	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia		Aprobado		Pág.
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADÉMICO		i(108)

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	DAYANA LICETH DOMÍNGUEZ CHINCHILLA ALBERT ARLEY GONZÁLEZ PINO
FACULTAD	FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA AMBIENTAL
DIRECTOR	JUAN FERNANDO PÉREZ VILLEGAS
TÍTULO DE LA TESIS	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN COLECTOR DE ENERGÍA PIEZOELÉCTRICO, COMO IMPLEMENTACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA LIMPIA, APROVECHANDO LA CIRCULACIÓN DE PERSONAL EN LA ENTRADA DE LA UFPSO

RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

EN LA ACTUALIDAD VARIOS PAÍSES HAN DESARROLLADO PROYECTOS QUE HAN EVALUADO LAS DISTINTAS FORMAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA, COMO LO SON LAS ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONAL, UN EJEMPLO DE ESTO ES EL SISTEMA CON SENSORES PIEZOELÉCTRICOS QUE SON CAPACES DE TRANSFORMAR EL CAMINAR Y EN TRANSITAR POR UNA CIUDAD EN UN BENEFICIO, YA QUE ESTE SISTEMA TRANSFORMA LA ENERGÍA MECÁNICA CAPTADA EN ENERGÍA ELÉCTRICA PARA UN POSIBLE USO, EN ESTE CASO SERÍA PARA LA ILUMINACIÓN; BUSCANDO ASÍ MEJORAR LA CALIDAD AMBIENTAL Y CONSERVAR LOS RECURSOS RENOVABLES EXISTENTES.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 113	PLANOS: 4	ILUSTRACIONES: 9	CD-ROM: 1
--------------	-----------	------------------	-----------



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN COLECTOR DE ENERGÍA
PIEZOELÉCTRICO, COMO IMPLEMENTACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA
LIMPIA, APROVECHANDO LA CIRCULACIÓN DE PERSONAL EN LA
ENTRADA DE LA UFPSO.**

AUTORES

DAYANA LICETH DOMÍNGUEZ CHINCHILLA

ALBERT ARLEY GONZÁLEZ PINO

Proyecto de grado presentado para obtener el título de ingeniero ambiental

DIRECTOR

JUAN FERNANDO PÉREZ VILLEGAS

ING. MECÁNICO

ESP. EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

CODIRECTOR

YULIETH MAHECHA SARABIA

INGENIERA AMBIENTAL

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

Dedicatoria

Dayana Liceth Domínguez Chinchilla

Dedico esta investigación en primer lugar a Dios por llenarme de paciencia y sabiduría para el desarrollo de este trabajo, de igual forma a mi familia en especial a mi madre Dioselina Chinchilla y mi hermana Yensi Domínguez por sus consejos y palabras de aliento en los momentos difíciles, a mi padre José Domínguez que ya no está entre nosotros y que siempre me apoyo y me motivo a seguir adelante.

Albert Arley González Pino

Primeramente a Dios por su misericordia pongo como referencia Isaías 41:10 “No temas, porque yo estoy contigo; no desmayes, porque yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudaré, siempre te sustentaré con la diestra de mi justicia”.

Agradezco a mi madre Amparo Pino y a mi hermana Melany Ramírez por su apoyo incondicional y oraciones.

Del mismo modo agradezco a mi padre Alberto González por su colaboración y ayuda.

A mi tía Lucy Esther Díaz Peña por sus consejos, por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles y por siempre recordarme en sus oraciones.

A mis amigos Yurgen Pedroza, Alejandra Reyes, Karen Rodríguez y Dayana Domínguez por sus consejos y apoyo durante la carrera.

Agradecimientos

Primeramente a Dios por no dejarnos decaer en los momentos difíciles.

A nuestro director Juan Fernando Pérez Villegas y codirectora Yulieth Mahecha Sarabia por su apoyo, entrega, tiempo, comprensión, paciencia, conocimiento y guía para que la realización de este proyecto fuera exitosa.

A nuestros profesores y compañeros en especial a Karen Dayana Rodríguez Sarabia, María Alejandra Reyes Varón, Linney Andrea Soto Ascanio, Leicy Tatiana Páez Torrado, Naidu Gámez Jaime, Kelly Johana Angarita y Dayana León Martínez que con su entrega y voz de aliento permitieron que nuestra estancia en la universidad fuera más agradable.

A los jurados Alexander Armesto Arenas y John Arévalo Toscano por la entrega, conocimiento, correcciones y guía en el desarrollo del proyecto.

Índice

Capítulo 1. Estudio de factibilidad de un colector de energía piezoeléctrico como implementación de una tecnología limpia, aprovechando la circulación de personal en la entrada de la UFPSO.	16
1.1 Planteamiento del problema.....	16
1.2 Formulación del Problema.....	16
1.3 Objetivos.....	17
1.3.1 Objetivo general.....	17
1.3.2 Objetivos específicos.	17
1.4 Justificación.....	17
1.5 Delimitaciones.....	19
1.5.1 Delimitación Conceptual:	19
1.5.2 Delimitación Geográfica:	19
1.5.3 Delimitación Temporal:	20
1.5.4 Delimitación Operativa:	20
 Capítulo 2. Marco Referencial	 21
2.1 Marco Histórico.....	21
2.1.1 Historia de los piezoeléctricos.	21
2.1.2 Industria automovilística.....	22
2.1.3 Industria de cómputo.....	22
2.1.4 Industria consumidora.....	22
2.1.5 Ámbito médico.	23
2.1.6 Área militar.....	23
2.2. Marco Teórico.....	23
2.3 Marco Conceptual.....	25
2.3.1. Collectores de energía.....	25
2.3.2. Cerámicas piezoeléctricas.	26
2.3.3. Transductor piezoeléctrico.	26
2.3.4. Tecnología Limpia.	26
2.3.5. Estudio de Factibilidad.....	26
2.3.6. Cuarzo.....	26
2.3.7. Uso eficiente de la energía.	27
2.3.8. Fuente energética.	27
2.4 Marco Legal.....	27
2.4.1. Constitución política de Colombia de 1991	27

2.4.2 Decreto 3683 del 2003. Se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial.	27
2.4.3 Ley 697 de 2001 Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.	29
2.4.4 Ley 115 de febrero 8 de 1994. Ley General de Educación.	30
2.4.5 Ley 1715 de 2014. Regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.	30
2.4.6 Resolución 1297 del 2010 Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o Acumuladores y se adoptan otras disposiciones	31
2.4.7 Decreto Ley 2811 de 1974 Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.....	32

Capítulo 3. Diseño Metodológico.....33

3.1 Tipo de Investigación.....	33
3.2 Población y Muestra	33
3.2.1 Población.	33
3.2.2 Muestra.	34
3.3 Técnicas e Instrumentos de recolección y análisis de información	34

Capítulo 4. Resultados36

4.1 Como se transforma la energía.....	36
4.2 Materiales para la construcción de una Cerámica Piezoeléctrica	38
4.3 Calculo de la cantidad de cerámicas de medidas de 45*60 centímetros para un sendero peatonal	39
4.4 Calculo del porcentaje de desperdicio.....	41
4.5 Calculo de la cantidad de cerámicas de medidas de 30* 20 centímetros para un sendero peatonal	42
4.6 Cálculo del valor de la cerámica piezoeléctrica ofrecida por la empresa británica PAVEGEN	44
4.7 Costo del mantenimiento de la cerámica piezoeléctrica por su vida útil	46
4.8 Sistema piezoeléctrico para el tránsito de Vehículos y motocicletas.....	46
4.9 Empresa encargada de realizar los reductores de velocidad con sistemas piezoeléctrico.....	49
4.10 Precio del sistema piezoeléctrico ofrecido por la empresa Israelí	50
4.11 Calculo del precio del sistema piezoeléctrico en las tres vías principales de la UFPSO50	50
4.12 Aforo Poblacional	53
4.13 Calculo del peso Promedio de la población colombiana	54
4.14 Cálculos de los W que genera una persona con un peso promedio	56
4.15 Aforo Vehicular	57
4.16 Calculo de los W generados por los carros con un peso promedio.....	57
4.17 Calculo de los W generados por las motocicletas con un peso promedio.....	60

4.18 Identificación de los sectores con poca iluminación en la UFPSO.....	63
4.19 Representación gráfica de los tramos pocos iluminados	65
4.20 Calculo del radio de iluminación de una Lámpara	68
4.21 Buffer del radio de proyección de las lámparas ubicadas en el área común.	70
4.22 Disposición final de la energía eléctrica captada por el sistema piezoeléctrico	73
Capítulo 5. Análisis Económico.....	74
5.1 Estudio financiero	74
5.2 Calculo de la cantidad de W que consume la UFPSO por periodo.....	75
5.3 Cálculo del valor a pagar la UFPSO por los W que consumen las luminarias	76
5.4 Calculo del valor de los W que genera el sistema Piezoeléctrico.	78
5.5 Viabilidad del proyecto.....	80
5.6 Flujo de caja del proyecto	81
5.7 Calculo.....	81
5.8 Tiempo de recuperación.....	82
5.9 Calcular VAN y TIR.....	84
5.10 Calculo de la TIR.....	86
5.11 Análisis de Resultados	87
Capítulo 6. Análisis de sensibilidad	90
6.1 Análisis de resultados	92
Conclusiones.....	94
Recomendaciones.....	96
Referencias	98
Apéndices	101

Lista de tablas

Tabla 1. Población universitaria durante el primer semestre de 2017	33
Tabla 2 . Materiales para la construcción de una cerámica piezoeléctrica	38
Tabla 3. Porcentaje de desperdicio en una construcción.	41
Tabla 4. Precio de la cerámica piezoeléctrica ofrecida por la empresa Pavegen.....	46
Tabla 5 . Precio del reductor de velocidad. Ofrecido por la empresa innowattech	50
Tabla 6 . Precio total del sistema de reductores de velocidad en las tres vías de la entrada de la UFPSO	53
Tabla 7. Días laborales en la UFPSO.....	55
Tabla 8. Watts generados por las personas que circulan por la UFPSO	57
Tabla 9. Watts generados por los carros con transitan por la UFPSO	60
Tabla 10.Watts generados por las motos que transitan por la UFPSO.	62
Tabla 11.Luminarias usadas en la UFPSO en el año 2017	69
Tabla 12.Costo total del sistema piezoeléctrico.....	74
Tabla 13. Cantidad de Watt que consumen las luminarias de la UFPSO para el año 2017	76
Tabla 14.Tiempo de encendido de las lámparas en la UFPSO	77
Tabla 15. Valor que paga la UFPSO por luminarias al año.....	78
Tabla 16. Tiempo de función del sistema piezoeléctrico.....	79
Tabla 17. Valor que dejaría de pagar la UFPSO.....	80
Tabla 18. Flujo de caja.....	82
Tabla 19. Tiempo de Recuperación	83
Tabla 20. Flujo de caja.....	86
Tabla 21. Análisis de Resultados	88
Tabla 22. Costo de Inversión Inicial VAN	91
Tabla 23. Costo de Inversión Inicial TIR.....	92

Lista de figuras

Figura 1. Deformación Vertical Asociado Con El Paso De Una Rueda.....	49
Figura 2. Cantidad de personas que circulan por la entrada de la UFPSO diariamente por una semana.....	54
Figura 3. Cantidad de vehículos que transitan por la entrada de la UFPSO diariamente.	57
Figura 4. Voltaje generado por un peso.	59
Figura 5. Distancia de proyección de una lámpara.	69
Figura 6. Grados De Iluminación De Una Luminaria.....	70
Figura 7. Tiempo de Recuperación.....	84
Figura 8. VAN vs TIR	89
Figura 9 Análisis de escenarios entre VAN vs TIR	92

Lista de mapas

Mapas 1. Lugar donde sería ideal colocar los reductores de velocidad.....	48
Mapas 2 Sectores poco iluminados de la UFPSO.....	64
Mapa 3 Tramos que necesitan ser iluminados en la UFPSO.	66
Mapa 4 Radio de intensidad lumínica de los postes de energía eléctrica en la UFPSO. Fuente: Autores del Proyecto.....	71

Lista de Apéndices

Apéndice A. Cálculos	102
Apéndice B. Registro Fotográfico	105

Introducción

En la actualidad varios países al rededor del mundo han desarrollado distintos proyectos que han evaluado las distintas formas de producción de energía, como lo son las energías renovables no convencional por medio de tecnologías limpias, uno de estos casos es la implementación de sistemas con sensores piezoeléctricos en diferentes lugares, como lo es en entrada de centros comerciales o estadios como sucedió en Londres y España, con lo cual se busca mejorar la calidad ambiental y conservar los recursos renovables existentes, para así mejorar la calidad de vida de los habitantes que se ven beneficiados con estas tecnologías y así mitigar de igual manera el impacto ambiental que produce el uso actual de energía, ya que se estaría innovando y empleando nuevos sistemas tecnológicos que son capaces de transformar el caminar y en transitar por una ciudad en un beneficio, ya que este sistema de sensores piezoeléctricos transforma la energía mecánica captada en energía eléctrica para un posible uso, en este caso sería para la iluminación.

En este proyecto de investigación se ha realizado un análisis de costos para determinar la factibilidad de implementar un sistema piezoeléctrico en la entrada de la UFPSO, con el fin de darle una respuesta a la pregunta de investigación se ha realizado una búsqueda de información del sistema de sensores piezoeléctricos, sus análisis respectivos y características, como los impactos ambientales y beneficios, además de los análisis técnicos y económicos basados en la ejecución de los sistemas piezoeléctricos en experiencias internacionales.

Una vez fue analizada la información recolectada por experiencias realizadas a nivel internacional, se pudo obtener datos relevantes que permitieron determinar la zona en la cual se puede implementar este tipo de tecnología en la UFPSO, después de esta búsqueda se

realizó un aforo vehicular y peatonal para determinar el promedio de vehículos y personas que transitaban por la entrada de la universidad.

Ya seleccionado el lugar se realizó un análisis de costos del modelo actual de uso de energía y del modelo de generación de energía que puede ser aprovechado por medio de la cerámica piezoeléctrica y reductores de velocidad, donde se establecieron datos primordiales del análisis de costo-beneficio del sistema, ya que puede mejorar la calidad de vida del personal que hace parte de la UFPSO y así encaminar a la universidad a una era sostenible donde se vea reflejada la innovación y el progreso.

Capítulo 1. Estudio de factibilidad de un colector de energía piezoeléctrico como implementación de una tecnología limpia, aprovechando la circulación de personal en la entrada de la UFPSO.

1.1 Planteamiento del problema

Es preocupante analizar el atraso que tiene el país en lo referente al uso de tecnologías en infraestructuras viales y la poca conciencia ambiental existente hacia los recursos naturales comparándolo con países desarrollados, esto se debe a la ausencia de la implementación de nuevos sistemas que sean capaces de mejorar la calidad del medio ambiente. (Zapata, 2017).

En la universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña (UFPSO) se desperdicia todo el proceso de energía que es generado por una persona al caminar, debido a que no existe un mecanismo de tecnología limpia que permita la recolección y aprovechamiento de esta energía alternativa, ya que se conoce que una persona al caminar genera aproximadamente 67 vatios/día, según el peso de la persona (Ecovant, 2017) además se desaprovecha la energía que es generada por los diferentes medios de transporte que son utilizados por el personal que transita por la entrada de la UFPSO.

1.2 Formulación del Problema

¿Será factible el desarrollo de un colector de energía piezoeléctrico en la entrada de la UFPSO como implementación de una tecnología limpia?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Realizar un estudio de factibilidad de un colector de energía piezoeléctrico, como modelo de tecnología limpia, aprovechando la circulación de personal en la entrada de la UFPSO con el fin de generar energía eléctrica para alimentar sistemas de iluminación.

1.3.2 Objetivos específicos.

Seleccionar el material necesario para la fabricación física de la cerámica piezoeléctrica y su componente para que genere una cantidad de energía bajo condiciones de carga dinámica.

Establecer el presupuesto requerido para la fabricación del colector piezoeléctrico teniendo en cuenta las dimensiones de la cerámica y el área que se desea cubrir con la misma.

Efectuar el análisis entre los gastos generados por la implementación del modelo de tecnología limpia y los gastos generados por el modelo actual de uso de energía.

