

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**

**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**TESIS**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE UN  
GENERADOR  
MAGNÉTICO APROVECHANDO LA FCEM COMO ENERGIA  
ALTERNATIVA”**

**PRESENTADO POR:**

**LENIN MOISES QUISPE ARAPA**

**ROSSEL APAZA BRUNA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO DE UN GENERADOR  
MAGNÉTICO APROVECHANDO LA FCEM COMO ENERGIA  
ALTERNATIVA”

TESIS PRESENTADA POR:

LENIN MOISES QUISPE ARAPA  
ROSSEL APAZA BRUNA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRONICO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

  
\_\_\_\_\_

Dr. IVAN DELGADO HUAYTA

PRIMER MIEMBRO


:

  
\_\_\_\_\_

M.Sc. GAVINO JOSE FLORES CHIPANA

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
\_\_\_\_\_

Ing. WALTER OSWALDO CUTIPA FLORES

DIRECTOR DE TESIS

:

  
\_\_\_\_\_

Mg. MARCO ANTONIO QUISPE BARRA

AREA : ELECTRONICA GENERAL

TEMA : ELECTRONICA DE POTENCIA

PUNO-PERU

2017

**AGRADECIMIENTOS**

*LENIN*

*Agradezco a mi padre (que en paz descanse), a mi madre y a mis hermanas por el apoyo brindado durante la elaboración de este proyecto.*

*A mi pareja Hilda Yucra Pandia, a mi hija Gissel Quispe Yucra, por la motivación que brindan a mi vida.*

*A mis compañeros y amigos y principalmente a la escuela profesional de Ingeniería Electrónica por haber compartido y dirigido nuestro destino.*

*ROSSEL*

*Especial agradecimiento a Dios, por sobre todas las cosas, Agradezco a mi universidad y a la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica por permitirme ser parte de ella y haber permitido desarrollarme como profesional en sus aulas.*

*A mis docentes por sus enseñanzas y guías constantes.*

*A mis compañeros que a lo largo de mi vida estudiantil se convirtieron en amigos que compartieron gratos momentos, así como memorables experiencias.*

**DEDICATORIA**

*LENIN*

*A la memoria de mi padre Félix Moisés Quispe*

*Tacca, a mi madre y a mis hermanas por haberme  
dado su apoyo incondicional*

*A mi hija y pareja quienes han sido mi mayor  
motivación para nunca rendirme ante nada y lograr  
mis objetivos*

*ROSSEL*

*Dedico este trabajo a mis padres*

*Por darme la vida y brindarme su apoyo incondicional*

*Por los valores que me inculcaron para ser un hombre de bien,  
no solo en lo académico sino también en todos los aspectos de la vida*

*A mis hermanas y hermanos*

*Con cariño y sé que esto les servirá de estímulo,*

*para que continúen con sus metas y objetivos*

*a mis sobrinos por las alegrías*

*a mis amigos por su motivación y compañía*

**INDICE**

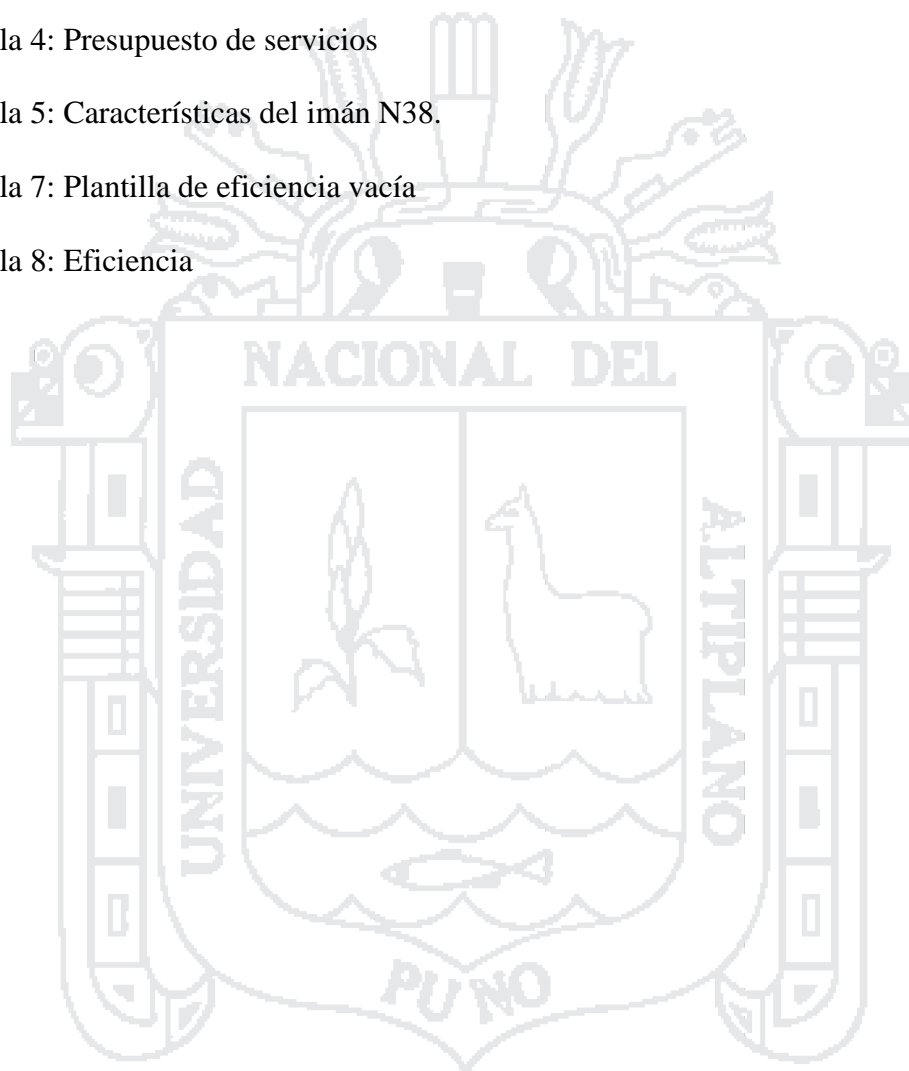
RESUMEN .....	9
INTRODUCCION .....	11
CAPÍTULO I .....	13
1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. ....	14
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	14
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. ....	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos .....	15
CAPÍTULO II.....	16
2.1. ANTECEDENTES.....	17
2.2. SUSTENTO TEÓRICO.....	19
2.2.1 Magnetismo .....	19
2.2.1.1 Materiales magnéticos. ....	19
2.2.1.2 Imanes.....	24
2.2.2 Electromagnetismo. ....	28
2.2.2.1 Campo Magnético.....	28
2.2.2.2 Flujo Magnético.....	29
2.2.2.3 FEM (Fuerza Electromotriz).....	29
2.2.2.4 FCEM (Fuerza Contra Electromotriz) .....	30
2.2.3 Generadores .....	31
2.2.3.1 Tipos de generadores. ....	32
2.2.4 Electroimanes.....	33
2.2.4.1 BOBINAS. ....	33

2.2.4.2 Componentes de la bobina con Núcleo de Hierro .....	34
2.2.5 BATERÍAS.....	37
2.2.5.1 Características De La Batería .....	38
2.2.5.2 Recarga De Una Batería .....	40
2.2.5.3 Clasificación y tipos de baterías .....	42
2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	45
2.3.1 Histéresis.....	45
2.3.2 Corrientes de FOUCAULT.....	45
2.3.3 Potencia.....	45
2.3.4 Eficiencia .....	46
2.4 HIPÓTESIS.....	46
2.4.1 Hipótesis General.....	46
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	46
2.5 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	47
CAPÍTULO III.....	48
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION.....	49
3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	50
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN.....	50
3.3.1 Técnicas .....	50
3.3.2 Instrumentos.....	50
3.3.3 RECURSOS.....	50
3.3.3.1 Recursos Humanos .....	50
3.3.3.2 Recursos Materiales .....	50
3.3.4 PRESUPUESTO .....	51
3.3.5 Financiamiento.....	52

3.4.1 Características y ecuaciones del imán. ....	52
3.4.2 Características y ecuaciones de la bobina. ....	54
3.4.2.1 Ecuaciones .....	57
3.4.2.2 Ecuaciones de la FEM .....	57
3.4.3 Baterías para almacenar energía .....	61
3.4.4 Esquema electrónico del prototipo. ....	61
3.5 PLAN DE TRATAMIENTO DE LOS DATOS. ....	67
3.6 DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	69
CAPITULO IV .....	70
ANALISIS, E INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	71
4.1 PRUEBAS DEL DISEÑO POR ETAPAS DEL PROTOTIPO .....	71
4.2 MEDIDAS DE LOS VOLTAJES Y CORRIENTES .....	72
4.3. PRUEBAS DE EFICIENCIA .....	73
4.4 CUADROS ESTADÍSTICOS DE LA EFICIENCIA .....	75
4.5 RENDIMIENTO DE LA BATERÍA .....	79
CONCLUSIONES .....	81
SUGERENCIAS .....	82
BIBLIOGRAFIA .....	83
ANEXOS .....	84

**INDICE DE TABLA**

Tabla 1: Tensiones nominales	39
Tabla 2: Tensiones nominales	47
Tabla 3: Presupuesto	51
Tabla 4: Presupuesto de servicios	51
Tabla 5: Características del imán N38.	52
Tabla 7: Plantilla de eficiencia vacía	68
Tabla 8: Eficiencia	74





## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Material en estado original .....	21
FIGURA 2: Pequeño campo magnético aplicado al material .....	21
FIGURA 3: Aplicación de campo magnético a un material .....	22
FIGURA 4: Magnetismo y teoría atómica.....	23
FIGURA 5: Electrones apareado y desapareados.....	24
FIGURA 6: Campo Magnético de un Imán.....	25
FIGURA 7: Campo Representativo de un imán .....	25
FIGURA 8: Imanes.....	26
FIGURA 9: Ley de atracción y repulsión magnética .....	26
FIGURA 10: Imanes de Neodimio .....	28
FIGURA 11: Sentido de Giro de Bobinado.....	33
FIGURA 12: Formas de Carretes de Bobina.....	34
FIGURA 13: Curva de Histéresis .....	35
FIGURA 14: Dimensiones del Imán .....	53
FIGURA 15: Alambres de cobre utilizados AWG 24, AWG 26.....	54
FIGURA 16: Dimensiones del carrete.....	55
FIGURA 17: Medidas de la estructura física del Moto generador.....	59
FIGURA 18: Vista de perfil del rotor con medidas.....	59
FIGURA 19: Vista frontal del rotor con medidas.....	60
FIGURA 20: Vista frontal con espaciamiento de las bobinas con respecto al rotor .....	60
FIGURA 21: Baterías VRLA Yuasa 12V 7Ah.....	61
FIGURA 22: Esquema electrónico del prototipo .....	62
FIGURA 23: Paso 1 del funcionamiento del prototipo .....	63
FIGURA 24: Paso 2 del funcionamiento del equipo .....	64

FIGURA 25: Paso 3 del funcionamiento del prototipo ..... 65

FIGURA 26: Paso 4 del funcionamiento del prototipo ..... 66

FIGURA 27: Forma de onda provocada por el prototipo..... 71

FIGURA 28: Forma de onda de la FCEM a partir del impulso DC. .... 72

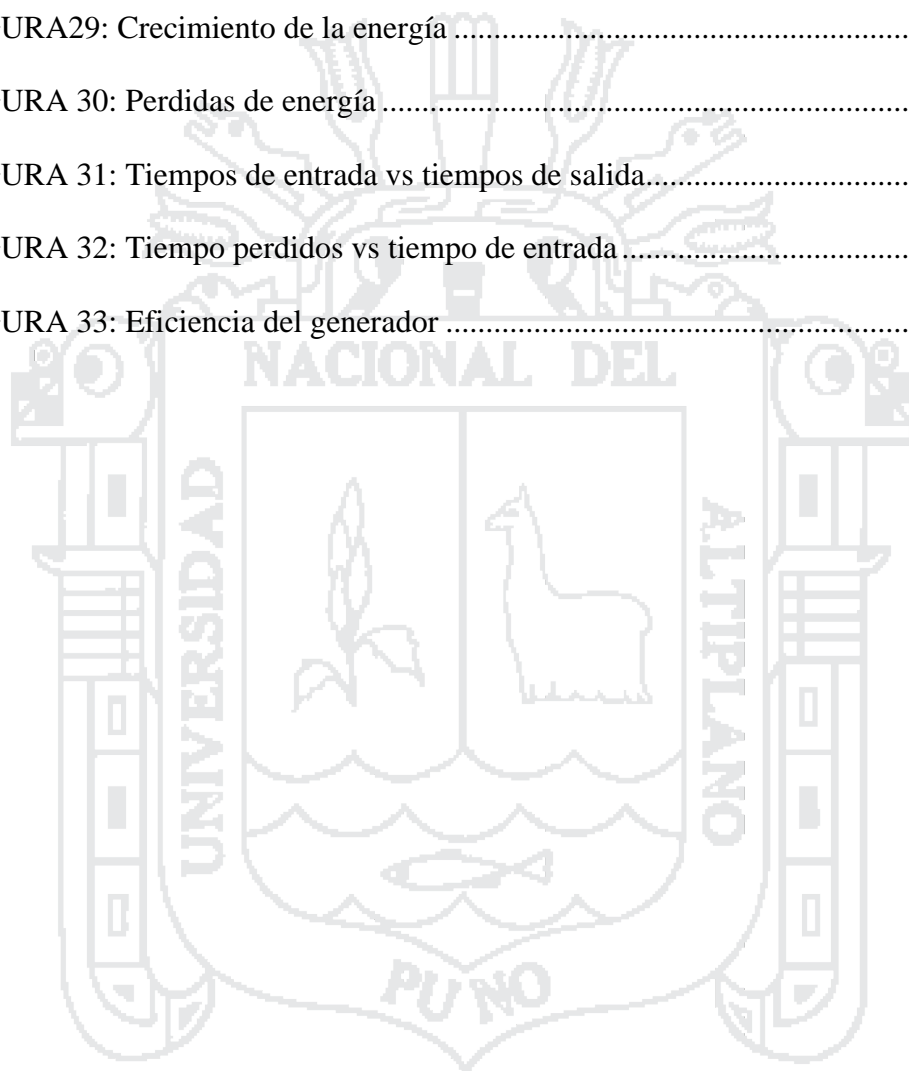
FIGURA 29: Crecimiento de la energía ..... 75

FIGURA 30: Perdidas de energía ..... 76

FIGURA 31: Tiempos de entrada vs tiempos de salida..... 77

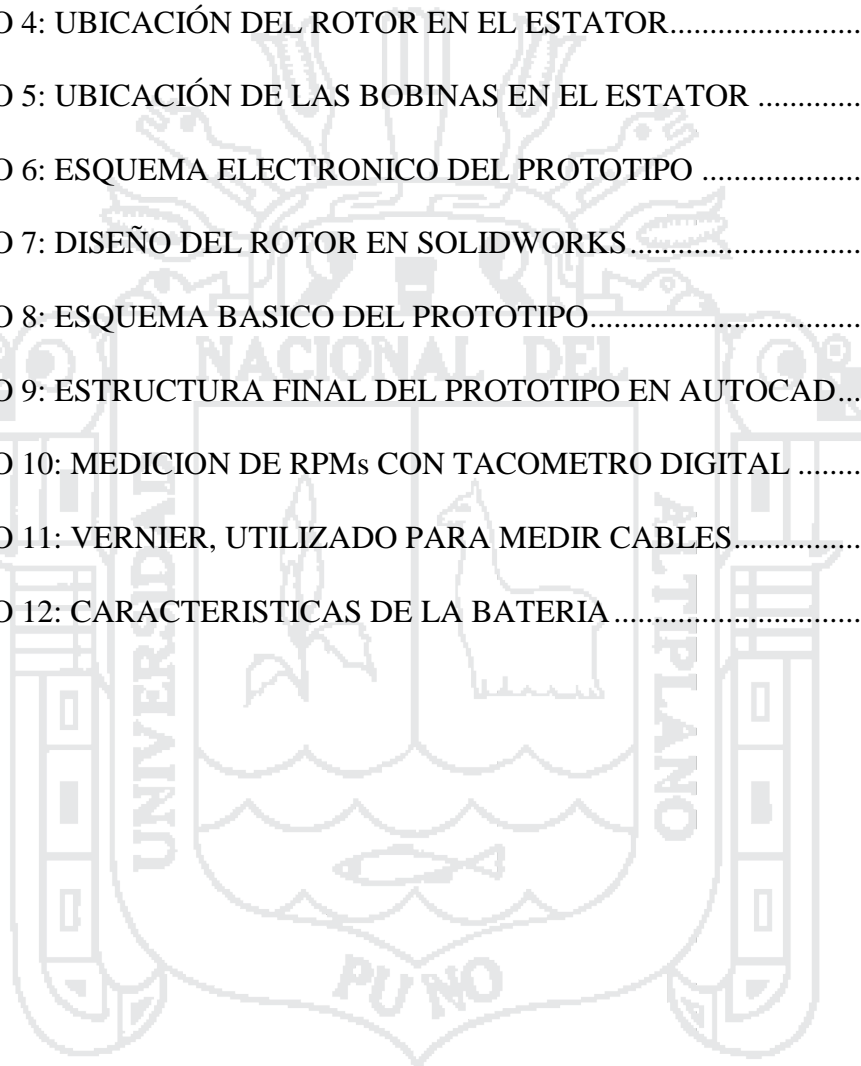
FIGURA 32: Tiempo perdidos vs tiempo de entrada ..... 78

FIGURA 33: Eficiencia del generador ..... 78



**INDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1: HOJA DE DATOS DEL TRANSISTOR 2N3055 .....	84
ANEXO 2: HOJA DE DATOS DEL DIODO 1N4007 .....	86
ANEXO 3: DIMENSIONES DEL PROTOTIPO DEL GENERADOR MAGNETICO	87
ANEXO 4: UBICACIÓN DEL ROTOR EN EL ESTATOR.....	88
ANEXO 5: UBICACIÓN DE LAS BOBINAS EN EL ESTATOR .....	89
ANEXO 6: ESQUEMA ELECTRONICO DEL PROTOTIPO .....	90
ANEXO 7: DISEÑO DEL ROTOR EN SOLIDWORKS.....	91
ANEXO 8: ESQUEMA BASICO DEL PROTOTIPO.....	91
ANEXO 9: ESTRUCTURA FINAL DEL PROTOTIPO EN AUTOCAD.....	92
ANEXO 10: MEDICION DE RPMs CON TACOMETRO DIGITAL .....	92
ANEXO 11: VERNIER, UTILIZADO PARA MEDIR CABLES.....	92
ANEXO 12: CARACTERISTICAS DE LA BATERIA.....	94



## RESUMEN

Se comenzó el diseño del prototipo estudiando el comportamiento de los diferentes tipos de generadores eléctricos que existen en la actualidad, ya sea con imanes permanentes o con electroimanes, también se estudió otros tipos de generadores no convencionales como eólicos, fotovoltaicos, biomasa, marina, geotérmica etc. Y además un sistema de generación de energía basado en pulsos electromagnéticos (FCEM) que se basa en la generación de energía mediante el aprovechamiento del campo magnético de los electroimanes. Una vez estudiado las diferentes formas de generación de energía, se comenzó con el estudio detallado de la generación de energía aprovechando la FCEM (Fuerza Contra electromotriz) que no es más que la energía que retorna del campo magnético a la bobina, esta FCEM tiene la característica de tener amplitud de voltaje alto, los cuales son aprovechados para almacenarlos en una batería. Para aprovechar esta FCEM se construyó un prototipo de generador tipo radial que se alimenta por una batería, este prototipo consta de un rotor con imanes permanentes, un estator con electroimanes y un circuito electrónico capaz de direccionar la energía de la FCEM hacia las baterías. Para medir la eficiencia de nuestro prototipo se elaboró una tabla comparativa entre la entrada de energía al prototipo y la salida de energía en las baterías, los resultados obtenidos fueron favorables puesto que este tipo de energía se almacena en las baterías y luego se utilizaron sin ningún inconveniente para diferentes tipos de aparatos electrónicos.

**Palabras clave:** FCEM, FEM, Generador, Electroimanes, Imanes

## ABSTRACT

The design of the prototype began studying the behavior of different types of electric generators that exist today, either permanent magnets or electromagnets, other types of non-conventional generators such as wind, solar, biomass, marine, geothermal was also studied etc. And a system of power generation based on electromagnetic pulses (FCEM) based on power generation by utilizing the magnetic field of the electromagnets. Having studied the different forms of power generation, it began with a detailed study of power generation taking advantage of the FCEM (Back Electromotive Force) that is no more than the energy returning from the magnetic coil field, this FCEM has the characteristic of having high voltage amplitude, which are utilized for storage in a battery. To take this back EMF prototype radial type generator driven by a battery was constructed, this prototype consists of a rotor with permanent magnets, a stator with electromagnets and an electronic circuit able to redirect energy back FCEM to the battery. To measure the efficiency of our prototype a comparison table between the energy input to the prototype and the output power in the batteries was developed, the results were favorable since this type of energy was stored in batteries and then used without any drawback for different types of electronic equipment.

**Key words:** FCEM, FEM, Generator, Electromagnets, Magnets

## INTRODUCCION

En la actualidad la energía es un bien del que todo ser humano necesita en su vida, lo utilizamos desde cocinar hasta para bañarnos. Dado que las principales fuentes energéticas del mundo son basadas en Combustible fósiles, gas natural y la energía eléctrica, estas son costosas y no son 100% eficientes, por lo tanto, pueden agotarse. Además, su utilización provoca un gran impacto ambiental en la biosfera al contaminar el aire, el agua y el suelo. Estos hechos han generado un interés creciente por el desarrollo de nuevas tecnologías para la utilización de fuentes de energía renovables alternativas como la eólica, fotovoltaica, marina, biomasa etc. que aunque actualmente son poco rentables, tienen la ventaja de ser poco contaminantes siendo la energía solar y la energía eólica las más desarrolladas, es así que en busca de nuevas formas de energía nace la idea de la implementación de un prototipo de un generador magnético aprovechando la FCEM cuyo principio de funcionamiento es el magnetismo. Dicho generador es planteado como una posible solución de baja potencia, factible, efectiva y respetuoso con el medio ambiente.

La elaboración de esta investigación se ha dividido en cuatro capítulos para su comprensión y desarrollo del proyecto.

En el **primer** capítulo se refiere a las generalidades, tales son el planteamiento del problema, antecedentes y objetivos de investigación.

En el **segundo** capítulo detallamos el marco teórico y el marco conceptual, se nombran los conceptos básicos del Magnetismo, la Fuerza Contra electromotriz (FCEM), Fuerza Electromotriz (FEM) y sus propiedades físicas, así como el análisis de sus ecuaciones matemáticas, finalmente planteamos la hipótesis de investigación.

En el **tercer** capítulo tratamos el método de investigación, que se basa en la observación del comportamiento de los imanes y electroimanes, diseño del circuito

electrónico, diseño e implementación de la estructura para su funcionamiento, de donde se tomaron datos, los cuales se procesaron y así determinar su funcionalidad y eficiencia.

En el **cuarto** capítulo se hizo la recopilación de los datos en cada etapa de la implementación de prototipo, los cuales fueron testeados con instrumentos de medición como osciloscopio, multímetro, probador de baterías midtronic y también se realizó la prueba de eficiencia al prototipo. Finalmente, en las conclusiones contrastamos la hipótesis sugerida al inicio de la investigación, arribando así a las conclusiones y recomendaciones del proyecto.







## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION.**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.**

Dado que las principales fuentes energéticas del mundo son basadas en combustibles fósiles, recursos no renovables, que tienden a agotarse y que causan mucho daño al planeta tierra y a los seres vivos que habitan en él. El desarrollo de nuevas tecnologías de obtener energía limpia y principalmente como investigadores vemos la problemática en la Región Puno en zonas donde por condiciones geográficas, climáticas y sociales no llega ninguna fuente de energía eléctrica tanto convencionales y no convencionales, es en este contexto que se planteó abordar la problemática de las energías no renovables así nació la idea de la implementación de un prototipo de un generador magnético aprovechando la FCEM cuyo principio de funcionamiento es el magnetismo.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Los principales recursos energéticos que utilizamos en la zona son; el petróleo, el gas natural, la energía eléctrica, los cuales causan el calentamiento Global son limitados y por lo tanto pueden agotarse. Además, su utilización provoca un gran impacto ambiental en la biosfera al contaminar el aire, el agua y el suelo. Estos hechos han generado un interés creciente por el desarrollo de nuevas tecnologías para la utilización de fuentes de energía renovables alternativas que, aunque actualmente son poco rentables, tienen la ventaja de ser poco contaminantes siendo la energía solar y la energía eólica las más desarrolladas, es así que, en busca de nuevas formas de energía, planteamos un posible prototipo como una posible fuente de energía.

