

Proyecto:

GENERADOR ELECTRICO-  
INDUCCIÓN  
ELECTROMAGNÉTICA.

Asignatura: Física III

Año 2009



## PROMEI

Sistema de enseñanzas-aprendizaje por proyectos experimentales simples y por simulación en computadora.

Cátedra de Física Experimental II --- Asignatura: Física III --- Año: 2009 A

Proyecto: GENERADOR ELECTRICO-INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA.

Autores: Coronel, Maria Cecilia. (Ingeniería Química)

mceciliacm\_22@hotmail.com

Pierobon, Cecilia. (Ingeniería Química)

ceci\_pierobon@hotmail.com

Wheeler, Melanie. (Ingeniería Química)

melanie\_w\_@hotmail.com

### Objetivos

· Comprobar la ley de Faraday al encender un led con la fem inducida en una bobina.

**Descripción del Proyecto:** Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes. Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura. Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generara una fuerza electromotriz (F.E.M.).

### Funcionamiento

La fem generada es producida cuando el flujo magnético generado por el campo magnético de dos imanes enfrentados en sus polos y que atraviesa una bobina, cambia debido a que se mueven manualmente los imanes enfrentados. Esta fem inducida sirve para encender un led que se ha conectado a la bobina.

## Introducción

La inducción electromagnética es la producción de corrientes eléctricas por campos magnéticos variables con el tiempo. El descubrimiento por Faraday y Henry de este fenómeno introdujo una cierta simetría en el mundo del electromagnetismo. James Clerk Maxwell consiguió reunir en una sola teoría los conocimientos básicos sobre la electricidad y el magnetismo. Su teoría electromagnética predijo, antes de ser observadas experimentalmente, la existencia de ondas electromagnéticas. Heinrich Rudolf Hertz comprobó su existencia e inició para la humanidad la era de las telecomunicaciones.

El descubrimiento, debido a Hans Christian Oersted, de que una corriente eléctrica produce un campo magnético estimuló la imaginación de los físicos de la época y multiplicó el número de experimentos en busca de relaciones nuevas entre la electricidad y el magnetismo. En ese ambiente científico pronto surgiría la idea inversa de producir corrientes eléctricas mediante campos magnéticos. Algunos físicos famosos y otros menos conocidos estuvieron cerca de demostrar experimentalmente que también la naturaleza apostaba por tan atractiva idea. Pero fue Faraday el primero en precisar en qué condiciones podía ser observado semejante fenómeno. A las corrientes eléctricas producidas mediante campos magnéticos Michael Faraday las llamó *corrientes inducidas*. Desde entonces al fenómeno consistente en generar campos eléctricos a partir de campos magnéticos variables se denomina *inducción electromagnética*.

## Teoría

### Ley de Lenz

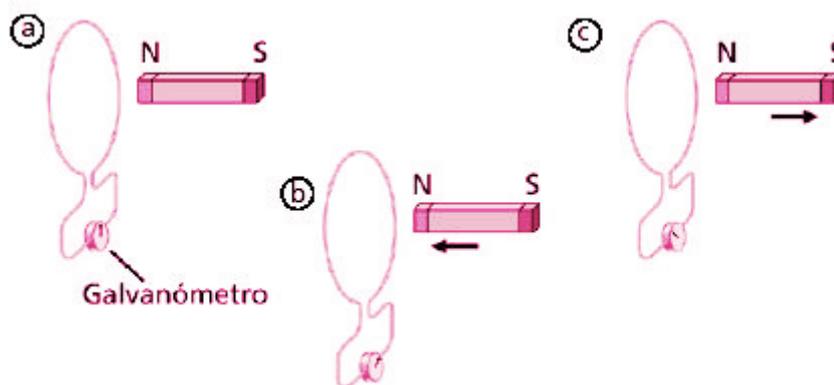
**"Cuando varía el flujo magnético que atraviesa una bobina, esta reacciona de tal manera que se opone a la causa que produjo la variación"**

Es decir, si el flujo aumenta, la bobina lo disminuirá; si disminuye lo aumentará. Para conseguir estos efectos, **tendrá que generar corrientes** que, a su vez, creen flujo que se oponga a la variación. Se dice que en la bobina ha aparecido una CORRIENTE INDUCIDA, y, por lo tanto, UNA FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA.

