



Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento  
diarias en las UTS, 2017

**AUTORES**

Jair Samuel Velasquez Villareal  
Miris Plata Navas  
Wilmar Javier Ortiz Reynel

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS  
INGENIERIA ELECTROMECHANICA  
BUCARAMANGA  
FECHA DE PRESENTACIÓN: 07-02-2018**



Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento  
diarias en las UTS, 2017

**AUTORES**

Jair Samuel Velasquez Villareal  
Miris Plata Navas  
Wilmar Javier Ortiz Reynel

**Trabajo de Grado para optar al título de  
INGENIERO ELECTROMECHANICO**

**DIRECTOR**

MSC. Camilo Leonardo Sandoval Rodriguez

Grupo de investigación en sistemas de energía, automatización y control - GISEAC

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS  
INGENIERIA ELECTROMECHANICA  
BUCARAMANGA  
FECHA DE PRESENTACIÓN: 07-02-2018**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del Jurado

## DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado principalmente a mi familia que ha sido ese motivo de lucha y persistencia a lograr mis objetivos profesionales. También a todas las personas que de una manera u otra me han apoyado durante mi etapa académica.

## AGRADECIMIENTOS

MSc. Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez, por su colaboración y orientación durante todo el desarrollo de este proyecto.

A Lisbeth Ortiz Gómez, Julián Duarte Camargo, William Duarte Hormiga, Andrea Milena Villamil, Jorge Luis Pérez, Viviana Andrea Velasquez, Andrés Felipe Forero, Adriana Navas Pimiento y Leidy Viviana Rodriguez por su colaboración en toma de datos en las zonas de recolección de energía.

Ing. Óscar Arnulfo Acosta Cárdenas por su colaboración en la consecución de permisos y el acceso a información referente a la institución para el avance de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVOS .....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES .....	17
<b>2. MARCOS REFERENCIALES .....</b>	<b>19</b>
2.1.1. MARCO HISTÓRICO.....	19
2.1.2. MARCO CONCEPTUAL .....	20
2.1.3. MARCO AMBIENTAL. ....	31
<b>3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1. SISTEMA ENERGY HARVESTING EN LAS UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER, SEDE BUCARAMANGA .....</b>	<b>32</b>
3.1.1. ETAPA 1. DOCUMENTACIÓN.....	32
3.1.2. ETAPA 2. ESTUDIO .....	42
3.1.3. ETAPA 3. VALIDACIÓN DEL SISTEMA ENERGY HARVESTING CON BALDOSAS PAVEGEN	63
<b>3.2. RECOLECCION DE ENERGIA EN EL GIMNASIO DE LAS UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER, SEDE BUCARAMANGA .....</b>	<b>68</b>
3.2.1. ETAPA 1. DOCUMENTACIÓN.....	68
3.2.2. ETAPA 2. ESTUDIO .....	75
3.2.3. ETAPA 3. VALIDACIÓN .....	82
<b>3.3. RECOLECCION DE ENERGIA EN LOS DIFERENTES LABORATORIOS DE LAS UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER, SEDE BUCARAMANGA .....</b>	<b>84</b>
3.3.1. ETAPA 1. DOCUMENTACIÓN .....	84
3.3.2. ETAPA 2. ESTUDIO .....	86
3.3.3. ETAPA 3. VALIDACIÓN .....	88
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>89</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>94</b>

**8. ANEXOS..... 96**

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Energías renovables .....	20
Ilustración 2 Principio de funcionamiento .....	23
Ilustración 3 Acumulador de plomo .....	25
Ilustración 4 Acumulador de plomo – calcio .....	26
Ilustración 5 Acumulador de níquel – Cadmio .....	27
Ilustración 6 Estructura básica de un condensador eléctrico.....	28
Ilustración 7 Diagrama de un STATCON. ....	29
Ilustración 8 Diagrama de DVR.....	29
Ilustración 9 Sensor piezoeléctrico.....	30
Ilustración 10 Baldosa PaveGen .....	34
Ilustración 11 Baldosa PaveGen unión V3.....	35
Ilustración 12 Espacios físicos para el sistema energy harvesting con baldosa PaveGen	39
Ilustración 13 Formato físico toma de datos entrada principal.....	43
Ilustración 14 Formato físico toma de datos escaleras 1 .....	44
Ilustración 15 base de datos Entrada principal.....	49
Ilustración 16 Base de datos escaleras 1.....	50
Ilustración 17 Base de datos escaleras 2.....	50
Ilustración 18 Base de datos escaleras 3.....	51
Ilustración 19 Área de implementación PaveGen (Entrada principal).....	55
Ilustración 20 Flujo promedio de personas por día en la entrada principal de las uts .....	67
Ilustración 21 Promedio personas por día zona escaleras .....	67
Ilustración 22 Resultados del Análisis Energético .....	73
Ilustración 23 apariencia física de la Ecobike.....	74
Ilustración 24 Datos Proporcionados por la Coordinación del Gimnasio .....	78

**LISTA DE FOTOGRAFIAS**

Fotografía 1 Entrada principal.....	40
Fotografía 2 Escaleras 1.....	40
Fotografía 3 Escaleras 2.....	41
Fotografía 4 Escaleras 3.....	41
Fotografía 5 Toma de datos entrada principal.....	44
Fotografía 6 Entrada principal UTS.....	55
Fotografía 7 Escaleras 1.....	56
Fotografía 8 Área de implementación PaveGen(Escaleras 1 piso 2 y 3).....	56
Fotografía 9 Escaleras 2.....	57
Fotografía 10 Área de implementación PaveGen (Escaleras 2 pisos 2,3,4,5,6).....	58
Fotografía 11 Escaleras 3.....	59
Fotografía 12 Área de implementación PaveGen (Escaleras 3 pisos 2,3,4,5).....	59
Fotografía 13 Inspección a las bicicletas estáticas en el gimnasio de las UTS.....	77
Fotografía 14 Actividades en el Gimnasio.....	82
Fotografía 15 Motores para las prácticas de laboratorio.....	87

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Baldosas PaveGen Ficha técnica.....	35
Tabla 2 Franjas horarias de estudio para el uso de las baldosas PaveGen .....	36
Tabla 3 comparación entre tapete recolector y baldosas PaveGen.....	37
Tabla 4 Formato recolección de datos entrada principal .....	45
Tabla 5 Formato recolección de datos escaleras 1 .....	46
Tabla 6 Formato recolección de datos escaleras 2 .....	47
Tabla 7 Formato recolección de datos escaleras 3 .....	48
Tabla 8 Promedio de ingreso .....	52
Tabla 9 Promedio de personas detallado, que transitan por las escaleras.....	53
Tabla 10 Promedio de personas que transitan por las escaleras .....	54
Tabla 11 Cantidad de baldosas PaveGen por zona .....	60
Tabla 12 Valoración del potencial energético por día Entrada principal .....	61
Tabla 13 Valoración del potencial energético detallado, zona escaleras 1, 2 y 3 .....	62
Tabla 14 Balance mensual energético, % de aportación energética .....	64
Tabla 15 Balance mensual energético, % de aportación energética detallado.....	65
Tabla 16 Resultados tabla 13 .....	66
Tabla 17 características de las Ecobikes .....	71
Tabla 18 Clasificación para el sistema de generación de energía eléctrica.....	72
Tabla 19 cuantificación del personal y horario de las actividades físicas en el gimnasio..	76
Tabla 20 Actividades en las Bicicletas Estáticas en la Mañana.....	78
Tabla 21 Actividades en las Bicicletas Estáticas en la Tarde .....	78
Tabla 22 Actividades en las Bicicletas Estáticas en la Noche .....	79
Tabla 23 Actividades en las Bicicletas Estáticas II Semestre 2017 .....	79
Tabla 24 Cantidad de Personas en las Bicicletas Estáticas II Semestre 2017 .....	80
Tabla 25 Rango de Generación de energía II semestre 2017 .....	81
Tabla 26 Potencial Generado a partir del Diseño con las bicicletas estáticas en la UTS.	81
Tabla 27 Resultados obtenidos por medio del sistema de generación Ecobike .....	83
Tabla 28 Resultados de un sistema de generación a través de un diseño del mismo.....	84

## RESUMEN EJECUTIVO

El estudio realizado sobre el aprovechamiento de energía mecánica basada en actividades cotidianas en las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER en la sede B/manga, tiene como propósito analizar el potencial eléctrico producido por actividades cotidianas; dentro del material de trabajo se analizan varias áreas predestinadas a una recolección de energía limpia, cada zona tiene un sistema de recolección diferente y adaptado al tipo de recolección del mismo todo haciendo parte de un conjunto final de objetivos de este proyecto.

