

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO

---

DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECHANICO PARA  
ALMACENAMIENTO DE ENERGIA QUE SE GENERA AL CAMINAR

---

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES

**AUTORES:**

Br. Otiniano Rodríguez, Jhony Iván  
Br. Sánchez Mendoza, Enzo Andre

**JURADO EVALUADOR:**

**Presidente:** Ms. Trujillo Silva, Marco Tulio

**Secretario:** Ms. De La Cruz Rodríguez, Oscar Miguel

**Vocal:** Ms. Gonzalez Cadenillas, Clayder Alejandro

**ASESOR:**

Ms. León Cerna, Alejandro Martin

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5465-7866>

TRUJILLO – PERÚ  
2022

Fecha de sustentación: 2022/12/13

## ACREDITACIONES

### “DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECHANICO PARA ALMACENAMIENTO DE ENERGIA QUE SE GENERA AL CAMINAR.”

Elaborado por

Br. Sánchez Mendoza Enzo André

Br. Otiniano Rodríguez, Jhony Iván

Aprobado por



---

Ms. MARCO T. TRUJILLO SILVA  
PRESIDENTE  
CIP N° 82929



---

Ms. OSCAR M. DE LA CRUZ RODRIGUEZ  
SECRETARIO  
CIP N° 85598



---

Ms. CLAYDER GONZALEZ CADENILLAS  
VOCAL  
CIP N° 240498



---

Ms. ALEJANDRO M. LEON CERNA  
ASESOR  
CIP N° 177967

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, quién creyó en mi alentándome y diciéndome: “tienes que terminar lo que has empezado y no mirar atrás”, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar la diferencia de nuestras opiniones.

A mi padre, por estar pendiente de mi avance en la universidad, mi estabilidad económica y la de mi familia. A la fecha me brinda su soporte a pesar de la distancia.

A mi tío Laiza, a quien quiero como un padre, por compartir momentos significativos conmigo, estar dispuesto a escucharme, ayudarme y siempre estar pendiente de mi bienestar.

A nuestro asesor, por estar atento al avance y desarrollo de la presente investigación. Gracias a su guía logramos alcanzar nuestro objetivo.

**Jhony Otiniano Rodriguez**

El presente trabajo lo dedico a mi madre que me ha apoyado mucho para poder seguir creciendo en el ámbito profesional con su amor y esfuerzo.

A mi padre que me ayudo a lo largo de esta etapa su sacrificio y trabajo para darme una carrera.

A mi esposa e hijo que son el motor de mi vida, que me alientan a seguir adelante profesionalmente con su amor, esfuerzo y apoyo moral.

**Enzo Sánchez Mendoza**

## AGRADECIMIENTO

El principal agradecimiento a Dios quién me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A mis padres (Walter y Evelia), quienes han creído en mí siempre, dándome soporte económico, ejemplos de superación, trabajo con esfuerzo y sacrificio. Me enseñaron a valorar todo lo que tengo, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y éxito.

A mis abuelos, tíos y hermanos; quienes me brindaron buenos consejos y guiaron por el camino correcto. Su cariño y afecto siempre estuvo ahí y hasta la fecha me siguen impulsando para ser mejor.

A la universidad UPAO, por haber permitido mi formación profesional en sus aulas. Después de años de esfuerzo, sacrificio y dedicación logré alcanzar mi objetivo. Me siento feliz porque aquí tuve a los mejores docentes y compañeros, a todos ellos gracias.

**Jhony Otiniano Rodriguez**

Agradezco a mi mamá, que me ayudo a que siguiera adelante con este nuevo reto profesional, alentándome desde siempre.

Agradezco a mi esposa por ayudarme y apoyarme al largo de este proyecto, siempre apoyándome en todo sentido para seguir adelante.

Agradezco a mi tía que me ayudo en los momentos difíciles y apoyo también para que continuara creciendo profesionalmente.

**Enzo Sánchez Mendoza**

## RESUMEN

El presente informe de investigación tuvo como objetivo almacenar la energía eléctrica de un sistema electromecánico formado por una baldosa y generador eléctrico tipo dínamo para convertir energía potencial que se genera al caminar en energía eléctrica, esto se dio por medio del efecto piezoeléctrico el cual tiene la función de convertir la energía mecánica de un objeto con masa en energía eléctrica renovable. El tipo de investigación fue aplicada y de nivel explicativo, debido a que trato de explicar las causas en distintas etapas del estudio, originando secuencias de causa y efecto, y el diseño de la investigación fue experimental. En los resultados podemos observar que se logró diseñar una baldosa piezoeléctrica a partir de la evaluación de los parámetros de masa de 80kg, 66kg, 51kg, 34kg, 23kg. Así mismo se halló la energía mecánica y se obtuvo (0.132J, 0.093J, 0.0539J, 0.026J, 0.00741J), y por último se determinó el número de pisadas necesarias para encender un LED de 2.2v, siendo el número de pisadas de 1197 para una masa de 80kg generando 158.4J de energía renovable.

**Palabras Clave:** Energía renovable, baldosa piezoeléctrica, efecto piezoeléctrico.

## ABSTRACT

The objective of this research report was to store the electrical energy of an electromechanical system formed by a tile and a dynamo-type electric generator to convert potential energy that is generated when walking into electrical energy, this occurred through the piezoelectric effect which has the function of converting the mechanical energy of an object with mass into renewable electrical energy. The type of research was applied and explanatory level, because I try to explain the causes at different stages of the study, originating sequences of cause and effect, and the research design was experimental. In the results we can see that it was possible to design a piezoelectric tile from the evaluation of the mass parameters of 80kg, 66kg, 51kg, 34kg, 23kg. Likewise, the mechanical energy was found and obtained (0.132J, 0.093J, 0.0539J, 0.026J, 0.00741J), and finally the number of steps necessary to turn on a 2.2v LED was determined, being the number of steps of 1197 for a mass of 80kg generating 158.4J of renewable energy.

**Keywords:** Renewable energy, piezoelectric tile, effect piezoelectric.

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, se pone a vuestra disposición el presente trabajo de tesis titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECHANICO PARA ALMACENAMIENTO DE ENERGIA QUE SE GENERA AL CAMINAR”**.

Esta investigación es el resultado de aplicar los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la universidad, perdonando de antemano posibles errores involuntarios en su desarrollo.

Trujillo, noviembre de 2022

Br. Jhony Iván Otiniano Rodríguez

Br. Enzo Andre Sánchez Mendoza

## ÍNDICE

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Problema de investigación .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Justificación del estudio .....	3
II. MARCO DE REFERENCIA .....	4
2.1. Antecedentes del estudio .....	4
2.2. Marco teórico .....	7
2.3. Marco conceptual .....	10
2.4. Sistema de hipótesis.....	11
III. METODOLOGÍA EMPLEADA .....	12
3.1. Tipo y nivel de investigación .....	12
3.2. Población y muestra del estudio.....	12
3.3. Diseño de investigación .....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de la investigación.....	13
3.5. Procesamiento y análisis de la investigación .....	14
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	29



CONCLUSIONES .....	31
RECOMENDACIONES .....	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
ANEXOS.....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de la variable independiente .....	11
Tabla 2: Operacionalización de la variable dependiente.....	11
Tabla 3: Características técnicas del step-up 2.5A .....	14
Tabla 4: Energía vs Carga .....	30
Tabla 5: Peso vs voltaje .....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Líneas de campo magnético .....	7
Figura 2: Funcionamiento de un Dínamo .....	9
Figura 3: Esquema de un Dínamo.....	10
Figura 4: Convertidor de voltaje DC-DC step-up 2.5A XL6009 .....	13
Figura 5: PCB de circuito de acumulación de energía .....	15
Figura 6: Prototipo de la baldosa para almacenamiento de energía .....	15
Figura 7: Prototipo e implementación de baldosa para almacenamiento de energía .....	16
Figura 8: Circuito experimental para toma de datos.....	16
Figura 9: Circuito de prueba triplicador de tensión con diodo rectificador .....	17
Figura 10: Circuito de prueba - triplicador de tensión con transistor BJT .....	17
Figura 11: Circuito de prueba - quintuplicador de tensión con transistor BJT .....	18
Figura 12: Circuito quintuplicador de tensión con transistor BJT y diodo rectificador .....	18
Figura 13: Circuito de prueba final .....	19
Figura 14: Circuito de prueba para una masa de 80kg .....	19
Figura 15: Circuito de prueba para una masa de 23kg .....	20
Figura 16: Respuesta del sistema para una estimulación continua.....	20
Figura 17: Respuesta del sistema para una masa de 80Kg $V_m=17.2v$ .....	21
Figura 18: Simulación en osciloscopio para una masa de 80kg.....	21
Figura 19: Respuesta del sistema para una masa de 66Kg $V_m=14.1v$ .....	22
Figura 20: Simulación en osciloscopio para una masa de 66kg.....	22
Figura 21: Respuesta del sistema para una masa de 51Kg $V_m=10.8v$ .....	23
Figura 22: Simulación en osciloscopio para una masa de 51kg.....	23
Figura 23: Respuesta del sistema para una masa de 34Kg $V_m=7.5v$ .....	24
Figura 24: Simulación en osciloscopio para una masa de 34kg.....	24
Figura 25: Respuesta del sistema para una masa de 23Kg $V_m=4.28v$ .....	25
Figura 26: Simulación en osciloscopio para una masa de 23kg.....	25
Figura 27 : Energía vs masa.....	30

## **I.INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Problema de investigación**

La energía eléctrica tiene una gran importancia en el desarrollo del ser humano, permite el funcionamiento de un sinnúmero de artefactos del uso diario en casa, iluminación pública, sector industrial, entre otros. El hombre y la sociedad dependen de este importante recurso y la gran demanda que crece cada año a nivel mundial, los lleva a optar por energías renovables y limpias que no dañen el medio ambiente y al mismo tiempo la generación de esta no se vea limitada, como sucede con los combustibles fósiles y otro tipo de energía no renovable, que al mismo tiempo ocasionan daños al planeta, ya sea, de forma directa o indirecta.

La energía renovable como bien conocemos tiene la gran ventaja de aprovechar a la naturaleza, para que sea el factor principal de la obtención de energía eléctrica. Así es como nacen la energía hidráulica, eólica, solar, entre otras. Observando rápidamente los grandes beneficios que aporta hacia la economía y el medio ambiente. Esto no impide que se busquen nuevas formas de generación de energía con el fin de aprovechar el entorno de cada situación que se requiera.

Entre 2009 y 2040, la demanda final de electricidad pasará de 17,91% a 28,24%. Según el informe NUMES (Nueva Matriz Energética Sostenible y Evaluación Ambiental Estratégica), el incremento de la demanda de energía eléctrica será suministrado por centrales térmicas de gas natural y, en menor medida, por centrales hidroeléctricas. A diferencia del Plan Energético Nacional 2014-2025, que estima un porcentaje de energía renovable igual al 18%, en el total de la energía primaria, en el 2025, el informe NUMES estima que, en 2040, la aportación de la energía renovable de origen hidráulico y de las energías renovables no convencionales apenas superarán el 27% del total de la oferta bruta interna de energía primaria en Perú. (Ríos, 2016, p.26)

En vista a un futuro el cual la demanda energética crecerá cada vez más, surgen nuevas tecnologías que sean de ayuda ante este caso,

como lo es el aprovechamiento de la energía potencial que se genera al caminar y convertirla en energía eléctrica para el uso de elementos de baja potencia como lo es la iluminación LED en espacios públicos. Por este motivo, se está iniciando la aplicación de almacenamiento de energía eléctrica con el uso de sistemas electromecánicos formados por una baldosa y generador eléctrico tipo dínamo para la transformación de energía potencia en eléctrica, pero, no se tiene acceso a este conocimiento sobre cómo es su funcionamiento.

Existe la empresa llamada Pavegen la cual usa esta tecnología y describe su funcionamiento básico, que inicia en el momento que una persona ejerce presión en una de las baldosas por medio de la masa de su cuerpo, haciendo que operen sus generadores y transformando aquella energía potencial en energía eléctrica (Pavegen, 2017). Lamentablemente no se pudo obtener la información acerca de cómo se capta y genera la energía eléctrica, ya que, los niveles de tensión y corriente son importantes para su posterior almacenamiento y uso. Se intentó solicitar esta información por medio de correos electrónicos enviados a la empresa misma (Anexo 1), pero no obtuvimos respuesta.

En la tesis desarrollada en la universidad Privada Antenor Orrego titulada “sistema electromecánico formado por una baldosa y generador eléctrico tipo dínamo para la conversión de energía potencial generada al caminar en energía eléctrica” se demostró que la baldosa genera niveles de tensión eléctrica del orden de los 4V, pero no se logró almacenar la Energía Eléctrica para su posterior uso.

En una de sus recomendaciones se indica el estudio de como almacenar esa energía para su posterior utilización.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivos General**

Almacenar la energía eléctrica de un sistema electromecánico formado por una baldosa y generador eléctrico tipo dínamo para convertir energía potencial que se genera al caminar en energía eléctrica.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar el circuito de adquisición de energía
- Diseñar el sistema de almacenamiento de energía
- Realizar las pruebas de diseño.
- Determinar los niveles de energía que se pueden almacenar por pisada.

### **1.3. Justificación del estudio**

El estudio de un sistema electromecánico formado por una baldosa y generador tipo dínamo dejará las bases de como transformar la energía potencial que inconscientemente generamos al caminar en energía eléctrica, estas bases pueden ser usadas para otro tipo de investigación de energía renovable en la que no solo se pueda adaptar para el tránsito de personas, sino también vehicular o ser parte integral de una tecnología la cual la use de forma eficiente.

Se aprovecharía mejor los recursos que nos rodean sin modificar o alterar el entorno ambiental como suelen hacerlo otro tipo de tecnologías renovables como lo es la energía hidráulica, eólica que se ven obligados a modificar su espacio o entorno ambiental como visual.

De esta manera también puede ser utilizado para alcanzar lugares geográficamente difíciles de llegar e inclusive difícil de instalar una red eléctrica convencional.

## II. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Antecedentes del estudio

Para validar esta investigación, se presenta los antecedentes de diversos estudios con referencia a la identificación de procesos, encontrados en tesis de grado de universidades nacionales y/o internacionales.