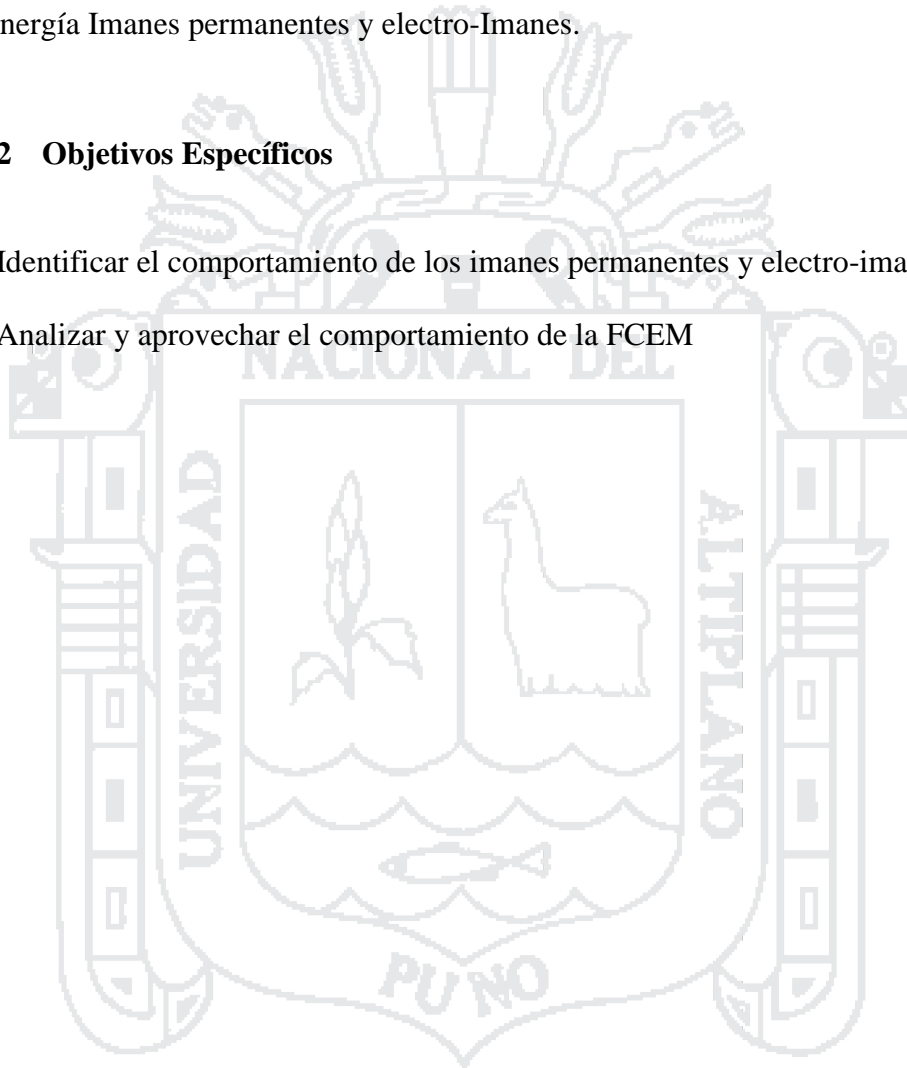
### 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 1.3.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo de un generador de FCEM, utilizando como fuente de energía Imanes permanentes y electro-Imanes.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar el comportamiento de los imanes permanentes y electro-imanés.
- b) Analizar y aprovechar el comportamiento de la FCEM





## MARCO TEORICO

### 2.1. ANTECEDENTES

1.- En el 2010 se presentó el trabajo de investigación “Diseño y construcción de un generador eléctrico para un aerogenerador de baja potencia” en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo – Facultad de Ingeniería Eléctrica – México (Fredy Gaona Hernández, 2010), El objetivo de este proyecto radica en realizar el diseño de un generador eléctrico para un aerogenerador de baja potencia utilizando imanes de neodimio aprovechando sus propiedades, la energía que se generó en el aerogenerador obtuvo resultados muy cercanos a los alcances de este proyecto, además de lograr un diseño diferente de los que se encuentran en el mercado.

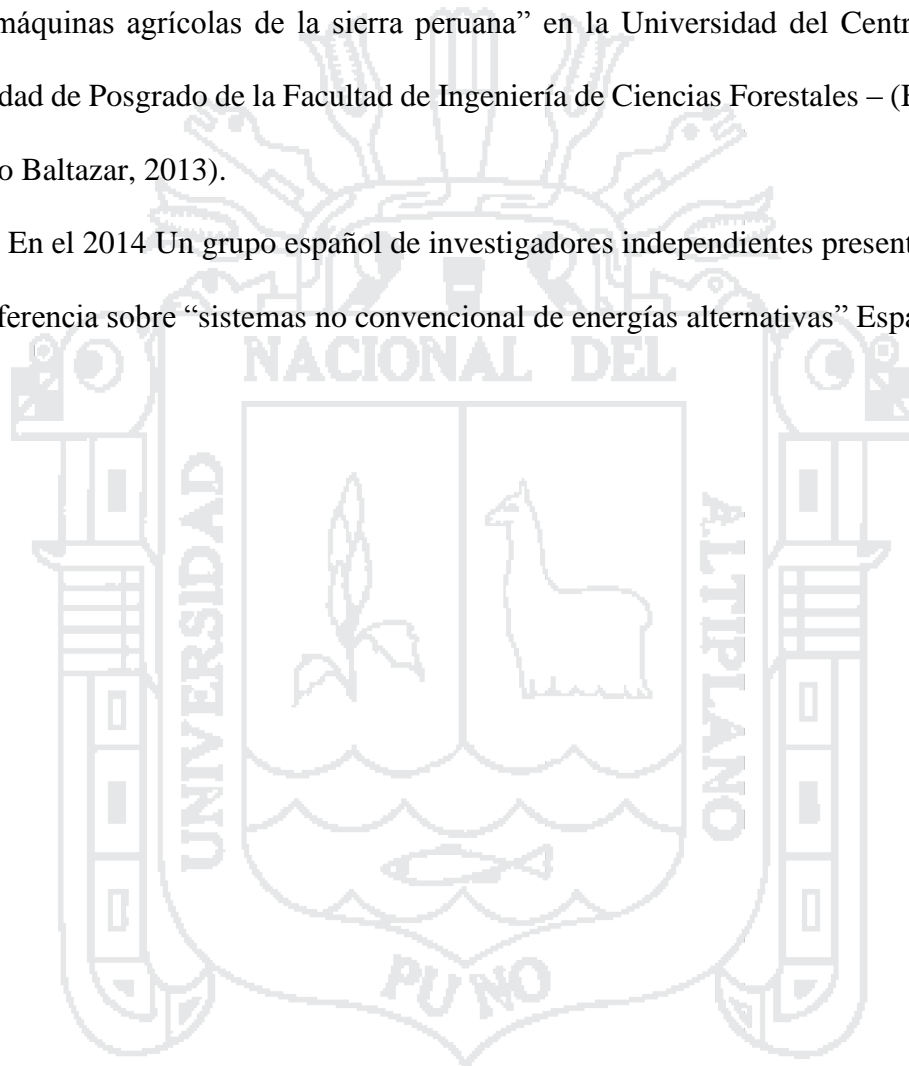
2.- En el 2011, El investigador Jhon Bedini realizo avances en su investigación sobre su prototipo de generador Bedini, en el Estado de California de los EEUU. El objetivo de este investigador es buscar una nueva fuente de energía sustentable y amigable con el medio ambiente que sea económica y al alcance del ciudadano común, el trabajo de investigación logro sus objetivos teniendo resultados óptimos y abriendo nuevos caminos para el desarrollo del generador.

3.- En el año 2012, el Dr. Vicente Borja Ramírez, presento el trabajo de investigación “Generación de energía eléctrica por pedaleo” en la Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ingeniería - cuyo objetivo era Diseñar un dispositivo capaz de generar energía para bicicletas, aprovechando la energía que se genera en el pedaleo, para cargar pequeños aparatos electrónicos, como teléfonos celulares, reproductores de música, iPods que se puedan cargar a través de un puerto USB. Además de alimentar las luces delantera y trasera de la bicicleta, contribuyendo así al ahorro de energía. El GEPP(Generador eléctrico por pedaleo) cubrió el objetivo, así como alimentar las luces delantera y trasera de la bicicleta. Se obtuvieron resultados muy apegados a los alcances

de este proyecto, además de lograr un diseño diferente de los que se encuentran en el mercado, aportando una nueva propuesta para la generación de energía eléctrica de manera sustentable.

4.- En el 2013, se presentó el trabajo de tesis doctoral “Energía libre en la fuerza motriz de máquinas agrícolas de la sierra peruana” en la Universidad del Centro del Perú – Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Ciencias Forestales – (Brecio Daniel Lazo Baltazar, 2013).

5.- En el 2014 Un grupo español de investigadores independientes presentaron una conferencia sobre “sistemas no convencional de energías alternativas” España.



## 2.2. SUSTENTO TEÓRICO

### 2.2.1 Magnetismo

Es un fenómeno físico por el que los materiales ejercen fuerzas de atracción y repulsión sobre otros materiales.

#### 2.2.1.1 Materiales magnéticos

a) **Materiales diamagnéticos.** - En un material diamagnético, el momento magnético neto debido a los momentos orbitales de los electrones y a sus spines en cualquier átomo particular es 0 en ausencia de campo magnético externo. Al aplicar un campo exterior de inducción  $B$  aparecerá una fuerza sobre los electrones orbitales. Los materiales diamagnéticos no presentan magnetismo remanente, lo que significa que el momento magnético inducido desaparece cuando se anula el campo exterior aplicado.

b) **Materiales paramagnéticos.** - En algunos materiales, los momentos magnéticos debido a los movimientos de los electrones, orbital y de spin, no se cancelan completamente y los átomos y moléculas tienen un momento magnético neto. Al aplicar un campo magnético externo, además de producirse un efecto diamagnético débil, el campo tiende a alinear los momentos magnéticos moleculares en el sentido del mismo, lo que provoca un momento de inducción. El efecto macroscópico es entonces equivalente a una imanación positiva, es decir, a una susceptibilidad magnética positiva. Los materiales que presentan este comportamiento se denomina paramagnéticos, destacando entre ellos: el aluminio, magnesio, titanio y wolframio.

c) **Materiales ferromagnéticos.** - El tipo más importante de magnetismo (en cuanto a sus aplicaciones tecnológicas se refiere) lo presentan los materiales ferromagnéticos, reciben esta denominación aquellas sustancias que tienen imanaciones grandes aun en

presencia de campos magnéticos muy débiles. Solo tres elementos, hierro, cobalto y níquel son ferromagnéticos (también los son los elementos de tierras raras: gadolinio y el disprosio). Casi todas las aleaciones y compuestos ferromagnéticos contienen uno o más de estos tres elementos o de manganeso, que pertenecen al mismo grupo de elementos de transición en la tabla periódica.

La facilidad de imanación de estas sustancias procede de las fuerzas mecánico - cuánticas, que tienden a alinear paralelamente entre sí a los spines atómicos próximos, aun en la ausencia de campo magnético aplicado (estas fuerzas de intercambio que alinean los spines adyacentes se conocen como interacción spin-spin y dependen críticamente de la distancia entre los átomos).

**La teoría de los dominios magnéticos.** - Como se expresó en el punto anterior, las propiedades magnéticas superlativas que presentan los materiales ferromagnéticos no pueden ser explicadas solamente a partir de los campos individuales que presentan sus átomos. Dichas propiedades están relacionadas además a la capacidad de estos elementos de orientar sus orbitales dentro del material. Una de las teorías desarrolladas para explicar este singular comportamiento, es la teoría de los **dominios magnéticos**. Según ésta, dentro de un material ferromagnético existen zonas denominadas “dominios” dentro de las cuales las moléculas están ordenadas de tal forma que sus campos netos individuales están alineados. En un material virgen, estos dominios tienen orientaciones aleatorias resultando en un campo macroscópicamente nulo.

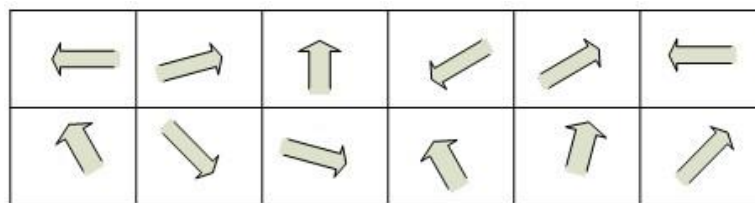


FIGURA 1: Material en estado original

Fuente: INTI-Centro Regional De Córdoba

Cuando se aplica un campo externo, los dominios que poseen una orientación similar a la del campo aplicado comienzan a ordenarse según el campo aplicado, comenzando por aquellos que presentan una orientación más favorable.

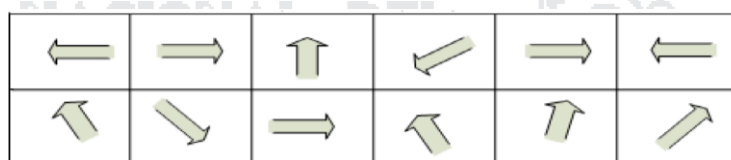


FIGURA 2: Pequeño campo magnético aplicado al material

Fuente: INTI-Centro Regional De Córdoba

A medida que va aumentando el campo aplicado hay cada vez menos dominios para reorientar y a su vez, los dominios aún no reorientados son los que presentaban el estado inicial más desfavorable. Finalmente, llega un momento en que ulteriores aumentos del campo aplicado ya no incrementan la magnetización; esto es lo que se denomina saturación del material.

La teoría de los dominios está apoyada por la experiencia que se describe a continuación. Si se efectúa un corte plano de un material ferromagnético no magnetizado, se pule la sección y se espolvorea con material ferromagnético muy finamente dividido, puede observarse mediante un microscopio que las virutas se agrupan en pequeñas zonas con orientaciones individuales distintas. Aplicando un campo magnético externo puede observarse como van evolucionando los dominios. Cabe aclarar que sólo pueden observarse mediante el método descrito los dominios de los materiales magnéticos



blandos (aquellos que pierden la magnetización al desaparecer el campo aplicado). Los dominios de los materiales magnéticos duros (los que retienen la magnetización una vez desaparecido el campo externo) son mucho más pequeños y sólo pueden ser observados mediante otras técnicas, como la utilización de luz polarizada. El ferromagnetismo no se explica sólo por las propiedades de átomos individuales, sino por su comportamiento macroscópico dentro del material. Los átomos individuales tienen la propiedad de orientar sus orbitales combinando en forma aditiva sus campos magnéticos individuales, sin cambiar sus posiciones dentro de la red cristalina.

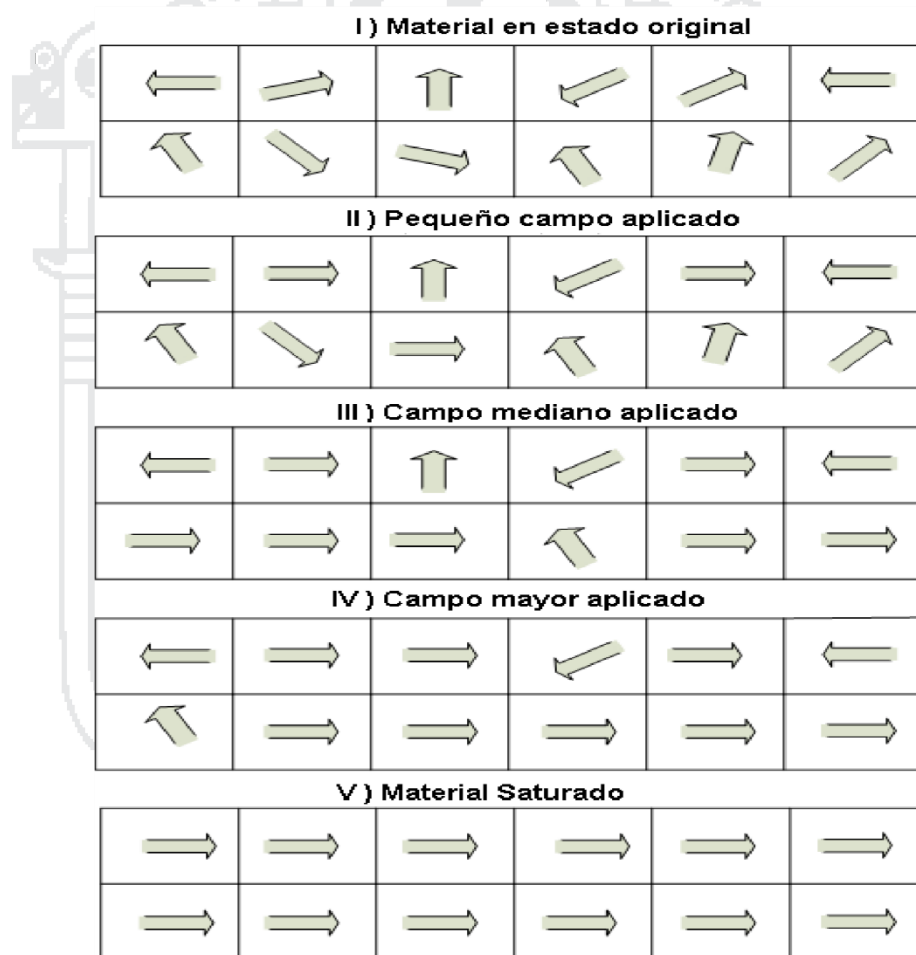


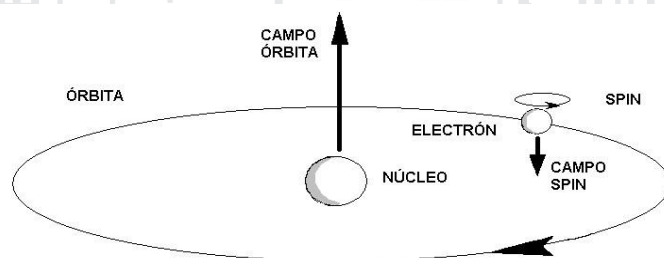
FIGURA 3: Aplicación de campo magnético a un material

Fuente: INTI-Centro Regional De Córdoba

El proceso de progresiva alineación de los dominios según el campo aplicado puede interpretarse también como el crecimiento de dominios individuales, orientados más favorablemente, a expensas de los circundantes

De acuerdo a la teoría expuesta, el campo magnético que exhiben los imanes es originado en corrientes sub-microscópicas que hacen las veces de pequeñas bobinas que combinan aditivamente sus campos individuales. Así se explica el antiguo dilema de por qué no podrían separarse las masas magnéticas sur y norte.

**El magnetismo y la teoría atómica.** -Dado que los electrones que orbitan el núcleo de un átomo pueden ser considerados como una corriente que circula por una espira microscópica, es de esperar que dicha corriente genere un campo magnético, de la misma forma que la corriente que circula por una espira real. También el spin de los electrones (giro sobre sí mismos) generaría un campo magnético.



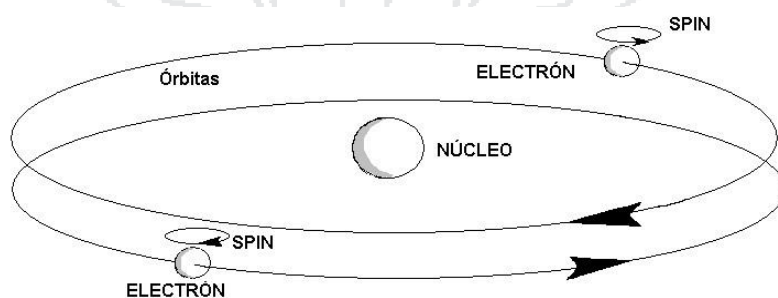
*FIGURA 4: Magnetismo y teoría atómica*

*Fuente: Instituto nacional de tecnología industrial-centro regional de córdoba*

De acuerdo a esta teoría, cada electrón generaría dos campos magnéticos, uno debido a su movimiento de traslación alrededor del núcleo y otro debido al giro sobre sí mismo. Así, el átomo de hidrógeno que consiste simplemente en un electrón girando alrededor de un protón, debería tener un campo neto y de esta forma reaccionar frente al campo magnético externo. Pero como los átomos de hidrógeno se agrupan en moléculas, resulta

que cuando dos átomos se combinan, lo hacen de tal forma que los campos individuales de sus electrones se cancelan, dando un efecto macroscópico prácticamente nulo.

**Electrones apareados y desapareados.-** Cuando dos electrones, ya sea en un átomo o en una molécula, se agrupan de forma tal que giran en sentido contrario en sus órbitas y sus spines son opuestos, provocando que el campo magnético resultante sea prácticamente nulo, se dice que son “**electrones apareados**”:



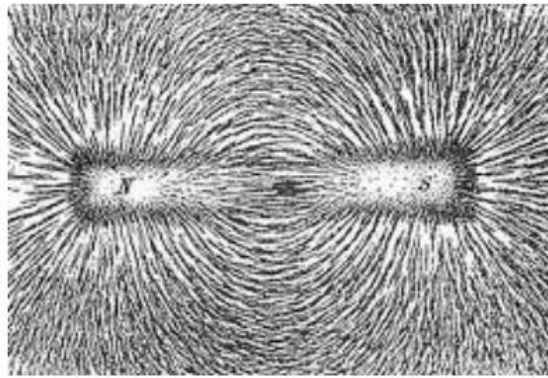
*FIGURA 5: Electrones apareado y desapareados*

*Fuente: Instituto nacional de tecnología industrial-centro regional de córdoba*

**Los materiales que poseen la totalidad de sus electrones apareados se denominan diamagnéticos.** Por otro lado, cuando en la molécula hay electrones desapareados, la misma posee un campo neto resultante. Los materiales formados por este tipo de moléculas se denominan paramagnéticos y ferromagnéticos y tienen, en mayor o menor medida, la posibilidad de magnetizarse en el mismo sentido del campo externo.

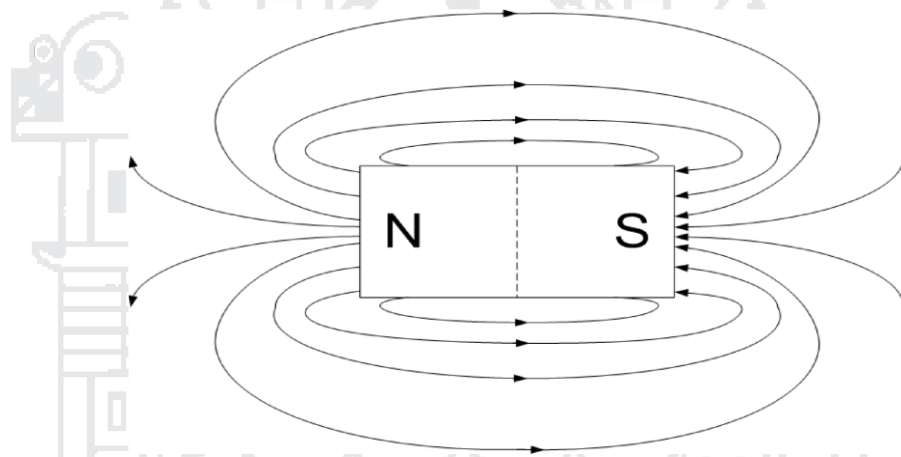
### 2.2.1.2 Imanes

Existen determinados cuerpos que son capaces de atraer algunos metales en especial el hierro a estos cuerpos que tienen propiedades magnéticas son llamados imanes



*FIGURA 6: Campo Magnético de un Imán*

*Fuente: INTI-Centro Regional De Córdoba*



*FIGURA 7: Campo Representativo de un imán*

*Fuente: INTI-Centro Regional De Córdoba*

#### **a) Propiedades de los imanes**

Todo el imán tiene dos polos magnéticos norte y sur. No es posible separar los polos magnéticos de un imán. Si se corta un imán recto en dos mitades se reproducen otros dos imanes con sus respectivos polos norte y sur. Y lo mismo sucederá si se repite el procedimiento nuevamente con cada uno de ellos. Entonces no es posible obtener un imán con un solo polo.

