



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
CARRERA DE INGENIERIA EN TELEINFORMATICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA  
ELECTRÓNICA**

**TEMA  
“DISEÑO GEO LOCALIZADOR IMPLEMENTADO EN UN  
ZAPATO PARA PERSONAS CON ALZHEIMER,  
ALIMENTADO CON ENERGÍA PIEZOELÉCTRICA.”**

**AUTORA  
MOSCOSO CARPIO THALIA LIZBETH**

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
ING. ELECT. GALLEGOS ZURITA DIANA ERCILIA, MG.**

**GUAYAQUIL, ABRIL DEL 2022**



## ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN



### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:			
DISEÑO GEO LOCALIZADOR IMPLEMENTADO EN UN ZAPATO PARA PERSONAS CON ALZHEIMER, ALIMENTADO CON ENERGÍA PIEZOELÉCTRICA			
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):		MOSCOSO CARPIO THALIA LIZBETH	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):		ING. PARRA LÓPEZ RODOLFO, MG. / ING. DIANA ERCILIA GALLEGOS ZURITA, MG.	
INSTITUCIÓN:		UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL	
UNIDAD/FACULTAD:		INGENIERIA INDUSTRIAL	
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:		INGENIERIA EN TELEINFORMÁTICA	
FECHA DE PUBLICACIÓN:		21 DE ABRIL DEL 2022	No. DE PÁGINAS:
			99
ÁREAS TEMÁTICAS:		ELECTRÓNICA	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:		Energía piezoeléctrica, Almacenamiento, Diseño, Proteus, GPS / Piezoelectric energy, Storage, Design, Proteus, GPS.	
<p><b>RESUMEN (150-200 palabras):</b></p> <p>El presente trabajo tiene como principal objetivo facilitar la localización de personas que padezcan de Alzheimer a través del diseño de un dispositivo rastreador con GPS que utilice energía acumulada de las pisadas, integrado en la plantilla de un zapato. Teniendo como primera instancia el desarrollo de la problemática donde se abarca el estudio que permite identificar las causas del cuidado de los adultos mayores con dicha condición. Se definen los parámetros técnicos a utilizar para el desarrollo del diseño y a su vez la investigación para conocer las actuales tecnologías implementadas en la actualidad. Se llevó a cabo el análisis de la energía piezoeléctrica y sistema de geolocalización gracias a las definiciones conceptuales, las fundamentaciones teóricas y legales. Se ejecutó la metodología PMI para explicar paso a paso la construcción del diseño desarrollando las fases correspondientes. Concluyendo que el diseño no está listo para su implementación a futuro.</p> <p><b>ABSTRACT (150-200 palabras):</b></p> <p>The main objective of this work is to facilitate the location of people suffering from Alzheimer's through the design of a GPS tracking device that uses accumulated energy</p>			

from footsteps, integrated into the insole of a shoe. Having as a first instance the development of the problem where the study is covered that allows identifying the causes of the care of the elderly with said condition. The technical parameters to be used for the development of the design and in turn the research to know the current technologies implemented today are defined. The analysis of piezoelectric energy and geolocation system was carried out thanks to the conceptual definitions, the theoretical and legal foundations. The PMI methodology was executed to explain step by step the construction of the design, developing the corresponding phases. Concluding that the design is not ready for future implementation.

ADJUNTO PDF:	SI (X)	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0961656956	E-mail: thalia.moscosoc@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola	
	Teléfono: 593-2658128	
	E-mail: direccionTi@ug.edu.ec	



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE  
AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA  
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA  
OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON  
FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **MOSCOSO CARPIO THALIA LIZBETH**, con C.I. No. **0951995828** certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **“DISEÑO GEO LOCALIZADOR IMPLEMENTADO EN UN ZAPATO PARA PERSONAS CON ALZHEIMER, ALIMENTADO CON ENERGÍA PIEZOELÉCTRICA”** son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

Moscoso Carpio Thalia Lizbeth

C.C. No. 0951995828



## ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Guayaquil, 18 de marzo del 2022

Habiendo sido nombrado GALLEGOS ZURITA DIANA ERCILIA, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por MOSCOSO CARPIO THALIA LIZBETH, C.C.: 0951995828 con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERIA EN TELEINFORMATICA.

Se informa que el trabajo de titulación: DISEÑO GEO LOCALIZADOR IMPLEMENTADO EN UN ZAPATO PARA PERSONAS CON ALZHEIMER, ALIMENTADO CON ENERGÍA PIEZOELÉCTRICA, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa anti plagio URKUND quedando el 0% de coincidencia.



#### Document Information

Analyzed document	DISEÑO GEO LOCALIZADOR IMPLEMENTADO EN UN ZAPATO PARA PERSONAS CON ALZHEIMER, ALIMENTADO CON ENERGÍA PIEZOELÉCTRICA.docx (D130847113)
Submitted	2022-03-19T00:15:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	thalia.moscoc@ug.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	diana.gallegosz.ug@analysis.arkund.com

#### Sources included in the report

<https://secure.arkund.com/view/124986766-293204-743345#/>



124986766-293204-743345  
0951995828  
0951995828

Ing. Gallegos Zurita Diana Ercilia, Mg  
DOCENTE TUTOR  
C.C. 1204926313  
FECHA: 18 de marzo del 2022



**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 18 de marzo del 2022

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, Mg.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación “DISEÑO GEO LOCALIZADOR IMPLEMENTADO EN UN ZAPATO PARA PERSONAS CON ALZHEIMER, ALIMENTADO CON ENERGÍA PIEZOELÉCTRICA”, del estudiante MOSCOSO CARPIO THALIA LIZBETH, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el (los) estudiante (s) está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Ing. Gallegos Zurita Diana Ercilia, Mg

DOCENTE TUTOR

C.C. 1204926313

FECHA: 18 de marzo del 2022



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 4 de abril del 2022

Sra.

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación **“Diseño Geo Localizador implementado en un zapato para personas con Alzheimer, alimentado con energía piezoeléctrica”** del estudiante **Moscoso Carpio Thalia Lizbeth**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

- El título tiene un máximo de 15 palabras.
- La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
- El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.
- La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.
- Los soportes teóricos son de máximo 5 años.
- La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
**RODOLFO  
ANTONIO PARRA  
LOPEZ**

Ing. Parra López Rodolfo, Mg.

Docente Revisor

C.C.: 0909770448

FECHA: 4 de abril de 2022

### **Dedicatoria**

Este trabajo de titulación está principalmente dedicado a Dios por brindarme la fuerza necesaria y permitirme concluir con éxito esta meta importante para mi vida.

También le dedico este logro a mis padres por permanecer siempre conmigo, brindándome sus consejos y apoyo en todo momento, Sr. Edmundo Moscoso y Sra. Mónica Carpio, son mi pilar fundamental.

Por ultimo una especial dedicatoria a mi hijo Sebastián Guerrero, quien desde que llegó a mi vida ha sido el que me motiva e impulsa a seguir adelante en todos los aspectos de vida.



### **Agradecimiento**

En primera instancia agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro.

A mi tutora Ing. Diana Gallegos y revisor Rodolfo Parra, personas que fueron mis guías en este proceso, compartiendo sus enseñanzas. Gracias por la paciencia.

Un agradecimiento a toda mi familia quienes me han motivado a concluir con cada meta que me proponga en la vida con sus palabras y consejos para no decaer, confiando siempre en cada decisión que tome.

Gracias a todos.

**Declaración de autoría**

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio Intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

Moscoso Carpio Thalia Lizbeth

C.C. 0951995828

## Índice

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

## Capítulo I

### El Problema

N°	Descripción	Pág.
1.1.	Planteamiento del problema	2
1.1.1.	Situación conflicto, nudos críticos.	3
1.1.2.	Causas y consecuencias del problema.	3
1.2.	Delimitación del problema	4
1.3.	Formulación del problema	5
1.4.	Evaluación del problema	5
1.5.	Justificación e importancia	6
1.6.	Objetivos generales y específicos	6
1.6.1.	Objetivo general.	6
1.6.2.	Objetivos específicos.	6
1.7.	Hipótesis prospectiva	7
1.8.	Variables e indicadores	7
1.8.1.	Variables.	7
1.8.1.1.	Variable independiente.	7
1.8.1.2.	Causa.	7
1.8.1.3.	Variable dependiente.	7
1.8.1.4.	Causa.	7
1.8.2.	Conceptualización y operacionalización de las variables	7
1.8.3.	Indicadores	8
1.9.	Preguntas de investigación	9
1.10.	Alcance del problema	9

## Capítulo II

### Marco Teórico

N°	Descripción	Pág.
2.1.	Antecedentes del estudio	10
2.1.1.	Antecedentes históricos.	10
2.1.2.	Antecedentes referenciales.	14

2.2.	Fundamentación Teórica	17
2.2.1.	Biomecánica de la marcha humana.	17
2.2.2.	Piezoelectricidad.	18
2.2.2.1.	Materiales piezoeléctricos.	19
2.2.2.2.	Tipos de materiales piezoeléctricos.	20
2.2.2.3.	Sistema energy harvesting.	23
2.2.3.	PROTEUS.	25
2.2.4.	ARDUINO.	26
2.2.5.	Alzheimer.	27
2.2.5.1.	Factores de riesgo.	29
2.2.5.2.	Contexto nivel global.	29
2.2.5.3.	Contexto en Ecuador.	30
2.2.6.	Energía Piezoeléctrica: Casos de aplicación.	30
2.3.	Definiciones conceptuales	31
2.4.	Fundamentación legal	32
2.4.1.	Constitución del Ecuador.	33
2.4.2.	Código Orgánicos del Ambiente.	35
2.4.3.	Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.	36

### **Capítulo III**

#### **Propuesta**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
3.	Propuesta	38
3.1.	Metodología	38
3.1.1.	Iniciación.	38
3.1.2.	Planificación.	38
3.1.2.1.	Necesidades y recursos.	40
3.1.2.2.	Diseño y construcción.	41
3.1.2.3.	Proteus.	41
3.1.2.4.	Recursos de construcción.	44
3.1.2.4.1.	Sensores piezoeléctricos.	44
3.1.2.4.2.	Rectificador de onda completa.	45
3.1.2.4.3.	Capacitor o condensador.	46
3.1.2.4.4.	Regulador de tensión.	47

3.1.2.4.5. Resistencia.	48
3.1.2.4.6. Batería.	49
3.1.2.4.7. Diodos.	50
3.1.2.4.8. Relé 5V.	51
3.1.2.4.9. Arduino uno	51
3.1.2.4.10. Modulo GPS.	53
3.1.3. Ejecución.	54
3.1.3.1. Pruebas de funcionalidad.	55
3.1.3.2. Prueba de tensión de la pisada humana.	55
3.1.3.3. Prueba del circuito.	56
3.1.3.4. Rectificador de puente de onda completa.	57
3.1.3.5. Capacitor o condensador.	58
3.1.3.6. Regulador de tensión 7812.	59
3.1.3.7. Proceso de la energía piezoeléctrica recolectada para la carga	61
3.1.3.8. Resistencia de la carga.	62
3.1.3.9. Uso de la Web APP:	65
3.1.4. Control y monitoreo.	67
3.1.4.1. Cálculos y resultados.	67
3.2. Descripción	68
3.2.1. Factibilidad Económica.	68
3.2.2. Factibilidad legal.	69
3.2.3. Factibilidad Académica.	69
3.2.4. Factibilidad técnica.	69
3.3. Conclusiones	70
Bibliografía	71
Anexos	79

## Índice de Tablas

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Causas y consecuencias del problema	4
2.	Delimitación del problema	5
3.	Operacionalización de las variables	7
4.	Indicadores	8
5.	Ranking de instituciones con publicaciones sobre piezoeléctrica (2000 -2010)	13
6.	Propiedades para diferentes materiales piezoeléctricos	23
7.	Presupuesto general del proyecto	40
8.	Criterios del diseño	41
9.	Resultados de la prueba de circuito 1 al 5	42
10.	Especificaciones del sensor	45
11.	Especificaciones de onda completa	46
12.	Especificaciones del capacitor	47
13.	Especificaciones del regulador de tensión	48
14.	Especificaciones de la resistencia	49
15.	Especificaciones de la batería	50
16.	Especificaciones de los diodos	50
17.	Especificaciones del Relé	51
18.	Especificaciones del Microprocesador	52
19.	Especificaciones del Módulo GPS	53
20.	Pruebas de la tensión de la pisada humana	55

## Índice de Figuras

N°	Descripción	Pág.
1.	Línea de tiempo de la piezoeléctrica	10
2.	Principales aplicaciones de materiales piezoeléctricos realizadas por Japón	12
3.	Fases de la marcha humana	17
4.	Fuerza de reacción del suelo	18
5.	Efecto inverso y directo de los materiales piezoeléctricos	20
6.	Tipos de materiales piezoeléctricos	20
7.	Aspectos a considerar al seleccionar cerámica para aplicaciones piezoeléctricas	21
8.	Polímeros piezoeléctricos (PVDF)	22
9.	Propiedades de materiales piezoeléctricos destinados a recolección de energía	23
10.	Fuentes energéticas y sus transductores	24
11.	Características de PROTEUS	25
12.	Módulos de PROTEUS	26
13.	Etapas del Alzheimer	28
14.	Objetivos de las intervenciones de salud para personas con Alzheimer	29
15.	Título II – Derecho	33
16.	Título VII – Régimen del Buen Vivir – Inclusión y equidad	34
17.	Título VII – Régimen del Buen Vivir	35
18.	Producción y consumo sustentable	35
19.	Energías renovables para frenar el cambio climático	36
20.	Fuentes de energías renovables no convencionales	37
21.	Esquema general del proyecto	39
22.	Esquema de circuito 1, 2, 3, 4 y 5	42
23.	Circuito parte I desarrollado en proteus	43
24.	<i>Circuito parte II desarrollado en PROTEUS</i>	44
25.	Sensor piezoeléctrico. Tomado de “Amazon”	45
26.	Rectificador de onda completa. Tomado de “Amazon”	46
27.	Capacitor o condensador. Tomado de “Amazon”	47
28.	Regulador de tensión. Tomado de “Amazon”	48
29.	Resistencias. Tomado de “Amazon”	49
30.	Baterías. Tomado de “Amazon”	50
31.	Relé de 5V. Tomado de “Amazon”	51
32.	Microprocesador. Tomado de “Amazon”	52

33.	Modulo GPS. Tomado de “Amazon”	53
34.	Diagrama de bloques. Captación y almacenamiento de energía	54
35.	Diagrama de bloques	56
36.	Alternadores usados en proteus para simular los sensores piezoeléctricos	57
37.	Señal alterna. Elaborado por Thalía Moscoso	57
38.	Rectificadores colocados en la simulación	58
39.	Señal convertida a positiva	58
40.	Capacitor o condensador colocados en la simulación	59
41.	Comportamiento del capacitor (Voltaje de rizo)	59
42.	Regulador de tensión 7812 aplicado a la simulación	60
43.	Regulador de tensión 7812 aplicado a la simulación	60
44.	Circuito comparador de voltaje aplicado a la simulación	62
45.	Circuito parte II - Arduino UNO	63
46.	Modulo GPS colocado en la simulación	63
47.	Conjunto de coordenadas geográficas para indicar la posición	64
48.	Especificaciones del sistema Web de rastreo	65
49.	Sistema Web de rastreo	65
50.	Sistema Web de rastreo – Mapa satelital	66
51.	Sistema Web de rastreo – Registro de ubicaciones	66
52.	Sistema Web de rastreo – Registro de ubicaciones	67
53.	Respuesta piezoeléctrica a vibraciones	68



**Índice de Anexos**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1.	Código del circuito en Arduino	79



**ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE  
TITULACION (ESPAÑOL)**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

**“DISEÑO GEO LOCALIZADOR IMPLEMENTADO EN UN ZAPATO PARA  
PERSONAS CON ALZHEIMER, ALIMENTADO CON ENERGÍA  
PIEZOELÉCTRICA”**

**Autor:** Moscoso Carpio Thalia Lizbeth

**Tutor:** Ing. Gallegos Zurita Diana Ercilia, MG.

**RESUMEN**

El presente trabajo tiene como principal objetivo facilitar la localización de personas que padezcan de Alzheimer a través del diseño de un dispositivo rastreador con GPS que utilice energía acumulada de las pisadas, integrado en la plantilla de un zapato. Teniendo como primera instancia el desarrollo de la problemática donde se abarca el estudio que permite identificar las causas del cuidado de los adultos mayores con dicha condición. Se definen los parámetros técnicos a utilizar para el desarrollo del diseño y a su vez la investigación para conocer las actuales tecnologías implementadas en la actualidad. Se llevó a cabo el análisis de la energía piezoeléctrica y sistema de geolocalización gracias a las definiciones conceptuales, las fundamentaciones teóricas y legales. Se ejecutó la metodología PMI para explicar paso a paso la construcción del diseño desarrollando las fases correspondientes. Concluyendo que el diseño no está listo para su implementación a futuro.

**Palabras Claves:** Energía piezoeléctrica, Almacenamiento, Diseño, Proteus, GPS.



**ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN (INGLÉS)**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



---

**“GEO LOCATOR DESIGN IMPLEMENTED IN A SHOE FOR PEOPLE WITH  
ALZHEIMER'S, POWERED BY PIEZOELECTRIC ENERGY”**

**Author:** Moscoso Carpio Thalia Lizbeth

**Advisor:** Ing. Gallegos Zurita Diana Ercilia, MG.

**Abstract**

The main objective of this work is to facilitate the location of people suffering from Alzheimer's through the design of a GPS tracking device that uses accumulated energy from footsteps, integrated into the insole of a shoe. Having as a first instance the development of the problem where the study is covered that allows identifying the causes of the care of the elderly with said condition. The technical parameters to be used for the development of the design and in turn the research to know the current technologies implemented today are defined. The analysis of piezoelectric energy and geolocation system was carried out thanks to the conceptual definitions, the theoretical and legal foundations. The PMI methodology was executed to explain step by step the construction of the design, developing the corresponding phases. Concluding that the design is not ready for future implementation.

**Keywords:** Piezoelectric energy, Storage, Design, Proteus, GPS.

## **Introducción**

El movimiento de personas al caminar en el día a día puede ser muy favorable para la salud pero también funciona para almacenar energía reutilizable que sirve para hacer funcionales varios dispositivos que se utilizan con frecuencia en la actualidad, se trata de un sistema piezoeléctrico diseñado para suelas de zapatos que tiene como objetivo recolectar energía para hacer posible el funcionamiento rastreador GPS, esto gracias a ciertos tipos de materiales que crean energía siendo tensionados y en este caso con ayuda de las pisadas.

El desarrollo del proyecto se concentra en beneficiar a las personas de la tercera edad que sufren de Alzheimer se recopilará información sobre esta enfermedad como por ejemplo los síntomas y etapas que éste conlleva, teniendo como finalidad el uso del zapato para estos pacientes y así evitar extravíos, el proyecto prioriza los detalles del estudio de la energía piezoeléctrica que se irán exponiendo con claridad en el desarrollo de los capítulos.

El presente trabajo consta de tres capítulos donde abarca teoría, diseño del sistema piezoeléctrico y el dispositivo rastreador GPS.

Capítulo 1: está constituido por el estudio de las desventajas que poseen las personas parecientes de Alzheimer al no contar con un sistema práctico para extravíos indicado en el planteamiento del problema. Se muestran de los objetivos planteados para su funcionalidad, la justificación y delimitación, así mismo, el análisis de las consecuencias que podrían afectar en caso de seguir manteniéndose el problema.

Capítulo 2: se especifica un marco teórico donde abarca los antecedentes de investigaciones relacionadas con el actual proyecto, además cuenta con las definiciones conceptuales que van acorde con el tema del presente trabajo. Y por último las fundamentaciones teóricas y legales.

Capítulo 3: en este capítulo se realizará la explicación de la metodología conveniente a utilizar a lo largo del desarrollo, proponiendo un modelo acorde al tema de trabajo. También se mostrará un esquema característico del proyecto en forma general y además exponer los procedimientos correspondientes con diseños, pruebas y cálculos de los resultados esperados.

## **Capítulo I**

### **El problema**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

Actualmente, existen un sinnúmero de personas que enfrentan el Alzheimer como parte de su día a día. En Ecuador existen más de 100 000 pacientes con esa enfermedad y otras demencias, según datos difundidos por la Asamblea Nacional, y también información proveniente del Hospital del Adulto Mayor (Bravo, 2016). A nivel mundial el Alzheimer y otras demencias afectan al 5% de las personas de 65 años, cifra que se va duplicando cada 4 años hasta alcanzar el 30% a los 80 años y sobre los 90 años se afecta al 50% de las personas (Junta de Beneficiencia de Guayaquil, 2017).

Así mismo, la enfermedad del Alzheimer afecta comúnmente a personas de tercera edad que tienden a perder la memoria notoriamente, afectando así su capacidad mental y que las tareas cotidianas se vuelvan complejas. Entre las situaciones más comunes están que pueden extraviarse en lugares públicos, deambulando o confundirse con la ubicación, presentar problemas de comunicación o simplemente verse confundidas.

Según (Bravo, 2016) los casos de extravíos son más recurrentes de lo que se imagina. “Leonor Ramírez tenía 73 años cuando desapareció. La tarde del 29 de abril del 2011, salió de su casa ubicada en las calles 5 de junio y Tejada, en el Centro Histórico de Quito, para visitar a su hija que vivía en La Tola, pero nunca llegó a su destino. Antes le diagnosticaron alzhéimer. “Ya se había extraviado. Por suerte, en esa ocasión, los policías la encontraron deambulando en el barrio Ponciano, en el norte de la capital, y recordó cómo llegar a su casa. La última vez ya no fue así”, manifiesta Isabel Cabrera, hija de Ramírez”. Del cuello de la paciente cuelga una identificación. Es una placa en la que se especifica la enfermedad, edad, domicilio y números telefónicos de parientes.

La demencia tiene efecto negativo para la salud, en donde la persona que lo padece se hace dependiente de otra y lo incapacita en sus tareas cotidianas. Además, implica un desgaste de memoria, el intelecto y la capacidad de quien lo padece (Organizacion Mundial de la Salud, 2019).

Las nuevas tecnologías son esenciales en este tipo de situaciones. Por un lado, las redes sociales suelen ser una herramienta clave cuando una persona desaparece, ya que los usuarios no dudan en volcarse con las autoridades y compartir de manera masiva los

mensajes emitidos por la Policía. “Todo lo que sea difusión ayuda y las redes sociales son difusión”, declara el representante de SOS Desaparecidos (Arrillaga, 2019).

La persona que asume el rol de cuidador también asume la protección total de una persona que padezca de Alzheimer en el exterior de sus hogares y en muchas ocasiones se notan intranquilos por lo que no cuentan con un método de localización si llegara a suceder un extravío. En muchas ocasiones los familiares que quedan a cargo de un adulto mayor con esta condición, está limitado de conocimiento con el tema y por lo tanto no saben cómo proceder ante los cuidados necesarios que las personas con Alzheimer requieren.

Por otro lado, los familiares que se encuentran al cuidado de una persona con Alzheimer en ocasiones son de escasos recursos económicos para adquirir ciertos tipos de dispositivos rastreadores en tiempo real y algunos cobran una cuota mensual por el servicio de rastreo satelital que se encuentran en el mercado nacional e internacional, por ende, no hallan una solución al problema.

Según (Martinez Fuentes & Fernandez Díaz, 2008) este tema es importante porque se centra en una de las necesidades que tienen los adultos mayores y que muchas veces no se priorizan., la vejez que alude a la fase de declinación, mayor dependencia y deterioro más acelerado de la salud, indican que se debe prevenir ciertos problemas como extravíos a causa del Alzheimer.

Por lo expuesto anteriormente, el propósito de este estudio es diseñar un dispositivo localizador GPS insertado en un zapato que brinden seguridad a las personas que padecen de Alzheimer.

#### **1.1.1. Situación conflicto, nudos críticos.**

El problema radica en que no existe una forma de utilizar un dispositivo GPS funcionando las 24 horas durante todos los días, ya que existen otros dispositivos creados para personas con Alzheimer pero que duran máximo 36 o 48 horas, por lo tanto, la propuesta de este trabajo se enfoca en guardar energía reutilizable con el objetivo del total funcionamiento del dispositivo por tiempo ilimitado.

Por otro lado, los precios de estos dispositivos ya lanzados al mercado tienen un costo elevado que acorta las posibilidades de personas a adquirirlos por lo que no cuentan con recursos económicos. (Bravo, 2016).

#### **1.1.2. Causas y consecuencias del problema.**

El problema que ocurre con los numerosos casos de desapariciones que existen hoy en día a nivel nacional es muy preocupante para la población, debido a crímenes que ocurren

con frecuencia, delincuencia en cantidades grandes a cada momento, preocupación de familiares de personas desaparecidas o extraviadas, por lo tanto, es necesario aportar con un diseño de rastreo que ayude a los familiares encargados de estas personas a contar con un monitoreo continuo de su localización y en este caso especialmente adultos mayores que padezcan Alzheimer para poder ubicarlas si se encuentran en el exterior de sus hogares.

Lo normal es que cuando una persona con alzhéimer desaparece se encuentre en un radio muy cercano a su casa. “Se han encontrado personas con esta enfermedad fallecidas a 100 metros de la casa y esto es lo que tenemos que evitar con protocolos”, declara el presidente Joaquín Amills de SOS Desaparecidos en España. (Arrillaga, 2019).

Se estima que por lo menos el 60% de pacientes con Alzheimer deambularán en algún momento de su enfermedad. Y en el caso de aquellos que deambulen, hasta el 50% serán encontrados accidentados o fallecidos si no son encontrados en un lapso de 24 horas. (Sawada, 2013).

En el Ecuador existe una gran cantidad de personas con esta condición y cada vez los casos son más recurrentes, es por ello, que la implementación de este proyecto es de gran ayuda, haciendo conciencia sobre las necesidades que tienen los adultos mayores. (Bravo, 2016)

### **Tabla 1**

Causas y consecuencias del problema.

<b>Causas</b>	<b>Consecuencias</b>
•Incremento de adultos mayores con Alzheimer y otras demencias.	•Familiares con poco conocimiento sobre el correcto cuidado de estas personas.
•Alta demanda de personas desaparecidas.	•Personas halladas asesinadas, violadas, accidentadas, etc.
•Necesidad de dispositivos de rastreos para personas adultas mayores.	• Dispositivos con precios elevados, fuera del alcance de varias familias.

---

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Moscoso Carpio Thalia Lizbeth*

## **1.2. Delimitación del problema**

El desarrollo del proyecto consiste en el diseño de un localizador de personas con Alzheimer en tiempo real gracias a las placas piezoeléctricas y GPS insertadas en el calzado.

**Tabla 2**

Delimitación del problema.

<b>CAMPO</b>	Tecnológico
<b>ÁREA</b>	Electrónica
<b>ASPECTOS</b>	Ofrece reducir extravíos de adultos mayores
<b>TEMA</b>	Diseño geo localizador implementado en un zapato para personas con Alzheimer, alimentado con energía piezoeléctrica.
<b>ESPACIO</b>	Noviembre 2021 – Marzo 2022.

*Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Moscoso Carpio Thalia Lizbeth*

### 1.3. Formulación del problema

¿Cómo evitar el extravío de personas que padecen de Alzheimer?

### 1.4. Evaluación del problema

Los aspectos de evaluación del presente proyecto son:

**Delimitado:** consiste en localizar personas parecientes de Alzheimer recolectando energía limpia gracias a las pisadas.

**Concreto:** la redacción de este proyecto se detalla paso a paso con el objetivo de realizarse claramente para que exista un buen entendimiento de palabras e ideas en el desarrollo de cada uno de los capítulos.

**Relevante:** el presente trabajo es de suma importancia para la comunidad educativa porque está enfocada en la energía piezoeléctrica lo cual no es muy común en la actualidad debido a fracasos que han tenido proyectos en el pasado, por ello se debería reformular su uso y ser resuelto cualquier percance científicamente.

**Original:** el proyecto no cuenta con historiales realizados en su totalidad, es por ello que se tiene esperado el desenlace concreto al final del desarrollo del trabajo.

**Identifica los productos esperados:** el presente trabajo es útil para la sociedad en general, no solo es factible para personas con Alzheimer sino también se puede extender su uso para el cuidado de los niños, personas con discapacidad visual, etc.

**Factible:** este tema es posible realizarlo en su totalidad en un tiempo determinado y con los recursos necesarios para su funcionamiento.