La recolección de energía basada en zonas tiene como fin lograr un análisis óptimo, de manera independiente utilizar métodos muy diferentes de recolección de energía como laboratorios del área de electromecánica, también se dispone a la elaboración de un estudio sobre una mejor implementación de la energía que aporta el gimnasio de las UTS recogiendo la energía mecánica que actualmente es disipada y no aprovechada, se analiza y se estudia un sistema de recolección de energía que actualmente está en auge el cual es la intervención de un sistema piezoeléctrico que se basa en la recolección de la energía por pisadas de cada estudiante de las UTS.

En la metodología se seleccionan los componentes necesarios para cumplir con los objetivos de la investigación, buscando y dando a entender el cómo se realizará los estudios respectivos para responder el problema planteado, abarcando puntos importantes como es la recopilación de datos el manejo de dichos datos y su mejor intervención al problema planteado.

El proyecto tiene como fin la entrega de un estudio detallado sobre la cantidad de energía mecánica que se puede recolectar, para después ser utilizada en el mismo plantel institucional buscando una mejora no solo energética si no ambiental.

**PALABRAS CLAVE.** Piezoeléctrico, potencial energético, Pavegen.

## INTRODUCCIÓN

Diferentes sistemas de recolección de energía de manera alternativa son el auge y la necesidad del momento para los futuros ingenieros, gracias a que es el siguiente paso en la historia; la protección y el aprovechamiento de energías alternativas no masificadas son la maneras de reducir gastos justificando una inversión de mejorar la viabilidad y sostenibilidad para las empresas, procesos o lugares donde se planee el uso y aprovechamiento de energías alternativas, deben ser sometida a un riguroso estudio para identificar variables y garantizar resultados al momento de la inversión.

En el presente proyecto se describe el proceso de estudio necesario para la recolección de energías alternativas en las UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER, sede Bucaramanga con la finalidad de identificar variables cuantitativas como cualitativas y garantizar la veracidad de los datos presentados en el proyecto, se analizaron tres maneras de recolección de energía, cada una fue estudiada de manera independiente para identificar las variables pertinentes en las diferentes maneras de recolección que se plantean en este estudio; se plantearon tres sectores para la recolección de energías alternativas las cuales fueron:

- SISTEMA ENERGY HARVESTING en las UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER, sede Bucaramanga.
- Recolección de energía en el área del gimnasio centrados en las bicicletas estáticas
- Recolección de energía en el área de los laboratorios del programa tecnología en operación y mantenimiento electromecánico.

Para el presente estudio se analizó y se usaron los valores de ficha técnica de sistemas de recolección con estándares de calidad centrados a la recolección de energías alternativas como lo son el sistema de baldosas por piezoeléctricos PaveGen (Kemball-Cook, EL PAVEGEN V3, 2017), y sistemas de recolección de energía basados en bicicletas estáticas ECOBIKES (SAS., 2012); la aplicación y función de cada sistema se evidencia a lo largo del proyecto para identificar las variables y poder dar valores pertinentes, en la parte de piezoeléctricos se buscó la estandarización de un día en las UTS, se hizo un estudio de recolección de datos de la cantidad de personas que transitan e ingresan en las UTS en

diferentes días de la semana estandarizando un dato para poder trabajar con los valores de placa que proporcionan las baldosas PaveGen; en la parte del sistema ECOBIKES se utilizaron datos aportados y verificados del gimnasio por parte del coordinador del mismo, el cual proporcionó datos ya estandarizados sobre la cantidad de estudiantes que usas las bicicletas por día y por semestre; por parte de los laboratorios se recurrió a un estudio de viabilidad basado en la duración de las pruebas en los diferentes laboratorios de la tecnología en operación y mantenimiento electromecánico, se encuestaron algunos docentes encargados de los laboratorios para identificar variables como el tiempo en las pruebas, las pruebas que son óptimas para la recolección de energía, la cantidad de módulos que dispone en los diferentes laboratorios y el tiempo en dichos módulos energizados por pruebas.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso de las energías renovables se ha ido masificando en los últimos años, a cada paso han ido emergiendo ideas aún más innovadoras, incluso han llegado a implementar tecnología que sea capaz de aprovechar la energía que utilizamos para un hecho tan simple como lo es el de desplazarnos caminando, energía que es transformada a partir de unas baldosas diseñadas por la empresa PaveGen system como lo es en el caso de la 'Bird Street' en Londres donde se implementó un área de 20 metros cuadrados para recolectar la energía de los transeúntes que a diario pasan en esta calle.

Un caso más local donde se ha implementado esta tecnología es en una de las carreteras de Medellín, la calle 10ª antes de la glorieta del centro comercial Monterrey, se han dispuesto una serie de estos equipos que en este caso son activados por el flujo vehicular bajo la misma premisa de utilizar la energía que disponemos para movilizarnos en energía eléctrica, el proyecto fue llevado a cabo por la empresa Treevolt bajo la dirección de su ingeniero jefe William Guerra.

En las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, se ha visualizado que no hay tecnologías por las cuales se pueda utilizar la energía producida mediante el desplazamiento del recurso humano por los pasillos, como al subir y bajar las escaleras para llegar a sus respectivos salones, áreas de estudio (la biblioteca) o de esparcimiento (la cafetería), las actividades físicas realizadas en el gimnasio y los respectivos laboratorios; los diferentes transeúntes utilizan su energía corporal para moverse en la institución y bajo la premisa de que *"la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma"* concluimos que la energía corporal de los estudiantes (en este caso mecánica) puede ser transformada en energía eléctrica para el uso de la misma institución, implementada en la iluminación de aulas, oficinas administrativas, ascensores, etc.

Al aprovechar esta energía se va a suplir una parte de la demanda energética que tiene la institución, reduciendo los costos de una forma amigable con el medio ambiente con

energía limpia, sin llegar afectar el ritmo de movilidad que ya posee la institución, solo transformando la energía que todo el plantel de la institución utiliza para realizar sus actividades cotidianas dentro de la misma.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por un análisis de potencial energético será el paso crucial entre desarrollar o implementar una recolección de energía verde garantizando una inversión la cual puede ser viable, esta respuesta será planteada en este proyecto de investigación basado en el potencial energético producido por las actividades cotidianas en las UTS sede B/MANGA.

¿Cuánta energía se puede generar en las unidades tecnológicas de Santander sede Bucaramanga?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Evaluar el potencial energético que es producido en las diversas actividades de los estudiantes y todo el plantel de las UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER por medio de la realización de un estudio; buscando el método más efectivo por medio de pruebas en las cuales se analizara la cantidad de energía que puede llegar a ser obtenida en las actividades cotidianas que se desempeñan dentro de la institución como movilizarse en sus instalaciones, ejercitarse en el gimnasio o realizar sus estudios en los respectivos laboratorios por medio de sus pruebas académicas; pensando en el beneficio al medio ambiente y en aportar una ayuda en mejorar a su vez la calidad del ambiente en toda la institución.

Promoviendo a su vez el uso de las escaleras en vez del ascensor, dejando así el ascensor libre para las personas que si necesitan movilizarse en él para llegar a cada punto de la institución y que por medio de las escaleras no pueden o pueden tardar mucho más tiempo del esperado; a su vez, el uso del gimnasio también sería promovido, mejorando el estado físico del plantel educativo generando energía eléctrica sin percatarse, solo desarrollando sus actividades con total normalidad.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer la cantidad de energía generada en las unidades tecnológicas de Santander sede Bucaramanga, basada en el gimnasio, laboratorios y espacios transitados, por medio de la medición en las fuentes primarias, con el fin de ser aprovechada por la institución.

#### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las distintas fuentes primarias, mediante la búsqueda bibliográfica e inventario en sitio, con el fin de identificar los equipos requeridos para la captación de energía.
- Determinar el uso de los equipamientos que conforman las fuentes primarias mediante un análisis estadístico, para definir la tendencia en la generación de acuerdo al flujo de usuarios y tipos de practica al cual se someten las fuentes.
- Determinar la cantidad de energía generada, mediante la medición en las fuentes primarias de acuerdo al tiempo, flujo de personas y operación en las máquinas.
- Evaluar el potencial energético total, basado en las fuentes primarias por medio de cálculos matemáticos con el fin de establecer el porcentaje de suministro hacia la institución.

#### 1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

Uno de los usos del efecto piezoeléctrico actualmente es para la obtención de energía eléctrica por medio de las pisadas en las baldosas PaveGen, al instalarlas en zonas concurridas como estaciones de tren, subterráneos, canchas de fútbol, centros comerciales, colegios o aeropuertos son accionadas por las pisadas de los transeúntes generando energía eléctrica limpia que puede ser utilizada para diversos usos como iluminación, anuncios digitales o zonas wifi, estas baldosas tienen una medida de 45x60 centímetros, las baldosas se hunden 5mm siendo algo imperceptible para los transeúntes que las accionan y produciendo alrededor de 8 W por persona dependiendo de la estatura y peso de cada persona característico, de la energía que estas baldosas obtienen solo gastan un 5% en la iluminación del logo led que ellas poseen, el 95% restante es energía que puede ser utilizada de diversas maneras.

El ingeniero Laurence Kembell-Cook es quien patentó estas baldosas bajo la firma PaveGen, al buscar una forma de aprovechar la energía del movimiento de personas en masa de manera eficiente y amigable con el medio ambiente. El centro comercial Westfield Stratford City cuenta en sus exteriores con 20 baldosas PaveGen que obtienen la energía de alrededor de 40 millones de personas que pasarán por este sitio en tiempo de un año, obteniendo la energía para toda la iluminación exterior de este, el centro comercial más grande de Europa.

En Lagos, Nigeria, en una cancha de fútbol con gramilla sintética sembraron 96 baldosas que servirán para la iluminación nocturna de la misma. *"En unos años seremos capaces de iluminar las calles a nuestro paso, o lograr que un estadio de fútbol sea autosuficiente, o comprobar la salida de nuestro tren en un tablero electrónico alimentado por nuestras propias pisadas"* (Fresneda)

Las baldosas cuentan en su interior con cristales piezoeléctricos (cristales carentes de un centro de simetría), al aplicar una carga mecánica (tensión o compresión, en este caso de compresión producida por el tránsito de personas) produce una carga eléctrica en ellos deformando los cristales levemente, esta carga eléctrica es almacenada y posteriormente

empleada; los cristales puede ser naturales como sintéticos, dentro de los naturales está el cuarzo, turmalina, etcétera, en el otro grupo encontramos el tantalato de litio, nitrato de litio, berlinita.

La transformación de energía mecánica en energía eléctrica siempre ha sido una necesidad a través del tiempo, desde 1832, año en el cual es construido el primer dinamo de uso industrial por el fabricante francés Hippolyte Pixii se inicia la transformación de energía mecánica en energía eléctrica, el dinamo al tener la limitante de solo producir electricidad continua fue necesaria la invención del alterador capaz de generar electricidad alterna a partir de energía mecánica por el principio de inducción electromagnética.

La necesidad del ser humano por disminuir la contaminación y encontrar nuevos tipos de energías más amigables con el medio ambiente, conlleva a encontrar la manera de aprovechar la energía que antes no se utilizaba, ejemplo de esto, la energía que produce el cuerpo humano con su movimiento o esfuerzo físico cuando está en el gimnasio. En el 2008 la compañía "GYRE9" implementó en un gimnasio de Connecticut 20 bicicletas estáticas llamadas "*the green revolution*" capaces de producir al año la cantidad de 3.6 MW, energía que al ser producida por otros métodos con llevaría a emitir alrededor de 2500 kg de dióxido de carbono al medio ambiente.

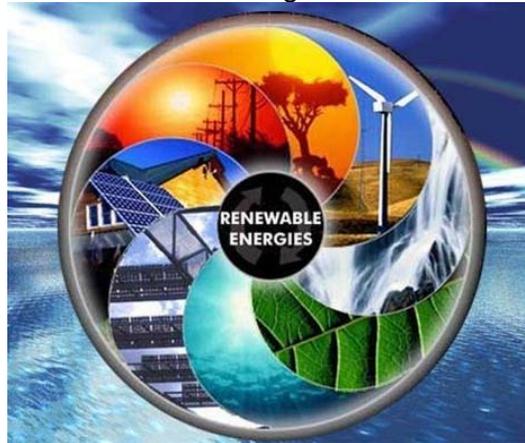
## 2. MARCOS REFERENCIALES

### 2.1.1. Marco Histórico.

Atreves del tiempo las energías renovables han constituido parte fundamental de la historia en la humanidad en la energía aprovechada por los humanos desde tiempos remotos, haciendo referencia a la energía solar, eólica e hidráulica. Desde sus inicios las grandes invenciones han ayudado al desarrollo de nuevas tecnologías existentes en la actualidad, citando a James Watt inventor escocés e ingeniero mecánico fue el inventor de la máquina de vapor de agua, donde daría como resultado en el desarrollo de la primera revolución industrial al nivel global, inventor del movimiento paralelo para convertir el movimiento circular en un movimiento casi rectilíneo, donde James Watt aportó de manera significativa al desarrollo de la máquina de vapor desarrollándolo en un proyecto tecnológico a una forma viable y económica de producir energía.

Hacia la década de los años 1970 el desarrollo de las energías renovables ha tenido una consideración como una alternativa hacia las energías tradicionales utilizando energías limpias y renovables para poder de alguna manera reemplazar las energías que provienen de combustibles fósiles. Hoy en día con el desarrollo de estas nuevas tecnologías podemos llegar a la conclusión de llamarlas energías renovables ya que el nombre de energías alternativas no debería emplearse al ser hoy en día una realidad el desarrollo y aprovechamiento de estas energías mencionadas.

Ilustración 1 Energías renovables



Fuente: <https://erenovable.com/energias-renovables/>

### **2.1.2. Marco Conceptual.**

#### **La energía.**

Se denomina a la energía como una propiedad asociada a la materia que está siempre presente en la realización de un trabajo. Donde se encuentra a nuestro alrededor en muy variadas formas. También podemos definirla como la capacidad de un cuerpo para realizar un trabajo o hacer que algo suceda ya sea por medio de movimiento, calefacción o alternación. (Escribano, 2005, p.30)

#### **Tipos de energía.**

La energía tiene muchas formas, capaces de transformarse unas en otras. A lo largo de la historia, el ser humano ha desarrollado diversas utilidades para la energía, a su vez máquinas capaces de controlar la energía y sus transformaciones

- **Energía eléctrica**

Es la energía la cual es transportada por la corriente eléctrica. Es la forma más utilizada por la facilidad con la que es generada, transportada y transformada en sus diferentes usos de energía.

- **Energía calorífica**

Debido al movimiento interno de las partículas que constituyen un cuerpo su generación se basa en cuanto más rápido vibren las mismas, más caliente estará el cuerpo y viceversa.

- **Energía nuclear**

Es la energía almacenada en los núcleos de los átomos. En esta forma de energía se puede liberar en las reacciones de fisión y fusión nuclear. En ambos procesos se obtiene una enorme cantidad de energía. (Escribano, 2005, p.31).