(Zavaleta & Cunia, 2020), en su tesis titulada: “Sistema Electromecánico formado por una baldosa y generador eléctrico tipo dínamo para la conversión de Energía Potencial generada al caminar en Energía Eléctrica”, se propuso explicar el comportamiento de un sistema electromecánico formado por una baldosa y generador eléctrico tipo dínamo para convertir energía potencial que se genera al caminar en energía eléctrica. El principal aporte al trabajo de investigación es conocer los niveles de voltaje, corriente y energía eléctrica que este sistema puede generar y la distribución de cada generador eléctrico.

(Obando, 2016), en su tesis titulada: “ Diagnóstico biomecánico de la energía producida por el movimiento del cuerpo humano en el pedaleo elíptico y su transformación en energía eléctrica para el Laboratorio de Energías Renovables de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, durante el año 2016”, se propuso realizar el diagnóstico biomecánico de la energía producida por el movimiento del cuerpo humano en el pedaleo elíptico y su transformación en energía eléctrica y así estudiar la transformación de la energía humana en energía útil (eléctrica), conteniendo un análisis detallado de la generación eléctrica a través del pedaleo en una bicicleta elíptica, la energía cinética del movimiento de miembros inferiores se la obtiene mediante una simulación como un mecanismo de 4 barras que cumple con la ley de Grashof (mecanismo manivela – balancín). Mediante la relación de transmisión piñón – cadena se origina el movimiento que hace funcionar un generador, del que se obtienen la energía eléctrica necesaria para proyectar un sistema de carga idóneo para dispositivos móviles de bajo voltaje, produciendo una carga máxima en el menor tiempo posible,

además se implementó un sistema de carga mediante un banco de baterías para así aprovechar esta energía cuando no se realicen ejercicios. Con el uso de programas informáticos, se obtuvieron gráficas, voltaje – tiempo; intensidad de corriente – tiempo, potencia – tiempo, a tiempo real en el circuito, los mismos que mediante vía USB, se almacena en una base de datos, mismo que servirán para cotejar con los datos calculados. El principal aporte al trabajo de investigación es obtener un análisis detallado de la generación eléctrica a través del pedaleo en una bicicleta elíptica.

(Nuñez, 2018), en su tesis titulada: “Aprovechamiento de la tecnología piezoeléctrica para la generación de energía eléctrica en la pista de baile de la discoteca la cayet – distrito de soritor – Departamento de San Martin”, se propuso la implementación de la tecnología piezoeléctrica como una alternativa energética para la pista de baile de la discoteca la CAYET, para generar energía eléctrica a partir de la fuerza ejercida en cada pisada de las personas que acuden a este localailable, para iluminar sus ambientes. Conociendo, que se trabajará en un área de 15 m<sup>2</sup> en la pista de baile de la discoteca LA CAYET donde permanecen en promedio 75 personas de 65 kg aproximadamente, liberan 4806,76 Joule de energía mecánica, lo que será aprovechado por los generadores piezoeléctricos.

Debido a que la demanda energética de la discoteca LA CAYET va en crecimiento motivado por la preocupación de brindar un mejor servicio. El principal aporte al trabajo de investigación es la implementación de esta energía renovable la cual además de contribuir a la reducción del calentamiento global por consumo de energía convencional, reducirá los montos de la factura mensual por consumo energético de la red eléctrica existente.

(Peña & Nieto, 2016), en su tesis titulada: “Diseño de un sistema de conversión de energía mecánica a eléctrica a partir de dos máquinas de gimnasio (Elíptica y bicicleta estática)”, se propuso estudiar las bicicletas estáticas y elípticas la cual indica que son un medio eficaz para la generación de energía eléctrica, por medio de su movimiento de



manivela con el cual se desarrolla el ejercicio en cada máquina. La investigación llegó al siguiente resultado, la conversión de energía mecánica a eléctrica utilizando su mecanismo puede producir de 300 a 400 Watts como máxima potencia. El principal aporte al trabajo de investigación es el aprovechamiento de energía mecánica obtenida de los seres humanos lo cual produce energía eléctrica por lo tanto nos dio a entender que es una alternativa muy efectiva.

(Saavedra, 2019) en su tesis titulada: “Diseño e implementación de un sistema para mejorar la autonomía en un scooter eléctrico en base a energía electromagnética”, se propuso implementar un sistema para mejorar la autonomía en un scooter eléctrico en base a energía electromagnética. La investigación llegó al siguiente resultado, la instalación del sistema diseñado permitió obtener una mejora significativa en la autonomía del scooter eléctrico, con un mínimo de 23.81% y un máximo de 42.42% lo cual representa distancias de 5 Km y 14 Km adicionales respectivamente logrando mejorar la distancia recorrida. El principal aporte al trabajo de investigación es el diseño e instalación a base de cuatro dinamos, que se utilizara para la distribución de nuestros generadores.

(Gordillo & Jaramillo, 2014), en su artículo titulado “Diseño e implementación de una mochila de carga suspendida, para generación de energía eléctrica, aprovechando las oscilaciones mecánicas generadas al caminar”, se propuso diseñar una mochila conformada por un marco rígido, atado a la espalda del usuario, y, una placa de carga, suspendida del marco a través de resortes. A medida que la persona camina, la placa se desliza hacia arriba y hacia abajo del marco. Este movimiento activa una placa dentada, que acciona un generador eléctrico. El principal aporte del artículo de investigación es la implementación de prototipos de harvesting de energía al caminar, enfrenta retos mecánicos, eléctricos, electrónicos, y, otros de diversa índole, razón por la cual es necesario conformar equipos de trabajo multidisciplinarios.

## 2.2. Marco teórico

### Fuerza electromotriz:

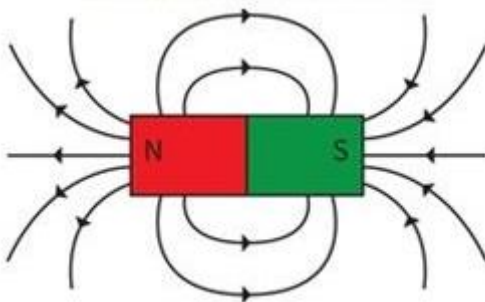
Según (Arrayás & Trueba, 2007), en su libro “Electromagnetismo, Circuitos y Semiconductores” (2007) para mantener físicamente una corriente eléctrica primero necesitamos establecer un circuito formado por cables conductores y dispositivos. En segundo lugar, necesitamos un campo eléctrico para que mueva las cargas libres para que haya flujo. Sabemos que un circuito es un camino cerrado en la cual debe existir un campo eléctrico para poder generar corriente. Los dispositivos que alimentan con energía a los circuitos se llaman fuentes de fuerza electromotriz, fuentes de voltaje o generadores eléctricos.

### Campo Magnético:

Según (Gavidia, 2002), en sus apuntes “Campos Magnéticos” (2002), El símbolo “B” se ha usado para representar un campo magnético. Como bien sabemos la dirección del campo magnético se puede trazar con un imán de barra y ayudándonos con una brújula, Muchas veces hemos visto imágenes de cómo se comporta las líneas de campo magnético fuera del imán apuntan alejándose de los polos norte y acercándose a los polos sur esos patrones se pueden visualizar con la ayuda de limaduras de hierro.

Los campos magnéticos son producidos por cargas en movimiento, es decir, por corrientes eléctricas, o bien por imanes permanentes. Por lo tanto, toda corriente eléctrica origina un campo magnético asociado.

Figura 1: Líneas de campo magnético



Fuente: [https://www.areatecnologia.com/La\\_dinamo.htm](https://www.areatecnologia.com/La_dinamo.htm)

La intensidad del campo magnético ( $H$ ) que cae en un punto es igual a un vector que representa la fuerza ejercida sobre un elemento de corriente en dicho punto.

El campo magnético se define como " $B$ " y en términos de fuerza magnética como  $F_b$  que el campo ejerce sobre un objeto de prueba, que en este caso es una partícula cargada que se mueve a una velocidad " $V$ ". Si no hubiera campos eléctricos o gravitacionales en la región del objeto se dieran los siguientes resultados:

- La magnitud  $F_b$  de la fuerza magnética que se ejerce sobre una partícula es igual a la carga " $q$ " y a la velocidad " $v$ " de la partícula.
- La magnitud y dirección de  $F_b$  es dependiente de la velocidad de la partícula, dirección y magnitud del campo " $B$ ".
- Cuando una partícula con carga se desplaza de forma paralela con el vector de campo magnético, la fuerza magnética que recae sobre la partícula es 0.
- En el momento que el vector velocidad forma un ángulo diferente de 0 con el campo magnético, la fuerza magnética reacciona en una dirección perpendicular en " $v$ " y " $B$ "; por lo tanto,  $F_b$  es perpendicular al plano que fue formado por  $v$  y  $B$ .
- La fuerza magnética que se ejerce en una carga positiva está en dirección contraria a la dirección de la fuerza magnética accionada en una carga negativa que se desplaza en la misma dirección.

## Inducción Magnética:

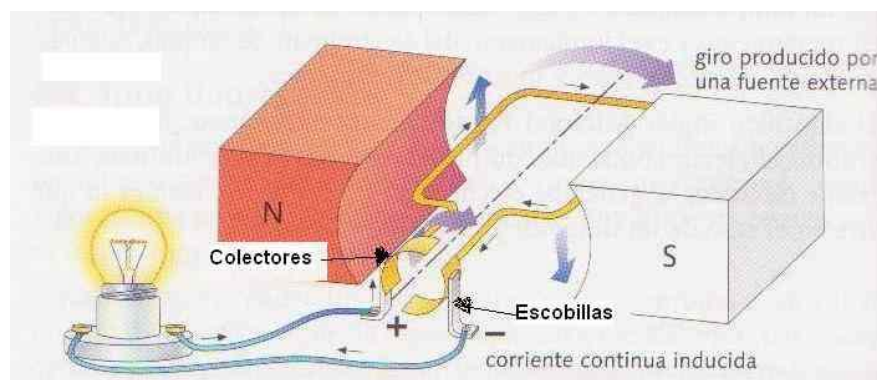
Según Moreno F., en su documento Interacción Electromagnética (2011), “El campo magnético ininterrumpido origina una fuerza magnética sobre una corriente eléctrica. Si no existe una corriente eléctrica, de la misma forma no existe una fuerza magnética.

Una corriente eléctrica que atraviesa un conductor produce un campo magnético. La inducción electromagnética produce una corriente eléctrica sobre un circuito como respuesta de la alteración de un campo magnético.

## Dínamo:

Según la Fundación ENDESA, en su publicación El Generador Eléctrico (2020), el generador de corriente continua o también conocido como dínamo, se describe como una máquina eléctrica rotativa la cual genera energía mecánica y la transforma en energía eléctrica. Una de las características de los dínamos es que pueden ser utilizados como generador o como motor, es decir, son máquinas reversibles.

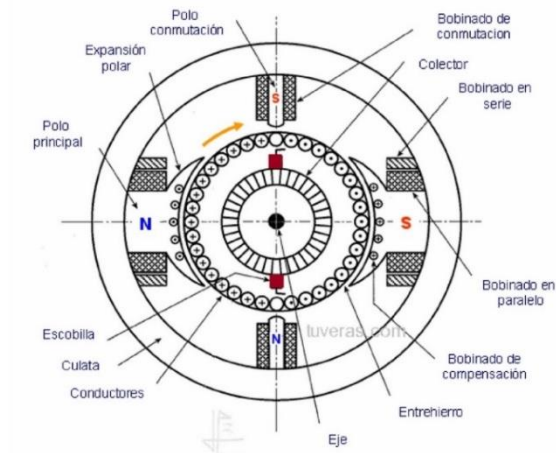
Figura 2: *Funcionamiento de un Dínamo*



Fuente: [https://www.areatecnologia.com/La\\_dinamo.htm](https://www.areatecnologia.com/La_dinamo.htm)

En general un dínamo está compuesto por los siguientes elementos:

Figura 3: *Esquema de un Dínamo*



Fuente: <https://www.desenfunda.com>

### 2.3. Marco conceptual

- **Energía potencial**

Es la energía que almacena un objeto la cual depende de su posición con otros objetos o de que haya un campo de fuerza dentro del mismo.

- **Generador eléctrico**

Es un mecanismo que puede transformar la energía mecánica en eléctrica.

- **Dínamo**

Elemento mecánico que tiene la finalidad de convertir energía mecánica en eléctrica o viceversa.

- **Baldosa**

Pieza usada en suelo o pared, fabricadas de cerámica, piedra o mármol, la cual es fina por lo general, pulida y con forma rectangular o cuadrada.

## 2.4. Sistema de hipótesis

El diseño de un sistema electromecánico formado por una baldosa y generador tipo dínamo que se genera al caminar permite almacenar energía eléctrica.

### Variables de Operacionalización de Variables

**Variable independiente:** Diseño del Sistema de almacenamiento de energía

**Variable dependiente:** Acumulación de energía eléctrica.

### Operacionalización de Variables

Tabla 1: *Operacionalización de la variable independiente*

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO
Diseño del sistema de almacenamiento de energía	Comprende los métodos para conservar en la medida de lo posible una cierta cantidad de energía en cualquier forma, para utilizarla cuando se requiera.	Parámetros de almacenamiento	Diagrama eléctrico		Lista de cotejo
			Tipo de acumulador		Lista de cotejo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO
Acumulación de energía	Comprende los métodos para conservar en la medida de lo posible una cierta cantidad de energía en cualquier forma, para utilizarla cuando se requiera.	Parámetros de almacenamiento	Cantidad de energía almacenada por pisada  Eficiencia del almacenamiento	Watt/s  -----	Lista de cotejo  Lista de cotejo

Fuente: Elaboración propia

### III. METODOLOGÍA EMPLEADA

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

##### Tipo de investigación

Aplicada: A partir de conocimientos establecidos se dará solución a un problema planteado

##### Nivel de investigación

Explicativo

#### 3.2. Población y muestra del estudio

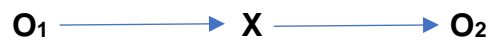
##### 3.2.1. Población

Baldosa formada por generador eléctrico tipo dínamo desarrollada en la tesis de Zavaleta, I., & Cunia, A. (2020).

##### 3.2.2. Muestra

Baldosa formada por generador eléctrico tipo dínamo desarrollada en la tesis de Zavaleta, I., & Cunia, A. (2020).