1.4 Justificación

El ser humano necesita de la energía para poder sobrevivir, desarrollarse en su entorno y producir ciertos bienes, en su mayoría los tipos de energía que se conocen provienen directa o indirectamente del sol, después de la revolución industrial la población mundial empezó a

hacer uso de la energía que es proveniente de los combustibles fósiles como lo son el gas natural, el carbón, el petróleo , y se empezó a utilizar en altas cantidades debido a su eficiencia en lo referente a transformación de energía, pero al utilizar estos combustibles se generan grandes problemas ambientales debido a los gases que estos emiten lo cual altera la calidad de vida humana, además a medida que los combustibles vayan escaseando estos incrementarán de precio según lo establecido en la ley de la oferta y demanda. (Gutiérrez, 2013)

Hoy en día las energías alternativas son una necesidad como también una realidad, ya que se entienden como un recurso alternativo a la generación de energía que es producida a partir de los combustibles fósiles, reduciendo así su dependencia y buscando un impacto que sea positivo en el ya avanzado cambio climático. Las energías alternativas se han venido utilizando como un aspecto del desarrollo de las sociedades actuales, específicamente en los centros urbanos en donde se busca reducir el impacto que es asociado al consumo energético a través de las redes eléctricas metropolitanas, siendo este último el indicador del grado de desarrollo de los grandes centros urbanos. (Castellanos, biblioteca.uniminuto, 2013)

Las tecnologías limpias están orientadas tanto a reducir como a evitar la contaminación, la incorporación de cambios en los procesos productivos puede generar una serie de beneficios económicos a la UFPSO como la utilización más eficiente de los recursos con la implementación de los piezoeléctricos, como Una Tecnología Limpia.

Con esta implementación en la UFPSO, se puede obtener tecnologías limpias las cuales son consideradas como ambientalmente sanas, una vez contribuyan de la mejor manera, bajo las circunstancias determinadas, lograr a restaurar el balance entre el desarrollo social, el

crecimiento económico y el uso sustentable de los recursos naturales (incluyendo la protección del ambiente). Además, las tecnologías limpias contribuyen a optimizar el uso de recursos; así, los beneficios ambientales pueden ser alcanzados en conjunto con los beneficios financieros y económicos y con los mejoramientos tecnológicos.

En el municipio de Ocaña ubicado en el departamento de norte de Santander, se quiere implementar un sistema de captación de energía por medio de piezoeléctricos, como implementación de una tecnología limpia, para contribuir con la mejora de la calidad de vida de la comunidad estudiantil de la UFPSO y disminuir los riesgos que estos puedan presentar al transitar por la misma.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación Conceptual: Con el fin de obtener mayor conocimiento, comprensión y análisis en el diseño del colector de energía piezoeléctrico, como modelo de tecnología limpia, aprovechando la circulación de personal en la entrada de la UFPSO y buscando alternativas para el mejoramiento en las instalaciones de la universidad se aplicarán los siguientes conceptos:

- Tecnología limpia
- Tecnología de recursos Piezoeléctricos,
- Recursos ambientales
- Recursos socioeconómicos.

1.5.2 Delimitación Geográfica: El proyecto se llevará a cabo, específicamente en las instalaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander en el municipio de Ocaña, del

departamento de Norte de Santander, bajo las siguientes coordenadas geográficas: Latitud $8^{\circ}14'12.53''\text{N}$ y longitud $73^{\circ}19'13.84''\text{O}$ y una altitud media de 1200 msnm. Su temperatura ambiente es de 23° . La población a de la universidad hasta el segundo semestre del 2016 era de aproximadamente 6106. (Diaz, 2017)

1.5.3 Delimitación Temporal: La realización de cada una de las actividades que se requieren llevar a cabo en el estudio de factibilidad se desarrollará en un total de seis (6) meses contando a partir de la aprobación del anteproyecto.

1.5.4 Delimitación Operativa: Se pueden presentar algunos inconvenientes durante la documentación necesaria en el desarrollo del estudio de factibilidad debido a factores externos como la lluvia, teniendo en cuenta que el proyecto se desarrollará por medio de visitas al lugar establecido.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1 Marco Histórico

2.1.1 Historia de los piezoeléctricos. El fenómeno de los piezoeléctricos se comenzó a estudiar a la mitad del siglo XVIII por Carl Linnaeus y Franz Aepinus. Antonie César Becquerel realiza una postulación basándose en estos conocimientos y hace un vínculo entre el estrés mecánico y la carga eléctrica pero estos experimentos no tuvieron una conclusión. El efecto piezoeléctrico tuvo su primera demostración en el año 1880 por los hermanos Pierre Curie y Jacques Curies quienes decidieron combinar sus conocimientos en relación a la piezoelectricidad y las estructuras cristalinas, y esto llevó a dar origen a los piezoeléctricos como una propiedad para poder predecir cómo es el comportamiento del cristal, y lograron demostrar el efecto utilizando varios tipos de cristales como: cristales de turmalina, topacio, caña de azúcar, cuarzo y sal de Rochelle, al utilizar estos materiales se llegó a la conclusión que los dos últimos exhibieron una mayor parte de piezoelectricidad. El efecto piezoeléctrico inverso lo concluyó matemáticamente Gabriel Lippmann en 1881, al hacer uso de los principios fundamentales de la termodinámica. (Barbero, 2014)

Después de la primera guerra mundial se presentó un inconveniente debido a que se presentaba dificultad para excitar transductores que eran construidos con cristales de cuarzo, debido a que estos requerían generadores de alta tensión, por lo sucedido con esto, se inició una nueva búsqueda de materiales piezoeléctricos sintéticos. Al realizar estos esfuerzos llevó a que se descubrieran y se perfeccionaran en la época de los 40 y 50, las cerámicas piezoeléctricas de titanio de Bario por la entonces URSS y Japón y de las cerámicas piezoeléctricas hechas de titanio Zirconato de Plomo por los EUA. (Pereira, 2010)

Gran Bretaña e Israel son dos de los muchos países que tienen empresas que existen sobre la exploración de la energía piezoeléctrica como opción verde de generación de energía. El proyecto británico construye las lozas piezoeléctricas con más del 80% de los materiales reciclables, además de ser resistentes a ambientes extremos donde se presenta gran cantidad de peatones, también son altamente resistentes al agua, esto hace que sea viable su uso en exteriores e interiores. Por otro lado tenemos el proyecto israelí su experiencia se basa en la generación de energía mecánica de calles, autopistas y vías ferreas por medio de generadores piezoeléctricos, además se han enfocado en ingeniar sistemas eficientes para el almacenamiento de la electricidad producida por los generadores.

El desarrollo permanente de los sensores piezoeléctricos ha llevado a un gran mercado de productos que van desde un uso cotidiano hasta los dispositivos más avanzados o especializados, en los ámbitos que se pueden implementar estos sensores se encuentran:

2.1.2 Industria automovilística. Como en el caso de sensores de bolsa de aire, sensor de flujo de aire, alarmas que se pueden oír sin dificultad, atomizador de combustible, entrar al auto sin llave, entre otros.

2.1.3 Industria de cómputo. Otra industria que se ve beneficiada de estos sensores es la industria de cómputo ya que facilita los accesos a las unidades de disco de la computadora y a la inyección de tintas en las impresoras.

2.1.4 Industria consumidora. se aplica en el caso de encendedores de cigarrillos, buscadores de profundidad, buscadores de peces, en instrumentos musicales, altavoces y teléfonos.

2.1.5 Ámbito médico. En el ámbito de la medicina se utiliza para hacer monitores desechables para pacientes, monitores cardíacos fetales y para reflejar imágenes por ultrasonido.

2.1.6 Área militar. En el área militar se utiliza para sistemas de guiado e hidrohonos. (Turner, 2015)

2.2. Marco Teórico

El método cuantitativo disponible para medir las presiones lo contribuye un sistema de Sensores que permite registrar las presiones que se produce al unirse el pie y el calzado, este sensor se distribuye en una plantilla y permite un seguimiento continuo de la interacción del pie que tiene el sujeto con el suelo sin tener en cuenta las restricciones que se puedan presentar en la movilidad del espacio que se presenta en la plataforma, además esto permite analizar las fuerzas involucradas en este proceso. (Moreno, 2011)

El modelo piezoeléctrico es reversible debido a que cuando se aplican las dos caras se genera una tensión eléctrica y se produce una deformación mecánica que es proporcional al potencial eléctrico. (Valle, 2012)

Se determinó que las baldosas piezoeléctricas debido a los materiales utilizados para su elaboración y estar catalogada como una fuente limpia de generación de electricidad es completamente factible ambientalmente, además la utilización de estas baldosas ayuda a mitigar el impacto producido por las emisiones de CO₂ que se presenta en la generación de energía tradicional. (Aguirre, 2014)

Para la creación de los piezoeléctricos se necesitan de los cristales de cuarzo, policristalino y cerámicas piezoeléctricas artificiales. Estos materiales, que se ven obligados a convertirse en piezoeléctrico mediante la aplicación de un gran campo eléctrico, producen en la salida de muy alta carga. Esta característica es ideal para su uso en sistemas de medición de bajo ruido. (PCB, 2017)

Un efecto piezoeléctrico es creado por un sensor y se pueden hacer cambios en la presión, la rapidez de estas mediciones, y la fuerza no se realizan en la forma de una carga eléctrica. Los cristales piezoeléctricos: tales como material cerámico de titanato de bario y color: como el plomo zirconato titanato son considerados materiales inteligentes cuyo fin es de generar un efecto piezoeléctrico y se construyen en la tecnología de sensor piezoeléctrico. (Kaur, 2012)

Los materiales piezoeléctricos son basados en la curva de la histéresis dieléctrica, que permite su clasificación, los materiales tipo hard muestran una curva de histéresis cerrada con un área pequeña y una de sus características es su alta potencia, los materiales tipo soft presentan una curva histéresis abierta que posee un área mayor y una de sus características principales es la alta sensibilidad. Una de las desventajas presentadas por los materiales piezoeléctricos son el deterioro de los mismo, debido a la variabilidad de las propiedades piezoeléctricas que van en función con la temperatura y el límite de excitación eléctrico y mecánico. Para el recolector de energía en los sensores piezoeléctricos es necesaria la implementación de tres etapas básicas que son el generador piezoeléctrico, el rectificador y el dispositivo en el cual se hará el almacenamiento, este puede ser un dispositivo de almacenamiento temporal tal como un capacitor, un supercapacitor o algún otro dispositivo de menor tasa de auto descarga como las baterías recargables. Aquellos cristales que no

tienen centro de simetría en su estructura son los que presentan el efecto piezoeléctrico. Esto se debe a la tensión que se le aplica al cristal, alterando la posición de los centros de carga positiva y negativa en cada célula elemental, lo que lleva a una polarización en la superficie del cristal. Se establece que la polarización es directamente proporcional a la tensión aplicada, y, dependiente de la dirección.

2.3 Marco Conceptual.

Para un mejor entendimiento de la presente investigación que consiste en el estudio de factibilidad de un piezoeléctrico como tecnología limpia se manejarán los siguientes conceptos:

2.3.1. Colectores de energía. Cuando se habla de colectores de energía, se refiere a esos sistemas encargados de la recuperación, reutilización y aprovechamiento de diferentes tipos de energía presentes en el ambiente y que usualmente se desperdician. El objetivo principal de esta tecnología es suministrar una fuente remota de energía eléctrica y/o la recarga de dispositivos como baterías y capacitores, logrando de esta manera un impacto ecológico positivo teniendo en cuenta que ayuda a reducir los residuos químicos que produce el utilizar estos dispositivos de almacenamiento tradicionales. (Orozco, 2014)

Los colectores de energía piezoeléctricos son sistemas tanto eficiente como amigable con el ambiente y el entorno donde se instale, debido a que son fuentes de energía alternativas y sostenibles, que cuenta con diversas opciones de forma e instalación. Se determina que esta tecnología genera muchos beneficios para la zona de su implementación, entre ellos la reducción del consumo de energía tradicional. (Gutiérrez n. k., 2017)

2.3.2. Cerámicas piezoeléctricas. Las cerámicas piezoeléctricas tienen la propiedad de ser muy resistentes e inmunes a la humedad y otras condiciones atmosféricas. Se llega a la conclusión que los materiales piezoeléctricos tienen dos comportamientos: como generadores y como motores, cuando la transformación es de energía mecánica a energía eléctrica se considera generador y si la transformación es de energía eléctrica a energía mecánica su comportamiento es considerado como motor. (Andradas, 2006)

2.3.3. Transductor piezoeléctrico. Un transductor piezoeléctrico transforma la energía eléctrica en vibraciones mecánicas que son demasiado rápidas, tan rápidas, de hecho, que pueden producir sonidos, pero estos son demasiado agudos para que el oído humano lo puedan percibir. Estas vibraciones de ultrasonido se pueden utilizar para escanear, limpiar, y todo tipo de otras cosas. (Woodford, 2016)

2.3.4. Tecnología Limpia. Son aquellas tecnologías creadas por el hombre y para su uso, en donde se busca mitigar el impacto ambiental en casi toda su totalidad con respecto a las fuentes de energía que ya existen. (Definista, 2017)

2.3.5. Estudio de Factibilidad. Es un instrumento que sirve para dirigir la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto y esta hace referencia a la última fase de la etapa que se denomina pre-operativo de formulación dentro del ciclo del proyecto. (GestioPolis, 2001)

2.3.6. Cuarzo. Es denominado como una mezcla entre la luz sofisticada y el oxígeno, están compuestas por principalmente por dióxido de silicio, esta es una de las sustancias más comunes e importantes del mundo. (Neobux, 2015)

2.3.7. Uso eficiente de la energía. Es el uso de la energía, de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia energética, bien sea de una manera original de energía y/o mediante cualquier actividad de producción, dentro del cuadro del desarrollo sostenible y respetando la normatividad, que se encuentra vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables. (Colombia, 2001)

2.3.8. Fuente energética. Es todo elemento físico del cual se puede obtener energía, con el objetivo de aprovecharla. Se pueden dividir en dos fuentes tales como las energéticas convencionales y no convencionales. (Colombia, 2001)

2.4 Marco Legal

2.4.1. Constitución política de Colombia de 1991

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

2.4.2 Decreto 3683 del 2003. Se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial.

Artículo 1. El objetivo del presente decreto es reglamentar el uso racional y eficiente de la energía, de tal manera que se tenga la mayor eficiencia energética para asegurar el

abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad del mercado energético colombiano, la protección al consumidor y la promoción de fuentes no convencionales de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

Artículo 4o. El Ministerio de Minas y Energía, formulará los lineamientos de las políticas y diseñará los instrumentos para el fomento y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, con prelación en las zonas no interconectadas; así como la ejecución de proyectos en Eficiencia Energética en Colombia; para lo cual realizará las gestiones necesarias para definir estrategias comunes con otras entidades de la Rama Ejecutiva que desarrollen funciones relacionadas con el tema de Uso Racional de Energía, con el objetivo de organizar y fortalecer el esquema institucional más adecuado para el cumplimiento de dicha gestión.

Artículo 5o. Comisión intersectorial. Créase la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, CIURE, con el fin de asesorar y apoyar al Ministerio de Minas y Energía en la coordinación de políticas sobre uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales en el sistema interconectado nacional y en las zonas no interconectadas.

Artículo 24. Inventario de fuentes de energías convencionales y no convencionales. La UPME hará un inventario de fuentes de energía convencionales y no convencionales que será tomado como referencia para la formulación y estructuración de planes, programas y proyectos a consideración del Comité de Administración del FAZNI (Fondo de apoyo

financiero para la energización de las zonas no interconectadas), en todo caso priorizando aquellos que utilicen fuentes no convencionales de energía.

2.4.3 Ley 697 de 2001 Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.

Artículo 1. Declárase el Uso Racional y Eficiente de la Energía (**URE**) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.

Artículo 2. El Estado debe establecer las normas e infraestructura necesarias para el cabal cumplimiento de la presente ley, creando la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de proyectos concretos, URE, a corto, mediano y largo plazo, económica y a URE y el conocimiento y utilización de formas alternativas de energía.

Artículo 5°. Creación de PROURE. Créase el Programa de Uso Racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales "PROURE", que diseñará el Ministerio de Minas y Energía, cuyo objeto es aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética, esté cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética y sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

Artículo 9°. Promoción del uso de fuentes no convencionales de energía. El Ministerio de Minas y Energía formulará los lineamientos de las políticas, estrategias e instrumentos para el fomento y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, con prelación en las zonas no interconectadas.

2.4.4 Ley 115 de febrero 8 de 1994. Ley General de Educación.

Artículo 5o. Fines de la educación. De conformidad con el artículo 67 de la Constitución Política, la educación se desarrollará atendiendo a los siguientes fines:

La adquisición de una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente, de la calidad de la vida, del uso racional de los recursos naturales, de la prevención de desastres, dentro de una cultura ecológica y del riesgo y la defensa del patrimonio cultural de la Nación.

2.4.5 Ley 1715 de 2014. Regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.

Artículo 1. La presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.