### **Fuentes de energía.**

Las fuentes de energía son recursos renovables de los cuales se obtienen, a través de las transformaciones sucesivas a su vez de las diferentes formas de energía existentes. Las fuentes de energía se clasifican en dos tipos

- **No renovables**

Se les conoce como fuentes no renovables a las que cuya capacidad de regeneración es nula o muy lenta, donde sus reservas son limitadas y su explotación repercute de forma negativa sobre el medio ambiente natural.

- **Renovables**

Son las que, una vez utilizadas, tiene la capacidad tener un proceso regenerativo de forma continua. Contienen la ventaja de ser poco contaminantes, de bajo precio y prácticamente inagotables. (Escribano, 2005, p.32).

### **Energía eléctrica.**

La energía eléctrica es la más utilizada y versátil en todas las formas conocidas. La cual se genera y transporta a largas distancias con relativa facilidad, bajo un costo y un rendimiento energético aceptable, la cual se puede transformar de manera sencilla en otras formas de energía. La energía eléctrica se consume inmediatamente después de su producción, por

lo que no es posible disponer de stocks estratégicos como ocurre con otros recursos energéticos. (Escribano, 2005, p.33).

### **Energía mecánica.**

La energía mecánica es la se genera por medio de sus cuerpos en razón de su movimiento, cuando nos referimos energía mecánica la podemos definir como la suma de la energía almacenada en un sistema, la energía que es producida en el mismo movimiento y la energía elástica de un cuerpo en movimiento.

- **Energía Cinética.**

La energía es la capacidad de un objeto de transformar el mundo que le rodea. Su unidad es el joule. Los cuerpos por el hecho de moverse tienen la capacidad de transformar su entorno. Por ejemplo, al movernos tenemos la capacidad de transformar objetos, de chocar de romper, etc. Llamamos energía cinética a la energía que posee un cuerpo por el hecho de moverse. La energía cinética de un cuerpo depende de su masa y de su velocidad.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

- **Energía Potencial.**

La energía potencia gravitatoria es la capacidad que tienen los objetos de caer. Tiene su origen en la existencia del campo gravitatorio terrestre. Su magnitud es directamente proporcional a la altura en la que se encuentra el objeto, respecto de un origen que colocamos a nivel de la superficie terrestre, y a la masa del objeto (Guzmán , 2007, p.13).

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (2)$$

### **Principio De Conservación De La Energía.**

La energía se conserva y este es el suceso principal, es conocido con el nombre de primer principio de la Termodinámica o principio de conservación de la energía, está establecida como una ley básica de la física. Se define el concepto de energía interna como la cantidad

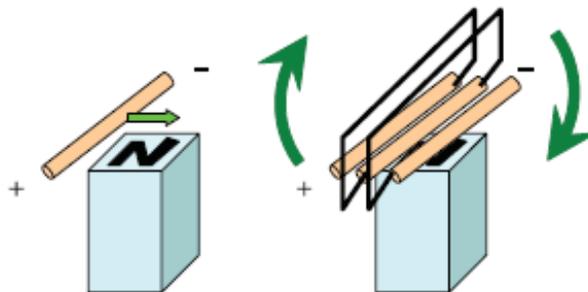
de energía entregada a un sistema adiabático en forma de trabajo mecánico; si la transferencia de trabajo se hace mediante un proceso no adiabático, el trabajo no coincide con la variación de energía interna del sistema y el trabajo efectuado por este durante el proceso (Aguer, Jutglar, & Miranda, 2004).

### Generación de Energía Eléctrica.

Cuando nos referimos a generación es, en realidad, una transformación, ya que se genera energía eléctrica a partir de otro tipo de energía, como la nuclear, la hidrostática, la térmica, la solar y la mareomotriz, entre muchas otras. Al frotar un conductor eléctrico (por ejemplo, un alambre de cobre) frente a un imán se obtiene en los extremos del conductor una tensión eléctrica. A esto se refiere el principio de funcionamiento de la mayoría de los generadores eléctricos.

En la actualidad es existente una sola forma de generación de energía eléctrica de vital importancia práctica, la cual consiste en hacer girar la máquina que hace pasar imanes o electroimanes frente a bobinas fijas arrolladas alrededor de grandes trozos de hierro (Agustín , 2010, p.55).

Ilustración 2 Principio de funcionamiento



Fuente: <http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/magnet/generador.html>

### Electricidad por presión.

Los materiales piezoeléctricos son aquellos que liberan electrones cuando se les aplica una fuerza. Cuando se aplica la fuerza sobre el material, los electrones son obligados a salir de

sus orbitas y se desplazan hacia el punto opuesto a aquel en que se está ejerciendo la presión; cuando esta cesa, los electrones regresan a los átomos de donde proceden sustancias como las sales de Rochelle y las cerámicas de titanio de bario, son especialmente efectivas para generar este efecto. se cortan en formas especiales, de modo que sea posible controlar los puntos en donde existe la diferencia de potencial. Este efecto se aprovecha para generar señales electrónicas de audio en los micrófonos, los cuales están formados por un cristal piezoeléctrico sobre el que se coloca una tapa que lo deforma conforme a las variaciones de los sonidos que logran desplazarla (Figuroa, Parra, & Orozco, 2015).

### **Electricidad por magnetismo.**

Una de las formas de generacion de energia mas utilizadas en la actualidad, por medio de las bicicletas se puede llegar a generar una pequeña cantidad de energia electrica suficiente para encender un bombillo, Figuroa, Parra, & Orozco (2015) afirma: Cuando un alambre conductor cruza perpendicularmente las líneas de fuerza magnética de un imán, los fotones del campo obligan a los electrones de dicho conductor a desplazarse; de esta forma, dado que en uno de sus extremos se produce un acumulamiento de electrones y en el otro un déficit, se obtiene un conductor con un extremo positivo y otro negativo. Lo cual a esto se llama magneto electricidad. Figuroa et al. (2015)

### **El acumulador**

El acumulador está compuesto por el electrolito y los electrodos. Cuando se conectan los electrodos a un receptor, el electrolito actúa de la misma forma que las llamadas (pilas) iniciándose así la descarga del acumulador. Al establecer una diferencia de potencial entre los electrodos, la corriente eléctrica fluye por el acumulador en sentido contrario al de la descarga, originándose así reacciones químicas inversas que hacen recuperar el estado inicial del acumulador. Comúnmente los elementos que componen los acumuladores son:

**Recipiente y tapa:** parte destinada a almacenar todos los componentes

**Placas:** se les conoce como los electrodos del acumulador

**Separador:** el objetivo principal es separar las placas negativas y positivas con el fin de evitar cortocircuitos

**Tapones:** evita derrames

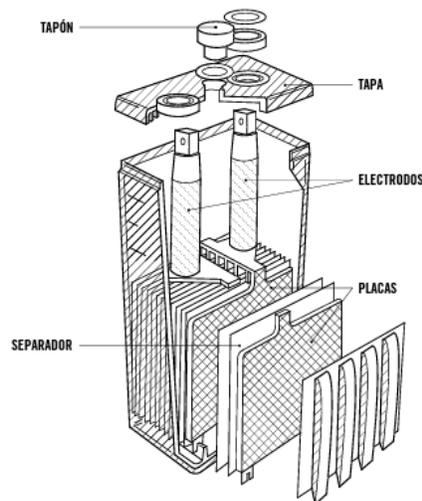
**Electrolito:** Sustancia la cual produce la reacción química para el correcto funcionamiento del acumulador (Guerrero, 2011, p.116).

## Tipos de acumuladores

### Acumuladores de plomo.

Pérez (2011) afirma: “Estos acumuladores son los más utilizados y antiguos, donde suelen agruparse en baterías con mayor o menos número de elementos acumuladores. El cual este tipo de número de elementos depende de la aplicación a la cual se va operar” (p.116).