Se verá un ejemplo aclaratorio: Supongamos que la bobina, *situada a la izquierda en la figura siguiente*, tiene un flujo nulo. Por lo que la corriente  $I$  será nula también.

Si le acercamos un imán, parte del flujo de éste atravesará la propia bobina, por lo que el flujo de la bobina pasará de ser nulo a tener un valor.

La bobina reaccionará intentando anular este aumento de flujo creando una corriente, porque de esa manera, esta corriente creará un flujo contrario oponiéndose al aumento impuesto desde el exterior. Una vez transcurrido cierto tiempo, la bobina se ha amoldado a las nuevas condiciones y el flujo que la atraviesa será el que le impone el imán. Al amoldarse dejará de crear la corriente indicada, que pasará de nuevo a ser cero.



Si ahora se aleja el imán, el flujo que estaba atravesando la bobina disminuirá, por lo que la bobina reaccionará creando de nuevo una corriente esta vez de signo contrario al anterior, para producir un flujo que se oponga a la disminución.

**LEY DE FARADAY.-** La Ley de Lenz solamente habla de la forma en que se comporta la bobina pero no dice nada acerca de la magnitud de la corriente o

de la fuerza electromotriz inducida. Faraday llegó a la conclusión que esta (la fuerza electromotriz **E**) vale:

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt}$$

siendo:

**e:** f.e.m. inducida

**n:** número de espiras de la bobina

**Df:** Variación del flujo

**Dt:** Tiempo en que se produce la variación de flujo

**El signo menos (-) indica que se opone a la causa que lo produjo (Ley de Lenz)**

### Materiales:

- Alambre de cobre esmaltado para el armado de la bobina
- Pieza de hierro dulce para el núcleo de la bobina
- Seis imanes redondos de bocinas
- un tubo de pvc
- un diodo led brillante de 2.8V

### Parte experimental.

Para realizar el generador eléctrico utilizamos una bobina, la cual armamos manualmente (figura 1), sobre un núcleo de hierro dulce, el cable tenía un diámetro de 0.02 cm, la cantidad de vueltas por centímetro eran 80 aproximadamente (esta aproximación se hizo ya que el bobinado fue hecho manualmente y las capa, al no superponerse de forma regular, no es posible sacar un cálculo justo). Ambos polos de la bobina fueron conectados a un led de 2.8V (figura 2). Dicha bobina fue colocada en el interior de un tubo de pvc. El cual tenía en su base dos imanes uno de un diámetro exterior de 7,5 cm e interior de 3,0 cm y otro de un diámetro exterior 7,0 e interior de 3,0 cm los cuales quedan fijos pegados con cemento de contacto.



*Figura 1*

Colocamos cuatro imanes con los polos opuestos a los ya mencionados haciendo pasar el tubo por el centro de ellos, como muestra la figura 3, de esta manera queda armada la parte externa del generador y solo basta accionar el imán manualmente suspendido por la fuerza de repulsión que existe entre los imanes. Al hacer oscilar dichos imanes se produce un cambio de flujo



magnético dentro de la bobina, lo cual genera una fem, según lo establecido por la Ley de Faraday.

*Figura 2*

Una complicación que surgió durante el armado de la bobina fue que al realizar una de 15 vueltas por centímetro y hacer oscilar los imanes comprobamos que el led no se encendía. Esto sucedía porque la fem generada no era suficiente como para encenderla. Utilizando un multímetro medimos el voltaje generado observando un máximo de **0.15 V**, por lo cual decidimos bobinar por encima de la bobina ya mencionada.

Con la nueva bobina se logro medir un voltaje de **1.1 V**, estas mediciones al realizarse con un multímetro y utilizando cables de gran sección, podemos decir que se produjo gran error en la medición, con lo que concluimos que el voltaje generado era mayor y por esa razón logramos finalmente encender el led.



*Figura 3*

La corriente generada era alterna, por ser un sistema oscilatorio. El led no se encendía en forma constante sino con parpadeos de gran brillo.

### **Características del led**

Led rojo

- Voltaje 1,8V- 3,6V
- Intensidad 20mA – 40 mA

- Potencia 30 mW – 60 mW.

Utilizamos otro led (verde) para cambiar la carga

### Características del generador

Característica de la bobina

- Longitud 14 cm.
- Núcleo de hierro dulce de 1.2 cm de diámetro ( $\mu=1000 \text{ Tm/A}$ ).
- 1680 vueltas (120 vueltas por cm).
- Cantidad de cable utilizado 66m.

