



**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS LAGUNA**

**Etapa 1 Reto - Equipo 1
Simulación del Campo magnético de un Imán**

Jeanette Arjona Hernández - A01236226

Sebastián Reséndiz García - A01236336

José Alfonso López Blanco - A01236245

Arif Morán Velázquez - A01234442

Alan Martínez Varela - A01236407

1 de junio del 2022

Modelación computacional de sistemas electromagnéticos

Profesor Alejandro García Ruíz

ÍNDICE

<i>Reporte de investigación</i>	03
<i>Cálculos</i>	04
<i>Casos de prueba</i>	06
<i>Programa en MATLAB - Graficación de las líneas de campo magnético (2D) de un dipolo magnético</i>	08
<i>Conclusiones</i>	13
<i>Referencias</i>	14

Reporte de Investigación

1. ¿Cómo es la fuerza eléctrica sobre una carga debido a un campo eléctrico?

- Una partícula cargada que está en una región donde hay un campo eléctrico, experimenta una fuerza igual al producto de su carga por la intensidad del campo eléctrico $F = q * E$.

Si la carga es positiva, experimenta una fuerza en sentido del campo y si la carga es negativa, experimenta una fuerza en sentido contrario del campo.<

Y para sacar la intensidad del campo eléctrico se aplica la Ley de Coulomb que explica el campo eléctrico generado por cargas en un punto P:

$$E = k * \frac{q_1}{r^2}.$$

2. ¿Cómo es la fuerza eléctrica sobre una carga debido a un campo eléctrico? ¿Cómo afecta la velocidad y a la aceleración?

- Debido a un campo eléctrico, la fuerza eléctrica sobre una carga ejerce una fuerza equivalente al producto de la intensidad del campo eléctrico por la carga ($F_e = q * E$). Si la fuerza es constante, esto afecta la aceleración, dado que también sería constante debido a un campo eléctrico uniforme. En cuanto a la velocidad, seguiría una trayectoria rectilínea, ya que con base en su aceleración, el movimiento sería rectilíneo, uniformemente acelerado. Adicionalmente, esta velocidad se puede calcular por medio de las ecuaciones de cinemática por movimiento rectilíneo.

3. ¿Cómo impacta la carga al desplazamiento bajo un campo electromagnético?

- Cuando una partícula cargada se mueve dentro de un espacio que tiene presente un campo eléctrico o magnético, ambas presentan fuerza, la fuerza total es la suma vectorial de las fuerzas magnética y eléctrica.

$$F = q(E + V * B)$$

4. ¿Cómo afecta el diferencial potencial para generar el campo eléctrico en el desplazamiento y rapidez?

- El diferencial de potencial es el área bajo la curva y tiene como fórmula: $V_a - V_b = E * d$, siempre y cuando el campo sea constante, pero cuando es conservativo se cumple el diferencial de área $E * dl = 0$, entonces cuando se introduce un electrón al campo eléctrico, este experimenta movimiento hacia los potenciales crecientes causando un aumento en la energía cinética.

5. ¿Cómo afecta la intensidad del campo magnético en el desplazamiento?
 - Debido a la fórmula de la fuerza $F_m = q * v * B$, la velocidad de una carga depende de $F_m/(q * B) = v$. Entonces, mientras mayor sea el campo magnético, menor será la velocidad de la carga, por lo tanto, su desplazamiento será menor.
6. ¿Qué variables impactan el comportamiento sometido a campos electromagnéticos?
 - La variable de la velocidad (v), el valor de la carga (q), el valor del campo magnético (B) y la fuerza (F).
7. ¿Qué ecuaciones gobiernan el movimiento de partículas sometidas a campos electromagnéticos?
 - La ecuación para campos magnéticos se define por $F_m = qv * B \sin(\phi)$, donde B es el campo magnético, q es la carga, y v es el vector velocidad en el plano XY. Se mide en Teslas (T).
 - La ecuación para campos eléctricos se define por $F_e = q * E$, donde q es la carga y $E \rightarrow$ es el campo eléctrico.
 - En el movimiento de partículas sometidas a campos electromagnéticos, las ecuaciones que gobiernan son las siguientes $F \rightarrow = q(E \rightarrow + v \rightarrow \times B \rightarrow)$. Conocemos que q es la carga, $E \rightarrow$ es el campo eléctrico, v es el vector velocidad en el plano XY, y B es el campo magnético. Esta ecuación es la unificación de las dos anteriores (campo eléctrico + campo magnético).
8. ¿Qué métodos se pueden usar para resolver ecuaciones diferenciales no lineales?
 - Para resolver ecuaciones diferenciales no lineales, se utilizan los métodos de sustitución, método de Euler, integrador exponencial.