Ilustración 3 Acumulador de plomo

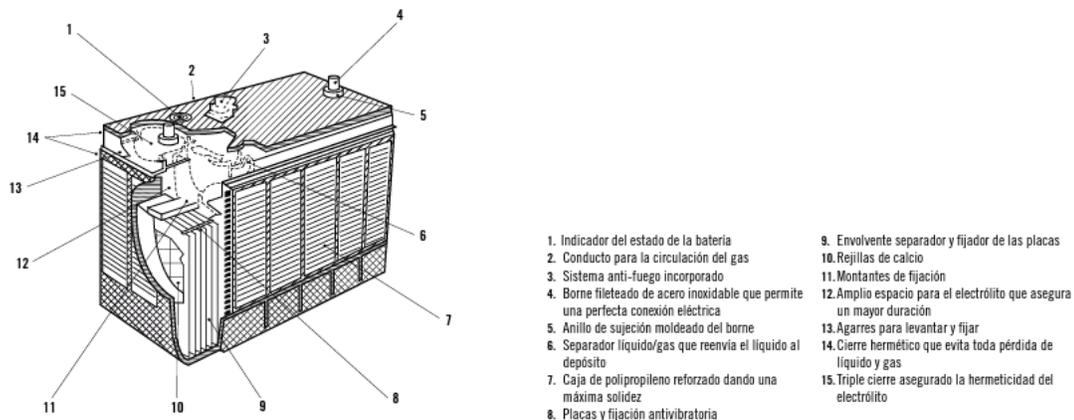


Fuente: <http://juankyclara.blogspot.com.co/p/fuentes-de-electricidad.html>

### Acumuladores de plomo – Calcio

Pérez (2011) afirma: Las rejillas de las placas de estos acumuladores están constituidas por una aleación de plomo-calcio, la cual alarga la vida de la batería donde también reduce la descarga en ausencia de funcionamiento. Este tipo de acumuladores tiene la ventaja que no es necesario revisar el nivel del electrolito ya que la aleación de plomo calcio reduce la evaporación del agua del electrolito. (p.117).

Ilustración 4 Acumulador de plomo – calcio

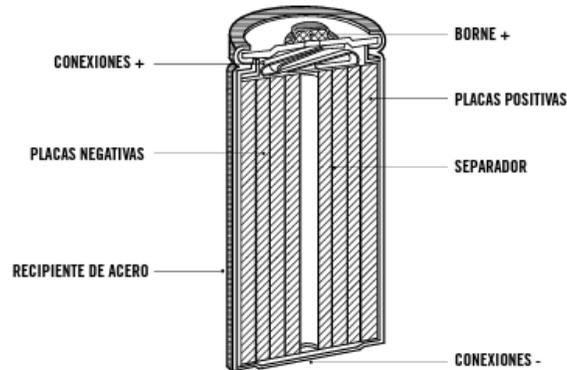


Fuente: [http://www.sapiensman.com/electrotecnia/pilas\\_y\\_baterias1.htm](http://www.sapiensman.com/electrotecnia/pilas_y_baterias1.htm)

### Acumuladores de níquel-cadmio

Pérez (2011) afirma: “Se les conoce como (pilas recargables) ya que presentan el mismo tamaño que las pilas. Las cuales son utilizadas en aquellos dispositivos que funcionan con pila convencionales y tienen la ventaja de que se pueden recargar sin deterioro alguno” (p.119).

Ilustración 5 Acumulador de níquel – Cadmio



Fuente: [http://www.sapiensman.com/electrotecnia/pilas\\_y\\_baterias2.htm](http://www.sapiensman.com/electrotecnia/pilas_y_baterias2.htm)

### **Banco de acumuladores**

Un banco de acumuladores consiste en la conexión de una o más baterías permitiendo el almacenamiento de energía en un sistema.

### **Conexión de acumuladores en serie.**

Semiónov (1969) afirma: “Se le conoce conexión en serie cuando el polo negativo del primer acumulador está conectado con el polo positivo del segundo, el polo negativo del segundo acumulador está unido con el polo positivo del tercero” (p.101).

### **Conexión de acumuladores en paralelo.**

Semiónov (1969) afirma: Se denomina conexión en paralelo, cuando todos los polos positivos de los acumuladores se unen entre sí, formando una (más) común de la batería. Y los polos negativos de los acumuladores se unen de la misma forma, formando el (menos) común de la batería. (p.103)

### **Conexión de acumuladores mixta.**

Semiónov (1969) afirma: “Se denomina conexión mixta donde hay varios grupos conectados en paralelo, cada uno de los cuales tiene algunos acumuladores conectados en serie” (p.105).

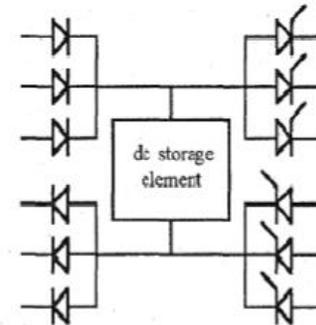
## Dispositivos para el mejoramiento de la calidad de la energía eléctrica.

Mago, Chourio, Villegas, & Guillén (2008) afirma: la mayor parte de las perturbaciones que se producen en las redes eléctricas consisten en breves caídas de tensión, la inmensa mayoría de las cuales se deben a los cortocircuitos en algún punto de la red que afectan una sola fase. La respuesta a este problema es el restaurador dinámico de tensión o DVR, el cual detectara y compensara instantáneamente las caídas de tensión. (p.47)

### El condensador estático básico.

Un condensador básico estático es un dispositivo compuesto principalmente de dos componentes: un convertidor AC-DC y otro DC-AC el convertidor AC-DC empleado puede ser del tipo 6,12 o 24 pulso según los niveles de armónicos deseados. La conversión DC-AC es efectuada mediante un inversor modulador por PWM debido a su baja producción de armónicos sobre el lado AC y por su habilidad de generar diferentes formar de onda para aplicaciones como la cancelación de armónicos. (Mago, Chourio, Villegas, & Guillén , 2008, p.47).

Ilustración 6 Estructura básica de un condensador eléctrico



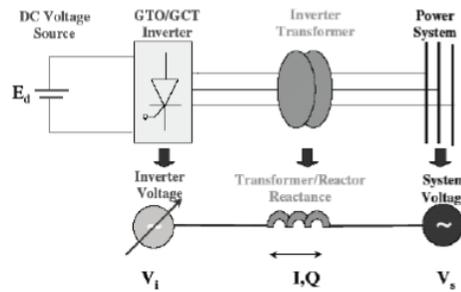
Fuente: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/condensador.html>

### STATCON.

El condensador de distribución estático conocido también como STATCON o DSC es un dispositivo que inyecta energía reactiva a la red de distribución en el cual está conectado. En su forma más simple el DSC inyecta un voltaje en fase con la red proveyendo de esta forma regulación del voltaje y la potencia reactiva. Su operación se fundamenta en que al

controlar el flujo de potencia reactiva ayuda a reducir las corrientes de línea y por consiguiente las pérdidas totales del sistema. (Mago, Chourio, Villegas, & Guillén , 2008, p.48).

Ilustración 7 Diagrama de un STATCON.

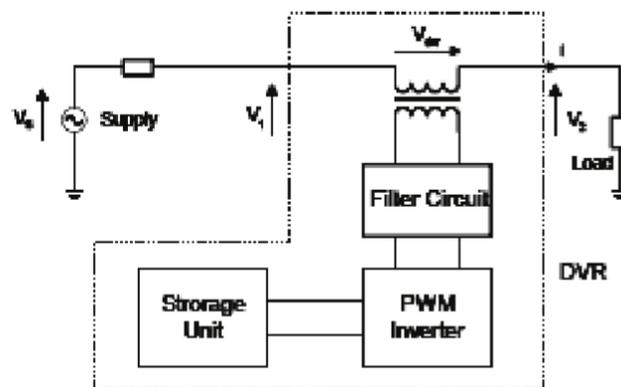


Fuente: <http://www.powerqualityworld.com/2011/09/statcom-static-synchronous-compensator.html>

### DVR.

Es un dispositivo conectado en serie con las líneas de alimentación que se utiliza para la compensación de voltaje en cargas sensibles a perturbaciones en la red de potencia; los DVR'S ofrecen protección contra Sags, Swells y distorsiones de la forma de onda de voltaje. Funcionalmente, los restauradores dinámicos de voltaje se basan en un inversor de voltaje basado en modulación de ancho de pulso (VSIPWM) que es capaz de generar o absorber potencia real o activa independientemente de las condiciones del voltaje de AC presente en su salida. (Mago, Chourio, Villegas, & Guillén , 2008, p.50).