Cantidad de imanes utilizados: 6

Intensidad 20 mA.

Fem generada 2.6 V.

Potencia:  $\text{Pot}=2,6\text{V}\cdot 0,02\text{A}=0,052\text{W}=52\text{mW}$

### Calculo del campo magnético

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = -N \frac{(\phi_{B_f} - \phi_{B_o})}{(t_f - t_o)}$$

La posición inicial del imán ( $t_o=0$ ) fue en la zona superior del tubo en la cual consideramos el flujo magnético despreciable pues allí es en donde menos afecta a la bobina. Entonces:

$$\varepsilon = -N \frac{\phi_{B_f}}{t_f}$$

Tomamos el tiempo en el que el imán fue desplazado de la parte superior a la parte inferior del tubo y medimos la fem generada colocando un milímetro en paralelo con el led. El tiempo medido fue 0,15 seg y la fem de 0,6 V

$$\phi_B = B \cdot S = \varepsilon \frac{t_f}{N} \rightarrow B = \varepsilon \frac{t_f}{S \cdot N}$$

N: numero de vueltas=1860

S: sección= $1,13 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$B = \varepsilon \frac{t_f}{S \cdot N} = 0,6\text{V} \frac{0,15\text{s}}{1680 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}\text{m}^2} = 0,47$$

## Armado del generador con la bobina ya construida



Una vez verificado el funcionamiento del generador y probado que el led se encendía, proseguimos con el armado del generador sobre la base.

Para ello, envolvimos con cinta aisladora los extremos de la bobina y adosamos el led también con cinta aisladora para

*Figura 4*

que quede bien fijo en la punta (figura 4).



Luego, hicimos un orificio para fijar el tubo a la base y colocamos los imanes enfrentados como muestran las figuras 5 y 6, de tal forma que el generador quedó firme.

*Figura 5*

*Figura 6*



Introducimos la bobina en el tubo y el generador quedó terminado (figuras 6 y 7):