### **1.5. Justificación e importancia**

Es cierto que con el paso de los años nuestro cerebro, al igual que todos nuestros órganos, va sufriendo estragos. Estos estragos perjudican la velocidad con la que procesamos la información y generan olvidos esporádicos en la persona, los cuales pueden estar ligados a un problema de atención. En efecto, la atención, al igual que otras facultades cognitivas tiende a reducirse con el paso de los años y es por ello que a los adultos mayores les cuesta más recordar determinadas cosas, tales como dónde dejaron un objeto, lo cual posiblemente recuerden más tarde. (TASE, 2016).

Pero ¿qué sucede si la persona con esta enfermedad se desorienta en lugares públicos o adopta una conducta agresiva? Gracias a múltiples investigaciones se ha llegado a la conclusión de que muchas familias que les ha tocado hacerse responsable de una persona con Alzheimer no conocen a fondo las consecuencias que conlleva esta enfermedad, qué podría ocurrir en un caso de extravío o al no saber cómo actuar ante los problemas que se vayan presentando con el pasar de las etapas del Alzheimer, es por ello que nacional e internacionalmente se han creado diversos dispositivos que ayudan a la localización de los adultos mayores con esta enfermedad.

Lo que se quiere diseñar es un dispositivo de rastreo GPS que consiste en utilizarlo dentro de una plantilla de un zapato y que su funcionamiento se hará posible gracias a la utilización de la energía piezoeléctrica que se basa en la capacidad que tienen ciertos materiales en general cristales, cuarzo o cerámicas que generan energía al ser accionados, pulsados o tensionados. El calzado que se planea diseñar ayuda a recolectar energía aprovechando las pisadas del paciente.

Esto hará posible localizar al paciente que padezca de Alzheimer cuando éste se encuentre realizando actividades fuera de su hogar o tenga comportamientos temperamentales cuando no se encuentre al cuidado de algún familiar cercano.

### **1.6. Objetivos generales y específicos**

#### **1.6.1. Objetivo general.**

Facilitar la localización de personas que padezcan de Alzheimer a través del diseño de un dispositivo rastreador con GPS que utilice energía acumulada de las pisadas, integrado en la plantilla de un zapato.

#### **1.6.2. Objetivos específicos.**

1. Realizar un estudio acerca de las consecuencias que conlleva una persona que padezca Alzheimer.

2. Revisar los fundamentos teóricos sobre las particularidades técnicas para el diseño del prototipo existentes en mercado a base de sensores piezoeléctricos y las tecnologías actuales para el rastreo de personas.
3. Explicar la metodología empleada para el diseño de localizador con GPS que utiliza la energía generada por sensores piezoeléctricos que cumple con los requerimientos técnicos y tecnológicos para brindar seguridad a las personas que padecen de Alzheimer.
4. Realizar la simulación del diseño del localizador GPS integrado con el generador piezoeléctrico, afín de confirmar el correcto funcionamiento para la elaboración del respectivo manual de usuario.

### 1.7. Hipótesis prospectiva

Si se diseña un dispositivo rastreador GPS que utilice energía acumulada de las pisadas integrado en la plantilla de un zapato, por ende, se facilitaría la localización de personas extraviadas que padezcan de Alzheimer.

### 1.8. Variables e indicadores

#### 1.8.1. Variables.

**1.8.1.1. Variable independiente.** Diseño un dispositivo rastreador GPS integrado en la plantilla de un zapato.

**1.8.1.2. Causa.** Diseñar un dispositivo rastreador GPS que funcione con la energía piezoeléctrica, que se va acumulando con las pisadas, incorporado en un zapato.

**1.8.1.3. Variable dependiente.** Localización de personas extraviadas con Alzheimer.

**1.8.1.4. Causa.** Facilita el rastreo para pacientes que padezcan de Alzheimer cuando estén en el exterior de sus hogares, aminorando accidentes, deambulación y fallecimiento de estas personas.

#### 1.8.2. Conceptualización y operacionalización de las variables

**Tabla 3**

Operacionalización de las variables

Variable	Diseño de un dispositivo rastreador GPS integrado en la plantilla de un zapato.	Localización de personas extraviadas con Alzheimer.
<b>Definiciones conceptuales</b>	Es el proceso de elaboración de la propuesta de trabajo de acuerdo	Localizar personas u objetos se trata de saber a ciencia cierta las coordenadas, que nos brindan

	a pautas y procedimientos sistemáticos.	puntos de referencia, para trazarlas y comunicarlas.
<b>Definiciones operacionales</b>	Desarrollo de una estructuración y unión entre el software y el hardware, que enlazados entre sí de una manera correcta va a dar como resultado un efecto positivo que cumpla con las expectativas con el fin de llegar a su objetivo.	Proceso generalmente empleado por los sistemas de información geográficos, un conjunto organizado de hardware y software, que se encuentra diseñado especialmente para capturar, almacenar, manipular y analizar en todas sus posibles formas la información geográfica referenciada.

*Información tomada del desarrollo de investigación. Elaborado por Thalía Lizbeth Moscoso Carpio*

### 1.8.3. Indicadores

**Tabla 4**  
Indicadores

Variables	Indicadores
Diseño un dispositivo rastreador GPS integrado en la plantilla de un zapato.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño del prototipo</li> <li>• Tipo de energía a utilizar</li> <li>• Elección de sensores piezoeléctricos</li> <li>• Cantidad de sensores</li> <li>• Cantidad/tiempo de pisadas</li> <li>• Cantidad de energía generada para el almacenamiento</li> <li>• Posicionamiento de los sensores</li> <li>• Resistencia del prototipo</li> <li>• Sistema de fuerza</li> <li>• Tamaño</li> <li>• Costo</li> </ul>
Localización de personas extraviadas con Alzheimer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de control</li> <li>• Tipo de tecnología de localización</li> <li>• Leguaje de programación</li> <li>• Herramientas de programación</li> <li>• Tiempo de funcionamiento del localizador</li> <li>• Alcance</li> </ul>

*Información tomada del desarrollo de investigación. Elaborado por Thalía Lizbeth Moscoso Carpio*

### **1.9. Preguntas de investigación**

- ¿De qué manera ayudaría el uso del dispositivo a personas que padecen de Alzheimer?
- ¿Cuáles son los dispositivos tecnológicos que existen en el mercado para ayudar a localizar personas con Alzheimer?
- ¿Cuál es el procedimiento para seguir para la realización del dispositivo rastreador?
- ¿Qué tipos de herramientas serán utilizadas para el desarrollo del dispositivo rastreador?
- ¿Qué es la energía piezoeléctrica y en qué beneficia este fenómeno físico?
- ¿Cuáles serían los requerimientos técnicos y tecnológicos para diseñar un dispositivo localizador GPS insertado en un zapato que brinden r?

### **1.10. Alcance del problema**

El presente proyecto pretende realizar una simulación de un circuito piezoeléctrico que permita ubicar a las personas que padecen de Alzheimer mediante un receptor de energía reutilizable y que gracias a esto se pueda llevar a cabo el funcionamiento del localizador GPS. Se realiza un estudio de los antecedentes y las referencias acerca de dispositivos que se hayan realizado para este tipo de personas y se determina la problemática de las personas con esta condición y la necesidad por el cual se llevaría a cabo este proyecto.

El sistema deberá emitir coordenadas de donde se encuentra la persona que se quiera ubicar, mediante las pisadas que se hayan realizado y la energía que se haya generado gracias a estas, lo cual hace la diferencia entre otros dispositivos que están en el mercado.

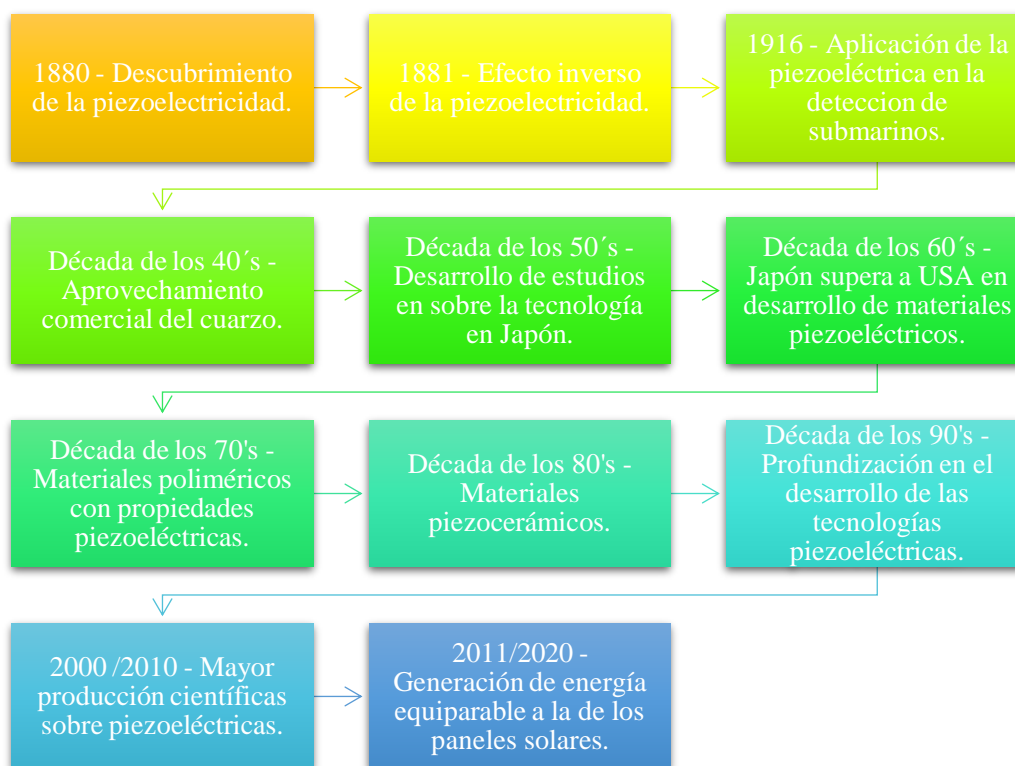
## Capítulo II

### Marco teórico

#### 2.1. Antecedentes del estudio

En el presente apartado se realizará una revisión de los antecedentes de la temática abordada, para lo cual, se realiza una distinción entre antecedentes históricos que abarca el origen de la tecnología piezoeléctrica y su evolución a través de los años, mientras que, por otro lado, están los antecedentes referenciales, que no es más que una revisión bibliográfica, en la cual se revisarán estudios preexistentes sobre la temática.

**2.1.1. Antecedentes históricos.** Se procede con el desarrollo de los antecedentes históricos de la piezoelectricidad, que no es más que presentan los hallazgos y evolución de esta tecnología a través del tiempo, para lo cual, a continuación, se presenta la línea de tiempo a través de la cual, se citarán los hechos relevantes en torno a la temática de manera cronológica:



**Figura 1.** Línea de tiempo de la piezoelectricidad.

Adaptada de “Visión de la aplicación de los sistemas piezoeléctricos para la generación de energía eléctrica a partir del viento en edificios”. Elaborado por Thalía Moscoso.

En 1880, fue descubierta la piezoelectricidad, de la mano de los hermanos Jacques y Pierre Curie, los cuales se percataron del efecto de la tensión en cristales entre los cuales se enlistan el cuarzo, la turmalina, el topacio e incluso la sal Rochelle, en estos se podía apreciar una carga eléctrica, proporcional a la tensión aplicada, cabe mencionar que aún se

mencionaron distintos materiales, en la actualidad el más comercial es el cuarzo, mientras que los restantes son obtenidos artificialmente.

El efecto piezoeléctrico tiene su contraparte, la cual, fue demostrada de manera matemática, por Lippman, este efecto consiste en que aplicar una carga eléctrica da origen a una tensión mecánica, esto se demostró un año después del descubrimiento de los hermanos Curie, es decir, en 1881. Lippman empleó las premisas de la termodinámica. (Sotelo, 2015).

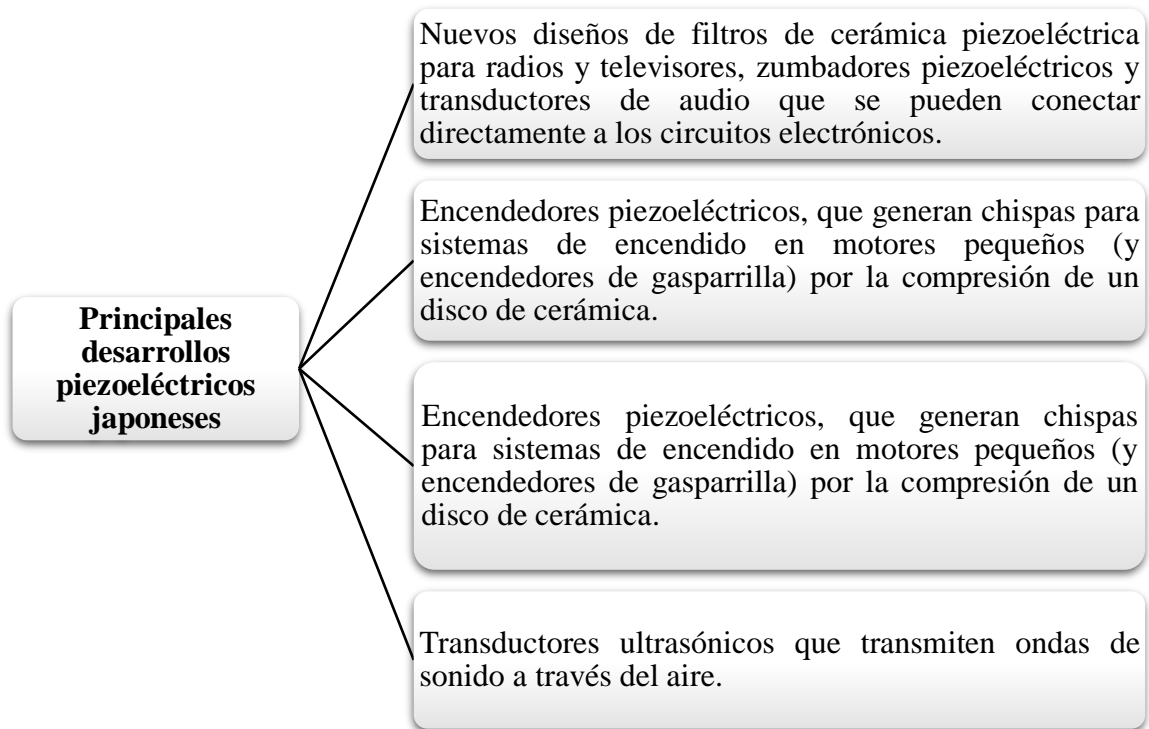
La piezoelectricidad fue un descubrimiento de gran connotación en el ámbito científico, no obstante, esta no fue empleada sino hasta 1916, en pleno desarrollo de la Primera Guerra Mundial, cuando Paul Langevin, empleó materiales piezoeléctricos con la intención de poder detectar submarinos.

A partir de la Segunda Guerra Mundial, empresas estadounidenses empezaron a diseñar dispositivos y materiales piezoeléctricos, donde se tiene que lo más novedoso es el cuarzo, que fue el primer material en ser aprovechado de manera comercial, sin embargo, la comunidad científica continuó desarrollando materiales con un rendimiento superior al del cuarzo. En el caso de los científicos japoneses, estos no solo fabricaron nuevos materiales, sino que también pudieron afrontar las complicaciones técnicas de dicha fabricación y posteriormente compartieron sus descubrimientos con el mundo.

En la década de los 50's, los empresarios japoneses empiezan a ejecutar investigación con la finalidad de desarrollar nuevos materiales piezoeléctricos y la manera de realizar la aplicación de esta tecnología en el ámbito comercial, con lo cual, consiguieron una posición de privilegio en este caso durante la década posterior. (Tena, 2017).

En los últimos años del decenio de los 60's, Japón supera a Estados Unidos en cuanto a la investigación y desarrollo de materiales piezoeléctricos, donde su mayor invento son la fabricación de cerámicos piezoeléctricos, los cuales no solo constituía una amplia competitividad de los asiáticos, sino que también dejan este invento libre de restricciones como era el caso de las patentes.

A continuación, se presentan los inventos más relevantes de Japón en materia de tecnología piezoeléctrica:



**Figura 2.** Principales aplicaciones de materiales piezoeléctricos realizadas por Japón.

Adaptada de “Visión de la aplicación de los sistemas piezoeléctricos para la generación de energía eléctrica a partir del viento en edificios”. Elaborado por Thalía Moscoso.

Es preciso mencionar que en la actualidad los transductores, se emplean en los automóviles con la finalidad de que el conductor conozca la distancia con cualquier objeto que este en su camino al momento de estacionar, no obstante, su uso comercial en un inicio era una aplicación en los controles para televisores. (Sotelo, 2015).

La década de los 70's, trae consigo el desarrollo de materiales poliméricos, mismos que también tenían cualidades piezoeléctricas y un rendimiento superior a los materiales cerámicos, en primer lugar, por su amplitud en cuanto al ancho de banda y una ágil respuesta electromecánica, sin contar con los reducidos requerimientos eléctricos y su capacidad para producir una gran fuerza. (Córdoba, 2013).

En el decenio de los 80's, el estudio de los materiales piezoeléctricos entre en boga, donde se registra un aproximado de 40.000 artículos sobre piezoelectricidad y los materiales relacionados con la misma, cabe mencionar estos estudios desencadenaron en la creación de nuevos materiales piezocerámicos, los cuales, entraron en competencia con los PZT y los polímeros, los cuales fueron desarrollados en décadas anteriores. Es preciso mencionar que estos nuevos materiales, estaban libres de patentes, lo que permitió realizar diversas aplicaciones entre las cuales, se enlistan los filtros de señal para radios. (Gómez, 2018).

La gran importancia que esta tecnología tomo en dicha época hizo que en la década de los 90's, se aplicarán profundizaciones al respecto, sin embargo, esta no dejó de ser considerada como una tecnología emergente, centrándose únicamente en aparatos electrónicos de baja potencia, debido a las limitaciones en cuanto a eficiencia de transducción. (Sotelo, 2015).

En la primera década del nuevo siglo (2000 -2010), se registraron un aproximado de 19.662 publicaciones sobre aplicaciones de los materiales piezoeléctricos, donde se tiene que estas son de autoría corporativa, donde existen predominio de instituciones estadounidenses y chinas. A continuación, se presenta el ranking compuesto por un total de 25 instituciones, las cuales en conglomerado realizaron un aproximado de 4.656 publicaciones dentro del periodo de tiempo en mención:

**Tabla 5.**

Ranking de instituciones con publicaciones sobre piezoeléctrica (2000 -2010).

Posición	Institución	Nº artículos
1	Chinese ACAD SCI	465
2	Penn State Univ	348
3	Tsinghua Univ	345
4	Hong Kong Polytech Univ	272
5	Harbin Inst Technol	253
6	Indian Inst Technol	223
7	Tokio Ints Technol	198
8	Nanyang Technol Univ	192
9	Natl Taiwan Univ	192
10	Georgia Inst Technol	181
11	Tohoku Univ	164
12	Natl Cheng Kung Univ	160
13	Natl Inst Adv Ind SCI & Technol	151
14	Russian ACAD SCI	147
15	Zhejiang Univ	139
16	Univ Tokyo	138
17	Shangai Jiao Tong Univ	135
18	Univ Nebraska	129
19	Huazhong Univ SCI & Technol	126
20	Hunan Univ	121
21	Natl Univ Singapore	117
22	CNRS	116
23	CSIC	115
24	Seoul Natl Univ	115
25	Sichuan Univ	114
<b>Total</b>		<b>4656</b>

Adaptado de “Vigilancia Tecnológica – Materiales piezoeléctricos”. Elaborado por Thalia Moscoso.

A la par de estas publicaciones también se registró un aproximado de 116.694 patentes donde se tiene que los países con mayor relevancia en el desarrollo de tecnología piezoeléctrica son Japón con 52.824 patentes, seguido de Estados Unidos con 21.373 y la



Unión Europea con 11.615 patentes, estos países en conglomerado registran el 73% del total de patentes la primera década del nuevo siglo.

En la última década la tecnología piezoeléctrica es empleada para la generación de energía, comparándose con los paneles solares y la energía eólica, este tipo de energía es conseguida actualmente a través del tránsito de peatones o vehículos, es decir, que existen nuevas aplicaciones que permiten generarla a través de cada paso en el caso de los transeúntes. (Noticias NCC, 2021).

**2.1.2. Antecedentes referenciales.** En este apartado se procede a realizar una revisión bibliográfica a investigaciones preexistentes donde se abordó la temática de la tecnología piezoeléctrica en el calzado, cabe mencionar que esto se realiza mediante un sistema denominado Harvesting Energy, el cual, permite recolectar información para abastecer de energía dispositivos como es el caso de los GPS para personas con Alzheimer, sin embargo, esta solo es una de las aplicaciones de este sistema puesto que también puede ser incorporado en las cerámicas dispuestas en sitios de alta concurrencia. Con base en lo antes mencionado a continuación se presentan investigaciones donde se evidenciarán diferentes aplicaciones de la tecnología piezoeléctrica.

**2.1.2.1. Diseño de un sistema de alimentación de un dispositivo portátil por recolección de energía de la pisada.** Los resultados obtenidos en este estudio, expone que el rendimiento obtenido por el prototipo diseñado se vio afectada por la calidad de los materiales piezoeléctricos, ya que estos se deterioraron rápidamente y en ciertos casos se experimentaba la ruptura de estos al implementarlos en calzados durante el proceso de soldado de los cables, lo que también ocasiona que la capacidad de respuesta del prototipo se vea limitada.

Las conclusiones de este estudio expresas que se logró diseñar un prototipo que servirá para realizar experimentaciones y verificaciones con el circuito, para que, en una inminente aplicación a la realidad, poder determinar el tamaño y la capacidad necesaria, no obstante, ya se cuenta con un diseño esquemático y una PCB.

Este estudio aporta la conciencia sobre la gestión de materiales de buena calidad para el desarrollo de los prototipos, ya que, si bien existen estudios donde se evidencia el rendimiento en cuanto a la recolección de energía o los costos en los que se incurre, ningún menciona las consecuencias de emplear materiales de baja calidad, ya que, si bien reducen la capacidad de respuestas, también son complicados de adaptar.

**2.1.2.2. Diseño de un Sistema de energy harvesting basado en piezoeléctricos.** Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que no viable emplear piezoeléctricos

cerámicos para la generación de energía, sin embargo, queda por sentado la recomendación de configurar en forma de disco cerámico, adaptado a la montura o el timón de la bicicleta, con la finalidad de que conforme avance se recolecte energía, lo cual, según los autores es más productivo.

Las conclusiones de la investigación explican que aspectos tales como la configuración, propiedades, rendimientos y la calidad del piezoeléctrico, estarán en función de la aplicación que desea darse a esta tecnología, no obstante, para el caso de las cerámicas empleadas, sus dimensiones tienen influencia en la magnitud de la recolección de energía.

Con los hallazgos de este estudio se consigue tener conocimientos sobre aspectos o factores variables dentro del diseño de un prototipo piezoeléctrico, donde se puede apreciar que no solo la calidad influye en el rendimiento sino también el fin para el que se desea emplear la energía recolectada.

**2.1.2.3. Potencial de generación de energía eléctrica con la tecnología piezoeléctrica aplicada al tránsito de bicicletas de la ciudad de Bogotá D.C.** Los resultados indican la recolección de energía mediante dispositivos piezoeléctricos se reducirá conforme aumente la velocidad con la circulan los ciclistas, de manera que la generación de energía queda condicionada por la velocidad, de manera que no es recomendable aplicar esta tecnología a ciclo rutas con alta concurrencias donde la velocidad mínima está por debajo de los 20Km/h.

El autor concluye que la energía generada a través de dispositivos piezoeléctricos permitiría retroalimentar al menos el 50% de las luminarias dispuestas a lo largo de la ciclo ruta, que en este caso, por ya contar con un sistema de energía solar, se deberá realizar la configuración para dar paso a un sistema híbrido donde se tome energía solar y piezoeléctrica, aduciendo que en el largo plazo, se podría implementar un sistema de señalización electrónico que mejore los controles y garantice la seguridad vial de los ciclistas.

En este estudio se puede apreciar que surge un factor condicionante para la generación de energía que en este caso es la velocidad de circulación de la bicicleta, donde se requiere que la velocidad mínima este por encima de los 20km/h, además de que según las conclusiones de la investigación la generación es tanta que permitiría suministrar de energía a la mitad de las luminarias dispuestas en la vía tomando en consideración que esta vía tiene 1km de longitud, se evidencia un alto rendimiento.

**2.1.2.4. Viabilidad técnica de un sistema de captación de energía piezoeléctrica con aplicación en plantillas de calzado deportivo.** Los resultados explican que el voltaje necesario para accionar los dispositivos es de 5V, que en este caso es el máximo voltaje

obtenido mediante los prototipos diseñados en el estudio, cabe mencionar que para obtener este resultado fue necesario hacer conexiones paralelas, de manera que exista constancia de dicho voltaje dentro del sistema.

Como conclusiones se tiene que si bien con 5V, es posible realizar la carga de pequeños dispositivos como puede ser un smartphone, no es suficiente para poder activar la carga de unidades de almacenamiento, ya que, en el caso de un condensador, como mínimo se requiere de 6V o su equivalente que es 10  $\mu$ F, de manera que esta aplicación no es viable si lo que se busca es realizar almacenamiento de energía en gran grandes volúmenes.

En este caso se puede evidenciar que las plantillas piezoeléctricas, generan el voltaje necesario para activar pequeños dispositivos como es el caso del GPS, que se pretende diseñar para poder localizar gente adulta mayor que sufre de Alzheimer, puesto que, el voltaje necesario es de 5V, precisamente el voltaje máximo obtenido en este estudio con prototipos de plantillas.

***2.1.2.5. Diseño e implementación de un sistema generador de energía eléctrica mediante el uso de dispositivos piezoeléctricos implementados en una máquina elíptica en el Gimnasio “Zeus” ubicado en la ciudad De Machachi – cantón Mejía.*** Los resultados obtenidos mediante la experimentación con los dos sistemas se pueden obtener que el sistema piezoeléctrico de sensores LDT0 – 028K, es el más viable, ya que brinda una tensión mínima de 6V y una máxima de 30V, donde se tiene que el voltaje mínimo es el necesario para accionar dispositivos de almacenamiento, mientras que por otro lado, está el piezoeléctrico tipo pastilla, que solo genera 5V y que permite accionar pequeños dispositivos pero no almacenar energías para otras aplicaciones.

El trabajo concluye explicando que a partir de los rendimientos registrados en ambos métodos de generación de energías, se consigue el diseño de un sistema que genera un aproximado de 35V, de manera que los prototipos fueron ubicados en bancos piezoeléctricos con una distancia de 30mm, se considera que es viable aplicar esta tecnología en las máquinas elípticas del gimnasio, que al ser utilizada por al menos por 30 minutos generar un aproximado de 16428.51 (mW), lo que al ser aplicado en 10 máquinas que posee el establecimiento constituye un ahorro de 204.3 USD al año.

En este estudio se puede apreciar que además de la generación por circulación también se puede generar energía piezoeléctrica por el uso de una estructura como es el caso de las máquinas elípticas del gimnasio en cuestión, lo que supone que esto permite al propietario hacerse con un ahorro, cabe mencionar que estos prototipos son aplicables a la estructura de

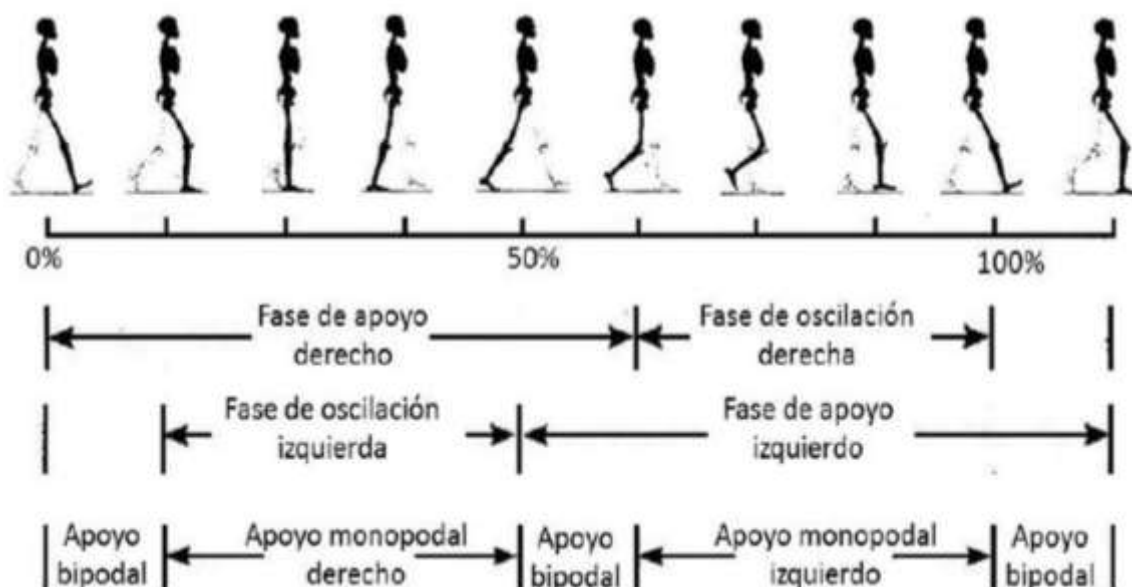
la máquina y emula la aplicación realizada en estudio donde estos fueron aplicado en bicicletas.