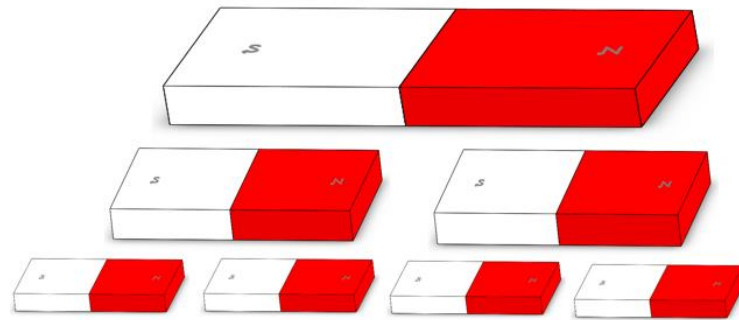


FIGURA 8: Imanes.

Elaboración: Propia - SolidWorks

Se crean repulsión entre polos del mismo tipo y fuerzas atractivas de diferentes polos.

Estas fuerzas son proporcionales al poder magnético de los imanes y disminuyen con el cuadrado de la distancia

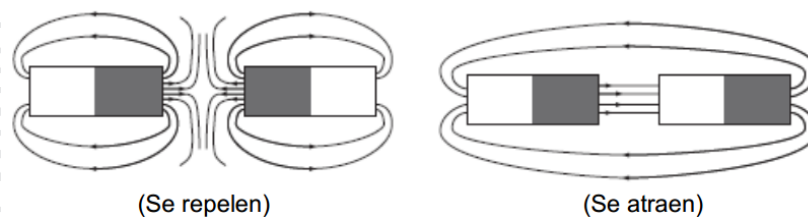


FIGURA 9: Ley de atracción y repulsión magnética

Fuente: INTI-Centro Regional De Córdoba

Los imanes pierden su magnetismo a una temperatura alcanzada esta temperatura viene dada por el material del imán que es capaz de soportar

**b) Tipos de Imanes.**

Los Imanes Naturales son cuerpos que se encuentran en la naturaleza y que tienen propiedades magnéticas.

El mineral más común de los imanes naturales es la magnetita, Oxido ferroso – diferrico ( $Fe_3O_4$ ), mineral de color negro y brillo metálico.

Los Imanes artificiales son los que se obtienen por imantación de ciertas sustancias metálicas. Es decir un imán artificial es un cuerpo metálico al que se ha comunicado la propiedad del magnetismo, mediante frotamiento con un imán natural, o bien por la acción de corrientes eléctricas aplicadas en forma conveniente. Los Imanes artificiales son aquellos cuyas propiedades magnéticas le son inducidas de forma artificial. Generalmente son metales como el hierro, el cobalto o el níquel y sus aleaciones, las sustancias que pueden ser imanes artificiales. La mayor parte de los imanes comerciales se fabrican de ALNICO, aleaciones de aluminio, níquel y cobalto.

Los imanes Cerámicos o de Ferrita Fabricados con Bario y Estroncio. Están compuestos de aproximadamente un 80% de Óxido de Hierro y de un 20% de Óxido de Estroncio (óxidos cerámicos). Son resistentes a muchas sustancias químicas, disolventes y ácidos. Pueden trabajar a temperaturas de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Las materias primas son de fácil adquisición y de bajo coste. Son resistentes a muchas sustancias químicas, como por ejemplo a los disolventes, lejías, y ácidos débiles.

Presentan un color gris oscuro, son frágiles e inmunes a la corrosión. Estos compuestos superaron ampliamente la coercitividad del Alnico y a un costo mucho menor.

Desarrolladas a partir de 1950, son actualmente insustituibles para gran número de aplicaciones en la cuales el costo es una variable importante, pero el volumen y peso no son muy limitantes. Ejemplos de utilización son los parlantes, los motores de corriente continua para industria automotriz, etc.

Ejemplos: Ferrita de Bario  $\text{BaO} \cdot 6\text{Fe}_2\text{O}_3$  (13,8 %  $\text{BaO}$ , 86,2 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Ferrita de Estroncio  $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$

Los imanes de Tierras Raras son metálicos, con una fuerza de 6 a 10 veces superior a los materiales magnéticos tradicionales y con temperaturas de trabajo que varían según el material. El Neodimio (figura 3), su temperatura de trabajo puede llegar de 90°C hasta 150°C, en Samario-Cobalto, pueden llegar hasta 350°C. La utilización de estos imanes está condicionada por la temperatura. Para evitar problemas de oxidación en los Neodimio, se recubren según necesidades, los imanes de Samario no presentan problemas de oxidación.



*FIGURA 10: Imanes de Neodimio*

*Fuente: [www.supermagnete.es](http://www.supermagnete.es)*

## 2.2.2 Electromagnetismo.

El electromagnetismo es la parte de la electricidad que estudia la relación entre los fenómenos eléctricos y los fenómenos magnéticos.

### 2.2.2.1 Campo Magnético.

Definimos el campo magnético como la perturbación que este produce alrededor suyo y es la causa de las fuerzas que aparecen sobre los imanes.

El campo magnético se presenta mediante líneas de fuerzas o líneas de inducción magnética, estas líneas salen del polo norte y entran al imán por el polo sur. La intensidad de la inducción magnética o campo magnético se representa por la letra B y en el sistema internacional se mide en Teslas (T).



**2.2.2.2 Flujo Magnético.**

Es la cantidad de campo magnético que atraviesa una superficie, o la cantidad de líneas de inducción magnética que atraviesa una superficie.

$$\Phi = B \cdot S \cdot \text{Sen}\alpha \quad \dots\dots\dots(\text{Ec.1})$$

Donde:

$\Phi$  : Flujo magnético y se mide en Weber = Wb.

$S$  : Es la superficie y se mide en  $m^2$ .

$\alpha$  : Es el ángulo que forman las líneas de campo magnético con la superficie.

**2.2.2.3 FEM (Fuerza Electromotriz)**

a) **Experimento de Oersted:** Esta relación entre la electricidad y el magnetismo fue descubierta por el físico Danés Hans Christian Oersted. Este observo que si colocaba un alfiler magnético que señalaba la dirección norte-sur paralela a un hilo conductor rectilíneo por el cual no circula corriente eléctrica, esta no sufría ninguna alteración.

Sin embargo, en el momento en que empezaba a pasar corriente por el conductor, el alfiler magnético se desviaba y se orientaba hacia una dirección perpendicular al hilo conductor. En cambio, si dejaba de pasar corriente por el hilo conductor, el agua volvía a su posición inicial.

De este experimento se deduce que al pasar una corriente eléctrica por un hilo conductor se crea un campo magnético

b) **Ley de Faraday:** Según la ley de Faraday se producirá una corriente eléctrica inducida en un circuito cuando varía el flujo magnético con respecto al tiempo que lo atraviesa y esta ley viene representada por la ecuación matemática.

$$\xi = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad \dots\dots\dots(\text{Ec.2})$$



c) **Ley de LENZ:** la FEM y la corriente inducidas poseen una dirección y sentido tal que tienden a oponerse a la variación que las produce.

-El movimiento relativo entre un conductor y un campo magnético induce una FEM en el conductor.

-La dirección FEM inducida depende de la dirección del movimiento del conductor con respecto al campo.

-La magnitud de la FEM es directamente proporcional a la rapidez con la que el conductor corta las líneas de flujo magnético.

-La magnitud de la FEM es directamente proporcional al número de espiras del conductor que cruza las líneas de flujo

#### 2.2.2.4 FCEM (Fuerza Contra Electromotriz)

Lo primero que debemos saber es que las bobinas o inductores tienen cierta capacidad de almacenar cierta cantidad de energía en forma de magnetismo en un corto instante. Si sometemos una bobina al paso de una corriente continua, genera en su núcleo un flujo magnético y cuando la desconectamos el magnetismo acumulado en el núcleo que se va relajando velozmente provoca la aparición de una corriente en sentido opuesto a la anterior, de ahí su nombre de “**contra-electromotriz**”, aunque también es conocida con otros nombres. Los efectos más visibles de ésta corriente es que poseen un valor de tensión muy elevado en comparación con el de la corriente aplicada en cambio la intensidad tiene un valor bastante bajo en comparación con el valor de intensidad de la corriente que aplicamos a la bobina.

La expresión de la fuerza contra electromotriz viene dada por

$$\varepsilon = L \frac{di}{dt} \quad \dots\dots\dots(\text{Ec.3})$$

Donde:

**L:** Coeficiente de autoinducción de la bobina.

**I:** Intensidad de corriente que recorre la bobina.

**ε :** Fuerza Contra-electromotriz.

En el momento de la conexión de la bobina a una fuente exterior, empieza a circular una corriente eléctrica **I** que varía con el tiempo, cuya variación temporal da lugar a la aparición de la FEM. Esta FCEM tiene signo contrario al potencial de la fuente exterior. Para calcular el valor de **I**, hay que aplicar la ley de Ohm al circuito serie formado por la fuente exterior **V**, la **r** de la bobina y la FCEM.

$$I = \frac{V - \varepsilon}{r} = \frac{v - L \frac{dl}{dt}}{r} \dots\dots\dots(\text{Ec.4})$$

Realizando unos cambios matemáticos en la expresión anterior se llega a la ecuación diferencial de primer orden

$$V = L \frac{dl}{dt} + Ir \dots\dots\dots(\text{Ec.5})$$

Cuya solución es una exponencial creciente cuya asíntota es el valor de la intensidad de corriente en un tiempo infinito (un tiempo suficientemente grande).

$$I = \frac{V}{r} ( 1 - e^{-\frac{r}{L}t} ) \dots\dots\dots(\text{Ec.6})$$

**2.2.3 Generadores**

Los generadores de corriente alternan o alternadores son máquinas que transforman energía mecánica en energía eléctrica, la mayoría de alternadores son máquinas de corriente alterna síncrona que son las que gira a la velocidad del sincronismo que están relacionadas con el nombre de polos que tiene la máquina y la frecuencia de la FEM. Esta relación hace que el motor gire a la misma velocidad que le impone el estado a través del campo magnético

### 2.2.3.1 Tipos de generadores

a) **Generadores síncronos:** En generador síncrono se aplica una Corriente Directa al devanado del rotor, la cual produce un campo magnético, en seguida, el rotor del generador gira mediante un motor primario y produce un campo magnético giratorio dentro de la máquina, este campo induce un conjunto de voltajes dentro de los devanados del estator del generador, el rotor de un generador síncrono es en esencia un electroimán grande, los polos magnéticos en el rotor pueden ser saliente como no saliente, el termino polo saliente es un polo proyectado hacia afuera de la superficie del rotor.

b) **Generadores de Imanes Permanentes:** El funcionamiento es similar a los generadores síncronos, pero estas máquinas son controladas asincrónicamente es decir es un generador síncrono en el que se ha sustituido el bobinado de excitación, normalmente en el rotor, por un sistema formado por imanes permanentes que suministran un campo de excitación constante. Tenemos las siguientes clases de generadores de imanes permanentes.

a) **Flujo Axial:** El eje de giro es paralelo al campo magnético de los imanes.

Los imanes se disponen Sobre un disco de hierro que gira alrededor de un eje perpendicular que pasa por su centro, así pues, el campo magnético de los imanes es paralelo al eje de giro y de ahí la frase “flujo axial” que realmente significa campo magnético paralelo al eje de giro.

b) **Flujo Radial:** El eje de giro es perpendicular al campo magnético de los imanes.

Lo imanes se colocan sobre la superficie lateral de un cilindro que gira alrededor de su propio eje, y por tanto va en dirección radial, y de ahí la frase “flujo Radial” que realmente significa campo magnético perpendicular al eje de giro

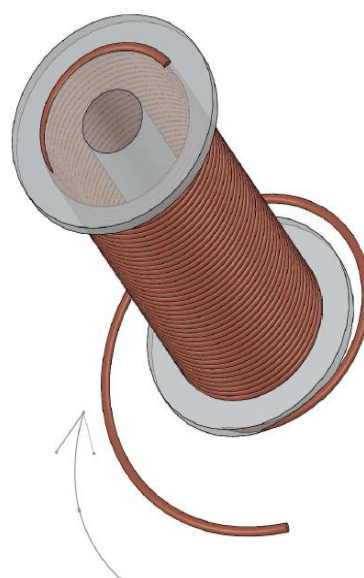
c) **Generadores asíncronos:** Un generador asíncrono esta formado por un estator y un rotor. En el estator se coloca normalmente el inductor, alimentado por una red mono o

trifásica. La corriente que circula por uno de los devanados (generalmente en el rotor) se debe a la fuerza electromotriz inducida por la acción del flujo del otro, por esta razón también suelen denominar máquina de inducción. También reciben el nombre de máquina asíncrona ya que la velocidad de giro del rotor no es la del sincronismo impuesto por la frecuencia de la red.

## 2.2.4 Electroimanes

### 2.2.4.1 Bobinas

La bobina es un conjunto de espiras aisladas entre si y arrolladas lo más paralelamente posible sobre un carrete que les servirá de soporte y de guía al núcleo que se encuentra en su interior. Las bobinas dependiendo de su construcción pueden ser unifilares o multifilares, esto quiere decir que están compuestas por un solo hilo o bien por dos o más hilos. Este es el giro en el cual se debe bobinar para obtener un polo norte en la parte superior



SENTIDO EN LAS MANECILLAS DEL RELOJ

*FIGURA 11: Sentido de Giro de Bobinado*

*Elaboración: Propia - SolidWorks*

### 2.2.4.2 Componentes de la bobina con Núcleo de Hierro

#### a) Hilo de cobre esmaltado

Es un conductor de cobre aislado ya que no es de utilidad un hilo de cobre normal, puesto que en cada vuelta harían conexión y se convertiría solo en un cable. Sin embargo al estar el hilo esmaltado no hace contacto y sí que funciona como una bobina.

#### b) Carrete

Para conseguir que nuestro hilo de cobre este lo más paralelamente posible para formar una bobina, se necesita una buena estructura la cual se le denomina carrete el cual debe ser de un material no magnético sólido y de paredes delegadas para que el alambre de cobre esté más cerca al núcleo como se muestra en la fig.

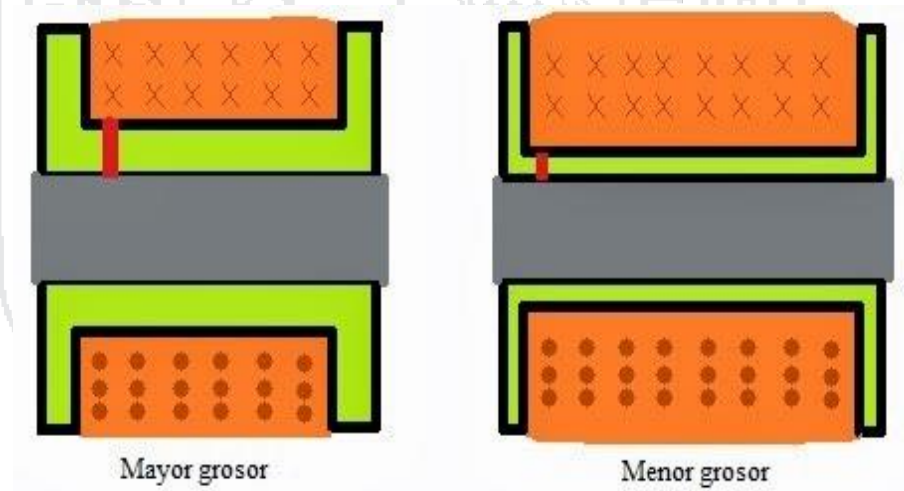


FIGURA 12: Formas de Carretes de Bobina

Fuente: <http://ingenio-triana.blogspot.pe/p/proyecto-bedini>

### c) Núcleo de Hierro

Al fluir la corriente a través de los arrollamientos el campo magnético recluta los campos magnéticos de los átomos de hierro para generar un campo magnético mucho mayor del que podría generar la bobina por sí, esto trabaja bien hasta que todo el hierro ha sido reclutado, en este punto el hierro se satura y la bobina abruptamente ya no es capaz de generar más campo magnético que sus propios arrollamientos de cobre pueden producir.

Otro problema con el hierro es la Histéresis, cuando la corriente en la bobina cesa, algo del magnetismo perdura en el hierro, entonces cuando el hierro es magnetizado en la polaridad opuesta la energía debe ser empleada primero en restaurar el magnetismo en cero antes de ser magnetizado en la nueva dirección.

Por lo tanto el núcleo de nuestra bobina tiene que tener poca histéresis y tienen que estar aislados entre sí para evitar las corrientes de FOULCAUT.

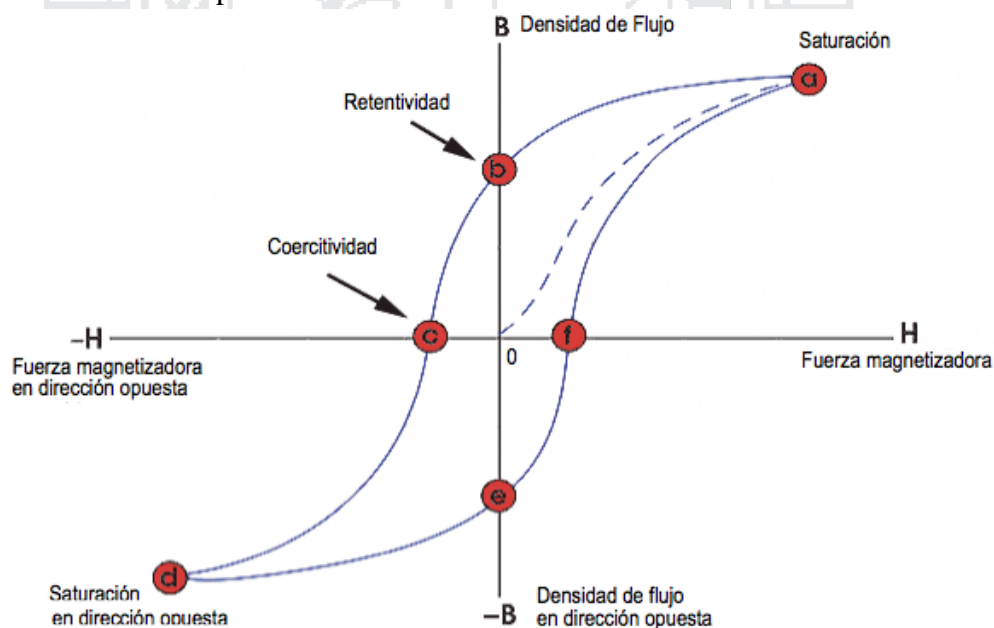


FIGURA 13: Curva de Histéresis

Fuente: <http://centrobioenergetica.squarespace.com/magnetismo>

Como demuestran los imanes permanentes, los campos magnéticos no requieren consumo de potencia para nada una vez ha sido establecido el campo. Solo se necesita una corriente para generar un campo magnético. En un imán permanente los electrones orbitando alrededor del hierro u otros átomos magnéticos proporcionan la corriente. No se necesita potencia externa para mantener esos electrones orbitando, de modo que un imán permanente puede generar el campo permanente. En teoría, un hilo superconductor puede arrollarse en un lazo cerrado para producir un imán permanente teniendo una corriente circulante a través del lazo infinitamente sin pérdida para formar un imán permanente. En la práctica, la inviabilidad de hilo superconductor a alta temperatura, alta corriente, hace este sueño impráctico. En lugar de ello, el hierro ordinario puede ser “renovado” para formar un imán incluso cuando no está cristalizado con todos los átomos magnéticos alineados en la misma dirección. Los electroimanes son construidos arrollando una bobina alrededor de una pieza de hierro.

La corriente a través de un inductor no puede cambiar instantáneamente. En electrónica, la propiedad simple más importante de los inductores es que la corriente a través de un inductor no puede cambiar instantáneamente. El voltaje que cruza un inductor puede cambiar inmediatamente, pero la corriente no puede cambiar hasta que el campo magnético que rodea el inductor ha sido aumentado o disminuido. Es decir, el voltaje debe cambiar a través del inductor para forzar un cambio en la corriente y su correspondiente campo magnético. En resumen, los inductores son lo opuesto a los condensadores. Como con los condensadores, la ley de Ohm trabaja con los inductores solo cuando el voltaje excitador es una onda senoidal continua operando a una frecuencia constante. Los inductores se usan comúnmente en circuitos electrónicos de cuatro formas:

- 1.- los inductores son usados para prolongar el flujo de corriente en una resistencia y mantener la corriente constante. Esto previene oleadas de corrientes que puedan de otro



modo dañar otros componentes. Son usados en filtros de varias clases para regular voltajes y corrientes.

2.- los inductores generan campos magnéticos que atraen hierro y producen movimiento.

Consecuentemente, los inductores son un componente para relés, solenoides y altavoces.

3.- los inductores, como parte de transformadores o actuando solos, son usados para cambiar niveles de voltaje

4.- los inductores son usados con condensadores para formar circuitos resonantes.

Los circuitos resonantes condensador/inductor son el corazón de la radio tecnología y serán discutidos posteriormente en detalle.

#### 2.2.5 Baterías

Una batería es un dispositivo electroquímico que convierte energía química en eléctrica por una celda galvánica. Una celda galvánica es un dispositivo bastante simple que consiste de dos electrodos de metales diferentes (un ánodo y un cátodo) y una solución electrolítica (usualmente ácida, pero algunos alcalinas). Una “Batería” es dos o más de esas celdas en serie.

En las baterías recargables este proceso puede repetirse muchas veces. Las Baterías no son 100% eficientes -Parte de la energía se pierde como disipación de calor y reacciones químicas mientras se cargan y se descargan.



### 2.2.5.1 Características De La Batería

#### 1. Capacidad

Es la cantidad de energía que es capaz de acumular y por consiguiente, de restituir. Se expresa en Amperios-horas y su símbolo es Ah.

Ejemplo: Teóricamente, por ejemplo, una batería de 200 Ah puede suministrar 200 A durante una hora, ó 50 A durante 4 horas, ó 4 A durante 50 horas, o 1 A durante 200 horas. Un submúltiplo que se utiliza es el miliamperio-hora, símbolo mAh. Suele confundirse con la autonomía.

La capacidad varía en función de la tecnología con que se fabrique el acumulador, desde algunas decenas de mAh para los acumuladores de botón de Ni-Cd a más de 4000 Ah para los de plomo.

Es preciso saber que la capacidad restituida por un acumulador no es constante, para una misma carga, pues depende de las condiciones de la descarga, es decir, si la temperatura es baja la capacidad disminuye. Lo mismo si la demanda de corriente es elevada.

Hablaremos en el texto de *capacidad nominal* de un elemento y la denominamos C que es la marcada en la envoltura por el fabricante, basándose en la norma correspondiente.

#### 2. La tensión

Varía en función de la tecnología, y se conoce como *tensión nominal* y es la tensión media del acumulador en fase de descarga y en funcionamiento

Éste valor varía, disminuyendo a lo largo del tiempo de utilización, dependiendo de cada tecnología.

<b>Plomo</b>	<b>2V</b>
<b>Níquel cadmio</b>	<b>1,2V</b>
<b>Litio</b>	<b>3V</b>
<b>Alcalinas</b>	<b>1,5V</b>

*Tabla 1: Tensiones nominales*

*Elaboración: Propia - Excel*

### 3. La resistencia interna

Es una característica que penaliza al acumulador. Por ella se provoca la caída de tensión en el acumulador cuando aumenta la corriente consumida.

Es debida, en parte, a las conexiones internas, a la inercia de la reacción química y a los elementos de protección que se sitúan en el interior del acumulador.

Su valor puede variar de algunas decenas a varias centenas de  $m\Omega$ , en función de las tecnologías de fabricación.