Artículo 11. Incentivos a la generación de energías no convencionales. Como fomento a la investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción y utilización de energía a partir de FNCE (Fuentes No Convencionales De Energía), la gestión eficiente de la energía, los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada. El valor a deducir por este concepto, en ningún caso podrá ser superior al 50% de la renta líquida de la contribuyente determinada antes de restar el valor de la inversión. Para los efectos de la obtención del presente beneficio tributario, la inversión causante del mismo deberá obtener la certificación de beneficio ambiental por el Ministerio de Ambiente y ser debidamente certificada como tal por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, en concordancia con lo establecido en el artículo 158-2 del Estatuto Tributario.

Artículo 12. Instrumentos para la promoción de las FNCE. Incentivo tributario IVA. Para fomentar el uso de la energía procedente de FNCE, los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la pre- inversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos estarán excluidos de IVA. Para tal efecto, el Ministerio de Medio Ambiente certificará los equipos y servicios excluidos del gravamen, con base en una lista expedida por la UPME (Unidad de planeación Minero Energética).

2.4.6 Resolución 1297 del 2010 Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o Acumuladores y se adoptan otras disposiciones

Artículo 1. La presente resolución tiene por objeto establecer a cargo de los productores de pilas y/o acumuladores que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o Acumuladores, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente.

2.4.7 Decreto Ley 2811 de 1974 Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

Artículo 38 por razón del volumen o de la cantidad de los residuos o desechos, se podrá imponer a quien los producen la obligación de recolectarlos, tratarlos o disponer de ellos, señalándole los medios para cada caso

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

De acuerdo al problema planteado y al objetivo de este proyecto se llevará a cabo el diseño metodológico por método experimental.

Se entiende por diseño experimental, a un proceso de planteamiento de un experimento, tal que se tomen datos apropiados con una realidad posible bastante alta, las cuales se deben analizar por medio de métodos estadísticos que arrojen conclusiones válidas y objetivas. Se podría decir que la filosofía del diseño experimental es obtener información de alta fidelidad. (Rivera, 2002)

La hipótesis se deriva del análisis del problema y toman en cuenta la teoría que fue propuesta para el desarrollo del proyecto de grado. En cierta medida, una hipótesis es una respuesta provisional a las interrogantes formuladas en el capítulo del planteamiento del problema. (Normas APA, 2017)

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población. Población universitaria para el primer semestre del 2017
(Chinchilla, 2017)

Tabla 1. *Población universitaria durante el primer semestre de 2017*

Administrativos

361

Docentes tiempo completo	32
Docentes medio tiempo	1
Docentes ocasionales medio tiempo	77
Docentes catedráticos	283
Total, estudiantes	6.472
Total, personal	7.226

Fuente: Autores del Proyecto

3.2.2 Muestra.

$$n = \frac{N * (Z_a)^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + (Z_a)^2 * p * q}$$

Donde,

$n =$ Muestra

$N =$ Tamaño de la población

$Z_a =$ Nivel de confianza

$p =$ Probabilidad de éxito o proporción esperada

$q =$ Probabilidad de fracaso

$d =$ Precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

$$n = \frac{7226 * (1.96)^2 * 0.05 * 0.95}{(0.03)^2 * (7226 - 1) + (1.96)^2 * 0.05 * 0.95} \quad n = 197$$

3.3 Técnicas e Instrumentos de recolección y análisis de información

Para la recolección de información se realizarán:

- Aforos peatonales y vehiculares en la entrada de la UFPSO.
- Entrevistas y cuestionarios a personal de apoyo (docentes, directivos e ingenieros ambientales) para que se lleve a cabo de manera exitosa el desarrollo de la tesis.
- Hipótesis:

La cerámica piezoeléctrica que será colocada en la entrada de la UFPSO podrá generar un voltaje capaz de iluminar el respectivo sector

La implementación de la cerámica piezoeléctrica será factible tanto económica como ambiental para el aprovechamiento de energía limpia en la UFPSO.

Capítulo 4. Resultados

Objetivo 1: Seleccionar el material necesario para la fabricación física de la cerámica piezoeléctrica y su componente para que genere una cantidad de energía bajo condiciones de carga dinámica

4.1 Como se transforma la energía

Cuando una persona o vehículo realiza su recorrido sus pies o ruedas están generando presión manera vertical sobre la superficie del pavimento, esta presión es conducida a un generador que es capaz de producir electricidad. (ZAPATA, 2017)

Para la generación de dicha electricidad se debe aprovechar la energía mecánica de las personas y vehículos que transitan por la entrada de la UFPSO.

Es indispensable saber que la energía mecánica es la sumatoria entre la energía potencial y la energía cinética como se evidencia en la ecuación número (1): (Universidad de la Punta , 2017)

$$Emec = Ep + Ec$$

Dónde:

Emec = Energía mecánica.

Ep = Energía potencial.

Ec = Energía cinética.

La energía cinética es la energía asociada a los cuerpos que se encuentran en movimiento, que dependen de la masa y de la velocidad del cuerpo, cuando un cuerpo se encuentre en reposo el valor de esta será equivalente a cero. (fisicalab, 2017)

La energía cinética se compone por la siguiente ecuación: (2)

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Dónde:

E_c = Energía cinética

m = Masa corporal

v² = Velocidad del cuerpo.

Por último, tenemos La Energía potencial que es la energía que tiene un cuerpo situado a una determinada altura sobre el suelo. (newton.cnice, 2017)

Se expresa mediante la ecuación (3):

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Dónde:

E_p = Energía potencial

m = Masa

g = Aceleración la gravedad (9,81 m / s²)

h = Altura

4.2 Materiales para la construcción de una Cerámica Piezoeléctrica

Existen diferentes tipos de referencias de los materiales para la construcción de una cerámica piezoeléctrica, en este caso para una cerámica de medidas 30*30 cm

Materiales para la construcción de una cerámica piezoeléctrica (**Ver Tabla 2**)

Tabla 2 . *Materiales para la construcción de una cerámica piezoeléctrica*

Material	Cantidad
Piezoeléctricos de 27mm Timbre O	52
Zumbador	
Pila batería recargable 9V	1
Transistor NPN TIP 41C	4
Capacitor 1000 μ F	4
Resistencia R=1 k Ω . A ½ watt R=100 Ω . A ½ watt	4
Triple	1
Caja	1
Cinta Adhesiva	1
Cable Eléctrico de 3m Silicona	1
Flexible 1,6mm N° 22 Rojo	
Rollo soldadura 0,3mm Estaño plomo	1
hilo 63/37 30g	
Silicona Liquida	5

Placa fenólica	4
Bornera	4
Alambre para soldar cautín	1
Tira Led	1

Fuente: Autores del Proyecto

Las anteriores medidas y cálculos se pueden usar si se desea construir las cerámicas sin hacer contrato con una empresa experta.

Objetivo 2: Establecer el presupuesto requerido para la fabricación del colector piezoeléctrico teniendo en cuenta las dimensiones de la cerámica y el área que se desea cubrir con la misma.

4.3 Calculo de la cantidad de cerámicas de medidas de 45*60 centímetros para un sendero peatonal

La entrada de la UFPSO cuenta con dos senderos peatonales debido a esto se tuvo en cuenta dos tipos de medidas de cerámicas que se ajustaron según sus condiciones y medidas al proyecto.

La cerámica **NÚMERO 1** cuenta con unas medidas de 45*60 centímetros, esta medida de cerámica fue usada en Londres Inglaterra con el fin de obtener energía de los 40 millones de peatones que circulaban por el exterior del Westfield Stratford City, cercano al estadio Olímpico de Londres, ya que se generarían cientos de kilovatios por hora de electricidad que

permitiría encender la mitad de la iluminación exterior del centro comercial. Estas cerámicas eran de color verde para llamar más la atención y así poder decorar un poco más el lugar (nationalgeographic, 2012).

La entrada de la UFPSO constará de dos pasos peatonales, por cada uno de ellos se tomará un área de 2 metros de ancho por 1 metro de largo, donde se podrá colocar la cerámica piezoeléctrica, esto da como resultado un área de 2 m²:

Área de un rectángulo: base* altura (aaamaticas, 2006)

$$A: b*a$$

Entonces:

$$A: 2m*1m = 2 m^2$$

$$A= 2m^2$$

Para calcular cuantas cerámicas se deben usar para el área de 2m², se dividió el área que se desea cubrir con la cerámica entre el área de la cerámica.

Entonces:

$$C = \frac{A}{a}$$

Dónde:

C: cantidad de ceramicas

A: area que se desea cubrir

a: area o dimensiones de la ceramica

$$C = \frac{2m^2}{0,45m * 0,60m} = 7,40 \text{ cerámicas}$$

4.4 Calculo del porcentaje de desperdicio

Según la NORMA Y COSTOS DE CONSTRUCCION (PLAZOLA) se debe tener en cuenta un porcentaje de desperdicio en el momento de colocar la cerámica en el área que se desea cubrir. (Ver tabla 3)

Tabla 3. Porcentaje de desperdicio en una construcción.

CONCEPTO	% DE DESPERDICIO
CEMENTO	5
ARENA	30
GRAVA	15
AGUA	30
CONCRETO PARA FUNDACIONES	5
CONCRETO PARA COLUMNAS Y MUROS	4
CONCRETO PARA LOSAS	3
CONCRETO PARA VIGAS INTERMEDIAS	5
MORTERO PARA JUNTAS	30
MORTERO PARA ACABADOS	7
MORTERO PARA PISOS	10
LECHADA CEMENTO BLANCO	15
ESTRIBOS	2
VARILLAS CORRUGADAS	3
ALAMBRE DE AMARRE # 18	10
CLAVOS	30
BLOQUES	7
LADRILLO CUARTERON	10
LAMINAS LISAS PLYCEM	10
GYPSUM	5
PANEL W	3
PREFABRICADOS	2
LADRILLOS	5
CERAMICA	5
AZULEJO	5
FORMALETAS	20
ANDAMIOS	5
LAMINAS ONDULADAS PLYCEM	5
LAMINAS DE ZINC	2
TUBOS DE ACERO	2
TORNILLOS	5

⇒ FUENTE DE INFORMACION: NORMAS Y COSTOS DE CONSTRUCCION (PLAZOLA)
COSTO Y TIEMPO EN EDIFICACION

Si es tomado en cuenta el porcentaje de desperdicio para las cerámicas propuesto por PLAZOLA entonces se tendría que:

$$C = (ca)(d)$$

Dónde:

C: Cantidad de cerámicas

Ca: Cantidad anterior

D: Desperdicio

7,40 será aproximado a su valor superior o su valor inferior, en este caso se aproxima a 8.

$$C = (ca)(d)$$

$$C = 8 * 1.05$$

C = 8,4 lo que es aproximado a su valor superior.

$$C = 9$$

Se necesitan 9 cerámicas piezoeléctricas con unas medidas de 45* 60 cm para cubrir un área de 2m², que es el área que se desea cubrir de uno de los senderos peatonales en la entrada de la UFPSO, por ende, si se desea cubrir los dos pasos peatonales con la misma área que es lo ideal, se necesitan 18 cerámicas piezoeléctricas con unas medidas anteriormente mencionadas.

4.5 Calculo de la cantidad de cerámicas de medidas de 30* 20 centímetros para un sendero peatonal

Las medidas de la cerámica **NÚMERO 2**, fueron tomadas como referencia de un proyecto de grado realizado por el estudiante Javier Ibáñez de la Universidad Politécnica de Catalunya. (Garcia, 2012), las medidas de esta cerámica son 30* 20 cm, para realizar los cálculos correspondientes, se usó la fórmula de la cerámica **NUMERO 1** teniendo en cuenta que se desea cubrir la misma área de 2m².

Entonces

$$C = \frac{A}{a}$$

Dónde:

C: cantidad de ceramicas

A: area que se desea cubrir

a: area o dimensiones de la ceramica

$$C = \frac{2m^2}{0,30m * 0,20m} = 33,33 \text{ cerámicas}$$

Se toma en cuenta el porcentaje de desperdicio planteado por PLAZOLA

Entonces:

$$C = (ca)(d)$$

Dónde:

C: Cantidad de cerámicas

Ca: Cantidad anterior

D: Desperdicio

33,33 será aproximado a su valor superior o su valor inferior, en este caso se aproxima a

34.

$$C = (ca)(d)$$

$$C = 34 * 1.05$$

$C = 35,7$ lo que será aproximado a su valor superior.

$$C = 36$$

Se necesitan 36 cerámicas piezoeléctricas con unas medidas de 30* 20 cm para cubrir un área de 2m², que es el área que se desea cubrir de uno de los senderos peatonales en la entrada de la UFPSO, por ende, si se desea cubrir los dos pasos peatonales con la misma área que es lo ideal, se necesitan 72 cerámicas piezoeléctricas con unas medidas anteriormente mencionadas.

4.6 Cálculo del valor de la cerámica piezoeléctrica ofrecida por la empresa británica PAVEGEN

Para el análisis económico de la implementación de la cerámica piezoeléctrica en la UFPSO, se tendrá en cuenta el valor comercial de cada cerámica dado por la empresa británica PAVEGEN (Aguirre, 2015).

PAVEGEN, es una empresa fundada en 2009, es el líder mundial en la recolección de energía y datos de pasos. La visión de la empresa es crear entornos construidos más inteligentes y sostenibles que empoderen y conecten a todas las personas. Desde el cambio climático hasta las ciudades en rápida expansión, enfrentan desafíos ambientales y sociales de

gran complejidad. La tecnología de esta empresa permite a las personas involucrarse directamente con la energía limpia y aumentar su comprensión de los problemas de sostenibilidad (pavegen, 2018)

Estas cerámicas piezoeléctricas han llamado la atención del público mundial debido a su gran contribución con el medio ambiente y además que los materiales con que están hechas son materiales reciclables como, por ejemplo, el aluminio. (pavegen, 2018)

Cada cerámica de la empresa PAVEGEN tiene un valor comercial de 3850 (USD), sin contar los gastos de envío, instalación e impuestos, pero por ser un proyecto de energías alternativas estos gastos pueden ser omitidos (Aguirre, 2015).

Para el día 7 de abril del 2018 El precio del dólar americano es de 2791,88 \$ COP.

El valor comercial de una baldosa piezoeléctrica de la empresa PAVEGEN con medidas de 0.5* 0.5 m (0.25 m²) es:

$$3850 * 2791,88 = 10\,748,738 \text{ \$ COP}$$

La empresa PAVEGEN maneja unas medidas estándares de órdenes mínimas de 2*4 m (8 m²) teniendo como referencia las medidas anteriores si se desea cubrir un área de 2m² con la cerámica piezoeléctrica vendida por la empresa

Entonces:

$$c = \frac{A}{a}$$

$$c = \frac{2m^2}{0.25m^2} = 8$$

Dónde:

C: cantidad de ceramicas

A: area que se desea cubrir

a: area o dimensiones de la ceramica

Para cubrir un área de 4m² se necesitan 16 cerámicas piezoeléctricas que cubrirían las dos entradas de la UFPSO

La relación de los precios y la cerámica se muestra a continuación (**Ver tabla 3**)

Tabla 4. Precio de la cerámica piezoeléctrica ofrecida por la empresa Pavegen

Área en m ²	Cantidad de cerámicas	Precio USD	Precio COP	Total, COP
4	16	3850	10.748.738	171.979.808

Fuente: autores del proyecto. COP: código ISO. Signo representativo del peso colombiano.

USD: código ISO 4217. Dólar estadounidense.