*Figura 6*



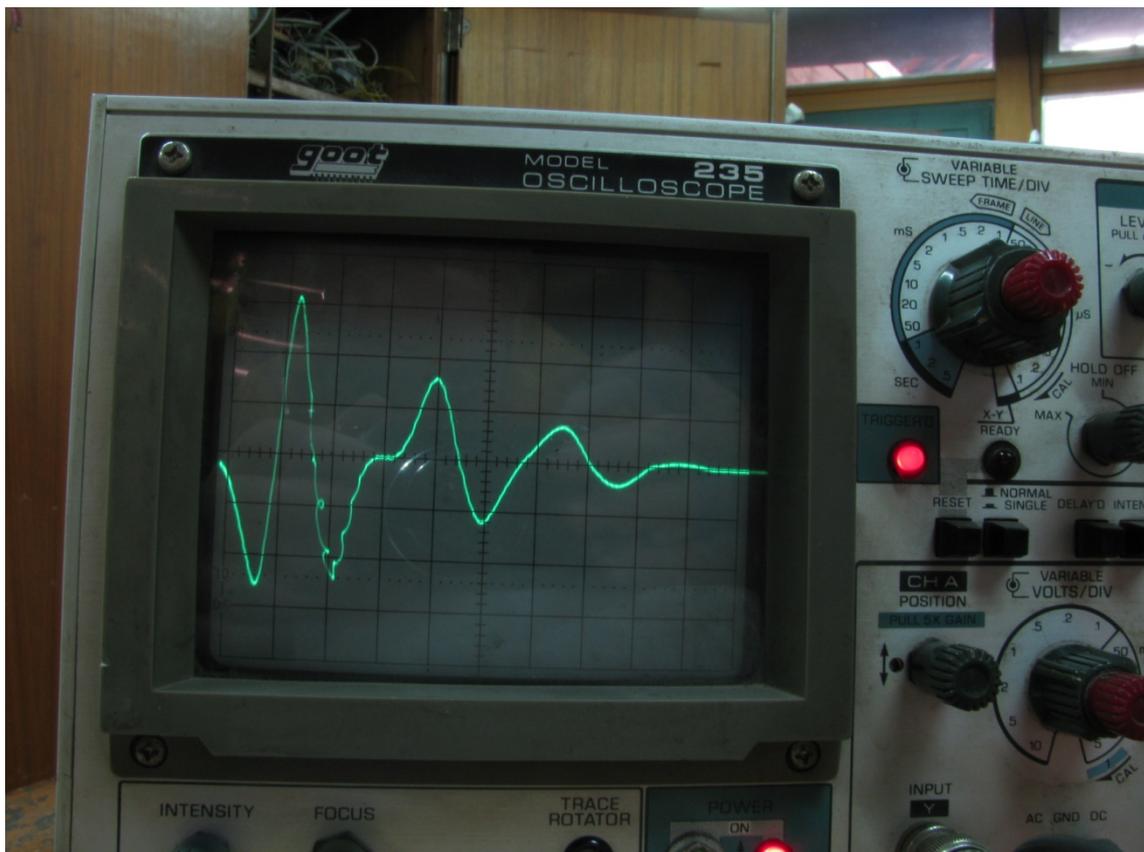
*Figura 7*

## Medición del voltaje

Para la medición del voltaje utilizamos un osciloscopio.

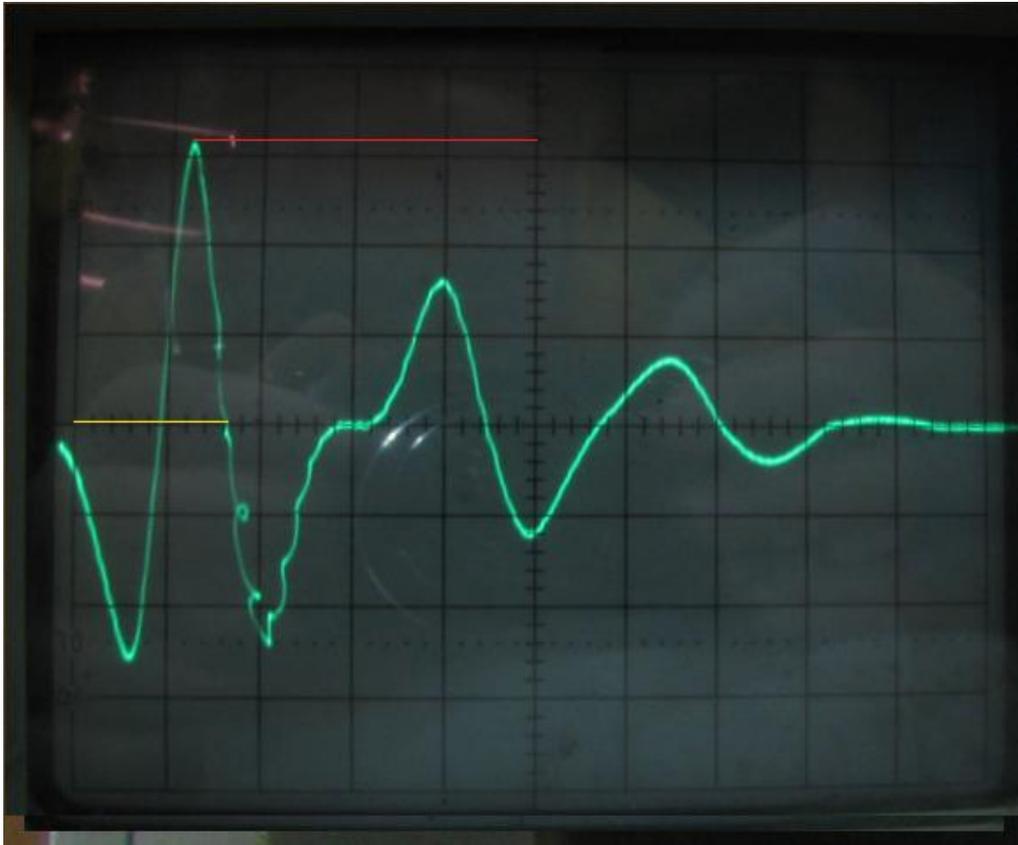
Realizamos la misma sujetando los cuatro imanes en la parte superior del tubo y dejándolos caer.

En la pantalla del osciloscopio se observó la siguiente curva:





En la figura se observa que la curva de voltaje en función del tiempo que muestra el osciloscopio es aproximadamente sinusoidal. El proceso desde que el imán se encuentra arriba del tubo hasta que baja representa una longitud de onda en la pantalla del osciloscopio. A partir de la misma curva podemos conocer la fem máxima generada y el tiempo transcurrido.