### 3.3. Diseño de investigación



Leyenda:

**O<sub>1</sub>**: Diseño del sistema electromecánico

**X**: Generación de energía al caminar

**O<sub>2</sub>**: Almacenamiento de energía

### 3.4. Técnicas e instrumentos de la investigación

#### 3.4.1. Técnicas

Observación: Se realizará el monitoreo del comportamiento de la señal que genera el sistema electromecánico para los diferentes casos, los cuales se usarán distintos condensadores en el circuito.

#### 3.4.2. Instrumentos

Reporte de pruebas de la baldosa respecto a voltaje y corriente.

Lista de cotejo de la cantidad de energía almacenada por pisada.

Figura 4: *Convertidor de voltaje DC-DC step-up 2.5A XL6009*



Fuente: Naylamp Mechatronics - Perú



Tabla 3: *Características técnicas del step-up 2.5A*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo: DSN6000AUD</li> <li>• Regulador de voltaje switching DC-DC</li> <li>• Convertidor DC-DC Boost: XL6009</li> <li>• Voltaje de entrada: 3.5V a 32V DC</li> <li>• Voltaje de salida: 1.25V a 35V DC</li> <li>• V. Salida ajustable (Regulable por trimmer)</li> <li>• Corriente de salida: 1.5A máx.</li> <li>• Potencia de salida: 7W</li> <li>• Eficiencia de conversión: 94% máx.</li> <li>• Regulación de carga: <math>S(I) \leq 0.5\%</math>.</li> <li>• Regulación de voltaje: <math>S(u) \leq 0.5\%</math>.</li> <li>• Ripple de salida : 50mV</li> <li>• Frecuencia de Switching: 400KHz</li> <li>• Protección de sobre-temperatura: SI (apaga la salida)</li> <li>• Protección de corto circuito: NO</li> <li>• Protección limitadora de corriente: SI (4A)</li> <li>• Protección frente a inversión de polaridad: NO</li> <li>• Temperatura de trabajo : -40 °C ~ +85 °C</li> <li>• Dimensiones: 54mm*23mm*12mm</li> </ul>

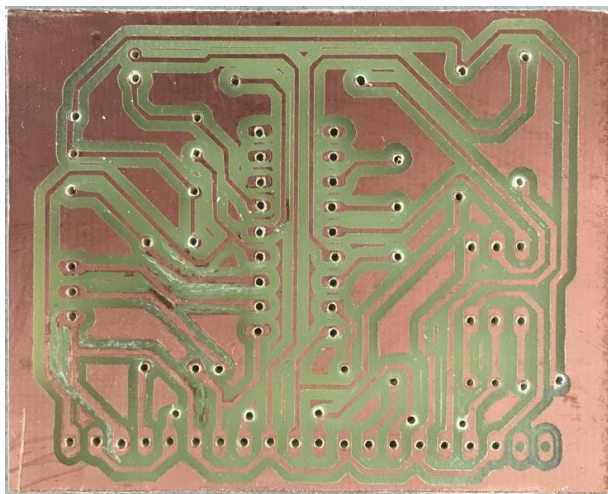
### 3.5. Procesamiento y análisis de la investigación

- Software de adquisición de datos
- Gráficos estadísticos
- Tablas de valores de voltaje por intervalo de tiempo

A continuación, se presenta el circuito propuesto para el desarrollo de la investigación.

En la siguiente figura se observa el PCB del circuito utilizado para acumulación de energía al caminar.

Figura 5: *PCB de circuito de acumulación de energía*



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa el prototipo de la baldosa utilizado para acumulación de energía al caminar.

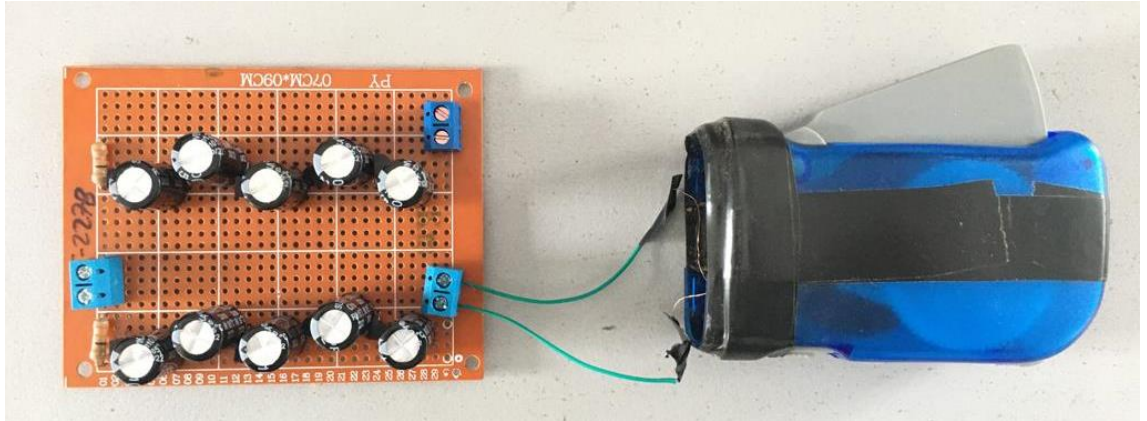
Figura 6: *Prototipo de la baldosa para almacenamiento de energía*



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa el Prototipo e implementación de baldosa para almacenamiento de energía al caminar.

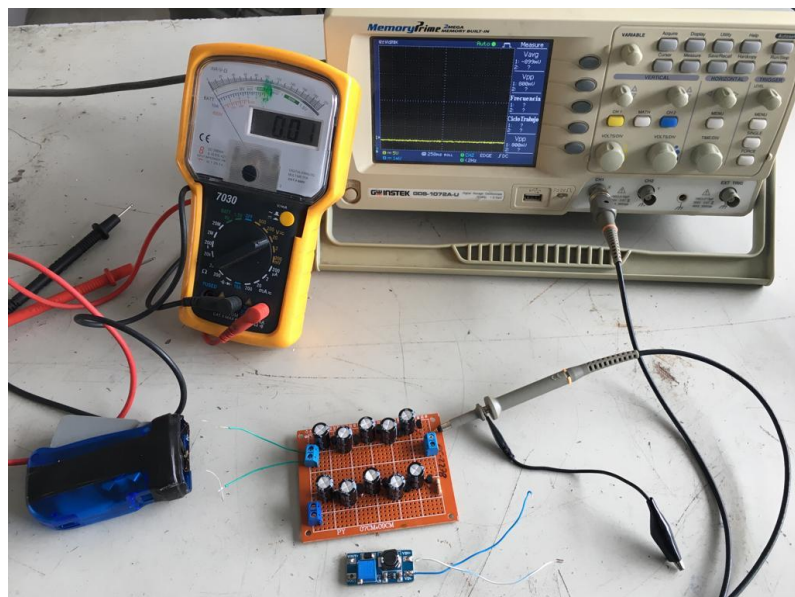
Figura 7: *Prototipo e implementación de baldosa para almacenamiento de energía*



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa el circuito experimental de la baldosa para realizar la toma de datos.

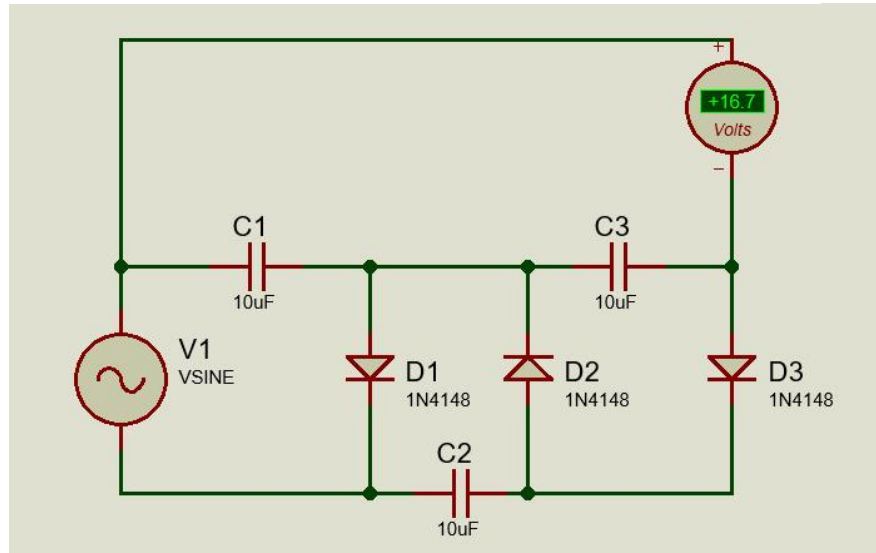
Figura 8: *Circuito experimental para toma de datos*



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa el circuito triplicador de tensión utilizando diodos rectificadores.

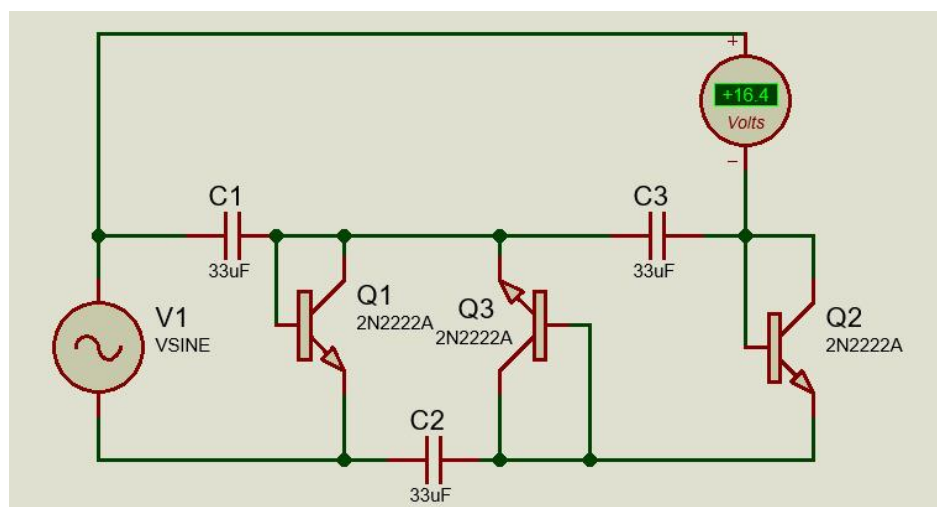
Figura 9: *Circuito de prueba triplicador de tensión con diodo rectificador*



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa el circuito triplicador de tensión utilizando transistor BJT.

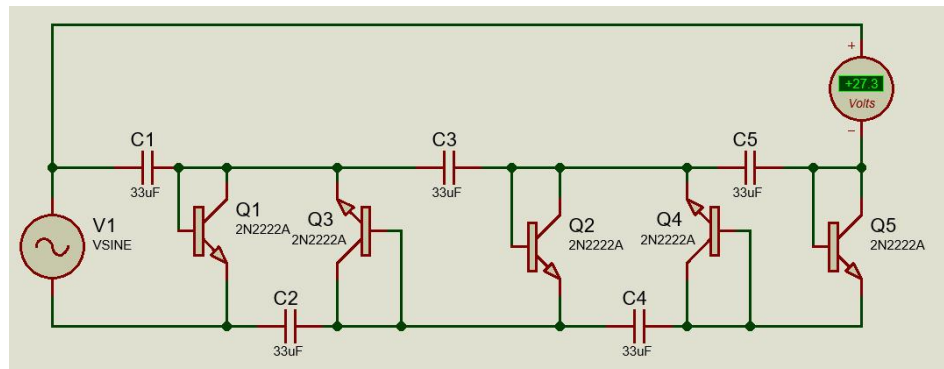
Figura 10: *Circuito de prueba - triplicador de tensión con transistor BJT*



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa el circuito quintuplicador de tensión utilizando transistores BJT.

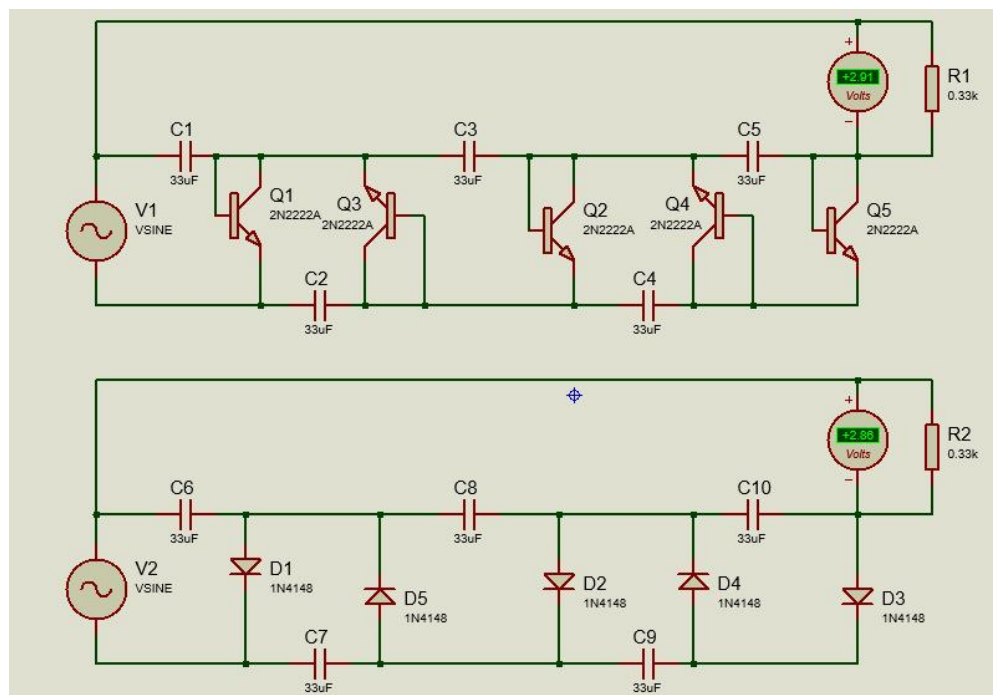
Figura 11: *Circuito de prueba - quintuplicador de tensión con transistor BJT*



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa el circuito quintuplicador de tensión utilizando transistores BJT y diodos rectificadores.