4.7 Costo del mantenimiento de la cerámica piezoeléctrica por su vida útil

Para la instalación y mantenimiento de la cerámica piezoeléctrica por la vida útil de la misma tiene un costo de 1000 USD, para este caso se necesitarán 16 cerámicas entonces el costo del mantenimiento será de 16.000 USD, cuya vida útil es de 9 años. (Aguirre, 2015)

4.8 Sistema piezoeléctrico para el tránsito de Vehículos y motocicletas

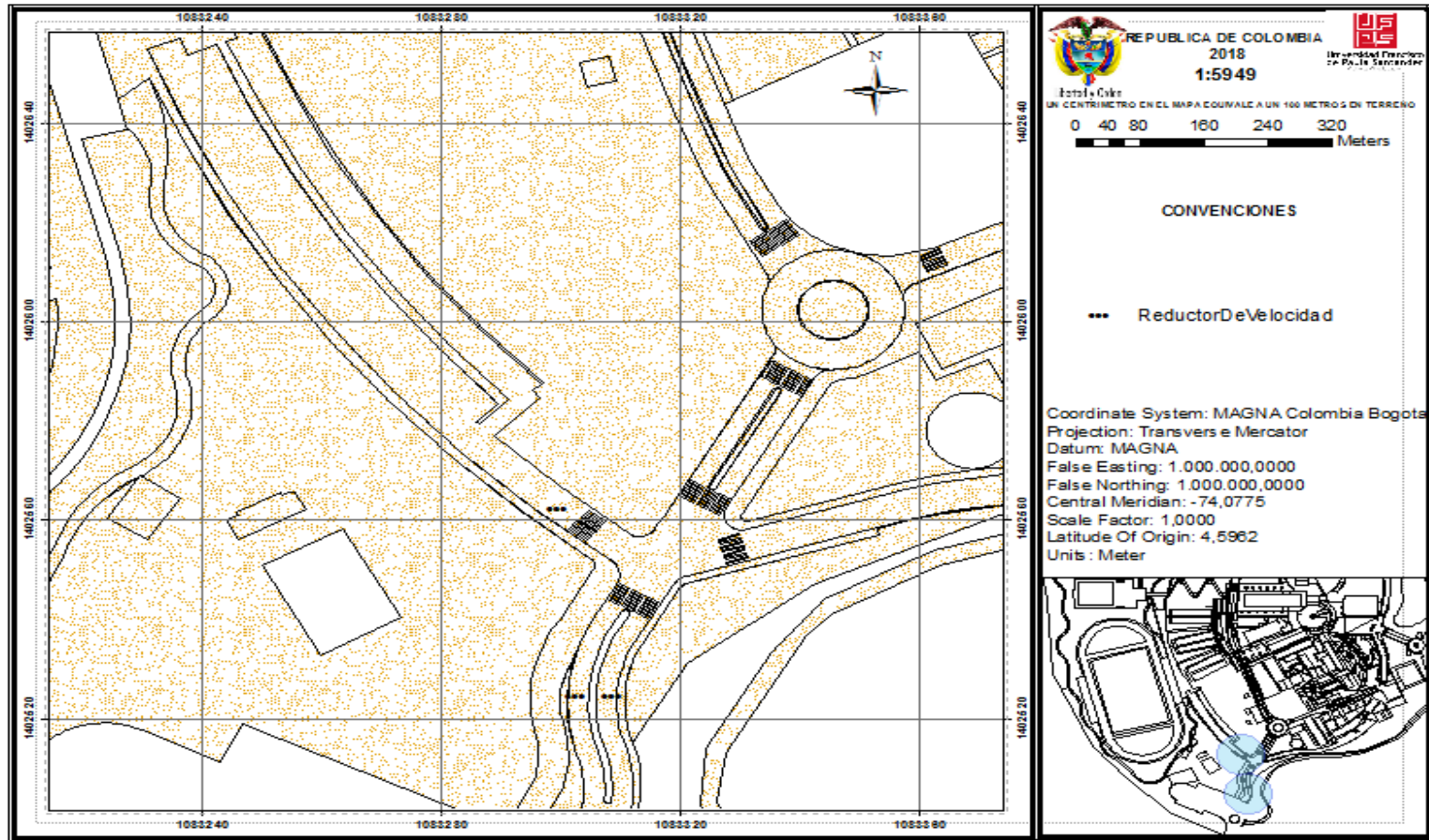
Para la parte de transito de automóviles y motocicletas, se tiene una entrada con un ancho aproximado de 8 metros, para esta parte de la entrada se optó por poner reductores de

velocidad con sensores piezoeléctricos en lugar de la cerámica piezoeléctrica, debido a que si coloca la cerámica piezoeléctrica en la parte donde transitan los carros y motocicletas estas pueden quebrarse fácilmente.

Al momento de la realización del aforo vehicular se observó que el tránsito de vehículos y motocicletas es constante, y por ende sería ideal hacer uso de los reductores de velocidad en estos sectores.

Se señalaron los siguientes lugares (**ver mapa 1.**)

LUGAR DONDE SERIA IDEAL COLOCAR LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD



Mapas 1. Lugar donde sería ideal colocar los reductores de velocidad.

Fuente: Autores del proyecto

La energía utilizada para el movimiento de las ruedas de un vehículo o motocicleta de manera horizontal es proveniente de la combustión y se pierde en la deformación que le causa la rueda el pavimento (Zapata, 2017).

Esto se observa en la ilustración 1 (**Ver figura 1**)

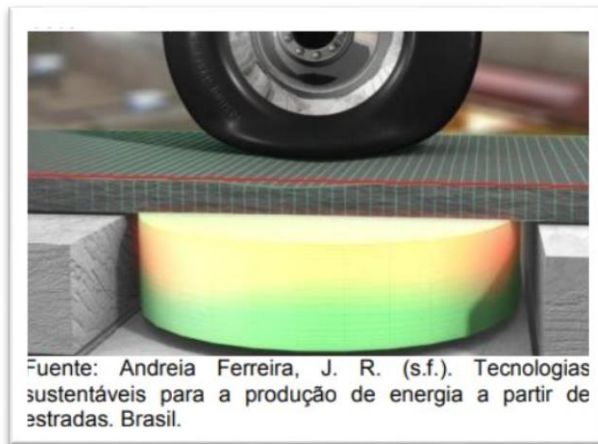


Figura 1. Deformación Vertical Asociado Con El Paso De Una Rueda

4.9 Empresa encargada de realizar los reductores de velocidad con sistemas piezoeléctrico

La empresa Israelí **INNOWATTECH** es una empresa que al igual que Pavegen trabajan en pro del medio ambiente, pero en este caso, esta empresa se encarga de realizar la captación de energía que generan vehículos y motocicletas o energía verde como ellos mismos la llaman (innowattech, 2010).

La tecnología implementada por Innowattech se instala debajo de la superficie del pavimento, que consiste en unas pastas de plástico con almohadillas de producción de energía, todos estos elementos son instalados en los guardarruedas del carril donde se desea

realizar dicha implementación. La vida útil de este sistema con reductores de velocidad es de 30 años (Zapata, 2017).

4.10 Precio del sistema piezoeléctrico ofrecido por la empresa Israelí

La empresa Israelí da el siguiente precio (ver tabla 5)

Tabla 5 . Precio del reductor de velocidad. Ofrecido por la empresa innowattech

Distancia	Precio USD	Precio COP
1 KM	650.250	1.761.527,25

Fuente: (Zapata, 2017) COP: código ISO. Signo representativo del peso colombiano. USD: código ISO 4217. Dólar estadounidense.

El valor anterior cubre la implementación del sistema en cuanto a los sistemas de recolección, almacenamiento y distribución (ZAPATA, 2017).

4.11 Calculo del precio del sistema piezoeléctrico en las tres vías principales de la UFPSO

Para el caso de la UFPSO se cuenta con una entrada principal y esta se divide en tres vías internas, se desea saber cuál es el área a cubrir con el sistema de reductores de velocidad vendidos por la empresa Israelí Innowattech.

Vía 1: esta vía va en sentido NORTE-SUR y es por donde transitan los carros y motocicletas cuando ingresan a la UFPSO, tiene un ancho de 3,65 m y un largo de 70 m.

Se tiene una distancia de 3,65 m donde se desea colocar el primer sistema de reductores de velocidad provisto por la empresa israelí.

Entonces

- 3,65m
- 1000 m es 1 km

$$3,65 = \left(\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \right) = 0.00365 \text{ km}$$

Según la tabla 10:

1 km \longrightarrow 650,250 USD

0.00365 \longrightarrow X

X: 2373, 4125 USD

Para el día 14 de abril de 2018 el precio del dólar está en un valor comercial de 2709 entonces

$$(2373,4125 \text{ USD}) * (2709 \text{ COP}): 6429574.463 \text{ COP}$$

6429574.463 COP Sería el valor por poner un sistema de reductores de velocidad con sensores piezoeléctricos vendidos por la empresa israelí para la vía 1.

Vía 2: esta vía va en sentido SUR- NORTE es por donde transitan los carros y motocicletas cuando egresan de la UFPSO, tiene un ancho de 3,60 m y un largo de 70 m.

3,60m

1000 m es 1 km

$$3,60 = \left(\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \right) = 0.00360 \text{ km}$$

Según la tabla 10:

1 km \longrightarrow 650,250 USD

0.00360 \longrightarrow X

X: 2340,9 USD

Para el día 14 de abril de 2018 el precio del dólar está en un valor comercial de 2709 entonces:

(2340,9 USD) *(2709 COP): 6'341,498.1 COP

6'341,498.1 COP Sería el valor por poner un sistema de reductores de velocidad con sensores piezoeléctricos vendidos por la empresa israelí para la via2.

Vía 3: esta vía va en sentido OESTE-ESTE esta vía tiene doble sentido, o sea se puede ingresar y egresar a la UFPSO, tiene un ancho de 5,45 m y un largo de 120 m.

Entonces

5,45m

1000 m es 1 km

$$5,45 = \left(\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \right) = 0.00545 \text{ km}$$

Según la tabla 10 (**Ver tabla 5**)

1 km \longrightarrow 650,250 USD

0.00545 \longrightarrow X

X: 3543, 8625 USD

Para el día 14 de abril de 2018 el precio del dólar está en un valor comercial de 2709 entonces

(3543,8625 USD) *(2709 COP): 9'600323,513 COP

9'600323,513 COP Sería el valor por poner un sistema e reductores de velocidad con sensores piezoeléctricos vendidos por la empresa israelí para la via3

El precio total para la instalación del sistema de reductores de velocidad vendidos por la empresa israelí se relaciona a continuación (Ver Tabla 6)

Tabla 6 . Precio total del sistema de reductores de velocidad en las tres vías de la entrada de la UFPSO

Vía	Precio COP
Vía 1	6.429.574,46
Vía 2	6.341.498,10
Vía 3	9.600.323,51
Total	22.371.396,08

Fuente: autores del proyecto COP: código ISO. Signo representativo del peso colombiano.

Objetivo 3. Efectuar el análisis entre los gastos generados por la implementación del modelo de tecnología limpia y los gastos generados por el modelo actual de uso de energía.

4.12 Aforo Poblacional

Se realizó un aforo en la entrada de la UFPSO, por parte de los estudiantes que realizan el proyecto, con una durabilidad de una semana desde las 06:00 AM hasta las 08:00 PM, cuya finalidad es saber qué cantidad de estudiantes circulan por la entrada de la universidad en el transcurso del día, y la cantidad de vehículos y motocicletas que transitan por la misma, para así poder realizar los cálculos correspondientes y determinar cuál es la energía que se está

desperdiciando y que ahora se puede aprovechar mediante el sistema piezoeléctrico si esta llegase a colocarse en funcionamiento.

Los resultados del aforo poblacional son mostrados a continuación. (**Ver Figura 2**)

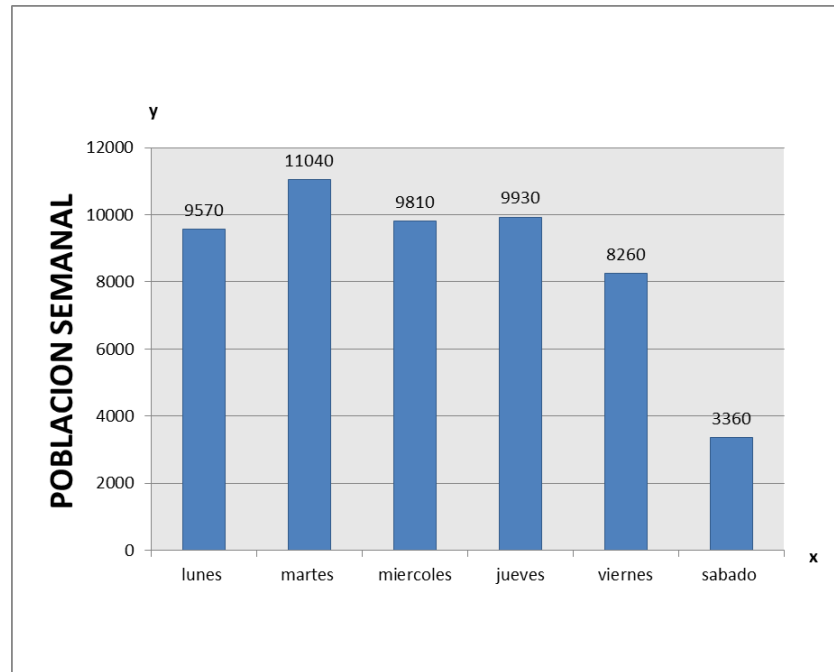


Figura 2. Cantidad de personas que circulan por la entrada de la UFPSO diariamente por una semana.
Fuente: autores del proyecto

4.13 Calculo del peso Promedio de la población colombiana

El rango de la estatura promedio del hombre colombiano es 1,59 hasta 1,81, donde el más común es de 1,72 que es el promedio, la altura de la mujer colombiana promedio es de 1,60 donde el mínimo es 1,48.5 y el máximo 1,71 (RCN, 2013).

Se sabe que el peso es un factor determinante para la deformación de los materiales piezoeléctricos que son los que convierten la energía mecánica de una persona al caminar en energía eléctrica (Gonzalez, 2009).

Según la clínica del country para la altura masculina promedio de 1,72 el peso adecuado debe ser de 74 kg y para una altura promedio femenina de 1,60 es de 60 kg (Laclinicadelcountry, 2006).

Debido a que no se realizó un conteo por género se estableció un peso promedio de 67 Kg teniendo en cuenta el peso ideal tanto de hombres como de mujeres:

$$\frac{74\text{kg} + 60\text{kg}}{2} = 67 \text{ kg}$$

Según Javier Ibáñez estudiante de la Universidad Politécnica de Catalunya en España una persona de 68 kg puede generar una energía de 67 W con una frecuencia de 2 pasos (Garcia, 2012)

Con esta teoría se realizó los siguientes cálculos

Tenemos, si una persona de 68 kg genera 67 W, entonces ¿una persona de peso promedio de 67 Kg, cuantos W genera?

$$68 \text{ kg} \longrightarrow 67 \text{ W}$$

$$67 \text{ kg} \longrightarrow X$$

$$X = \frac{67 \text{ Kg} * 67 \text{ W}}{68 \text{ kg}} = 66,01 \text{ W}$$

En la UFPSO transitan aproximadamente 51.970 personas por semana.

Se da por entendido que los días laborales en la UFPSO se dividen de la siguiente manera. (Ver tabla 7).

Tabla 7. *Días laborales en la UFPSO*

Tiempo	Tiempo equivalente
1 semana	6 días laborales
1 mes	4 semanas
1 semestre	4 meses
1 año académico	8 meses

Fuente: Autores del Proyecto

4.14 Cálculos de los W que genera una persona con un peso promedio

Si una persona genera 66,01 W por cada dos pasos entonces:

$$(66,01 W) * (51.970) = 3' 430.539,7 W * \text{Semana}$$

Al mes transitan 207,880 personas

$$(51.970 \text{ personas}) * (4 \text{ Semanas}) = 207,880 \text{ personas}$$

Calculo de W que genera una persona al mes:

$$(66,01 W) * (207,880) = 13'722.158,8 W * \text{Mes}$$

Por semestre transitan 831,520 personas

$$(207,880) * (4 \text{ meses}) = 831,520 \text{ personas}$$

Calculo de W que genera una persona por semestre:

$$(66,01 W) * (831,520) = 54'888.635,2 W * \text{Semestre}$$

Por el año académico transitan 1' 663.040 personas

$$(831,520) * (2) = 1' 663.040 \text{ personas}$$

Calculo de W que genera una persona al año académico:

$$(66,01 W) * (1' 663.040) = \mathbf{109'777.270,4 W * \text{Año académico.}}$$

Tabla 8. *Watts generados por las personas que circulan por la UFPSO*

Tiempo	# personas	Watt
1 semana	51.970	3.340.539,70
1 mes	207.880	13.722.158,80
1 semestre	813.520	54.888.635,20
1 año	1.663.040	109.777.270,40

Fuente: Autores del Proyecto

4.15 Aforo Vehicular

Del mismo modo se realizó un aforo vehicular para conocer cuántos carros y motocicletas transitaban por entrada de la UFPSO diariamente por una semana.

Los resultados del aforo vehicular son mostrados a continuación. (**Ver Figura 3**)

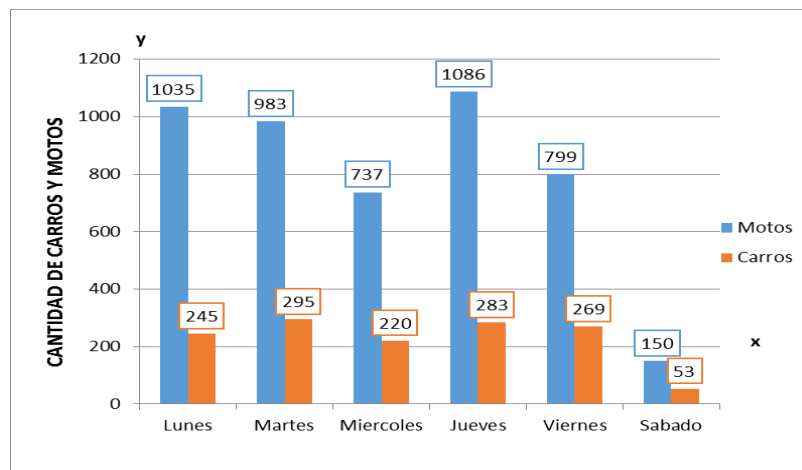


Figura 3. Cantidad de vehículos que transitan por la entrada de la UFPSO diariamente.

