

**PISADA PIEZOELECTROMAGNÉTICA**

**CENTRO UNIVERSITARIO MÉXICO**

**CLAVE DE REGISTRO DEL PROYECTO: CIN2018A20103**

**ESCUELA: CENTRO UNIVERSITARIO MÉXICO**

- HUERTA ESTRADA ALONSO
- LASCURAIN DÍAZ DAVID OMAR
- MALPICA GUADARRAMA JOSÉ
- RODRÍGUEZ GALARZA JUAN SEBASTIÁN
- FLORES TÉLLEZ JESÚS (**ASESOR**)

**CIENCIAS FISICOMATEMÁTICAS Y DE LAS INGENIERÍAS**

**DISCIPLINA: FÍSICA**

**TIPO DE INVESTIGACION: DESARROLLO TECNOLÓGICO**

**FECHA: 16-feb.-18**

## ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
OBJETIVOS.....	3
RESULTADOS DESTACADOS.....	3
CONCLUSIONES.....	3
RESUMEN .....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCION.....	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA (DESARROLLADO).....	6
OBJETIVOS (DESARROLLADO).....	6
FUNDAMENTACION TEORICA.....	7
ANTECEDENTES.....	7
¿QUÉ ES UN CRISTAL?.....	7
TIPOS:.....	7
MARCO DE REFERENCIA.....	8
FENÓMENO PIEZOELÉCTRICO.....	8
GRUPOS DE MATERIAL PIEZOELÉCTRICO.....	8
CLASES DE CRISTALES QUE CONTIENEN PIEZOELECTRICIDAD.....	8
ECUACIONES DE LA PIEZOELECTRICIDAD.....	9
APLICACIONES.....	10
SOLENOIDES.....	10
TIPOS DE SOLENOIDES.....	12
LEY DE FARADAY.....	12
INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA.....	13
ECUACIONES DE MAXWELL.....	13

DEFINICION DE TERMINOS.....	14
HIPOTESIS.....	15
METODOLOGIA.....	16
DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA.....	16
COSTOS.....	18
TECNICAS E INSTRUMENTOS EN LA RECOLECCION DE DATOS.....	18
RESULTADOS.....	18
CONCLUSIONES.....	19
APARATO CRÍTICO.....	20
FUENTES BIBLIOHEMEROGRAFICAS.....	20
FUENTES MESOGRAFICAS.....	20

## **RESUMEN EJECUTIVO**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Hoy en día en las urbes se requiere del uso de energía eléctrica de forma exponencial, por eso la producción de esta energía se realiza con combustibles fósiles en su mayoría; al menos en países en vías de desarrollo, los cuales contaminan el medio ambiente.

El proyecto que estamos presentando busca generar energía eléctrica de manera que se utilice el fenómeno piezoeléctrico y electromagnético. Por lo cual planteamos crear una superficie que genere energía eléctrica a través de su presión, y que sea ubicado en un lugar donde la afluencia de personas sea constante y de gran cantidad, para que este mismo sea presionado por las personas al caminar y lograr producir una cantidad de energía eléctrica significativa.

### **OBJETIVOS**

Generar energía eléctrica a partir de materiales piezoeléctricos

Construir un prototipo con una superficie en la que se ejerza presión para comprimir un material piezoeléctrico y desplazar un material magnético dentro de un solenoide y así inducir una FEM.

### **RESULTADOS DESTACADOS**

Logramos generar un módulo con una superficie de 21cm x 21cm en el cual colocamos 32 piezoeléctricos alrededor de cuatro bobinas al interior de una caja con las medidas de 21cm x 21cm de base con 10cm de altura, no logramos incluir los imanes debido a su costo y poca disponibilidad.

### **CONCLUSIONES**

En todo lo desarrollado hasta el momento, nos hemos percatado del apoyo y el impacto que este proyecto podría tener en una ciudad tan transitada como lo es la Ciudad de

México, la cantidad de consumos que se podrían ahorrar, si podrá ser una inversión algo incierta a un proyecto tan novedoso, pero el riesgo por una mejor ciudad lo vale.