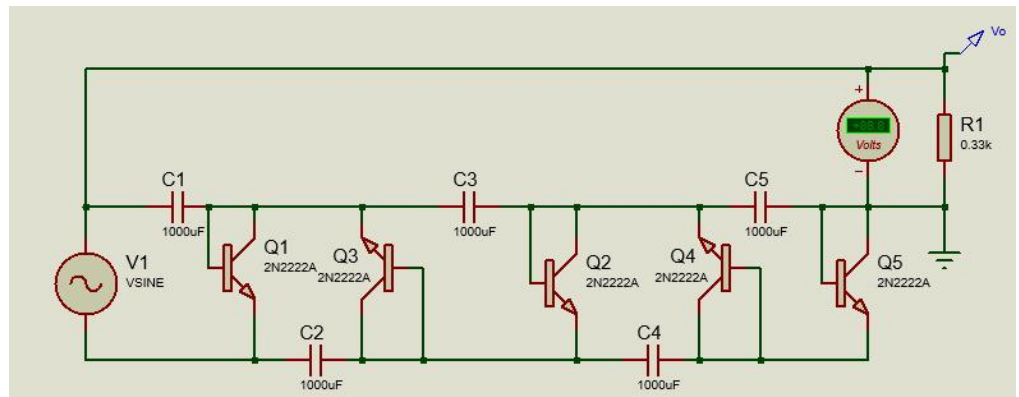
Figura 12: *Circuito quintuplicador de tensión con transistor BJT y diodo rectificador*



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa el circuito de prueba final utilizando transistores BJT para la simulación utilizando el software PROTEUS y toma de datos de forma experimental para masas de 80kg, 66kg, 51kg, 34kg y 23kg.

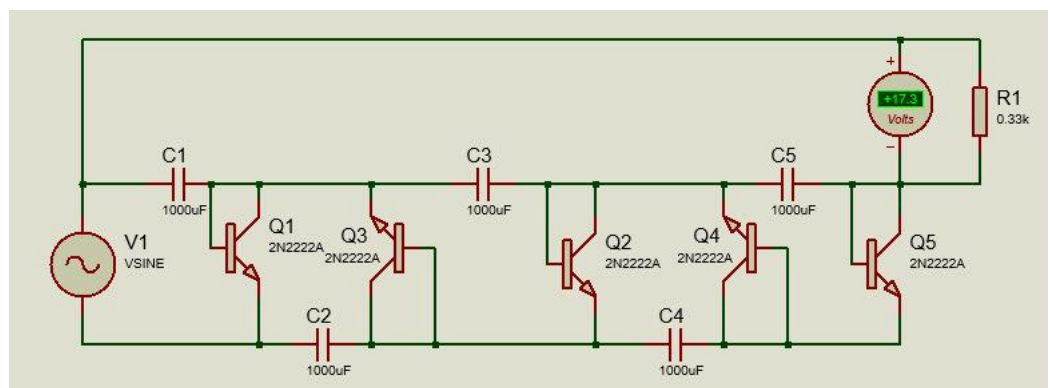
Figura 13: *Circuito de prueba final*



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa el circuito de prueba utilizando transistores BJT para la simulación utilizando el software PROTEUS y toma de datos de forma experimental para una masa de 80kg.

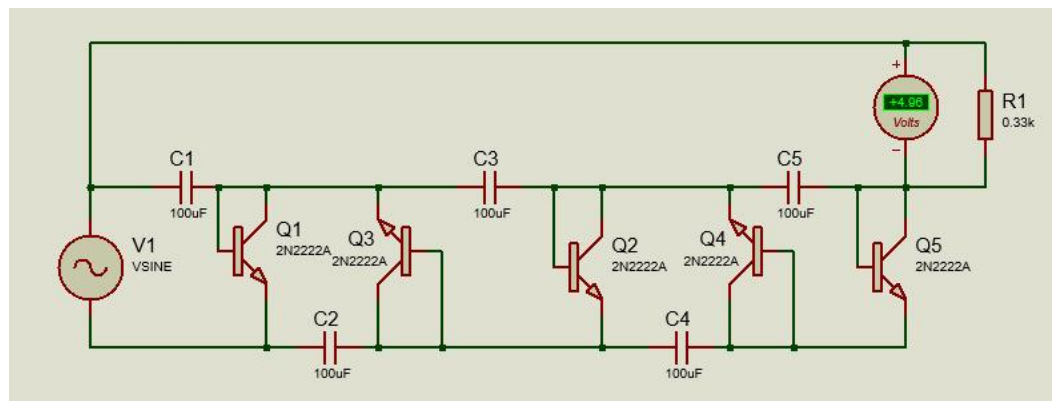
Figura 14: *Circuito de prueba para una masa de 80kg*



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa el circuito de prueba utilizando transistores BJT para la simulación utilizando el software PROTEUS y toma de datos de forma experimental para una masa de 23kg.

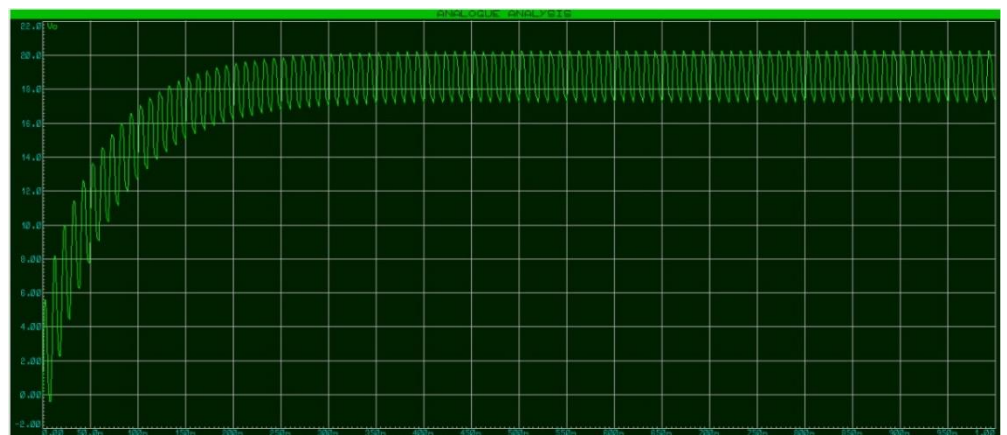
Figura 15: *Circuito de prueba para una masa de 23kg*



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa la respuesta del sistema para una estimulación continua utilizando el software de simulación PROTEUS.

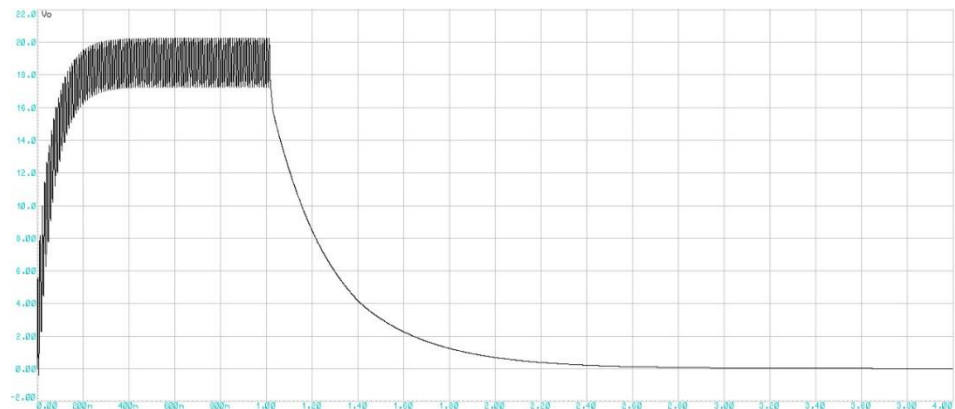
Figura 16: *Respuesta del sistema para una estimulación continua*



Fuente: Elaboración propia

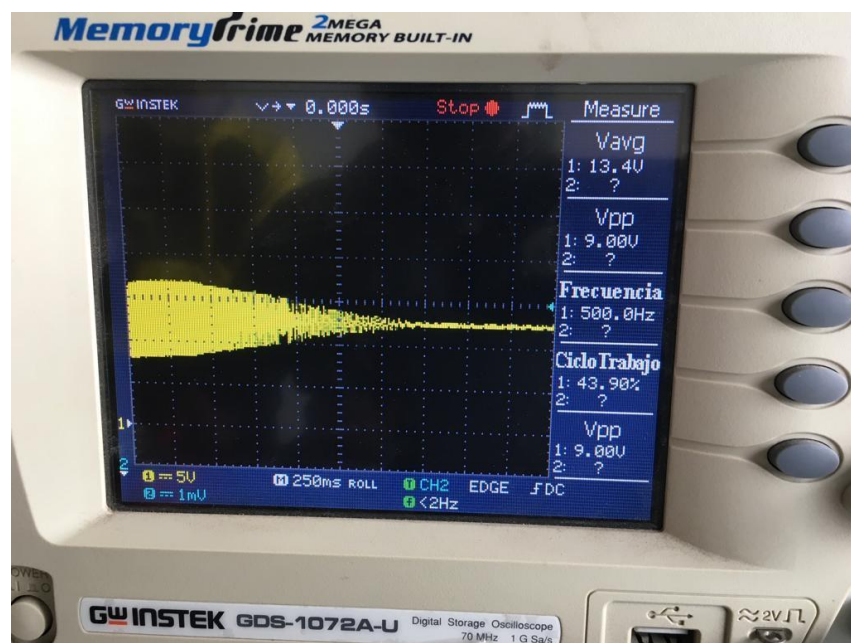
En la siguiente figura se observa la respuesta del sistema para una masa de 80kg y  $V_m=17.2v$ , utilizando el software de simulación PROTEUS.

Figura 17: Respuesta del sistema para una masa de 80Kg  $V_m=17.2v$



Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Simulación en osciloscopio para una masa de 80kg

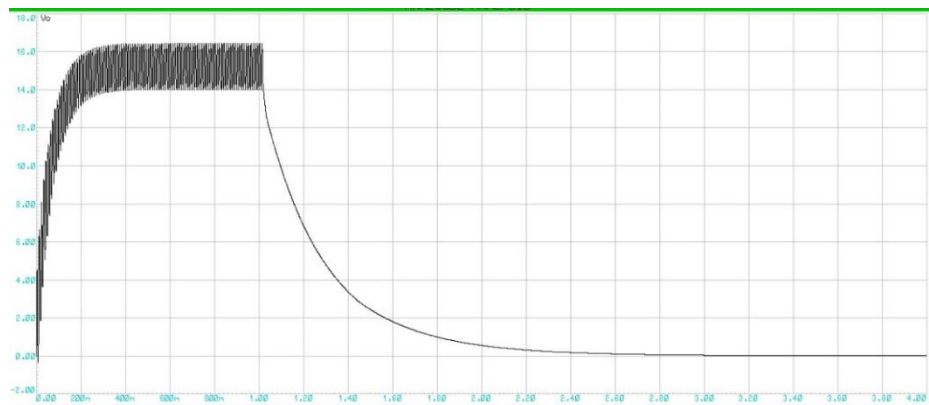


Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa la respuesta del sistema para una masa de 66kg y  $V_m=14.1v$ , utilizando el software de simulación PROTEUS.



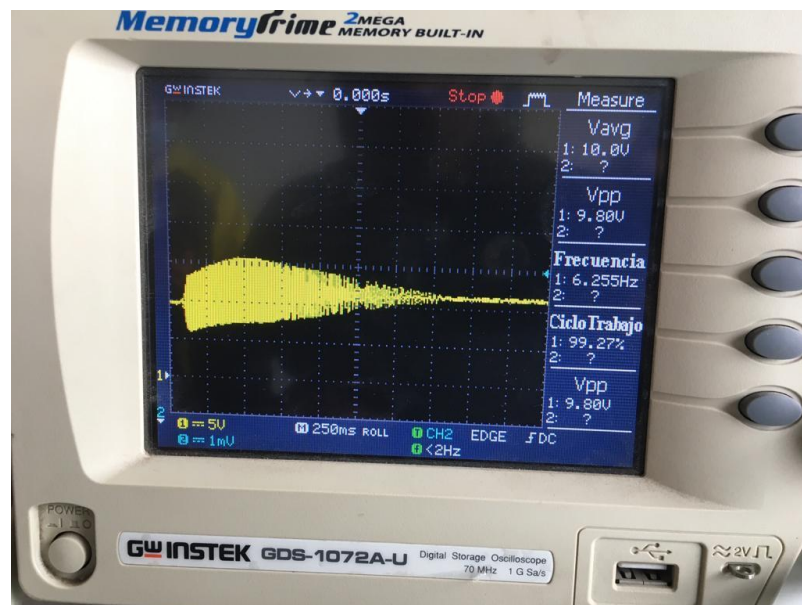
Figura 19: Respuesta del sistema para una masa de 66Kg  $V_m=14.1v$



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa la respuesta del sistema para una masa de 66kg, utilizando el osciloscopio.

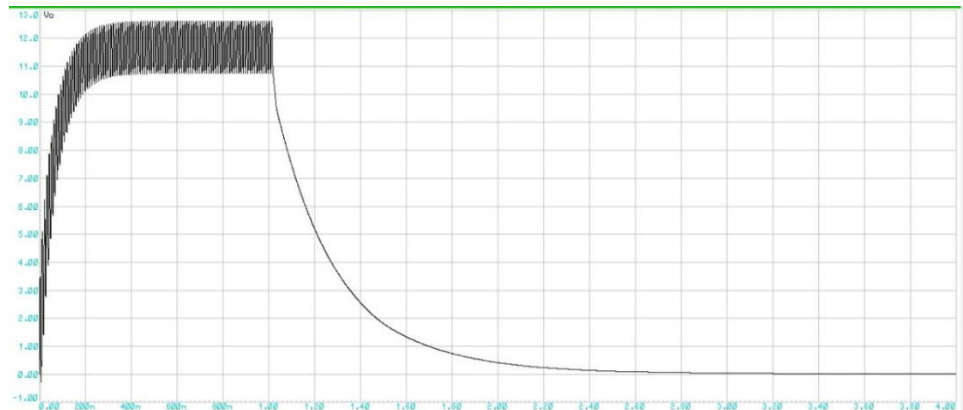
Figura 20: Simulación en osciloscopio para una masa de 66kg



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa la respuesta del sistema para una masa de 51kg y  $V_m=10.8v$ , utilizando el software de simulación PROTEUS.