4.16 Calculo de los W generados por los carros con un peso promedio

El peso promedio de los automóviles que transitan por la UFPSO oscila entre los 500Kg y 750 kg vehículos de un eje (Dávalos, 2014)

$$\frac{500Kg + 750 Kg}{2} = 625 kg$$

Las motos más usadas para ingresar a la UFPSO tienen un peso de:

124 Kg (BWS)

107 Kg (GN)

97 Kg (CRYPTON)

Entonces:

$$\frac{124 Kg + 107Kg + 97Kg}{3} = 109 Kg$$

El peso promedio de las motocicletas que transitan por la UFPSO es de 109 kg (Incolmotos-Yamaha, 2017)

Para la realización de los cálculos de la energía que puede generar un carro o motocicleta se basó en la siguiente tabla (Ver figura 4)

FUERZA Kgf	TIEMPO 0,5 SEG.	
	VOLTAJE V	CORRIENTE mA
1	0,6048	24,192
10	5,67	226,8
20	13,4568	538,272
30	19,4292	777,168
40	24,3432	973,728
50	31,1472	1245,888
60	36,4392	1457,568
70	42,9408	1717,632
80	49,2912	1971,648
90	56,8512	2274,048
100	68,1912	2727,648

Figura 4. Voltaje generado por un peso. Adaptado de (Castellanos, biblioteca.uniminuto, 2013)

Si un vehículo de 100 kg genera 68, 1912 W cada 0,5 segundos ¿Cuantos W genera un vehículo de 625 Kg?

$$100 \text{ kg} \longrightarrow 68,1912 \text{ W}$$

$$625 \text{ kg} \longrightarrow X$$

$$\frac{625 \text{ Kg} * 68,1912 \text{ W}}{100 \text{ Kg}} = 426,2 \text{ W}$$

Entonces si por semana transitan 1365 carros entonces:

$$(1365) * (426,2 \text{ W}) = 581,763 \text{ W} * \text{Semana}$$

Al mes transitan 5460 vehículos

$$(1365) * (4 \text{ semanas}) = 5460 \text{ Vehículos} * \text{mes}$$

Watt que genera los vehículos por mes:

$$(5460) * (426,2W) = 2'327.052 W * Mes$$

Por semestre transitan 21,840 vehículos* semestre

$$(5460) * (4 meses) = 21,840 vehículos$$

Watt que genera los vehículos por semestre:

$$(21840) * (426,2W) = 9'308.208 W * semestre$$

Al año transitan 43,680 vehículos

$$(21,840) * (2semestres) = 43,680 vehículos$$

Watt que genera los vehículos por año académico:

$$(43,680) * (426,2W) = 18'616,416 W * Año académico$$

Tabla 9. *Watts generados por los carros con transitan por la UFPSO*

Tiempo	# Carros	Watt
1 Semana	1.365	581.763
1 Mes	5.460	2.327.052
1 Semestre	21.840	9.308.208
1 año	43.680	18.616.416

Fuente: Autores del proyecto

4.17 Calculo de los W generados por las motocicletas con un peso promedio

Si una motocicleta de 100 kg genera 68, 1912 W cada 0,5 segundos ¿Cuántos W genera una motocicleta de 109 Kg?

100 kg \longrightarrow 68,1912 W

625 kg \longrightarrow X

$$\frac{625Kg * 68,1912W}{100 Kg} = 74,33 W$$

Por semana transitan 4790 motocicletas entonces:

Watt que se genera por el tránsito de motocicletas por semana:

$$(4790) *(74,33W) = 356,040.7 W*Semana$$

Al mes transitan 19,160 motocicletas

$$(4790) *(4semanas) = 19,160 motocicletas*mes$$

Watt que se genera por el tránsito de motocicletas por mes:

$$(19,160) *(74,33) = 1'424,162.8 W*Mes$$

Por semestre transitan 76,640 motocicletas

$$(19,160) *(4 meses) = 76,640 motocicletas$$

Watt que se genera por el tránsito de motocicletas por semestre:

$$(76,640) *(74,33W) = 5'696,651.2 W* semestre$$

Al año transitan 153,280 motocicletas

$$(153,280) *(2semestres) = 153,280 motocicletas$$

Watt que se genera por el tránsito de motocicletas por año académico:

$$(153,280) \cdot (74,33W) = 11'393,302.4 W^* \text{ Año académico}$$

La sumatoria de los Watt que genera el tránsito de motocicletas y vehículos al ingresar y egresar de la UFPSO

$$18'616,416 W + 11'393,302.4 W = 30'009,718.4 W^* \text{ Año Académico}$$

La sumatoria de los Watt que genera el tránsito de motocicletas, vehículos y personas al ingresar y egresar de la UFPSO

$$30'009,718.4 W^* \text{ Año Académico} + 109'777.270,4 W^* \text{ Año académico} = 139'786,958.8 W^* \text{ Año académico.}$$

Tabla 10. *Watts generados por las motos que transitan por la UFPSO.*

Tiempo	# Motos	Watt
1 Semana	4.790	356.040,7
1 Mes	19.160	1.424.162,8
1 Semestre	76. 640	5. 696. 651,2
1 año	153.280	11.393.302,4

Fuente: Autores del proyecto

La misma cantidad de personas y medios de transporte que ingresan a la UFPSO deben egresar por el mismo lugar que donde entraron, entonces el valor total de Watt que se obtuvo se multiplica por 2. (Aguirre, 2015)

Entonces:

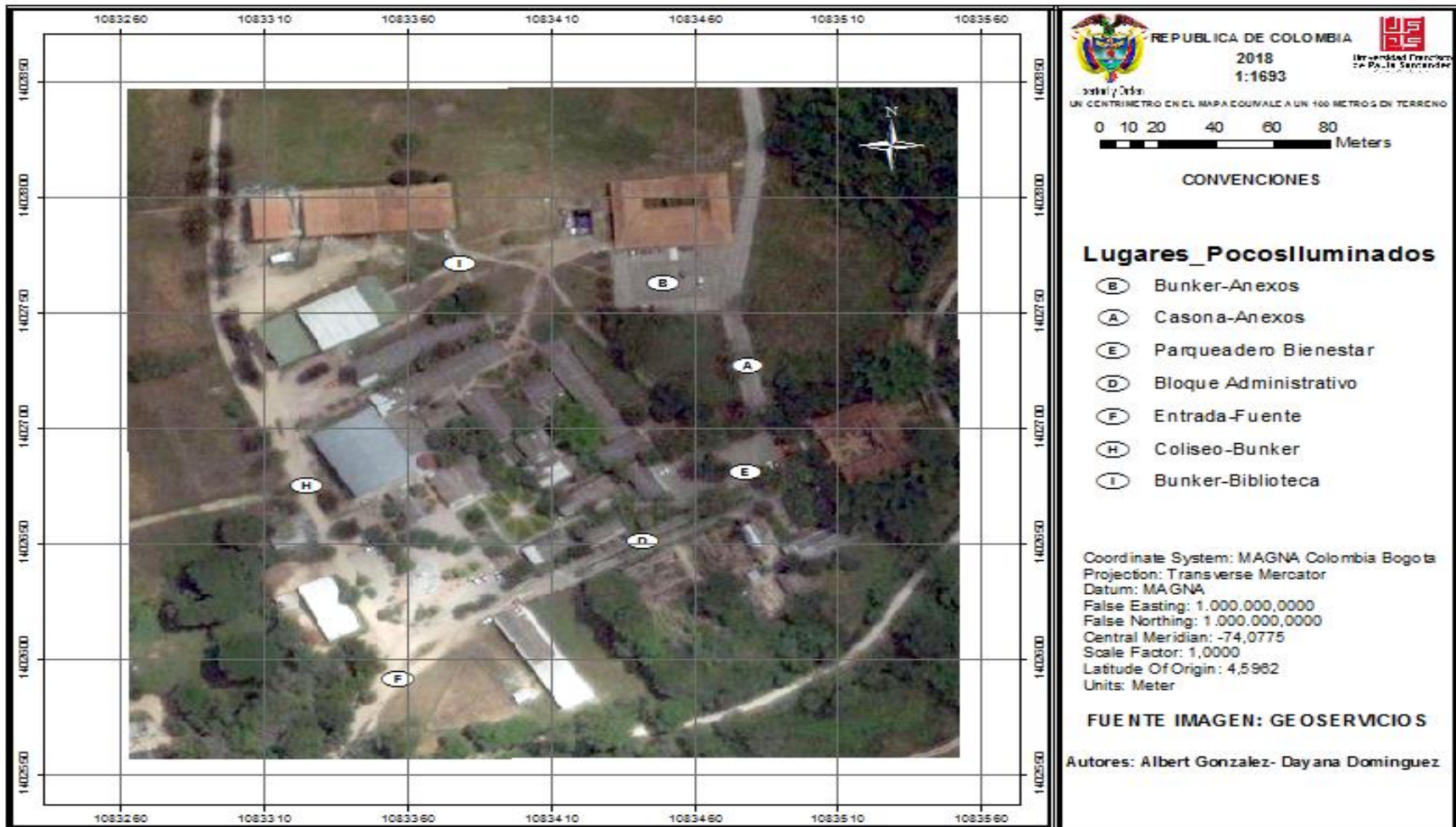
VT: (139`786,958.8 W* Año académico) * (2)

VT: 279`573,917.6 W* Año académico

4.18 Identificación de los sectores con poca iluminación en la UFPSO

Luego de varios días de observación y con apoyo e información brindada por parte del personal encargado del área de planeación de la UFPSO, como lo fue el Ingeniero Civil Elkin Barbosa con quien se pudo concluir que los lugares que presentan menos iluminación en horas de la noche se encuentran representados en el siguiente mapa. **(Ver mapa 2)**

SECTORES POCO ILUMINADOS DE LA UFPSO



Mapas 2 Sectores poco iluminados de la UFPSO

4.19 Representación gráfica de los tramos pocos iluminados

En el siguiente mapa son señalados los puntos identificados con poca iluminación y el tramo que en ellos corresponde. **(Ver mapa 3)**

TRAMOS QUE NECESITAN SER ILUMINADOS EN LA UFPSO



Mapa 3. Tramos que necesitan ser iluminados en la UFPSO.

Fuente: Autores del proyecto

Los puntos y las vías que se señalaron en el anterior mapa son para dar a conocer cuáles son las áreas con poca iluminación y cuál es la distancia aproximada con que se encuentran estos sectores, estas distancias fueron tomadas en campo. (Barbosa, 2018)

Los puntos que se identificaron fueron:

PUNTO A: Este punto corresponde al tramo que va desde la entrada de la **CASONA** hasta el parqueadero de los **ANEXOS** con una distancia aproximada de 71m y con 5 postes de energía eléctrica.

PUNTO B: Este punto corresponde al tramo entre la parte ESTE del edificio Carlos Rizo o comúnmente llamado “**BUNKER**” hasta el límite donde comienza el parqueadero de los **ANEXOS** con una distancia aproximada de 76m, este punto cuenta con tres postes de energía eléctrica pero solo uno de ellos cuenta con iluminación y es compartido con el **PUNTO I.**

PUNTO D: Este punto va desde el laboratorio de Topografía hasta el BLOQUE ADMINISTRATIVO que para esta fecha se encuentra en construcción, ésta distancia abarca aproximadamente 60m, y consta de 5 postes de energía eléctrica.

PUNTO E: Este punto corresponde al tramo que abarca el parqueadero de BIENESTAR UNIVERSITARIO donde también se ve afectada la parte trasera de los laboratorios de química, física y biología ya que estos sectores cuentan con muy poca iluminación, Esta distancia es de aproximadamente 40m y cuenta con 3 postes de energía eléctrica .

PUNTO F: Este punto va desde la **ENTRADA** de la UFPSO hasta la **FUENTE** que se encuentra ubicada en la plazoleta de la misma, con una distancia aproximada de 156m y cuenta con 3 postes de energía eléctrica de los cuales dos son de madera y se encuentran en malas condiciones.

PUNTO H: Este tramo corresponde entre la Fuente que está ubicada en la plazoleta de la UFPSO, y pasa por el **COLISEO** hasta llegar a la parte OESTE del “**BUNKER**” con una distancia aproximada de 111m, este punto cuenta con 3 postes de energía eléctrica.

PUNTO I: Este punto corresponde al tramo entre la parte ESTE del “**BUNKER**” hasta la **BIBLIOTECA** Argemiro Bayona Portillo y cuenta con una distancia aproximada de 42m, este punto cuenta con tres postes de energía eléctrica pero solo uno de ellos cuenta con iluminación y es compartido con el **PUNTO B**.

En total los sectores seleccionados como áreas poco iluminadas cuentan con 20 postes de energía eléctrica.

4.20 Calculo del radio de iluminación de una Lámpara

Según la **EMCALI EICE E.S.P** el radio o la distancia de proyección de iluminación de las lámparas de uso público depende del ángulo de la apertura del haz de la lámpara, en este caso se tiene una tabla con las indicaciones específicas que se relacionan a continuación.

(Emcali, 2006) (Figura 5)

TIPO	APERTURA DEL HAZ	DENOMINACION	DISTANCIA DE PROYECCION	ANGULO DE ELEVACION
I	10° a 18°	Haz angosto	Mas de 73 m	75.9°
II	18° a 29°		61 a 73 m	74.0°
III	29° a 46°		53 a 61 m	71.5°
IV	46° a 70°	Haz medio	44 a 53 m	68.2°
V	70° a 100°		32 a 44 m	63.4°
VI	100° a 130°	Haz ancho	24 a 32 m	56.3°
VII	130° en adelante		Menos de 24 m	45.0°

Fuente NEMA

Figura 5. Distancia de proyección de una lámpara.

Hasta el primer semestre del 2017 la UFPSO contaba con un total de 1.399 lámparas de distintas referencias cuyo voltaje y valor comercial se relacionan a continuación. (UFPSO, 2018) (**Ver tabla 11**)

Tabla 11. Luminarias usadas en la UFPSO en el año 2017

CodFte	Potencia W	CanExist
TFOT	24	12
LED	50	302
LFC	85	290
TF8	49	685
SOD	320	110
TOTAL		1.399

Fuente. Oficina Planeación de la UFPSO.