## 2.2. Fundamentación Teórica

En el presente apartado se procede a realizar la conceptualización de términos inherentes a la temática seleccionada que en este caso es la tecnología piezoeléctrica adaptada a las plantillas de zapatos para adultos mayores con Alzheimer, esto con la finalidad de que la energía generada suministre a un GPS, que permitiría ubicarlos en caso de que estos se extravíen.

**2.2.1. Biomecánica de la marcha humana.** Aplicar un análisis a una individuo, partiendo de la premisa de que está libre de patología, se podrá realizar la determinación de la distribución que esta tiene en su presión plantar, la fuerza con la que reacciona el suelo y la cantidad de pasos que este da en una determinada distancia, aspectos a través de los cuales, se establece la ubicación adecuada para implantar los sistemas de energy harvesting.

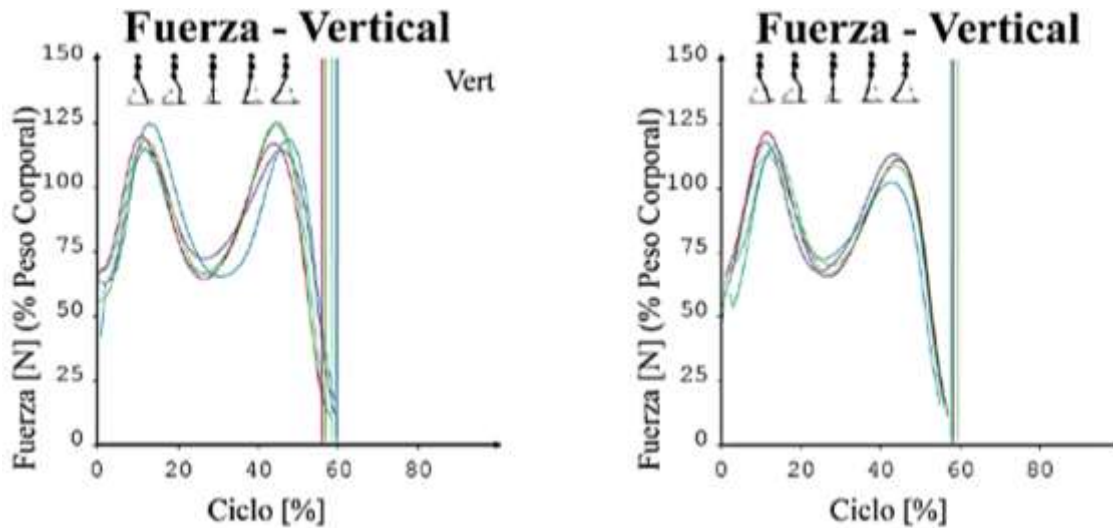
La marcha de una persona, consiste en movimientos cíclicos, que tienen como punto de partida, el contacto del talón con el suelo, y termina cuando el otro talón experimenta el mismo contacto, en este caso ambos talones experimentan dos fases, en un que son la fase de apoyo, que es en el momento del contacto y la de oscilación que se da al momento de avanzar, además de una serie de apoyos bipodales, que es lo que permite mantener el equilibrio o monopodales, que es mantener el equilibrio a través de una sola pierna. (Ayerbe, 2019). A continuación, se presente de manera esquematizada la marcha humana:



**Figura 3.** Fases de la marcha humana.

Adaptado de “Diseño de un sistema de alimentación de un dispositivo portátil por recolección de energía de la pisada”. Elaborado por Thalía Moscoso.

En diferentes estudios realizados se registra la fuerza de reacción del suelo, siguiendo una orientación vertical, que es análogas para ambos pies, esto debido a que se registra un desplazamiento repetitivo, teniendo así que el primer repunte en la gráfica corresponde al contacto del talón, mientras que el segundo pico, corresponde al apoyo en la punta del pie. A continuación, se presenta la curva de la fuerza de reacción del suelo:



**Figura 4.** Fuerza de reacción del suelo.

Adaptado de “Diseño de un sistema de alimentación de un dispositivo portátil por recolección de energía de la pisada”. Elaborado por Thalía Moscoso.

Como se puede en el eje de las X, se representa el porcentaje de la marcha mientras que, en el eje de las Y, se grafica la reacción del suelo, donde se evidencia que el primer pico tiene una reacción más fuerte, lo que indica además que es en este dónde la suela tiene mayor grosor o espesor, siendo este un espacio idóneo para realizar la incorporación de pequeños recolectores de energía

**2.2.2. Piezoelectricidad.** Esta tecnología al igual que la fotovoltaica, se erige como una de las de mayor potencialidad en cuanto a la generación de energía renovable en zonas urbanas, recibe la consideración de ser distribuida y limpia, por aprovechar la energía mecánica de la marcha humana para así suministrar de energía a diferentes elementos urbanos, como pueden las luminarias dispuestas a lo largo de ornato municipal o pequeños dispositivos, lo que hace que este tipo de energía experimente una demanda creciente.

La conceptualización base de la piezoelectricidad, explica que se trata de un fenómeno de tipo físico, a través de cristales estresados de manera mecánica se consigue la generación de diferencias potenciales, entre estos cristales tenemos el cuarzo, que es considerado como

uno de los principales materiales piezoeléctricos, este al pasar por un proceso de compactado y estiramiento, logra generar levemente carga, misma que al conectarle cables es posible aprovechar. (Martínez, 2020).

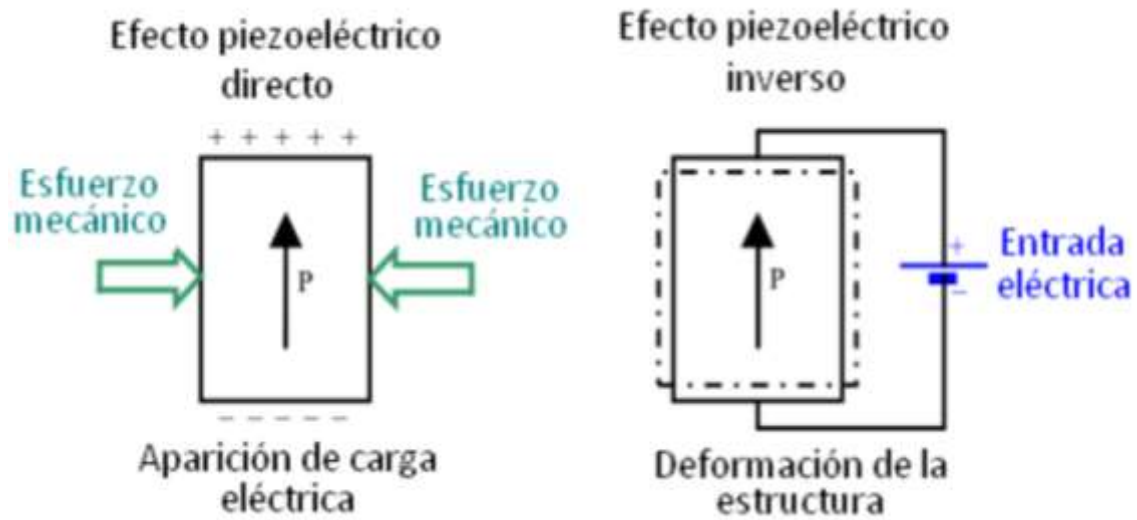
Al igual que otras energías la piezoelectricidad, también puede ser aprovechada, no obstante, su nivel de generación es muy limitado, ya que esta produce entre 5V y 20V. Para aplicar un proyecto de generación energética se precisa colocar dispositivos generadores en zonas altamente transitadas, como puede ser la entrada centro comercial o cualquier predio con una alta afluencia de personas, debido a que la energía que se canaliza a través de piezoeléctricos se consume rápidamente en zonas donde están implementados los generadores, es decir, podrían accionarse las luminarias cercanas a estos.

Con respecto a la eficiencia de la esta tecnología se tiene que los piezoeléctricos cuentan con el grosor necesario para perdurar a través de los años, además de que diseñar uno de estos sistemas es relativamente económico, tomando en cuenta que uno de los principales son las cerámicas de 11,1Mj/Kg. Para evidenciar su rendimiento se tiene que de aplicarse en una cubierta de hormigón, de 1.3 Mj/kg con un peso de 5Kg, es posible obtener una generación de 6.500.000 J, lo cual, aparentemente es mucho, sin embargo, generar 10W que equivale a 10J/s, puede tardar un aproximado de 650000 segundo para poder amortizar dicha inversión energética. Esto se traduce en 180 horas de pisadas, lo que es irrelevante con respecto a las décadas que puede durar un generador, lo que la convierte en una excelente alternativa para zonas urbanas donde se promueve la sostenibilidad. (Martínez, 2020).

**2.2.2.1. Materiales piezoeléctricos.** En términos generales se puede definir a estos materiales a aquellos cuya composición es cristalina, y sus centros de carga no se encuentran superpuestos, ocasionando que aparezcan momentos dipolares, de manera que ante vibraciones o incluso desplazamientos mecánicos, estos reciben tensión haciendo que los dipolos se distorsionen, para finalmente generar la carga eléctrica. En se puede clasificar estos materiales como de efecto directo, que es cuando se da la polarización eléctrica producto de una deformación, lo que hace que estos actúen como un sensor, mientras que los de efecto inverso, son los que consiguen la deformación, mediante la carga eléctrica, lo cual, le da la característica de actuador. (Ayerbe, 2019).

Los efectos antes mencionados son muy comunes en cristales de tipo ferroeléctrico, debido a que cuenta con un espontanea polarización eléctrica y además de la experimentación de la histéresis que abarca desde el desplazamiento dieléctricos hasta el campo eléctrico, no obstante, se precisa mencionar que esta histéresis se pierde si estos componentes son expuestos a altas temperaturas, específicamente a la de las curie, que son

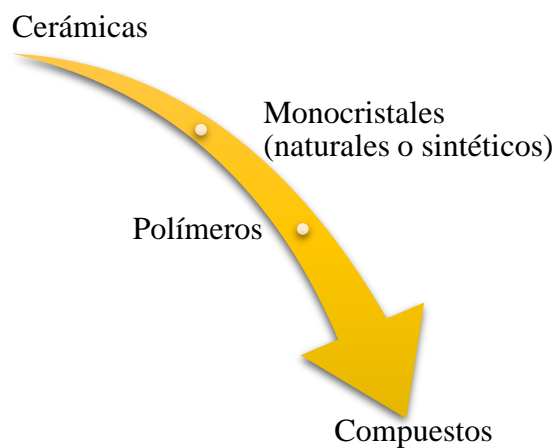
unidades de radioactividad. A continuación, se presenta el efecto inverso y directo de los materiales piezoeléctricos:



**Figura 5.** Efecto inverso y directo de los materiales piezoeléctricos.

Adaptado de “Diseño de un sistema de alimentación de un dispositivo portátil por recolección de energía de la pisada”. Elaborado por Thalía Moscoso.

**2.2.2.2. Tipos de materiales piezoeléctricos.** En lo referente a los materiales piezoeléctricos se puede divisar una categorización realizada en función a sus rasgos estructurales, de manera que se identifican cuatro tipos, mismos que serán presentados a continuación:



**Figura 6.** Tipos de materiales piezoeléctricos.

Adaptado de “Diseño de un sistema de alimentación de un dispositivo portátil por recolección de energía de la pisada”. Elaborado por Thalía Moscoso.

Es preciso explicar que los materiales compuestos combinan tanto cerámicas como monocristales con polímeros. Por otro lado, en su mayoría las cerámicas y monocristales, son empleado con la finalidad de recolectar energía y se los encasilla dentro de materiales

ferroeléctricos. Estos materiales a excepción de los polímeros muestran dipolos espontáneos al ser expuestos a temperatura Curie. (Ayerbe, 2019).

Entre los materiales piezoeléctricos se pueden encontrar los naturales, que son minerales que se encuentran en el suelo y que tiene propiedades piezoeléctricas naturales, lo que hace que estas no experimentan variación alguna con el pasar de los años, sin embargo, poseen una desventaja que es la emisión de señales eléctricas considerablemente pequeñas, ejemplo de estos materiales son el cuarzo o la turmalina.

Los materiales ferroeléctricos, son sujetos a polarización tras la aplicación de un campo eléctrico externo, lo que les permite desarrollar propiedades piezoeléctricas, como se mencionó anteriormente dentro de este grupo se encuentran monocristales, cerámicas las cuales también pueden ser de diseño sintético, ciertas películas delgadas y los polímeros.(Gallo, 2019).

Es recomendable tomar en consideración ciertos aspectos al momento de seleccionar una cerámica, los cuales serán presentados a continuación:



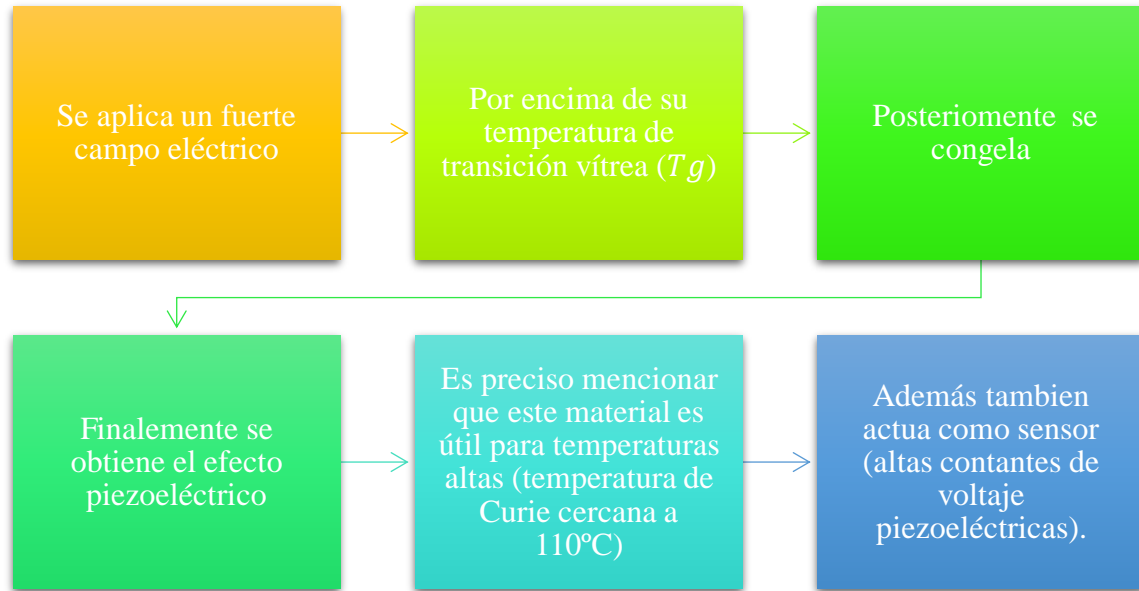
**Figura 7.** Aspectos a considerar al seleccionar cerámica para aplicaciones piezoeléctricas.

Adaptado de “Diseño de un sistema de alimentación de un dispositivo portátil por recolección de energía de la pisada”. Elaborado por Thalía Moscoso.

Los polímeros piezoeléctricos, están compuesto de carbono y extensas cadenas de polímeros, con unidades estructurales repetidas que reciben el nombre “monómeros”. Los polímeros se caracterizan por su alta flexibilidad en comparación con los materiales antes mencionados, no obstante, estos se combinan con los polímeros para dar origen a los



materiales compuestos. Entre los polímeros se encuentra el PVDF, que se caracteriza por ser semicristalino, de manera que el 50% de su estructura es amorfa y el otro 50% cristalina. (Leppe, 2020). A continuación, se presenta el proceso para obtener un momento dipolar en este material:



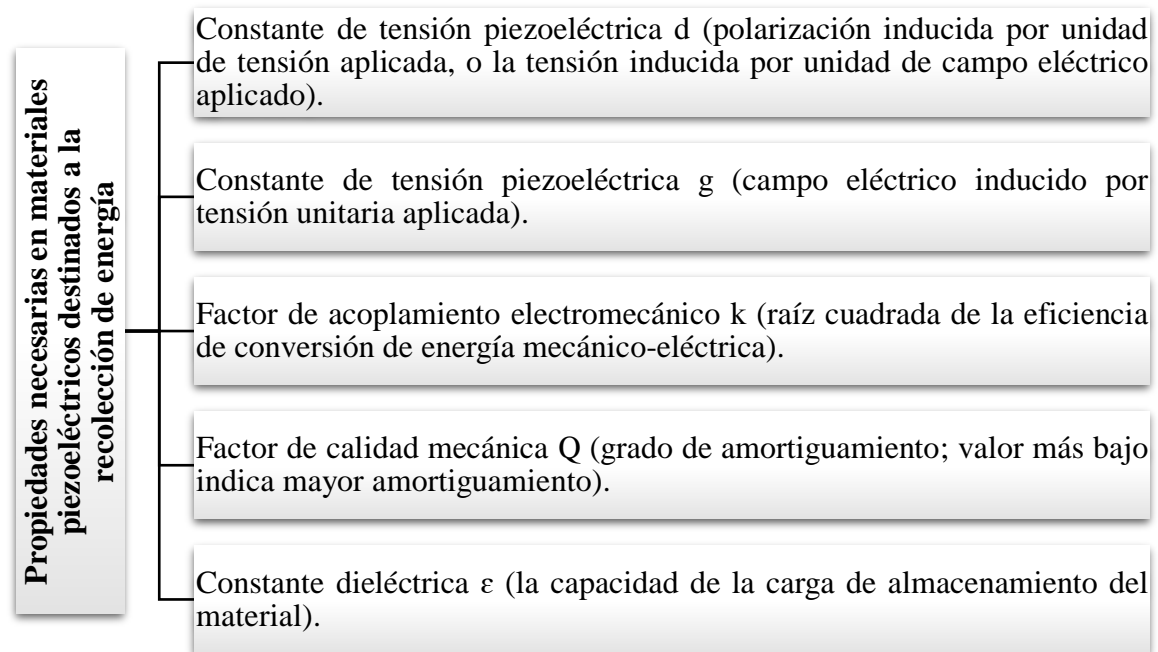
**Figura 8.** Polímeros piezoeléctricos (PVDF).

Adaptado de “Diseño de un sistema de alimentación de un dispositivo portátil por recolección de energía de la pisada”. Elaborado por Thalía Moscoso.

Las ventajas de emplear los polímeros es que son fuertes y con alta resistencia, incluso frente al ácido, lo que le permite tener una fuerte respuesta piezoeléctrica, inclusive frente a frecuencias de tipo microonda. Su constante es de  $g$  ( $10^{-3}\text{Vm/N}$ ), que es superior a la de muchos piezoeléctricos. Otra bondad de ellos polímeros es que resisten mayor tensión que otros materiales, esto gracias a la flexibilidad con la que cuenta, convirtiéndolos en una excelente alternativa en aplicaciones donde estos serán sometidos a gran flexión o para casos donde están dispuestos en superficies curvas. (Ayerbe, 2019)

Las películas delgadas de PZT, generalmente cumplen la función de sensores, interruptores o también como diafragmas de actuación o lo que es igual como actuadores, mientras que las películas gruesas de PZT, las cuales son policristalinas, son muy utilizadas en el diseño de Sistemas Micro electromecánicos (MEMS) y su constante superar a las de otros materiales. (Instituto Americano de Física, 2017)

De manera general, existe un estricto requerimiento de propiedades piezoeléctricas, en los materiales empleados en sistemas de recolección de energía, entre los cuales se incluyen los siguientes:



**Figura 9.** Propiedades de materiales piezoeléctricos destinados a recolección de energía.

Adaptado de “Diseño de un sistema de alimentación de un dispositivo portátil por recolección de energía de la pisada”. Elaborado por Thalía Moscoso.

Mediante los parámetros antes mencionados es posible definir cuáles son las más recomendables para la aplicación a realizarse, ya que en estos aplican para cristales, cerámicas o polímeros, motivo por el cual, a continuación, se presentan las antes mencionadas para cada material:

**Tabla 6.**

*Propiedades para diferentes materiales piezoeléctricos.*

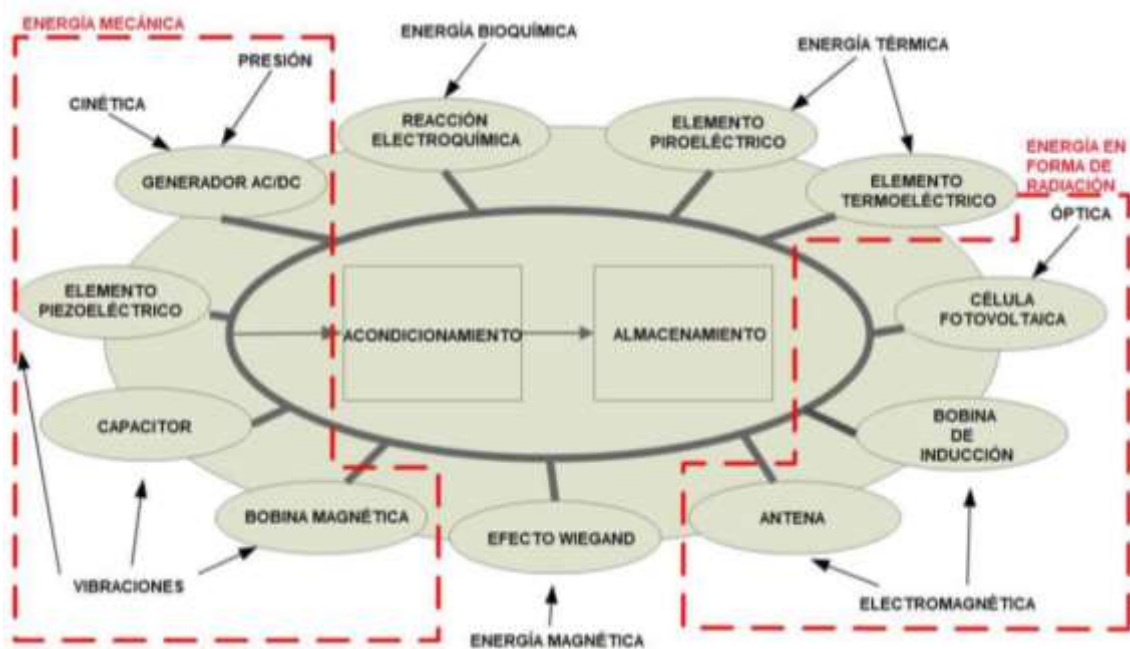
	PZT-5H (ceramic)	PMN-32PT with (001) orientation (single crystal)	PZT rod-Polymer composite with 30 vol. % PZT	PVDF (polymer)
Density (g/cm <sup>3</sup> )	7.65	8.10	3.08	1.78
Dielectric constant $\epsilon_r$	3250	7000	380	6.0
Young's modulus $Y_{33}$ (GPa)	71.4	20.3		2
Mechanical quality factor $Q_m$	32			10
Piezoelectric charge constant $d_{33}$ (pC/N)	590	1620	375	25
Piezoelectric charge constant $d_{31}$ (pC/N)	-270	-760		12-23
Electro-mechanical coupling factor $k_{33}$	0.75	0.93		0.22
Reference	31	32	33	34,35

Adaptado de “Diseño de un sistema de alimentación de un dispositivo portátil por recolección de energía de la pisada”. Elaborado por Thalía Moscoso.

**2.2.2.3. Sistema energy harvesting.** Su traducción al español es “cosechamiento de energía”, que no es otra cosa que la recolección de energía en diminutas proporciones, la

cual, es generada por diferentes fuentes o generadores dispuesto en el entorno, estos sistemas se encargan de la acumulación y almacenamiento para posteriormente suministrar de energía desde pequeños dispositivos hasta sistemas eléctricos. (Gómez Á. , 2018)

Estos sistemas son empleados para la recolección, almacenamiento y aprovechamiento de cualquier tipo de energía renovable, que surge de la interacción natural del entorno y que comúnmente es desperdiciada, es decir, transforma estas energías en energía eléctrica, con base en estas premisas a continuación se presenta de manera gráfica la clasificación aquellas energías aptas para la aplicación de un sistema harvesting:



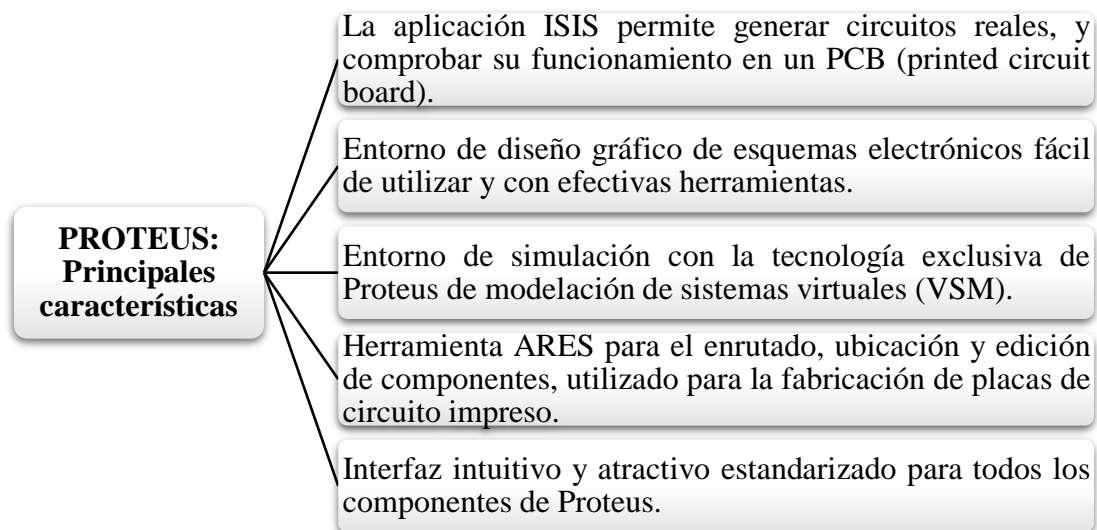
**Figura 10.** Fuentes energéticas y sus transductores.

Adaptado de “Diseño de un Sistema de energy harvesting basado en piezoeléctricos”. Elaborado por Thalía Moscoso.

En este caso se puede apreciar que la piezoelectricidad, se engloba dentro de las energías mecánicas, debido a que esta se genera por las vibraciones en predios, maquinarias e incluso en el cuerpo humano, tomando en consideración que en este estudio se busca aprovechar las vibraciones de la marcha humana. Para lo cual existen dos alternativas para convertir la energía mecánica generada en energía eléctrica, por un lado, están los capacitores y por otros transductores piezoeléctricos. (Gómez Á. , 2018). Como se mencionó en apartados anteriores, los piezoeléctricos constituyen, la mejor alternativa al momento de las vibraciones en energía eléctrica, ya que son más prácticos y efectivos, las ventajas de aplicarlos la mayor potencia que estos tienen y, por otro lado, las facilidades para implementarlos en sistemas energy harvesting. (Iturbe, 2018)

**2.2.3. PROTEUS.** Mediante a la utilización de este software es posible realizar diseños y simulaciones sobre circuitos eléctricos, de manera práctica y brindada una alta accesibilidad a profesionales en la materia. MultiSIM y ORCAD, son programas similares que constituyen una competencia directa para PROTEUS, es preciso señalar que cada uno tiene su ventaja frente al otro, ya que, en aspectos digitales, en analógica o por poseer mayor cantidad de librerías.