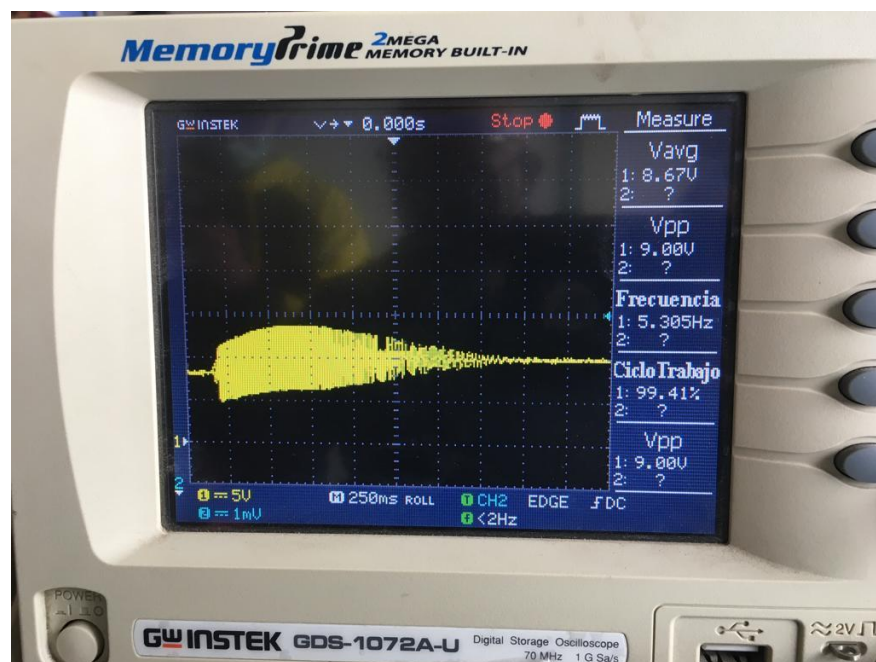
Figura 21: Respuesta del sistema para una masa de 51Kg  $V_m=10.8v$



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa la respuesta del sistema para una masa de 51kg, utilizando el osciloscopio.

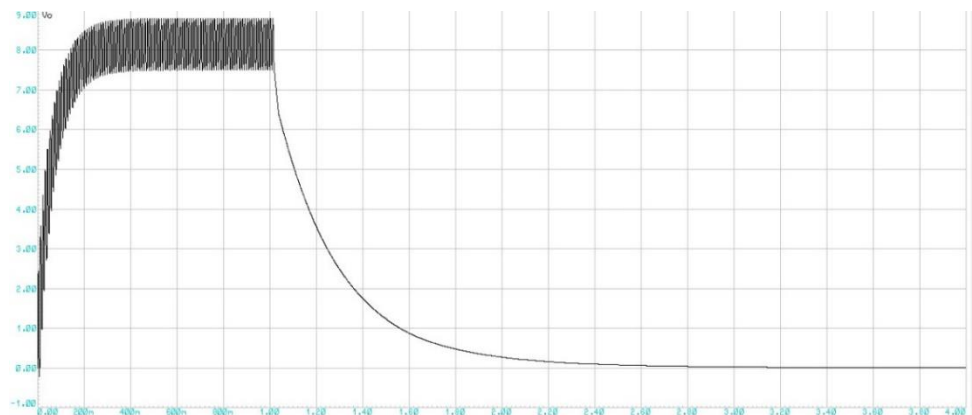
Figura 22: Simulación en osciloscopio para una masa de 51kg



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa la respuesta del sistema para una masa de 34kg y  $V_m=7.5v$ , utilizando el software de simulación PROTEUS.

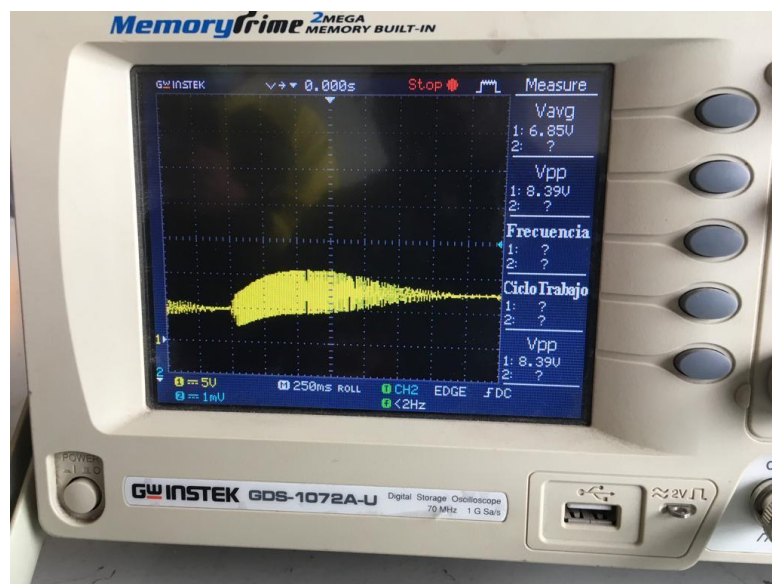
Figura 23: Respuesta del sistema para una masa de 34Kg  $V_m=7.5v$



Fuente: Elaboración propia

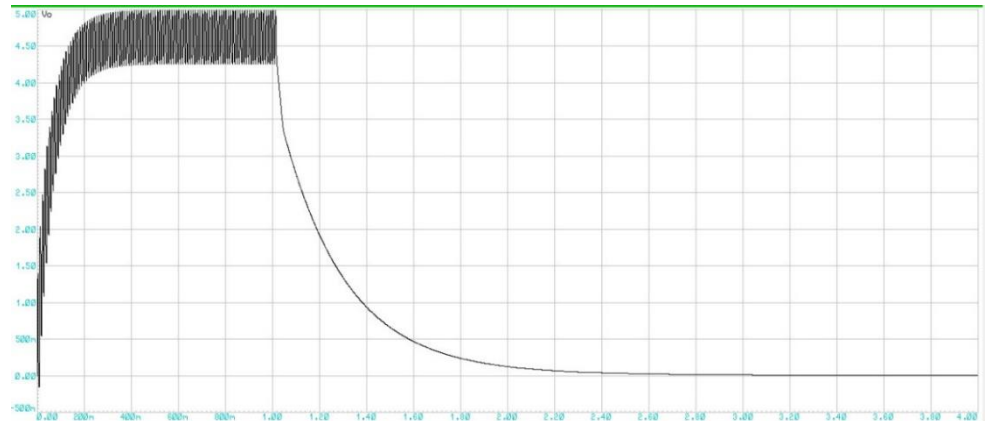
En la siguiente figura se observa la respuesta del sistema para una masa de 34kg, utilizando el osciloscopio.

Figura 24: Simulación en osciloscopio para una masa de 34kg



En la siguiente figura se observa la respuesta del sistema para una masa de 23kg y  $V_m=4.28v$ , utilizando el software de simulación PROTEUS.

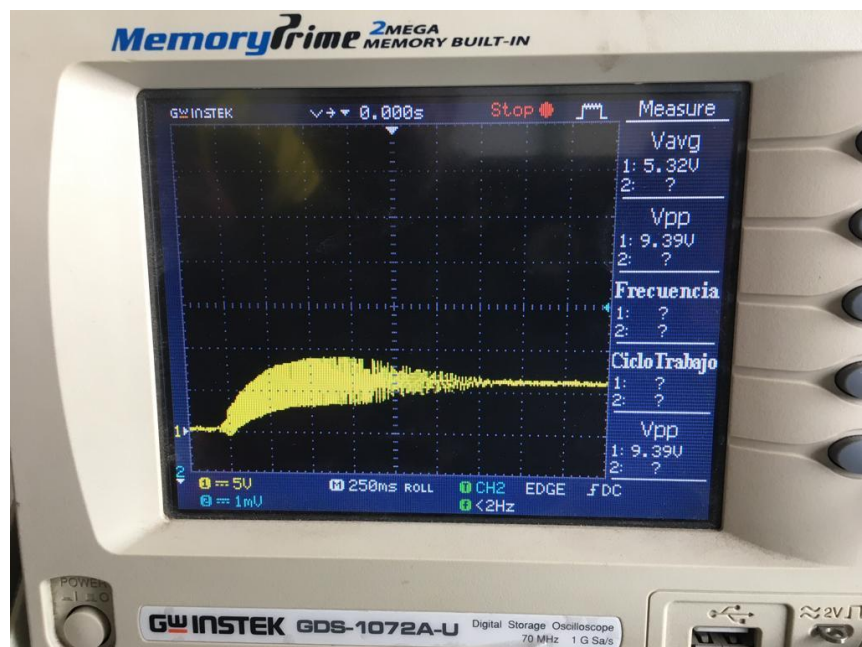
Figura 25: Respuesta del sistema para una masa de 23Kg  $V_m=4.28v$



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se observa la respuesta del sistema para una masa de 23kg, utilizando el osciloscopio.

Figura 26: Simulación en osciloscopio para una masa de 23kg



Fuente: Elaboración propia

#### IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

##### Cálculo de la energía almacenada:

Para 80kg, De la figura 17 (*Respuesta del sistema para una masa de 80Kg*  $V_m=17.2v$ ) se obtiene  $f(t)$  que es el voltaje en función del tiempo y el valor de 8 voltios es el valor del voltaje para un  $t = 1/5s$ .  $a =$  constante de tiempo,  $E$  representa la energía en Joule y  $R =$  Resistencia en ohms.

$$f(t) = 20e^{-at}, \quad f\left(\frac{1}{5}\right) = 8 = 20e^{-\frac{a}{5}}; \quad a = 5\text{Ln}\left(\frac{20}{8}\right) = \text{Ln}\left(\frac{5}{2}\right)^5$$

$$a = \text{Ln}\left(\frac{5}{2}\right)^5 =$$

$$f(t) = 20e^{-\text{Ln}\left(\frac{5}{2}\right)^5 t} = 20\left(\frac{5}{2}\right)^{-5t}$$

$$E = \int_0^{\frac{3}{2}} \frac{(20e^{-at})^2}{R} dt = \frac{20^2}{330} \int_0^{\frac{3}{2}} e^{-2at} dt = \frac{20^2}{330} \left( \frac{e^{-2at}}{-2a} \right) \Bigg|_0^{\frac{3}{2}}$$

$$\frac{20^2}{330(2a)} \left( 1 - e^{-\frac{2a3}{2}} \right) = \frac{20^2}{330(2a)} (1 - e^{-3a}) \text{Joule} = 0,13228551 \text{ Joule}$$

Finalmente, para una masa de 80kg genera  $0,13228551 \text{ Joule}$

Para 66kg, De la figura 19 (*Respuesta del sistema para una masa de 66Kg*  $V_m=14.1v$ ) se obtiene  $f(t)$  que es el voltaje en función del tiempo y el valor de 7 voltios es el valor del voltaje para un  $t = 1/5s$ .  $a =$  constante de tiempo,  $E$  representa la energía en Joule y  $R =$  Resistencia en ohms.

$$f(t) = 16e^{-at}, \quad f\left(\frac{1}{5}\right) = 7 = 16e^{-\frac{a}{5}}; \quad a = 5\text{Ln}\left(\frac{16}{7}\right) = \text{Ln}\left(\frac{16}{7}\right)^5$$

$$a = \text{Ln}\left(\frac{16}{7}\right)^5$$

$$f(t) = 16e^{-\text{Ln}\left(\frac{16}{7}\right)^5 t} = 16\left(\frac{16}{7}\right)^{-5t}$$

$$E = \int_0^{\frac{3}{2}} \frac{(16e^{-at})^2}{R} dt = \frac{16^2}{330} \int_0^{\frac{3}{2}} e^{-2at} dt = \frac{16^2}{330} \left( \frac{e^{-2at}}{-2a} \right) \Bigg|_0^{\frac{3}{2}}$$

$$= \frac{16^2}{330(2a)} \left( 1 - e^{-\frac{2a3}{2}} \right) = \frac{16^2}{330(2a)} (1 - e^{-3a}) \text{Joule} = 0,0938399 \text{ Joule}$$

**Finalmente**, para una masa de 66kg genera *0,0938399Joule*

**Para 51kg**, De la figura 21 (*Respuesta del sistema para una masa de 51Kg*  $V_m=10.8v$ ) se obtiene  $f(t)$  que es el voltaje en función del tiempo y el valor de 5.1 voltios es el valor del voltaje para un  $t = 1/5s$ .  $a =$  constante de tiempo,  $E$  representa la energía en Joule y  $R =$  Resistencia en ohms.

$$f(t) = 12.8e^{-at}, \quad f\left(\frac{1}{5}\right) = 5.1 = 12.8e^{-\frac{a}{5}}; \quad a = 5Ln\left(\frac{12.8}{5.1}\right)$$

$$= Ln\left(\frac{12.8}{5.1}\right)^5$$

$$a = Ln\left(\frac{12.8}{5.1}\right)^5$$

$$f(t) = 12.8e^{-Ln\left(\frac{12.8}{5.1}\right)^5 t} = 12.8\left(\frac{12.8}{5.1}\right)^{-5t}$$

$$E = \int_0^{\frac{3}{2}} \frac{(12.8e^{-at})^2}{R} dt = \frac{12.8^2}{330} \int_0^{\frac{3}{2}} e^{-2at} dt =$$

$$\frac{12.8^2}{330} \left( \frac{e^{-2at}}{-2a} \right) \Bigg|_0^{\frac{3}{2}} = \frac{12.8^2}{330(2a)} \left( 1 - e^{-\frac{2a \cdot 3}{2}} \right) = \frac{12.8^2}{330(2a)} (1 - e^{-3a}) \text{Joule}$$

$$= \mathbf{0,05395369Joule}$$

**Finalmente**, para una masa de 51kg genera *0,05395369Joule*

**Para 34kg** De la figura 23 (*Respuesta del sistema para una masa de 34Kg*  $V_m=7.5v$ ) se obtiene  $f(t)$  que es el voltaje en función del tiempo y el valor de 3.6 voltios es el valor del voltaje para un  $t = 1/5s$ .  $a =$  constante de tiempo,  $E$  representa la energía en Joule y  $R =$  Resistencia en ohms.