Con los anteriores datos y por los diferentes tipos de lámpara que son usados en la UFPSO se entiende que el Angulo que forman estas lámparas es de aproximadamente 130° o más, esto depende de la altura en que son ubicadas y del tipo del material del poste de energía eléctrica que es usado. (**Ver Figura 6**)

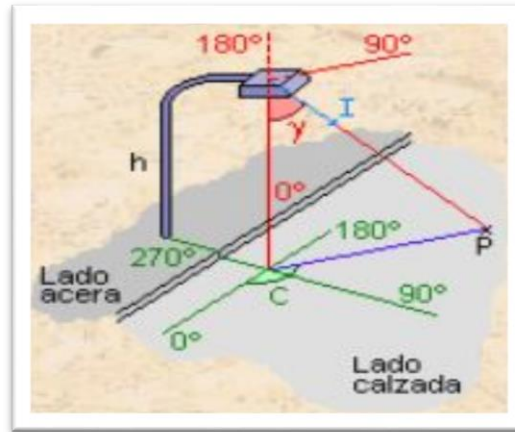


Figura 6. Grados De Iluminación De Una Luminaria. FUENTE: (eleduc, 2015)

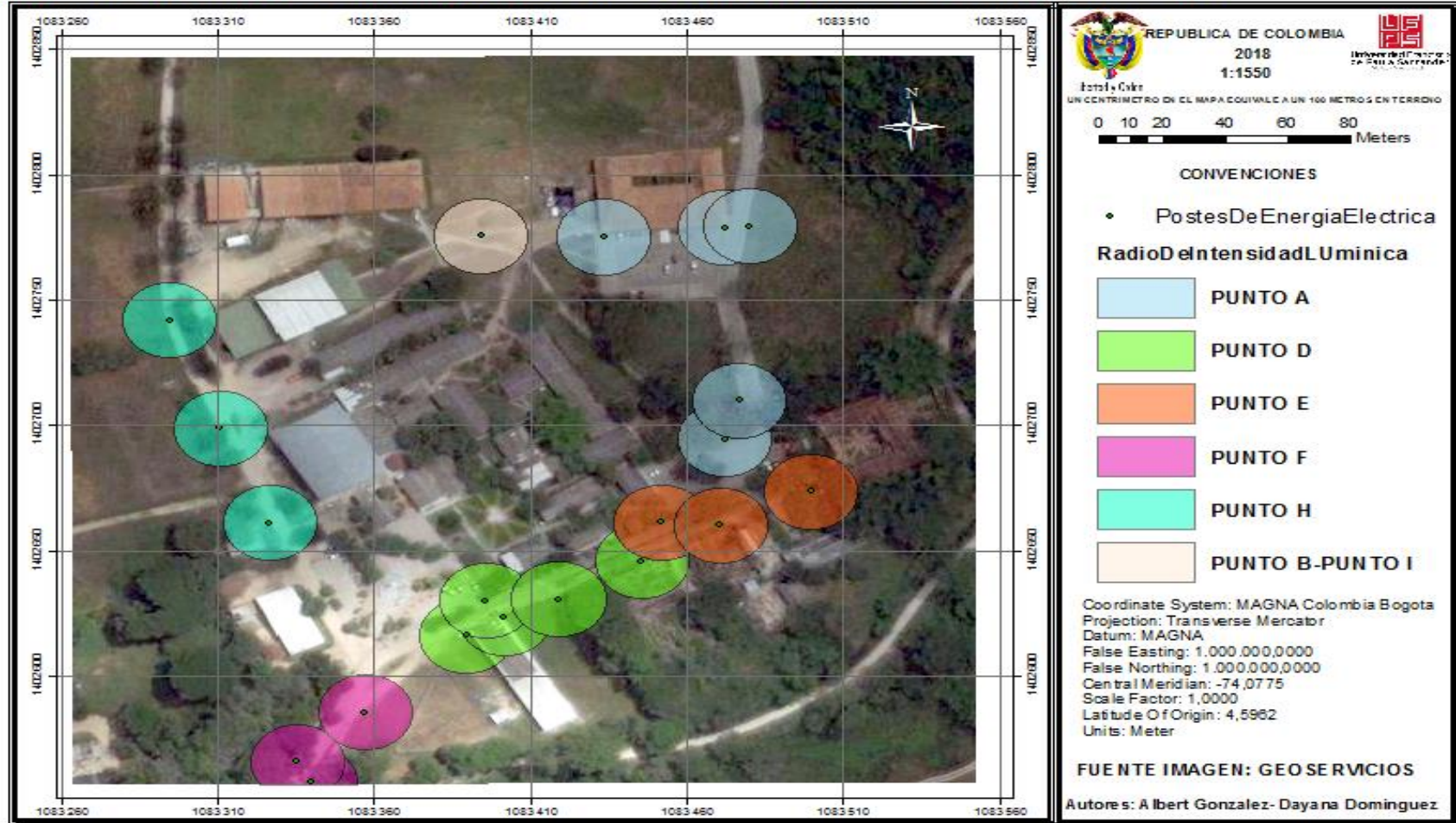
El valor de proyección de cada lámpara será inferior a 24 metros, (Emcali, 2006), para este caso se tomó un valor arbitrario de 15 metros, esta sería la distancia a que proyecta la luz de las lámparas.

Los autores del proyecto con ayuda de un GPS teniendo los lugares previamente identificados, se realizó la toma de coordenadas de los postes de energía eléctrica que se encontraron en estos sectores señalados previamente, esto se hizo con el fin de saber cuál era la cantidad de postes había en estas áreas y el espacio que iluminaban, y así determinar cuáles son las áreas que cuentan con poca iluminación, y poder sugerir donde se pueda usar la energía captada por el sistema piezoeléctrico.

4.21 Buffer del radio de proyección de las lámparas ubicadas en el área común.

En el siguiente mapa se muestra los resultados obtenidos. (**Ver mapa 4**).

RADIO DE INTENSIDAD LUMINICADE LOS POSTES DE ENERGIA ELECTRICA EN LA UFPSO



Mapa 4 . Radio de intensidad lumínica de los postes de energía eléctrica en la UFPSO.
Fuente: Autores del Proyecto.

Con ayuda del Software ArcGis se ingresaron las coordenadas de los puntos tomados con el GPS, y por medio de la herramienta GEOPROSESSING se realizó un buffer con un radio de 15 metros, que fue el valor arbitrario que se tomó anteriormente, como resultado arrojó cuales eran los lugares o puntos donde la iluminación es insuficiente y cuáles son los sectores donde se ve la necesidad de iluminar.

Poniendo como referencia al anterior mapa (Ver mapa 4) se observó cuáles son los lugares donde es necesario implementar nuevas luminarias.

PUNTO A: este punto cuenta con 5 postes de energía eléctrica, estas no son suficientes o no están distribuidas adecuadamente para cubrir toda el área que este abarca.

PUNTO B: este punto es el más notorio o crítico, debido a que cuenta con un solo poste de energía eléctrica y este no es suficiente para iluminar toda el área que está a su alrededor.

PUNTO E: este punto se encuentra con buena iluminación, pero esta no es suficiente debido a que la luz reflejada por las lámparas aledañas no cubre la parte trasera de los laboratorios de física y química, se podría decir que las lámparas en este sector no están distribuidas adecuadamente para cubrir toda el área que estas abarcan.

PUNTO F: este es uno de los puntos más críticos junto con el **PUNTO A** y el **PUNTO B**, ya que el trayecto es muy largo y las luminarias no alcanzan a proyectar la luz necesaria para cubrir toda el área.

PUNTO H: este tramo cuenta con una buena iluminación, pero esta no es suficiente para cubrir toda el área.

PUNTO I: este punto comparte un solo poste de energía junto con el **PUNTO B**, y se puede evidenciar una gran área sin iluminación.

En este caso el **PUNTO D** cuenta con postes de energía eléctrica, pero estas no son encendidas en horas de la noche, por causas desconocidas, entonces en horas de la noche este sector permanece oscuro y por ende necesita de iluminación.

4.22 Disposición final de la energía eléctrica captada por el sistema piezoeléctrico

La UFPSO según el POT (PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER) se encuentra situada en el sector rural con categoría denominada suelo rural suburbana, (Carrascal, 2018) por ende CENS (CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER) dice que en el caso de la electrificación en la zona rural las distancias entre los apoyos (postes de luz) dependerán únicamente de la topografía del terreno y del diseño que debe ser debidamente aprobado por CENS, y que esta debe soportarse con los respectivos cálculos mecánicos, perfiles topográficos y curvas de tendido de conductores. (CENS, 2015)

Capítulo 5. Análisis Económico

5.1 Estudio financiero

Un estudio financiero es realizado con el objetivo de conocer la viabilidad de un proyecto a implementar, gracias a la aplicación de herramientas que nos permiten evaluar los beneficios futuros por realizar esta inversión. Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar la viabilidad financiera de este proyecto enfocado en la implementación de un nuevo sistema que permitirá abastecer la energía que se requerirá para abastecer la iluminación de las luminarias en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

La adquisición del nuevo sistema que proporcionara la energía necesaria para abastecer las luminarias de la universidad tiene un costo de \$ 194'351,2904 como se indica en la tabla 14 (Ver tabla 12) (Vega, 2018).

Tabla 12. *Costo total del sistema piezoeléctrico*

Dispositivo	Costo
Cerámica	\$ 171.979.808
piezoeléctrica	
Reductor de velocidad	\$ 22.371.396
Costo total	\$ 194.351.204

Fuente: Autores del proyecto

Actualmente la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña paga a la empresa que le brinda el servicio de energía eléctrica (CENS) un valor **228'756.005 COP** anualmente, en

base a este valor se calculó cuanto paga la universidad por la energía que requiere para la iluminación de las luminarias.

5.2 Calculo de la cantidad de W que consume la UFPSO por periodo

La universidad consume los siguientes W/día según los datos brindados por la oficina de planeación de la UFPSO. Teniendo los datos brindados por la oficina de planeación se multiplica la potencia de la lámpara por la cantidad de lámparas:

$$\text{TFOT: } 24 * 12 = 288\text{W}$$

$$\text{LED: } 50 * 302 = 15100\text{W}$$

$$\text{LFC: } 85 * 290 = 24650\text{W}$$

$$\text{TF8: } 49 * 685 = 33565\text{W}$$

$$\text{SOD: } 320 * 110 = 35200\text{W}$$

$$\Sigma W = 288 + 15100 + 24650 + 33565 + 35200$$

$$\Sigma W = 108.803 \text{ Wh}$$

Se convierten los Watt a Kilowatt

$$108.803\text{Wh} = \left(\frac{1\text{KW}}{1000\text{w}} \right) = 108,803 \text{ KWh}$$

Tabla 13. *Cantidad de Watt que consumen las luminarias de la UFPSO para el año 2017*

Referencia	Potencia W	CanExist	W
TFOT	24	12	288
LED	50	302	15100
LFC	85	290	24650
TF8	49	685	33565
SOD	320	110	35200
TOTAL		1.399	108.803

Fuente: Autores del Proyecto

5.3 Cálculo del valor a pagar la UFPSO por los W que consumen las luminarias

Según la oficina de planeación, en la UFPSO las lámparas están encendidas por un periodo aproximado de 10 horas al día (Ver tabla 15), ya que muchas áreas de la universidad hacen uso de las luminarias todo el día, entonces tenemos que la universidad paga en promedio 413,67 \$/KWh.

Tabla 14. *Tiempo de encendido de las lámparas en la UFPSO*

Tiempo	Tiempo equivalente
1 Día	10 Horas
1 Semana	6 Días
1 Mes	4 Semanas
1 Año	8 Meses

Fuente: Autores del Proyecto

Haciendo uso de este valor se realizan los siguientes cálculos:

Valor que paga la universidad por el consumo de energía de las luminarias por hora es:

$$108,803 \text{ KW/hora} * 413,67 \$ / \text{KWh} = 45.008,53701 \$$$

Valor que paga la universidad por el consumo de energía de las luminarias por día es:

$$45.008,53701 \$ * 10 = 450.085,3701 \$$$

Valor que paga la universidad por el consumo de energía de las luminarias por semana es:

$$450.085,3701 \$ * 6 = 2.700.512,221 \$$$

Valor que paga la universidad por el consumo de energía de las luminarias por mes es:

$$2.700.512,221 \$ * 4 = 10.802.048,88 \$$$

Valor que paga la universidad por el consumo de energía de las luminarias por mes es:

$$2.700.512,221 \$ * 4 = 10.802.048,88 \$$$

Valor que paga la universidad por el consumo de energía de las luminarias por año es:

$$10.802.048,88 \$ * 8 = 86.416.391,06 \$$$

86.416.391,06 \$ este es el valor que paga la UFPSO por las luminarias en el año.

Tabla 15. *Valor que paga la UFPSO por luminarias al año*

Tiempo	Valor KWh \$ COP	KWh	Valor Total \$
1 hora	413,67	108,803	45.008,53701
1 día	45.008,53701	108,803	450.085,3701
1 semana	450.085,3701	108,803	2.700.512,221
1 mes	2.700.512,221	108,803	10.802.048,88
1 Año	10.802.048,88	108,803	86.416.391,06

Fuente: Autores del proyecto

5.4 Calculo del valor de los W que genera el sistema Piezoeléctrico.

Se calculó el valor de los W que genera el sistema Piezoeléctrico para saber cuánto dejaría de pagar la universidad si implementa este sistema. A continuación, se observa el mismo proceso anterior, pero con los KWh generado por el sistema piezoeléctrico, el valor del KWh será el mismo usado anteriormente (413,67 \$/KWh).

Valor del sistema piezoeléctrico por día, (17 horas) que va desde las 6:00 – 22:00 horas

Tabla 16. *Tiempo de función del sistema piezoeléctrico*

Tiempo	Tiempo equivalente
1 Día	17 Horas
1 Semana	6 Días
1 Mes	4 Semanas
1 Año	8 Meses

Fuente: Autores del Proyecto

Entonces:

Valor del sistema piezoeléctrico por hora:

$$42,827 \text{ KWh} * 413,67 \$ / \text{KWh} = 17.716,24509 \$$$

Valor del sistema piezoeléctrico por día:

$$17.716,24509 \$ * 17 = 301.176,1665 \$$$

Valor del sistema piezoeléctrico por semana:

$$301.176,1665 \$ * 6 = 1.807.056.999 \$$$

Valor del sistema piezoeléctrico por mes:

$$1.807.056.999 \$ * 4 = 7.228.227,997\$$$

Valor del sistema piezoeléctrico por año:

$$7.228.227,997\$ * 8 = 57.825.823,97 \$$$

57.825.823,97 \$ este es el valor que dejaría de pagar la UFPSO, por las luminarias con la implementación del sistema piezoeléctrico.

Tabla 17. Valor que dejaría de pagar la UFPSO

Tiempo	Valor KWh \$ COP	KWh	Valor Total \$
1 hora	413,67	42,827	17.716,24509
1 día	17.716,24509	42,827	301.176,1665
1 semana	301.176,1665	42,827	1.807.056.999
1 mes	1.807.056.999	42,827	7.228.227,997
1 Año	7.228.227,997	42,827	57.825.823,97

Fuente: Autores del proyecto

Entonces se tiene que para sacar el porcentaje:

$$86.416.391,06 \$ \longrightarrow 100\%$$

$$57.825.823,97 \$ \longrightarrow X$$

$$X = \frac{57.825.823,97 \$ * 100\%}{86.416.391,06 \$} = 66,9\%$$

66,9% representa el porcentaje del total del costo actual que dejaría de pagar UFPSO si se logra implementar el sistema.

5.5 Viabilidad del proyecto

Son las diferentes etapas que recorre el proyecto desde que se concibe la idea hasta que se materializa en una obra, se producen los beneficios y en algunos casos hasta su clausura. (Villegas, 2010) . El ciclo de vida del proyecto se extenderá hasta el cumplimiento de la vida útil de las cerámicas, ya que una vez se culmine este tiempo se deberá determinar si continuar con el mismo sistema o implementar otro, debido a esto se establece que el tiempo de evaluación de factibilidad financiera del proyecto es de 9 años. Para poder realizar este estudio se debe calcular el flujo neto de efectivo del proyecto y en base a este utilizar

herramientas que nos permitan demostrar si es viable su implementación, entre las herramientas más utilizadas se encuentran el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), con ellas es posible saber si la inversión será recuperada y la rentabilidad que esta tendrá. Otra herramienta importante es hallar el tiempo de recuperación, con él es posible determinar qué tan rápido podrá recuperarse la inversión.

5.6 Flujo de caja del proyecto

El flujo de caja o de efectivo neto de un proyecto se determina por medio del monto de utilidades netas más la amortización y depreciación del ejercicio. La utilidad neta depende de los ingresos por ventas menos los costos y gastos que se obtienen por la fabricación de los productos o prestación de los servicios. (Arturo Morales, 2009). Esta herramienta es muy importante para evaluar la viabilidad de un proyecto, con esta se puede calcular la liquidez del proyecto y la capacidad de responder a las obligaciones financiera o la recuperación de la inversión. Para calcular el flujo de caja neto y proyectarlo a los periodos futuros se utilizó una inflación esperada del 4%, además se debe tener en cuenta lo siguiente:

Disminución de valor a pagar = posible ingreso o ahorro generado por incurrir en el riesgo de implementación

Costo de mantenimiento del nuevo sistema = costo de mantenimiento del nuevo sistema durante la su vida útil.

5.7 Calculo

Flujo de caja del proyecto = Disminución de valor a pagar – Costo de sostenimiento

Tabla 18. *Flujo de caja*

Año	Costo mantenimiento del nuevo sistema	Disminución de valor a pagar	Flujo de caja del proyecto
0			-\$ 194.351.204
1	\$ 5.008.640	\$ 60.138.857	\$ 55.130.217
2	\$ 5.208.986	\$ 62.544.411	\$ 57.335.426
3	\$ 5.417.345	\$ 65.046.188	\$ 59.628.843
4	\$ 5.634.039	\$ 67.648.035	\$ 62.013.996
5	\$ 5.859.400	\$ 70.353.957	\$ 64.494.556
6	\$ 6.093.776	\$ 73.168.115	\$ 67.074.338
7	\$ 6.337.527	\$ 76.094.839	\$ 69.757.312
8	\$ 6.591.029	\$ 79.138.633	\$ 72.547.604
9	\$ 6.854.670	\$ 82.304.178	\$ 75.449.509

Fuente: Autores del proyecto

5.8 Tiempo de recuperación

El tiempo de recuperación nos permite conocer cuánto tiempo pasara en días, meses o años para recuperar la inversión realizada en dicho proyecto, este tiempo es importante para decidir se toma o no la decisión de invertir, ya que un tiempo de recuperación largo en comparación con el ciclo de vida del proyecto indica que este tendrá poca rentabilidad.

A continuación, en la tabla 20 se observa el tiempo de recuperación del proyecto

Tabla 19. *Tiempo de Recuperación*

Tiempo de recuperación					
AÑO	Valor a recuperar		Ingreso de oportunidad	Flujo de caja del proyecto	
0	\$	194.351.204		-\$	194.351.204
1	\$	139.220.987	\$	-	\$ 55.130.217
2	\$	81.885.561	\$	-	\$ 57.335.426
3	\$	22.256.719	\$	-	\$ 59.628.843
4		-	\$ 39.757.278	\$	62.013.996
5		-	\$ 64.494.556	\$	64.494.556
6		-	\$ 67.074.338	\$	67.074.338
7		-	\$ 69.757.312	\$	69.757.312
8		-	\$ 72.547.604	\$	72.547.604
9		-	\$ 75.449.509	\$	75.449.509

Fuente: Autores del proyecto

El tiempo de recuperación del proyecto es de 4 años como se puede observar en la tabla 19 (Ver tabla 19), en este año se logra recuperar la inversión y se comienza a ver un ahorro considerable. En la siguiente grafica podemos apreciar este comportamiento.

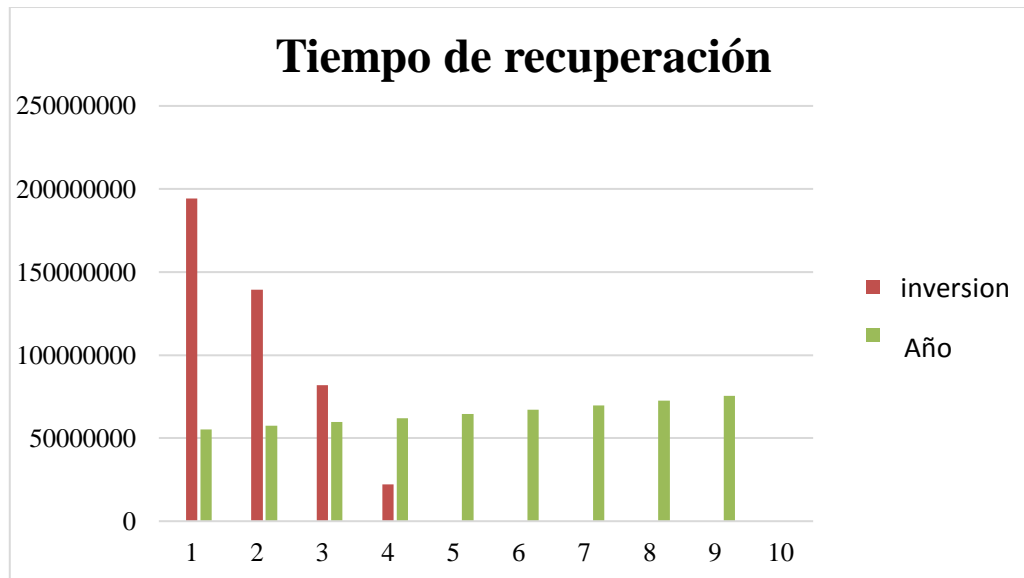


Figura 7. Tiempo de Recuperación.

Fuente: Autores del proyecto

5.9 Calcular VAN y TIR

El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: MAXIMIZAR la inversión. (Didier Vaquero, 2013). Para calcular el valor actual neto (VAN) debemos pasar los flujos de caja o efectivo a valor presente neto (VPN), la sumatoria de todos los periodos restándole la inversión inicial arrojará el VAN, para calcularlo se utiliza la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Dónde:

F_t = son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 = es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n = es el número de periodos de tiempo

k = es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

Para analizar el valor obtenido se establecen los siguientes criterios de evaluación:

VAN > 0: el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.

VAN = 0: el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.

VAN < 0: el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado

En este caso como no el dinero para realizar dicha inversión no fue proporcionado por una entidad bancaria sino directamente por la universidad la tasa impositiva será igual a la inflación, que para este estudio se estimó en un 4%.

$$VAN = - 194'351.204$$

$$+ \sum_{n=1}^9 \left(\frac{55'130.204}{(1 + 4\%)^1} \frac{57'335.426}{(1 + 4\%)^2} + \frac{59'628.843}{(1 + 4\%)^3} + \frac{62'013.996}{(1 + 4\%)^4} \right. \\ \left. + \frac{64'494.556}{(1 + 4\%)^5} + \frac{67'074.338}{(1 + 4\%)^6} + \frac{69'757.312}{(1 + 4\%)^7} + \frac{72'547.604}{(1 + 4\%)^8} \right. \\ \left. + \frac{75'449.509}{(1 + 4\%)^9} \right)$$

En la siguiente tabla (**Ver tabla 19**) podemos apreciar los resultados del cálculo de los VPN

Tabla 20. *Flujo de caja*

AÑO	Flujo de caja de inversión Generado	VPN
0	-\$ 194.351.204	-\$ 194.351.204
1	\$ 55.130.217	\$ 53.009.824
2	\$ 57.335.426	\$ 53.009.824
3	\$ 59.628.843	\$ 53.009.824
4	\$ 62.013.996	\$ 53.009.824
5	\$ 64.494.556	\$ 53.009.824
6	\$ 67.074.338	\$ 53.009.824
7	\$ 69.757.312	\$ 53.009.824
8	\$ 72.547.604	\$ 53.009.824
9	\$ 75.449.509	\$ 53.009.824
	VAN	\$ 282.737.212

Fuente: Autores del proyecto

El valor actual neto fue de \$ 282.737.212 > 0 lo que significa que la implementación del proyecto si es viable, porque se recupera la inversión y adicional a esto se reducen costos generando un ahorro significativo.

5.10 Calculo de la TIR

La tasa interna de retorno (TIR) se utiliza habitualmente para evaluar la conveniencia de las inversiones o proyectos. Cuanto mayor sea la tasa interna de retorno de un proyecto, más deseable será llevar a cabo el proyecto. Suponiendo que todos los demás factores iguales entre los diferentes proyectos, el proyecto de mayor TIR probablemente sería considerado el primer y mejor realizado. (Villegas, 2010)

$$TIR = I_0 + \sum_{n=1}^n \left(\frac{FC}{(1+X)^n} \right) = 0$$

Dónde:

I₀ = Inversión inicial

FC = Flujo de caja neto del proyecto

X = Incógnita (TIR)

n = Periodo de tiempo

$$0 = - 194'351.204$$

$$+ \sum_{n=1}^9 \left(\frac{55'130.204}{(1+TIR)^1} + \frac{57'335.426}{(1+TIR)^2} + \frac{59'628.843}{(1+TIR)^3} + \frac{62'013.996}{(1+TIR)^4} \right. \\ \left. + \frac{64'494.556}{(1+TIR)^5} + \frac{67'074.338}{(1+TIR)^6} + \frac{69'757.312}{(1+TIR)^7} + \frac{72'547.604}{(1+TIR)^8} \right. \\ \left. + \frac{75'449.509}{(1+TIR)^9} \right)$$

El valor de TIR es de 27,9 % es favorable.

5.11 Análisis de Resultados

En la siguiente tabla se puede observar el resultado del estudio de factibilidad financiera del proyecto y las variables definidas en este proyecto que permitieron la

aplicación de las herramientas seleccionadas, cabe resaltar que más allá de la importancia financiera, el mayor impacto debe ser el que este produce ambientalmente a mediano o largo plazo.

Tabla 21. *Análisis de Resultados*

Tiempo del proyecto		9 años		Inflación esperada		4%	
VAN		\$ 282.737.211,73		TIR 27,9%		Tiempo de recuperación 4 años	
AÑO	Costo mantenimiento del nuevo sistema	Disminución de valor a pagar	Flujo de caja del proyecto	Valor a recuperar	Ingreso de oportunidad	Flujo de caja del proyecto	
0			\$ 194.351.204				-\$ 94.351.204
1	\$ 5.008.640	\$ 60.138.857	\$ 55.130.217	-\$ 39.220.987	\$ -	\$ 55.130.217	
2	\$ 5.208.986	\$ 62.544.411	\$ 57.335.426	-\$ 81.885.561	\$ -	\$ 57.335.426	
3	\$ 5.417.345	\$ 65.046.188	\$ 59.628.843	-\$ 22.256.719	\$ -	\$ 59.628.843	
4	\$ 5.634.039	\$ 67.648.035	\$ 62.013.996	\$ -	\$ 39.757.278	\$ 62.013.996	
5	\$ 5.859.400	\$ 70.353.957	\$ 64.494.556	\$ -	\$ 64.494.556	\$ 64.494.556	
6	\$ 6.093.776	\$ 73.168.115	\$ 67.074.338	\$ -	\$ 67.074.338	\$ 67.074.338	
7	\$ 6.337.527	\$ 76.094.839	\$ 69.757.312	\$ -	\$ 69.757.312	\$ 69.757.312	
8	\$ 6.591.029	\$ 79.138.633	\$ 72.547.604	\$ -	\$ 72.547.604	\$ 72.547.604	
9	\$ 6.854.670	\$ 82.304.178	\$ 75.449.509	\$ -	\$ 75.449.509	\$ 75.449.509	

Fuente: Autores del proyecto

A continuación, se puede observar la gráfica que muestra el comportamiento de la rentabilidad del proyecto, donde la VAN se hace cero podemos observar el máximo valor de TIR para este proyecto, esto indica que si se proyecta obtener una rentabilidad mayor se debería obtener más VAN para lograr esa meta

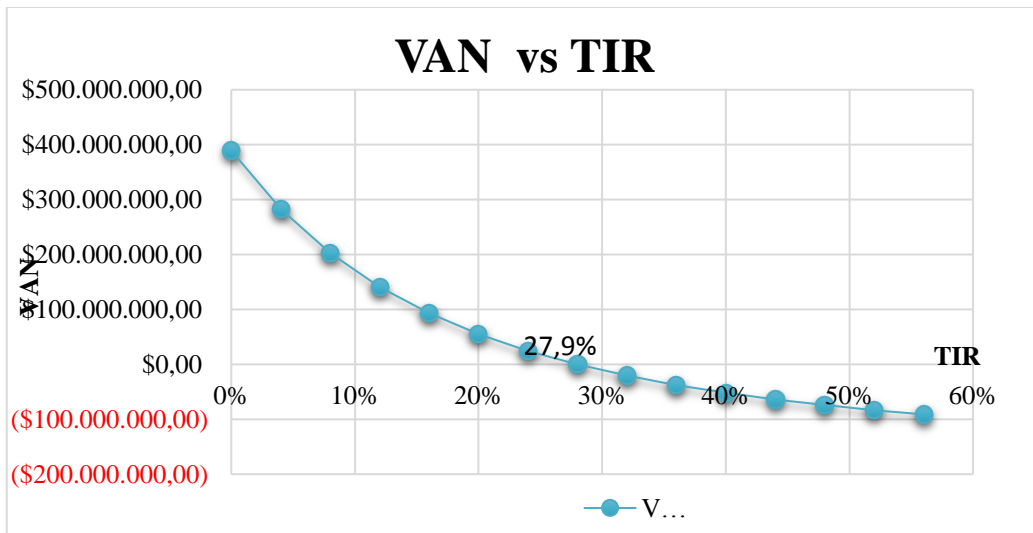


Figura 8. VAN vs TIR. Fuente: Autores del proyecto

Capítulo 6. Análisis de sensibilidad

En el momento de tomar decisiones de inversión es importante tener en cuenta la viabilidad del proyecto y los riesgos que este implica, por esto es vital la aplicación de herramientas que nos ayuden en la toma de decisiones, uno de los más usados es el análisis de sensibilidad, este método busca identificar los posibles escenarios a ocurrir en un proyecto de inversión, clasificados en:

Pesimista: es el peor panorama de inversión del proyecto en el análisis.

Probable: es el panorama de inversión más probable que supondríamos en el análisis.

Optimista: es el panorama de inversión más optimista, ya que siempre existe la posibilidad de lograr más de lo deseado.

Para la aplicación de esta herramienta se establecieron las variables de riesgo y los posibles escenarios que pueden ocurrir en este proyecto, además se determinó que el escenario probable sería el realizado anteriormente.

Definición de variable

Inversión inicial, Costo de consumo de energía en luminarias.

Definición de escenarios

Pesimista:

- Inversión inicial 20% más alta, se planteó este escenario ya que es posible que la inversión aumente por factores externos como un des aceleramiento económico.
- Disminución en el consumo de energía de luminarias del 20%, una disminución en el consumo que haría innecesario la implementación de este sistema mirándolo desde el lado

económico, esta disminución en el consumo puede darse por una disminución en la demanda estudiantil.

Optimista:

- Inversión inicial 20% más baja, este escenario se planteó ya que es posible que la inversión inicial requerida para la compra del nuevo sistema sea menor de lo esperado debido por ejemplo a un crecimiento de esta industria.

- Aumento del consumo energía en luminarias del 20% debido a la ampliación de la universidad, es posible que haya un aumento del consumo de energía, ya que la universidad está ampliando su infraestructura y oferta estudiantil, lo que haría necesario la implementación de este sistema para poder reducir los costos sujetos a esto.

Se calculó los VAN para las nueve posibles situaciones de riesgo generadas a partir de la combinación de los escenarios planteados anteriormente. (Ver Tabla 22)

Tabla 22. Costo de Inversión Inicial VAN

Costo de inversión inicial				
Costo de consumo energético actual	VAN	Pesimista	Probable	Optimista
	Pesimista	\$139.780.487,8	\$178.650.728,58	\$217.520.969,38
	Probable	\$ 243.866.970,9	\$282.737.212	\$321.607.452,5
	Optimista	\$347.953.454,08	\$386.823.694,88	\$425.693.935,7

Fuente: Autores del proyecto

También se calcularon las TIR correspondiente a cada posible escenario planteado anteriormente. En la siguiente tabla observamos los valores:

Tabla 23. Costo de Inversión Inicial TIR

Costo de inversión inicial				
	TIR	Pesimista	Probable	Optimista
Costo de consumo energético actual	Pesimista	15,01%	20,11%	27,19%
	Probable	22,03%	27,9%	36,36%
	Optimista	28,51%	35,32%	45,03%

Fuente: Autores del proyecto

6.1 Análisis de resultados

La tasa interna de retorno (TIR) o de oportunidad mínima para este proyecto se fijó en 12% esto quiere decir que si la tasa es menor a esta no es recomendable realizar la inversión. Este porcentaje se hayo sumando el porcentaje de riesgo por realizar la inversión en el país fijado en 5%, el porcentaje de inflación esperada del 4% y el porcentaje mínimo de retorno esperador por realizar cualquier inversión el cual es del 3%. Esta tasa minina esperada es tenida en cuenta para evaluar los escenarios de riegos supuestos.

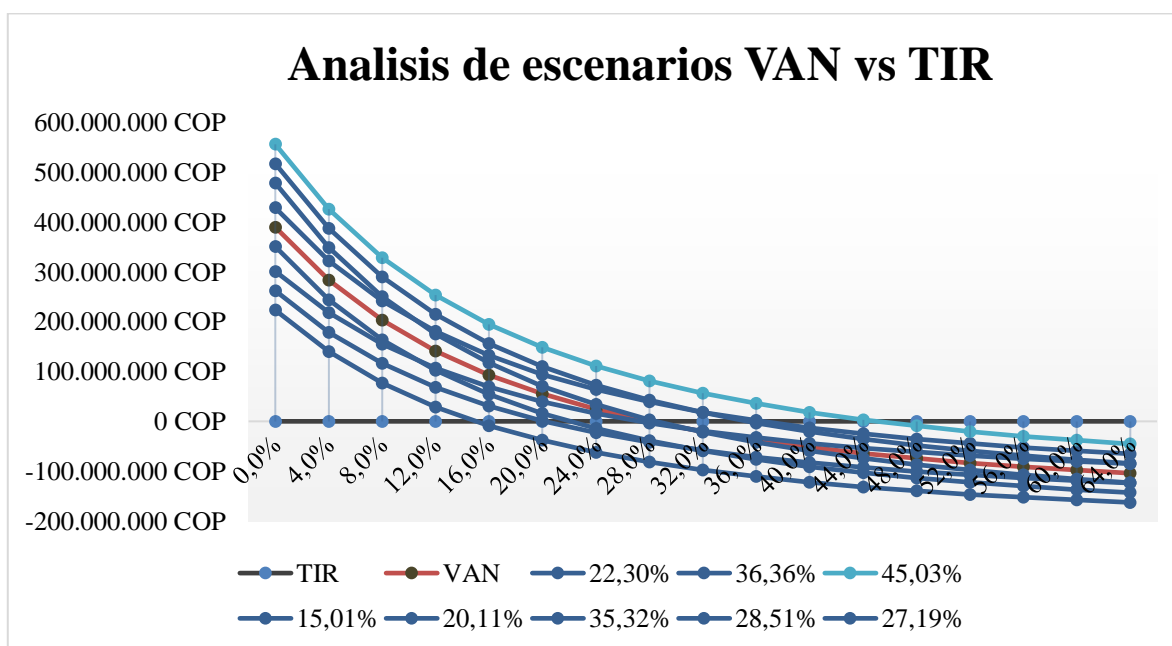


Figura 9 .Análisis de escenarios entre VAN vs TIR.