### 4. Temperatura

Otro factor que influye en la capacidad es la temperatura de la batería y la de su ambiente. El comportamiento de una batería se cataloga a una temperatura de 27 grados. Temperaturas más bajas reducen su capacidad significativamente. Temperaturas más altas producen un ligero aumento de su capacidad, pero esto puede incrementar la pérdida de agua y disminuir el número de ciclos de vida de la batería.

## 5. Profundidad de descarga

La profundidad de descarga es el porcentaje de la capacidad total de la batería que es utilizada durante un ciclo de carga/descarga.

Las baterías de "ciclo poco profundo" se diseñan para descargas del 10 al 25% de su capacidad total en cada ciclo. La mayoría de las baterías de "ciclo profundo" fabricadas para aplicaciones fotovoltaicas se diseñan para descargas de hasta un 80% de su capacidad, sin dañarse. Los fabricantes de baterías de Níquel-Cadmio aseguran que pueden ser totalmente descargadas sin daño alguno.

La profundidad de la descarga, no obstante, afecta incluso a las baterías de ciclo profundo. Cuanto mayor es la descarga, menor es el número de ciclos de carga que la batería puede tener

### 2.2.5.2 Recarga De Una Batería

Para recargar una batería, es necesario hacer pasar una cantidad de energía a través de ella (Flujo de corriente). Esta cantidad de flujo de energía es lo que llamamos intensidad de carga, que se mide en miliamperios (mA) y de la que depende el tiempo necesario para lograr la carga completa de la batería.

La intensidad de carga es de vital importancia durante la carga de la batería

Pues un exceso de ella pueda dañar, deteriorar o disminuir la vida útil de la batería.

Básicamente existen cuatro métodos de carga para acumuladores de Ni-Cd.

#### a) Carga larga o normal

En inglés conocida como (Overnight) con este método una batería recargada alcanza su 100% de carga entre 14 a 16 horas. El valor de la carga está determinado por la fórmula  $C/10$ , donde C corresponde a la capacidad de la batería en miliamperios hora.

Ejemplo: Para cargar una batería de 600 mAh, el valor de carga para carga normal será de 60 mA, Para una batería de 700 mAh, será de 70 etc.

Este método de carga es el más usado y además el más seguro, pues los acumuladores de Ni-Cd pueden permanecer bajo esta carga durante largos periodos, días e incluso semanas, sin sufrir daños.

#### b) **Carga rápida**

En inglés "QUICK". Una batería de Ni-Cd descargada, puede alcanzar su carga máxima en 4 o 6 horas, el valor de carga está determinada por  $C/3$ , es decir, la capacidad especificada de la batería dividida por 3.

Muchos acumuladores de Ni-Cd pueden aceptar este tipo de carga, pero este no es muy recomendable, porque disminuye el tiempo de vida útil de la batería.

#### c) **Carga Acelerada**

En inglés "FAST". Con una carga acelerada se logra el 100 % de la carga de la batería en 15 minutos o menos. El valor de carga lo determina la fórmula  $3C$  o tres veces la capacidad especificada de la batería. Muchos acumuladores de Ni-Cd hoy en día aceptan este tipo de carga, sin embargo, esta sólo debe realizarse utilizando cargadores especializados porque el tiempo de carga es muy crítico para prevenir la sobrecarga y deterioro de la batería.

#### d) **Carga de goteo**

En inglés "TRICKE" o "FLOAT" Este tipo de carga proporciona a la batería la energía perdida durante el tiempo en que este sin uso. El valor de la carga se define como  $C/50$  (capacidad especificada dividida por 50). Los acumuladores de Ni-Cd pueden permanecer bajo esta carga durante un tiempo indefinido, sin que sufran daños y manteniendo siempre el 100% de la carga. El uso de este valor de carga es sólo para mantenerla en esta situación, pero no para cargarla.

Antes de usar este método, se debe cargar por completo la batería, preferiblemente con carga normal (16 horas).

### 2.2.5.3 Clasificación y tipos de baterías

Las baterías se clasifican según su aplicación o según su uso. Según su uso, las baterías de plomo ácido se clasifican en:

- a) **Baterías de arranque o SLI:** diseñadas especialmente para arrancar los motores de combustión, son utilizadas en automóviles, camiones, motos, tractores, embarcaciones y aeronaves, entre otros. Las baterías de arranque están diseñadas para suministrar gran intensidad de corriente en pocos segundos y resistir profundidades de descarga<sup>6</sup> no mayores del 10-20%.
- b) **Baterías de tracción:** especialmente construidas para suministrar energía a vehículos eléctricos tales como grúas y apiladores eléctricos, carros de golf y sillas de rueda. Las baterías de tracción están diseñadas para suministrar cantidades relativamente bajas de corriente por largos períodos de tiempo, soportando un elevado número de ciclos profundos de carga y descarga
- c) **Baterías estacionarias o de reserva:** diseñadas para aplicaciones en sistemas de alarma de incendios, alumbrado de emergencia, sistemas de alimentación ininterrumpida (o UPS) y telecomunicaciones, entre otros. Las baterías estacionarias están constantemente siendo cargadas (carga de flotación) para compensar la pérdida de capacidad debido a la auto descarga, y están construidas para resistir descargas profundas esporádicas.

Alternativamente, se pueden clasificar en baterías de arranque y baterías de ciclo (o ciclado) profundo, siendo estas últimas aquellas que están especialmente diseñadas para soportar un alto número de descargas de hasta un 80%. Las baterías “marinas” son un híbrido entre ambos tipos de batería.

Según la tecnología de fabricación empleada, se distinguen:

1. **Batería abierta o ventilada:** Las baterías abiertas son las más convencionales y se caracterizan por tener orificios de acceso a su interior con tapones removibles, los cuales permiten la verificación del nivel y gravedad específica del electrolito, la eventual reposición del agua perdida, y que los gases producidos en su interior pueden escapar a la atmósfera. Invariablemente, el electrolito en estas baterías se encuentra en estado líquido. Las baterías abiertas, dependiendo del fabricante, pueden suministrarse en las siguientes condiciones: cargadas y llenas con electrolito o cargadas y secas (sin electrolito).

2. **Batería sellada o regulada por válvula (VRLA):** Batería en la que el escape de los gases producidos por la electrólisis del electrolito es controlado automáticamente por una válvula sensitiva a la presión. Las baterías selladas emplean placas de plomo calcio y son de “libre mantenimiento” (SMF) o “sin mantenimiento”. Según el estado en que se encuentre el electrolito, las baterías selladas se clasifican en:

a) **Batería VRLA-GEL (Electrolito gelificado)**

Las baterías de gel, o celdas de gel, contienen ácido que ha sido “gelificado” mediante la adición de gel de sílice, lo cual lo convierte en una masa sólida con una apariencia similar a la de una gelatina espesa. La ventaja que ofrecen estas baterías es que es imposible derramar el ácido incluso si la batería se rompe.

Una de las desventajas de las celdas de gel es que deben cargarse a una tensión inferior en comparación con las baterías de inmersión o AGM. Si se sobrecargan, se pueden formar vacíos en el gel, los cuales nunca desaparecen y provocan pérdidas en la capacidad de la batería.

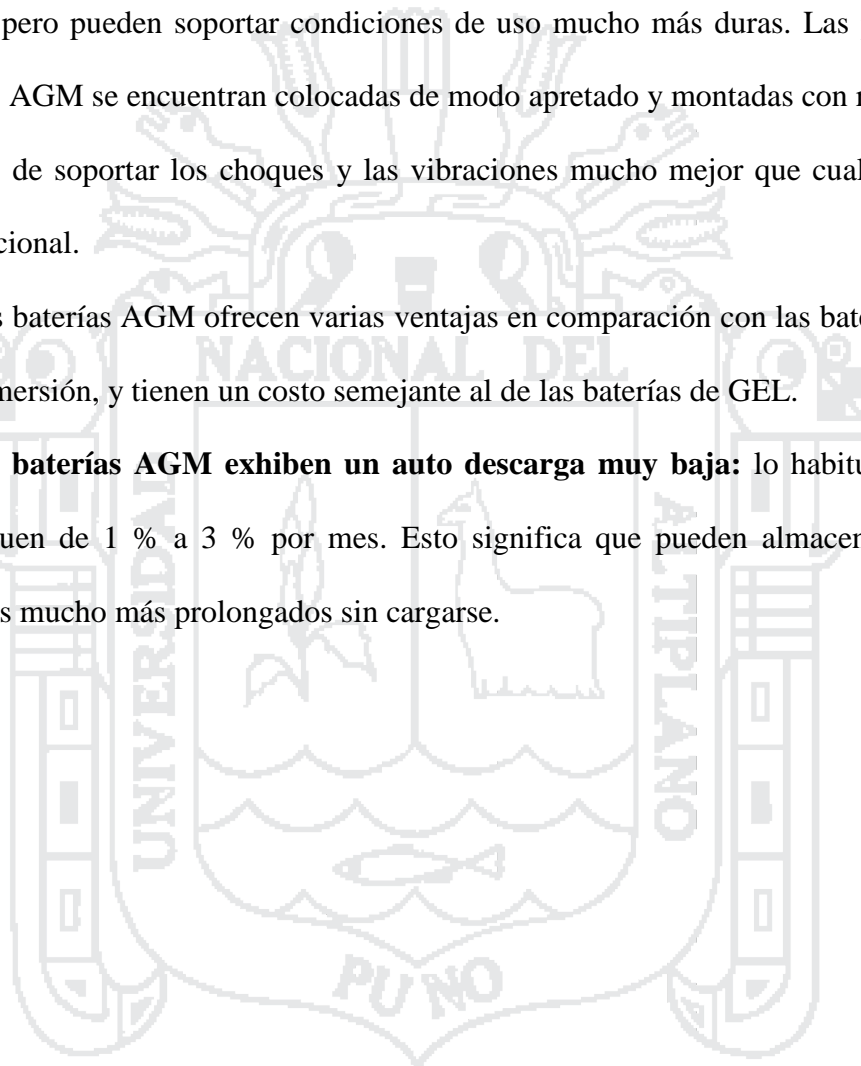
En los climas cálidos, la pérdida de agua que se produce en un período de 2 a 4 años puede ser suficiente para provocar la muerte prematura de la batería.

**b) Batería VRLA - AGM**

Existe un tipo de batería sellada más moderna que utiliza separadores de vidrio absorbente, denominados AGM, entre las placas. Éstos son separadores muy delgados de fibra de vidrio de boro silicato. Estas baterías ofrecen todas las ventajas de las baterías de gel, pero pueden soportar condiciones de uso mucho más duras. Las placas de las baterías AGM se encuentran colocadas de modo apretado y montadas con rigidez, y son capaces de soportar los choques y las vibraciones mucho mejor que cualquier batería convencional.

Las baterías AGM ofrecen varias ventajas en comparación con las baterías de GEL y de inmersión, y tienen un costo semejante al de las baterías de GEL.

**Las baterías AGM exhiben un auto descarga muy baja:** lo habitual es que se descarguen de 1 % a 3 % por mes. Esto significa que pueden almacenarse durante períodos mucho más prolongados sin cargarse.



## **2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.**

### **2.3.1 Histéresis**

En circuitos magnéticos que cambian de dirección o polaridad, se produce un efecto de memoria en el material magnético que lo compone. A este efecto se le denomina Histéresis, es recomendable tener controlado y al mínimo posible para tener un buen rendimiento de la bobina

### **2.3.2 Corrientes de FOUCAULT**

Las corrientes de Foucault o denominadas corrientes parasitas aparecen en el hierro del núcleo de la bobina al someterle una corriente pulsante, en forma de círculos concéntricos en planos perpendicular al flujo inductor y cuyo sentido de circulación es tal, que el flujo producido por estas corrientes se opone (Ley de Lenz) al flujo inductor de la Bobina. Estas corrientes pueden originar grandes pérdidas de potencia con el consiguiente calentamiento de los núcleos. Para prevenir estas pérdidas, el hierro empleado en los circuitos magnéticos suele estar laminado en forma de chapas magnéticas de pequeño espesor, el plano de las chapas es paralelo al flujo por lo que las corrientes parasitas quedan confinadas a trayectorias de sección transversal pequeñas

### **2.3.3 Potencia**

La potencia es el resultado del producto de multiplicar el voltaje de la carga y la corriente que circula en dicha carga, tal medida es una de las más importantes a la hora de consumo de energía eléctrica de diferentes instrumentos.



### 2.3.4 Eficiencia

En términos generales eficiencia es la cantidad de trabajo que realmente genera la máquina en relación a la energía con que se alimenta. Cuando se calcula la eficiencia de una máquina eléctrica, en nuestro caso en baterías, se compara la salida de energía de la batería con respecto a la entrada de energía de la batería.

$$\eta_{\%} = \frac{E_f}{E_i} \times 100 \quad \dots\dots\dots(\text{Ec.7})$$

Donde

$\eta_{\%}$ : Eficiencia

$E_f$ : Energía de salida, Joules

$E_i$  : Energía de entrada, Joule

## 2.4 HIPÓTESIS

### 2.4.1 Hipótesis General

El prototipo de Generador magnético de FCEM cumplirá con el requisito de generar energía aprovechable.

### 2.4.2 Hipótesis Específicas

- a) Los imanes permanentes y electroimanes funcionaran de acuerdo al diseño.
- b) La energía generada por la FCEM cumplirá con los requisitos de baja y media potencia.

**2.5 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

<b>VARIABLE DE ESTUDIO</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>MEDIDA</b>
Independiente	Campo magnético del imán	Teslas
Dependiente	FEM	Voltios
	FCEM	Voltios
	Campo magnético de la bobina	Teslas
	Frecuencia	Hertz
	Amplitud de voltaje	Voltios
	Corriente	Amperios

*Tabla 2: Tensiones nominales*

*Elaboración: Propia - Excel*



## DISEÑO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACION

### 3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION

El tipo investigación es experimental puesto que se aplicará conocimientos con la finalidad de un buen diseño para seguir con la implementación del dispositivo en cuestión para la obtención de energía alternativa.

Dadas las premisas observadas en los diferentes documentos encontrados en Internet, consideramos los siguientes aspectos fundamentales a la hora de la fabricación del motor:

- a) Tipo de imán: Es claro que a mayor fuerza magnética del imán a usar, mayor será el desempeño del motor; lo importante aquí es determinar la relación costo-beneficio de la clase de imán a la hora del montaje, así como de los que sean de fácil acceso en el mercado nacional.
- b) Geometría del dispositivo: gracias a los desarrollos hechos por otras personas, realizaremos diferentes distribuciones de los imanes en el rotor y el estator, así como del tamaño para determinar las relaciones de velocidad, torque, etc.
- c) Materiales y componentes: se deberá hacer un estudio de los diferentes materiales y componentes que se requieran en la fabricación del prototipo, tales como clase de cojinetes, teflón, empaque, aluminio, acero, etc.
- d) Fuente de energía: según los resultados en la fabricación del generador, se determinará si es posible acoplar unas bobinas colectoras de energía

### **3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL**

- a) Electroimanes.
- a) Batería.

### **3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN.**

#### **3.3.1 Técnicas**

- a) Análisis Documental.
- b) Observación Experimental.

#### **3.3.2 Instrumentos.**

1. Ficha de registro de datos.
2. Materia y equipos de laboratorio de electrónica básica de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional del Altiplano.
3. Uso de software AUTOCAD 2014
4. Uso de software SOLID WORKS 2014

#### **3.3.3 Recursos**

##### **3.3.3.1 Recursos Humanos**

- a) Investigador
- b) Asesores
- c) Ingenieros de planta
- d) Servicio de internet
- e) Movilidad

##### **3.3.3.2 Recursos Materiales**

- a) Imanes de neodimio N38
- b) Pinza amperimetrica

- c) Tacómetro
- d) Computadora Portátil
- e) Software de programación (SolidWorks y Autocad)
- f) Cámara fotográfica
- g) Cuaderno de apuntes
- h) Herramientas (desarmadores, alicates, llaves)

**3.3.4 Presupuesto**

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO PU en S/.</b>	<b>TOTAL en S/.</b>
Imanes de Neodimio	50	20.00	1000.00
Micas	01	100.00	100.00
Cojinetes	02	50.00	100.00
Sensores de velocidad	01	400.00	400.00
Plancha de aluminio	01	200.00	200.00
Materiales electrónicos y eléctricos	50	-	400.00
Impresión	2000.00	0.10	200.00
Internet modem			150.00
<b>TOTAL</b>			2550.00

*Tabla 3: Presupuesto*

*Elaboración: Propia - Excel*

<b>Servicios</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>	<b>Total</b>
Personal y viáticos		300.00	300.00
Equipos de computo		4000.00	2000.00
Servicios Técnicos		1000.00	1000.00
Total			3300.00

*Tabla 4: Presupuesto de servicios*

*Elaboración: Propia - Excel*

### 3.3.5 Financiamiento

El financiamiento de la investigación fue cubierto por los investigadores.

## 3.4 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Las técnicas para el análisis de datos son

- a) Calibrado
- b) Monitorización
- c) Recolección de procesamiento de datos (Planilla de Eficiencia).

### 3.4 PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO

El procedimiento que se siguió fue; Análisis documental, implementación del prototipo, monitorización de variables y procesamiento de datos finales.

#### 3.4.1 Características y ecuaciones del imán

Los imanes utilizados en este prototipo son los de neodimio N38 ya que poseen mayor fuerza magnética que los de ferrita, para este prototipo cuyas especificaciones técnicas son:

GRADO DEL IMAN	REMANENCIA Br		COERCITIVIDAD				PRODUCTO MAXIMO ENERGETICO		TEMPERATURA
	GAUSS	TESLA	BHc		lhc		(B*H) max.		
N38	12200-12600	1.22-1.26	Koe	K A/m	Koe	K A/m	MGOe	KJ/m3	max °c
			10.8-11.5	860-915	≥ 12	≥ 955	36-38	287-303	

Tabla 5: Características del imán N38.

Fuente: Supermagnete.es

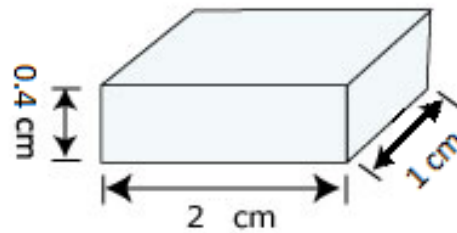


FIGURA 14: Dimensiones del Imán

Elaboración.: Propia – SolidWorks

Con las características mostradas en la tabla anterior se pasa a hallar las siguientes ecuaciones.

Flujo Magnético del Imán: Según la tabla Nro. 3 se obtuvo los siguientes datos:

$$B=1.22 \text{ T};$$

$$(B \cdot H)=287 \text{ K [J/m}^3 \text{ ]}$$

Según los valores de la tabla Nro. 3 se reemplazó los valores en la Ec.1

$$\phi = 1.22 \cdot (0.02 \cdot 0.01) = 0.000244 \text{ Wb.}$$

a) Energía Almacenada en el imán.

$$W_m = \mathcal{W}_m \cdot V \dots\dots\dots(\text{Ec.8})$$

$$\mathcal{W}_m = (B \cdot H)/2 \text{ entonces}$$

$$\mathcal{W}_m = 287/2 = 143.5 \text{ K [J/m}^3 \text{ ]}$$

$$W_m = 143.5 \cdot 1000 \cdot (0.02 \cdot 0.01 \cdot 0.004) = \mathbf{0.1148 \text{ [J/m}^3 \text{ ]}}$$

Donde:

$W_m$  : Energía magnética.

$\mathcal{W}_m$  : Intensidad de la Energía.

$V$  : Volumen del Imán.

$W_{m t}$  : Energía magnética Total



Teniendo en cuenta que el sistema cuenta con 8 imanes, la energía magnética total entregada será:

De la Ec.8

$$t = W_m * 8 \text{ entonces}$$

$$W_m t = (0.1148) * 8 = 0.9184 \text{ [J/m}^3 \text{]}$$

b) Potencia eléctrica que pueden producir los imanes que se mueven a una velocidad angular es:  $P_e = W_m t * \omega$  entonces

$$P_e = 0.9184 * 31.3157 = 28.77 \text{ Watts}$$

Donde:

$P_e$  : Potencia eléctrica en Watts

$\omega$  : Velocidad Angular en radianes por segundo

### 3.4.2 Características y ecuaciones de la bobina

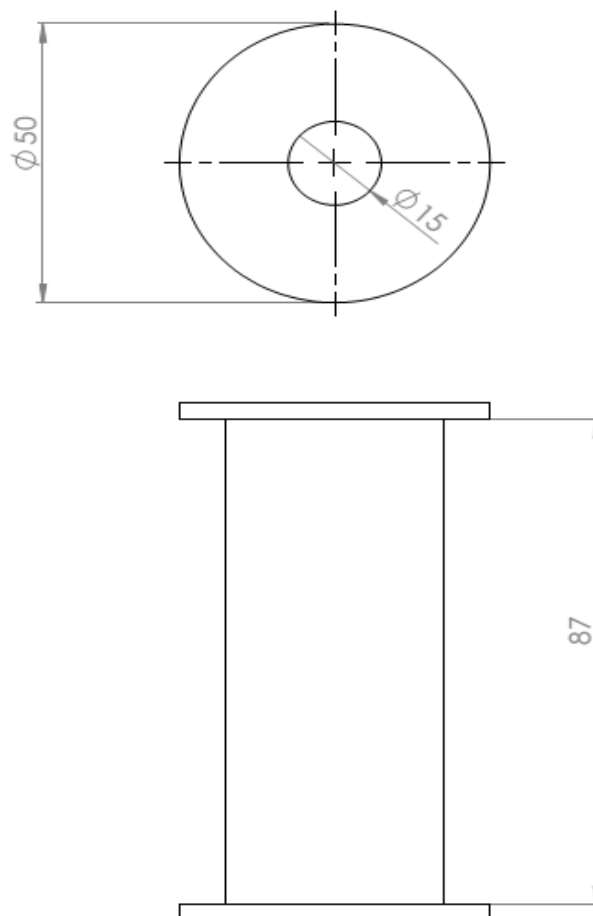
Se empezó la construcción de la bobina determinado los parámetros y dimensiones. El calibre del alambre de cobre esmaltado utilizado para realizar el bobinado bifilar es; b1 24 AWG, b2 26 AWG.



FIGURA 15: Alambres de cobre utilizados AWG 24, AWG 26

Fuente: Elaboración propia

El carrete fue fabricado con un núcleo de tubo PVC, tope del carrete es de mica, con los cuales se fabricó el carrete que alojara el bobinado, cuyas dimensiones son:



*FIGURA 16: Dimensiones del carrete  
Elaboración: Propia - SolidWorks*

#### **Especificaciones técnicas de la bobina.**

$$N = 1100$$

$$L = 0.09 \text{ m}$$

$$r = 0.01 \text{ m}$$

$$A = 0.000314 \text{ m}^2$$

$$I = 0.2 \text{ A}$$

$$\mu_r = 6000$$

$$\mu_o = 4\pi * 10^{-7}$$

Donde

N: Numero de vueltas

L: Longitud de la bobina

r: radio de núcleo de bobina

A: Área transversal de la bobina

I: Amperaje por bobina

$\mu_r$ : Permeabilidad del material ferromagnético usado

$\mu_o$ : Permeabilidad del vacío

H: Intensidad de campo magnético

$$H = (NI)/L \dots\dots\dots(Ec.9)$$

$$H = (1000 \cdot 0.2) / 0.09$$

$$H = 2222.22 \text{ Av/m}$$

Teniendo que

$$B = \mu (NI)/L \dots\dots\dots(Ec.10)$$

$$B = \mu_r \cdot \mu_o \cdot H \dots\dots\dots(Ec.11)$$

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6000 \cdot 2222.22$$

$$B = 16.75 \text{ Wb}$$

Se reemplazó valores en la Ec.1

$$\Phi = 16.75 \cdot (0.000314)$$

$$\Phi = 0.0052595$$

$$\Phi = 0.52 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$$

### 3.4.2.1 Ecuaciones

### 3.4.2.2 Ecuaciones de la FEM

En los generadores actuales el rotor está formado por las bobinas que giran dentro de un campo magnético, en nuestro generador hemos hecho rotar el campo magnético y mantener las bobinas en el estator.