$$f(t) = 8.8e^{-at}, \quad f\left(\frac{1}{5}\right) = 3.6 = 8.8e^{-\frac{a}{5}}; \quad a = 5Ln\left(\frac{8.8}{3.6}\right) = Ln\left(\frac{8.8}{3.6}\right)^5$$

$$a = Ln\left(\frac{8.8}{3.6}\right)^5$$

$$\begin{aligned}
 f(t) &= 8.8e^{-\text{Ln}\left(\frac{8.8}{3.6}\right)^5 t} = 8.8\left(\frac{8.8}{3.6}\right)^{-5t} \\
 E &= \int_0^{\frac{3}{2}} \frac{(8.8e^{-at})^2}{R} dt = \frac{8.8^2}{330} \int_0^{\frac{3}{2}} e^{-2at} dt = \\
 &\frac{8.8^2}{330} \left( \frac{e^{-2at}}{-2a} \right) \Big|_0^{\frac{3}{2}} = \frac{8.8^2}{330(2a)} \left( 1 - e^{-\frac{2a3}{2}} \right) \\
 &= \frac{8.8^2}{330(2a)} (1 - e^{-3a}) \text{Joule} = \mathbf{0,02625438\text{Joule}}
 \end{aligned}$$

**Finalmente**, para una masa de 34kg genera  $0,02625438\text{Joule}$

**Para 23kg**, De la figura 25 (**Respuesta del sistema para una masa de 23Kg**  $V_m=4.28v$ ) se obtiene  $f(t)$  que es el voltaje en función del tiempo y el valor de 1.8 voltios es el valor del voltaje para un  $t = 1/5s$ .  $a =$  constante de tiempo, E representa la energía en Joule y  $R =$  Resistencia en ohms.

$$\begin{aligned}
 f(t) &= 5e^{-at}, \quad f\left(\frac{1}{5}\right) = 1.8 = 5e^{-\frac{a}{5}}; \quad a = 5\text{Ln}\left(\frac{5}{1.8}\right) = \text{Ln}\left(\frac{5}{1.8}\right)^5 \\
 a &= \text{Ln}\left(\frac{5}{1.8}\right)^5 \\
 f(t) &= 5e^{-\text{Ln}\left(\frac{5}{1.8}\right)^5 t} = 5\left(\frac{5}{1.8}\right)^{-5t} \\
 E &= \int_0^{\frac{3}{2}} \frac{(5e^{-at})^2}{R} dt = \frac{8.8^2}{330} \int_0^{\frac{3}{2}} e^{-2at} dt = \frac{5^2}{330} \left( \frac{e^{-2at}}{-2a} \right) \Big|_0^{\frac{3}{2}} = \\
 &\frac{5^2}{330(2a)} \left( 1 - e^{-\frac{2a3}{2}} \right) = \frac{5^2}{330(2a)} (1 - e^{-3a}) \text{Joule} = \mathbf{0,00741521\text{Joule}}
 \end{aligned}$$

**Finalmente**, para una masa de 23kg genera  $0,00741521\text{Joule}$

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 5.1.** Se ha realizado el diseño del circuito que permite captar niveles de voltaje que permitan al circuito acumular la energía, para ello se realizaron pruebas con los circuitos multiplicadores de tensión basados en diodos rectificadores lográndose aumentar la tensión de salida a niveles de 16 voltios DC, pero con el reemplazo de los diodos por transistores bipolares 2N2222 se logró un mejor resultado esto es debido a que los transistores tienen una respuesta en frecuencia mucho más alta que los diodos rectificadores. El circuito final de elevación de voltaje se logró con un circuito que multiplica la amplitud de la señal de entrada en 5 veces esto es:

Si  $V_i(t) = A \sin(\omega_0 t)$  la salida arrojará una tensión de  $V_0 = 5A$

Esto se evidencia en la siguiente figura 13.

- 5.2.** El sistema de almacenamiento está conformado por un Conmutador Step Down de 1,5 A el cual está alimentado por el circuito Multiplicador de tensión y los niveles de energía para una carga de  $330\Omega$  es de esto se evidencia en la tabla 4 (energía vs carga) y con una carga de  $330\Omega/3$ .

En la siguiente ecuación, se tiene la función  $f(t)$ .

$$f(t) = Ae^{-at}, \quad f\left(\frac{1}{5}\right) = B, \quad a = 5 \ln\left(\frac{A}{B}\right)$$

### **Leyenda:**

$f(t)$ : La función del voltaje en el tiempo

**A:** Coeficiente de la función exponencial

**B:** Valor de la función para  $t=1/5$

**a:** Exponente de la función

**E:** Energía en Joule



Tabla 4: *Energía vs Carga*

A	20	16	12.8	8.8	5
B	8	7	5.1	3.6	1.8
a	4.58145366	4.13339287	4.60102316	4.46908938	5.108256238
E	0.13228551	0.0938399	0.05395369	0.02625438	0.007415207
peso	80	66	51	34	23

Fuente: Elaboración propia

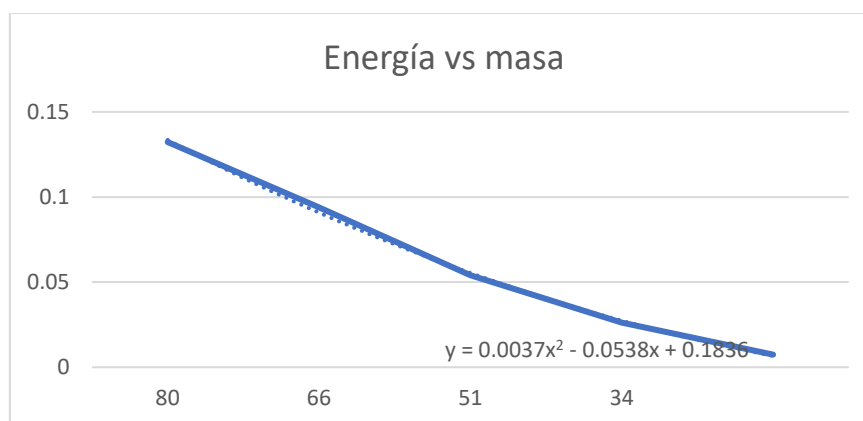
**5.3.** Las pruebas de diseño se realizaron usando como medidor un osciloscopio Gw\_Instek GDS-1072A-U en el que se muestra como los niveles de tensión aumentan con el peso de la persona esto se evidencia en la tabla 5 (peso vs voltaje).

Tabla 5: *Peso vs voltaje*

VD	2.2
ID	0.02
P	0.044
E	158.4
Pisadas	1197

Fuente: Elaboración propia

**5.4.** Para determinar los niveles de energía se puede observar el comportamiento del sistema relacionado la energía vs la masa que va ser acoplada a la baldosa al caminar, esto se evidencia en la figura 27.

Figura 27 : *Energía vs masa*

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

Se logró diseñar una baldosa piezoeléctrica a partir de la evaluación de los parámetros físicos, la cual mediante sus características aprovecha la energía mecánica para generar energía eléctrica renovable.

Se diseñó el circuito multiplicador de voltaje que permite captar los niveles de energía a acumular.

Se logró diseñar el sistema de almacenamiento mediante un Conmutador Step Up/down de 1.5 A, el cual está alimentado por el circuito Multiplicador de tensión.

Se logró realizar las pruebas de diseño usando como medidor un osciloscopio Gw\_Instek GDS-1072A-U en el que se muestra como los niveles de tensión aumentan con el peso de la persona.

Se determinaron los niveles de energía que se pueden generar por pisada obteniendo una máxima de 0.132J para una pisa de 80Kg y una mínima de 0.007J para una pisada de 23Kg.

## **RECOMENDACIONES**

Continuar con las investigaciones que hablen a cerca de la piezoelectricidad ya que es tema nuevo e innovador el cual genera energía eléctrica renovable mediante el efecto piezoeléctrico, y así mismo, proponer como una nueva alternativa energética para la iluminación de hogares.

Investigar nuevos materiales piezoeléctricos los cuales generan mayor cantidad de energía eléctrica al momento que se genere una presión en la baldosa piezoeléctrica y también sobre su eficiencia para aumentar la generación de energía eléctrica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrayás, M., & Trueba, J. (2007). Electromagnetismo, Circuitos y Semiconductores.
- Gavidia, J. (2002). *Campos Magnéticos* (Primera Edición ed.). Perú.
- Gordillo, B., & Jaramillo, J. (2014). Diseño e implementación de una mochila de carga suspendida, para generación de energía eléctrica, aprovechando las oscilaciones mecánicas generadas al caminar. *ResearchGate*, 1-6. Loja, Ecuador .
- NASA'2 Polar, W. &. (1990). Obtenido de El Proceso de la Dínamo: <https://pwg.gsfc.nasa.gov/earthmag/Mdynamos.htm>
- Núñez, M. (2018). *Aprovechamiento de la tecnología piezoeléctrica para la generación de energía eléctrica en la pista de baile de la discoteca la Cayet Distrito de Soritor Departamento de San Martín*. Lambayeque.
- Obando, F. (2016). *Diagnóstico biomecánico de la energía producida por el movimiento del cuerpo humano en el pedaleo elíptico y su transformación en energía eléctrica para el Laboratorio de Energías Renovables de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, durante el* . Latacunga.
- Pavegen. (26 de Octubre de 2017). *Pavegen: How it Works*. Obtenido de <https://youtu.be/PkEGoBe-EdA>
- Peña, W., & Nieto, O. (2016). *Diseño de un sistema de conversión de energía mecánica a eléctrica a partir de dos máquinas de gimnasio*. Bogotá.
- Saavedra, L. (2019). *Diseño e implementación de un sistema para mejorar la autonomía en un scooter eléctrico en base a energía electromagnética*. Universidad Tecnológica del Perú, Lima.
- Zavaleta, I., & Cunia, A. (2020). *Sistema electromecánico formado por una baldosa y generador eléctrico tipo dínamo para la conversión de energía potencial generada al caminar en energía eléctrica*. Trujillo.

## ANEXOS

XLSEMI®

XL6009

## 400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

**Features**

- Wide 5V to 32V Input Voltage Range
- Positive or Negative Output Voltage Programming with a Single Feedback Pin
- Current Mode Control Provides Excellent Transient Response
- 1.25V reference adjustable version
- Fixed 400KHz Switching Frequency
- Maximum 4A Switching Current
- SW PIN Built in Over Voltage Protection
- Excellent line and load regulation
- EN PIN TTL shutdown capability
- Internal Optimize Power MOSFET
- High efficiency up to 94%
- Built in Frequency Compensation
- Built in Soft-Start Function
- Built in Thermal Shutdown Function
- Built in Current Limit Function
- Available in TO263-5L package

**Applications**

- EPC / Notebook Car Adapter
- Automotive and Industrial Boost / Buck-Boost / Inverting Converters
- Portable Electronic Equipment

**General Description**

The XL6009 regulator is a wide input range, current mode, DC/DC converter which is capable of generating either positive or negative output voltages. It can be configured as either a boost, flyback, SEPIC or inverting converter. The XL6009 built in N-channel power MOSFET and fixed frequency oscillator, current-mode architecture results in stable operation over a wide range of supply and output voltages.

The XL6009 regulator is special design for portable electronic equipment applications.



TO263-5L

Figure1. Package Type of XL6009

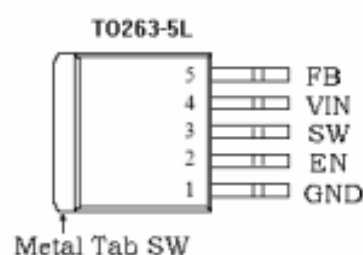
**XLSEMI®****XL6009****400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter****Pin Configurations**

Figure2. Pin Configuration of XL6009 (Top View)

Table 1 Pin Description

Pin Number	Pin Name	Description
1	GND	Ground Pin.
2	EN	Enable Pin. Drive EN pin low to turn off the device, drive it high to turn it on. Floating is default high.
3	SW	Power Switch Output Pin (SW).
4	VIN	Supply Voltage Input Pin. XL6009 operates from a 5V to 32V DC voltage. Bypass Vin to GND with a suitably large capacitor to eliminate noise on the input.
5	FB	Feedback Pin (FB). Through an external resistor divider network, FB senses the output voltage and regulates it. The feedback threshold voltage is 1.25V.

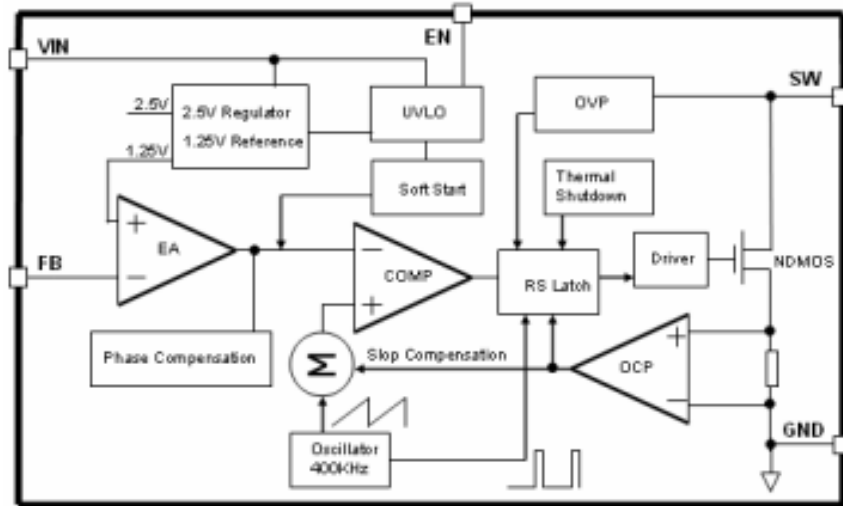
**400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter**
**Function Block**


Figure3. Function Block Diagram of XL6009

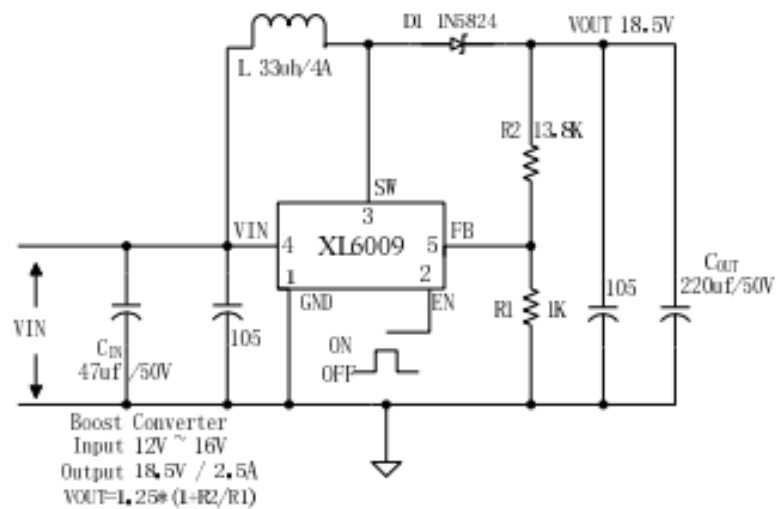
**Typical Application Circuit**


Figure4. XL6009 Typical Application Circuit (Boost Converter)

<b>400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter</b>
---------------------------------------------------------------------------------------

### Ordering Information

Package	Temperature Range	Part Number	Marking ID	Packing Type
		Lead Free	Lead Free	
		XL6009E1	XL6009E1	Tube
		XL6009TRE1	XL6009E1	Tape & Reel

XLSEMI Pb-free products, as designated with "E1" suffix in the part number, are RoHS compliant.