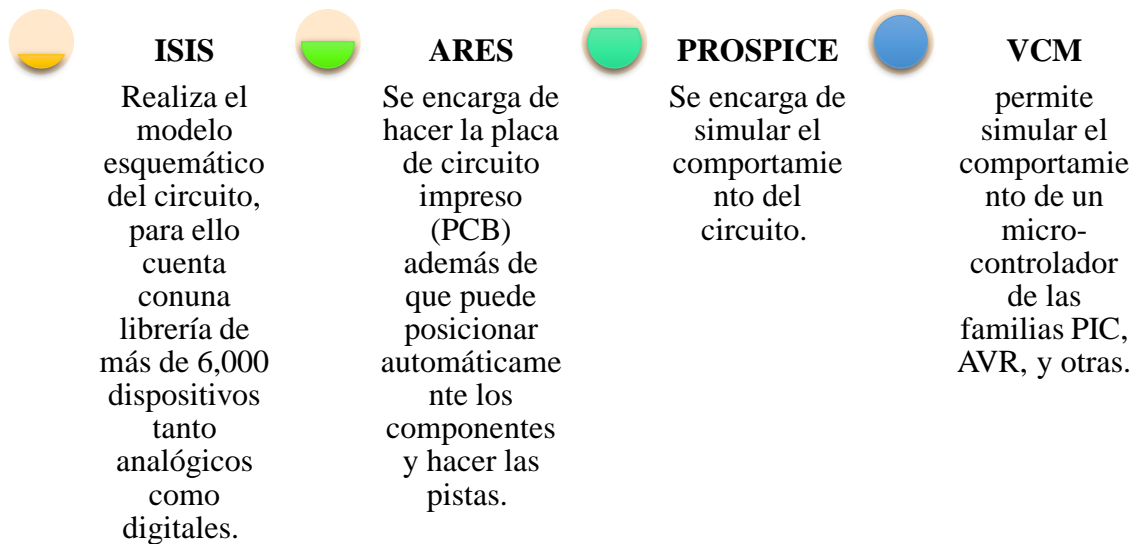
Para aquellos profesionales en el área de la electrónica, se lanzó la última actualización de este programa que es el PROTEUS 8, este programa trae incorporadas dos aplicaciones que son ARES e ISIS, además de sus módulos que son Electra y VSM. Las funciones de este programa son numerosas, al momento de crear circuitos, permitiendo generar con suma facilidad pistas de cobre, además de la posibilidad de realizar simulación en tiempo real sobre los PICs, con lo cual, se determina la funcionalidad del circuito que se está diseñando. (Enerxia, 2020) . A continuación, se presentan las características esenciales de PROTEUS:



**Figura 11.** Características de PROTEUS.

Adaptado de “Electrónica: PROTEUS (ARES e ISIS) simulador digital y analógico”. Elaborado por Thalía Moscoso.

PROTEUS es aplicable para la simulación de circuitos indiferentemente de si son análogos o digitales, puesto que permite realizar la creación de una layout del circuito y su posterior visualización en realidad 3D, a continuación, se presenta una breve descripción de los módulos que componen este programa:



**Figura 12.** Módulos de PROTEUS.

Adaptado de “Electrónica: PROTEUS (ARES e ISIS) simulador digital y analógico”. Elaborado por Thalía Moscoso.

Los módulos de PROTEUS, permiten realizar actividades tales como el esquema del circuito, a través del módulo ISIS, que cuenta con múltiples dispositivos dentro de su librería, mientras que para el modelamiento del circuito impreso se recurre a ARES, previo a la aplicación, el programa ofrece la posibilidad de realizar una simulación esto por intermedio de su módulo PROSPICE y para evaluar el comportamiento de los controladores existe VCM. (Enerxia, 2020)

**2.2.4. ARDUINO.** Esta es una plataforma a través de las cuales se desarrollan códigos abiertos, esta se sustenta en hardware y software, los cuales son de libre acceso, con alta flexibilidad y facilidad para impulsar el trabajo de los desarrolladores. A través de esta es posible dar origen a una diversa tipología de microordenadores, los cuales serán de una sola placa pero que los desarrolladores emplean para diferentes aplicaciones. (Fernández Y. , 2020)

Es preciso tener en cuenta que, por hardware y software libre, se hace referencia a que en ARDUINO se plantean este tipo de componente, para que los desarrolladores puedan replicarlos sin necesidad de incurrir en el pago de derechos de autor o licencias, es decir, que esta plataforma conceda las bases necesarias para que cualquier desarrollador independiente o compañía tecnología pueda fabricar una placa, de manera que esta se adapte a sus necesidades.

Para el caso de desarrollo de software ARDUINO, cuenta con el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE), que es donde cualquier desarrollador puede crear códigos abiertos y

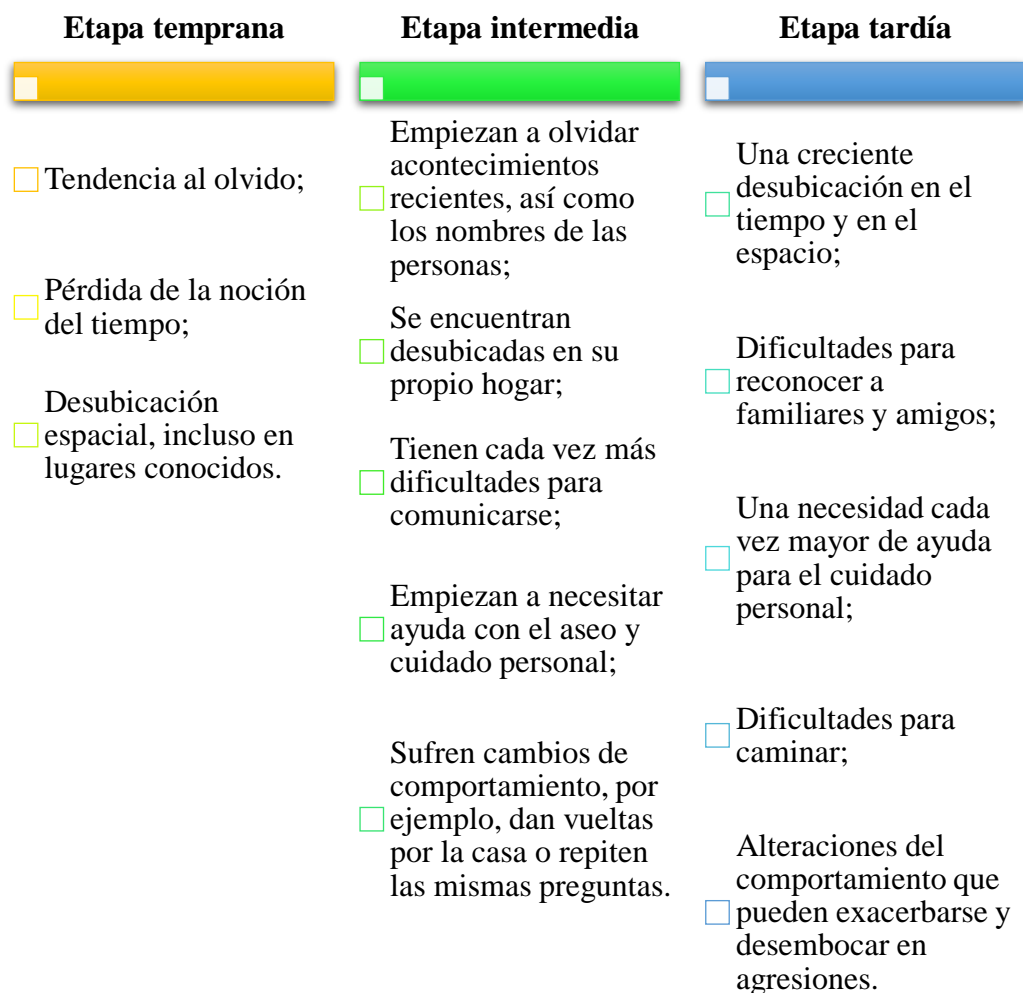
aplicarlos a la placa previamente diseñada, permitiendo así brindar diferentes utilidades a la misma, este surge con la intención de que los estudiantes de carreras afines, puedan acceder a estos recursos de incurrir en el pago por uso de aplicaciones como era el caso de la BASIC STAMP. (Fernández Y. , 2020).

La placa de Arduino contiene un microcontrolador, en el cual se puede insertar la programación necesaria para diseñar programas, mediante los cuales se pueda conseguir una interacción con el circuito de la placa. Es preciso mencionar que estos microcontroladores cuentan con una interfaz de entrada, a través de la cual se puede establecer conexiones con las placas de diversos dispositivos, de manera que la información de estos sea procesada.

Es preciso tener en cuenta que los dispositivos que se conectarán a los microcontroladores estarán en dependencia de la aplicación que se desee dar, de manera que pueden ser sensores como el caso de los piezoeléctricos. Por otro lado, El ARDUINO también cuenta con una interfaz de salida, que permite traspasar la información obtenida de los depósitos conectados en la interfaz de entrada a otros dispositivos, que en el caso del presente proyecto sería al circuito impreso.

**2.2.5. Alzheimer.** Esta enfermedad es una forma de demencia que afecta mayormente a personas adultas mayores, esta conlleva a un deterioro acelerado de la memoria, el intelecto, la conducta y la capacidad para desarrollar actividades cotidianas. Es preciso mencionar que esta no es inevitable ya que existe tratamiento para prevenir dicha condición. (OMS, 2020)

Se debe tener con consideración que esta enfermedad constituye una de las causas de discapacidad mental en adultos mayores, lo que genera un impacto negativo a la unidad familiar, puesto que, su aparición afecta a la calidad de vida de paciente y sus familiares los cuales deberán aplicar cuidados de manera perenne. Es posible identificar diferentes síntomas a través de las diferentes etapas de la enfermedad, mismos que se mostrarán a continuación:

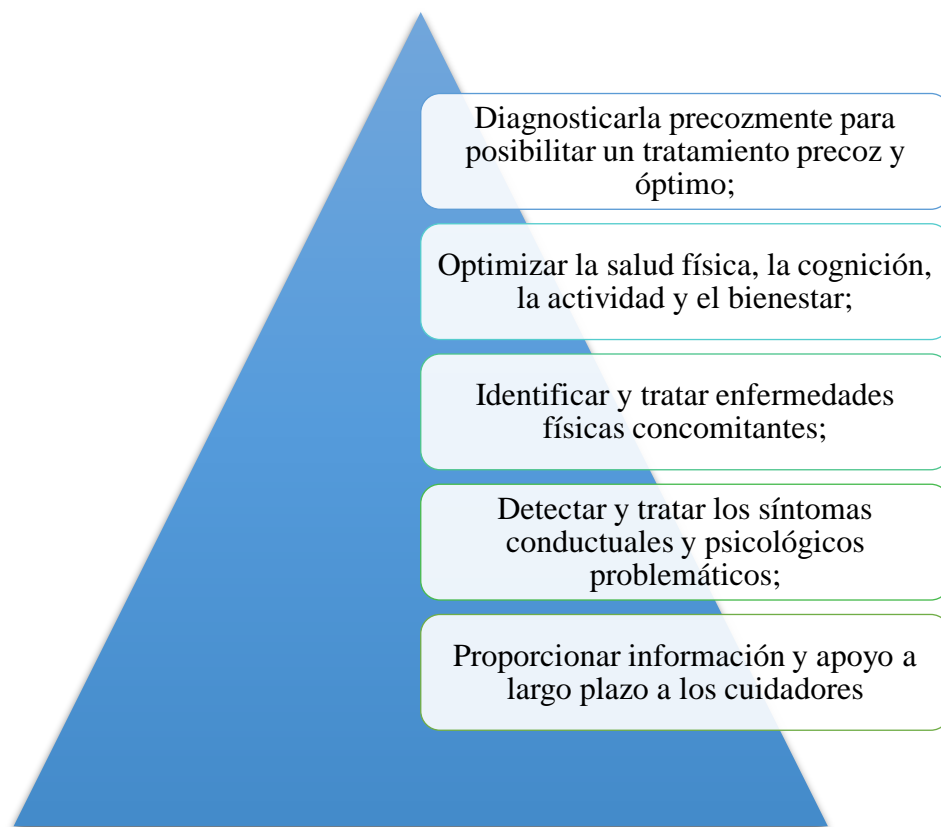


**Figura 13.** Etapas del Alzheimer.

Adaptado de “Demencia (Alzheimer)”. Elaborado por Thalía Moscoso

Como se pueda apreciar se identifican tres etapas donde se tiene que la primera que es la temprana, esta se da entre los 30 y 65 años cuando, la enfermedad aún no se hace presente pero se va desarrollando paulatinamente, posteriormente en la etapa intermedia los síntomas y signos registrados en la etapa anterior se intensifican, limitando cada vez más al paciente y finalmente en la etapa tardía, el paciente entra en estado de dependencia donde es común que un miembro del núcleo familiar asuma la responsabilidad de cuidador, ya que el paciente entra en una inactividad casi total, debido a las serias alteraciones en la memoria.

En la actualidad no existen un tratamiento que permita curar esta enfermedad o que revierta la condición de salud del paciente, no obstante, existen tratamientos experimentales, que aún no pasan de un ensayo clínico. Pero si se cuenta con intervenciones que permiten asistir y mejorar las condiciones de vida de tanto del paciente como de los cuidadores, Esta intervención tiene como finalidad:



**Figura 14.** Objetivos de las intervenciones de salud para personas con Alzheimer. Adaptado de “Demencia (Alzheimer)”. Elaborado por Thalía Moscoso.

**2.2.5.1. Factores de riesgo.** Como primer factor de riesgo se tiene la edad, sin embargo, es preciso aclarar que esta no es exclusiva a la para adultos mayores, ya que existen diagnósticos en personas menores de 65 años. Otros factores de riesgos son el uso desmedido de alcohol, tabaco, el sedentarismo, pero también pueden ser la depresión, una escasa formación académica, el aislamiento y falencias en el desarrollo de habilidades cognitivas.

**2.2.5.2. Contexto nivel global.** El crecimiento de la población con esta enfermedad va en constante incremento, ya que aproximadamente 50 millones de personas la padecen, de las cuales, 60% son ciudadanos de países cuyo ingreso es bajo o medio. Anualmente se identifican un aproximado de 10 millones de caso. (OMS, 2020).

Alrededor de las 8% de la población mundial con edades mayores o igual a 60 años se ve afecta por esta patología. Se prevé que total de casos de Alzheimer en el 2030, bordee los 82 millones y que para el 2050 esta cifra aumente a 152 millones, donde los países con mayor incidencia de esta enfermedad serán aquellos con ingreso medios o bajos. (OMS, 2021).

A nivel de América, se registran cifras de casos de Alzheimer, que oscilan entre el 6.5% y 8.5% de la población con edades mayores o iguales a 60 años, lo que según la Organización



Panamericana de la Salud (OPS), puede duplicarse en dos décadas, tomando como base que en el 2010, los casos ascendían a 7.8 millones y que para el 2030 estos podrían llegar a 14.8 millones, mientras que en el Caribe, para el 2010, se registraban 3.4 millones de casos para el 2030, estos aumentarían a 7.1 millones. (OPS, 2020)

**2.2.5.3. Contexto en Ecuador.** El Alzheimer es una enfermedad con un alto impacto en la vida de adultos mayores, según cifras de la Junta de Beneficencia de Guayaquil, en el país un aproximado de 120 mil personas padece esta enfermedad, sin embargo, no se cuenta con centros médicos especializados para asistir a estos pacientes, tomando en consideración que son de vital importancia, ya que, esta enfermedad deja indispuestas a las personas para llevar a cabo tareas básicas.

Según el Instituto de Neurociencias de la Junta de Beneficencia, en el 2019, se prestó atención a un aproximado de 840 casos, de los cuales 543 eran féminas y 297 corresponden a varones, mientras que, en el 2020, la cifra se reduce a 366 casos, no por reducción de la incidencia de la enfermedad sino por las medidas restrictivas aplicadas por la pandemia donde existe predominio de caso en mujeres, registrándose 231 caso y 135 en varones. (Junta de Beneficencia de Guayaquil, 2020).

Esta institución cuenta con médicos residentes especializados en geriatría y con capacidad para brindar residencia temporal a un máximo de 23 pacientes con patologías como el Alzheimer, donde estos reciben cuidados integrales y alimentación acorde a las recomendaciones de los médicos de cabecera.

**2.2.6. Energía Piezoeléctrica: Casos de aplicación.** En lo que respecta a los casos de aplicación de la piezoeléctrica, se tiene que esta ha sido aplicada en diferentes partes del mundo, en el caso de España esta es empleada en la entrada de edificios de entidades públicas y también en el calzado, donde el uso más común que se le da a la energía recolectada es el suministro energético del predio donde se implementa o accionar dispositivos menores de uso personal. (Gómez, 2018).

El uso más común de esta tecnología es la de cubierta de suelo, con la finalidad de obtener energía a través de la energía mecánica producida por la marcha humana, no obstante, en su mayoría las zonas en las que estas fueron dispuestas no cuentan con una amplia concurrencia, es aquí donde destaca un caso de aplicación, que es el Corredor Madero, ubicado en la ciudad de México, lo que constituye una primera aplicación en Latinoamérica, para realizar un uso inteligente del ornato municipal para generar energía renovable.

Este corredor tiene una afluencia de 250 mil personas por hora, lo que permite darse una idea sobre la situación demográfica de la capital mexicana, situación que puede ser

explotada, lo que motivo a dicentes del Instituto Politécnico Nacional (IPN), desarrollaron un proyecto de implementación de piso piezoeléctrico, el cual, requería 16.624 placas que permitirían alcanzar una generación de 57.452.54KW diariamente, de dicha generación se emplearía el 1% para suministrar energía a las luminarias dispuestas a lo largo de la calle y le restante a la red pública de electricidad.(Ilumet, 2018).

En el Ecuador no se registran casos de implementación de la energía piezoeléctrica, sin embargo, el Estado desarrolla políticas sectoriales que aliente la producción de energías renovables, de manera que, en caso de darse una iniciativa, que incorpore la piezoelectricidad, contará con apoyo gubernamental, debido a que se promueve el buen vivir y la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y energía tradicionales.

### 2.3. Definiciones conceptuales

**Layout.** - Es un término actual empleado para hacer referencia a la distribución de los elementos dentro de una maqueta o en este caso dentro de un circuito impreso. (ConexiónESAN, 2018)

**PCB.** - Es un acrónimo de Printed Circuit Board, que traducido al español quiere decir Placa de Circuito Impreso, que no es otra cosa que una superficie compuesta por pista de material conductor dispuestas sobre una base no conductora. (Castillo, 2019)

**Hardware libre.** - Son dispositivos disponibles de manera gratuita para que quien lo desee los replique e incluso incorpore variaciones. (Fernández Y. , 2020)

**Software libre.** - Son entornos de programación en los cual ese encuentras codigos editables para ser empleados de manera libre. (Fernández Y. , 2020)

**Patentes.** - Es un derecho de exclusividad que se concede a una persona sobre el desarrollo de un nuevo producto o incluso sobre descubrimientos tecnológicos. (Roldán, 2017)

**Piezoelectricidad.** - Se la define como un fenómeno eléctrico, que ocurre en ciertos materiales al momento de aplicárseles presión o ser expuestos a acciones mecánicas. (Martínez, 2020)

**Tensión.** - Es la presión que experimenta un circuito eléctrico, que envía corriente a través del conductor, para generar entre otras cosas luz. (FLUKE, 2021)

**Turmalina.** – Es un cristal mixto, es cristalina y tiene propiedades piezoeléctricas, lo que la convierte en un material piezoeléctrico natural. (Mineria en línea , 2019)

**PZT.** - Es un piezoeléctrico con alto nivel de eficiencia, el cual es cultivado a altas temperaturas debido a su estructura cristalina, esto hace que se derritan los sustratos flexibles. (Bourzac, 2020)

**Energy Harvesting.** - Son sistemas de recolección de energía, generada en pequeñas cantidades por generadores de energía piezoeléctrica aplicados en el entorno. (Gómez Á. , 2018)

**GPS.** - Es un dispositivo que permite conocer la posición de un objeto o persona en cualquier parte del planeta, los mejores cuenta con una precisión de centímetros. (Kyes, 2020)

**Prototipo.** - Es el modelo original de un artefacto o invento tecnológico a partir del cual se realizarán replicas. (EnPrototipos, 2020)

**Bipodal.** - Se emplea este término cuando ambos pies tienen contacto con el suelo. (Ayerbe, 2019)

**Monopodal.** - Se emplea esta terminología cuando solo un pie tiene contacto con el suelo. (Guacapiña & Huerta, 2019)

**Energía mecánica.** - Es la capacidad de un cuerpo para realizar un movimiento o trabajo mecánico. (Planas, 2021)

**Curie.** - Es una unidad de medida para la radiactividad, en sus inicios se le consideraba como un equivalente de número de desintegraciones que experimentaría un gramo de radio -226 por cada segundo. (Connor, 2020)

**Microcontrolador.** - Son circuitos en los cuales los desarrolladores pueden insertar instrucciones que se ajusten a sus necesidades. (Fernández Y. , 2020)

**Capacitor.** - Es un dispositivo a través del cual se puede almacenar, el cual se ubica entre cerámicas o cristales, este también es conocido como condensador. (Pini, 2020)

**Adulto mayor.** - Es la denominación que la OMS, da a personas con edades superiores a los 60 años. (Reyes, 2018)

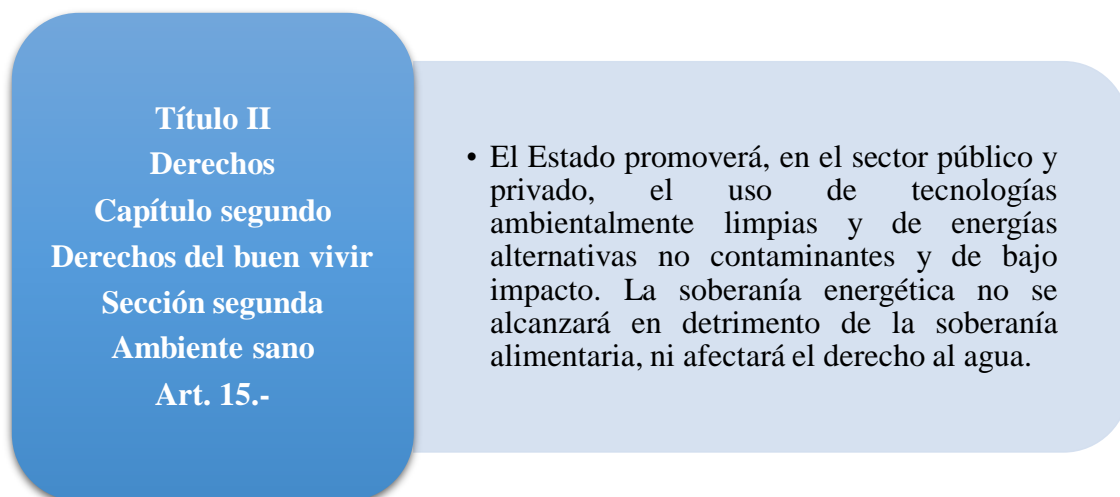
**Calzado.** - Es una indumentaria que se emplea para proteger los pies al momento de desarrollar una actividad. (Guacapiña & Huerta, 2019)

## 2.4. Fundamentación legal

En el presente apartado se procede a establecer relaciones de la temática abordada con la legislación ecuatoriana vigente, este análisis comienza con una revisión a la Constitución de la República para posteriormente abordar legislaciones más específicas. A continuación, se presenta el sustento legal de este proyecto:

**2.4.1. Constitución del Ecuador.** Tomando en consideración que el Estado ecuatoriano promueve el buen vivir y brindar garantías de un ambiente sano, en el artículo 15, se deja por sentado que este impulsará el uso de energías renovables o consideradas limpias, esto con la finalidad de alcanzar la soberanía energética sin afectar al medio ambiente, tomando en cuenta que la energía piezoeléctrica no solo constituye una buena alternativa sino también una manera de conseguir la sostenibilidad urbana en el ámbito energético. (Asamblea Constituyente, 2008).

Con la finalidad de evitar una distorsión de la realidad y fomentar el entendimiento de este cuerpo legal a continuación se presente el contenido textual del artículo en cuestión:

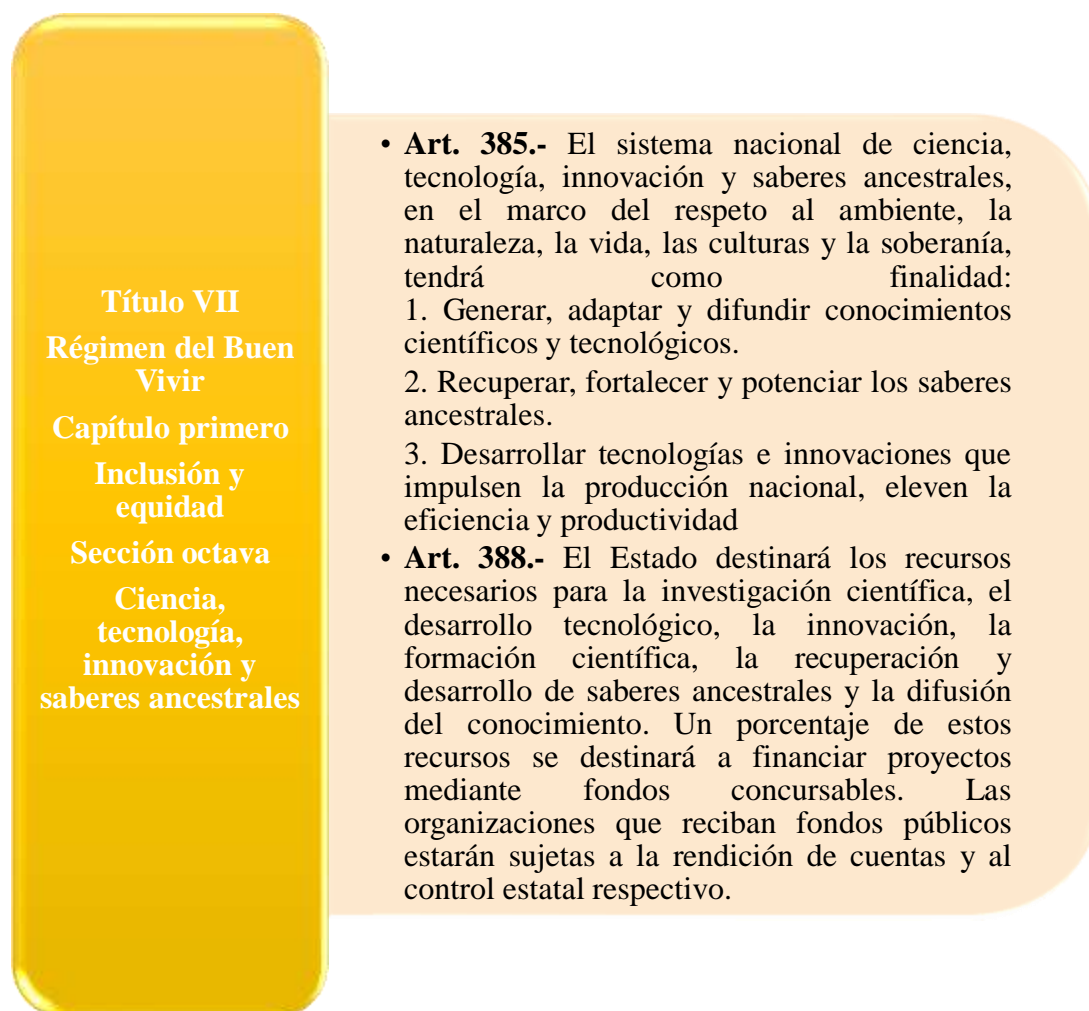


**Figura 15.** Título II – Derecho.

Adaptado de “Constitución del Ecuador”. Elaborado por Thalía Moscoso.