La velocidad viene determinada por la siguiente formula.

$$f = \frac{n * p}{120} \dots\dots\dots(Ec.12)$$

Donde:

n : número de r.p.m.

f :frecuencia en Hz

p: número de polos

$$f = \frac{n * p}{60} = \frac{400 * 8}{60} = 53.3 \text{ Hz}$$

La tensión generada por el alternador se obtiene del principio de funcionamiento de los alternadores, la f.e.m. generada en la bobina inducida es:

$$E = \frac{4.44 * N_s * f * \Phi * K_a * K_d}{10^8} \dots\dots\dots(Ec.13)$$

Donde:

E: es la FEM en voltios

4.44: es la constante para dar el resultado eficaz

Ns : es el número de espiras en serie.

f : es la frecuencia.

Φ : flujo magnético por polo en maxwells

Ka y Kd : son constantes cuyo producto se toman como 1

$$\Phi = B * S$$

Donde

B es la remanencia en Gauss

S es la sección magnética

$$\Phi = 2000 * 0.4 * 0.8 = \frac{640G}{cm^2} = 640Mw$$

Reemplazando obtenemos

$$E = \frac{4.44 * 1000 * 53.3 * 640 * 1}{10^8} = 4.51 v$$

### Diseño Estructural

La estructura se realizó a base de aluminio ya que es aluminio es un material paramagnético al igual que el disco de rotación que contienen los imanes, con las siguientes dimensiones.

H: 52cm

L: 52cm

A: 10cm

Dimensiones del disco

D: 27cm

Grosor: 2.5cm

Las bobinas se pusieron estratégicamente en ángulos diferentes para que cada uno entrega energía en diferentes momentos

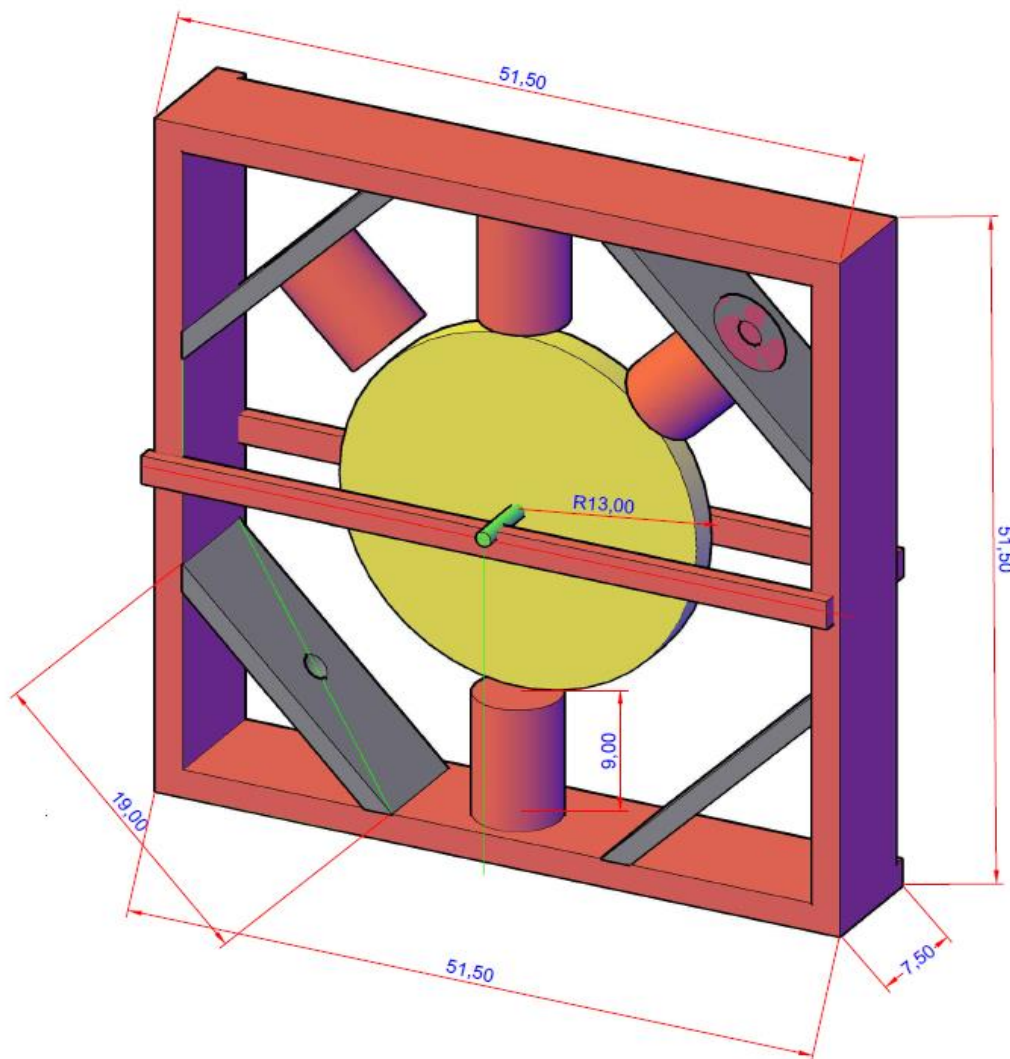


FIGURA 17: Medidas de la estructura física del Moto generador

Elaboración: Propia - Autocad

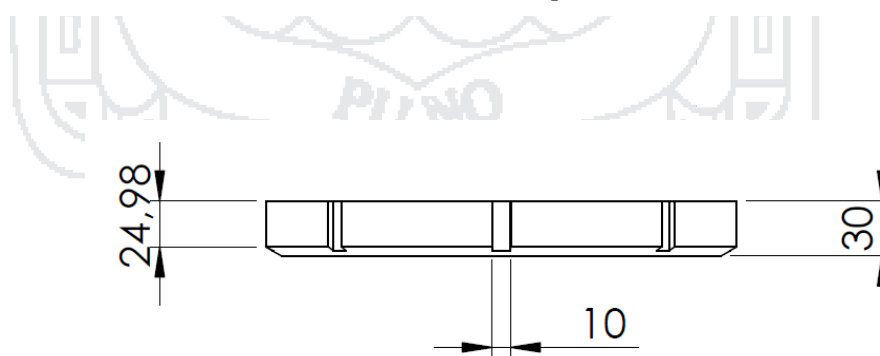
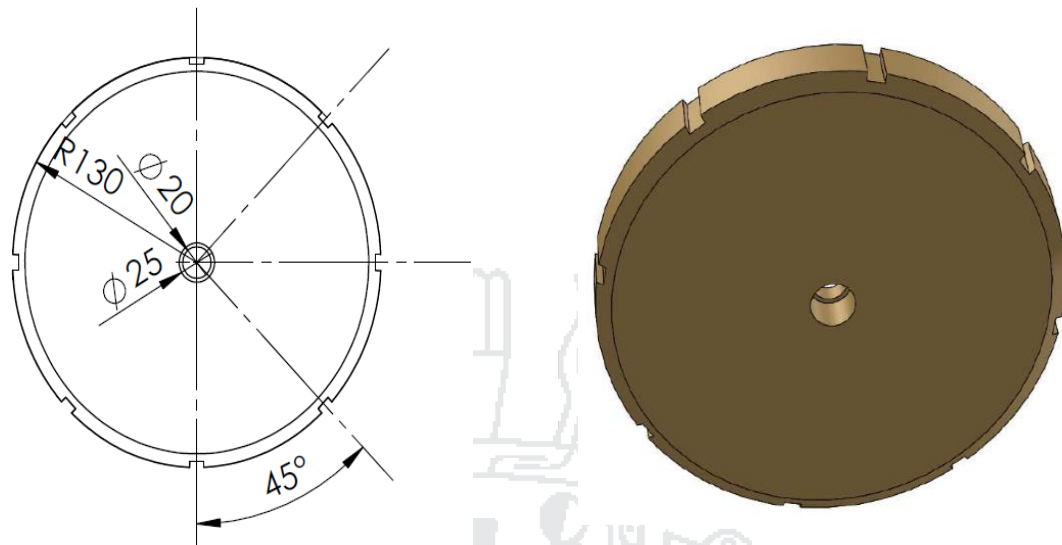


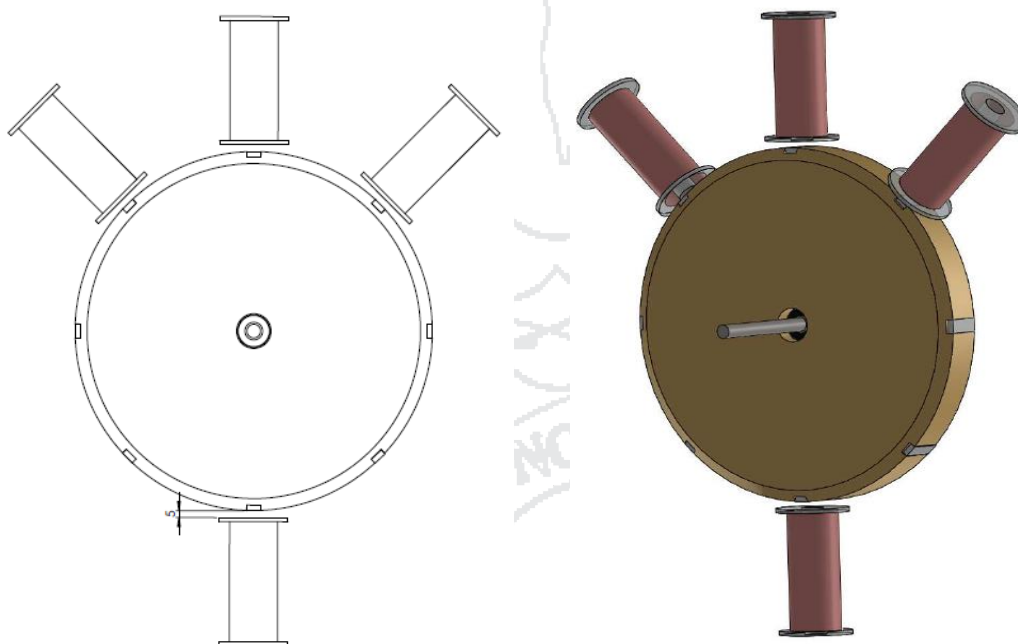
FIGURA 18: Vista de perfil del rotor con medidas

Elaboración: Propia - SolidWorks



*FIGURA 19: Vista frontal del rotor con medidas*

*Elaboración: Propia - SolidWorks*



*FIGURA 20: Vista frontal con espaciamiento de las bobinas con respecto al rotor*

*Elaboración: Propia - SolidWorks*

### 3.4.3 Baterías para almacenar energía

Las baterías utilizadas para este prototipo son las baterías VRLA (Valve Regulate Lead Acid Battery), puesto que estas baterías se usan en descargas del 10 al 25% de su capacidad total en cada ciclo, tales baterías tienen las siguientes características:

V: 12V

A: 7AH

Estas baterías están disponibles ampliamente en el mercado y de buen rendimiento.

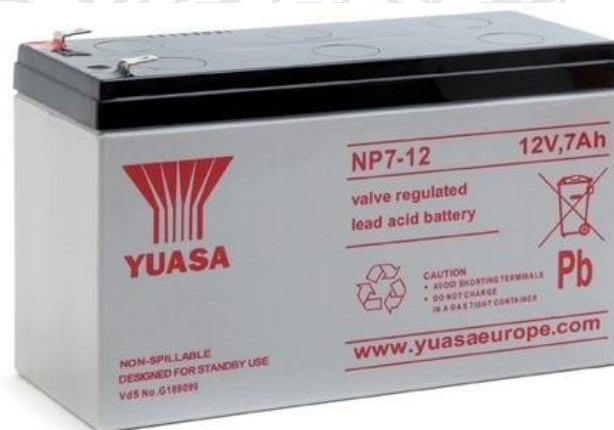


FIGURA 21: Baterías VRLA Yuasa 12V 7Ah

Fuente: <http://www.yuasa.com>

### 3.4.4 Esquema electrónico del prototipo

El esquema utilizado se realizó en el software AGUILA, en el diagrama se utilizaron los transistores MJA 10, ya que estos transistores pueden soportar altos voltajes



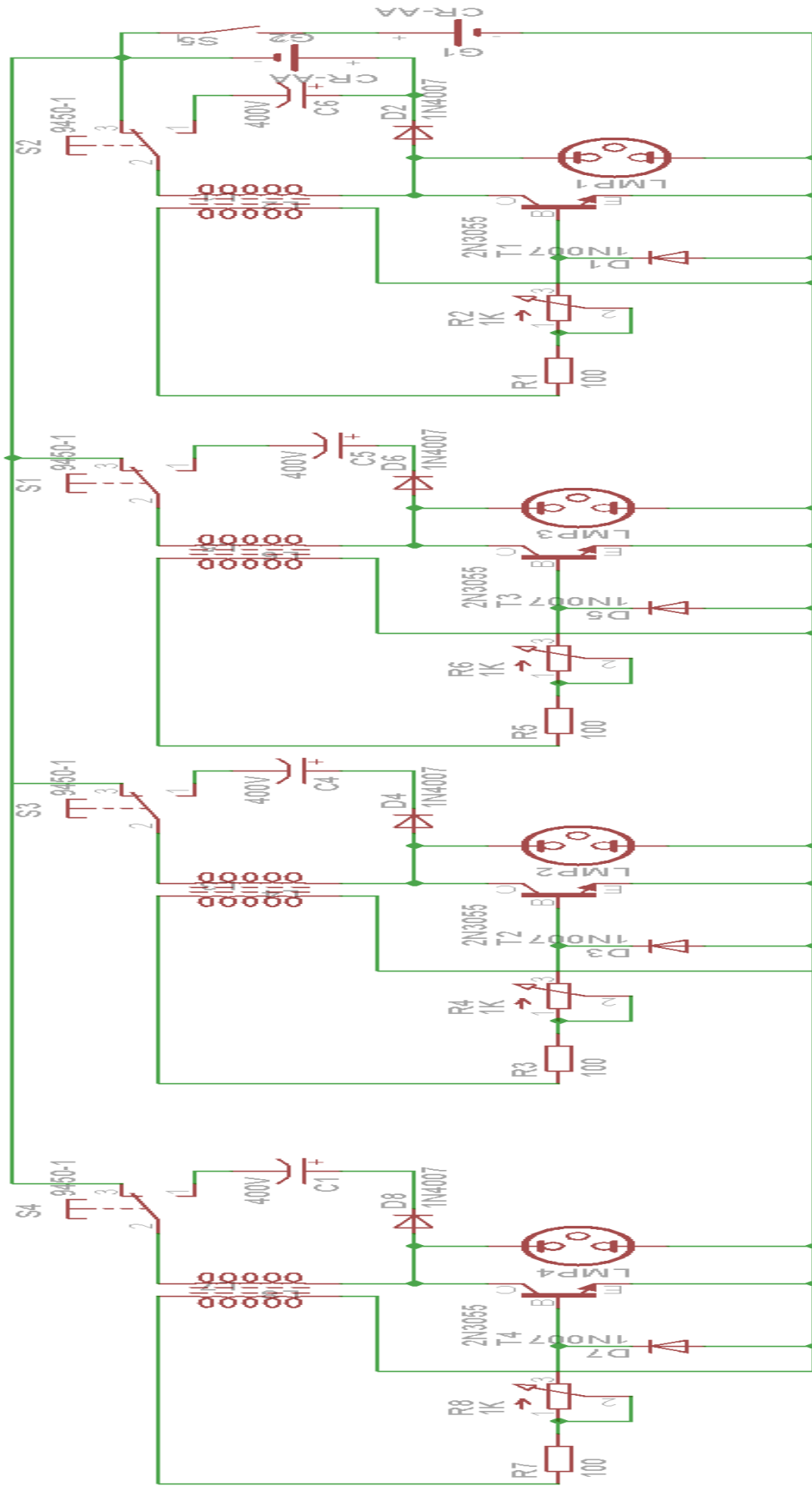


FIGURA 22: Esquema electrónico del prototipo

Elaboración: Propia – Eagle Cadsoft

## Funcionamiento del prototipo

### PASO 1

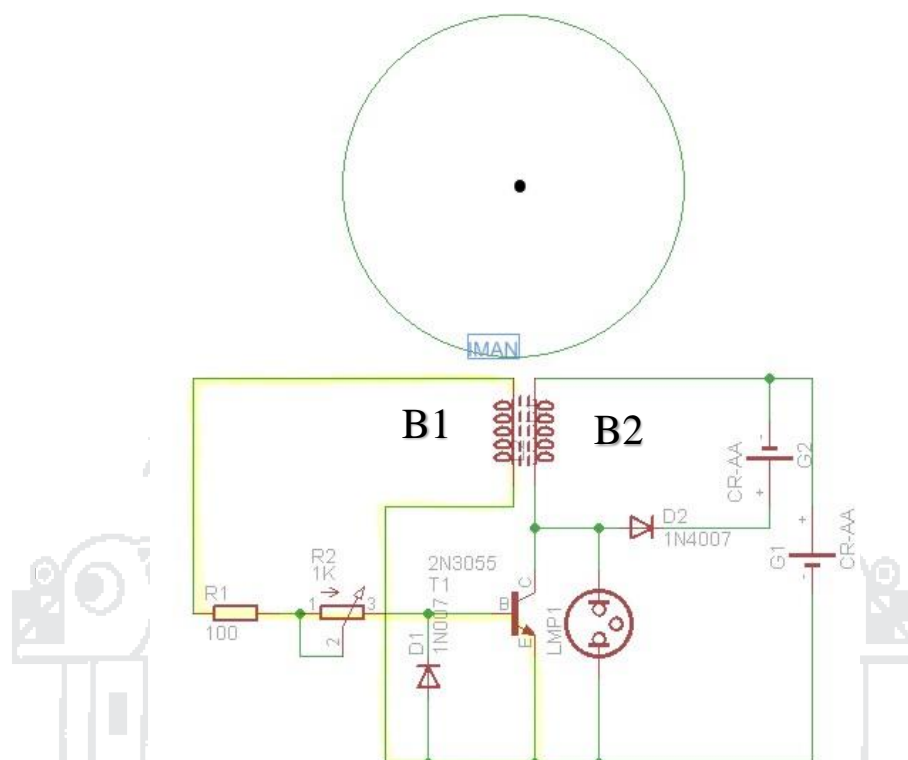


FIGURA 23: Paso 1 del funcionamiento del prototipo

Elaboración: Propia - Cadsoft Eagle

Cuando el imán se aproxima con su campo magnético variable con el tiempo a la bobina este induce una corriente alterna en la bobina de disparo b1 (bobina izquierda) que pasa a través del potenciómetro (el cual regula la cantidad de corriente que ingresa a la base del transistor) la señal se divide la onda negativa pasa por el diodo d1 y regresa a b1 mientras que la onda positiva llega a la base del transistor Esta corriente hace que el transistor se sature. Al mismo tiempo también se induce una corriente en la bobina b2 (bobina de la derecha) Esta corriente es rectificadada por D2 para carga a la batería de carga (G.2)

PASO 2

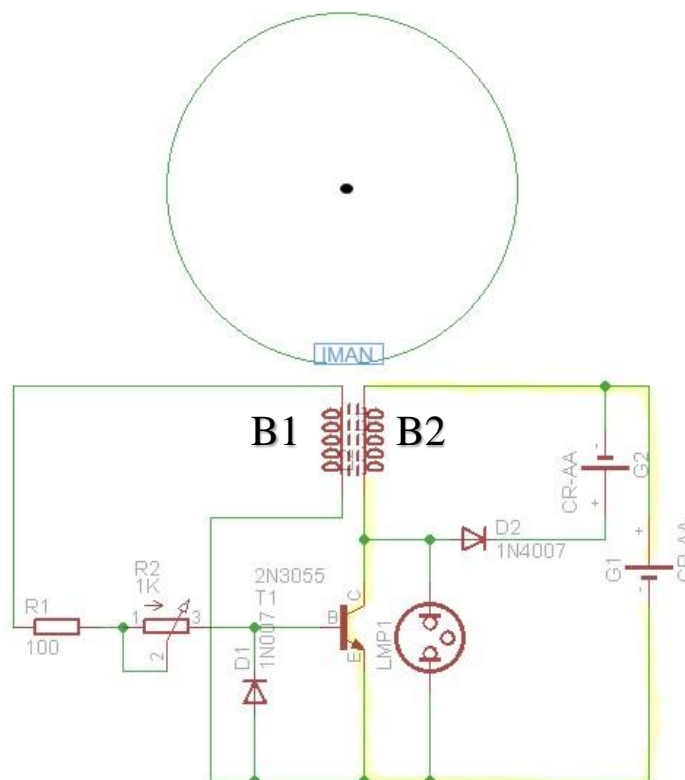


FIGURA 24: Paso 2 del funcionamiento del equipo

Elaboración: Propia - Cadsoft Eagle

Al ser excitado el transistor se satura cerrando así el circuito en amarillo entonces al circular corriente por b2 se crea un campo magnético con polo magnético norte orientado hacia la parte superior de la hoja, este campo es determinado por la cantidad de corriente y voltaje suministrado por la batería de arranque G1 este control está dado por el potenciómetro R2 que regula la cantidad de corriente que ingresa por la base del transistor

Al encontrarse frente a frente la cara del imán y la cara del electroimán con sus polos norte este hace que se repelen ocasionando que el rotor gire con respecto a su eje.

PASO 3

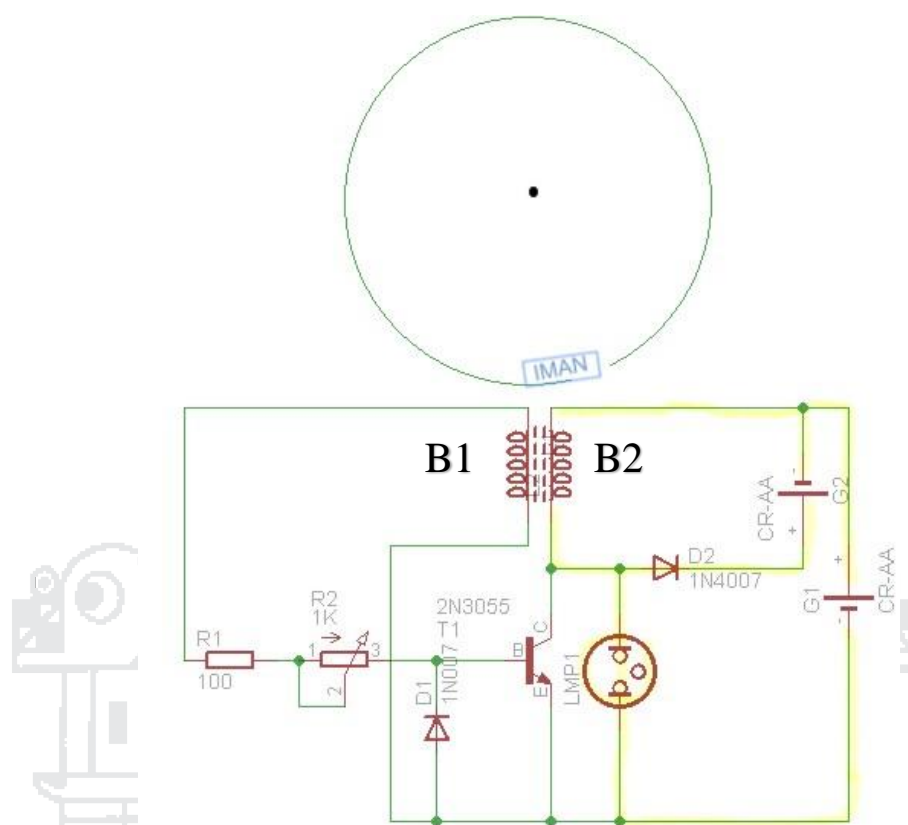


FIGURA 25: Paso 3 del funcionamiento del prototipo

Elaboración: Propia - Cadsoft Eagle

Al alejarse el imán del electroimán deja de inducir una FEM en la bobina b1 este ocasiona que no llegue corriente a la base del transistor haciendo que este se ponga en corte al abrirse el transistor hace que la bobina b2 deje de crear el campo magnético dejando así de impulsar el rotor al mismo esta energía almacenada por el campo magnético regresa a b2 y por medio del circuito electrónico se redirige esta energía para cargar la batería de carga G.2 cuando no se conecta la batería de carga el neón cumple la función de amortiguar los picos de voltaje para así proteger el transistor ya que este podría quemarse el neón también cumple la función de indicador de presencia de FCEM

PASO 4

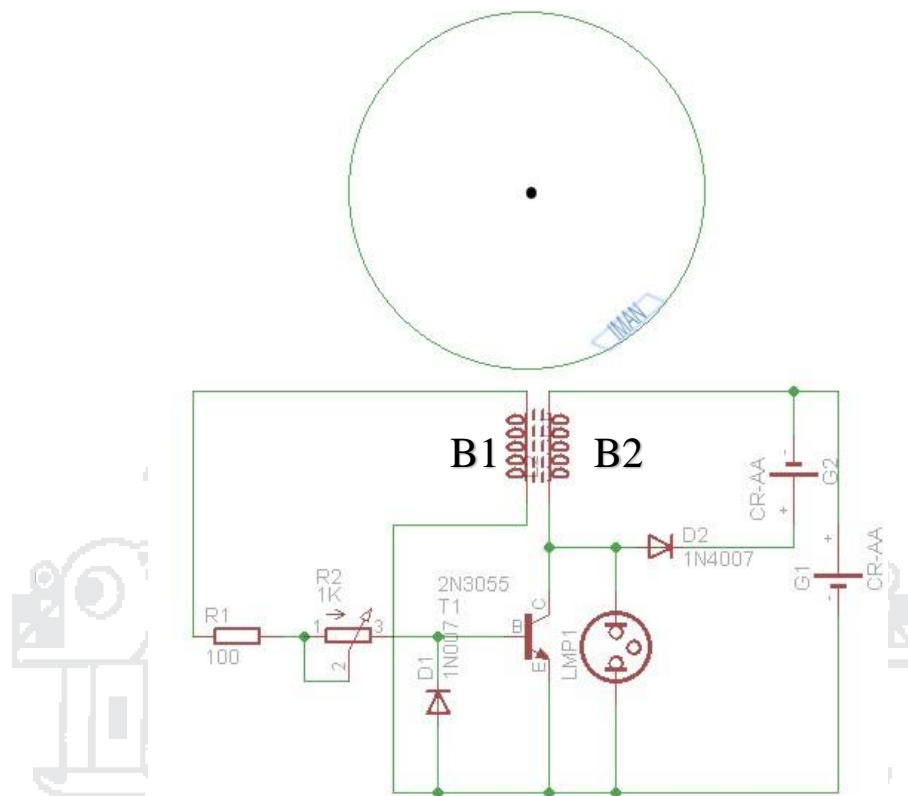


FIGURA 26: Paso 4 del funcionamiento del prototipo

Elaboración: Propia - Cadsoft Eagle

En este paso el imán se aleja completamente del electroimán y el rotor continua su camino por inercia en esta etapa el núcleo de la bobina se relaja, pero no completamente ya que tiende a almacenar una cantidad de energía que se convierte en calor

Los pasos vistos anteriormente se repiten una y otra vez a una frecuencia determinada en el capítulo anterior del diseño del prototipo, el rotor contiene 8 imanes de neodimio.