Cálculos

9. ¿Cómo se programan las ecuaciones pertinentes en el software de Matlab?

Lo primero que se debe hacer es conocer las ecuaciones necesarias para el cálculo del iman,:

$$B \rightarrow = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P}{r^2}$$

$$|r| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Para ver el campo magnético será necesario calcular el campo en un conjunto de puntos en el espacio, para ello se usa la función meshgrid en Matlab. A fin de los puntos generados se sacan las distancias en x y.

$$x = \text{distancia en } x$$

$$y = \text{distancia en } y$$

$$P = \text{fuerza del polo}$$

$$P = \frac{\mu}{l}$$

$$\mu = \text{momento magnetico del iman}$$

$$l = \text{tamaño del iman}$$

$$a = \text{ancho iman}$$

$$V = la^2$$

$$\mu = \frac{B \vec{V}}{\mu_0} \rightarrow \mu = \frac{B \vec{la}}{\mu_0} \therefore P = \frac{B \vec{a}^2}{\mu_0}$$

$$P_s = -P_N$$

$$B_{N_x}^{\rightarrow} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P}{r^2} \cos(\theta) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P_N x}{\sqrt{(x^2+y^2)^3}}$$

$$\cos(\theta) = \frac{x}{r}$$

$$B_{N_y}^{\rightarrow} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P}{r^2} \sin(\theta)$$

$$\sin(\theta) = \frac{y}{r}$$

$$B_{N_y}^{\rightarrow} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P}{r^2} \frac{y}{r} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P y}{r^2} \frac{1}{r} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P y}{r^2} \frac{1}{r} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P_N y}{\sqrt{(x^2+y^2)^3}}$$

$$B_{s_x}^{\rightarrow} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P}{r^2} \cos(\theta) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P_s x}{\sqrt{(x^2+y^2)^3}}$$

$$B_{s_y}^{\rightarrow} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P}{r^2} \sin(\theta) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{P_s y}{\sqrt{(x^2+y^2)^3}}$$

Una vez que se obtienen en los componentes en x y de ambos polos, se aplica superposición, es decir, se suman los componentes en x y los y.

Dicho esto, los valores de entrada son las dimensiones del imán en metros (a,l) así como el campo magnético en Teslas (B^{\rightarrow}).

Casos de prueba

Ejemplo 1.

$$a = 7 \text{ mm}$$

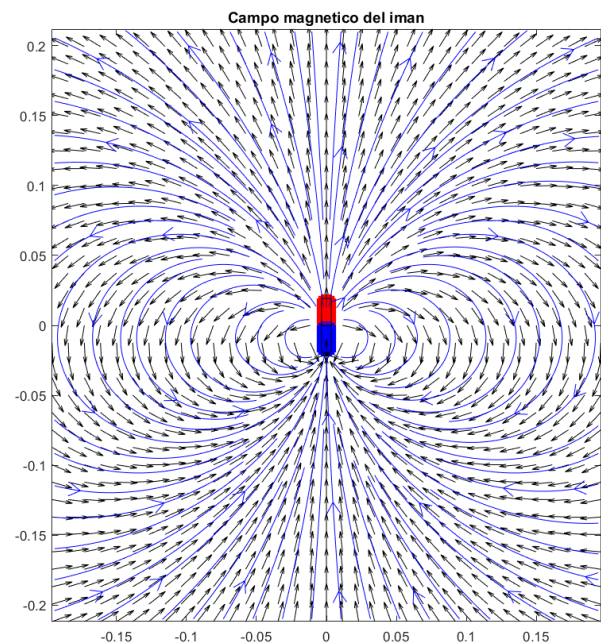
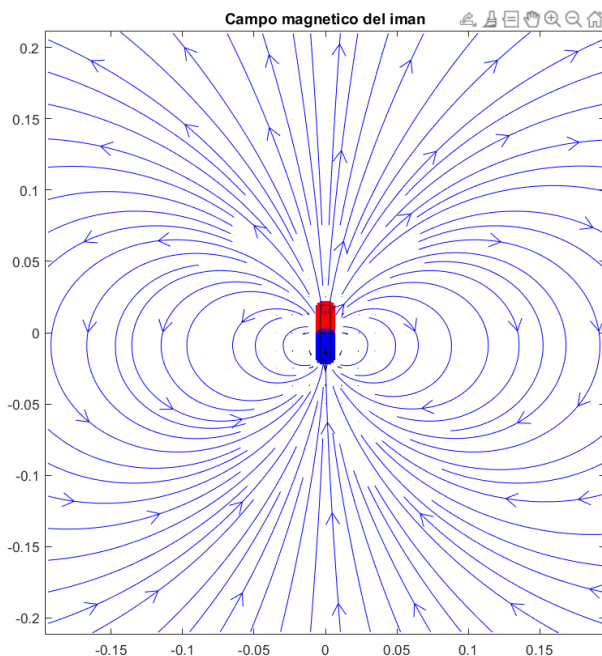
$$l = 3.85 \text{ cm}$$