Es preciso tener en cuenta que el Estado en su afán de busca impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías, como es el caso de la piezoeléctrica, que dentro del país no ha sido debidamente explotada pero que cuenta con un alto potencial de generación energéticas, lo cual, se enmarca dentro de la finalidad del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales, sin contar que, si se desarrollan proyectos de implementación de estas tecnologías, los profesionales podrían acceder a fondos públicos para poder conseguir avances significativos en sus investigaciones e inclusive hacerse con una patente de las aplicaciones de piezoeléctrica que pudieran desarrollar. (Asamblea Constituyente, 2008)

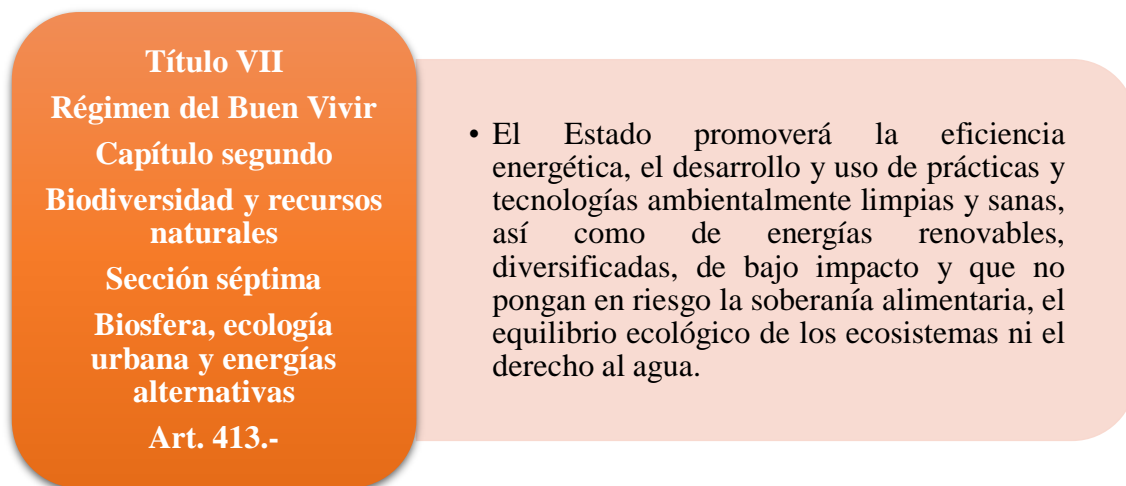
Con la finalidad de evitar una distorsión de la realidad y fomentar el entendimiento de este cuerpo legal a continuación se presente el contenido textual de los artículos en cuestión:



**Figura 16.** Título VII – Régimen del Buen Vivir – Inclusión y equidad.  
 Adaptado de “Constitución del Ecuador”. Elaborado por Thalía Moscoso.

Se considera que el artículo 413, se relaciona con el presente estudio debido a que en este se hace referencia al apoyo del Estado para alcanzar la eficiencia energética y el desarrollo de energías renovables, donde se tiene que los piezoeléctricos pueden suponer no solo un bajo impacto ambiental, sino también una posibilidad de reducir la dependencia de energías convencionales.

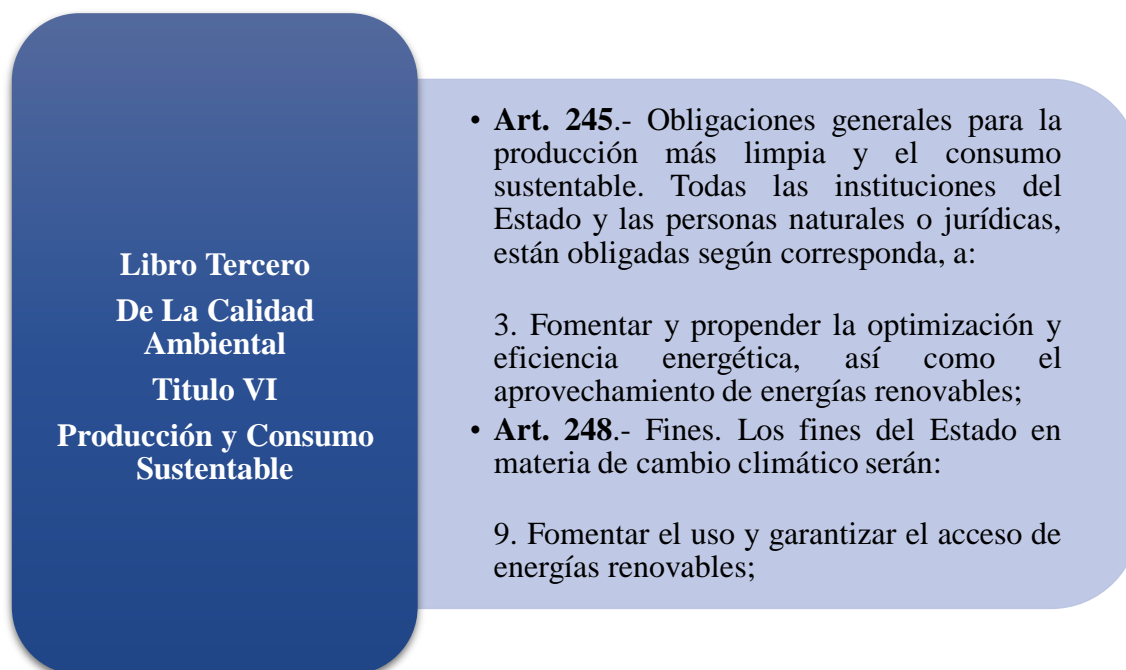
Con la finalidad de evitar una distorsión de la realidad y fomentar el entendimiento de este cuerpo legal a continuación se presente el contenido textual del artículo en cuestión:



**Figura 17.** Título VII – Régimen del Buen Vivir.

Adaptado de “Constitución del Ecuador”. Elaborado por Thalía Moscoso.

**2.4.2. Código Orgánicos del Ambiente.** Incluso en las leyes ambientales se puede apreciar el impulso que se da al aprovechamiento de energías renovables, donde se establece como una obligación general tanto para el sector público como privado, el desarrollo de sistemas a través de los cuales se puedan aprovechar este tipo de energías. (Presidencia de la República, 2017). Con la finalidad de evitar una distorsión de la realidad y fomentar el entendimiento de este cuerpo legal a continuación se presente el contenido textual del artículo en cuestión:

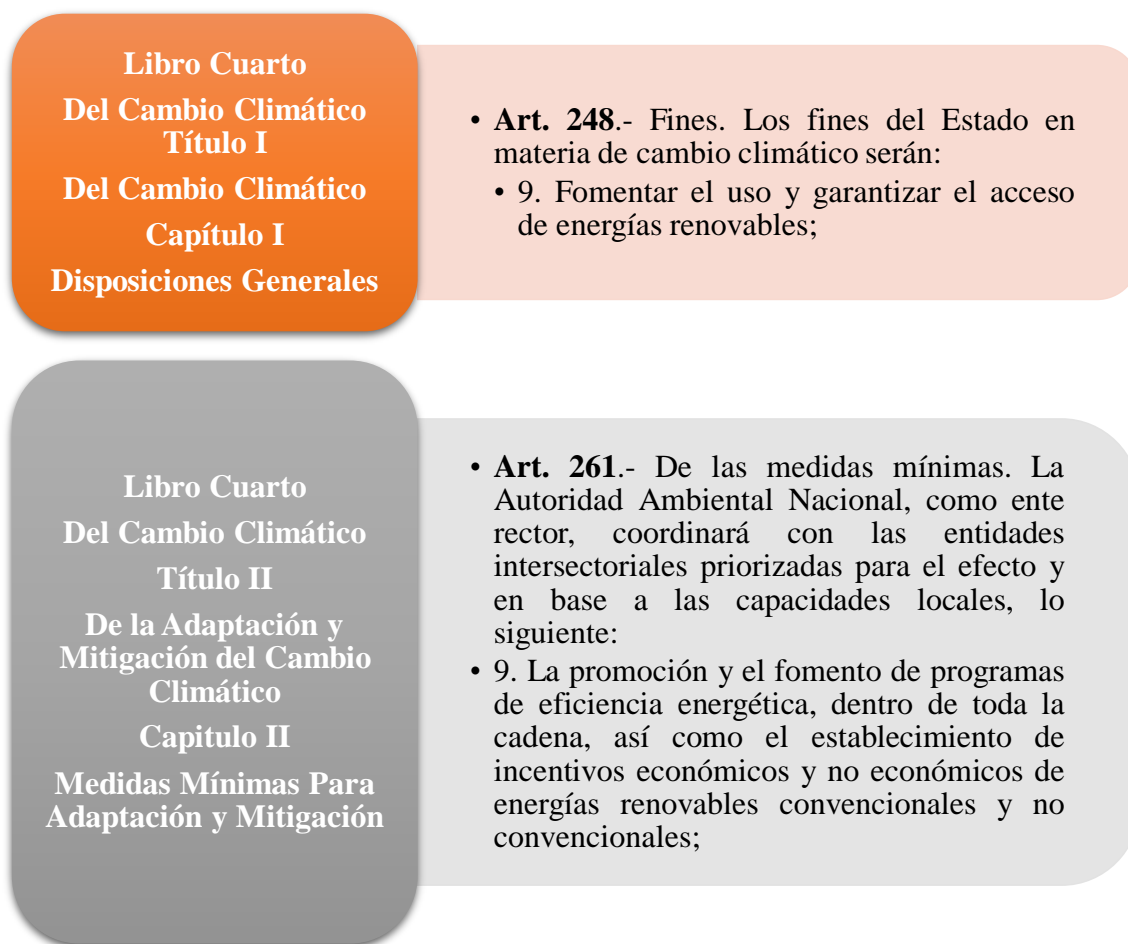


**Figura 18.** Producción y consumo sustentable.

Adaptado de “Código Orgánicos del Ambiente”. Elaborado por Thalía Moscoso.

En esta ley se deja por sentado que la intención de fomentar el desarrollo y brindar acceso a energías renovables, va más allá de la búsqueda de la soberanía energética, puesto que, se busca una alternativa para mitigar el cambio climático, motivo por el cual, también se expresa la disposición a asignar incentivos económicos a quienes realicen labores de explotación de energías renovables, dentro de estas se puede encasillar a la piezoeléctrica. (Presidencia de la República, 2017)

Con la finalidad de evitar una distorsión de la realidad y fomentar el entendimiento de este cuerpo legal a continuación se presente el contenido textual de los artículos en cuestión:

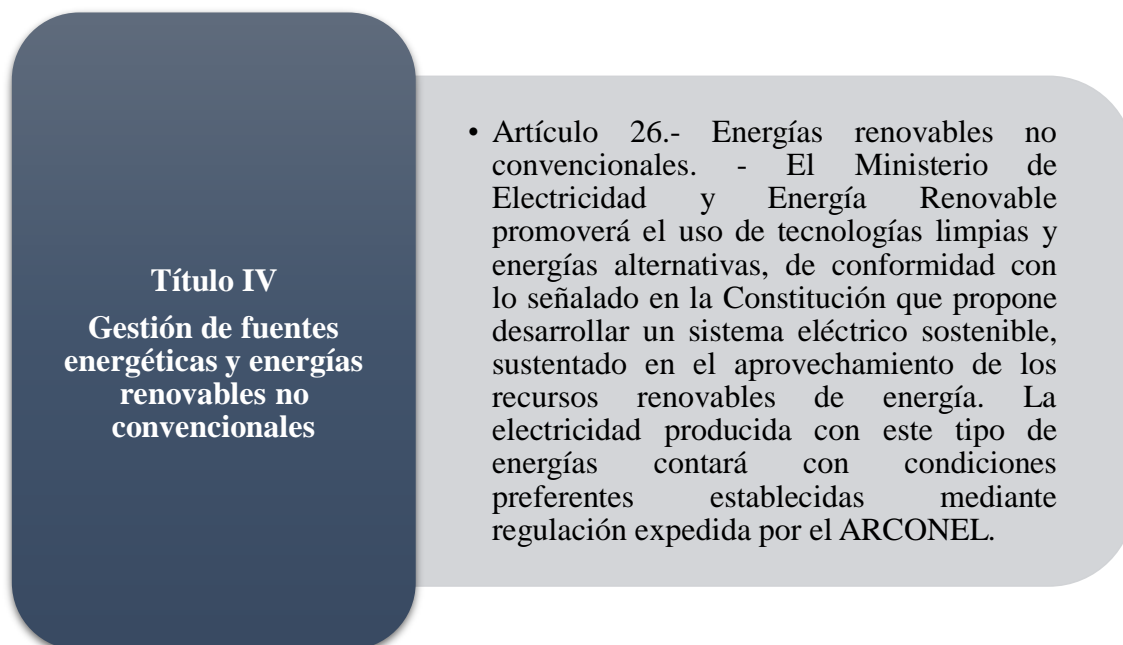


**Figura 19.** Energías renovables para frenar el cambio climático.  
 Adaptado de “Código Orgánicos del Ambiente”. Elaborado por Thalía Moscoso.

**2.4.3. Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.** El impulso de energías renovables, se hace efectivo por intermedio del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, tomando en consideración que la aplicación de piezoeléctrica constituye una manera de poder aprovechar las pequeñas cantidades de energías generadas al caminar a

través del calzado para accionar el GPS, lo que podría estar encaminando al desarrollo de sistemas piezoeléctricos de mayor magnitud. (Asamblea Nacional, 2015)

Con la finalidad de evitar una distorsión de la realidad y fomentar el entendimiento de este cuerpo legal a continuación se presente el contenido textual del artículo en cuestión:



**Figura 20.** Fuentes de energías renovables no convencionales.

Adaptado de “Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica”. Elaborado por Thalía Moscoso.



## Capítulo III

### 3. Propuesta

A continuación, se procede con la descripción de las particularidades del prototipo de GPS, alimentado a través de un sistema de energía piezoeléctrica en el calzado de adultos mayores afectados por el Alzheimer, para lo cual se empieza por una descripción de la metodología empleada que en este caso es la PMI.

#### 3.1. Metodología

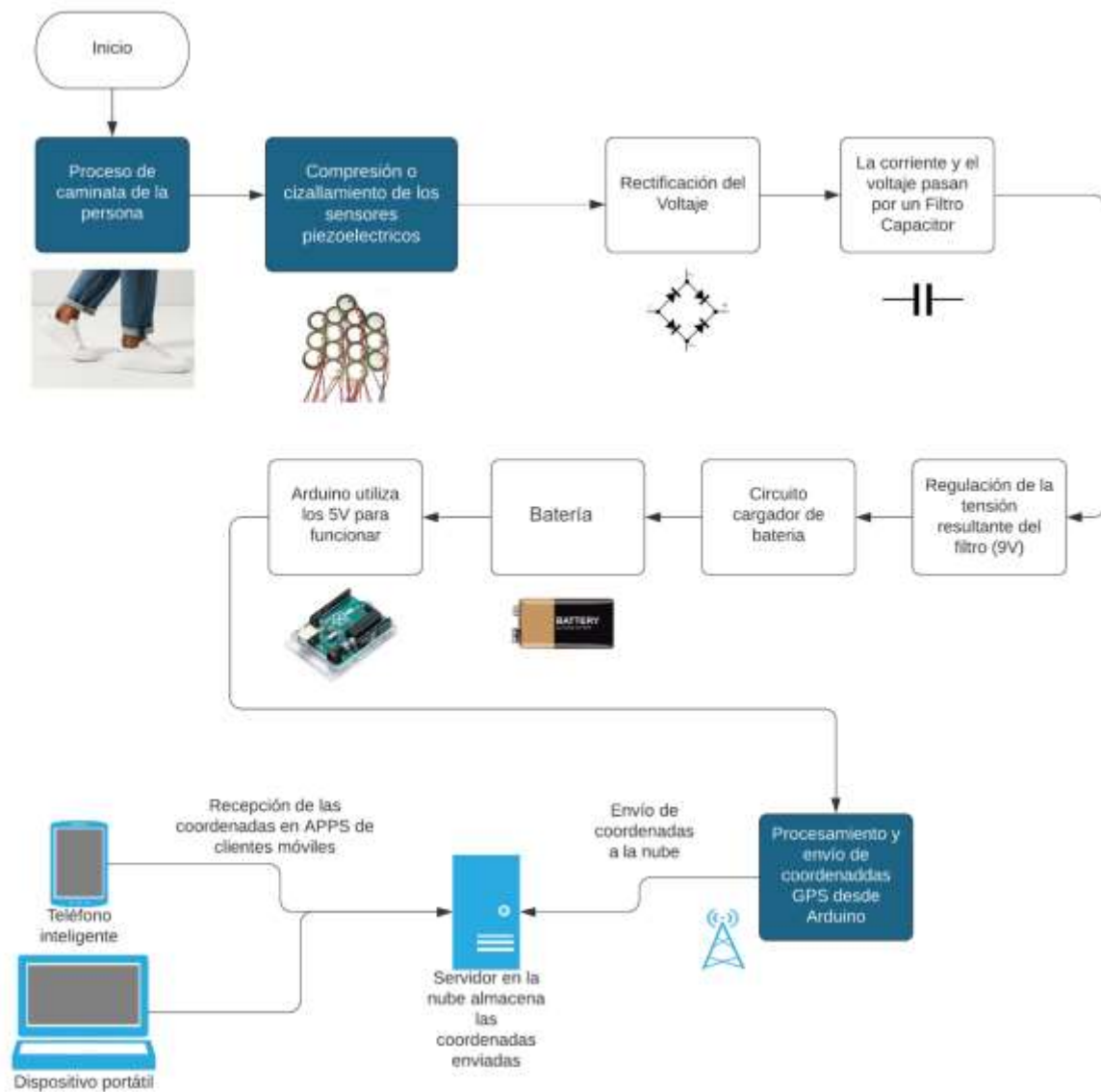
Como se mencionó anteriormente la metodología aplicable para el presente estudio es el Project Management Institute (PMI), que son un conjunto de estándares globalmente aceptados a través de los cuales, se establecen aspectos tales como reglas, lineamientos y particularidades para llevar a cabo un proyecto, que en este caso, es un sistema de energía piezoeléctrica en el calzado, que alimenta un GPS, cabe mencionar que estos estándares enrumban a las organizaciones a alcanzar la excelencia profesional.

**3.1.1. Iniciación.** En esta fase se realiza comúnmente la gestión de información y la revisión de proyectos precedentes, de manera que a partir de estos se pueda tener una idea sobre lo que se desea alcanzar con este proyecto, en este caso, se realizó una observación empírica sobre los casos de aplicación de la tecnología en cuestión, donde se puede apreciar que la energía piezoeléctrica es poco explotada en el Ecuador, mientras que por otro lado, con respecto a los GPS para personas adultas con Alzheimer, existen diferentes marcas de calzados, pero estos GPS se mantienen activos por un periodo de tiempo que no supera las 72 horas.

Partiendo de la información encontrada se decide implementar en el calzado un sistema de generación de energía piezoeléctrica y un GPS que se alimenta de la misma, sin embargo, para llevar a cabo el presente estudio, se precisa de planificar la adquisición de materiales y las distintas pruebas que se realizarán para medir el rendimiento de este sistema.

**3.1.2. Planificación.** En esta etapa se realiza la planificación de las actividades a desarrollarse para el diseño del prototipo en cuestión, donde en primer lugar se tiene un análisis sobre la caminata del ser humano, para en base a esto poder determinar la posición adecuada de los sensores piezoeléctricos, para posteriormente proceder con la rectificación del voltaje.

Esta energía generada deberá pasar por el capacitor, para luego ser regulada y mediante Arduino, se realiza la configuración de la placa para que esta pueda accionarse con 5 voltios. A continuación, se presenta el esquema del proceso que se efectúa según su actividad.



**Figura 21.** Esquema general del proyecto.  
Elaborado por Thalía Moscoso.

Como se puede apreciar en el esquema se visualiza con detalles la manera en que se va desarrollando el proyecto llegando a su objetivo principal de enviar coordenadas de la persona que utiliza el zapato piezoeléctrico.

Además de los procesos que conformarán las diferentes etapas del proyecto, también se realiza una planificación presupuestaria, donde se toman en consideración los valores de las adquisiciones de materiales, así como también las descripciones técnicas de dichos insumos. Para empezar, se presentan a continuación el desglose del presupuesto general:

**Tabla 7.**  
*Presupuesto general del proyecto*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Coste Unitario</b>	<b>Total</b>
Sensores piezoeléctricos	6	\$0.50	\$3.00
Regulador de voltaje 7812	1	\$1.20	\$1.20
Capacitor 1000uF	1	\$1.00	\$1.00
Resistencia 10K	1	\$0.20	\$0.20
Rectificador de puente de onda completa (Diodos)	1	\$1.00	\$1.00
Arduino UNO R3	1	\$22.77	\$22.77
Modulo GPS para Arduino UNO	1	\$11.59	\$11.59
Batería Recargable 5V	1	\$3.00	\$3.00
Diodos	2	\$0.30	\$0.60
Resistencia 6000 Ohm	1	\$0.20	\$0.20
Relé 5V	1	\$1.30	\$1.30
Resistencias 330 ohm	2	\$0.20	\$0.40
Resistencia 1K	1	\$0.20	\$0.20
Transistor N2222	1	\$0.30	\$0.30
Diodos 1N4007	3	\$0.20	\$0.20
LED rojo	1	\$0.20	\$0.20
<b>Total</b>			<b>\$47.16</b>

Elaborado por Thalía Moscoso

**3.1.2.1. Necesidades y recursos.** Antes de construir el prototipo de un circuito, normalmente es importante que se lo simule. La simulación es la emulación de la actitud del circuito cuando se ejecuta en la vida real. En este caso, para implantar en el sistema un sensor piezoeléctrico, primero se debe codificar y simular la actitud inusual del componente o circuito.

Al simular cualquier circuito, es importante tener en cuenta que todos los dispositivos que se utilizan en un circuito deben estar disponibles en la biblioteca del software en este caso PROTEUS.

Para el desarrollo del prototipo en cuestión se recurrió al uso de las siguientes herramientas:

- ❖ Proteus Design Suite es software
- ❖ Librerías de componentes Arduino para Proteus, disponibles en el sitio web oficial <https://www.arduino.cc/en/software>
- ❖ Librería de Sensor Piezoeléctrico para Proteus

En este sentido, los medios de los que se dispone son en primer lugar del conocimiento obtenido a partir de la revisión bibliográfica y la observación a nivel empírico, para el diseño de la propuesta, así como también de las pericias necesarias para proceder con el diseño y la programación del sistema.

Los recursos que se necesitarían para llevar a cabo la investigación son: talento humano que colabore con el diseño, ensamblaje y programación de la placa, tecnología que permita realizar proyecciones de desempeño y configuraciones como son Proteus y Arduino,

**3.1.2.2. Diseño y construcción.** En este apartado se procede a explicar los puntos importantes que se llevara a cabo en este trabajo teniendo como ejemplo la siguiente tabla:

**Tabla 8.**

*Criterios del diseño*

Criterios del diseño	
Criterio	Objetivo
Implementación del circuito dentro del calzado	Diseñar un circuito adaptado a las dimensiones del calzado
Tensión o fricción de los sensores piezoeléctricos	Recolectar energía generada a partir del caminar del ser humano
Autonomía de funcionamiento	Definir un sistema de regulación y almacenamiento de energía en Batería de duración media
Activación del sistema GPS	Transmitir la posición geográfica del paciente

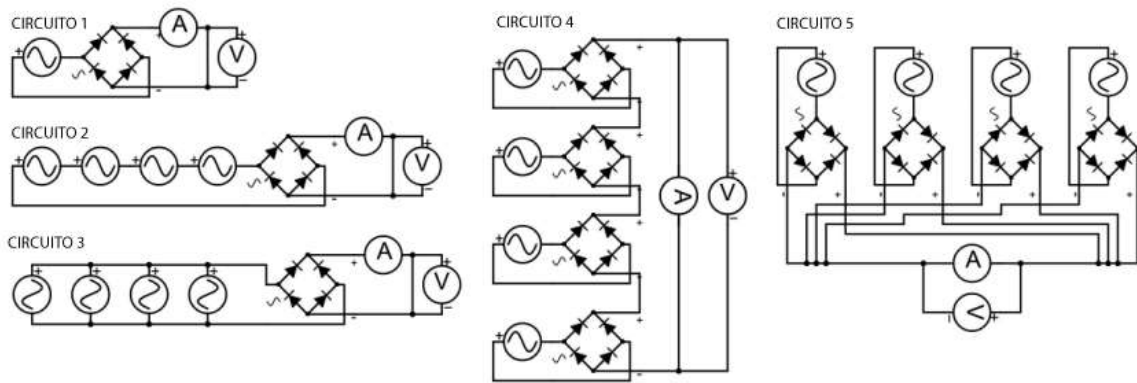
Elaborado por Thalía Moscoso

**3.1.2.3. Proteus.** La simulación del circuito se llevará a cabo en Proteus, cuya versión a utilizar es 8.3 Professional, la cual, que permitirá que el desarrollo sea más ágil y eficiente. En la siguiente figura se observa detalladamente como está ubicado cada componente.

En este diagrama se pueden visualizar la disposición y la manera en que se encuentran conectados los componentes necesarios para realizar la transmisión de la señal generada, así como también la funcionalidad del voltímetro. Por otro lado, se identifican las salidas, para proceder con el enlace del circuito, en donde se desempeña Arduino con el Módulo GPS.

Para determinar la potencia de salida de los elementos piezoeléctricos, se usó un elemento piezoeléctrico conectado a un puente rectificador como control. Para simular el elemento piezoeléctrico y su presión, se emuló en proteus un alternador de corriente AC, se midió

voltaje y corriente usando un multímetro, y se calculó el promedio de 10 toques (Aperturas y cierres del switch en proteus).



**Figura 22.** Esquema de circuito 1, 2, 3, 4 y 5.  
Elaborado por Thalía Moscoso.

Se realizó las pruebas y configuraciones como se visualiza en la figura anterior para determinar cuál podría maximizar la potencia producida, particularmente con respecto a la corriente. Quedando el circuito 2 como el más óptimo porque demostró ser el más eficiente. A continuación, los resultados de las pruebas realizadas:

**Tabla 9.**

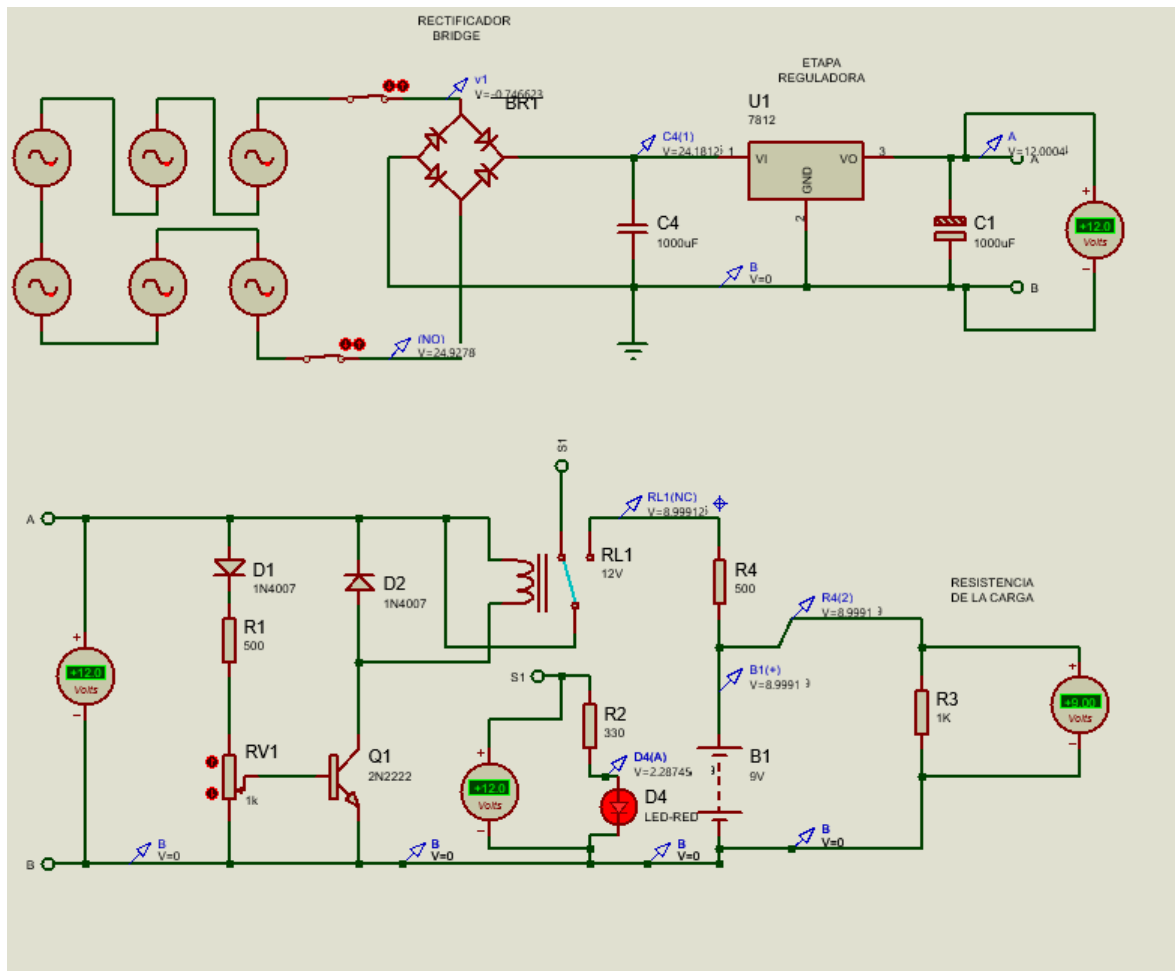
*Resultados de la prueba de circuito 1 al 5*

Circuito	# de Sensores piezoeléctricos	Descripción	Voltaje promedio V	Corriente promedio uA
1	1	1 Sensor piezoeléctrico conectado al rectificador puente	4.46	5.65
2	4	4 Sensores piezoeléctricos en serie conectados al puente rectificador	12.7	6.64
3	4	4 Sensores piezoeléctricos conectados en paralelo con un puente rectificador	2.11	8.1
4	4	4 Sensores piezoeléctricos conectados en Serie	5.72	21.27
5	4	4 Sensores piezoeléctricos conectados en paralelo	7.7	6.44

Elaborado por Thalía Moscoso

De esta forma se entiende que se deben conectar los sensores piezoeléctricos en serie directo al Rectificador. Por lo tanto, al conectar seis sensores piezoeléctricos se obtuvo 21.2V antes de llegar al rectificador.