El pico observado en la escala de voltaje fue de 3,2 V (indicado con rojo en la figura). El tiempo de este proceso (parte superior parte inferior; indicado con amarillo) también se extrajo de la grafica, fue de 0,16 segundos.

Al conocer estos datos podemos calcular la variación de flujo magnético, con lo cual podemos determinar la variación del campo magnético:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

$$\frac{\varepsilon}{N} = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{dB \cdot S}{dt}$$

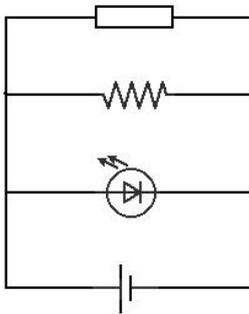
$$\Delta\Phi_B = \Delta B \cdot S \rightarrow \Delta B = \frac{\varepsilon \cdot t}{N \cdot S} = \frac{3,2V \cdot 0,16s}{1680 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}m^2} = 2,70 T$$

## Armado de circuitos colocando distintas cargas

Nuestro objetivo fue observar si al colocar distintas resistencias en serie y en paralelo, la caída de voltaje era significativa. Además calculamos la corriente para cada uno de los circuitos.

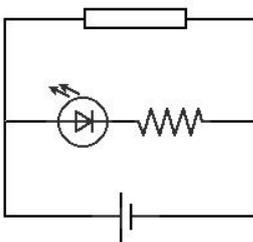
Armamos los siguientes circuitos:

1)



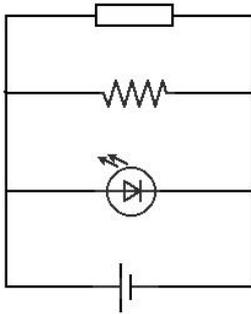
- Resistencia de  $330 \Omega$
- Voltaje 3 V.
- Intensidad  $I=9 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 9 \text{ mA}$
- Se observa mucho brillo en la luz del led

2)



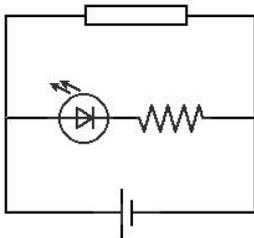
- resistencia de  $330 \Omega$
- Voltaje 3 V
- Intensidad  $I=9 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 9 \text{ mA}$
- Se observa poco brillo en la luz del led en comparación con el circuito 1.

3)



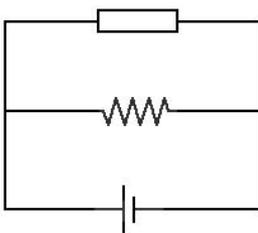
- Resistencia  $33\Omega$
- Voltaje 3 V
- Intensidad  $I=90\text{ mA}$
- Se observa mucho brillo en la luz del led.

4)



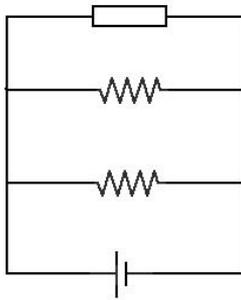
- Resistencia  $33\Omega$
- Voltaje 3 V
- Intensidad  $I=90\text{mA}$
- Se observa menos brillo que los los mismos elementos colocados en paralelo, pero mayor brillo que el producido con una resistencia de  $330\Omega$  en serie con el led.

5)



- resistencia  $33\Omega$ .
- Voltaje 2 V.
- Intensidad  $I=60\text{ mA}$ .

6)



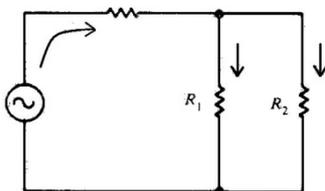
- Resistencias de  $33\Omega$ .

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{33\Omega} + \frac{1}{33\Omega} \rightarrow R_{eq} = 16.5\Omega$$

- Voltaje 1.4 V
- Intensidad  $I=85\text{mA}$

En los circuitos 5) y 6) la disminución del voltaje puede explicarse de la siguiente manera:

R: es el conjunto de todas las pérdidas del sistema.



$\text{~}$  : representa la fem alterna que se induce en la bobina.

$R_1, R_2$ : Resistencias.

En el circuito 5) al colocar una resistencia pequeña ( $33\Omega$ ) circula una corriente considerable para que se produzca una pérdida apreciable de potencial (1 V).