Vivimos en una época de progreso y con constantes cambios vanguardistas, ¿porque no formar parte de esos cambios?, poder instalar este tipo de placas piezoeléctricas en una estación del sistema colectivo, del microbús, tren ligero, calles, edificios, lugares donde se concentre una gran cantidad de gente en movimiento y con cada simple pisada que dan, poder estar alimentando luces de estaciones, faros de iluminación, las luces de una sala.

Este es un proyecto que propondrá una nueva forma de ver las cosas, una nueva forma de energía, una nueva forma de caminar, una pisada electro magnética.

### RESUMEN

Hoy en día el uso de energía eléctrica ha ido aumentando conforme al crecimiento de la población mundial, con el transcurso del tiempo las diferentes formas de producir energía eléctrica han cambiado. El principal productor de energía eléctrica se obtiene a partir de combustibles fósiles, en los últimos años la comunidad científica ha buscado una solución más ecológica, sin embargo solo algunas de estas opciones han sido viables como es la energía hidroeléctrica y la eólica, como toda nueva invención tiene sus pros y sus contras. Por lo cual hemos decidido emprender un proyecto que no solo es una opción más para un mundo más ecológico si no que se pueda mezclar con el ámbito urbano. Lo que estamos buscando con este proyecto es una forma de generar energía eléctrica en un medio urbano capaz de generar una cantidad significativa de energía eléctrica, mezclándose con la vida citadina del humano promedio. Hemos investigado diferentes opciones, sin embargo optamos por una superficie capaz de generar una cantidad de energía eléctrica, a través de la prueba de distintas opciones para generar energía eléctrica decidimos ir por la energía electromagnética en conjunto con piezoeléctricos. Esta superficie que generamos lo hicimos a partir de cortes de madera, construyendo una caja de madera, posteriormente esta caja de madera la usamos como un módulo. El producto que logramos crear es de 2 módulos por 2 módulos.

**PALABRAS CLAVE:** Energía eléctrica; combustibles fósiles; urbano; superficie; piezoeléctricos; energía electromagnética; módulo.

**ABSTRACT**

Nowadays the use of electric energy has increased according to the growth of the world population, with the passage of time the different ways of producing electric energy have changed. The main producer of electrical energy is obtained from fossil fuels, but in recent years the scientific community has searched for a more ecological solution, however only some of these options have been viable such as hydroelectric and wind power, as all new invention has its pros and cons. For this reason we have decided to start a project that is not only another option for a more ecological world, but also that can be mixed with the urban environment. What we are looking for with this project is a way to generate energy in an urban environment capable of generating a significant amount of energy, mixing with the city life of the average human. We have investigated different options, however we opted for a surface capable of generating an amount of electrical energy, through the test of different options to generate electrical energy we decided to go for electromagnetic energy in conjunction with piezoelectric. This surface that we generated was made from wooden cuts, building a wooden box, then this wooden box is used as a module. The product we manage to create is 2 modules per 2 modules.

**KEY WORDS:** Electric energy; fossil fuels; urban; surface; electromagnetic energy; piezoelectric; module.

## **INTRODUCCION**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA (DESARROLLADO)**

Debido a la enorme demanda actual de energía eléctrica se necesita desarrollar nuevas formas de obtenerla sin emplear combustibles fósiles que contaminen la atmósfera. El problema radica en que la mayoría de las alternativas a los combustibles fósiles, o son muy costosas para los países en vías de desarrollo, o no generan suficiente energía para su población.

En nuestro proyecto buscamos generar energía eléctrica a través del fenómeno piezoeléctrico, que presentan algunos cristales, y del fenómeno electromagnético de inducción magnética que presentan las bobinas.

Proponemos crear una superficie que al ser presionada genere y aproveche tanto la energía producida por la activación de múltiples piezoeléctricos, como la de diferentes bobinas de cobre con imanes de neodimio. La presión que se ejercería en la superficie sería producida por las pisadas de la gente; por lo tanto, lo ideal sería ubicarla en un lugar donde la afluencia de personas sea constante y de gran cantidad, lo que generaría una cantidad de energía eléctrica significativa.