$$B^{\rightarrow} = 0.001 \text{ T}$$

Introduce el ancho del iman:0.007

Introduce la distancia entre los polos:0.0385

Introduce los teslas del iman:0.001



Ejemplo 2

$$a = 2 \text{ cm}$$

$$l = 5 \text{ mm}$$

$$B^{\rightarrow} = 1 \text{ T}$$

```
Introduce el ancho del iman:0.02
Introduce la distancia entre los polos:0.005
Introduce los teslas del iman:1
>>
```

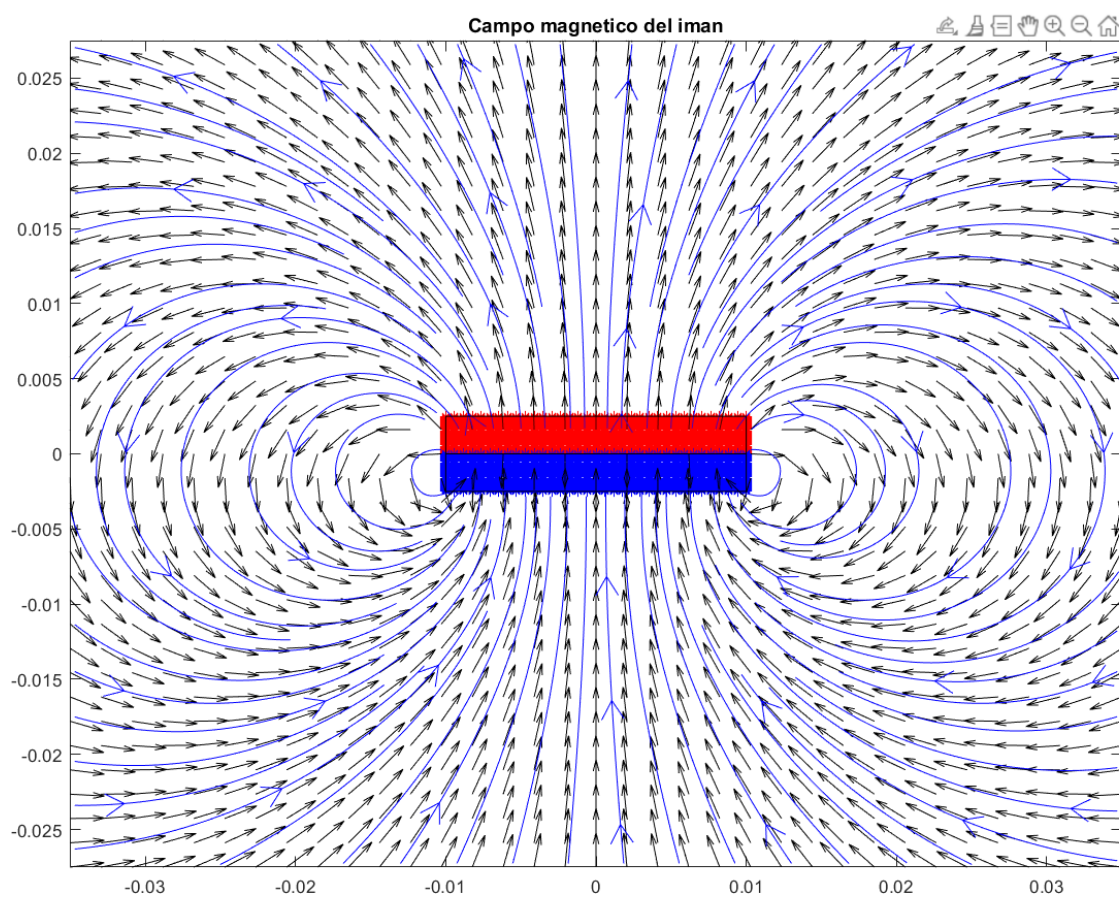


figure.2. Campo magnético (vectores unitarios)

10. Hacer una reflexión sobre la importancia de conocer los principios de campos magnéticos en el ejercicio de tu carrera.