Distribuidos uniformemente y el estator contiene 4 bobinas similares que entregan la fcm a la batería de carga.

### 3.5 PLAN DE TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Todos los datos obtenidos por el experimento serán procesados por la siguiente plantilla al cual denominaremos tabla de Eficiencia, el cual se hizo en dos partes en el proceso de carga y descarga de la batería. Esta tabla nos dará el resultado de la Eficiencia de nuestro prototipo de investigación.



pruebas	entrada		calculo de la energia de entrada								calculo de la energia de salida								Eficiencia	Eficiencia x100%
	hrs	min	Voltaje de inicio	Voltaje final	Voltaje promedio	Corriente de entrada	Potencia consumida	Tiempo en segundos	energia de entrada	voltaje de inicio cargado	voltaje final descargado	voltaje promedio	corriente de consumo	potencia consumida	Tiempo en segundos	energia de entrada				
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				

Tabla 6: Planilla de eficiencia vacía

Elaboración: Propia - Excel

### 3.6 DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

Se hicieron algunas pruebas para determinar si realmente se estaba generando FCEM, para el cual se utilizó un cuadro monitoreando las entradas y salidas del prototipo además se hizo un cálculo matemático para determinar el diseño estadístico para determinar la prueba de hipótesis

$$P = V * I \quad \dots\dots\dots(\text{Ec.14})$$

Donde:

P: Potencia

V: Voltaje.

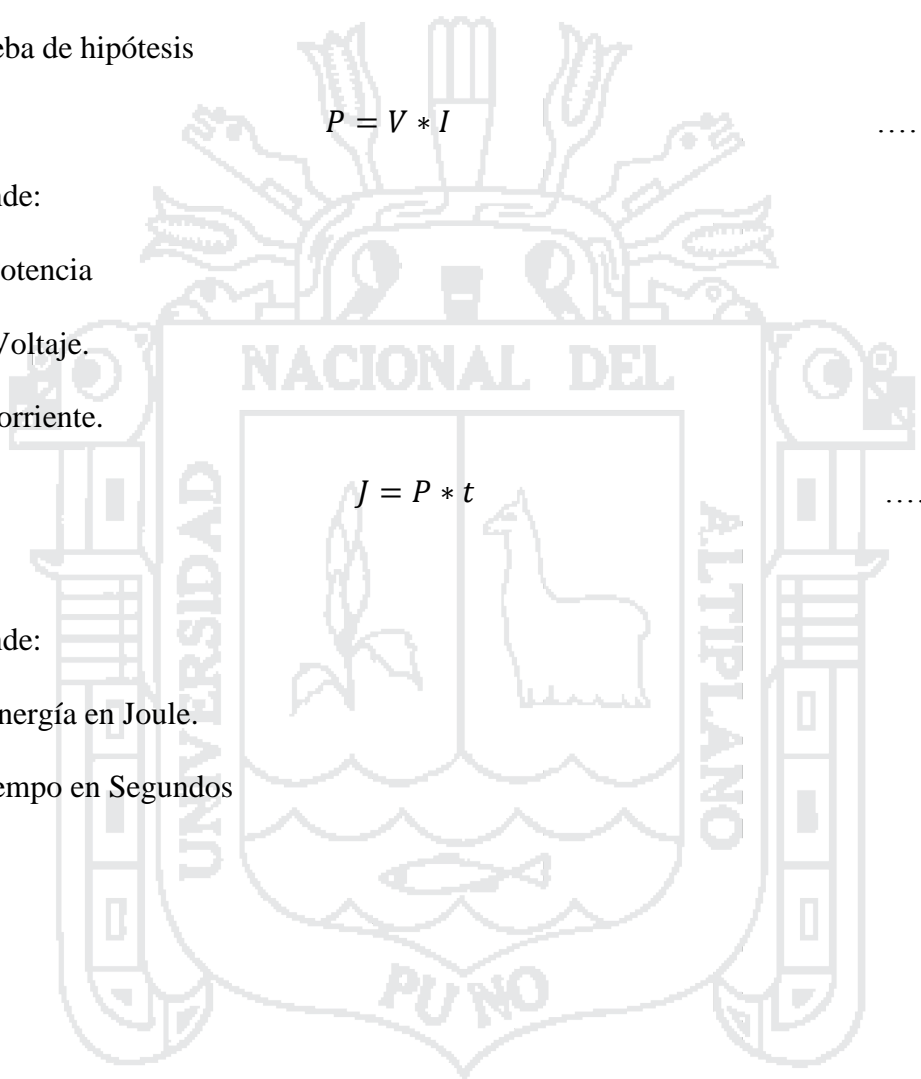
I: Corriente.

$$J = P * t \quad \dots\dots\dots(\text{Ec.15})$$

Donde:

J: Energía en Joule.

t: tiempo en Segundos





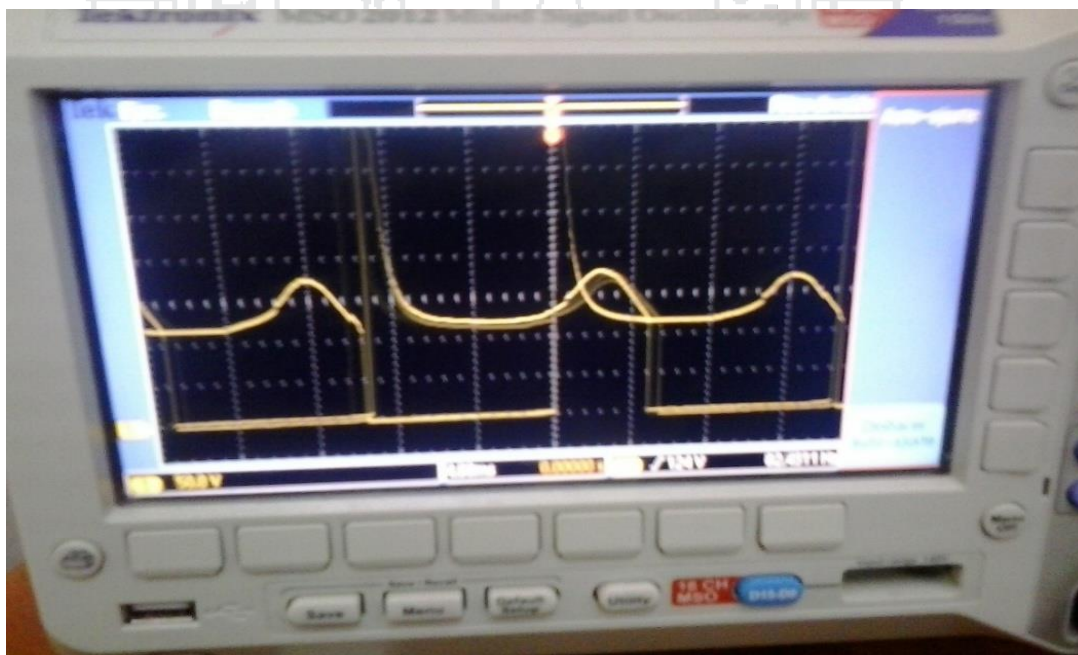


## ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

### 4.1 PRUEBAS DEL DISEÑO POR ETAPAS DEL PROTOTIPO

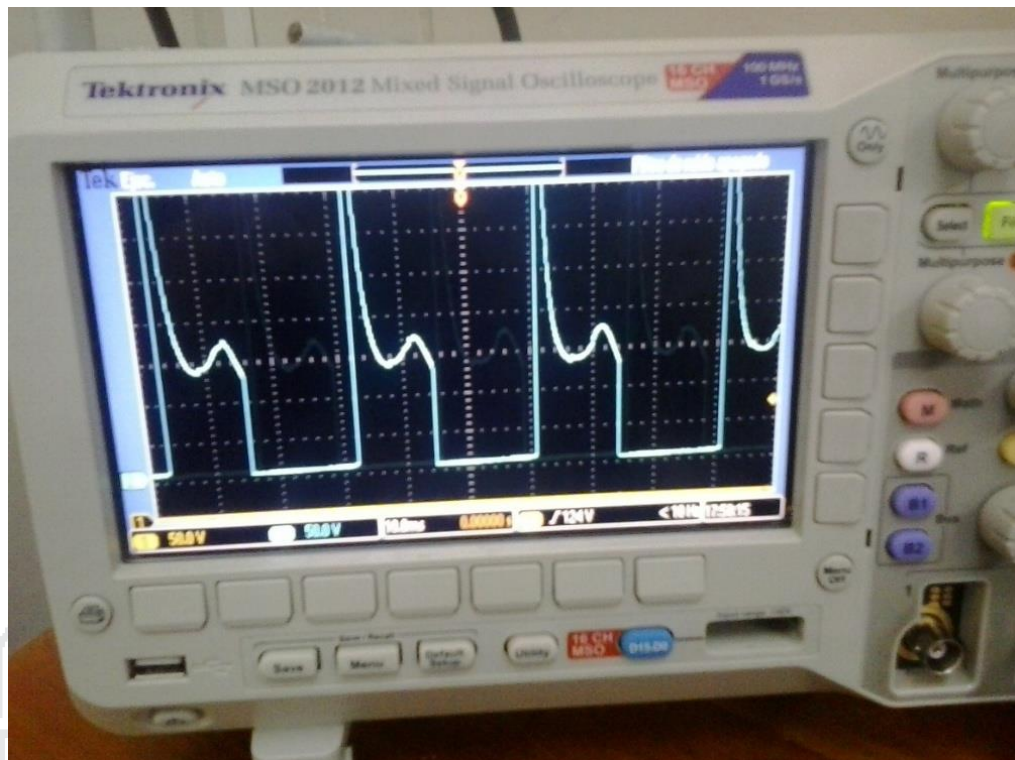
En este punto de la investigación se hizo la recopilación de los datos en cada etapa de la implementación del prototipo puesto que no siempre los cálculos matemáticos no contrastan con la implementación real, existen ciertas variaciones que solo se pudieron corregir en el proceso de implementación y la recopilación de datos se hizo con instrumentos de medición en nuestro laboratorio y en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de UNA-Puno.

La etapa de la implementación del circuito de generador de voltaje pulsante fue testeada para poder visualizar en un multímetro analógico y también en Osciloscopio.



*FIGURA 27: Forma de onda provocada por el prototipo*

*Elaboración: Propia – Imagen tomada en el Laboratorio de electrónica UNA-PUNO*



*FIGURA 28: Forma de onda de la FCEM a partir del impulso DC.*

*Elaboración: Propia – Imagen tomada en el Laboratorio de electrónica UNA-PUNO*

#### 4.2 MEDIDAS DE LOS VOLTAJES Y CORRIENTES

En esta etapa se procedió a medir los valores de los voltajes y corrientes de los electroimanes ya que los cálculos matemáticos difieren por mucho de los valores reales. Voltajes inducidos en las bobinas en alterna

B1: 8.2 v

B2: 8.5 v

B3: 8.9 v

B4: 7.6 v

Corrientes inducidas en alterna

B1: 19 mAmp

B2: 20 mAmp

B3: 19 mAmp

B4: 20 mAmp

Fuerza contra electromotriz inducida

B1: 289v

B2: 286v

B3: 282v

B4: 285v

#### **4.3. PRUEBAS DE EFICIENCIA**

Para saber la eficiencia del prototipo es necesario realizar una prueba de EFICIENCIA y saber cuánta energía ha suministrado a la batería de carga, las muchas y diferentes pruebas se hicieron con la plantilla siguiente con los datos obtenidos:

BATERIA 1: VRLA de 12V 7Ah batería de suministro

BATERIA 2: VRLA de 12V 7Ah batería de carga

pruebas	entrada		calculo de la energia de entrada										calculo de la energia de salida								Eficiencia x100%
	hrs	min	Voltaje de inicio	Voltaje final	Voltaje promedio	Corriente de entrada	Potencia consumida	Tiempo en segundos	energia de entrada	Voltaje de inicio cargado	voltaje final descargado	Voltaje promedio	corriente de consumo	potencia consumida	Tiempo en segundos	energia de entrada	Eficiencia				
1	10	0	13,14	11	12,07	0,60	7,24	36000	260712	12,5	11	11,75	0,55	6,46	28800	186120	0,71	71%			
2	10	10	13,17	11	12,085	0,60	7,25	36600	265386,6	12,52	11,1	11,81	0,55	6,50	29100	189019,05	0,71	71%			
3	9	50	13,12	11,1	12,11	0,60	7,27	35400	257216,4	12,55	11,05	11,80	0,55	6,49	29280	190027,2	0,74	74%			
4	9	50	13	11,1	12,05	0,60	7,23	35400	255942	12,58	11	11,79	0,55	6,48	30000	194535	0,76	76%			
5	9	55	13,1	11,06	12,08	0,60	7,25	35700	258753,6	12,56	11,05	11,81	0,55	6,49	30300	196730,33	0,76	76%			
6	10	0	13,1	11,05	12,075	0,60	7,25	36000	260820	12,6	12	12,30	0,55	6,77	30600	207009	0,79	79%			
7	9	40	13,13	11,04	12,085	0,60	7,25	34800	252334,8	12,57	11,05	11,81	0,55	6,50	30300	196813,65	0,78	78%			
8	9	45	13,14	11,07	12,105	0,60	7,26	35100	254931,3	12,62	11,09	11,86	0,55	6,52	30000	195607,5	0,77	77%			
9	9	50	13,14	11,09	12,115	0,60	7,27	35400	257322,6	12,68	11,07	11,88	0,55	6,53	30360	198288,75	0,77	77%			
10	9	55	13,16	11,11	12,135	0,58	7,04	35700	251267,31	12,73	11,04	11,89	0,55	6,54	30840	201593,37	0,80	80%			
11	9	45	13,18	11,03	12,105	0,58	7,02	35100	246433,59	12,72	11,12	11,92	0,55	6,56	31200	204547,2	0,83	83%			
12	10	0	13,22	11,1	12,16	0,58	7,05	36000	253900,8	12,7	11,08	11,89	0,55	6,54	32400	211879,8	0,83	83%			
13	9	50	13,18	11,1	12,14	0,58	7,04	35400	249258,48	12,73	11	11,87	0,55	6,53	31920	208301,94	0,84	84%			
14	9	50	13,18	11,2	12,19	0,58	7,07	35400	250285,08	12,69	11	11,85	0,55	6,51	32100	209123,48	0,84	84%			
15	9	56	13,2	11,07	12,135	0,58	7,04	35760	251689,61	12,71	11,06	11,89	0,55	6,54	32400	211790,7	0,84	84%			
16	9	48	13,14	11,02	12,08	0,58	7,01	35280	247185,79	12,72	11,01	11,87	0,55	6,53	32400	211434,3	0,86	86%			
17	9	38	13,15	11,02	12,085	0,58	7,01	34680	243082,52	12,72	11,09	11,91	0,55	6,55	31500	206254,13	0,85	85%			
18	10	2	13,12	11,03	12,075	0,58	7,00	36120	252966,42	12,72	11,08	11,90	0,55	6,55	33120	216770,4	0,86	86%			
19	10	0	13,1	11,03	12,065	0,58	7,00	36000	251917,2	12,73	11,01	11,87	0,55	6,53	33300	217399,05	0,86	86%			
20	9	50	13,14	11	12,07	0,58	7,00	35400	247821,24	12,73	11	11,87	0,55	6,53	32700	213392,03	0,86	86%			

Tabla 7: Eficiencia

Elaboración: Propia – Excel

#### 4.4 CUADROS ESTADÍSTICOS DE LA EFICIENCIA

En la figura de abajo se muestra la energía de salida con respecto a la energía de entrada. La imagen nos muestra el incremento de energía al hacer diferentes pruebas al prototipo y algunas modificaciones en la estructura como diferentes ángulos entre los imanes y electroimanes, y variaciones en la energía de ingreso

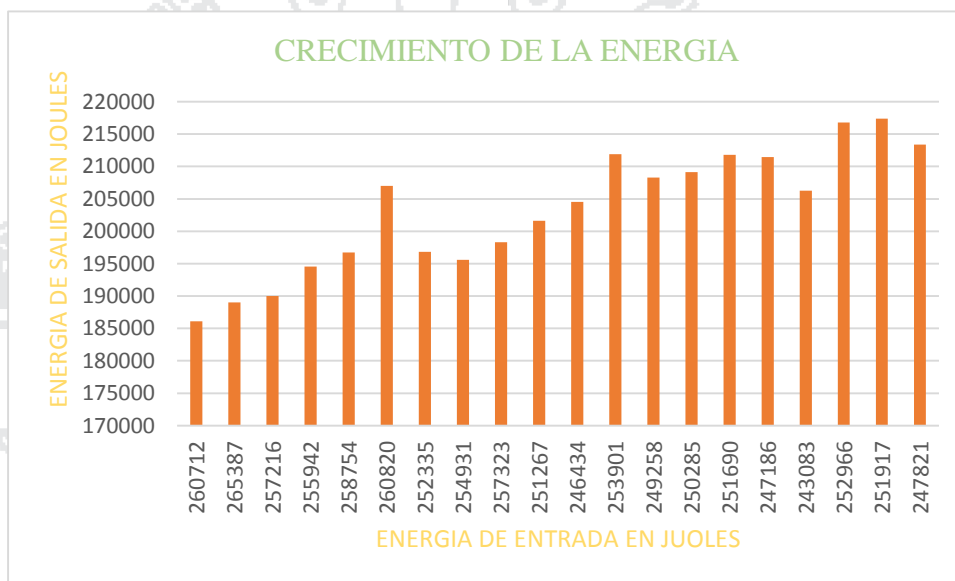


FIGURA29: Crecimiento de la energía

Elaboración: Propia – Excel (grafica obtenida de la tabla Nro. 7)

Este cuadro nos muestra la pérdida de energía con respecto a la energía de entrada a medida que el prototipo se fue optimizando se fue perdiendo menos energía

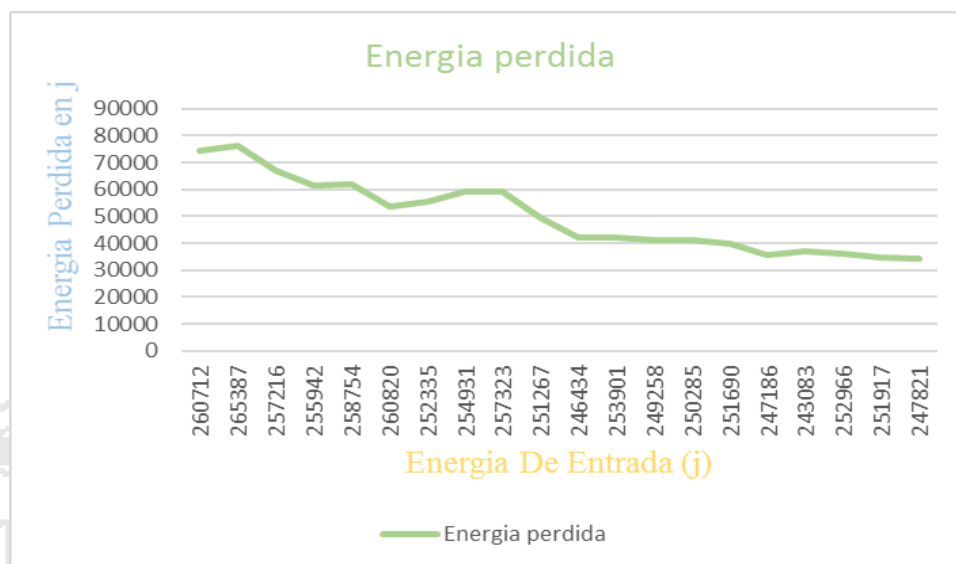


FIGURA 30: Perdidas de energía

Elaboración: Propia – Excel (grafica obtenida de la tabla Nro. 7)



En el cuadro de abajo se muestra una comparación de los tiempos de alimentación de la batería de arranque al prototipo con el tiempo de descargar de la batería de carga. del cuadro también se deduce que hay pérdidas en el sistema que se verá en el siguiente cuadro a más detalle

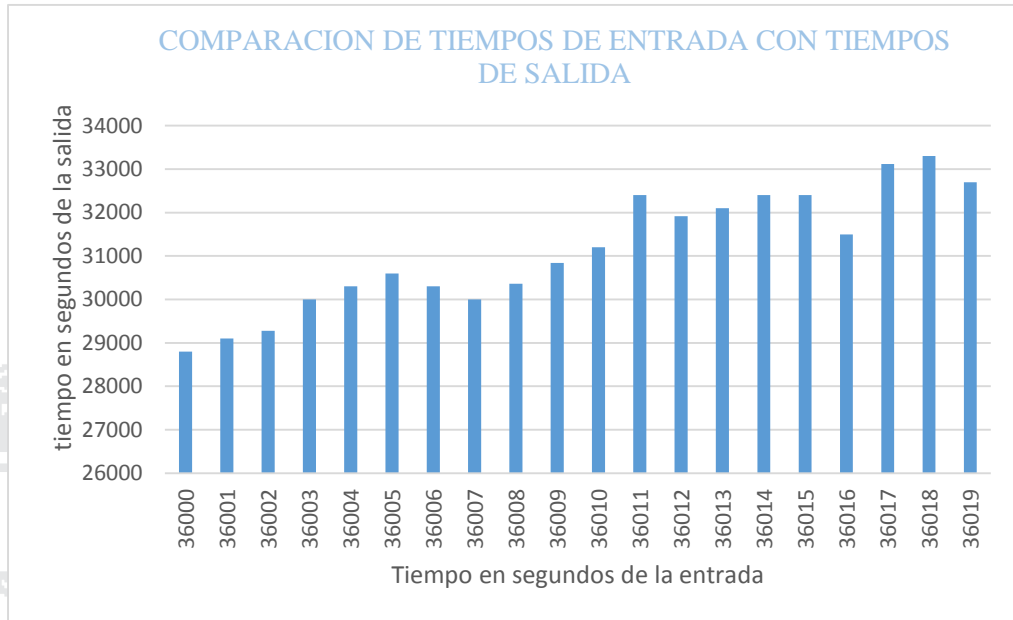


FIGURA 31: Tiempos de entrada vs tiempos de salida

Elaboración: Propia – Excel (grafica obtenida de la tabla Nro. 7)