### **OBJETIVOS**

Generar energía eléctrica a partir de cristales con propiedades piezoeléctricas.

Generar energía eléctrica a partir del electromagnetismo producido por bobinas de cobre con imanes de neodimio.

Construir un prototipo con una superficie en la que se ejerza presión para comprimir un material piezoeléctrico y desplazar un material magnético dentro de un solenoide para inducir una FEM.

## FUNDAMENTACION TEORICA

### ANTECEDENTES

#### ¿QUÉ ES UN CRISTAL?

Un sólido homogéneo que posee una estructura interna ordenada en forma reticular, ya sean átomos, iones o moléculas.

Un cristal es un sólido homogéneo que posee una estructura interna ordenada en forma de red.

#### TIPOS:

- 1 Cristales Iónicos:
  - Unidos por iones positivos y negativos.
  - Malos Conductores de calor y de electricidad
  - Por la temperatura alta adquieren movilidad y aumenta conductividad
- 2 Cristales Covalentes
  - Duros y difíciles de deformar
  - Malos conductores de calor y de electricidad
  - Ejemplo: Diamante
- 3 Cristales Molecular:
  - Conductividad Nula
  - Bastante deformables
  - Moléculas no polares
- 4 Metálicos
  - Están cargados positivamente
  - Conductividad excelente tanto térmica como eléctricamente

### MARCO DE REFERENCIA

#### FENÓMENO PIEZOELÉCTRICO

El efecto piezoeléctrico, es un fenómeno físico que presentan algunos [cristales](#) debido al cual, aparece una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) entre ciertas caras del cristal cuando éste se somete a una deformación mecánica.

Este fenómeno también se presenta a la inversa, esto es, se deforman bajo la acción de fuerzas internas al ser sometidos a un campo eléctrico. El efecto piezoeléctrico es

normalmente reversible: al dejar de someter los cristales a un voltaje exterior o campo eléctrico, recuperan su forma.

### GRUPOS DE MATERIAL PIEZOELECTRICO

Los materiales piezoeléctricos son cristales naturales o sintéticos que no poseen centro de simetría.

Existen dos grupos de materiales:

- Los de naturaleza piezoeléctrica primigenia: [cuarzo](#), [turmalina](#), etcétera.
- Los denominados [ferro eléctricos](#): [tantalato de litio](#), [nitrate de litio](#), [berlinita](#), en forma de materiales [mono cristalinos](#) y [cerámicas](#) o [polímeros polares](#), que tras ser sometidos a [polarización](#) adquieren [propiedades](#) piezoeléctricas, ya como [micro cristales](#) orientados.

### CLASES DE CRISTALES QUE CONTIENEN PIEZOELECTRICIDAD

Dentro de los 32 grupos cristalográficos existen 21 que no tienen centro de simetría. De estos, unos 20 exhiben directamente piezoelectricidad. Diez de ellos son polares; es decir: presentan polarización instantánea.

### ECUACIONES DE LA PIEZOELECTRICIDAD

Las ecuaciones constitutivas de los materiales piezoeléctricos combinan [tensiones](#), [deformaciones](#) y [comportamiento eléctrico](#):

$$D = \epsilon E$$

**D** es la [densidad de flujo eléctrico](#),  $\epsilon$  es la [permitividad](#) y **E** es el [campo eléctrico](#):

$$\mathbf{S} = \mathbf{s} \mathbf{T}$$

Donde **s** es la [deformación](#) y **T** es la [tensión](#).

Estas ecuaciones pueden combinarse en una sola ecuación donde se considera la relación entre carga y deformación:

$$\{S\} = [s^E] \{T\} + [d^T] \{E\}$$

$$\{D\} = [d] \{T\} + [\epsilon^T] \{E\}$$

La **d** representa las [constantes](#) piezoeléctricas del material

El [superíndice E](#) indica que la magnitud está medida bajo campo eléctrico constante o cero.

El superíndice **T** señala que se trata de una forma traspuesta de [matriz](#).