A continuación, se presenta el circuito 1, mismo que fue desarrollado en Proteus:

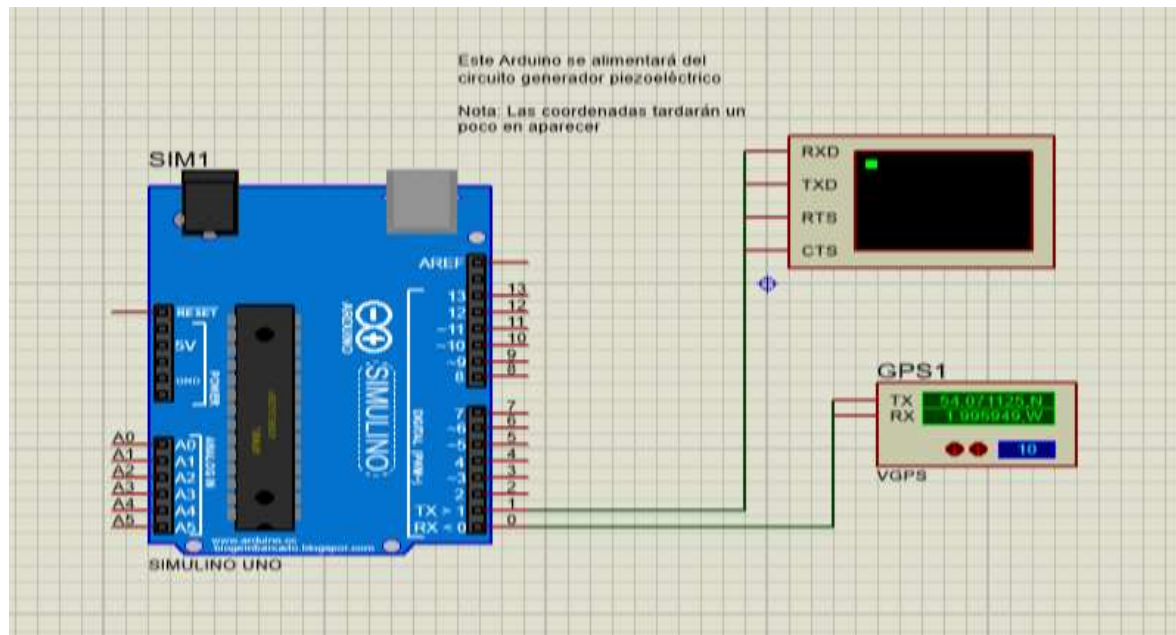


**Figura 23.** Circuito parte I desarrollado en proteus.  
Elaborado por Thalía Moscoso.

Por otro lado, en la etapa de almacenamiento se debe hacer énfasis en que la finalidad de este proceso es lograr que la generación de electricidad no se produzca al mismo tiempo que la demanda eléctrica. Es por eso que el funcionamiento óptimo del arduino se rige al desarrollo de los componentes a utilizar en el circuito y la manera en que deberán ir colocados, para así tener un resultado exitoso con el objetivo de este trabajo que es el funcionamiento del GPS.

Cabe mencionar que para poder presentar el circuito en este documento fue necesario, dividirlo en dos partes, en esta segunda parte, se presentan la placa alimentada por el circuito

piezoeléctrico. Se recalca que la configuración de la placa se realizó en arduino A continuación, se muestra la segunda parte del circuito:



**Figura 24.** Circuito parte II desarrollado en PROTEUS.  
 Elaborado por Thalía Moscoso.

**3.1.2.4. Recursos de construcción.** Los recursos de construcción hacen referencia a los componentes que conformarán el circuito que se pretende diseñar, para lo cual, se realizó una gestión de información, para poder determinar, aspectos técnicos y los valores, que se presentaron en apartados anteriores. Los recursos que se utilizan en este trabajo de investigación se conforman por:

- ❖ Sensores piezoeléctricos
- ❖ Rectificador de onda completa
- ❖ Capacitor o condensador
- ❖ Regulador de tensión 7805
- ❖ Resistencia 10k
- ❖ Resistencia 6000 Ohm
- ❖ Batería
- ❖ Diodos
- ❖ Arduino uno
- ❖ Modulo GPS

**3.1.2.4.1. Sensores piezoeléctricos.** Para el desarrollo del presente trabajo se requiere dar uso a los sensores piezoeléctricos de forma de pastilla por su tamaño y comodidad dentro de un zapato si se llegase a implementar el prototipo físico.



**Figura 25.** Sensor piezoeléctrico. Tomado de “Amazon”

A continuación, se presentan las especificaciones del sensor:

**Tabla 10.**

*Especificaciones del sensor.*

Parámetro	Tipo de pin	Tipo de cable
Tensión nominal	12V dc	12V dc
Voltaje de funcionamiento	3-24V dc	3-30V dc
Corriente nominal máxima	10mA	15mA
Frecuencia de resonancia	3.5 to 0.5kHz	4.2 to 0.5kHz
Distancia entre pasadores	15mm	150mm
Diámetro exterior	23mm	21mm

Elaborado por Thalía Moscoso

**3.1.2.4.2. Rectificador de onda completa.** Para esta simulación es esencial aplicar los rectificadores para poder derivar la señal a un solo sentido positivo. A continuación, se presenta una gráfica del rectificador de onda completa:





**Figura 26.** Rectificador de onda completa. Tomado de “Amazon”.

Para el desarrollo de este proyecto se gestionó información en la plataforma comercial online Amazon, donde se determinó el rectificador deberá contar con determinadas características técnicas, las cuales serán presentadas a continuación:

**Tabla 11.**

*Especificaciones de onda completa.*

Parámetro	Descripción
Numero de pines	4
Numero de fase	<i>monofásico</i>
Temperatura de funcionamiento máximo	<i>302.0 °F</i>
Frecuencia de resonancia	3.5 to 0.5kHz
Corriente hacia adelante	35 A
Voltaje delantero VF max	1.2.v

Elaborado por Thalía Moscoso

**3.1.2.4.3. Capacitor o condensador.** Un condensador es un componente eléctrico que almacena carga eléctrica en forma de diferencia de potencial para liberarla posteriormente. También se suele llamar capacitor eléctrico. A continuación, se presenta de manera gráfica el tipo de capacitor que se empleará en esta investigación:



**Figura 27.** Capacitor o condensador. Tomado de “Amazon”.

La determinación de las características del capacitor, se dio mediante una visita a la plataforma comercial en línea Amazon, donde las especificaciones técnicas de este componente son:

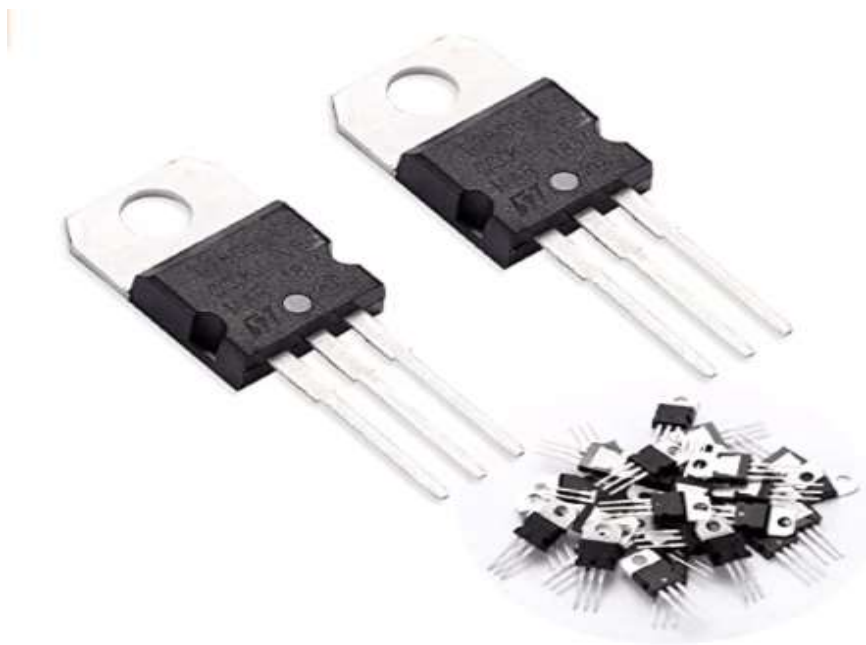
**Tabla 12.**

*Especificaciones del capacitor.*

Parámetro	Descripción
Capacitancia	1000 uf
Voltaje	25V
Tolerancia de capacitancia	±20 %
Frecuencia de resonancia	3.5 to 0.5kHz
Tamaño del cuerpo	0.394 x 0.669 in (diámetro x largo)
Espacio entre cable	0.157 in; longitud del cable: 1.024 in, 0.787 in

Elaborado por Thalía Moscoso

**3.1.2.4.4. Regulador de tensión.** Para esta simulación se utiliza el regulador de tensión positiva 7812, el cual es un componente común en muchas fuentes de alimentación. Cuenta con funciones de protección contra sobrecarga, protección contra cortocircuitos, protección de área segura y función de apagado térmico. A continuación, se presenta el regulador de tensión:



**Figura 28.** Regulador de tensión. Tomado de “Amazon”.

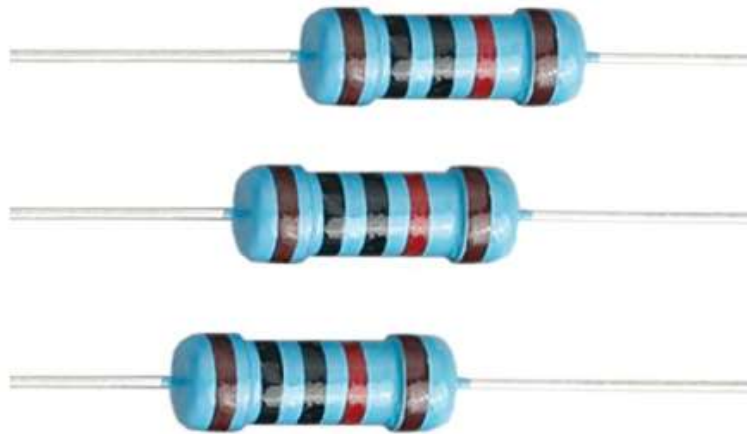
Mediante una visita al website de Amazon, se pudieron definir las especificaciones técnicas del regulador de tensión, mismas que son presentadas a continuación:

**Tabla 13.**  
*Especificaciones del regulador de tensión.*

Parámetro	Descripción
Tipo de salida	fijo
Configuración de salida	positivo
Longitud	10.67 milímetros
Dimensiones	0.370 x 0.420 x 0.190 in
Corriente de salida	1A
Temperatura de funcionamiento	32.0 °F ~ 257.0 °F

Elaborado por Thalía Moscoso

3.1.2.4.5. *Resistencia.* Con la finalidad de realizar una modificación en el paso de corriente, en este proyecto se hará uso de resistencias, cabe mencionar que este componente es muy común en todo tipo de circuitos. A continuación, se presenta una imagen del tipo de resistencias que se requieren en este estudio:



**Figura 29.** Resistencias. Tomado de “Amazon”.

Se requiere del uso de una Resistencia en la simulación del trabajo que pueden ser las siguientes especificaciones:

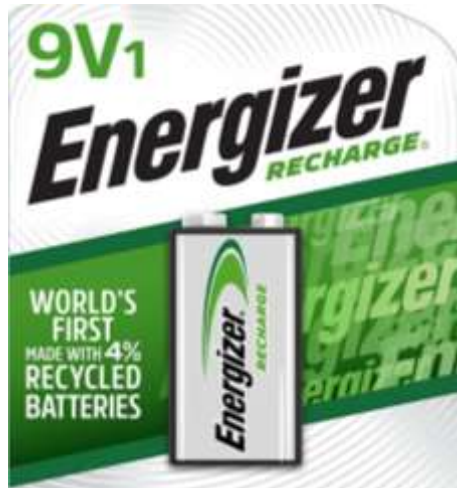
**Tabla 14.**

*Especificaciones de la resistencia.*

Parámetro	Descripción
Tamaño de resistencia	10 K ohm
Vataje	1.00 vatios
Diámetro max de sección	0.165 in ( $\pm 0.020$ in).
Longitud (excluyendo el plomo)	0.433 in ( $\pm 0.039$ in)

Elaborado por Thalía Moscoso

**3.1.2.4.6. Batería.** La batería es una de los componentes más importantes en el desarrollo de este proyecto, porque es fundamental que ayude almacenando cierta cantidad de energía cuando los pacientes no estén en movimiento generando pisadas. A continuación, se presenta una imagen de la batería:



**Figura 30.** Baterías. Tomado de “Amazon”.

En una revisión en la website de Amazon, se pudo identificar las características técnicas de la batería requerida para este proyecto, las cuales se presenta a continuación:

**Tabla 15.**

*Especificaciones de la batería.*

Parámetro	Descripción
voltaje	9V
Peso del producto	0.66 onzas
Composición de las celdas de la batería	NiMH
Reutilización	si
Dimensiones	0.63 x 3.69 x 4.25 pulgadas
Vida útil	5 años

Elaborado por Thalía Moscoso

**3.1.2.4.7. Diodos.** El uso de los diodos dentro de la simulación sirve para permitir el paso de la corriente en un solo sentido, bloqueando así que éste tenga sentido contrario. El diodo en definitiva va a ayudar que se decida si la corriente pasa o no. A continuación, se presentan las especificaciones técnicas del diodo:

**Tabla 16.**

*Especificaciones de los diodos*

Parámetro	Descripción
Corriente de avance	15 A
Máximo repetitivo de pico inverso	45 V
Voltaje hacia adelante (Vf) (máx.)	550 mV
Velocidad: recuperación rápida	< 500 ns, > 200 mA
Temperatura de funcionamiento	-131.0 °F ~ 302.0 °F

Elaborado por Thalía Moscoso

3.1.2.4.8. *Relé 5V*. Este interruptor ayuda a tener el control del circuito empleado para decidir si circula el voltaje y corriente y proceder a dominarlo.



**Figura 31.** Relé de 5V. Tomado de “Amazon”.

Las especificaciones del relé son las siguientes:

**Tabla 17.**

*Especificaciones del Relé*

Parámetro	Descripción
Voltaje a operar	5V
Corriente de conmutación máxima	10 Amperios
Resistencia de la bobina	70 ohm
Corriente de la bobina	71-90 mA
Capacidad de carga	10A 250VAC/125VAC/30VDC/28VDC

Elaborado por Thalía Moscoso

3.1.2.4.9. *Arduino uno*. Es necesario utilizar el ARDUINO Uno R3 Microcontrolador, que va a permitir adquirir todo el proceso creado en el primero circuito, desde este punto del proceso es donde se ejecutará el módulo GPS y se obtendrá las coordenadas de la persona. A continuación, se presenta el microprocesador:

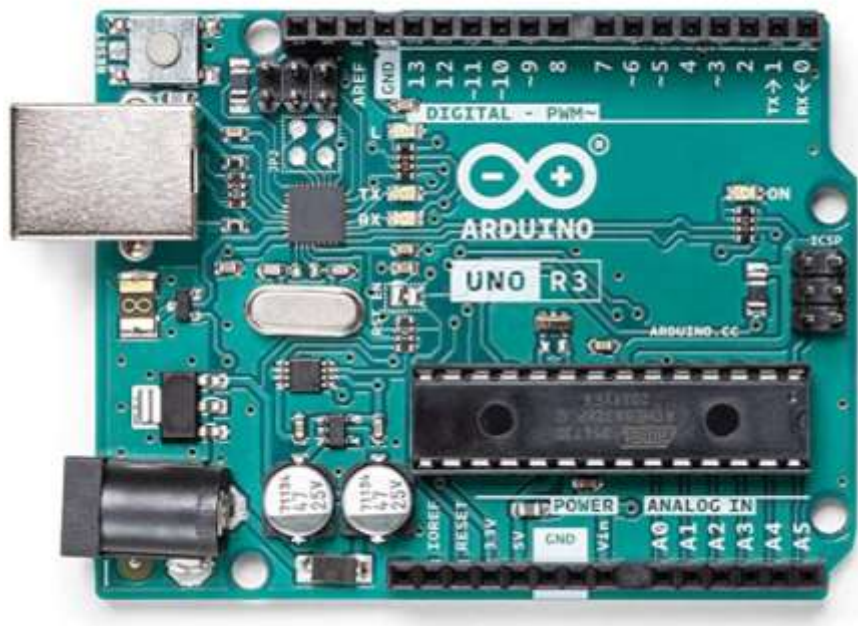


Figura 32. Microprocesador. Tomado de “Amazon”.

La gestión de este microprocesador se dio a través de la plataforma comercial online Amazon, donde se mostraban las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 18.  
Especificaciones del Microprocesador

Parámetro	Descripción
Voltaje a operar	5V
USB estándar	Tipo B
Flash memory	32 KB
Peso del producto	1.12 oz
Dimensión del producto	3.15 x 2.17 x 0.98 pulgadas
Dimensiones del artículo Largo x Ancho x Altura	3.15 x 2.17 x 0.98 pulgadas
Tamaño del área de visualización de la pantalla con pie	1.5 pulgadas
RAM	8 KB SRAM
Oscilador de vidrio	16 Mhz
Cantidad de pines digitales de entrada y salida	14 pines

Elaborado por Thalía Moscoso

3.1.2.4.10. *Modulo GPS.* Se debe utilizar un módulo GPS que sea exactamente compatible con el ARDUINO UNO R3, cabe mencionar que este es un sistema que establece una conexión entre un GPS y el microprocesador. A continuación, se presenta el modulo GPS:



**Figura 33.** *Modulo GPS. Tomado de “Amazon”.*

A continuación, se muestran especificaciones del módulo, encontradas en la plataforma comercial Amazon:

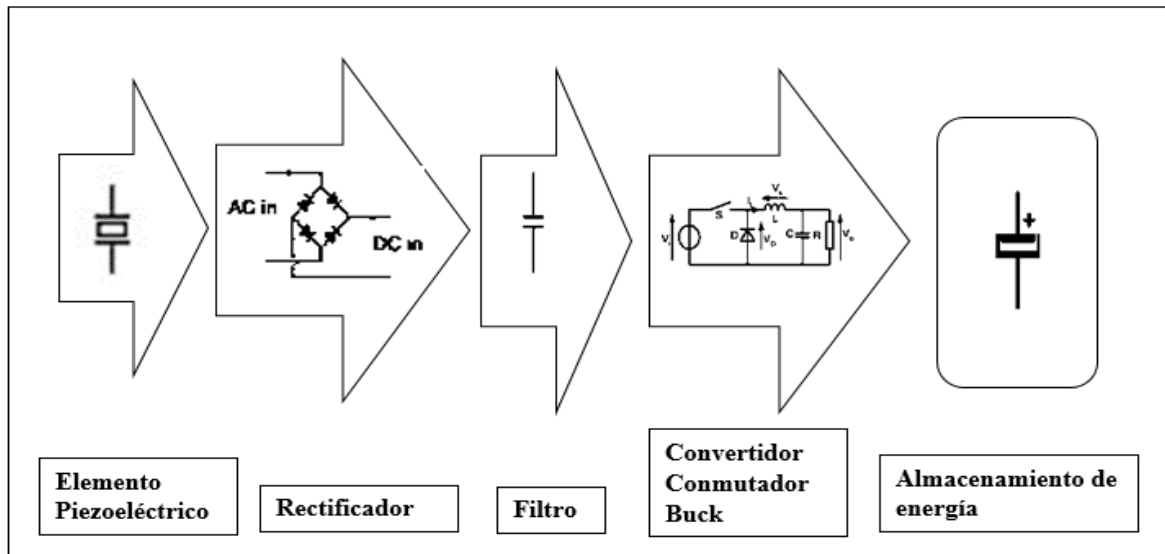
**Tabla 19.**  
*Especificaciones del Módulo GPS*

Parámetro	Descripción
Peso del producto	0.346 oz
Dimensiones del producto	1.09 x 3.94 x 0.39 pulgadas
Versión del modulo	GT-U7
Interfaz USB	Si
Antena	satélite

Elaborado por Thalía Moscoso



**3.1.3. Ejecución.** En esta fase es necesario definir los pasos que se requieren al momento de la elaboración del circuito tanto en proteus como en arduino, así mismo los aspectos importantes que se deben tomar en cuenta para lograr el objetivo deseado.



**Figura 34.** Diagrama de bloques. Captación y almacenamiento de energía.  
Elaborado por Thalia Moscoso.

En esta figura se representa en resumen la construcción de un circuito que hace referencia a la captación y almacenamiento de energía partiendo de los sensores piezoeléctricos, señalando que el proceso de almacenaje tiene varias etapas antes de ser concretado, se implementa el puente rectificador y el filtro a la entrada del Buck converter junto con los demás componentes comerciales necesarios.

Se debe conocer las tres fases que conlleva generar electricidad de los sensores piezoeléctricos.

- Fase 1: Captación de Energía Mecánica de la pisada. Se aplica una fuerza sobre el generador.
- Fase 2: La compresión o flexión origina un Voltaje AC mediante el efecto piezoeléctrico.
- Fase 3: La conducción permite la salida de Energía Eléctrica.

Las actividades ejecutadas en el proceso son:

- ❖ Establecer la manera en la estarán colocados los sensores piezoeléctricos y tomar desde ese resultado la forma en la que este expulsa el voltaje y corriente en PROTEUS.

- ❖ Realizar un estudio del comportamiento del voltaje dado a raíz de la excitación de los sensores piezoeléctricos para verificar que el voltaje se torne constante con ayuda de la aplicación de un filtro pasa bajo.
- ❖ Una vez concluido con éxito la corriente DC y voltaje constante se continua con la unión del circuito al ARDUINO, donde se muestra las principales consideraciones para realizar la programación que se van a desempeñar para el correcto funcionamiento del GPS.

**3.1.3.1. Pruebas de funcionalidad.** En esta parte se procederá a realizar las pruebas correspondientes al circuito piezoeléctrico donde se abarcan todos los componentes utilizados, además de las pruebas del circuito, en las cuales se encuentra el módulo GPS. Se realizarán los escenarios con la finalidad de validar los alcances y objetivos del proyecto, para que en el largo plazo se consiga una exitosa implementación.

**3.1.3.2. Prueba de tensión de la pisada humana.** Las cantidades físicas calculadas regularmente del sensor piezoeléctrico son la aceleración y la presión. El par de sensores de presión y aceleración tiende a ser el mismo fundamento de la piezoelectricidad, con la diferencia que el material de detención de cada uno son distintos.

En el sensor de presión, se coloca una capa estrecha sobre una base enorme para pasar la fuerza dada al material piezoeléctrico. La característica de presión sobre esta capa estrecha, el elemento piezoeléctrico se llena y comienza a producir voltajes eléctricos. El voltaje generado corresponde a la cantidad de presión dada.

Con respecto a la tensión del generador piezoeléctrico gracias a la pisada humana se debe analizar la cantidad de peso que varía de acuerdo con la masa de cada persona por lo que el resultado al recolectar la energía es distinto en cada paciente.

Para este análisis se tomará en cuenta tres pesos diferentes (50 kg, 72 kg y 80 kg) partimos de estos ejemplos para aplicar la formula donde se habla acerca de la gravitación según Newton considerando que la fórmula de fuerza gravitacional de la tierra es:  $9.80665 \text{ m/s}^2$ . Por lo tanto, al momento de realizar el cálculo con los pesos expuestos como ejemplos tendremos lo siguiente:

**Tabla 20.**  
*Pruebas de la tensión de la pisada humana.*

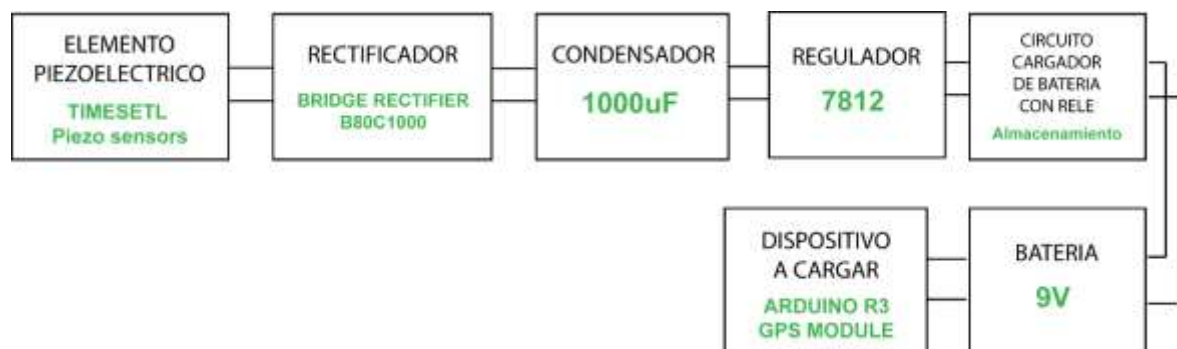
Peso de la persona (kg)	Fuerza gravitacional de la tierra ( $m/s^2$ )	Fórmula	Resultado Fuerza (N)
50 KG	9.80665	$(50kg) \quad (9.80665 \quad m/s^2)$	N = 490,33
72 KG	9.80665	$(72kg) \quad (9.80665 \quad m/s^2)$	N = 706,07
80 KG	9.80665	$(80kg) \quad (9.80665 \quad m/s^2)$	N = 784,53

Elaborado por Thalía Moscoso

Con esto es posible concluir que en base a los cálculos que se realizaron en el circuito con la cantidad que cada elemento produjo, más la cantidad de peso que el paciente pueda generar, en algunos casos se sufrirá una variación de resultado.

**3.1.3.3. Prueba del circuito.** En este proyecto se requiere de un sensor piezoeléctrico, para lo cual, se realizará una simulación en PROTEUS. Es de vital importancia considerar que un sensor se comporta sobre la base de la piezoelectricidad y recibe la denominación de sensor piezoeléctrico.

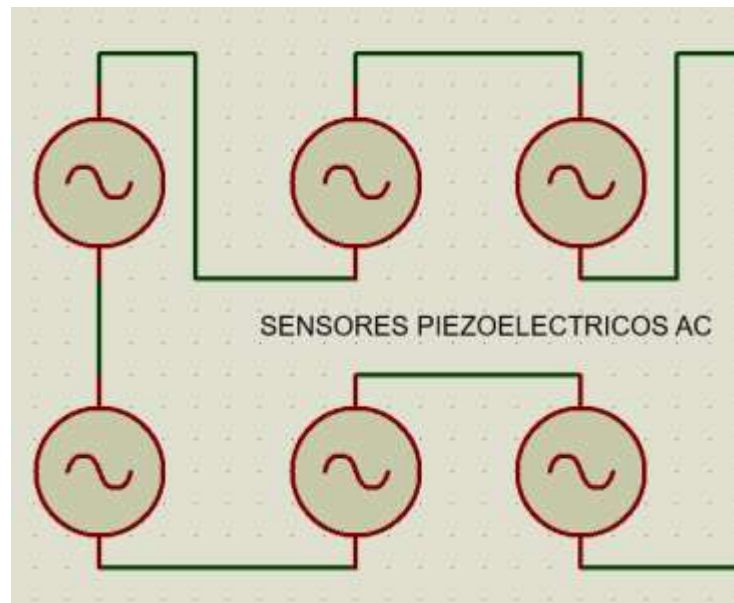
A continuación, se muestra un diagrama de bloque que explica los pasos del circuito realizado:



**Figura 35.** Diagrama de bloques.

Elaborado por Thalía Moscoso.