Ilustración 8 Diagrama de DVR.

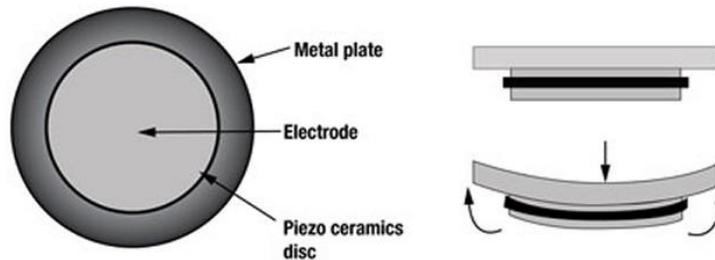


Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/Diagrama-de-un-DVR\\_257141624](https://www.researchgate.net/figure/Diagrama-de-un-DVR_257141624)

## Piezoelectricidad.

El término piezo proviene del griego piezein lo cual significa presionar. A través de la historia el desarrollo de la piezoelectricidad suma más de 130 años desde su descubrimiento la tendencia por este fenómeno creció rápidamente, transformándose así en el último cuarto del siglo XIX un nuevo campo de investigación. La primera aplicación práctica donde fueron usados los piezoeléctricos tuvo su aparición en 1917 cuando el matemático y físico francés Paul Langevin propuso el uso del eco ultrasónico para el desarrollo e implementación dispositivos que detectaran objetos bajo el agua. Los materiales piezoeléctricos poseen la propiedad de presentar polarización eléctrica al ganarle una deformación mecánica y viceversa, tienen el objetivo de generarle una deformación mecánica al aplicarle una carga eléctrica. La primera conducta se conoce como efecto directo, donde el material piezoeléctrico actúa como un sensor; mientras que la segunda conducta se conoce como efecto inverso donde en este caso el material piezoeléctrico tiene un comportamiento como de un actuador. (Esteban, 2014, p.55).

Ilustración 9 Sensor piezoeléctrico



Fuente: <http://www.thereмино.com/es/hardware/inputs/piezoelectric-sensors>

**Energy Harvesting:** La cosecha de energía (también conocido como la recolección de energía o de eliminación de energía o potencia ambiente ) es el proceso por el cual la energía se deriva de fuentes externas (por ejemplo, energía solar , energía térmica , energía eólica , gradientes de salinidad , y la energía cinética , también conocidos como la energía ambiental ), capturados y almacenados para dispositivos autónomos inalámbricos

pequeños, como los que se usan en dispositivos electrónicos portátiles y redes de sensores inalámbricos .

### **2.1.3. Marco Ambiental.**

A través del tiempo los seres humanos hemos utilizado ciertos recursos naturales que han sido aprovechados por sus características químicas donde se han empleado como combustibles. Se han formado naturalmente mediante procesos biogeoquímicos, desarrollados bajo condiciones especiales durante millones de años. Estos recursos se consideran no renovables al tener características químicas propias que a su vez generan un grave impacto ambiental.

La contaminación través del uso de estos compuestos han generado un daño irreparable al medio ambiente, para la generación de energía los seres humanos a través de la historia han implementado métodos y compuestos a base de estos combustibles fósiles, referente a la salud el monóxido de carbono es una sustancia toxica la cual ingresa al cuerpo a través de la respiración donde puede provocar enfermedades perjudiciales al sistema inmunológico del cuerpo humano.

Tenemos como objetivo hacer un estudio para aprovechar los diferentes equipos que generan energía a través de distintos procesos, mediante la recolección de energía generada en los laboratorios, el gimnasio y las escaleras en las unidades tecnológicas de Santander buscamos poder auto consumir esa energía recolectada con los dispositivos necesarios para realizar este proceso.

### 3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

Este desarrollo se desglosa por los tres métodos de recolección para presentarlo de forma más organizada, estos tres métodos en su respectivo orden son:

- Energy Harvesting para recolectar la energía de todo lo que se movilice en la entrada principal y en las bahías de las escaleras de las UTS.
- Recolección de energía en el gimnasio por medio de las bicicletas estáticas.
- Recolección energética en los laboratorios del programa de electromecánica.

Se presentaron de esta forma hasta la actividad 6 – análisis de resultados independientes, debido a que cada zona tiene sus propias particularidades, las actividades siguientes desde la 7 – compilación de resultados, se presentaron juntas ya que es el análisis de los resultados obtenidos en cada zona, por ende, donde se define la viabilidad de implementar este tipo de tecnologías de recolección para las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, sede Bucaramanga.

En el desarrollo del proyecto en el área de Sistema Energy Harvesting (recolección de energía basados en aplicación de cargas externas sobre un elemento) se investigó la aplicación de sistemas piezoeléctricos para recolectar energía mecánica y posteriormente transformarla en energía eléctrica, actualmente es una tecnología en auge que promete y justifica inversiones en el área de la recolección de energía; se estudiaron dos opciones una de ellas fue la creación de un tapete de recolección basados en proyectos ya realizados en México (Maximiliano Ramírez, 2016), otro sistema es uno de los pioneros en estos métodos de recolección de energía el cual es el sistema de vadosas PaveGen creado en el reino unido (Kemball-Cook, Pavegen, 2009) es un sistema que actualmente está disponible en el mercado.

#### 3.1. SISTEMA ENERGY HARVESTING EN LAS UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, SEDE BUCARAMANGA

##### 3.1.1. *Etapa 1. Documentación.*

- **Actividad 1. Revisión Bibliográfica.** A lo largo del proyecto se desarrolló una búsqueda de información procedente de diferentes fuentes como libros, tesis, artículos y páginas Web, y documentación, en la implementación de sistemas para la recolección de energías basados en cargas externas las cuales generan un desplazamiento vertical, ocasionado la generación de energía eléctrica de manera limpia y renovable; se investigó el uso de sensores piezoeléctricos como la generación o fabricación de un tapete (Maximiliano Ramírez, 2016) el cual permita recolectar esta forma de energía la implementación del sistema es relativamente sencilla tanto en sus materiales como en su instalación; otro proyecto ya disponible en el mercado actual mente comercializado es la aplicación de una nueva baldosa desarrollada en el reino unido llamada baldosas PaveGen modelo v3 (Kemball-Cook, EL PAVEGEN V3, 2017); dichas baldosas proporciona un estándar de calidad, elegancia, eficiencia, durabilidad con óptimos resultados en la implementación de sus sistemas a lo largo del mundo, su modelo V3 permite una mayor recolección de energía con solo 5 mm de desplazamiento en las baldosas garantiza 5watts en un rango de 12 – 48 V como se indica en la ilustración 14. Basados en los datos obtenidos de los dos productos se analizó cual es el más eficiente y por tanto proporcionaría un mayor potencial energético a recolectar, basados en criterios como calidad, presentación y eficiencia.

## SISTEMA ENERGY HARVESTING CON BALDOSAS PAVEGEN

Se buscó información sobre tecnologías nuevas en auge para la energy harvesting lo cual es la recolección de energía por pisadas humanas, la generación o implementación de un tapete de energy harvesting implementado en México (Maximiliano Ramírez, 2016) conformado por piezoeléctricos, capacitores de 22 micro faradios, diodos, leds, sistema de interruptor, resistencias y una base aislante como madera permite la recolección de energía para posteriormente almacenarla y usarla en sistemas de iluminación, sistemas de mediciones de nivel, equipos médicos de imagen por ecografía; cabe destacar su bajo costo comparado con otras tecnologías pero su sistema de recolección de energía es un tanto variable en cuanto a la producción de energía por pisada, de que depende dicha

recolección de energía de la fuerza externa que se aplique en los piezoeléctricos distribuidos por el tapete.