Esto se puede reescribir en forma matricial así:

$$\begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \\ S_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_{11}^E & s_{12}^E & s_{13}^E & 0 & 0 & 0 \\ s_{21}^E & s_{22}^E & s_{23}^E & 0 & 0 & 0 \\ s_{31}^E & s_{32}^E & s_{33}^E & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s_{44}^E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & s_{55}^E & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & s_{66}^E = 2(s_{11}^E - s_{12}^E) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \\ T_5 \\ T_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & d_{31} \\ 0 & 0 & d_{32} \\ 0 & 0 & d_{33} \\ 0 & d_{24} & 0 \\ d_{15} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & d_{15} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_{24} & 0 & 0 \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \\ T_5 \\ T_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{bmatrix}$$

## APLICACIONES

Una de las aplicaciones de los piezoeléctricos es en encendedores eléctricos. A través del golpe de un mecanismo encendido se genera una chispa, que enciende el mechero.

También sirven como inyectores de combustible de los motores de combustión interna. Al aplicarse una diferencia de potencial a un material piezoeléctrico se consigue abrir el inyector, lo cual permite al combustible, a muy alta presión, entrar en el cilindro. El uso de inyectores piezoeléctricos posibilita controlar, con gran precisión, los tiempos de inyección y la cantidad de combustible que se introduce en el motor.

Los sensores piezoeléctricos se consideran herramientas versátiles para la medición de distintos procesos. Tiene aplicaciones en campos como la medicina, la industria aeroespacial y la instrumentación nuclear, así como en pantallas táctiles de teléfonos móviles.

Otra aplicación importante de un cristal piezoeléctrico es su utilización como sensor de vibración.

## SOLENOIDES

Es un dispositivo físico que crea un campo magnético uniforme e intenso en su interior y débil en el exterior.

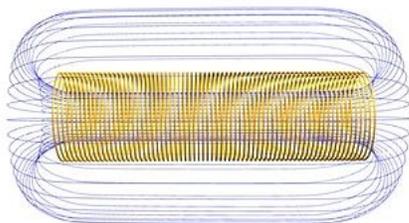


Imagen 2 ej. Solenoide Giratorio

El solenoide ideal, sería teóricamente una bobina de hilo [conductor](#) aislado y enrollado [helicoidalmente](#), de longitud infinita. En este caso ideal, el campo magnético que se generaría en su interior sería uniforme y nulo en su exterior. Sin embargo, en una aproximación real a un solenoide es un alambre aislado, de longitud finita, enrollado en forma de hélice, por el que circulará una corriente eléctrica. Cuando esto sucede, se genera un campo magnético dentro de la bobina; será más uniforme cuanto más larga sea la bobina.

La gran ventaja de un solenoide es la uniformidad del campo magnético, pues es muy necesario en algunos experimentos físicos. Pero también tiene algunos inconvenientes, es mucho más molesto que usar una Bobina de Tesla y no es capaz de producir un campo magnético elevado sin la ayuda de equipos costosos y sistemas de refrigeración.

Para calcular el módulo del campo magnético en el tercio medio del solenoide, se usa la ecuación:

$$B = \frac{\mu Ni}{L}$$

- $\mu$ , la permeabilidad magnética,
- $N$ , el número de espiras del solenoide,
- $i$ , la corriente que circula y
- $L$ , la longitud total del solenoide.

Mientras que el campo magnético en los extremos de este puede aproximarse como:

$$B = \frac{\mu NI}{2L}$$

### TIPOS DE SOLENOIDES

Hay dos categorías principales de solenoides:

**Solenoides giratorios:** Proporcionan una carrera rotacional que se mide en grados.

Algunos son unidireccionales y otros son bidireccionales. La mayor parte tienen un retorno a resorte para devolver la armadura (parte móvil) a la posición inicial. Los solenoides giratorios tienen un fuerza/par de arranque mayor que la de los solenoides lineales. Son más resistentes al impacto.

Ima

Los solenoides giratorios también ofrecen vida útil más larga que los solenoides lineales. Una de las aplicaciones más comunes de un solenoide giratorio es abrir y cerrar un obturador láser.