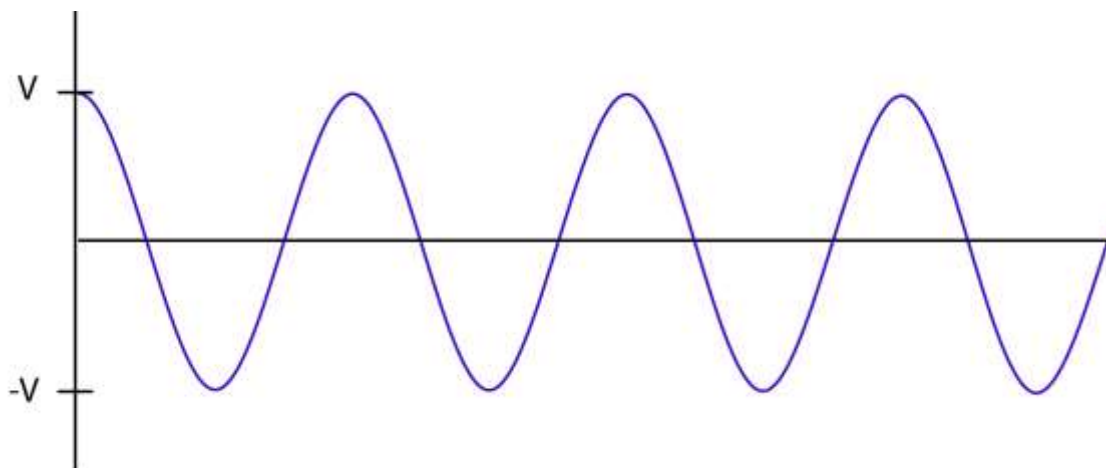
A continuación, se presenta el sensor piezoeléctrico que se empleará para el prototipo desarrollado en esta investigación:



**Figura 36.** Alternadores usados en proteus para simular los sensores piezoeléctricos.

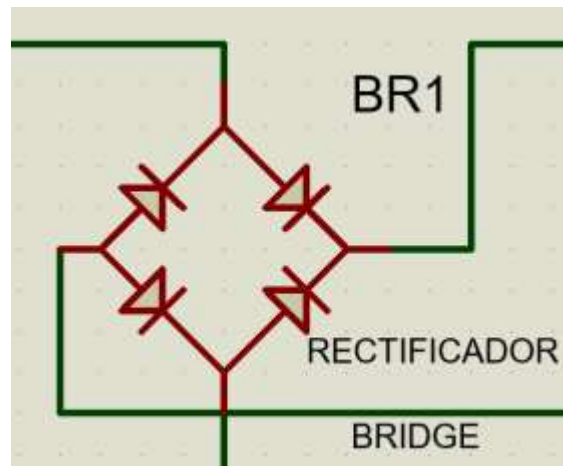
Elaborado por Thalía Moscoso.

En el circuito se emplearán generadores alternos simulando que son los generadores piezoeléctricos TIMESETL, estos alternadores arrojan corriente AC por lo cual, es importante convertirlos a corriente directa, en este caso cada alternador generara 6V, pero habrá cierta caída de voltaje que va a ir variando a medida que vaya avanzando como se muestra a continuación:



**Figura 37.** Señal alterna. Elaborado por Thalía Moscoso.

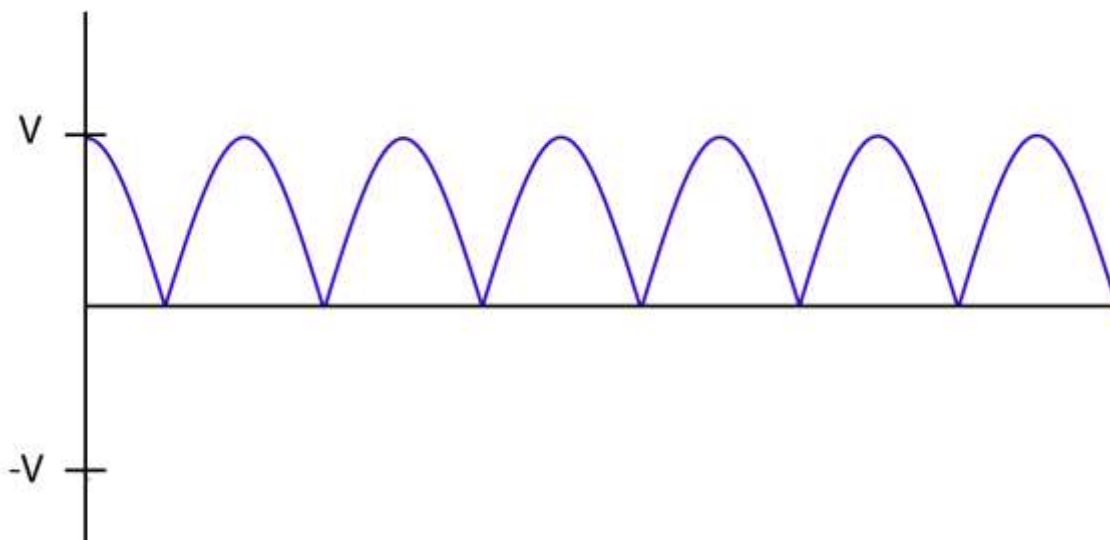
**3.1.3.4. Rectificador de puente de onda completa.** Esta señal estará dispuesta antes de llegar al rectificador lo cual es un conjunto de cuatro diodos colocados en un mismo sentido, esto ayuda a que la señal obtenga una sola dirección. A continuación, se presenta el diseño del circuito el rectificador:



**Figura 38.** Rectificadores colocados en la simulación.

Elaborado por Thalía Moscoso.

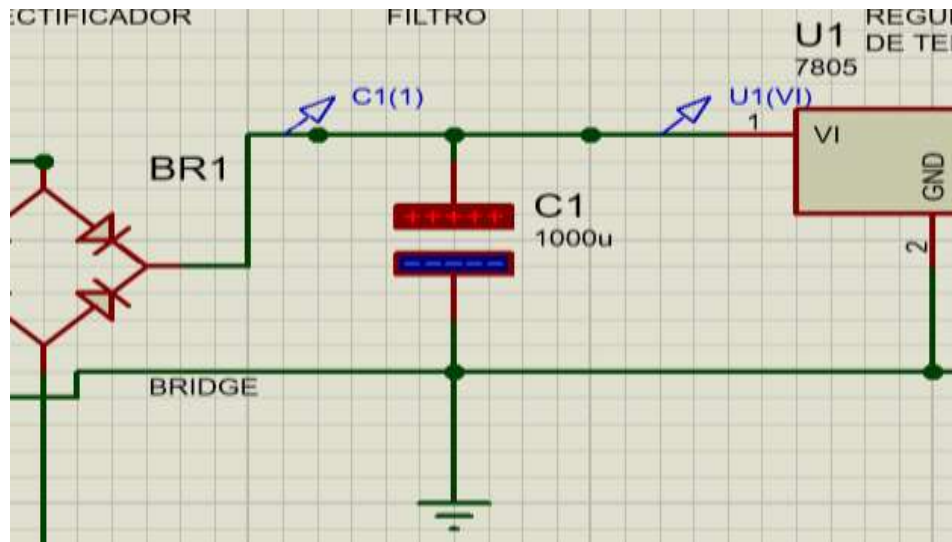
El rectificador consta de dos entradas y dos salidas, en las cuales, se conectarán dos polos distintos de la señal alterna, que se visualizan en el grafico anterior logrando que este se canalice a una sola dirección, con lo cual, la señal se convierte a positiva y es representada de la siguiente manera:



**Figura 39.** Señal convertida a positiva.

Elaborado por Thalía Moscoso.

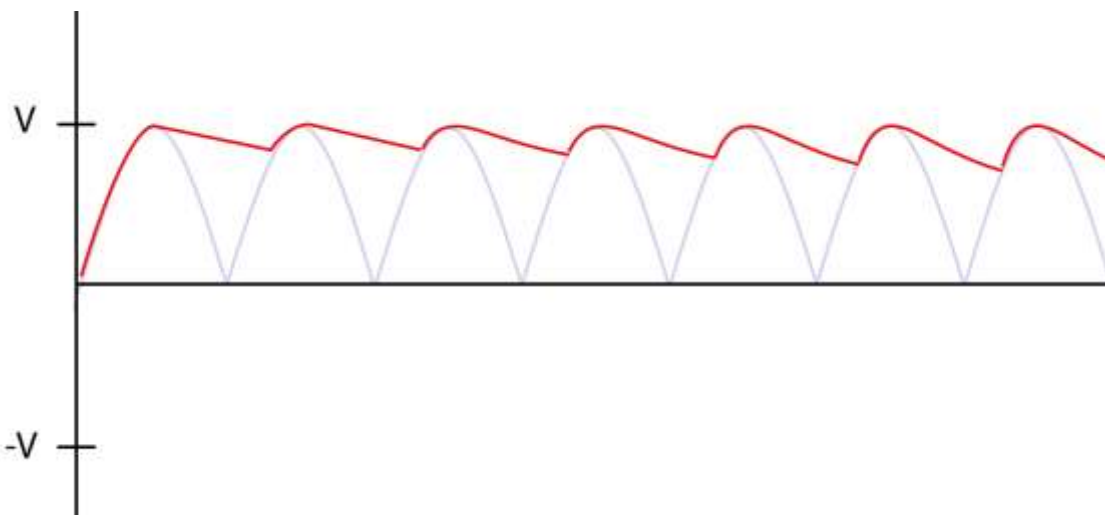
**3.1.3.5. Capacitor o condensador.** Para su aplicación en el prototipo en cuestión, el capacitor almacenará temporalmente la señal hasta el voltaje que éste tenga como capacidad. A continuación, se presenta el esquema del capacitor:



**Figura 40.** Capacitor o condensador colocados en la simulación.

Elaborado por Thalía Moscoso.

Partiendo del hecho de que este componente almacenará la señal hasta llegar al máximo de sus capacidades, se debe tener en consideración que este manifiesta diferentes comportamientos:

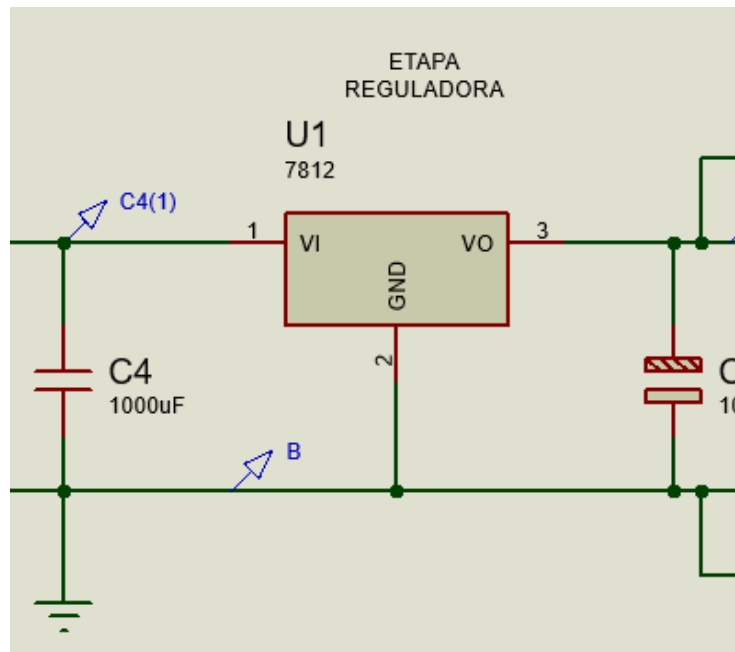


**Figura 41.** Comportamiento del capacitor (Voltaje de rizo).

Elaborado por Thalía Moscoso.

Como se visualiza en el grafico la señal sigue teniendo una variación de voltaje que va de entre 12V A 9V a continuación se realiza la aplicación de un regulador de tensión.

**3.1.3.6. Regulador de tensión 7812.** Los reguladores de tensión proporcionan una tensión continua estabilizada y con protección frente a sobre cargas o cortocircuitos. A continuación, se presenta la representación del regulador dentro del circuito:



**Figura 42.** Regulador de tensión 7812 aplicado a la simulación.

Elaborado por Thalía Moscoso.

En esta etapa del circuito se desea obtener la señal generada en continua y gracias al regulador de tensión esto se hace posible ya que ayuda a canalizar un filtro (pasa bajo) para lograr llegar al voltaje de 9v que son necesarios para que el arduino pueda funcionar.

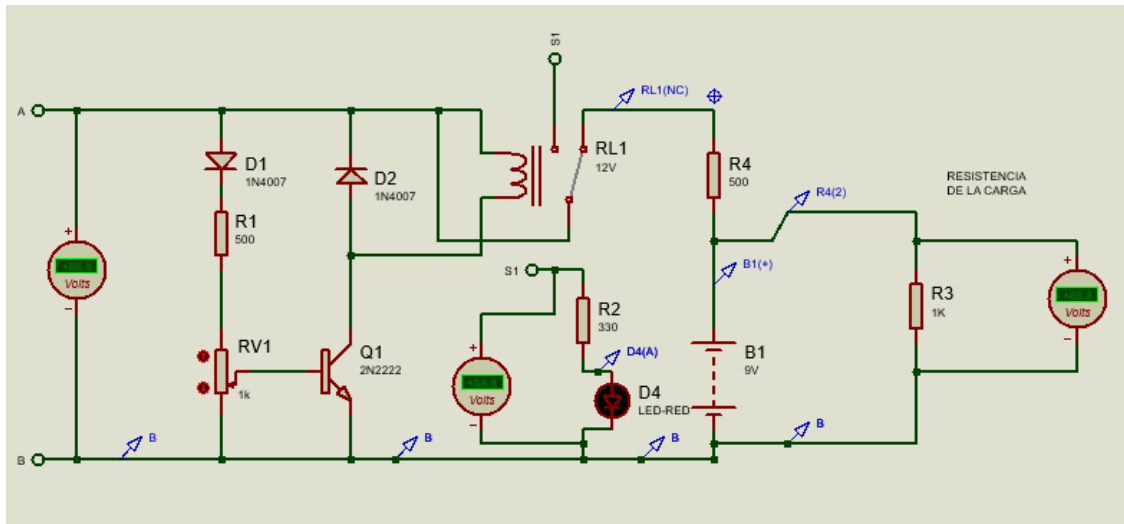
A la salida de esta regulación, se obtienen los 9V continuos de salida listos para alimentar al circuito Arduino.



**Figura 43.** Regulador de tensión 7812 aplicado a la simulación.

Elaborado por Thalía Moscoso.

### 3.1.3.7. Proceso de la energía piezoeléctrica recolectada para la carga y almacenamiento en la batería.



**Figura 44.** Circuito de almacenamiento. Simulado en proteus.

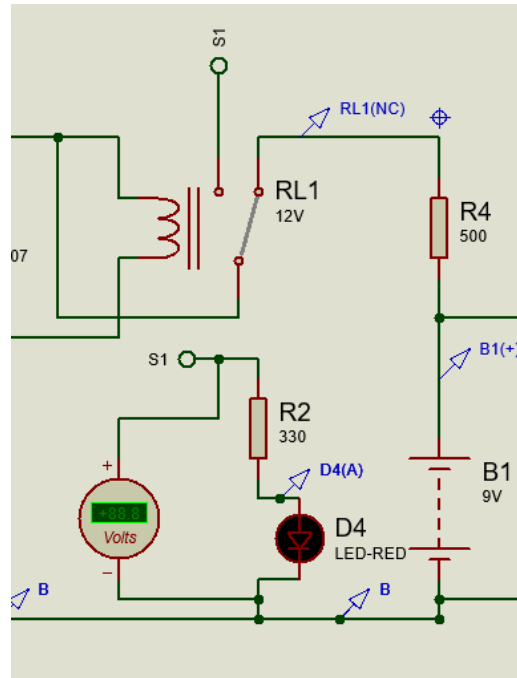
Elaborado por Thalía Moscoso.

En lo que respecta al almacenamiento de energía, se puede evidenciar que el sistema piezoeléctrico, genera un voltaje variable, mismo que al ser enviado, pasa por el puente rectificador de diodos, para lo cual, se cuenta con una referencia de voltaje regulado de 9V a 20V, sin embargo, para el diagrama simulado, debe atravesar un proceso creso de regulación con un transistor lm 7812, que le permite cumplir su función estabilizando de 12dc como su salida este a su vez con un capacitor tanque 16v 1000uFm, a partir de ese punto llega la etapa de carga de batería, para cargar una batería de 9v.

Antes de llegar a la batería, existe un circuito comparador de voltaje, mismo que este compuesto por un potenciómetro, que coadyuba al establecimiento de rangos para el voltaje de batería, conectado a un transistor 2n2222 y un diodo 1n4007, tras superar el arreglo, desemboca en un relay de 12V, que se activa y desactiva cuando los valores de la batería llegan al estimado del potenciómetro. En esta circunstancia se enciende una luz de aviso, para lo cual, se cuenta con un led, para indicar que ya se encuentra cargada la batería.

Tras llevarse a cabo dicho proceso el pin de relay normalmente queda abierto, por el contrario, en el momento en que se deje de enviar energía a través del prototipo de sistema piezoeléctrico, este se cerrará, con lo cual, se empezará a aprovechar la energía almacenada en la batería. Cabe mencionar que si la batería, recibe una carga continua de energía, en el punto de que la energía recibida llega a 8V, hará que la batería empiece a almacenarla, para finalmente en el punto en que la carga llegue a 9.3V, cerrar el almacenamiento de energía.





**Figura 44.** Circuito comparador de voltaje aplicado a la simulación.

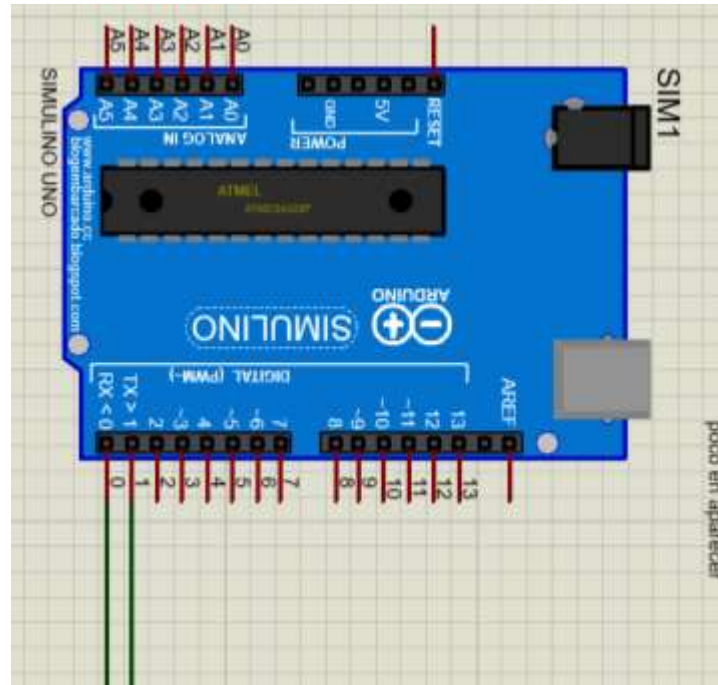
Elaborado por Thalía Moscoso.

Para alcanzar el voltaje deseado, se requerirá un arreglo de transistor lm7805, resistencias y capacitores, lo que permitirá mantener y estabilizar la energía, lo cual, servirá para prevenir cualquier avería en los dispositivos que serán alimentados de la misma.

En promedio los niveles de batería, tiene como pico más bajo 6V – 7V, mientras que como pico más alto 8.6V – 9V, cabe mencionar que estos dependerán del nivelado del potenciómetro, que permitirá especificar tales valores en el circuito.

**3.1.3.8. Resistencia de la carga.** El dispositivo a cargar es el Arduino R3 el cual tiene un programa especialmente desarrollado para que un módulo GPS retorne las coordenadas de geolocalización y estas puedan ser transmitidas a la nube.

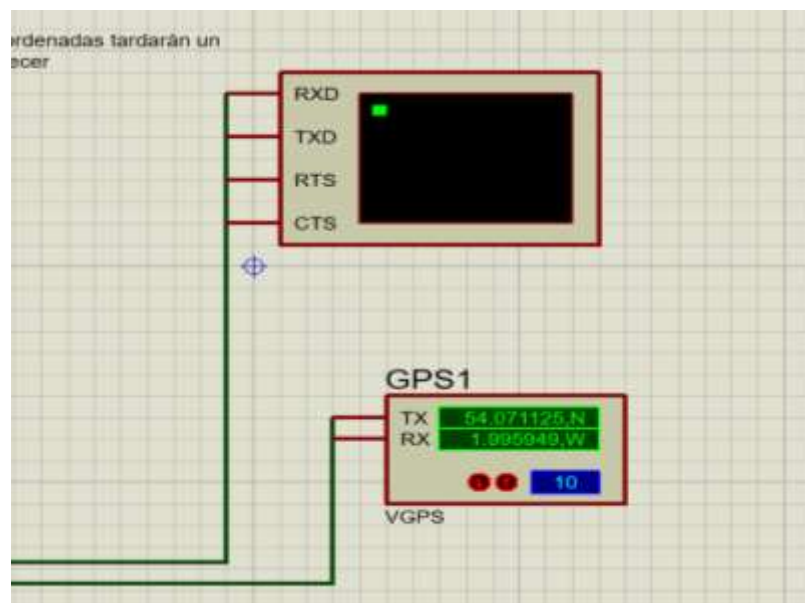
Una vez que los componentes antes mencionados se accionen y el proyecto se vuelva factible, por la generación de 5V, se continua con el circuito de ARDUINO UNO R3, al cual, estará conectado el GPS.



**Figura 45.** Circuito parte II - Arduino UNO.

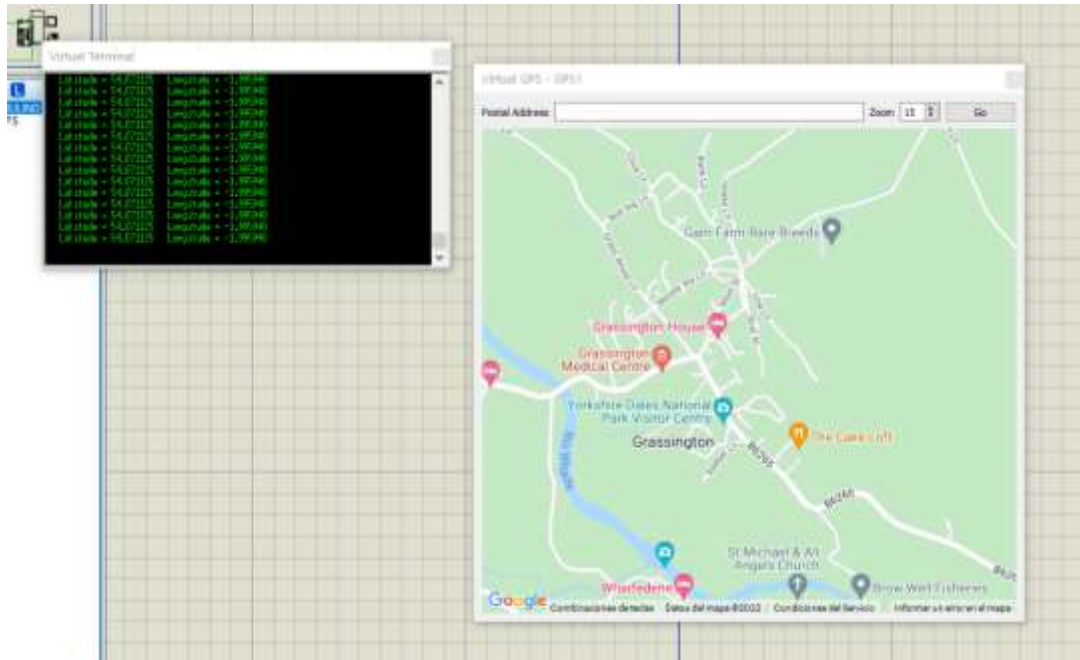
Elaborado por Thalía Moscoso.

En esta etapa, al ser ejecutado el circuito deben aparecer las coordenadas correspondientes junto al terminal y GPS virtual, donde se logra visualizar la longitud y latitud correspondientes a media que la persona vaya movilizándose, como se puede apreciar a continuación:



**Figura 46.** Modulo GPS colocado en la simulación.

Elaborado por Thalía Moscoso.



**Figura 47.** Conjunto de coordenadas geográficas para indicar la posición.

Elaborado por Thalía Moscoso.

Por lo tanto, el objetivo en esta etapa del rastreo es que la persona encargada del paciente con Alzheimer pueda mantener un control de movimientos en tiempo real. La persona deberá crear una cuenta en la plataforma donde serán transmitidas las coordenadas que es un sistema web de rastreo de google maps.

Para realizar el rastreo del dispositivo GPS alimentado por el sensor piezoeléctrico se desarrolló una Web APP con acceso de usuario restringido y que registra las coordenadas de geolocalización emitidas por el Arduino en el circuito piezoeléctrico.

Este sistema web fue desarrollado usando tecnologías OpenSource:

- ASP.NET Core 3.2
- MySQL Server 5.6
- CSS 3
- HTML 5, Javascript

La implementación de este Sistema fue desplegada en un servidor VPS en Digital Ocean con sistema operativo Ubuntu Linux 20.04, las especificaciones de este servidor son 2GB de RAM, 60GB de disco duro y un procesador de 2 núcleos.

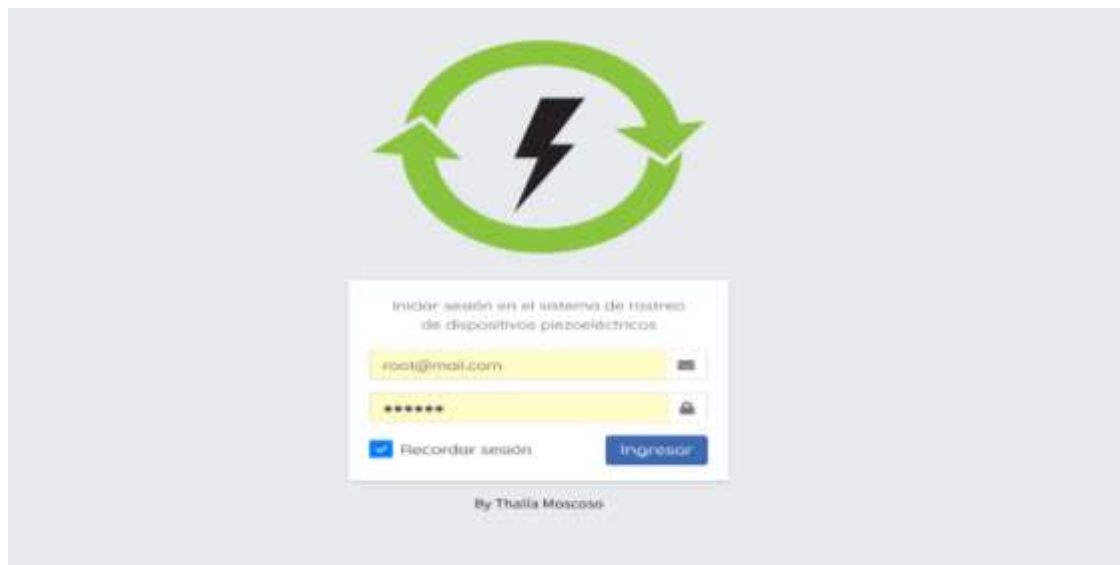
Image	Ubuntu 18.04.3 (LTS) x64	Region	NYC1
Size	2 vCPUs	IPv4	142.93.124.188
	2GB / 60GB Disk (\$15/mo)	IPv6	Enable
	<a href="#">Resize</a>	Private IP	None
		VPC	None

**Figura 48.** Especificaciones del sistema Web de rastreo.

Elaborado por Thalía Moscoso.

### 3.1.3.9 Uso de la Web APP:

Al acceder al sistema se muestra una pantalla de “Login” de ingreso administrative al panel web.



**Figura 49.** Sistema Web de rastreo.

Elaborado por Thalía Moscoso.