- Reflexión: La importancia de conocer los principios de campos magnéticos en el ejercicio de nuestra carrera va más orientada a conocer maneras en las que podemos aplicar el funcionamiento de campos magnéticos, por ejemplo en la creación de sistemas que dependan de este principio o sistemas que contengan componentes magnéticos para trabajar; su utilidad no solo radica en aplicarlo a la vida real, también nos ayuda a aprender cómo modelar en 3 dimensiones los mismos principios usando las ecuaciones de fuerza y campo magnético.

Programa en MATLAB - Graficación de las líneas de campo magnético (2D) de un dipolo magnético

```
clear

clc

%%%%%%%%%%%%%% Solenoide %%%%%%%%%%%%%%

k=1e-07; %Miu0/4pi

miu0=pi*4e-07;% Constante de permitibilidad magnetica en el vacio

n=35; %numero de atomos en el polo

anchom=input('Introduce el ancho del iman:'); %ancho del iman

sizem=input('Introduce la distancia entre los polos:');% Longitud del iman

B=input('Introduce los teslas del iman:');% Campo magnetico

miu1=(B*sizem*anchom^2)/miu0 ; %Momento magnetico del iman

ps=(miu1*sizem); %Fuerza del polo

lambda=(ps)/(n^2); %Fuerza de polo de cada atomo en la parte Norte

lambda1=-(ps)/(n^2);%%Fuerza de polo de cada atomo en la parte sur

% Creacion de atomos en cada polo
```



```

xx=linspace(-anchom/2,anchom/2,n);
yy=linspace(0,sizem/2,n);

[xqn1,yqn1]=meshgrid(xx,yy);
plot(xqn1,yqn1,'r*') %Graficacion de los atomos en el polo norte
axis equal
hold on

qn1=ones(size(xqn1)).*lambda; %Asigancion de fuerza de polo a
cada atomo

yyy=linspace(-sizem/2,0,n);
[xqn2,yqn2]=meshgrid(xx,yyy)
plot(xqn2,yqn2,'b*') %Graficacion de los atomos en el polo sur
qn2=ones(size(xqn2)).*lambda1; %Asigancion de fuerza de polo a
cada atomo

%Meshgrid, asignación puntos en el espacio
n2=sizem*5;
bx=linspace(-anchom/2-n2,anchom/2+n2,n);
By=linspace(-sizem/2-n2,sizem/2+n2,n);
[X,Y]=meshgrid(bx,By);
x3=X;
y3=Y;

distx=[]; %Distancias en x
disty=[]; %Distancias en y

```

```

num1=[]; %Parte de arriba de la ecuacion del campo magnetico de
componentes en x del polo norte

num2=[];%Parte de arriba de la ecuacion del campo magnetico de
componentes en y del polo norte

p=1;

xqn1=xqn1'
xqn2=xqn2'
yqn1=yqn1'
yqn2=yqn2'

for i=1:length(xqn1).^2 %Distancias X Y de cada atomo en el polo
norte

    distx=[distx;x3-xqn1(i)];

    disty=[disty;y3-yqn1(i)];

    num1=[num1;k.*qn1(i).*distx(p:i*length(bx),1:length(bx))];

    num2=[num2;k.*qn1(i).*disty(p:i*length(bx),1:length(bx))];

    p=(i*length(bx))+1 ;

end

denom=(distx.^2+disty.^2).^1.5; % Parte de abajo de al ecuacion
del campo magnetico

Bxx=num1./denom; % Matriz con todos los componentes x de cada
atomo polo norte

Bx=zeros(length(bx),length(bx)); %Matriz donde se sumaran todos
los coponentes x de cada atomo polo norte

m=1;

for q=1:length(bx)

    Bx=Bx+Bxx(m:q*length(bx),1:length(bx));%suma

    m=q*length(bx)+1;

end