### Absolute Maximum Ratings (Note1)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage	$V_{IN}$	-0.3 to 36	V
Feedback Pin Voltage	$V_{FB}$	-0.3 to $V_{IN}$	V
EN Pin Voltage	$V_{EN}$	-0.3 to $V_{IN}$	V
Output Switch Pin Voltage	$V_{Output}$	-0.3 to 60	V
Power Dissipation	$P_D$	Internally limited	mW
Thermal Resistance (TO263-5L) (Junction to Ambient, No Heatsink, Free Air)	$R_{JA}$	30	°C/W
Operating Junction Temperature	$T_J$	-40 to 125	°C
Storage Temperature	$T_{STG}$	-65 to 150	°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	$T_{LEAD}$	260	°C
ESD (HBM)		>2000	V

**Note1:** Stresses greater than those listed under Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.



## 400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter

## XL6009 Electrical Characteristics

$T_a = 25^\circ\text{C}$ ; unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
<i>System parameters test circuit figure4</i>						
VFB	Feedback Voltage	$V_{in} = 12\text{V to } 16\text{V}, V_{out}=18\text{V}$ $I_{load}=0.1\text{A to } 2\text{A}$	1.213	1.25	1.287	V
Efficiency	$\eta$	$V_{in}=12\text{V}, V_{out}=18.5\text{V}$ $I_{out}=2\text{A}$	-	92	-	%

## Electrical Characteristics (DC Parameters)

$V_{in} = 12\text{V}$ ,  $GND=0\text{V}$ ,  $V_{in}$  &  $GND$  parallel connect a  $220\mu\text{f}/50\text{V}$  capacitor;  $I_{out}=0.5\text{A}$ ,  $T_a = 25^\circ\text{C}$ ; the others floating unless otherwise specified.

Parameters	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input operation voltage	$V_{in}$		5		32	V
Shutdown Supply Current	$I_{STBY}$	$V_{EN}=0\text{V}$		70	100	$\mu\text{A}$
Quiescent Supply Current	$I_q$	$V_{EN}=2\text{V}$ , $V_{FB}=V_{in}$		2.5	5	mA
Oscillator Frequency	$F_{osc}$		320	400	480	KHz
Switch Current Limit	$I_L$	$V_{FB}=0$		4		A
Output Power NMOS	$R_{dson}$	$V_{in}=12\text{V}$ , $I_{sw}=4\text{A}$		110	120	mohm
EN Pin Threshold	$V_{EN}$	High (Regulator ON) Low (Regulator OFF)		1.4 0.8		V
EN Pin Input Leakage Current	$I_H$	$V_{EN}=2\text{V}$ (ON)		3	10	$\mu\text{A}$
	$I_L$	$V_{EN}=0\text{V}$ (OFF)		3	10	$\mu\text{A}$
Max. Duty Cycle	$D_{MAX}$	$V_{FB}=0\text{V}$		90		%

**400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter**
**Schottky Diode Selection Table**

Current	Surface Mount	Through Hole	VR (The same as system maximum input voltage)				
			20V	30V	40V	50V	60V
1A		✓	1N5817	1N5818	1N5819		
3A		✓	1N5820	1N5821	1N5822		
		✓	MBR320	MBR330	MBR340	MBR350	MBR360
	✓		SK32	SK33	SK34	SK35	SK36
	✓			30WQ03	30WQ04	30WQ05	
		✓		31DQ03	31DQ04	31DQ05	
		✓	SR302	SR303	SR304	SR305	SR306
5A		✓	1N5823	1N5824	1N5825		
		✓	SR502	SR503	SR504	SR505	SR506
		✓	SB520	SB530	SB540	SB550	SB560
	✓			50WQ03	50WQ04	50WQ05	

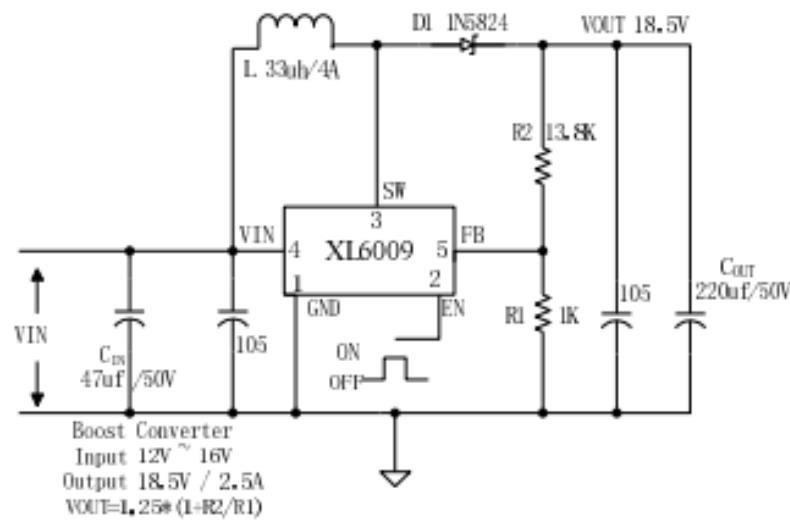
**Typical System Application for EPC/Notebook Car Adapter – Boost (Output 18.5V/2.5A)**


Figure5. XL6009 Typical System Application (Boost Converter)

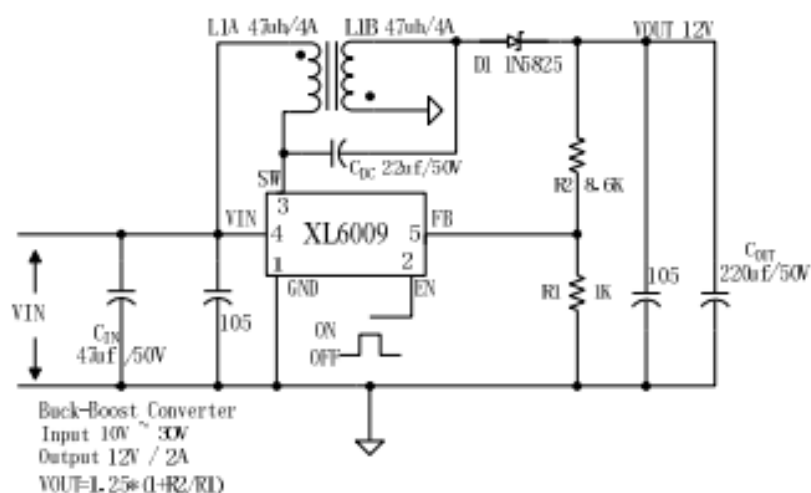
**400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter**
**Typical System Application for Portable Notebook Car Adapter**
**- SEPIC Buck-Boost Topology (Input 10V~30V, Output 12V/2A)**


Figure6. XL6009 Typical System Application (SEPIC Buck-Boost Converter)

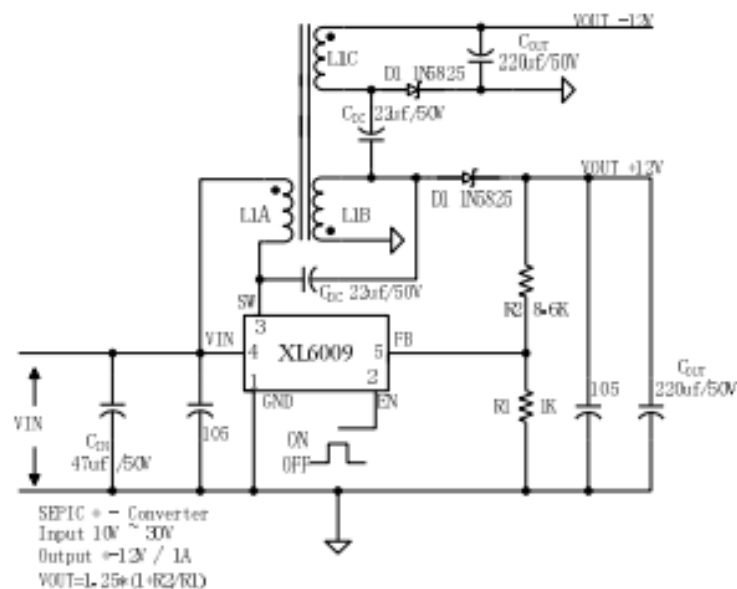
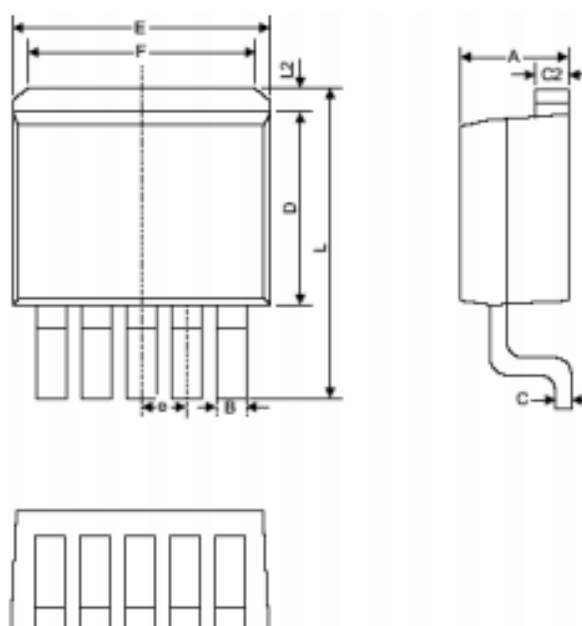
**Typical System Application for Inverting Converter**
**- SEPIC Inverting Topology (Input 10V~30V, Output + -12V/1A)**


Figure7. XL6009 Typical System Application (SEPIC Inverting Converter)

**XLSEMI<sup>®</sup>****XL6009****400KHz 60V 4A Switching Current Boost / Buck-Boost / Inverting DC/DC Converter****Package Information****TO263-5L**

Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	4.06	4.83	0.160	0.190
B	0.76	1.02	0.030	0.040
C	0.36	0.64	0.014	0.025
C2	1.14	1.40	0.045	0.055
D	8.64	9.65	0.340	0.380
E	9.78	10.54	0.385	0.415
e	1.57	1.85	0.062	0.073
F	6.60	7.11	0.260	0.280
L	15.11	15.37	0.595	0.605
L2	-	1.40	-	0.055



**NPN 2N2221 – 2N2221A  
2N2222 – 2N2222A**

## SWITCHING SILICON TRANSISTORS

The 2N2221-A and 2N2222-A are NPN transistors mounted in TO-18 metal case . They are designed for high-speed switching applications and feature useful current gain over a wide range of collector current, low leakage currents and low saturation voltages.

Compliance to RoHS

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Ratings	Value		Unit
		2N2221 2N2222	2N2221A 2N2222A	
V <sub>CEO</sub>	Collector-Emitter Voltage	30	40	V
V <sub>CBO</sub>	Collector-Base Voltage	60	75	V
V <sub>EB0</sub>	Emitter-Base Voltage	5	6	V
I <sub>C</sub>	Collector Current	800		mA
P <sub>D</sub>	Total Power Dissipation	T <sub>amb</sub> = 25°	0.5	W
		T <sub>case</sub> = 25°	1.8	
T <sub>J</sub>	Junction Temperature	175		°C
T <sub>Stg</sub>	Storage Temperature range	-65 to +200		°C

### THERMAL CHARACTERISTICS

Symbol	Ratings	Value	Unit
R <sub>θJ-a</sub>	Thermal Resistance, Junction to ambient in free air	50	°C/W
R <sub>θJ-c</sub>	Thermal Resistance, Junction to case	187.5	°C/W



**NPN 2N2221 – 2N2221A  
2N2222 – 2N2222A**

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

TC=25°C unless otherwise noted

Symbol	Ratings	Test Condition(s)	Min	Typ	Mx	Unit		
$I_{CBO}$	Collector Cutoff Current	$V_{CB} = 50\text{ V}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	2N2221-2N2222	-	-	10 nA	
		$I_E = 0$	$T_J = 150^\circ\text{C}$	2N2221-2N2222	-	-	10 $\mu\text{A}$	
		$V_{CB} = 60\text{ V}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	2N2221A-2N2222A	-	-	10 nA	
		$I_E = 0$	$T_J = 150^\circ\text{C}$	2N2221A-2N2222A	-	-	10 $\mu\text{A}$	
$I_{EBO}$	Emitter Cutoff Current	$V_{BE} = 3.0\text{ V}, I_C = 0$		2N2221-2N2222	-	-	10 nA	
				2N2221A-2N2222A	-	-	10 nA	
$I_{CEX}$	Collector Cutoff Current	$V_{CE} = 60\text{ V}, -V_{BE} = 3\text{ V}$		2N2221A-2N2222A	-	-	10 nA	
$V_{CEO}$	Collector Emitter Breakdown Voltage (*)	$I_C = 10\text{ mA}, I_B = 0$		2N2221-2N2222	30	-	-	V
				2N2221A-2N2222A	40	-	-	
$V_{CBO}$	Collector Base Breakdown Voltage	$I_C = 10\text{ }\mu\text{A}, I_E = 0$		2N2221-2N2222	60	-	-	V
				2N2221A-2N2222A	75	-	-	
$V_{EBO}$	Emitter Base Breakdown Voltage	$I_E = 10\text{ }\mu\text{A}, I_C = 0$		2N2221-2N2222	5	-	-	V
				2N2221A-2N2222A	6	-	-	
$h_{FE}$	DC Current Gain (*)	$I_C = 0.1\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$		2N2221-2N2221A	20	-	-	-
				2N2222-2N2222A	35	-	-	
		$I_C = 1\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$		2N2221-2N2221A	25	-	-	
				2N2222-2N2222A	50	-	-	
		$I_C = 10\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$		2N2221-2N2221A	35	-	-	
				2N2222-2N2222A	75	-	-	
		$I_C = 10\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$ $T_{amb} = -55^\circ\text{C}$		2N2221A	15	-	-	
				2N2222A	35	-	-	
		$I_C = 150\text{ mA}, V_{CE} = 1\text{ V}$		2N2221-2N2221A	20	-	-	
				2N2222-2N2222A	50	-	-	
$I_C = 150\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$		2N2221-2N2221A	40	-	120			
		2N2222-2N2222A	100	-	300			
$I_C = 500\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$		2N2221	20	-	-			
		2N2221A	25	-	-			
		2N2222	30	-	-			
		2N2222A	40	-	-			