Fuente: Autores del proyecto

En la figura 9 podemos observar el comportamiento del VAN y la TIR de los escenarios optimistas y pesimistas supuestos para este proyecto, se puede concluir que ante cualquier escenario es seguro realizar la inversión pues la TIR en el escenario más pesimista supera el 12%.

Conclusiones

Se pudo determinar que los sistemas de recolección de energía piezoeléctricos y sus materiales de construcción son un mecanismo eficiente y amigable con el medio ambiente y su entorno de instalación, siendo estas fuentes de energías alternativas, sostenibles y renovables no convencional, con una múltiple opción en su forma e instalación. Por ser una energía limpia genera beneficios como la transformación de la energía que produce una persona al caminar y que puede ser usada para el alumbrado de la zona, garantizando una mejor experiencia para el personal que transita en la UFPSO.

Del mismo modo se pudo analizar que ambientalmente si es factible el proyecto, ya que este modelo de producción de energía no convencional se diferencia de los usos actuales de energía convencionales, debido a que se puede mitigar las emisiones de CO₂, y a su vez los materiales de fabricación De acuerdo a PAVEGEN más del 80% de la superficie de la cerámica está hecha con materiales reciclados como el caucho y el aluminio.

A través de la investigación realizada se evidenció que el flujo de personas que ingresan y egresan por la entrada de la UFPSO es elevado durante todo el año académico, lo cual es indispensable para que se pueda poner en marcha este tipo de proyectos, ya que se garantiza un paso constante por el punto donde se desea instalar el sistema piezoeléctrico y a su vez la transformación de la energía mecánica a energía eléctrica, por medio de este sistema.

Es posible concluir que el proyecto es viable financieramente pues la VAN y la TIR arrojaron valores favorables, esto significa si se invierte en este proyecto la inversión será

recuperada y adicional a esto la UFPSO disminuirá su pago de consumo energético en un 66,9%. El tiempo de recuperación sería de 4 años, ya en este año donde se logra recuperar totalmente el dinero de la inversión y adicional a esto recibe un ingreso o ahorro por la implementación de este proyecto, esto ratifica que este proyecto es sostenible financieramente y trae beneficios económicos.

Recomendaciones

Se recomienda hacer uso del sistema piezoeléctrico por ser amigable con el medio ambiente ya que se disminuye la contaminación atmosférica, por otra parte la Ley 1715 de 2014 que Regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional dice en su artículo 11 que si la UFPSO está obligada a declarar renta esta tendrá derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada.

La UFPSO según el POT se encuentra situada en una zona rural, si se desea colocar más postes de energía para tener una iluminación completa en los lugares que fueron identificados en el mapa 1 y 2, se deberá contar con los estudios topográficos que haga CENS, debido a que cada lámpara requerirá de un poste de energía eléctrica, para este caso a CENS le corresponde hacer los estudios necesarios para adecuar más postes de energía eléctrica y así poder hacer uso de la posible energía captada por medio de los sistemas piezoeléctricos. (CENS, 2015)

Se recomienda que para la implementación de los reductores de velocidad teniendo en cuenta un artículo desarrollado por la secretaria de movilidad y tránsito de Medellín, esta deberá estar precedida por un estudio de Ingeniería de tránsito realizado por una entidad o persona que este capacitada para dar un dictamen y que esta recomiende su uso, además se debe tener en cuenta su aceptación por parte de la comunidad receptora, en el caso de este proyecto la comunidad que hace parte de la UFPSO, esto es con el objeto de prevenir o atenuar los efectos indeseables que se puedan generar. (secretaria de movilidad , 2017)

De acuerdo con la resolución 1297 del 2010 “por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o Acumuladores y se adoptan otras disposiciones” junto con lo establecido en el artículo 38 del Decreto Ley 2811 de 1974 “por razón del volumen o de la cantidad de los residuos o desechos, se podrá imponer a quien los producen la obligación de recolectarlos, tratarlos o disponer de ellos, señalándole los medios para cada caso”. Entonces la empresa que distribuye todos los materiales necesarios para el desarrollo de este proyecto tiene la obligación de hacerse responsable de la disposición final de los mismos.

Referencias

- aaamaticas. (2006). *aaamaticas*. Recuperado el 22 de 03 de 2018, de http://www.aaamaticas.com/geo78_x3.htm
- Acosta Vega, J. E. (10 de 05 de 2018). (D. D. Albert Gonzalez, Entrevistador)
- Aguirre, F. J. (2015). *repository.unimilitar*. Recuperado el 1 de 04 de 2018, de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12025/1/articuloV0.0.0.pdf>
- Arturo Morales, J. A. (2009). *Proyectos de inversión evaluación y formulacion* . Mexico DF: mcgraw-hill/interamericana editores, s.a. de c.v.
- Barbosa, E. (14 de 02 de 2018). (A. Gonzalez, Entrevistador)
- Carrascal, G. A. (31 de 03 de 2018). (A. Gonzalez, Entrevistador)
- Castellanos, N. (16 de 10 de 2013). *biblioteca.uniminuto*. Recuperado el 16 de 10 de 2017, de <http://biblioteca.uniminuto.edu/ojs/index.php/Inventum/article/download/549/518>.
- Castellanos, N. (octubre de 2013). *biblioteca.uniminuto*. Recuperado el 17 de 02 de 2018, de biblioteca.uniminuto.edu/ojs/index.php/Inventum/article/download/549/518
- CENS. (FEBRERO de 2015). *cens*. Recuperado el 22 de 03 de 2018, de <http://www.cens.com.co/portals/2/capitulo%203%20redes%20de%20media%20y%20baja%20tensi%C3%93n%20cens-norma%20t%C3%89cnica%20-%20cns-nt-03.pdf>
- Chinchilla, H. E. (27 de julio de 2017). Consulta estudiantes . (A. Gonzalez, Entrevistador)
- Dávalos, L. M. (FEBRERO de 2014). *pucp*. Recuperado el 17 de 02 de 2018, de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5363/dajes_luis_generacion_energia_electrica_vehiculo_reductor_velocidad_seccion_trapezoidal.pdf?sequence=1&isallowed=y
- Didier Vaquero, J. (29 de 3 de 2013). Gerencia- finanzas-proyectos. *El valor presente neto VAN*. Ibagué, Colombia: Pymesfuturo.

- Ecovant. (2017). *ecoavant*. Recuperado el 12 de 12 de 2017, de <http://www.ecoavant.com/es/notices/2014/03/generar-electricidad-al-andar-1985.php>
- eleduc. (2015). *eleduc*. Recuperado el 10 de 04 de 2018, de http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo7/seleccion_de_luminarias.html
- Emcali. (Diciembre de 2006). Recuperado el 1 de 02 de 2018, de <https://www.emcali.com.co/documents/10848/142294/08.+Capitulo+8+-+Alumbrado+publico.pdf>
- fiscalab. (2017). *fiscalab*. Recuperado el 11 de 04 de 2018, de <https://www.fiscalab.com/apartado/energia-cinetica#contenidos>
- Gonzalez, A. F. (2009). *utn*. Recuperado el 17 de 02 de 2018, de <http://www1.frm.utn.edu.ar/tecnologiae/apuntes/piezolectricidad.pdf>
- Ibañez Garcia, J. (05 de 2012). Recuperado el 17 de 02 de 2018, de <http://innovadays.epsevg.upc.edu/wp-content/uploads/2014/ponencies/Javier-Ibanez.pdf>
- incolmotos-yamaha. (2017). *incolmotos-yamaha*. Recuperado el 18 de 02 de 2018, de www.incolmotos-yamaha.com.co/site/productos/motos/scooter-y-semiautomatica/bws-x
- innowattech. (2010). *iroads*. Recuperado el 10 de 04 de 2018, de https://www.iroads.co.il/sites/default/files/mtsgt_1_innowattech_presentation_lucy_edery-azulay.pdf
- Laclinicadelcountry. (2006). *clinicadelcountry*. Recuperado el 17 de 02 de 2018, de <https://www.clinicadelcountry.com/aplicacion-calculador-peso-ideal>
- Mendoza, G. (18 de 04 de 2018). (D. D. Albert Gonzalez, Entrevistador)

mercadolibre. (2018). *listado.mercadolibre*. Recuperado el 1 de 04 de 2018, de <https://listado.mercadolibre.com.co>

nationalgeographic. (23 de 05 de 2012). *nationalgeographic*. Recuperado el 15 de 03 de 2018, de <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/unas-baldosas-generan-energia-con-nuestras-pisadas>

newton.cnice. (2017). *newton.cnice*. Recuperado el 11 de 04 de 2018, de http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/potencial.html

normas apa. (2017). *normasapa*. Recuperado el 07 de 12 de 2017, de <http://normasapa.net/que-son-las-hipotesis-de-investigacion/>

pavegen. (2018). *pavegen*. Recuperado el 2 de 04 de 2018, de <http://www.pavegen.com/about/>

RCN. (22 de 10 de 2013). *noticiasrcn*. Recuperado el 15 de 02 de 2018, de <http://www.noticiasrcn.com/bienestar-salud/colombia-tiene-estandares-talla-y-peso-proprios>

Rueda, C. A. (20 de 04 de 2018). (D. D. Albert Gonzalez, Entrevistador)

secretaria de movilidad . (2017). *medellin*. Recuperado el 10 de 04 de 2018, de https://www.medellin.gov.co/movilidad/documents/seccion_senalizacion/cap5_otros_dispositivos.pdf

UFPSO, O. p. (12 de 03 de 2018). (A. Gonzalez, Entrevistador)

Universidad de la Punta . (2017). *contenidosdigitales*. Recuperado el 11 de 04 de 2018, de http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/fisica/energa_mecnica.html

Várela Villegas , R. (2010). *Evaluación económica de proyectos de inversión Séptima edición*. Bogota: Me Graw Hill.

ZAPATA, D. A. (2017). Recuperado el 14 de 04 de 2018, de <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14488/1/Proyecto%20de%20grado%20piezoelectricos%20en%20perfil%20vial%20piloto%20en%20Bogot%C3%A1.pdf>

Apéndices

Apéndice A. Cálculos

Probable TIR 27,9%	
TIR	VAN
0%	\$389.080.597,18
4%	\$282.737.211,73
8%	\$202.572.211,38
12%	\$141.074.468,11
16%	\$93.123.436,58
20%	\$55.165.620,22
24%	\$24.693.603,55
28%	-\$89.725,97
32%	-\$20.491.411,96
36%	-\$37.475.265,73
40%	-\$51.761.286,78
44%	-\$63.893.962,27
48%	-\$74.289.834,01
52%	-\$83.271.057,56
56%	-\$91.089.370,40
60%	-\$97.943.409,93
64%	-\$103.991.364,92

VAN	\$321.607.452,53
TIR	36,36%
TIR	VAN
0%	\$427.950.837,98
4%	\$321.607.452,53
8%	\$241.442.452,18
12%	\$179.944.708,91
16%	\$131.993.677,38
20%	\$94.035.861,02
24%	\$63.563.844,35
28%	\$38.780.514,83
32%	\$18.378.828,84
36%	\$1.394.975,07
40%	-\$12.891.045,98
44%	-\$25.023.721,47
48%	-\$35.419.593,21
52%	-\$44.400.816,76
56%	-\$52.219.129,60
60%	-\$59.073.169,13
64%	-\$65.121.124,12

VAN	\$243.866.970,93
TIR	22,03%
TIR	VAN
0%	\$350.210.356,38
4%	\$243.866.970,93
8%	\$163.701.970,58
12%	\$102.204.227,31
16%	\$54.253.195,78
20%	\$16.295.379,42
24%	-\$14.176.637,25
28%	-\$38.959.966,77
32%	-\$59.361.652,76
36%	-\$76.345.506,53
40%	-\$90.631.527,58
44%	-\$102.764.203,07
48%	-\$113.160.074,81
52%	-\$122.141.298,36
56%	-\$129.959.611,20
60%	-\$136.813.650,73
64%	-\$142.861.605,72

Optimista	
VAN	\$425.693.935,68
TIR	45,03%
TIR	VAN
0%	\$555.238.280,60
4%	\$425.693.935,68
8%	\$328.039.319,81
12%	\$253.124.600,55
16%	\$194.712.082,07
20%	\$148.473.000,68
24%	\$111.352.897,53
28%	\$81.162.583,63
32%	\$56.309.857,39
36%	\$35.620.632,54
40%	\$18.217.827,19
44%	\$3.438.163,25
48%	-\$9.225.778,07
52%	-\$20.166.437,11
56%	-\$29.690.472,97
60%	-\$38.039.859,78
64%	-\$45.407.298,43

Pesimista	
VAN	\$139.780.487,78
TIR	15,01%
TIR	VAN
0%	\$222.922.913,77
4%	\$139.780.487,78
8%	\$77.105.102,95
12%	\$29.024.335,67
16%	-\$8.465.208,91
20%	-\$38.141.760,25
24%	-\$61.965.690,42
28%	-\$81.342.035,57
32%	-\$97.292.681,30
36%	-\$110.571.164,01
40%	-\$121.740.400,75
44%	-\$131.226.087,80
48%	-\$139.353.889,94
52%	-\$146.375.678,00
56%	-\$152.488.267,84
60%	-\$157.846.960,07
64%	-\$162.575.431,41

VAN	\$178.650.728,58
TIR	20,11%
TIR	VAN
0%	\$261.793.154,57
4%	\$178.650.728,58
8%	\$115.975.343,75
12%	\$67.894.576,47
16%	\$30.405.031,89
20%	\$728.480,55
24%	-\$23.095.449,62
28%	-\$42.471.794,77
32%	-\$58.422.440,50
36%	-\$71.700.923,21
40%	-\$82.870.159,95
44%	-\$92.355.847,00
48%	-\$100.483.649,14
52%	-\$107.505.437,20
56%	-\$113.618.027,04
60%	-\$118.976.719,27
64%	-\$123.705.190,61

VAN	\$386.823.694,88
TIR	35,32%
TIR	VAN
0%	\$516.368.039,80
4%	\$386.823.694,88
8%	\$289.169.079,01
12%	\$214.254.359,75
16%	\$155.841.841,27
20%	\$109.602.759,88
24%	\$72.482.656,73
28%	\$42.292.342,83
32%	\$17.439.616,59
36%	-\$3.249.608,26
40%	-\$20.652.413,61
44%	-\$35.432.077,55
48%	-\$48.096.018,87
52%	-\$59.036.677,91
56%	-\$68.560.713,77
60%	-\$76.910.100,58
64%	-\$84.277.539,23

VAN	\$347.953.454,08
TIR	28,51%
TIR	VAN
0%	\$477.497.799,00
4%	\$347.953.454,08
8%	\$250.298.838,21
12%	\$175.384.118,95
16%	\$116.971.600,47
20%	\$70.732.519,08
24%	\$33.612.415,93
28%	\$3.422.102,03
32%	-\$21.430.624,21
36%	-\$42.119.849,06
40%	-\$59.522.654,41
44%	-\$74.302.318,35
48%	-\$86.966.259,67
52%	-\$97.906.918,71
56%	-\$107.430.954,57
60%	-\$115.780.341,38
64%	-\$123.147.780,03

VAN	\$217.520.969,38
TIR	27,19%
TIR	VAN
0%	\$300.663.395,37
4%	\$217.520.969,38
8%	\$154.845.584,55
12%	\$106.764.817,27
16%	\$69.275.272,69
20%	\$39.598.721,35
24%	\$15.774.791,18
28%	-\$3.601.553,97
32%	-\$19.552.199,70
36%	-\$32.830.682,41
40%	-\$43.999.919,15
44%	-\$53.485.606,20
48%	-\$61.613.408,34
52%	-\$68.635.196,40
56%	-\$74.747.786,24
60%	-\$80.106.478,47
64%	-\$84.834.949,81

Apéndice B. Registro Fotográfico