Al ingresar se muestran los dispositivos activados en el sistema con su respectivo nombre y cuando se selecciona uno se puede visualizar mediante el api de google maps los puntos de geolocalización por donde ha recorrido el dispositivo piezoeléctrico. Estos puntos estarán unidos por vectores demostrando así el recorrido lineal realizado en el transcurso de tiempo seleccionado.



Figura 50. Sistema Web de rastreo – Mapa satelital.

Elaborado por Thalía Moscoso.

En la misma pantalla podemos visualizar la misma trazabilidad de coordenadas GPS pero en formato de tabla con navegación y paginación, esto es útil para revisar recorridos mediante fechas y horas y poder ordenar estos datos de forma práctica. Estos datos también se pueden exportar a formato CSV o Excel.

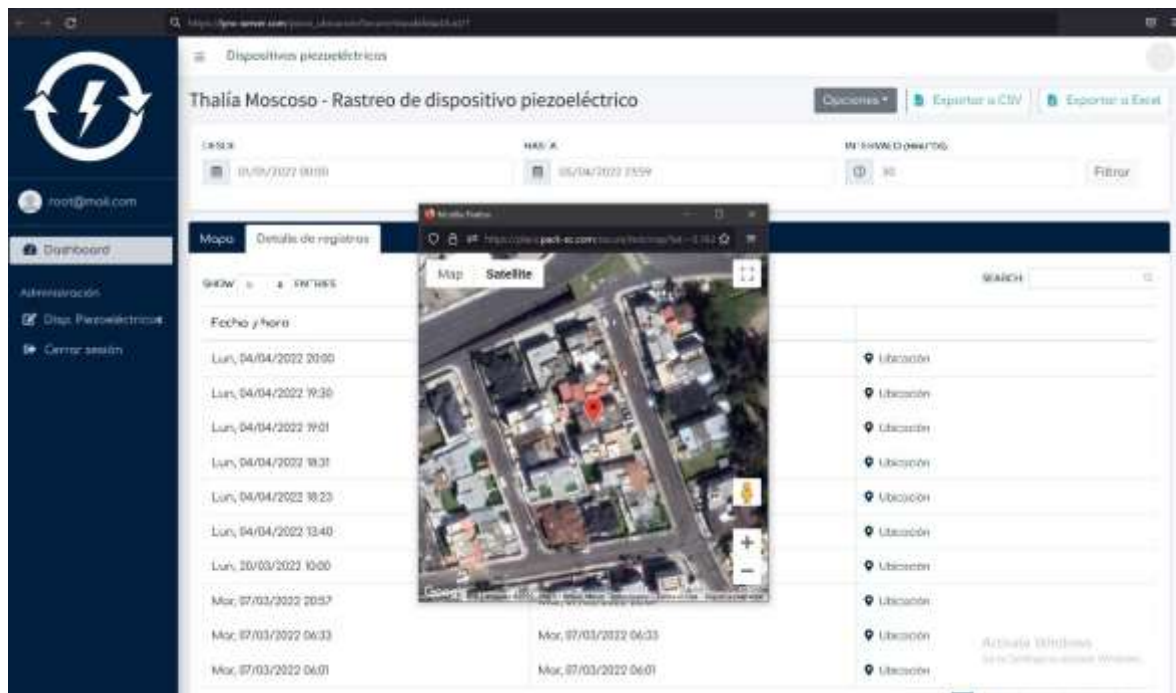
A continuación, se muestra una tabla con los últimos registros del GPS del dispositivo:

Fecha y hora	Ti	Fecha y hora de Sistema	Ubicación
Lun, 04/04/2022 20:00		Lun, 04/04/2022 20:00	Ubicación
Lun, 04/04/2022 19:30		Lun, 04/04/2022 19:30	Ubicación
Lun, 04/04/2022 19:01		Lun, 04/04/2022 19:01	Ubicación
Lun, 04/04/2022 18:31		Lun, 04/04/2022 18:31	Ubicación
Lun, 04/04/2022 18:23		Lun, 04/04/2022 18:23	Ubicación
Lun, 04/04/2022 13:40		Lun, 25/03/2022 13:40	Ubicación
Lun, 20/03/2022 10:00		Lun, 20/03/2022 10:00	Ubicación
Mar, 07/03/2022 20:57		Mar, 07/03/2022 20:57	Ubicación
Mar, 07/03/2022 06:33		Mar, 07/03/2022 06:33	Ubicación
Mar, 07/03/2022 06:01		Mar, 07/03/2022 06:01	Ubicación

Figura 51. Sistema Web de rastreo – Registro de ubicaciones.

Elaborado por Thalía Moscoso.

En este espacio del rastreo web se aprecia el historial con su respectiva fecha, hora y la ubicación que al presionar se muestra cada posición donde estuvo el paciente por separado como se ve a continuación:



**Figura 52.** Sistema Web de rastreo – Registro de ubicaciones.

Elaborado por Thalía Moscoso.

**3.1.4. Control y monitoreo.** En esta fase es fundamental realizar las pruebas necesarias que demanda el circuito con ayuda de los valores arrojados por éste y de las respectivas fórmulas que se necesitan para la corroboración de resultados y así poder confirmar el correcto funcionamiento de la simulación del generador piezoeléctrico y del sistema GPS a fin de poder hacer uso de los pasos para la implementación del prototipo de forma física de ser el caso.

**3.1.4.1. Cálculos y resultados.** El elemento piezoeléctrico es la fuente de energía y el convertidor de energía mecánica en energía eléctrica, y los elementos planteados en este trabajo son materiales comerciales. Los estudios de vibración continua se realizan sobre sensores piezoeléctricos de marca TIMESETL, que establece unas condiciones de trabajo entre 75 y 180 Hz con una tensión de respuesta baja (menor o igual a 6 V).

El rectificador consiste en un circuito rectificador de onda completa encargado de conseguir que la señal eléctrica proporcionada por el elemento piezoeléctrico solo tenga valores positivos. Está basado en un puente de diodos donde se destaca que cuando se usen

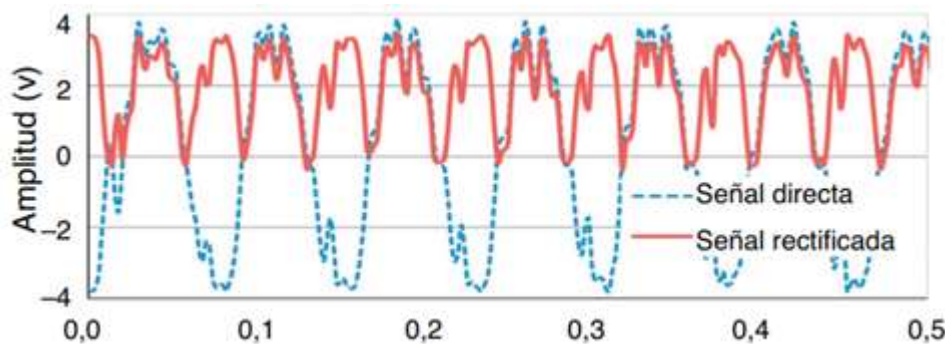


elementos que proporcionen una tensión de pico ( $V_p$ ) elevada se debe tener cuidado con los diodos utilizados, ya que estos deben cumplir la desigualdad de la ecuación:

$$VRRM \geq (2 \cdot V_p - V_D)$$

Donde VRRM (V) es la tensión inversa repetitiva máxima en el diodo (se considera que las excitaciones mecánicas de impacto se repiten, aunque no sea de forma periódica),  $V_p$  (V) es la tensión de pico proporcionada por el elemento piezoeléctrico, y  $V_D$  (V) es la tensión del diodo en conducción.

A continuación, se muestra los valores de los sensores piezoeléctricos con las vibraciones continuas:



**Figura 53.** Respuesta piezoeléctrica a vibraciones.

Elaborado por Thalía Moscoso.

### 3.2. Descripción

En este apartado se procede a determinar la factibilidad de aplicar un GPS en el calzado de adultos mayores con Alzheimer alimentado con energía generada a través de un sistema de energía piezoeléctrica, cuya factibilidad en términos generales radica en que, se da una alternativa de solución a una problemática social, que experimentan muchas familias a nivel nacional, además de que la aplicación de estas tecnologías supone en el largo plazo una alternativa de generación de energía renovable para el país.

**3.2.1. Factibilidad Económica.** Se considera que el sistema piezoeléctrico que se diseña en este estudio es factible a nivel económico, debido a que en páginas como “Alibaba”, se comercializan estos componen en valores de entre \$ 0.20 y \$ 0.40 a partir de 5000 unidades. Sin contar el hecho de que en caso de que esta tecnología sea aplicada en gran magnitud ya sea en el calzado de la población o mediante cerámicas en los pisos, será posible reducir la dependencia de las energías no renovables e incluso reducirse el impacto ambiental ocasionado por su explotación. Puesto que según Tamayo y otros (2017) "el costo debe caer un 60% cuando llegan a la producción en masa, haciendo el sistema más barato que la energía solar" (págs. 55 - 88).

**3.2.2. Factibilidad legal.** La aplicación de GPS en el calzado y sistemas de energía piezoeléctrica suponen una aportación en el cambio de la matriz productiva, el motivo por el cual, se considera que es factible en el ámbito legal, es que en la Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno (LORTI), se establezcan compensaciones para empresas legalmente constituidas que ejecuten procesos de reinversión cambios tecnológicos, para lo cual, se asignará exenciones del pago del Impuesto a la Renta, por un periodo máximo de 5 años. (H. Congreso Nacional, 2015)

En este caso la reinversión en el cambio tecnológico que supone migrar de una de energías no renovables a energías renovables, donde en el mejor de los casos se enlaza un GPS a un sistema de energía piezoeléctrico que le permita estar activo de manera perenne, de manera que sea posible rastrear al adulto mayor que se extravió.

Esta investigación guarda relación con los objetivos propuesto en el Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025, el cual establece cinco ejes, dentro de los cuales se enlista el eje ecológico, que aborda las prácticas ambientales, mediante el objetivo 12 que consiste en “Fomentar modelos de desarrollo sostenibles aplicando medidas de adaptación y mitigación al cambio climático”. (SENPLADES, 2021)

En este sentido, se debe tener en cuenta que el uso de energía piezoeléctrica para accionar los GPS, constituye una energía renovable, lo cual, permite aportar con el cumplimiento del objetivo anterior, puesto que, en el largo plazo, si esta energía empieza a ser explotada, se conseguirá una producción energética sostenible a través del tiempo.

**3.2.3. Factibilidad Académica.** En el ámbito académico se considera factible este estudio, debido a que se sientan las bases de empleos emergentes, puesto que, en la actualidad, dentro del país la energía piezoeléctrica es poco explotada, pero se podría realizar una actualización y fortalecimiento de las mallas curriculares de carreras afines, con la intención de que estas desarrollen nuevas aplicaciones o metodologías que les permitan aprovechar sus bondades.

**3.2.4. Factibilidad técnica.** Se considera que el prototipo es factible técnicamente debido a que en la actualidad existen calzados que cuentan con GPS, sin embargo, estos apenas se accionan por un tipo que no supera las 48 horas, pero al implementar de manera simultánea el GPS y el sistema de energía piezoeléctrica, este último accionará el GPS mientras el adulto mayor se encuentre caminando, puesto que, aprovecha la energía de la pisada.



### 3.3. Conclusiones

- Se determina que el prototipo no es factible para su correcto funcionamiento, debido a la falta de potencia que generará el circuito al crearse físicamente, ya que en el desarrollo de esta investigación las pruebas se han realizado de manera empírica, basándose en simulaciones a través de aplicaciones tecnológicas por lo que si se podrá tener un resultado óptimo, pero al llevarlo a la vida real este no será adecuado porque no abastece la demanda de energía requerida, lo cual se tendría muchos inconvenientes al momento de llegar al objetivo de rastrear al paciente.
- El análisis del costo de fabricación de un zapato con generador piezoeléctrico es factible, ya que los componentes son económicos arrojando un total de \$50.00 aproximadamente para su construcción.
- El uso práctico del prototipo físico sería ineficaz a la hora de caminar ya que muy a parte de los sensores piezoeléctricos el circuito requiere un Arduino el cual tiene unas dimensiones de 68.6mm × 53.3mm y el único lugar donde se lo podría colocar es en la parte de atrás del zapato y esto causa cierta incomodidad a la hora de realizar las labores del día a día.

### 3.4. Recomendaciones

- Según el estudio del desarrollo del circuito piezoeléctrico presentado en el capítulo III sería recomendable que con una cantidad ingente de sensores piezoeléctricos se podrá generar mayor potencia y mayor voltaje para el posible funcionamiento, pero esto no es óptimo dentro de un calzado por el tamaño común que estos tienen.
- Se considera de vital importancia dar continuidad a esta investigación debido a que, para poder corroborar el rendimiento esta tecnología en términos reales, se precisa ponerla a prueba en el calzado y monitorear de manera periódica la generación de electricidad.

## Bibliografía

- ARCONEL. (2018). *Regulaciones de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL)*. Quito. Obtenido de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Codificacion-Regulacion-No.-ARCONEL-003-18.pdf>
- Arrillaga, J. (14 de Julio de 2019). *CONSALUD.es*. Obtenido de [https://www.consalud.es/pacientes/el-azheimer-una-de-las-principales-causas-de-desaparicion-en-mayores\\_66393\\_102.html](https://www.consalud.es/pacientes/el-azheimer-una-de-las-principales-causas-de-desaparicion-en-mayores_66393_102.html)
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución del Ecuador*. Montecristi .
- Asamblea Nacional. (2015). *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Quito: Registro Oficial. Obtenido de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Ley-Org%C3%A1nica-del-Servicio-P%C3%BAblico-de-Energ%C3%ADa-El%C3%A9ctrica.pdf>
- Ayerbe, G. (2019). *Diseño de un sistema de alimentación de un dispositivo portátil por recolección de energía de la pisada*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fzaguan.unizar.es%2Frecord%2F85215%2Ffiles%2FTAZ-TFG-2019-2913.pdf&clen=4422613>
- Bourzac, K. (29 de Enero de 2020). *Unas láminas flexibles capturan energía proveniente del movimiento*. Obtenido de MIT Technology Review: <https://www.technologyreview.es/s/962/unas-laminas-flexibles-capturan-energia-proveniente-del-movimiento>
- Bravo, D. (21 de septiembre de 2016). Los casos de Alzheimer son más recurrentes. *El Comercio*.
- Castillo, J. (11 de Febrero de 2019). *Qué es una PCB o Placa de Circuito Impreso. Uso, cómo se fabrica*. Obtenido de Profesional Review: <https://www.profesionalreview.com/2019/02/11/pcb-que-es/>

- ConexiónESAN. (17 de Octubre de 2018). *¿Qué es el layout de un almacén?* Obtenido de ConexiónESAN: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2018/10/que-es-el-layout-de-un-almacen/>
- Connor, N. (9 de junio de 2020). *Qué es Curie – Unidad de Radioactividad – Definición.* Obtenido de Radiation Dosimetry: <https://www.radiation-dosimetry.org/es/que-es-curie-unidad-de-radioactividad-definicion/>
- Córdoba, L. (2013). *Estudio de la respuesta piezoeléctrica en PVDF.* Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Farchivo.uc3m.es%2Fbitstream%2Fhandle%2F10016%2F17315%2FPFC\_Luis\_Miguel\_Cordoba\_Casado.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&cliclen=6387088
- Enerxia. (23 de Julio de 2020). *Electrónica: PROTEUS (ARES e ISIS) simulador digital y analógico.* Obtenido de Enerxia: [https://www.enerxia.net/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=406:electronica-proteus-simulador-digital-y-analogico&catid=61&Itemid=142](https://www.enerxia.net/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=406:electronica-proteus-simulador-digital-y-analogico&catid=61&Itemid=142)
- EnPrototipos. (23 de Septiembre de 2020). *¿Qué es un prototipo y para qué sirve?* Obtenido de EnPrototipos: <https://prototip0.com/disenio-de-prototipos/>
- Fernández, A. (2018). *Estudio de sensores piezoeléctricos en aplicaciones de medición de fuerza.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Friunet.upv.es%2Fbitstream%2Fhandle%2F10251%2F111211%2FFern%25C3%25A1ndez%2520-%2520Estudio%2520de%2520sensores%2520piezoel%25C3%25A9ctricos%2520en%2520aplicaciones%2520de
- Fernández, Y. (3 de Agosto de 2020). *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno.* Obtenido de Xataka Basics: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- FLUKE. (9 de Mayo de 2021). *¿Qué es la tensión?* Obtenido de FLUKE: <https://www.fluke.com/es-es/informacion/blog/electrica/que-es-la-tension>

- Gallo, W. (2019). *Caracterización de Materiales Ferroeléctricos en Frecuencias de Microondas*. Medellín: Universidad EAFIT. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepository.eafit.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F10784%2F13716%2FWilson\_GalloCastrillon\_2019.pdf%3Fsequence%3D2%26isAllowed%3Dy&cliclen=4426360
- Gómez, A. (2018). *Diseño de un Sistema de energy harvesting basado en piezoeléctricos*. Alcalá: Universidad de Alcalá. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Ffebuah.uah.es%2Fdspace%2Fbitstream%2Fhandle%2F10017%2F33621%2FTFG\_Gomez\_Molina\_2018.pdf%3Fsequence%3D1&cliclen=2418804
- Gómez, Á. (2018). *Diseño de un Sistema de energy harvesting basado en piezoeléctricos*. Alcalá: Universidad de Alcalá. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Ffebuah.uah.es%2Fdspace%2Fbitstream%2Fhandle%2F10017%2F33621%2FTFG\_Gomez\_Molina\_2018.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&cliclen=2418804
- Guacapiña, B., & Huerta, J. (2019). *Diseño e implementación de un sistema generador de energía eléctrica mediante el uso de dispositivos piezoeléctricos implementados en una máquina elíptica en el Gimnasio "Zeus" ubicado en la ciudad De Machachi – cantón Mejía*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Frepository.utc.edu.ec%2Fbitstream%2F27000%2F5503%2F1%2FPI-001415.pdf&cliclen=5665440
- Guevara, Gladys et al. (1 de Julio de 2020). Metodologías de investigación educativa descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción. *Recimundo*, IV(III), 163-173. doi:10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173
- H. Congreso Nacional. (2015). *Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno (LORTI)*. Quito: Ediciones legales. Obtenido de https://www.sri.gob.ec/BibliotecaPortlet/descargar/cbac1cfa-7546-4bf4-ad32-c5686b487ccc/20151228+LRTI.pdf

- Ilumet. (4 de Mayo de 2018). *Piezoelectricidad: dar luz con cada paso*. Obtenido de Ilumet: <https://www.iluminet.com/piezoelectricidad-luz-energia/>
- Instituto Americano de Física . (25 de Octubre de 2017). *Los piezoeléctricos amplían su potencial con un método de pegado flexible*. Obtenido de Science Things: <http://www.science-things.com/releases/2017/10/171025140443.htm>
- Iturbe, M. (12 de Julio de 2018). *¿Qué es energy harvesting? Extracción de energía ambiente*. Obtenido de Calor y Frío: <https://blog.caloryfrio.com/que-es-energy-harvesting-energia-ambiental/>
- Jiménez, F. (2018). *Análisis del estado actual de la tecnología Energy Harvesting (Recolectores de energía) basados en piezoelectricidad*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepository.udistrital.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F11349%2F13444%2FJimenezRubioFredyAlexander2018.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&clen=1433259
- Junta de Beneficencia de Guayaquil. (21 de Septiembre de 2020). *El Alzheimer una enfermedad que no debe quedar en el olvido*. Obtenido de Junta de Beneficencia de Guayaquil: <https://www.juntadebeneficencia.org.ec/prensa/boletines-de-prensa/3634-el-alzheimer-una-enfermedad-que-no-debe-quedar-en-el-olvido>
- Junta de Beneficiencia de Guayaquil. (9 de Febrero de 2017). *Junta de Beneficiencia de Guayaquil*. Obtenido de <https://www.juntadebeneficencia.org.ec/home/3115-instituto-de-neurociencias-inaugura-residencias-para-pacientes-con-alzheimer>
- Kyes, J. (22 de Mayo de 2020). *¿Qué significa GPS?* Obtenido de GEOTAB: <https://www.geotab.com/es-latam/blog/qu%C3%A9-significa-gps/>
- Leppe, J. (2020). *Desarrollo de un polímero piezoeléctrico para la generación de electricidad en neumáticos*. Morelos: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Obtenido de <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/1516>
- Martinez Fuentes, A. J., & Fernandez Díaz, I. E. (2008). Ancianos y Salud. *Revista cubana de medicina general integral*.

- Martínez, M. (7 de Julio de 2020). *Piezoelectricidad: Usando las pisadas de los ciudadanos para generar energía*. Obtenido de Tomorrow City: <https://tomorrow.city/a/piezoelectricidad-generar-energia-con-movimiento>
- Mejia, T. (27 de Agosto de 2020). *Investigación descriptiva: características, técnicas, ejemplos*. Obtenido de Lifeder : <https://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva/>
- Mineria en línea . (19 de Mayo de 2019). *Turmalina*. Obtenido de Minería en línea : [https://mineriaenlinea.com/rocas\\_y\\_minerales/turmalina/](https://mineriaenlinea.com/rocas_y_minerales/turmalina/)
- Noguera, L. (2019). *Potencial de generación de energía eléctrica con la tecnología piezoeléctrica aplicada al tránsito de bicicletas de la ciudad de Bogotá D.C*. Bogotá: Universidad Libre. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepository.unilibre.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F10901%2F18601%2FPOTENCIAL%2520DE%2520GENERACI%25c3%2593N%2520DE%2520ENERG%25c3%258dA%2520EL%25c3%2589CTRICA%2520CON%2520
- Norabuena, F. (2021). *Estudio de la viabilidad técnica de un sistema de captación de energía piezoeléctrica con aplicación en plantillas de calzado deportivo*. Lima: Universidad de Lima. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepository.ulima.edu.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2F20.500.12724%2F14311%2FNorabuena\_Aliaga\_Estudio\_viabilidad.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&clen=2559804
- Noticias NCC. (29 de Marzo de 2021). *Piezoeléctrica, una nueva forma de generar energía limpia en Colombia*. Obtenido de Noticiero Científico y Cultural Iberoamericano : <https://noticiasncc.com/cartelera/articulos-o-noticias/03/29/piezoelectrica-una-nueva-forma-de-generar-energia-limpia-en-colombia/>
- OMS. (2021 de Septiembre de 2020). *Demencia (Alzheimer)*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud (OMS): <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dementia>
- OMS. (2 de Septiembre de 2021). *El mundo no está abordando el reto de la demencia*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud:

<https://www.who.int/es/news/item/02-09-2021-world-failing-to-address-dementia-challenge>

OPS. (Septiembre de 2020). *Crece la cantidad de personas con Alzheimer y otras demencias en las Américas*. Obtenido de Organización Panamericana de la Salud (OPS): [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=11322:dementias-are-on-the-rise-in-the-americas&Itemid=135&lang=es](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=11322:dementias-are-on-the-rise-in-the-americas&Itemid=135&lang=es)

Organizacion Mundial de la Salud. (19 de Septiembre de 2019). Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dementia>

Pacheco, J. (18 de Octubre de 2021). *Método Analítico (reglas, características, etapas)*. Obtenido de Web y empresa : <https://www.webyempresas.com/metodo-analitico/>

Pini, A. (17 de Septiembre de 2020). *Fundamentos: Comprender las características de los tipos de condensadores para utilizarlos de manera apropiada y segura*. Obtenido de Digikey: <https://www.digikey.com/es/articles/fundamentals-understand-the-characteristics-of-capacitor-types>

Planas, O. (4 de Mayo de 2021). *Ejemplos de energía mecánica en el día a día*. Obtenido de Energía Nuclear: <https://energia-nuclear.net/energia/energia-mecanica/ejemplos>

Presidencia de la República. (2017). *Código Orgánicos del Ambiente*. Quito: LEXISFINDER. Obtenido de [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)

Reyes, R. (20 de Abril de 2018). *Adulto mayor significado*. Obtenido de Adulto Mayor inteligente : <http://www.adultomayorinteligente.com/significado-de-adulto-mayor/>

Rodríguez, D. (1 de Noviembre de 2019). *Método experimental: características, etapas, ejemplo*. Obtenido de Lifeder : <https://www.lifeder.com/metodo-cientifico-experimental/>

Roldán, P. (26 de Mayo de 2017). *Patente* . Obtenido de Economipedia : <https://economipedia.com/definiciones/patente.html>

Rus, E. (10 de Diciembre de 2020). *Investigación experimental*. Obtenido de Economipedia : <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-experimental.html>

- Sánchez, F. (Enero - Junio de 2019). fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, XIII(1), 102 - 122. doi:<http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Sawada, C. (Diciembre de 2013). *Repositorio digital de tesis PUCP*. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5390/SAWADA\\_CARMEN\\_DISE%  
c3%91O\\_SISTEMA\\_UBICACION\\_ALZHEIMER\\_VIA\\_W  
EB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5390/SAWADA_CARMEN_DISE%c3%91O_SISTEMA_UBICACION_ALZHEIMER_VIA_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- SENPLADES. (2021). *Plan de Creación de oportunidades 2021 – 2025*. Quito: Secretaria de Nacional de Planificación. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.planificacion.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F09%2FPlan-de-Creacio%25CC%2581n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf&clen=42022001&chunk=true>
- Sotelo, J. (2015). *Visión de la aplicación de los sistemas piezoeléctricos para la generación de energía eléctrica a partir del viento en edificios*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/104864>
- Tamayo, D., & Cardozo, N. (2017). *El uso de piezoeléctricos para la generación de energía sostenible como proyecto piloto en un perfil vial de Bogotá*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepository.ucatolica.edu.co%2Fbitstream%2F10983%2F14488%2F1%2FProyecto%2520de%2520grado%2520piezoelectricos%2520en%2520perfil%2520vial%2520piloto%2520en%2520Bogot%25C3%25>
- TASE. (22 de Marzo de 2016). *TASE. trascender con amor, servicio y excelencia*. Obtenido de <https://www.fundaciontase.org/single-post/2016/03/22/%C2%BFQu%C3%A9-es-el-Deterioro-Cognitivo-Leve>
- Tena, K. (2017). *Implementación de sensores piezoeléctricos para la generación eléctrica bajo calzada: aplicaciones en el Aeropuerto de Barcelona*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F>



%2Fupcommons.upc.edu%2Fbitstream%2Fhandle%2F2117%2F107254%2Fmemo  
ria.pdf&clen=2515747

## Anexos

### *Anexo 1. Código del circuito en Arduino*

```
#include <TinyGPS.h>
#include <Ethernet.h>

TinyGPS gps;
EthernetClient client;
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
int  HTTP_PORT  = 80;
String HTTP_METHOD = "GET"; // o "POST"
char  HOST_NAME[] = "lynx-server.com"; // hostname of web server:
String PATH_NAME  = "/piezo_ubicacion";
String queryString="";

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Localizador GPS alimentado por");
  Serial.println("ENERGIA PIEZOELECTRICA");
  Serial.println("Revisando coordenadas...");
  Serial.println();
  if (Ethernet.begin(mac) == 0) {
    Serial.println("Failed to obtaining an IP address using DHCP");
    //while(true);
  }
}

void loop()
{
  bool newData = false;
  unsigned long chars;
  unsigned short sentences, failed;
  for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 1000;)
```

```

{
  while (Serial.available())
  {
    char c = Serial.read();
    if (gps.encode(c)) // Did a new valid sentence come in?
      newData = true; //newData variable is set to true
  }
}
if (newData)
{
  float flat, flon;
  unsigned long age;
  gps.f_get_position(&flat, &flon, &age);
  Serial.print("  Latitude = ");
  Serial.print(flat == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 : flat, 6);
  Serial.print("  Longitude = ");
  Serial.println(flon == TinyGPS::GPS_INVALID_F_ANGLE ? 0.0 : flon, 6);
  if(client.connect(HOST_NAME, HTTP_PORT)) {
    Serial.println("Connected to server");
    queryString = String("?lat=") + String(flat) + String("&lon=") + String(flon);
    // send HTTP header
    client.println("GET " + PATH_NAME + queryString + " HTTP/1.1");
    client.println("Host: " + String(HOST_NAME));
    client.println("Connection: close");
    client.println(); // end HTTP header
    // send HTTP body
    client.println(queryString);
    Serial.print("GET " + PATH_NAME + queryString + " HTTP/1.1");
  }
}
}

```