En el siguiente cuadro nos muestra la cantidad de tiempo en segundos que se pierde en la batería de carga al alimentar una carga (12v y 0,5amp) con respecto a la cantidad en tiempo en segundos (entrada) que suministra la batería de arranque (12v y 0.5amp) al prototipo también se observa una caída de pérdidas en el sistema. Esta caída de las pérdidas que se traduce en una eficiencia mayor se debe al mejoramiento del prototipo ya sea en lo estructural o en el circuito electrónico



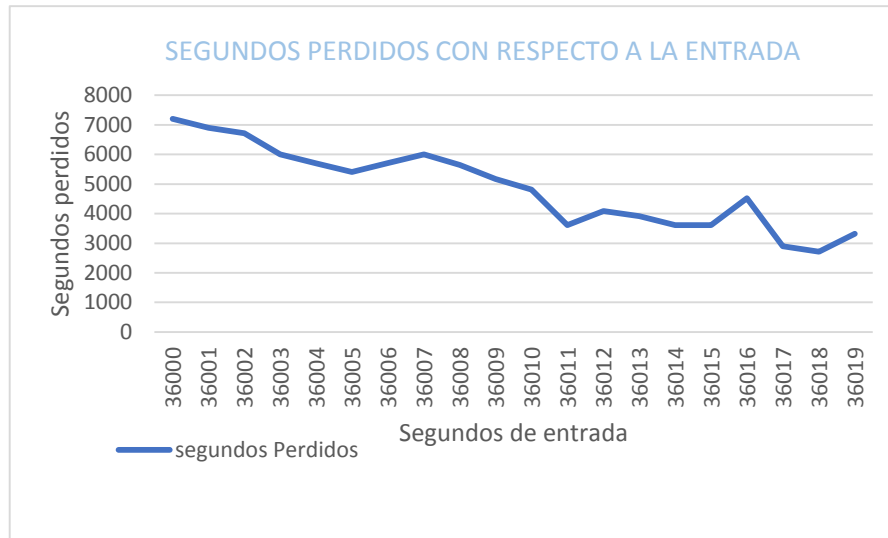


FIGURA 32: Tiempo perdidos vs tiempo de entrada

Elaboración: Propia – Excel (grafica obtenida de la tabla Nro. 7)

Este cuadro nos muestra el crecimiento de la eficiencia a diferentes pruebas con diferentes tipos de energía suministrado al prototipo de generador de FCEM

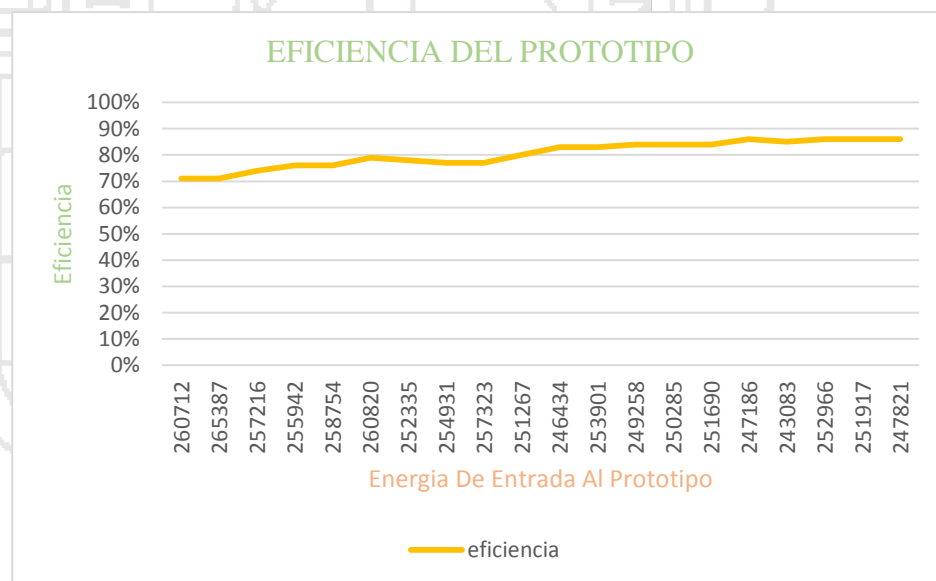


FIGURA 33: Eficiencia del generador

Elaboración: Propia – Excel (grafica obtenida de la tabla Nro. 7)

De Los cuadros anteriores se observa que el prototipo tiene perdidas debido a los factores mostrado en el siguiente diagrama

Donde la energía total = energía útil + las perdidas

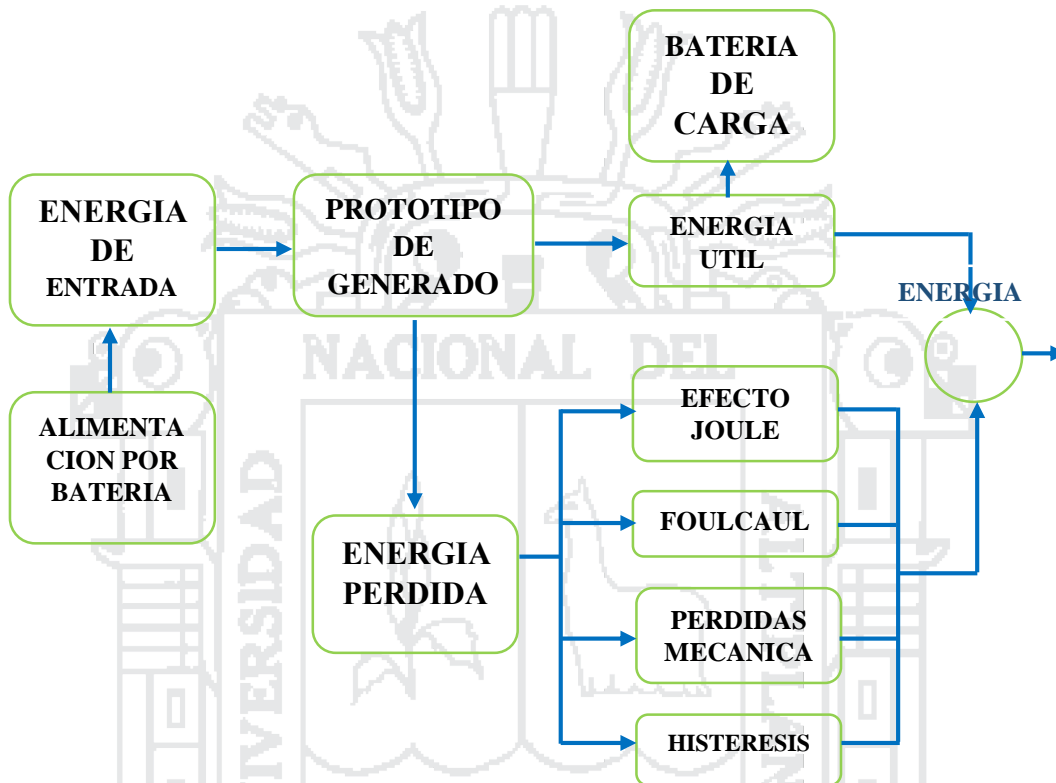
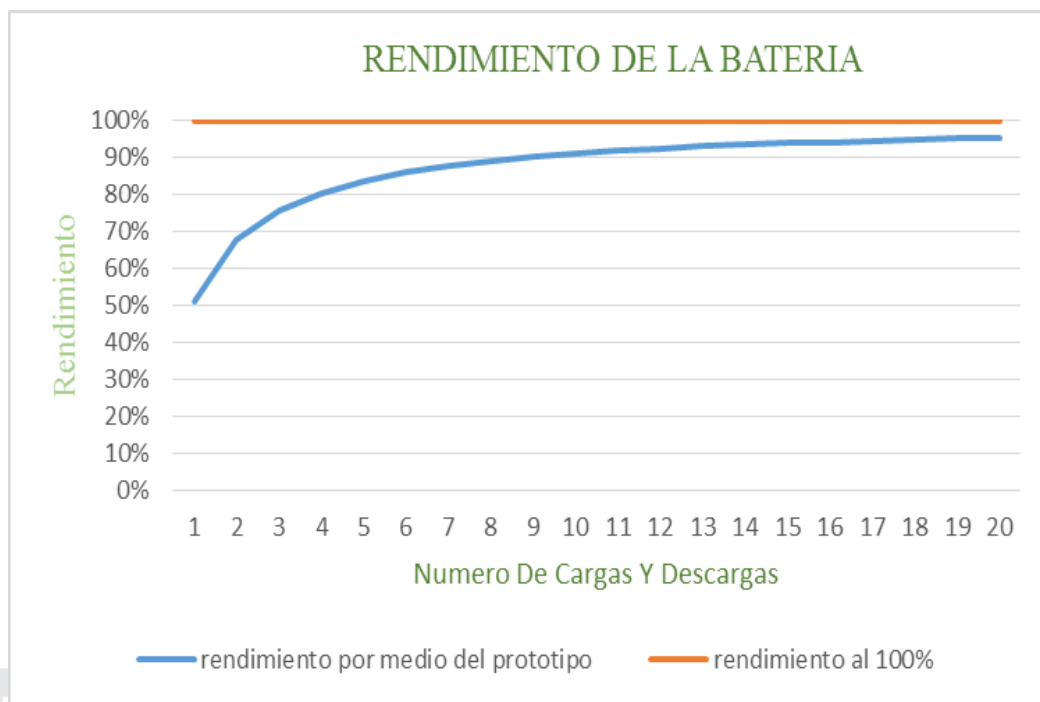


FIGURA 34: Factor de pérdidas en el sistema

Elaboración: Propia – Word

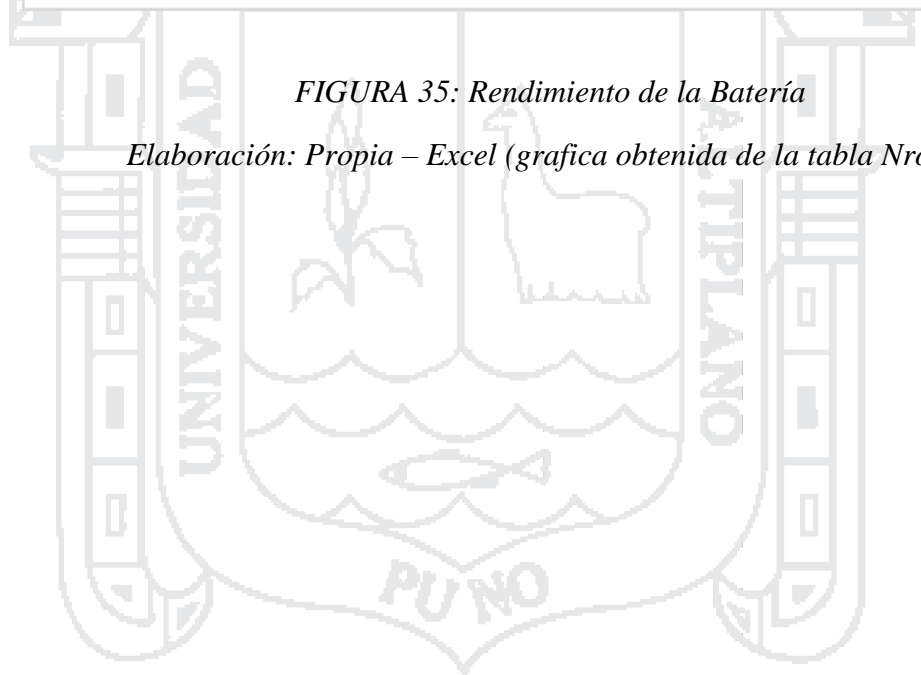
#### 4.5 RENDIMIENTO DE LA BATERIA

En este cuadro se observa la eficiencia de la batería a determinadas cargas y descargas. La batería de carga no reduce su eficiencia mediante el sistema de carga del prototipo de generador mediante la FCEM como se puede apreciar en el cuadro. Esta batería no tiende a malograrse por los impulsos de FCEM ni mucho menos a reducir su rendimiento por lo cual se puede deducir que el prototipo de generador de FCEM funciona correctamente así logrando el objetivo propuesto que es la generación de energía aprovechando la FCEM como una posible fuente de energía limpia.



*FIGURA 35: Rendimiento de la Bateria*

*Elaboración: Propia – Excel (grafica obtenida de la tabla Nro. 7)*



## CONCLUSIONES

Durante y después de la realización de este Proyecto de Investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

**PRIMERO.** - En la utilización de componentes eléctricos y electrónicos, tener un buen manejo y control de temperatura de todos los componentes ya que, al trabajar con altos voltajes, algunos componentes se quemaban, siempre teniendo en cuenta el máximo valor de capacidad de temperatura de los componentes.

**SEGUNDO.** - La FCEM es de un valor de voltaje bastante alto y puede causar daños, por lo que hay que tener cuidado, siempre utilizando los implementos de seguridad para el manejo de voltajes.

**TERCERO.** - La FCEM es almacenada en baterías y capacitores y no puede ser visualizada por los instrumentos convencionales, razón por la cual el uso de capacitores era necesario para la monitorización de su comportamiento.

**CUARTO.** - Se puso las bobinas en posiciones y ángulos diferentes para la obtención de la FCEM en diferentes tiempos y así poder aprovechar el voltaje pico de cada bobina y obtener picos de voltajes más constantes y aprovecharlos mejor.

## SUGERENCIAS

**PRIMERO.** - Colocar las bobinas bifilares en posiciones con ángulos diferentes, para la obtención de mejores resultados y así tener una más rápida carga de baterías.

**SEGUNDO.** - Unas ves situadas las bobinas en el estator o armazón asegúrese de tener un rango de 2mm-8mm de separación entre el núcleo de la bobina y los imanes, así obtendrás mejores resultados en cuanto a los RPMs, mejorando la recolección de un buen voltaje por parte de las bobinas colectoras.

**TERCERO.** - Teniendo el disco solido de aluminio en movimiento aprovechar dichas RPMs hacer un buen generador de topología AXIAL o radial obteniendo energía adicional.

**CUARTO.** - Probar la implementación de bobinas multifilares, obtendrás mejores resultados en cuanto a potencia en carga de baterías, pero tener en cuenta el tamaño del armazón y también el grosor del cable de trigger y la resistencia de choque del transistor ya que tiende a calentarse y puede ocasionar problemas.

**QUINTO.** - Se recomienda el uso de imanes de ferrita, con el cual se podrían obtener mejores resultados.

**SEXTO.** - Se recomienda la construcción de las bobinas de acuerdo al campo magnético del imán de tal forma que el campo magnético atraviere a todas las espiras de la bobina y conseguir mejores resultados.

**BIBLIOGRAFIA**

- [1] Carrasco P. Z. (2011). Generador de flujo radiales de imanes permanentes (pp.110)
- [2] Chapman S.J. (2005). Maquinas Eléctricas (pp.775) México. Mc-GrawHill.
- [3] Hayt W. (2006). Teoría electromagnética (PP.582). Filadelfia. Mc-GrawHill.
- [4] Hernandez F. G.(2010). Diseño y construcción de un Generador Eléctrico para un aerogenerador de baja potencia .Morelia. disponible en internet en:  
[www.ifug.ugto.mx/~gerardo/tesis%20generador%20electrico.pdf](http://www.ifug.ugto.mx/~gerardo/tesis%20generador%20electrico.pdf)(fecha de acceso: 15 de mayo 2016).
- [5] Mora J. F. (2003). Maquinas Eléctricas (pp.769) Madrid. Mc-GrawHill.
- [6] Norton L. (2009),”Diseño de maquinaria, síntesis y análisis de máquinas y mecanismos”, Editorial Mc Graw- Hill. Cuarta edición
- [7] Prieto F. (2013). Análisis de sistemas de generación de electricidad por medios no convencionales. Madrid. Disponible en internet en:  
[http://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/19239/TFG\\_FranciscoPrieto\\_De\\_Santos\(definitivo\).pdf?sequence=1](http://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/19239/TFG_FranciscoPrieto_De_Santos(definitivo).pdf?sequence=1)(fecha de acceso: 17 de Mayo 2016).
- [8] Sanjuro R.N.(2011). Maquinas Eléctricas (pp.378). Madrid García Maroto Editores
- [9] Santos J. A. (2004). Adaptación de un generador eléctrico de imanes permanentes y flujo radial. Bogotá. Universidad Los Andes.
- [10] Ulrich Eppinger. (2009). “Diseño y Desarrollo de Productos”, Editorial Mc Graw-Hill. Cuarta Edición

## ANEXOS

### ANEXO 1: HOJA DE DATOS DEL TRANSISTOR 2N3055

#### COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

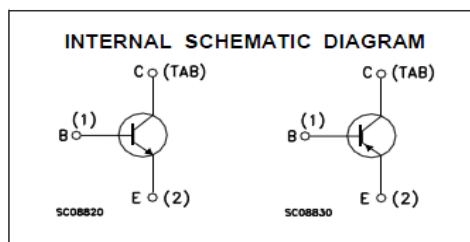
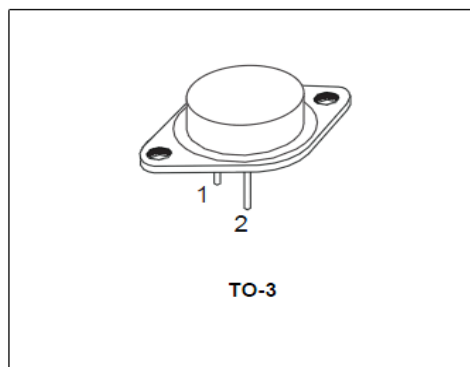
- STMicroelectronics PREFERRED SALESTYPES
- COMPLEMENTARY NPN-PNP DEVICES

**DESCRIPTION**

The 2N3055 is a silicon Epitaxial-Base Planar NPN transistor mounted in Jedec TO-3 metal case.

It is intended for power switching circuits, series and shunt regulators, output stages and high fidelity amplifiers.

The complementary PNP type is MJ2955.



**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	Value		Unit
		NPN	PNP	
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage ( $I_E = 0$ )	2N3055	MJ2955	V
$V_{CER}$	Collector-Emitter Voltage ( $R_{BE} \leq 100\Omega$ )	70	60	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage ( $I_B = 0$ )	7	7	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage ( $I_C = 0$ )	15	15	A
$I_C$	Collector Current	7	7	A
$I_B$	Base Current	115	115	W
$P_{tot}$	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ C$	-65 to 200	-65 to 200	$^\circ C$
$T_{stg}$	Storage Temperature	200	200	$^\circ C$
$T_j$	Max. Operating Junction Temperature			

For PNP types voltage and current values are negative.

August 1999

1/4

2N3055 / MJ2955

**THERMAL DATA**

$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	1.5	°C/W
----------------	----------------------------------	-----	-----	------

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_{case} = 25\text{ °C}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{CEX}$	Collector Cut-off Current ( $V_{BE} = -1.5V$ )	$V_{CE} = 100\text{ V}$ $V_{CE} = 100\text{ V}$ $T_j = 150\text{ °C}$			1 5	mA mA
$I_{CEO}$	Collector Cut-off Current ( $I_B = 0$ )	$V_{CE} = 30\text{ V}$			0.7	mA
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current ( $I_C = 0$ )	$V_{EB} = 7\text{ V}$			5	mA
$V_{CEO(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ( $I_B = 0$ )	$I_C = 200\text{ mA}$	60			V
$V_{CER(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ( $R_{BE} = 100\ \Omega$ )	$I_C = 200\text{ mA}$	70			V
$V_{CE(sat)*}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 4\text{ A}$ $I_B = 400\text{ mA}$ $I_C = 10\text{ A}$ $I_B = 3.3\text{ A}$			1 3	V V
$V_{BE*}$	Base-Emitter Voltage	$I_C = 4\text{ A}$ $V_{CE} = 4\text{ A}$			1.8	V
$h_{FE*}$	DC Current Gain	$I_C = 4\text{ A}$ $V_{CE} = 4\text{ A}$ $I_C = 10\text{ A}$ $V_{CE} = 4\text{ A}$	20 5		70	
$f_T$	Transition frequency	$I_C = 0.5\text{ A}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$	3			MHz
$I_{s/b*}$	Second Breakdown Collector Current	$V_{CE} = 40\text{ V}$	2.87			A

\* Pulsed: Pulse duration = 300  $\mu$ s, duty cycle 1.5 %  
For PNP types voltage and current values are negative.





**ANEXO 2: HOJA DE DATOS DEL DIODO 1N4007**

**1N4001 THRU 1N4007**

**PLASTIC SILICON RECTIFIER**

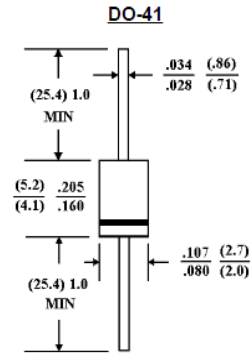
**VOLTAGE - 50 to 1000 Volts CURRENT - 1.0 Ampere**

**FEATURES**

- Low forward voltage drop
- High current capability
- High reliability
- High surge current capability
- Exceeds environmental standards of MIL-S-19500/228

**MECHANICAL DATA**

Case: Molded plastic, DO-41  
 Epoxy: UL 94V-O rate flame retardant  
 Lead: Axial leads, solderable per MIL-STD-202, method 208 guaranteed  
 Polarity: Color band denotes cathode end  
 Mounting Position: Any  
 Weight: 0.012 ounce, 0.3 gram



Dimensions in inches and (millimeters)

**MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

Ratings at 25 ° ambient temperature unless otherwise specified.  
 Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.  
 For capacitive load, derate current by 20%.

	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	35	75	140	280	420	560	700	V

**MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

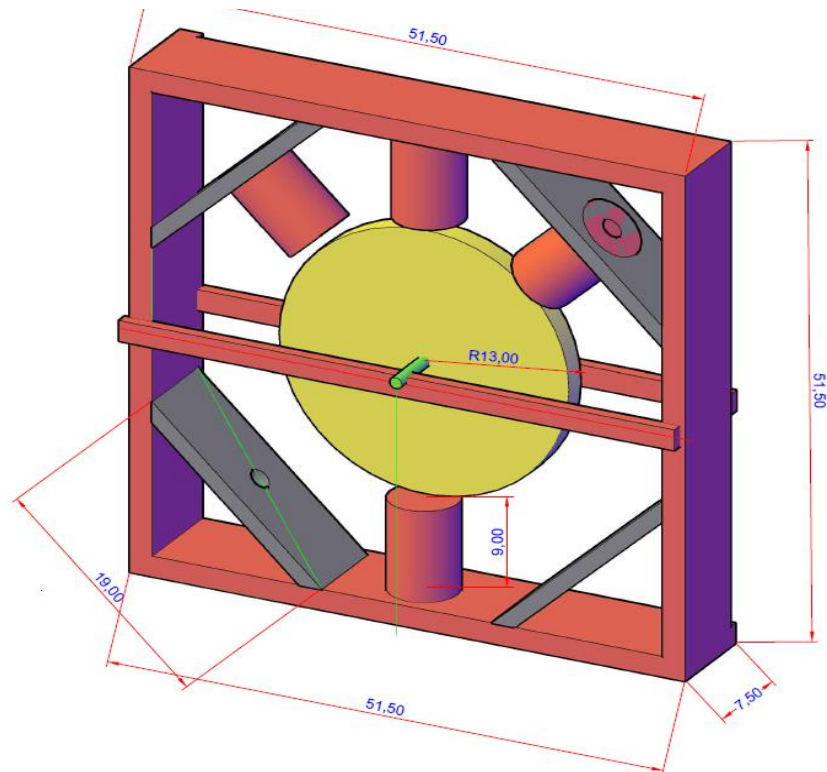
Ratings at 25 ° ambient temperature unless otherwise specified.  
 Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.  
 For capacitive load, derate current by 20%.