En el circuito 6) al colocar una resistencia en paralelo, la resistencia equivalente es menor aun ( $16.5\Omega$ ), entonces la corriente en el circuito aumenta, por lo cual se observa una pérdida de potencial mayor (1,6 V).

## Mediciones del campo magnético

Con el fin de poder corroborar nuestros datos con mayor certeza utilizamos un medidor de campo magnético para detectar el de nuestros imanes. Estos fueron los datos obtenidos:

campo magnético (Gauss)	Distancia	imán 1		imán 2		imán 3		imán 4	
		Lado A	Lado B						
15 cm		3,17	3,63	3,51	3,24	3,39	3,31	3,48	2,9
10 cm		9,35	7,43	8,79	9,47	9,66	9,6	10,22	8,42
5 cm		47,6	34,5	42,6	49,1	47	51,9	50,9	36,8
1cm		197,8	141,4	149,1	267,6	206,3	237,2	280,3	125,8

Calculamos el gradiente de campo magnético como:

$$\text{Gradiente} = \frac{\text{Campo}_{\text{final}} - \text{Campo}_{\text{inicial}}}{\text{diferencia de distancia}}$$

El gradiente calculado para el imán 1 lado A, se hizo:

$$\text{Gradiente} = \frac{9,35\text{gauss} - 3,17\text{gauss}}{5\text{cm}} = 1,24 \text{ Gauss/cm}$$

Gradiente (gauss/cm)	Distancia	imán 1		imán 2		imán 3		imán 4	
		Lado A	Lado B						
de 15 a 10 cm		1,24	0,76	1,06	1,25	1,254	1,26	1,35	1,1
de 10 a 5 cm		7,65	5,41	6,76	7,93	7,47	8,46	8,14	5,68
de 5 a 1 cm		37,55	26,72	26,62	54,62	39,83	46,32	57,35	22,25

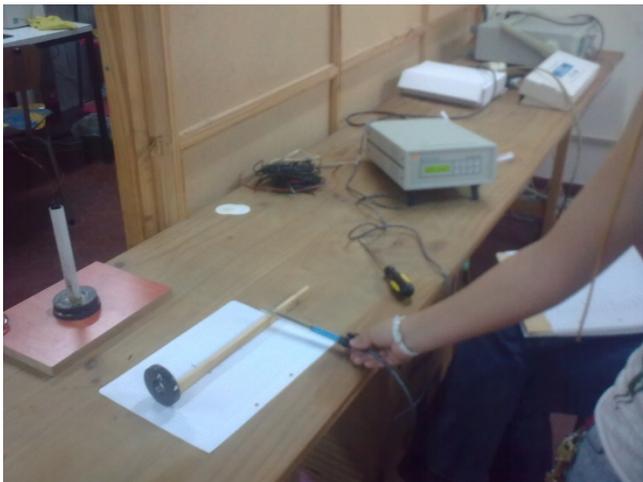
Podemos decir que observando nuestros cálculos y lo medido con el detector de campo magnético que los imanes son aproximadamente iguales en cuanto al campo que generan.

Además medimos el campo generado por los cuatro imanes juntos.

El campo

campo magnético (Gauss)	Distancia	Cuatro imanes
	15 cm	10,15
	10 cm	26,93
	5 cm	144
	1cm	$0,482 \cdot 10^3$

Gradiente (gauss/cm)	Distancia	Cuatro imanes
	de 15 a 10 cm	3,36
	de 10 a 5 cm	23,41
de 5 a 1 cm	84,5	



## **Agradecimientos:**

Agradecemos especialmente por haber cooperado con la realización de nuestro proyecto, al **Ing Miguel Carrillo** del Laboratorio de Transductores que nos facilitó el osciloscopio con el que tomamos las mediciones y al **Prof Manuel Villafuerte** del Laboratorio de Física del Sólido por prestarnos el detector de campos magnéticos.

### Conclusión:

A partir de este proyecto pusimos comprobar la validez de la ley de Faraday al lograr encender un led induciendo un fem al cambiar el flujo del campo magnético.

### Referencias

[http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electrodinamica/ap03\\_induccion.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electrodinamica/ap03_induccion.php)

<http://www.ifent.org/lecciones/cap07/cap07-08.asp>

Libros Física Universitaria Volumen II Sears Zemansky Young Freedman.