**Solenoides lineales:** Proporcionan una carrera lineal normalmente menor de una pulgada en cualquier dirección. Al igual que los giratorios, algunos solenoides lineales son unidireccionales y algunos son bidireccionales.

Los solenoides lineales normalmente se clasifican como de tirar o de tipo de empujar. Muchos tienen un retorno a resorte para devolver el émbolo o émbolo y eje a la posición inicial. Los solenoides lineales son dispositivos menos complejos y son significativamente menos costosos que los productos giratorios. También ofrecen menos ciclos de vida útil y a veces tienden a ser más grandes.

### LEY DE FARADAY

La ley de Faraday, descubierta por el físico del siglo XIX [Michael Faraday](#). Relaciona la razón de cambio de [flujo magnético](#) que pasa a través de una espira (o lazo) con la magnitud de la fuerza electromotriz  $\mathcal{E}$  en la espira. La relación es:

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt}$$

La fuerza electromotriz, o FEM, se refiere a la diferencia de potencial a través de la espira descargada (es decir, cuando la resistencia en el circuito es alta). En la práctica es a menudo suficiente pensar la FEM como un voltaje, pues tanto el voltaje y como la FEM se miden con la misma unidad, el [volt](#).

### INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

La inducción electromagnética es el fenómeno que origina la producción de una [fuerza electromotriz](#) (f.e.m. o [tensión](#)) en un medio o cuerpo expuesto a un [campo magnético](#) variable, o bien en un medio móvil respecto a un campo magnético estático

no uniforme. Es así que, cuando dicho cuerpo es un conductor, se produce una [corriente](#) inducida.

### ECUACIONES DE MAXWELL

Las Ecuaciones de Maxwell surgen de la teoría electromagnética y son el resumen esta teoría desde un punto de vista macroscópico. Esas ecuaciones tienen la forma más general:

$$\begin{aligned}\vec{\nabla} \cdot \vec{D} &= \rho , \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} , \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0 , \\ \vec{\nabla} \times \vec{H} &= \vec{J} + \frac{\partial D}{\partial t} .\end{aligned}$$

Y son, por tanto, un total de ocho ecuaciones escalares (tres para cada uno de los rotacionales de los campos eléctrico y magnético y una para las divergencias).

Los parámetros que intervienen en la formulación de las ecuaciones de Maxwell son los siguientes:

- $\vec{E}$  - Campo eléctrico existente en el espacio, creado por las cargas.
- $\vec{D}$  - Campo dieléctrico que resume los efectos eléctricos de la materia.
- $\vec{B}$  - Campo magnético existente en el espacio, creado por las corrientes.
- $\vec{H}$  - Campo magnético que resume los efectos magnéticos de la materia.
- $\rho$  - Densidad de cargas existentes en el espacio.

- $\vec{J}$  - Densidad de corriente, mide el flujo de cargas por unidad de tiempo y

superficie y es igual a 
$$\vec{J} = \rho \vec{v}$$
.

- $\epsilon$  - Permitividad eléctrica, característica de los materiales dieléctricos.
- $\mu$  - Permeabilidad magnética, característica de los materiales paramagnéticos.

Las ecuaciones de Maxwell constituyen un pilar básico de la teoría electromagnética ya que por ahora se demostraron como válidas siempre. Esto es debido a que la teoría electromagnética siempre fue, sin saberlo, una teoría relativista.

De hecho, cuando se estudia desde el punto de vista cuántico estas ecuaciones sólo deben ser revisadas para tener en cuenta el carácter discreto de los fotones, pero cuando tenemos gran cantidad de ellos podemos aplicar los resultados continuos sin ningún problema.

### DEFINICION DE TERMINOS

- **PIEZOELÉCTRICOS:** Cristales que tienen la capacidad de generar una diferencia de potencial al ser sometidas a tensiones mecánicas
- **CRISTALES:** Sólido que presenta un patrón de difracción no difuso y bien definido
- **VOLTAJE:** Magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos
- **TENSIONES:** Fuerza por unidad de área en el entorno de un punto material sobre una superficie real o imaginaria de un medio continuo.
- **CAMPO MAGNÉTICO:** Descripción matemática de la influencia magnética de las [corrientes eléctricas](#) y de los [materiales magnéticos](#)
- **BOBINA:** Componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.
- **SELONOIDE:** Cualquier dispositivo físico capaz de crear un campo magnético sumamente uniforme e intenso en su interior, y muy débil en el exterior.

- **F.E.M.** Toda causa capaz de mantener una diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito abierto o de producir una corriente eléctrica en un circuito cerrado

### HIPOTESIS

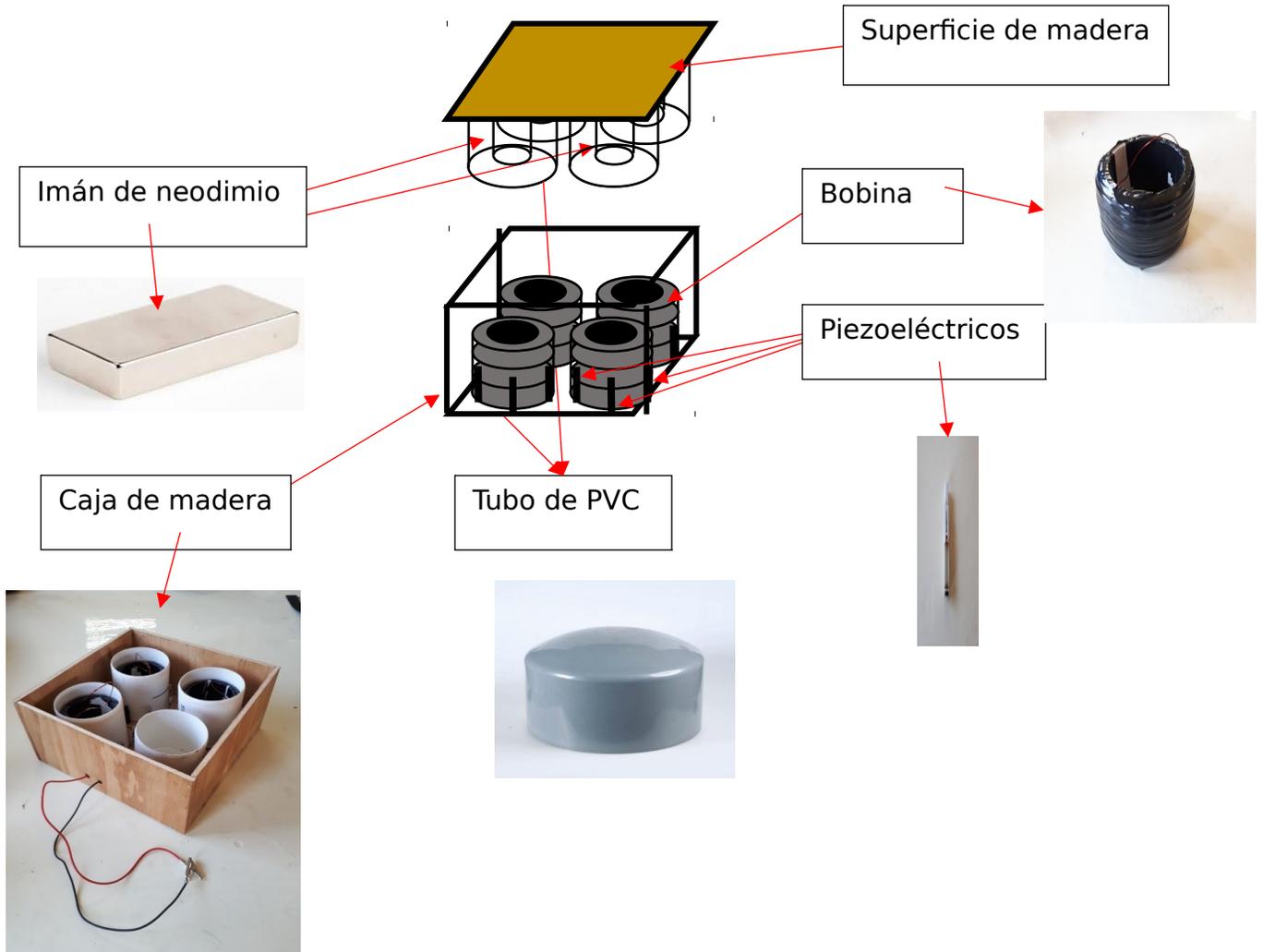
- a) Si construimos un dispositivo que forme una superficie que sea sometida a presiones constantes, originadas por el desplazamiento de personas sobre la misma, que convierta energía cinética en energía eléctrica a partir de un sistema electromagnético y piezoeléctrico entonces podremos generar una cantidad de energía considerable en un ámbito urbano y sin la necesidad de contaminar.
- b) Si construimos las bobinas con una menor altura, pero mayor densidad aumentando su campo electromagnético entonces podremos generar una cantidad significativa de energía eléctrica a partir de la interacción de campos electromagnéticos.

## **METODOLOGIA**

### **DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA**

1. Construimos una caja de madera con medidas de 21cm x 21cm por 10cm de altura.
2. A partir de una tabla con las medidas de 20cm x 20cm la cortamos en cuatro cuadrados con la misma medida, generando así una superficie modular dentro de la caja.
3. En dichos cuadrados dibujamos una circunferencia en el centro con un diámetro de 7.5cm.
4. Alrededor de dicha circunferencia colocamos 8 piezoeléctricos a 2mm/3mm de la circunferencia en cada módulo siendo así el total de 32 piezoeléctricos dentro de la caja.
  - a. Los piezoeléctricos los conseguimos a partir de encendedores eléctricos.
5. Construimos bobinas a partir de alambre de cobre, y tubo de PVC con unas medidas de 5cm de altura y 6cm de diámetro.
6. Le dimos 5 vueltas de alambre de cobre a dicho PVC, separando las mismas con cinta aislante, añadiendo alrededor de 0.5cm/0.7cm al diámetro del PVC.
7. Posteriormente introducimos estas bobinas al interior de otro tubo PVC con tapa en la base con 7.5cm de diámetro y 7,5cm de altura.
8. Estas bobinas dentro del tubo de PVC con tapa las colocamos dentro de la circunferencia en los cuadrados modulares que van dentro de la caja.
9. Después con una superficie de madera de 21.5cmx 21.5cm generamos la parte que va a ser presionada
10. Dicha tapa tendrá colocado en las cuatro orillas correspondientes a las bobinas colocadas dentro de la caja unos tubos de PVC con tapa que tiene 8cm de diámetro y 8cm de altura.
11. Dentro de los tubos colocados en la tapa colocamos unos imanes de barra de neodimio (campo magnético).
12. Conectamos los piezoeléctricos y la bobina a un cable caimán correctamente soldado.
13. Asimismo, este circuito será dirigido a una tira/cinta de focos led colocada en la periferia de la placa que será presionada.
14. Colocamos la tapa encima de la caja y verificamos que todo funcione como se espera.
15. REPETIMOS ESTE MISMO PROCESO OTRAS TRES VECES

16. Pegamos de forma paralela las cuatro cajas con sus respectivos circuitos, y eliminamos fallas.



## COSTOS

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO INDIVIDUAL</b>	<b>COSTO GENERAL</b>
Piezoeléctricos	32	\$ 20.00	\$ 640.00
Tabla de Madera	1	\$ 150.00	\$ 150.00
Tapas de PBC (3 pulgadas)	4	\$ 9.00	\$ 36.00
Cinta de aislar	1	\$ 30.00	\$ 30.00
Alambre de Cobre (500 g)	1	\$ 200.00	\$ 200.00
Mastipren (pegamento)	1	\$ 60.00	\$ 60.00
Imán de Neodimio (5x1.2x1.2 cm)	4	\$ 203.00	\$ 812.00
<b><u>COSTO TOTAL</u></b>			<b>\$ 1,928.00</b>

## TECNICAS E INSTRUMENTOS EN LA RECOLECCION DE DATOS

Los únicos datos que tomamos durante la construcción de nuestros prototipos fue el voltaje. A través de un voltímetro medimos el voltaje generado por el piezoeléctrico y lo que generó la bobina.

## RESULTADOS

El objetivo que se pretendió alcanzar en este proyecto se vio frustrado debido a la insuficiencia de nuestros fondos. Parte de nuestros análisis y resultados son apenas parciales, por motivos de los costos en los materiales de construcción, ha demorado más de lo previsto en su construcción, pero eso no nos impide el querer entregar un proyecto que sea digno de reconocerse y no solo se quede en un simple trabajo escolar, que pueda trascender a más.

Con las diferentes pruebas que hemos hecho (sin estar terminando en 100%) nos hemos percatado de que la eficiencia de nuestras placas es altamente segura. Sin embargo, el principio de este proyecto ha sido demostrado por medio de prototipos realizados con anterioridad (realizados desde el pasado octubre del 2017).

Con materiales simples como lo es la madera, tubos de PVC, cobre y piezoeléctricos, se está realizando una placa piezoeléctrica que generara aproximadamente 12 V por cada vez que sea pisada y los piezoeléctricos son activados, Con esa cantidad de voltaje será suficiente para que los leds puedan encender una vez conectados a la placa.

## **CONCLUSIONES**

Con los resultados obtenidos con la realización casi completa de los prototipos, podemos concluir que es viable la construcción de estos modelos en países en vía de desarrollo, obteniendo así energía eléctrica limpia.

Con estos modelos buscamos que se activen constantemente, por lo que proponemos que sean instalados en lugares de mayor tránsito de personas, generando presión sobre las losas y así generar la electricidad y que sea captada por el circuito. Podríamos tener a la mano una nueva fuente de energía la cual sería renovable, tomando en cuenta la vida media de los piezoeléctricos.

El prototipo actual a estas fechas no ha podido ser concluido, la razón principal es por el costo alto de los piezoeléctricos y los imanes de neodimio en barra; aunque si afirmamos que el resultado final será óptimo gracias a los resultados obtenidos con los prototipos anteriores en los cuales llegamos a obtener 3 V por la presión ejercida sobre los piezoeléctricos, este voltaje fue generado con un número menor de piezoeléctricos a los del prototipo actual.

Con las dimensiones de la caja fabricada notamos que el espacio para el cableado es muy limitado, por lo que puede dificultar un poco la instalación del mismo. Siendo posible el realizar las siguientes cajas de dimensiones más grandes para tener más libertad y facilidad de instalar dicho cableado.

## APARATO CRÍTICO

### FUENTES BIBLIOHEMEROGRAFICAS

1. Tressler, J.F. and K. Uchino, *Piezoelectric Composite Sensors Vol. II / Appendix 37* (Junio 2000)
2. Park, S.-E., S. Wada, L.E. Cross, and T.R. Shroff, *Crystallographically Engineered BaTiO<sub>3</sub> Single Crystals for High-Performance Piezoelectric. Vol. II / Appendix 29* (Diciembre 1999)
3. *American National Standard on Piezoelectricity ANSI /IEEE Standard 176* (1987)
4. Hayt, W. and Buck, J. (2012). *Teoría electromagnética. México D.F. [etc.]: McGraw-Hill.*
5. Tipler, P., Mosca, G. and Casas Vázquez, J. (2014). *Física para la ciencia y la tecnología. Barcelona: Reverté.*

### FUENTES MESOGRAFICAS

- 1 Anónimo. (2018). *Electromagnetismo*. Febrero 13, 2018, de [wikipedia.org](https://es.wikipedia.org/wiki/Electromagnetismo) Sitio web: <https://es.wikipedia.org/wiki/Electromagnetismo>
- 2 Anónimo. (2018). *Efecto piezoeléctrico*. febrero 14, 2018, de [sabelotodo.org](http://www.sabelotodo.org) Sitio web: <http://www.sabelotodo.org/electrotecnia/piezoelctrico.html>
- 3 Anónimo. (2018). *Ecuaciones de Maxwell*. enero 14, 2018, de [Lawebdefisica.com](http://www.lawebdefisica.com) Sitio web: <http://www.lawebdefisica.com/dicc/maxwell/>