**NPN 2N2221 – 2N2221A  
2N2222 – 2N2222A**

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

TC=25°C unless otherwise noted

Symbol	Ratings	Test Condition(s)	Min	Typ	Mx	Unit	
$V_{CE(SAT)}$	Collector-Emitter saturation Voltage (*)	$I_C=150\text{ mA}, I_B=15\text{ mA}$	2N2221-2N2222	-	-	0.4	V
			2N2221A-2N2222A	-	-	0.3	
		$I_C=500\text{ mA}, I_B=50\text{ mA}$	2N2221-2N2222	-	-	1.6	
			2N2221A-2N2222A	-	-	1	
$V_{BE(SAT)}$	Base-Emitter saturation Voltage (*)	$I_C=150\text{ mA}, I_B=15\text{ mA}$	2N2221-2N2222	-	-	1.3	V
			2N2221A-2N2222A	0.6	-	1.2	
		$I_C=500\text{ mA}, I_B=50\text{ mA}$	2N2221-2N2222	-	-	2.6	
			2N2221A-2N2222A	-	-	2	
$f_T$	Transition frequency	$I_C=20\text{ mA}, V_{CE}=20\text{ V}$ $f=100\text{ MHz}$	250	-	-	MHz	
$h_{fe}$	Small signal current gain	$I_C=1\text{ mA}, V_{CE}=10\text{ V}$ $f=1\text{ kHz}$	2N2221A	30	-	150	-
			2N2222A	50	-	300	
		$I_C=10\text{ mA}, V_{CE}=10\text{ V}$ $f=1\text{ kHz}$	2N2221A	50	-	300	
			2N2222A	75	-	375	
$t_d$	Delay time	$I_C=150\text{ mA}, I_B=15\text{ mA}$ $-V_{BE}=0.5\text{ V}, V_{CC}=30\text{ V}$	-	-	10	ns	
$t_r$	Rise time	$I_C=150\text{ mA}, I_B=15\text{ mA}$ $-V_{BE}=0.5\text{ V}, V_{CC}=30\text{ V}$	2N2221A	-	-	25	ns
			2N2222A	-	-	25	
$t_s$	Storage time	$I_C=150\text{ mA}, V_{CC}=30\text{ V}$ $I_{B1} = -I_{B2} = 15\text{ mA}$	2N2221A	-	-	225	ns
			2N2222A	-	-	225	
$t_f$	Fall time	$I_C=150\text{ mA}, V_{CC}=30\text{ V}$ $I_{B1} = -I_{B2} = 15\text{ mA}$	2N2221A	-	-	60	ns
			2N2222A	-	-	60	
$r_{b,Cc}$	Feedback time constant	$I_C=20\text{ mA}, V_{CE}=20\text{ V}$ $f=31.8\text{ MHz}$	2N2221A	-	-	150	ps
			2N2222A	-	-	150	

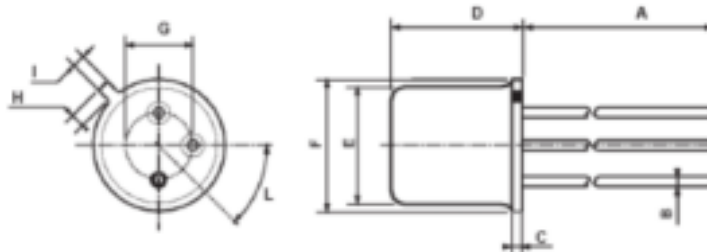
(\*) Pulse conditions :  $t_p < 300\text{ }\mu\text{s}, \delta = 2\%$



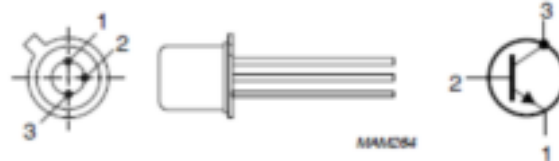
**NPN 2N2221 – 2N2221A  
2N2222 – 2N2222A**

**MECHANICAL DATA CASE TO-18**

DIMENSIONS (mm)		
	min	max
A	12.7	-
B	-	0.49
C	0.9	-
D	-	5.3
E	-	4.9
F	-	5.8
G	2.54	-
H	-	1.2
I	-	1.16
L	45°	-



Pin 1 :	emitter
Pin 2 :	base
Pin 3 :	Collector
Case :	Collector



Revised August 2012

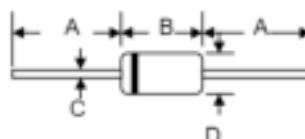
Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, Comset Semiconductors assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. Data are subject to change without notice. Comset Semiconductors makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Comset Semiconductors assume any liability arising out of the application or use of any product and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. Comset Semiconductors' products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.




**1N4148**
**FAST SWITCHING DIODE**

### Features

- Fast Switching Speed
- Glass Package Version for High Reliability
- High Conductance
- Available in Both Through-Hole and Surface Mount Versions



### Mechanical Data

- Case: DO-35, Molded Glass
- Terminals: Plated Leads Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Weight: 0.13 grams
- Marking: Type Number
- **Lead Free: For RoHS / Lead Free Version, Add "-LF" Suffix to Part Number, See Page 4**

DO-35		
Dim	Min	Max
A	2.5	4.0
B	—	4.00
C	—	0.60
D	—	2.00
All Dimensions in mm		

### Maximum Ratings @ $T_a=25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Non-Repetitive Peak Reverse Voltage	$V_{RM}$	100	V
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	$V_{RRM}$ $V_{RWM}$ $V_R$	75	V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	53	V
Forward Continuous Current (Note 1)	$I_{FM}$	300	mA
Rectified Current (Average), Half Wave Rectification with Resistive Load and $f \geq 50\text{MHz}$ (Note 1)	$I_O$	150	mA
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current @ $t = 1.0\text{s}$ @ $t = 1.0\mu\text{s}$	$I_{FSM}$	1.0 2.0	A
Power Dissipation (Note 1) Derate Above $25^{\circ}\text{C}$	$P_d$	500 1.68	mW mW/ $^{\circ}\text{C}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient Air (Note 1)	$R_{\theta JA}$	300	K/W
Operating and Storage Temperature Range	$T_j, T_{STG}$	-65 to +175	$^{\circ}\text{C}$

Note: 1. Diode on Ceramic Substrate 10mm x 8mm x 0.7mm.

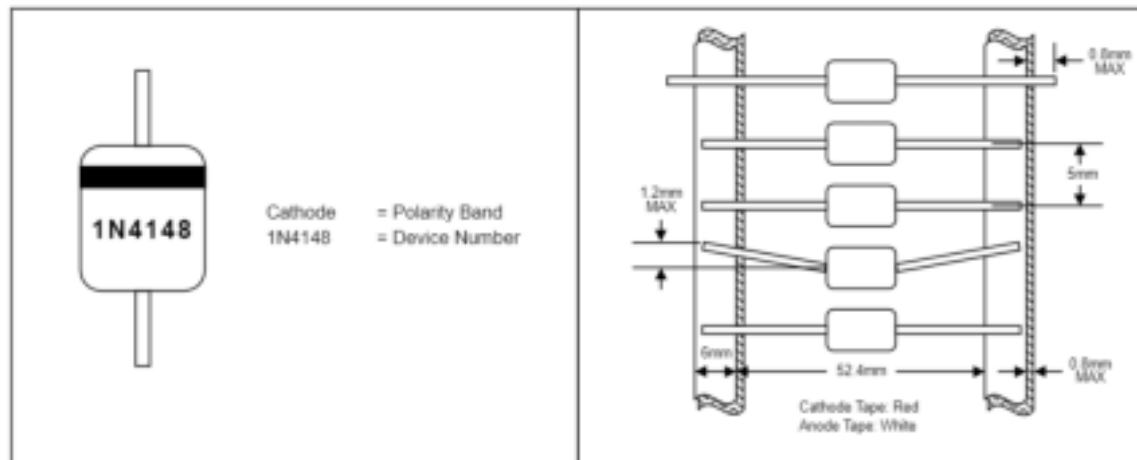
---

**Electrical Characteristics** @ $T_A=25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified
 

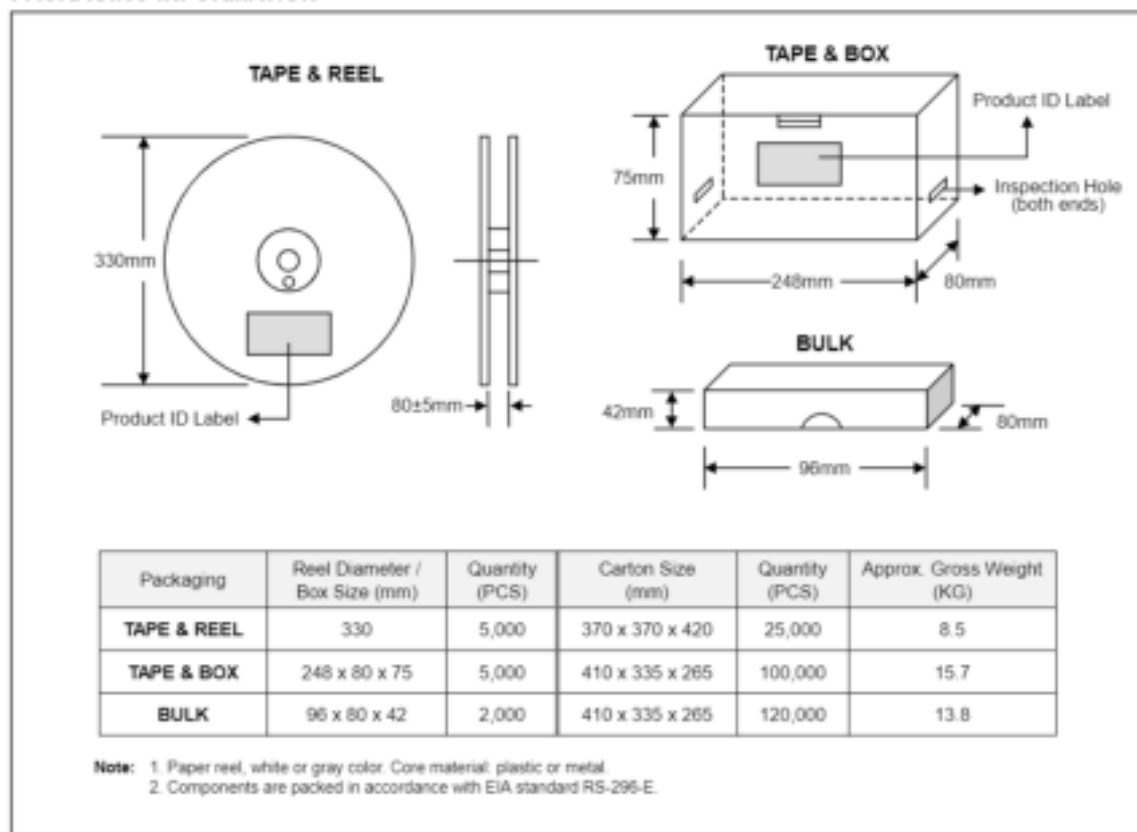
---

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit	Test Condition
Maximum Forward Voltage	$V_{FM}$	—	1.0	V	$I_F = 10\text{mA}$
Maximum Peak Reverse Current	$I_{RM}$	—	5.0 50 30 25	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\text{nA}$	$V_R = 75\text{V}$ $V_R = 70\text{V}, T_J = 150^\circ\text{C}$ $V_R = 20\text{V}, T_J = 150^\circ\text{C}$ $V_R = 20\text{V}$
Capacitance	$C_j$	—	4.0	$\text{pF}$	$V_R = 0, f = 1.0\text{MHz}$
Reverse Recovery Time	$t_r$	—	4.0	ns	$I_F = 10\text{mA}$ to $I_R = 1.0\text{mA}$ $V_R = 6.0\text{V}, R_L = 100\Omega$

## MARKING INFORMATION



## PACKAGING INFORMATION



## ORDERING INFORMATION

Product No.	Package Type	Shipping Quantity
1N4148-T3	DO-35	5000/Tape & Reel
<b>1N4148-TB</b>	DO-35	5000/Tape & Box
1N4148	DO-35	2000 Units/Box

1. Products listed in **bold** are WTE **Preferred** devices.
2. Shipping quantity given is for minimum packing quantity only. For minimum order quantity, please consult the Sales Department.
3. **To order RoHS / Lead Free version (with Lead Free finish), add "-LF" suffix to part number above. For example, 1N4148-TB-LF.**

Won-Top Electronics Co., Ltd (WTE) has checked all information carefully and believes it to be correct and accurate. However, WTE cannot assume any responsibility for inaccuracies. Furthermore, this information does not give the purchaser of semiconductor devices any license under patent rights to manufacturer. WTE reserves the right to change any or all information herein without further notice.

**WARNING:** DO NOT USE IN LIFE SUPPORT EQUIPMENT. WTE power semiconductor products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without the express written approval.

**Won-Top Electronics Co., Ltd.**

No. 44 Yu Kang North 3rd Road, Ching Chen Dist., Keelung, Taiwan

**Phone:** 886-7-822-5408 or 886-7-822-5410

**Fax:** 886-7-822-5417

**Email:** sales@wontop.com

**Internet:** http://www.wontop.com

*We power your everyday.*