Se decidió investigar un sistema de baldosas PaveGen V3 (Kemball-Cook, 2017) para el proceso de transformación y recolección de energía humana con SISTEMA ENERGY HARVESTING, basados en el alto índice de estudiantes de las UTS, sede Bucaramanga, el fin de estas baldosas es la generación de energía eléctrica a partir de las pisadas como fuente de energía, para implementar este sistema y poder determinar una viabilidad es preciso un estudio estadístico teniendo la variable del flujo de personas vista estadísticamente como una variable discreta (BENCARDINO, 2012).

Las características del sistema son proporcionadas por el mismo fabricante como se ve en la tabla 1, antes de decidir una compra por lo tanto fue posible el análisis y la valoración energética de las baldosas PaveGen en el entorno cotidiano de las UTS en un semestre de clases.

Ilustración 10 Baldosa PaveGen



Fuente: PaveGen

Ilustración 11 Baldosa PaveGen unión V3



Fuente: PaveGen

Tabla 1 Baldosas PaveGen Ficha técnica

<b>Especificaciones PaveGen V3</b>	
<b>Dimensiones</b>	500 mm cada borde
<b>Potencia nominal</b>	5 Watts de potencia a partir de pasos
<b>Voltaje</b>	48v (rango 12v – 48v)
<b>Materiales</b>	Acero, aluminio reciclado, compuesto
<b>Tamaño mínimo de pedido</b>	Matriz 2x4 m
<b>Certificación</b>	Cumple con CEM, marca CE, Cumple con UL

Fuente: PaveGen

Las baldosas de PaveGen en el modelo V3 en forma triangular garantiza 200 veces más energía que su modelo anterior (Kemball-Cook, Pavegen, 2009), además de los datos proporcionados por el fabricante se tuvo en cuenta su forma geométrica la cual por ser triangular garantiza que en cada pisada se activen como mínimo dos baldosas PaveGen elevando el índice de producción energética drásticamente.

Para la recolección de los datos fue necesario basarnos en el libro Estadística y Muestreo (BENCARDINO, 2012), se analizó la toma de datos como una variable discreta, cuya función es identificar la cantidad del flujo de personas promedio por día en las UTS;

basados en una medida de tendencia central cap. 3 del libro Estadística y Muestreo (Bencardino, 2012) la cual se conoce como mediana o promedio; en la fase de toma de datos para identificar variables y tendencias en la cantidad de personas que circulan normalmente en las UTS sede Bucaramanga, el concepto implementado en el proyecto fue la eliminación de valores atípicos (Orellana, 2008) en el cual se basa en una identificación adecuada al rango en el cual se estableció la recolección de datos, los cuales pueden generar que la aproximación estadística no sea rentable, basados en este concepto se categoriza un flujo de personas por las instalaciones estratégicamente ubicados y en 5 franjas horarias a lo largo del día como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Franjas horarias de estudio para el uso de las baldosas PaveGen

Bloque	Hora
1	6:00 - 7:30 am
	7:30 - 9:00 am
2	9:00 - 10:30 am
	10:30 - 12:00 pm
3	12:00 - 1:30 pm
	1:30 – 3:00 pm
4	3:00 – 4:30 pm
	4:30 – 6:00 pm
5	6:30 – 8:00 pm
	8:00 – 9:45 pm

Estas franjas horarias fueron seleccionados como flujo clave en las instalaciones de las UTS, debido a que son las manejadas por la institución en su estructura para el inicio y finalización de clases; pruebas o bases de datos realizados en estas franjas horarias de tiempo, determina una variable del flujo de personas que cotidianamente circulan por la institución; con el fin de eliminar valores atípicos se agruparon los datos en los intervalos establecidos dando un control y manejando en la dispersión de los valores para establecer variables pertinentes y asertivas.

- Actividad 2. Selección y clasificación del sistema energy harvesting.** Se investigaron sistemas para la captación de energías aplicadas por fuerzas externas energy harvesting (pisadas humanas), se analizó la posibilidad de implementar tapetes de recolección de energía de fácil fabricación (Maximiliano Ramírez, 2016), o la implementación de baldosas Pavegen un sistema del reino unido ya disponible comercialmente con altos estándares de calidad; para la selección del método a implementar se analizaron las ventajas y desventajas entre los dos sistemas de energy harvesting basándonos en características como: la recolección de energía, la durabilidad del sistema con respecto al tiempo, costos de implementación o de construcción de pendiendo del sistema, mantenimiento del sistema, los resultados de la comparación se evidencian en la tabla 3.

Tabla 3 comparación entre tapete recolector y baldosas PaveGen

Tipo de sistema	Ventajas	Desventajas
Tapete recolector de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de fabricación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de energía imprecisa y variable, depende de las diferentes fuerzas que actúen en el sistema de recolección</li> <li>• Durabilidad y resistencia al tiempo</li> <li>• Mantenimiento</li> </ul>
Baldosas PaveGen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estándares de recolección establecidos</li> <li>• Durabilidad y resistencia al tiempo</li> <li>• Mantenimiento</li> <li>• Diseño elegante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de implementación</li> </ul>

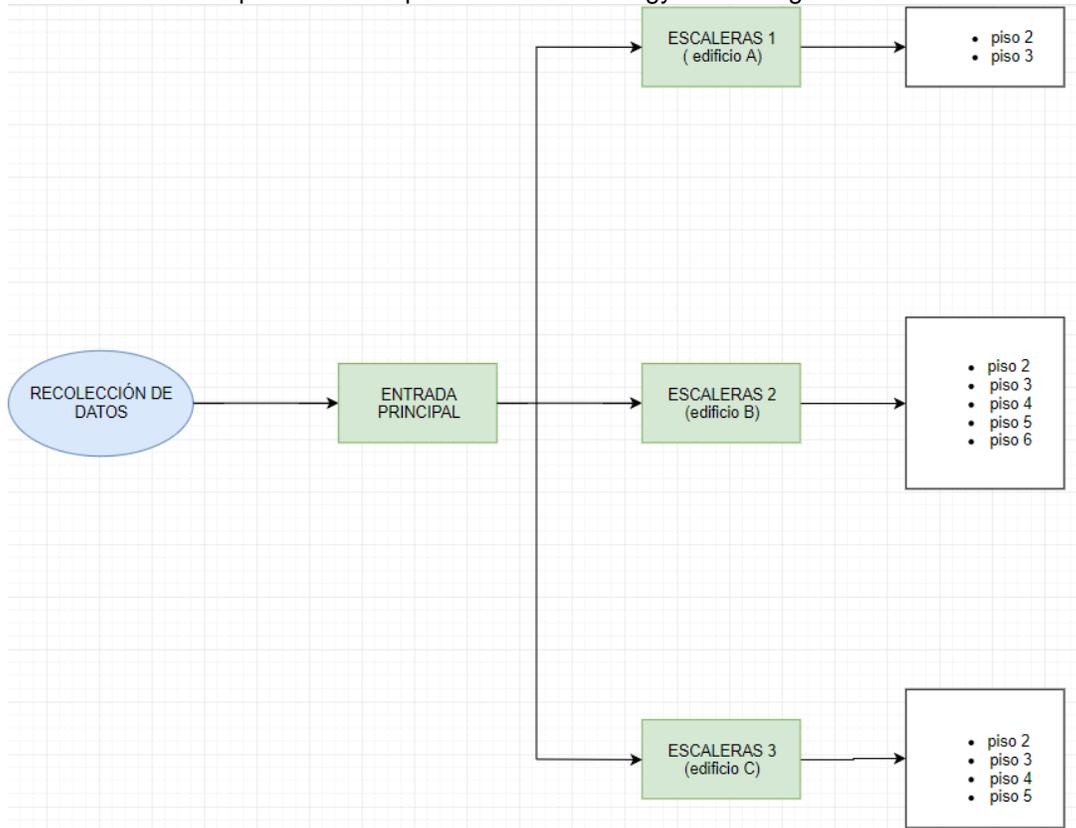
Analizando la tabla 3 se seleccionó el sistema de baldosas PaveGen modelo V3 (Kemball-Cook, EL PAVEGEN V3, 2017), se seleccionó este método de recolección por ser una tecnología en auge y con buenas garantías a la viabilidad en un proyecto de recolección de energías limpias; gracias a sus sistema de recolección de energía de mayor eficiencia y durabilidad con respecto al tiempo, el sistema de baldosas PaveGen V3 permito al proyecto dar resultados en cuanto a un posible potencial energético el cual es proporcionado por la ficha técnica del fabricante en la Tabla 1.