```

```

Byy=num2./denom; % Matriz con todos los componentes y de cada
atomo polo norte

By=zeros(length(bx),length(bx));%Matriz donde se sumaran todos
los coponentes x de cada atomo polo norte

a=1;

for r=1:length(bx)

    By=By+Byy(a:r*length(bx),1:length(bx));% Suma

    a=r*length(bx)+1;

end

%Parte negativa

% Se efectuan exactamente los mismos caluclos pero con los atomos
situados

% en el polo sur del iman

distx2=[];

disty2=[];

num3=[];

num4=[];

h=1

for i2=1:length(xqn2).^2

    distx2=[distx2;x3-xqn2(i2)];

    disty2=[disty2;y3-yqn2(i2)];

    num3=[num3;k.*qn2(i2).*distx2(h:i2*length(bx),1:length(bx))];

    num4=[num4;k.*qn2(i2).*disty2(h:i2*length(bx),1:length(bx))];

    h=(i2*length(bx))+1 ;

end

denom2=(distx2.^2+disty2.^2).^1.5;

```

```

Bxx2=num3./denom2;

Bx2=zeros (length (bx) , length (bx) ) ;

u=1;

for i3=1:length (bx)

    Bx2=Bx2+Bxx2 (u:i3*length (bx) , 1:length (bx) ) ;

    u=i3*length (bx) +1;

end

Byy2=num4./denom2;

By2=zeros (length (bx) , length (bx) ) ;

v=1;

for i4=1:length (bx)

    By2=By2+Byy2 (v:i4*length (bx) , 1:length (bx) ) ;

    v=i4*length (bx) +1;

end

%%%%%% Superposicion de la matriz con coponentes x y de los
polos norte y sur%

bx=Bx+Bx2;

by=By+By2;

mb=sqrt (bx.^2+by.^2) ; %magnitud de los vectores

bx1=bx./mb; % Vectores unitarios

by1=by./mb;

quiver (X,Y,bx1,by1,'k') %Graficacion del campo vectorial magnetico

title ('Campo magnetico del iman')

hold on

```

```

streamslice(X,Y,bx1,by1) %Lineas de campo magnetico

% Polo Norte

norte =
polyshape([-anchom/2,-anchom/2,anchom/2,anchom/2],[sizem/2,0,0,sizem/2]);

plot(norte,'FaceColor','red')

axis equal

% Polo Sur

sur =
polyshape([-anchom/2,-anchom/2,anchom/2,anchom/2],[0,-sizem/2,-sizem/2,0]);

plot(sur,'FaceColor','blue','FaceAlpha',0.1)

axis equal

xlim([-anchom/2-n2,anchom/2+n2])

ylim([-sizem/2-n2,sizem/2+n2])

```

Conclusiones

En la elaboración de la práctica aprendimos a entender el funcionamiento de los principios eléctricos y magnéticos como lo son la ley de Lorentz, ley de Biot-Savat, ley de Ampere y poder aplicarlos a un ambiente de programación como lo fue en este caso MATLAB, para comprender el proceso de graficación de líneas de campo magnético tuvimos que analizar la ecuación dadas en el módulo de física además de entender el comportamiento de los vectores. Hubo problemas al generar las líneas de campo, ya que la distancia de los vectores eran visiblemente muy pequeñas y no se apreciaban, entonces resolvimos el problema ajustando los valores de los vectores y el área donde se mostraban. Analizando los resultados obtenidos podemos concluir que sí se manifiesta el comportamiento enseñado en la clase, en el programa, puesto que los vectores salen del polo norte magnético y llegan al polo sur.

Referencias

A. (2021, March 22). General Data Protection Regulation(GDPR) Guidelines BYJU'S. BYJUS. Retrieved June 1, 2022, from <https://byjus.com/physics/magnetic-moment/>

Magnetic Dipole Moment. (n.d.). Kjmagnetics. Retrieved June 1, 2022, from <https://www.kjmagnetics.com/blog.asp?p=dipole>

THE MAGNETIC MOMENT OF A BAR MAGNET AND THE HORIZONTAL COMPONENT OF THE EARTH'S MAGNETIC FIELD . (n.d.). Retrieved June 1, 2022, from <https://collegeofsanmateo.edu/physics/docs/physics260/lab16.pdf>

García, Á. F. (2015). *Movimiento en campos eléctrico y magnético cruzados*. Movimiento en Campos Eléctrico Y magnético cruzados. Retrieved May 29, 2022, from http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/magnetico/movimiento_em/movimiento_em.html

García, Á. F. (2010). *Movimiento en un campo eléctrico*. Fuerzas sobre Las Cargas. Retrieved May 29, 2022, from http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/mov_campo/mov_campo.html#:~:text=Una%20part%C3%ADcula%20cargada%20que%20est%C3%A1,Fe%3Dq%C2%B7E

Fernández, José L. (2020). *Diferencia de potencial para acelerar un electrón*. FISICALAB. Retrieved May 29, 2022, from <https://www.fisicalab.com/ejercicio/718>