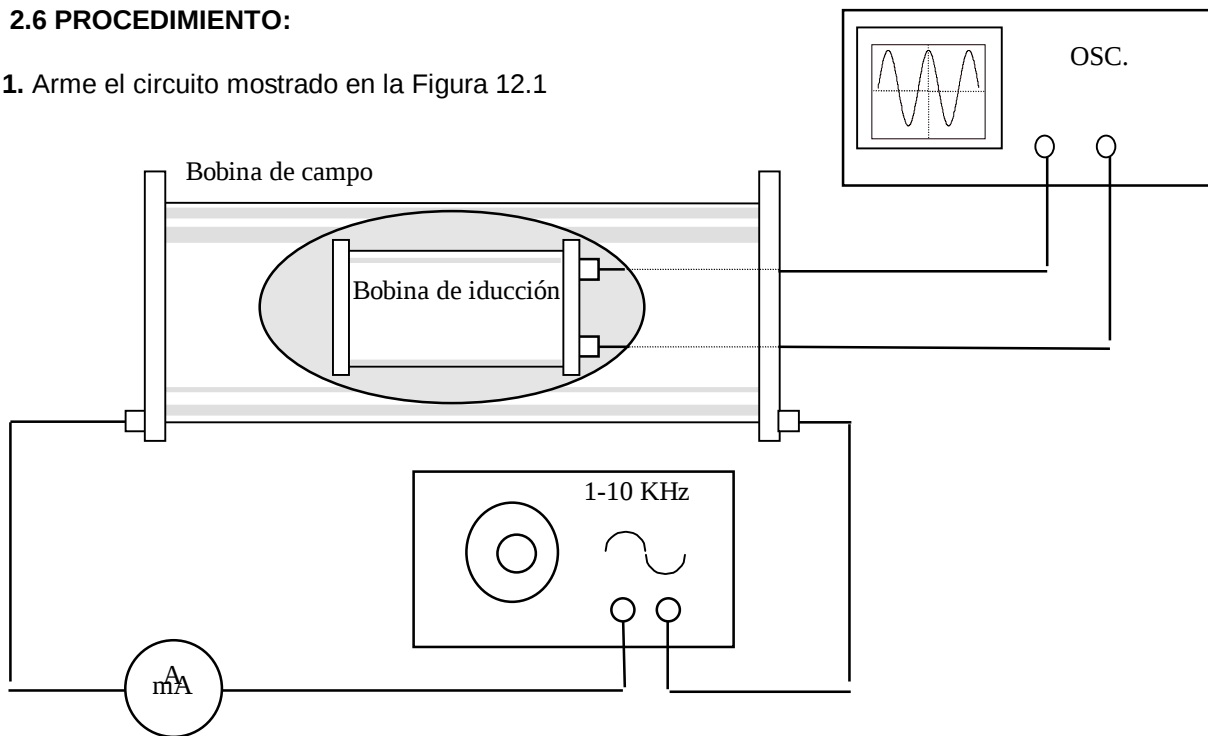


FIGURA 12.1 Montaje para medir la inducción magnética en un solenoide

La corriente de la bobina es medida con el multímetro digital. El efecto de la frecuencia puede ser estudiado entre 1 kHz y 20kHz ya que por debajo de 0.5 kHz la bobina representa un corto circuito y por encima de 10 kHz la exactitud de la medición no es buena.

2. Voltaje inducido en función de la corriente primaria.

Seleccione la bobina de 63mm de diámetro, 300 vueltas y una frecuencia de 10 kHz. Varíe la intensidad de corriente en la bobina inductora desde 5 hasta 20 mA y consigne los datos de voltaje inducido medido en la bobina de 300 vueltas en la Tabla 12.1.

Frecuencia (Hz)	Espiras	Diámetro (mm)	I (mA)	Vind (V)
10.000	300	63	5	
10.000	300	63	10	
10.000	300	63	15	
10.000	300	63	20	

TABLA 12.1. Voltaje inducido en función de la corriente primaria.

3. Voltaje inducido en función de la frecuencia.

Seleccione la bobina de 63mm de diámetro, 300 vueltas. Con una corriente de 10 mA en la bobina de campo, varíe la frecuencia desde 2KHz hasta 20 KHz y consigne los datos de voltaje inducido medido en la bobina de 300 vueltas en la Tabla 12.2.

Frecuencia (Hz)	Espiras	Diámetro (mm)	I (mA)	Vind (V)
5.000	300	63	10	
10.000	300	63	10	
15.000	300	63	10	
20.000	300	63	10	

TABLA 12.2. Voltaje inducido en función de la frecuencia.

4. Voltaje inducido en función del número de espiras.

Seleccione una frecuencia de 10 KHz con una corriente de 10 mA en la bobina de campo, y mida el voltaje inducido para las bobinas de 100 y 300 vueltas . Consigne los datos en la Tabla 12.3.

Frecuencia (Hz)	Espiras	Diámetro (mm)	I (mA)	Vind (V)
10.000	300	63	10	
10.000	100	63	10	

TABLA 12.3. Voltaje inducido en función del número de espiras.

12.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS:

- Demuestre que el voltaje inducido en la bobina de inducción V debido a una corriente alterna $I = I_0 \sin \omega t$ que fluye a través de la bobina primaria es:

$$V = \mu_0 \cdot n \cdot A \cdot N \cdot \omega \cdot I_0 \cdot \cos \omega t \quad (1)$$

donde: V = Voltaje inducido en la bobina secundaria (bobina de inducción)

μ_0 = Permeabilidad del vacío ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m)

A = Area transversal de la bobina de inducción

n = (número de espiras /unidad de longitud) de la bobina inductora

N = número de espiras de la bobina de inducción

ω = frecuencia angular de la corriente en la bobina primaria ($2\pi \cdot f$)

I_0 = Valor máximo instantáneo de la corriente primaria. ($I_0 = I_{rms} \cdot \sqrt{2}$)

Nota: La corriente medida por el multímetro es $I_{r.m.s.}$

- Compruebe la validez de la ecuación (1) para cada caso y estime el porcentaje de error.

- Analice la variación del voltaje inducido con:

- La frecuencia
- La corriente primaria
- Número de espiras

Desarrolle una hipótesis para explicar cada caso.

12.8 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES