



**INSTITUTO TECNOLÓGICO**

**de Durango**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA QUÍMICA**

PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

**"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CELDA  
DE INDUCCIÓN LIQUÍDA COMO FUENTE  
ALTERNA DE ENERGÍA"**

*ASESOR:*

**DR. FELIPE SAMUEL HERNÁNDEZ RODARTE**

*PRESENTA:*

**ING. AHMED LEÓN FERNÁNDEZ DÍAZ**

VICTORIA DE DURANGO, MARZO 2008

# ÍNDICE

	Página
Introducción	2
Justificación	3
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
Hipótesis	5
Fundamento Teórico	6
Metodología	14
Cronograma de Actividades	16
Bibliografía	19

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la búsqueda de fuentes de energía alternas a la quema de hidrocarburos es de interés general, existen varias formas de obtener energía a partir de fuerzas existentes en la naturaleza, la más convencional es la energía solar, la cual es captada y transformada a energía eléctrica por medio de celdas solares, la energía eólica que aprovecha la fuerza generada por los vientos para mover un generador que transforma la energía mecánica por medio de la inducción en energía eléctrica, otras fuentes de energía se utilizan en sitios adecuados como son: las caídas de agua que utilizan el principio de inducción o las plantas de energía térmica que utilizan las fuentes de calor natural como los geisers para producir energía eléctrica.

El principio termodinámico establece que si a un sistema se le suministra trabajo y permanece constante el volumen, la energía en ese sistema aumentará (Castellan, 1999) el problema radica en recuperar y almacenar la mayor cantidad de energía que no fue transformada en calor y disipada en los alrededores, en nuestra sociedad, en continuo movimiento, se genera una gran cantidad de impactos debidos a la gravedad propia de la tierra y nuestro movimiento, por ejemplo: los impactos que generan nuestras pisadas en el piso, los impactos que generan nuestros vehículos en la cinta asfáltica al llegar a un desnivel, los impactos de las máquinas en movimiento y algunos otros.

Estos impactos no son del todo utilizados pero son trabajo que ingresa a sistemas sin aislamiento.

## **JUSTIFICACIÓN**

La constante búsqueda de fuentes no convencionales de energía se ve impulsada por un crecimiento demográfico y la creciente demanda de energía de la población. El ahorro de energía es parte de nuestra vida diaria, reflejada en los cambios de horario y en la búsqueda de dispositivos con menor gasto de corriente eléctrica. En la actualidad solo se utiliza la inducción de alambres de cobre conductores en la transformación de la energía mecánica a energía eléctrica.

El modelo a generar basado en el principio de la Ley de Faraday permitirá proponer una nueva forma no convencional de transformar la energía mecánica en energía eléctrica.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar, construir y optimizar una celda de inducción líquida de impacto

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Diseñar y construir una celda prototipo de pruebas.
- ✓ Definir líquido más adecuado para la producción de energía.
- ✓ Definir la posición de los imanes, para obtener la mejor alineación de líneas de magnetismo.
- ✓ Fabricar un prototipo adecuado para recibir impactos fuertes
- ✓ Determinar la modificación de líneas de magnetismo después de un impacto.
- ✓ Determinación de la *fem* producida
- ✓ Optimización de la *fem*.

## **HIPÓTESIS**

Ho: Una celda de inducción líquida es capaz  
de producir energía eléctrica

---

---

## FUNDAMENTO TEÓRICO

Las transformaciones irreversibles, se caracterizan porque cierta cantidad de energía se transforma en un cambio de entropía, expresada por la desigualdad de Clausius:

$$dS \geq \frac{dQ}{T}$$

donde:

$dS$  es el cambio en la entropía del sistema

$dQ$  es la energía del sistema expresado como calor

$T$  temperatura

Por la primera ley de la termodinámica:

$$dQ_{\sigma} = dU + dW$$

La desigualdad de Clausius se puede expresar como:

$$TdS \geq dU + dW$$

Expresando a  $dU - dW = A$  siendo  $A$  la energía libre de Helmholtz, se tiene la siguiente ecuación:

$$-dA \geq dW$$

que expresa la obtención de energía de un sistema al que se le ha suministrado trabajo (Castellan, 1987).

La ley de la conservación de la energía constituye el primer principio de la termodinámica y afirma que la cantidad total de energía en cualquier sistema aislado (sin interacción con ningún otro sistema) permanece invariable con el tiempo, aunque dicha energía puede transformarse en otra forma de energía. En resumen, la ley de la conservación de la energía afirma que la energía no puede crearse ni destruirse, sólo se puede cambiar de una forma a otra, por ejemplo, cuando la energía eléctrica se transforma en energía calorífica en un calefactor. La energía eléctrica es la forma de energía más utilizada en la actualidad.

Hacia 1830 Michel Faraday demostró que un campo magnético es capaz de producir una corriente eléctrica, un campo magnético que varía con el tiempo produce una fuerza electromotriz inducida ( $fem$ ) capaz de producir una corriente en un circuito cerrado, la  $fem$  es un voltaje procedente de los conductores que se mueven en un campo magnético variante, que es conocida como la ley de Faraday:

$$fem = -\frac{d\phi}{dt}$$

El flujo magnético es el flujo que cruza a través de cualquier superficie cuyo perímetro sea una trayectoria cerrada y  $\frac{d\phi}{dt}$  es la razón de cambio de dicho flujo magnético por unidad de tiempo, el valor de esta razón de cambio puede ser el resultado de las siguientes situaciones:

1. Un flujo que cambia con el tiempo circundando una trayectoria cerrada fija
2. El movimiento relativo entre un flujo estable y una trayectoria cerrada
3. Una combinación de las dos

La presencia de la fuerza electromotriz  $fem$  en la ley de Faraday-Henry en lugar de la intensidad de corriente (ambas son proporcionales entre sí), resalta una característica de la inducción, a saber, su capacidad para sustituir a un generador, es decir, para producir los mismos efectos que éste en un circuito eléctrico.

Si no hay variación con el tiempo del flujo magnético que atraviesa un circuito, el fenómeno de la inducción electromagnética no se presenta. Tal circunstancia explica los fracasos de aquellos físicos contemporáneos de Faraday que

pretendieron conseguir corrientes inducidas en situaciones estáticas, o de reposo, del circuito respecto del imán o viceversa. Cuando la ley de Faraday-Henry se aplica a una bobina formada por N espiras iguales, la ecuación que describe el comportamiento es la siguiente:

$$fem = -\frac{d\phi}{dt} * N$$

siendo  $\frac{d\phi}{dt}$  la variación del flujo magnético por unidad de tiempo para una sola espira en la bobina.

Aunque la ley de Faraday-Henry, a través de su signo negativo, establece una diferencia entre las corrientes inducidas por un aumento del flujo magnético y las que resultan de una disminución de dicha magnitud. Lenz (1904-1965), un físico alemán que investigó el electromagnetismo en Rusia al mismo tiempo que Faraday propuso la siguiente explicación del sentido de circulación de las corrientes inducidas que se conoce como ley de Lenz:

“Las corrientes que se inducen en un circuito se producen en un sentido tal que con sus efectos magnéticos tienden a oponerse a la causa que las originó.” (Kraus, 1991)

Así, cuando el polo norte de un imán se aproxima a una espira, la corriente inducida circulará en un sentido tal que la cara enfrentada al polo norte del imán sea también Norte, con lo que ejercerá una acción magnética repulsiva sobre el imán, la cual es preciso vencer para que se siga manteniendo el fenómeno de la inducción. Inversamente, si el polo norte del imán se aleja de la espira, la corriente inducida ha de ser tal que genere un polo Sur que se oponga a la separación de ambos. Sólo manteniendo el movimiento relativo entre espira e imán persistirán las corrientes inducidas, de modo que si se detiene el proceso de acercamiento o de separación cesarían aquéllas y, por tanto, la fuerza magnética entre el imán y la espira desaparecería.

La ley de Lenz, que explica el sentido de las corrientes inducidas, puede ser a su vez explicada por un principio más general, el principio de la conservación de la energía. La producción de una corriente eléctrica requiere un consumo de energía y

la acción de una fuerza desplazando su punto de aplicación supone la realización de un trabajo. En los fenómenos de inducción electromagnética es el trabajo realizado en contra de las fuerzas magnéticas que aparecen entre espira e imán el que suministra la energía necesaria para mantener la corriente inducida. Si no hay desplazamiento, el trabajo es nulo, no se transfiere energía al sistema y las corrientes inducidas no pueden aparecer. Análogamente, si éstas no se opusieran a la acción magnética del imán, no habría trabajo exterior, ni por tanto cesión de energía al sistema.

El término magnetismo tiene su origen en el nombre que en la época de los filósofos griegos recibía una región del Asia Menor, entonces denominada Magnesia; en ella abundaba una piedra negra o piedra imán capaz de atraer objetos de hierro y de comunicarles por contacto un poder similar.

Los fenómenos magnéticos habían permanecido durante mucho tiempo en la historia de la ciencia como independientes de los eléctricos. Pero el avance de la electricidad por un lado y del magnetismo por otro, preparó la síntesis de ambas partes de la física en una sola, el electromagnetismo, que reúne las relaciones mutuas existentes entre los campos magnéticos y las corrientes eléctricas

La Tierra constituye un gigantesco imán natural; por tanto, la magnetita o cualquier otro tipo de imán o elemento magnético que gire libremente sobre un plano paralelo a su superficie, tal como lo hace una brújula, apuntará siempre al polo norte magnético

Un imán es toda sustancia que posee o ha adquirido la propiedad de atraer el hierro. Normalmente son barras o agujas imantadas de forma geométrica regular y alargada. Existen tres tipos de imanes:

Imanes naturales.- La magnetita es un potente imán natural, tiene la propiedad de atraer todas las sustancias magnéticas. Su característica de atraer trozos de hierro es natural. Está compuesta por óxido de hierro. Las sustancias magnéticas son aquellas que son atraídas por la magnetita.

Imanes artificiales permanentes.- Son las sustancias magnéticas que al frotarlas con la magnetita, se convierten en imanes, y conservan durante mucho tiempo su propiedad de atracción.

Imanes artificiales temporales.- Aquellos que producen un campo magnético sólo cuando circula por ellos una corriente eléctrica. Un ejemplo es el electroimán.

Las partes de las cuales está conformado un imán son las siguientes:

- Eje magnético.- Eje magnético de la barra de la línea que une los dos polos.
- Línea neutra.- Línea de la superficie de la barra que separa las zonas polarizadas.
- Polos.- Son los dos extremos del imán donde las fuerzas de atracción son más intensas. Son el polo norte y el polo sur.

Los polos magnéticos del de diferente nombre se atraen; los del mismo nombre se repelen. Si se rompe un imán, cada uno de los trozos se comporta como nuevo imán, y presenta sus propios polos norte y sur. Cuando se aproxima una aguja imantada o brújula a un imán, el polo sur de la aguja se orienta hacia el polo norte debido a la atracción entre ambos. Es imposible separar los polos de un imán.

## CAMPO MAGNÉTICO

Es la región del espacio en la que actúa una fuerza sobre una aguja imantada o sobre un imán. Un imán altera el espacio a su alrededor: pequeñas agujas imantadas o trozos de hierro, son atraídos por el imán, pero no experimenten ningún efecto en ausencia del mismo. Los campos magnéticos se representan mediante líneas de fuerza. El campo es más intenso en las regiones próximas a las líneas de fuerza (los polos).

Un campo magnético tiene dos fuentes que lo originan. Una de ellas es una corriente eléctrica de convección, que da lugar a un campo magnético estático. Por otro lado una corriente de desplazamiento origina un campo magnético variante en el tiempo, incluso aunque aquella sea estacionaria.

Como sucede en otros campos de fuerza, el campo magnético queda definido matemáticamente si se conoce el valor que toma en cada punto una magnitud

---

---

vectorial que recibe el nombre de intensidad de campo. El campo magnético es una propiedad del espacio por la cual una carga eléctrica puntual de valor  $q$  que se desplaza a una velocidad  $v$ . La intensidad del campo magnético, a veces denominada inducción magnética, se representa por la letra  $B$  y es un vector tal que en cada punto coincide en dirección y sentido con los de la línea de fuerza magnética correspondiente. Las brújulas, al alinearse a lo largo de las líneas de fuerza del campo magnético, indican la dirección y el sentido de la intensidad del campo  $B$ .

$$F = qv * B$$

Un medidor magnético mide el caudal de líquidos, consiste en un transmisor conectado por medio de un cable eléctrico a un receptor, el líquido fluye por el tubo de medición a través de un campo magnético, dos electrodos metálicos hacen contacto con el líquido en movimiento y detectan una *fem* que es proporcional al caudal. La conductancia mínima del líquido oscila entre 200 microsiemens para diámetros de 15.25 cm o menos y de 200 microsiemens para diámetros de 20.3 cm.

La *fem* producida es proporcional a la velocidad del líquido, basada en la ley de Faraday que establece que el voltaje inducido en un conductor que se mueve en un campo magnético es proporcional a la velocidad del conductor. El voltaje se genera en una dirección perpendicular al plano definido por la velocidad del conductor y la inducción del campo magnético. En este sistema el líquido que fluye es un conductor en movimiento que atraviesa un campo magnético. Este conductor se considera un disco plano de líquido que se mueve entre dos electrodos, la longitud del conductor es el diámetro del tubo, cuando el líquido se mueve es como si una sucesión continua de discos se movieran a través del campo magnético transmitiendo a los electrodos una *fem* (Holzbock, 1974).

Pero Michael Faraday no solo contribuyó con sus estudios a el área de electromagnetismo, sino que también realizó estudios cuantitativos referente a la relación entre la cantidad de electricidad que pasa por una solución, y como resultado de sus investigaciones logro enunciar las leyes de la electrolisis que en la actualidad llevan su nombre.

La electrolisis es un método de separación de los elementos que forman un compuesto aplicando electricidad: se produce en primer lugar la descomposición en iones, seguido de diversos efectos o reacciones secundarios según los casos concretos.

La Electrolisis, parte de la química que trata de la relación entre las corrientes eléctricas y las reacciones químicas, y de la conversión de la energía química en eléctrica y viceversa. En un sentido más amplio, la electrolisis es el estudio de las reacciones químicas que producen efectos eléctricos y de los fenómenos químicos causados por la acción de las corrientes o voltajes.

La mayoría de los compuestos inorgánicos y algunos de los orgánicos se ionizan al fundirse o cuando se disuelven en agua u otros líquidos; es decir, sus moléculas se disocian en componentes cargados positiva y negativamente que tienen la propiedad de conducir la corriente eléctrica. Si se coloca un par de electrodos en una disolución de un electrolito (o compuesto ionizable) y se conecta una fuente de corriente continua entre ellos, los iones positivos de la disolución se mueven hacia el electrodo negativo y los iones negativos hacia el positivo. Al llegar a los electrodos, los iones pueden ganar o perder electrones y transformarse en átomos neutros o moléculas; la naturaleza de las reacciones del electrodo depende de la diferencia de potencial o voltaje aplicado.

¿Qué es un electrolito? Es toda sustancia iónica que en solución se descompone al pasar la corriente eléctrica. Cuerpo que se somete a electrólisis. Los electrolitos son fuertes cuando dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica, pero cuando no lo hacen sino la dejan pasar débilmente, esto es por contener pocos iones, es decir que no son fuertes.

¿Qué es un electrodo? Componente de un circuito eléctrico que conecta el cableado convencional del circuito a un medio conductor como un electrólito o un gas. En el caso más cercano a la electrólisis; son conductores metálicos sumergidos en el electrolito.

La primera ley de Faraday señala que la masa de una sustancia involucrada en la reacción de cualquier electrodo es directamente proporcional a la cantidad de electricidad que pasa por una solución.

La segunda Ley, señala que las masas de las diferentes sustancias producidas por el paso de la misma cantidad de electricidad son directamente proporcionales a sus equivalentes en gramos.

Estas contribuciones hoy en día dieron lugar a grandes desarrollos en gran número de procesos de extracción de elementos como el aluminio, cobre, estaño, plomo entre otros; por medio de la descomposición electrolítica.

### CELDAS ELECTROLITICAS

Se denomina celdas electrolítica al dispositivo utilizado para la descomposición mediante corriente eléctrica de electrolitos. En el cual se aplica un potencial eléctrico externo forzándose así a que ocurra una reacción REDOX.

En la electrólisis se pueden distinguir tres fases:

Ionización - Es una fase previa antes de la aplicación de la corriente y para efectuarla la sustancia a descomponer ha de estar ionizada, lo que se consigue disolviéndola o fundiéndola.

Orientación - En esta fase, una vez aplicada la corriente los iones se dirigen, según su carga eléctrica, hacia los polos (+) ó (-) correspondientes.

Descarga - Los iones negativos o aniones ceden electrones al ánodo (+) y los iones positivos o cationes toman electrones del cátodo (-).

## METODOLOGÍA

1. Construcción del prototipo de prueba para la generación de corriente eléctrica.

La celda prototipo de prueba será construida siguiendo los principios básicos de la inducción en un medidor de flujo magnético, y servirá para optimizar cada uno de los componentes.

2. Optimización de las dimensiones

Las dimensiones se optimizaran con tres variables en tres niveles.