	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	35	75	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current .375"(9.5mm) Lead Length at T <sub>A</sub> =75 °	1.0							A
Peak Forward Surge Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	30							A
Maximum Forward Voltage at 1.0A DC and 25 °	1.1							V
Maximum Full Load Reverse Current Full Cycle Average at 75 ° Ambient	30							° A
Maximum Reverse Current at T <sub>A</sub> =25 °	5.0							° A
At Rated DC Blocking Voltage T <sub>A</sub> =100 °	500							° A
Typical Junction capacitance (Note 1)	15							pF
Typical Thermal Resistance (Note 2) R <sub>JA</sub>	50							°/W
Typical Thermal resistance (NOTE 2) R <sub>JL</sub>	25							°/W
Operating and Storage Temperature Range T <sub>J</sub> , T <sub>STG</sub>	-55 to +150							°

**NOTES:**

1. Measured at 1 MHz and applied reverse voltage of 4.0 VDC.
2. Thermal Resistance Junction to Ambient and from junction to lead at 0.375"(9.5mm) lead length P.C.B mounted.

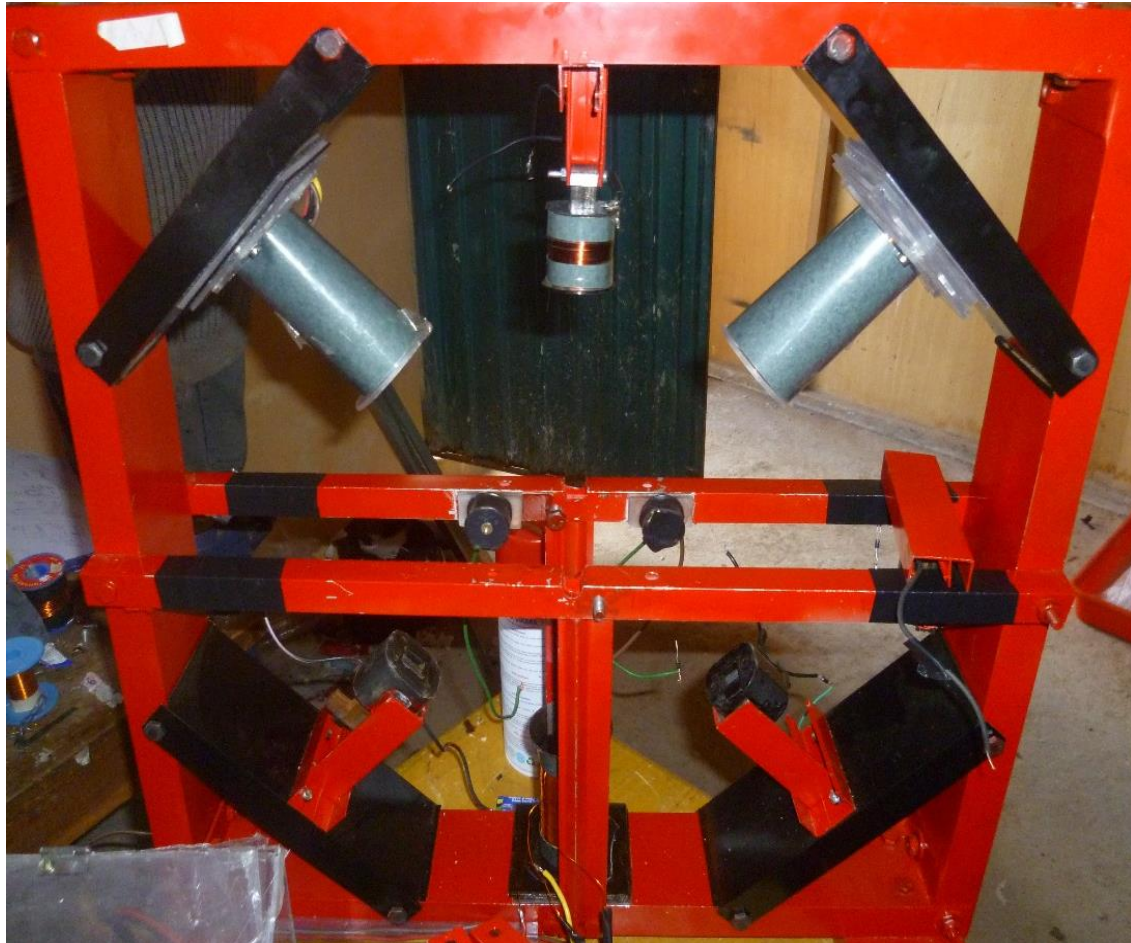
**ANEXO 3: DIMENSIONES DEL PROTOTIPO DEL GENERADOR MAGNETICO**



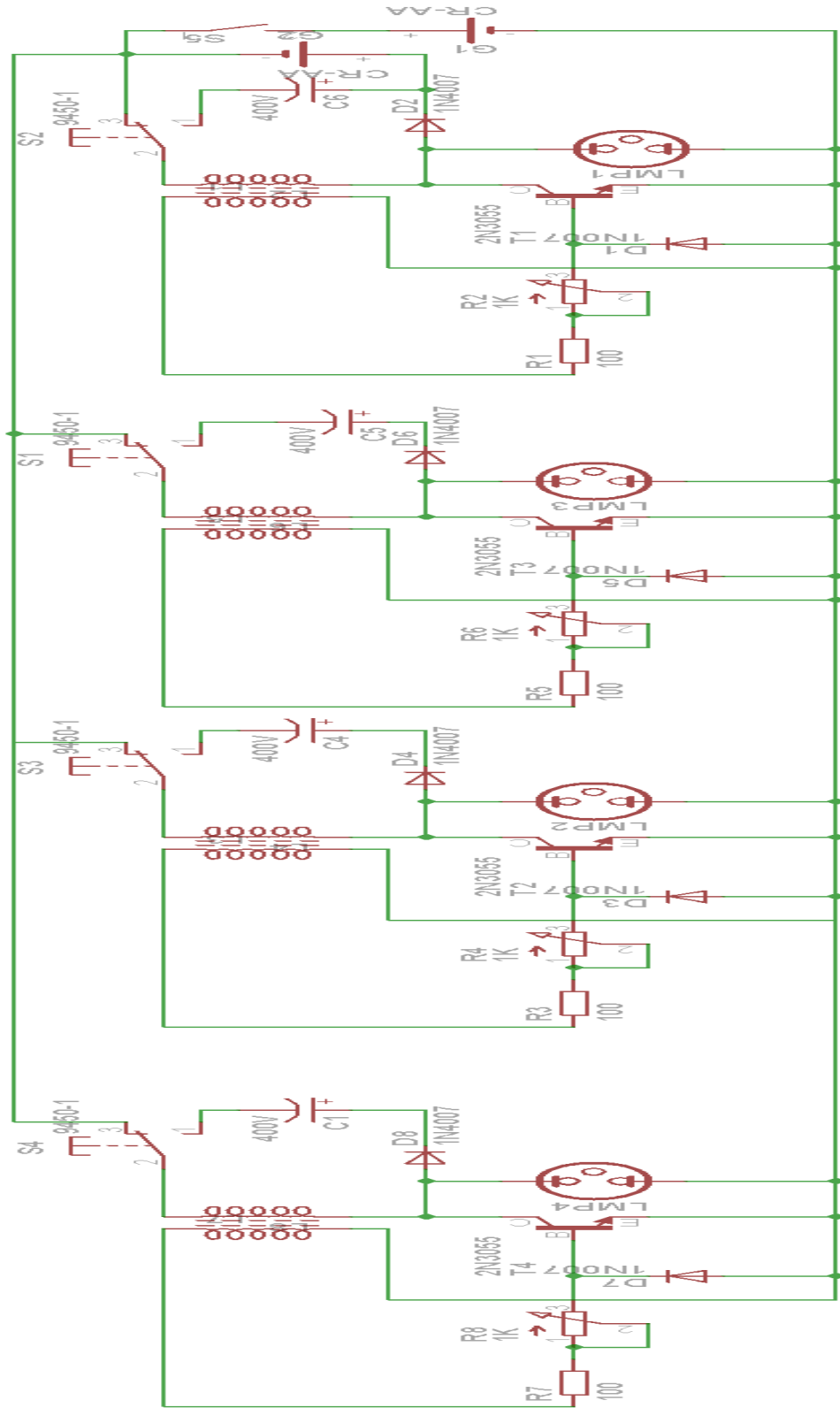
**ANEXO 4: UBICACIÓN DEL ROTOR EN EL ESTATOR**



**ANEXO 5: UBICACIÓN DE LAS BOBINAS EN EL ESTATOR**

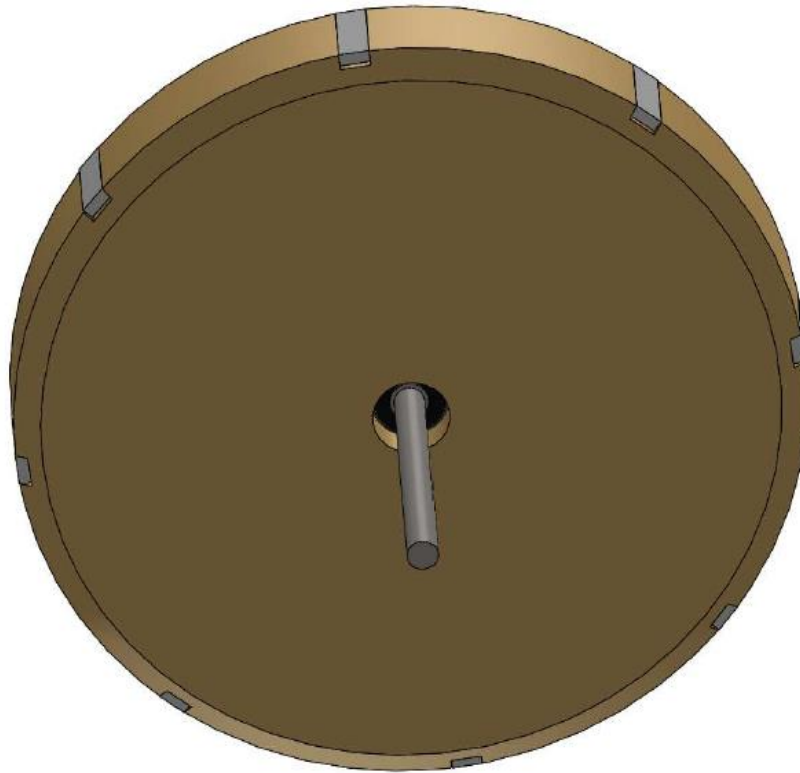


ANEXO 6: ESQUEMA ELECTRONICO DEL PROTOTIPO

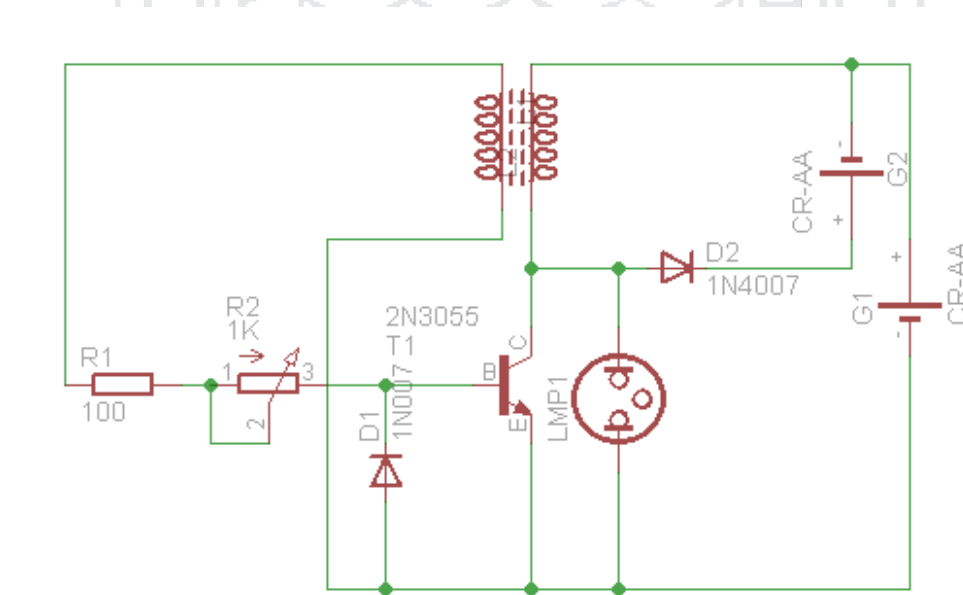




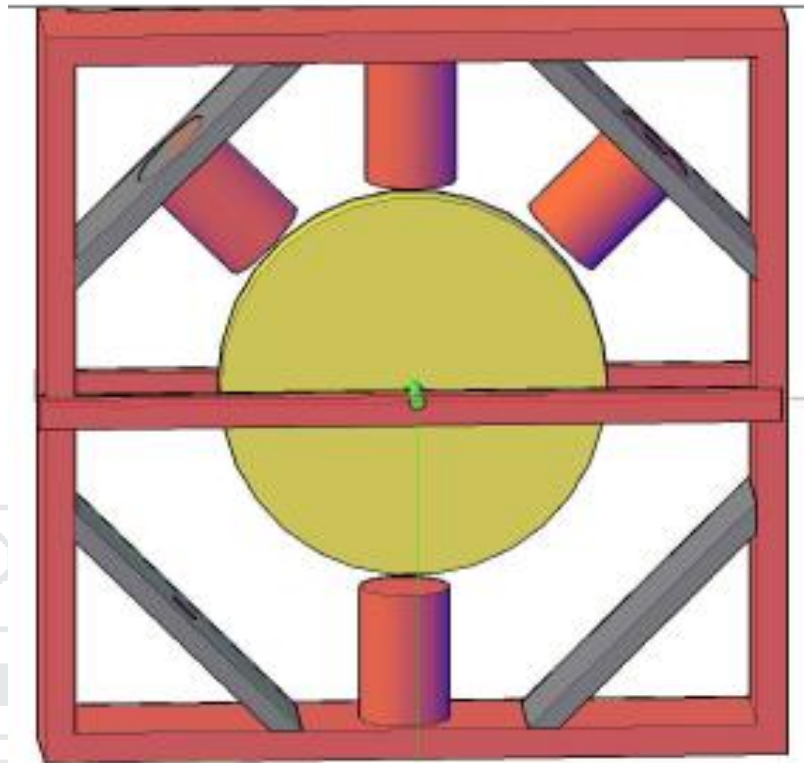
**ANEXO 7: DISEÑO DEL ROTOR EN SOLIDWORKS**



**ANEXO 8: ESQUEMA BASICO DEL PROTOTIPO**



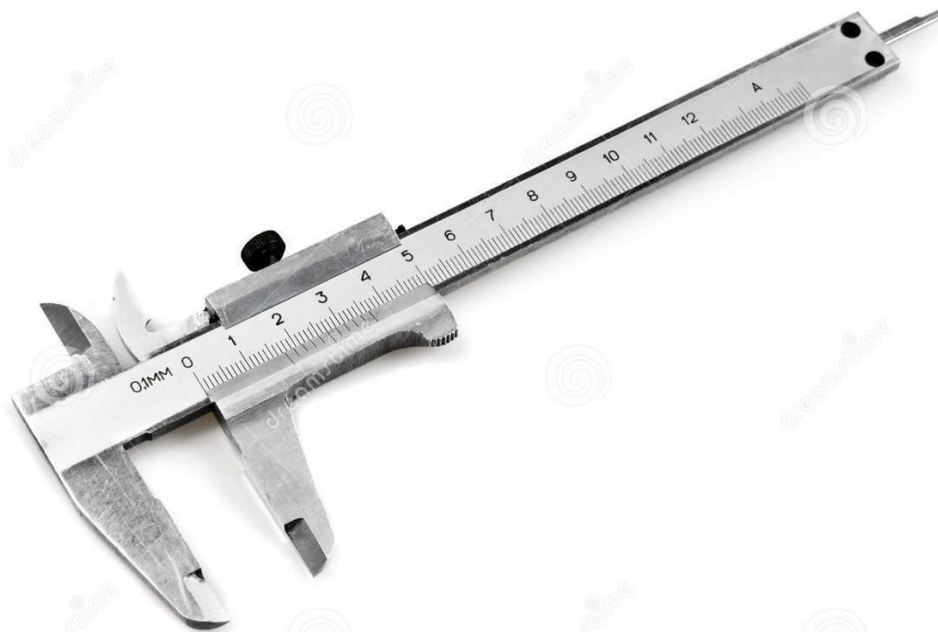
**ANEXO 9: ESTRUCTURA FINAL DEL  
PROTOTIPO EN AUTOCAD**



**ANEXO 10: MEDICION DE RPMs CON TACOMETRO DIGITAL**



**ANEXO 11: VERNIER, UTILIZADO PARA MEDIR CABLES**





**ANEXO 12: CARACTERISTICAS DE LA BATERIA**

**Reliability is your Security**

Utilizing the latest advance design Oxygen Recombination Technology, Yuasa have applied their 80 years of experience in the lead acid battery field to produce the optimum design of Sealed Lead Acid batteries.



**FEATURES**

- Superb recovery from deep discharge.
- Electrolyte suspension system.
- Gas Recombination.
- Multipurpose: Float or Cyclic use.
- Usable in any orientation
- Superior energy density.
- Lead calcium grids for extended life.
- Manufactured World wide.
- Application specific designs.

**Technical Features**

**Sealed Construction**

Yuasa's unique construction and sealing technique ensures no electrolyte leakage from case or terminals.

**Electrolyte Suspension System**

All NP batteries utilize Yuasa's unique electrolyte suspension system incorporating a microfine glass mat to retain the maximum amount of electrolyte in the cells. The electrolyte is retained in the separator material and there is no free electrolyte to escape from the cells. No gels or other contaminants are added.

**Control of Gas Generation**

The design of Yuasa's NP batteries incorporates the very latest oxygen recombination technology to effectively control the generation of gas during normal use.

**Low Maintenance Operation**

Due to the perfectly sealed construction and the recombination of gasses within the cell, the battery is almost maintenance free.

**Terminals**

NP batteries are manufactured using a range of terminals which vary in size and type. Please refer to details as shown.

**Operation in any Orientation**

The combination of sealed construction and Yuasa's unique electrolyte suspension system allows operation in any orientation, with no loss of performance or fear of electrolyte leakage.

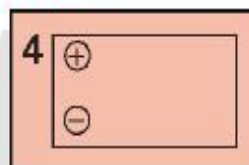
**Valve Regulated Design**

The batteries are equipped with a simple, safe low pressure venting system which releases excess gas and automatically reseals should there be a build up of gas within the battery due to severe overcharge. Note. On no account should the battery be charged in a sealed container.

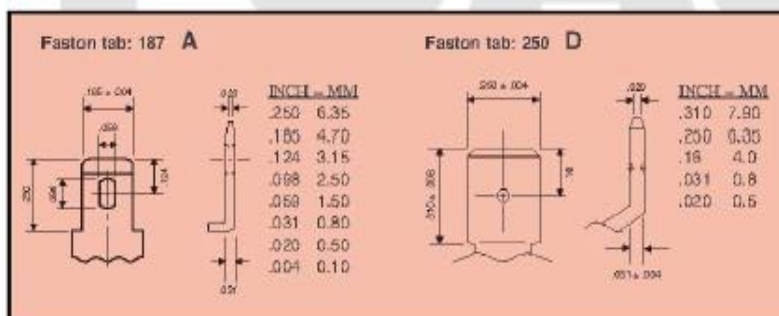
**General Specifications**

Nominal Capacity (Ah)	NP7-12
20hr to 1 .75vpc 30°C	7
1 0hr to 1 .75vpc 20°C	6.4
5hr to 1.70vpc 20°C	5.9
1 hr to 1 .80vpc 20°C	4.2
Voltage	12
Energy Density (Wh/L 20°C)	91
Specific Energy (Wh/kg 20°C)	32
Int. Resistance (m.Ohms)	25
Maximum discharge (A)	40/75
Short Circuit current (A)	210
<b>Dimensions (mm)</b>	
Length	151
Width	65
Height overall	97.5
Weight (Kg)	2.65
Terminal	A/D
Layout	4
Terminal Torque Nm	-

**Layout**



**Terminals**



**Data Sheet**

**NP SERIES - NP7-12**

**Lead Calcium Grids**

The heavy duty lead calcium alloy grids provide an extra margin of performance and life in both cyclic and float applications and give unparalleled recovery from deep discharge.

**Long Cycle Service Life**

Depending upon the average depth of discharge, over a thousand discharge/charge cycles can be expected.

**Float Service Life**

The expected service life is five years in float standby applications.

**Separators**

The use of the special separator material provides a very efficient insulation between plates preventing inter-plate short circuits and prohibiting the shedding of active materials.

**Long shelf Life**

The extremely low self discharge rate allows the battery to be stored for extended periods up to one year at normal ambient temperatures with no permanent loss of capacity.

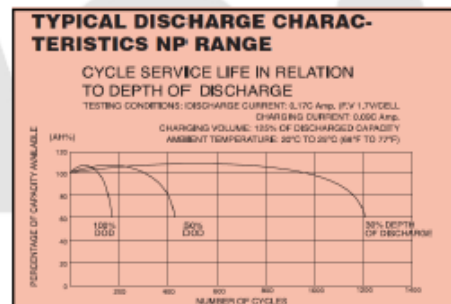
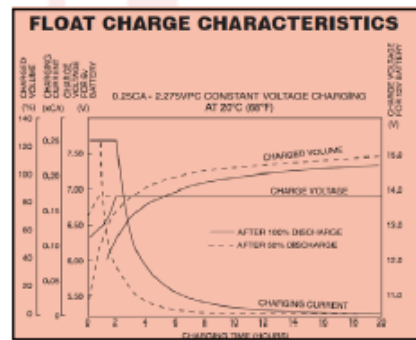
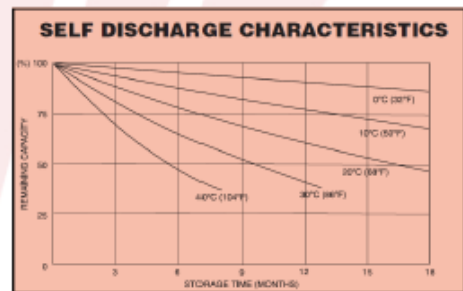
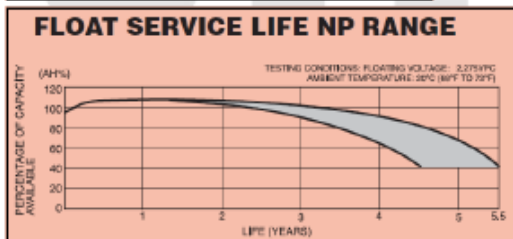
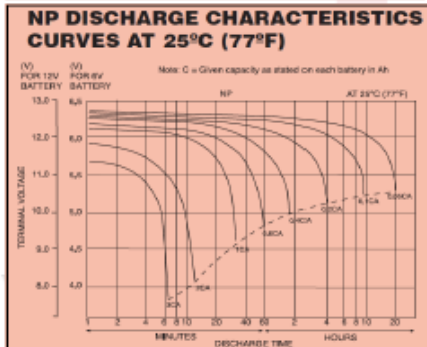
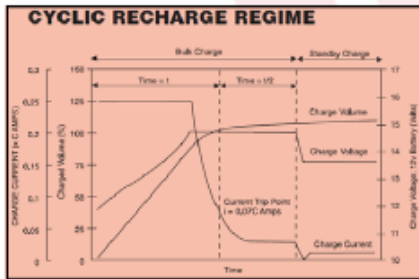
**Operating Temperature Range**

The batteries can be used over a broad temperature range permitting considerable flexibility in system design and location.

Charge - 15°C to 50°C

Discharge - 20°C to 60°C

Storage - 20°C to 50°C (fully charged battery)



Yuasa Battery Inc.  
2901 Montrose Ave  
Laureldale, PA 19605  
www.yuasabatteries.com

Registered number 1548820

Cat. No. NP7-12 January 08

Distributed by