Tamaño de los imanes.

Longitud de desplazamiento.

Volumen de desplazamiento.

3. Optimización del fluido.

El fluido se diseñará de acuerdo a su conductividad con tres fluidos de diferente conductividad y tres concentraciones

	Concentración 1	Concentración 2	Concentración 3
Fluido 1			
Fluido 2			
Fluido 3			

4. Diseño de imanes permanentes

Los imanes se colocaran generando diferentes líneas de alineación y realizando pruebas a impacto constante para determinar cuál es la relación entre alineación y cantidad de  $fem$  producida.

5. Fabricación de prototipo final

El prototipo final será fabricado de acuerdo con los resultados obtenidos.

6. Determinación de perturbación en líneas de magnetismo.

Las líneas de magnetismo y su ruptura por el paso de un agente conductor se determinará en CIMAV Chihuahua.

7. Determinación de la fuerza electro motriz producida.

Se realizarán pruebas de campo, sometiendo la celda al paso de vehículos en movimiento y monitoreando el valor de la fuerza electro motriz producido.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	2008				2009			
	ENE- MAR	ABR- JUN	JUL- SEP	OCT- DIC	ENE- MAR	ABR- JUN	JUL- AGO	
1. Investigación Bibliográfica								
2. Diseño de prototipo de prueba								
3. Fabricación de prototipo								
4. Determinación de líneas de magnetismo								
5. Determinar y optimizar la fem producida								
6. Participación en evento académico								
7. Escritura de artículo								
8. Escritura de tesis								
9. Defensa de tesis								

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE ACTIVIDADES:

### 1. Investigación Bibliográfica

Llevar a cabo búsqueda de la bibliografía para obtener información relevante y teoría de apoyo que sea útil y necesaria para el desarrollo de la celda-electrolítica.

### 2. Diseño de prototipo de prueba

Diseñar un prototipo de prueba así como sus dimensiones, selección del mejor fluido e imanes, siguiendo el principio de la inducción magnética.

### 3. Fabricación del prototipo

Se desarrollara de acuerdo al diseño establecido siguiendo los principios básicos de la inducción en un medidor de flujo magnético.

### 4. Determinación de líneas de magnetismo

Determinar la ubicación de los imanes para un mejor rendimiento.

### 5. Determinar y optimizar la $fem$ producida

Una vez construida la celda de impactos se determinara y optimizara la eficiencia de la  $fem$  producida.

### 6. Participación en eventos académicos

Participación en eventos académicos dentro y fuera del Instituto Tecnológico de Durango.

### 7. Escritura de un artículo

Realizar la elaboración de un artículo de investigación para su difusión.

### 8. Escritura de tesis

Ya concluida la celda-electrolítica como fuente alterna de energía se elaborara el reporte final

### 9. Defensa de tesis

Ya aprobada y revisada se realizara la defensa para a la obtención del grado de Maestría en Ingeniería Química

## INFORMACIÓN

### LUGAR DONDE SE REALIZARÁ EL PROYECTO

El proyecto se realizará dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Durango; ya que se cuenta con el laboratorio de físico-química para la obtención y preparación de reactivos. Una vez que se diseñe y construya el modelo se contara con una estancia en CIMAV (Centro de Investigación de Materiales Avanzados) en la Cd. de Chihuahua para la realización de pruebas magnéticas.

### INSTITUCIÓN DONDE SE REALIZA EL PROYECTO

La institución que permita el diseño y construcción del modelo es el Instituto Tecnológico de Durango que se encuentra ubicada en el Blvd. Felipe Pescador No. 1800 Ote. que es una dependencia publica encargada de la educación de profesionistas en diversas ramas laborales.

## BIBLIOGRAFÍA

Castellan Gilbert W., Fisicoquímica, 1987. ADDISON-WESLEY IBEROAMERICANA, S.A. Wilmington, Delaware, E.U.A.

Hayt William H. Jr., Buck John A. Teoría electromagnética. 1999. Séptima edición. Mc Graw Hill. México, D.F.

William H. Hayt, Jr., Teoría Electromagnética, 2001. Quinta edición. Mc Graw Hill

John D. Kraus. Electromagnetismo. 2003. Tercera Edición

Otras fuentes:

✓ [http://pdf.rincondelvago.com/imaness\\_1.html](http://pdf.rincondelvago.com/imaness_1.html)

✓ [http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_electromag/ke\\_electromag\\_1.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_electromag/ke_electromag_1.htm)