## CLASIFICACIÓN DE ESPACIOS FÍSICOS PARA EL SISTEMA ENERGY HARVESTING CON BALDOSAS PAVEGEN

Para la recolección de esta energía se seleccionan cuatro espacios físicos de alto flujo la cuales también se subdividen para una mayor recolección de energía y por tanto incrementar el potencial energético en la UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER, Sede Bucaramanga; la función principal de todos los espacios físicos a implementar el sistema de baldosas PaveGen, es seguir el movimiento cotidiano del personal que ingresa en la institución, resultados obtenidos en zonal de alto flujo dan valores prometedores en el posible potencial energético; un caso evidenciado fue la implementación de placas piezoeléctricas en el estadio “Estadio de Fútbol Bernabéu” el 13 de abril del 2011 se produjeron **8.400 watts** por segundo (Nuria, 2011).

El proceso de recolección Energy Harvesting Con Baldosas Pavegen inicia en la entrada principal de la institución donde se logró un promedio por día en flujo de más de 23,000 personas como se evidencia en la (tabla N 8), lo cual hace de esta zona una pieza clave en la recolección de energía mecánica para posteriormente ser transformada y almacenada en energía eléctrica; los demás espacios físicos de recolección se basaron en la implementación del sistema PaveGen en las bahías que poseen las escaleras en los tres edificios de la institución. La idea principal y por lo tanto en la que se basó la ubicación del sistema en las bahías de las escaleras fue el intento de cubrir en su mayoría el desplazamiento de las personas que ingresan en la institución cotidianamente, cada edificio consta de bahías intermedias entre sus diferentes niveles, las bahías fueron nombradas con el piso al cual proporcionan acceso de manera ascendente, en otros términos la bahía intermedia ente el piso 1 y 2 se denominó bahía 2 como se muestra en la ilustración 12.

Ilustración 12 Espacios físicos para el sistema energy harvesting con baldosa PaveGen



Cada zona de escaleras cuenta con diferentes funciones como: las escaleras1 buscan la recolección de energía del edificio (A) el cual cuenta con 4 pisos y dos bahías de recolección, las escaleras 2 cumplen la función de recolección de energía del edificio (B) el cual cuenta con 6 pisos dedicados a la enseñanza y por tanto 5 bahías de recolección de energía; las escaleras 3 son encargadas de la recolección de energía en el edificio(C) por tanto está conformada por 5 niveles y cuenta con 4 bahías de recolección como se muestra en la (ilustración 15).

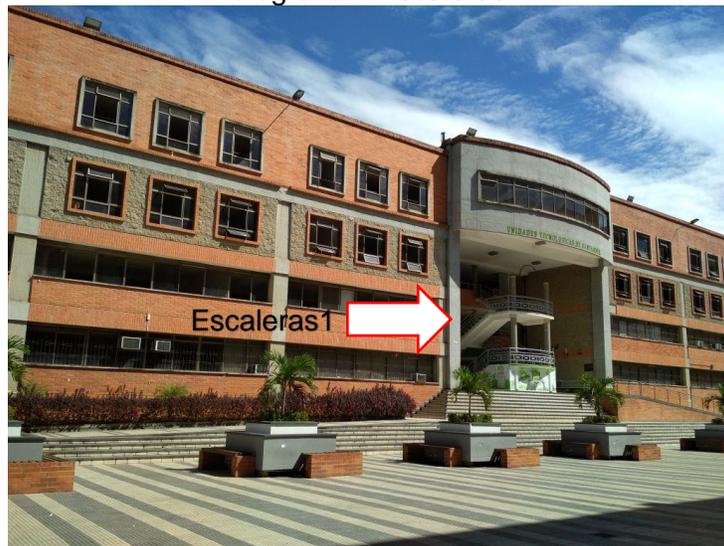
A continuación, se identifican por medio de fotografías las Zonas Para El Sistema Energy Harvesting Con Baldosas Pavegen.

Fotografía 1 Entrada principal



Fuente: Autores

Fotografía 2 Escaleras 1



Fuente: Autores

Fotografía 3 Escaleras 2



Fuente: Autores

Fotografía 4 Escaleras 3



Fuente: Autores

### **3.1.2. Etapa 2. Estudio**

- **Actividad 3. Toma de datos Para El Sistema Energy Harvesting Con Baldosas Pavegen**

Para la recolección de datos de las actividades cotidianas (pisadas) en los espacios físicos mencionadas se desarrolló un modelo estadístico basados en una variable discreta (BENCARDINO, 2012) se buscó la recolección de datos para poder aplicar la medida de tendencia central conocida como la mediana o promedio (Bencardino, 2012); la toma de datos se basó en 5 franjas horarias a lo largo del día como se muestra en la tabla 2, dichas franjas horarias corresponden a la división de horarios que están implementados en las UTS, siendo el primero el grupo A que corresponde a los horarios de 6:00 a 9:00 AM, grupo B de 9:00 a 12:00 AM, grupo C de 12:00 a 3:00 PM, grupo D de 3:00 a 6:00 PM y el grupo E de 6:30 a 9:45 PM a la toma de datos en estas franjas horarias ya mencionadas busca la identificación o el momento apropiado y constante para la recolección de datos; el proceso de recolección duro 3 meses en los días de lunes a viernes en el cual el objetivo único fue la identificación de promedios en cada uno de las 5 franjas horarias de tiempo seleccionados.

Para la toma de datos en las diferentes franjas horarias se implementaron diferentes 4 formatos de recolección físico uno para cada zona a implementar como se muestra en las (Tablas 4,5,6,7.) y para controlar la exactitud en el número de personas que transportan por la zona de estudio se utilizó contadores manuales (Fotografía 5), cuya función fue evitar errores al momento del conteo manual de personas que trasiegan cotidianamente por las UTS; los formatos fueron llenados en un orden establecido para facilitar la compilación de los mismos en fases futuras del proyecto, se manejan los formatos por día y en él se diligencian la cantidad personas, la franja horaria en la cual se recolectaron los datos ejemplo: en la entrada principal en la franja horaria 1 (Tabla 2) en la entrada principal por franja horaria se realizan dos tomas de datos una a las 6 am hasta las 7 am (Ilustración 13) y la segunda de 8 am hasta las 9 am, al mismo tiempo por franja horaria se realizó una única toma de datos en las escaleras de 6 am a 7 am, los datos en las escaleras se toman

por pisos el cual fue el nombre asignado a las bahías intermedias como se evidencia en las (Ilustración 14).

Ilustración 13 Formato físico toma de datos entrada principal

PLANILLA RECOLECCION DE DATOS DE ACTIVIDADES COTIDIANAS UTS, SEDE B/MANGA			
		Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS, 2017	
FECHA: 12-Oct-2017		fecha	
hora	# de personas	ZONA DE RECOLECCION DE DATOS	
6-7am	2145	Entrada Principal	2 Toma de datos en una franja horaria
8-9am	1402	Entrada Principal	
9-10am	2307	Entrada Principal	
11-12pm	1325	Entrada Principal	ubicación
12-1	2400	Entrada	
2-3pm	1376	Entrada	
6-7pm	3941	Entrada	
9-10pm	4205	Entrada	

Fuente: Autores

Ilustración 14 Formato físico toma de datos escaleras 1

PLANILLA RECOLECCIÓN DE DATOS DE ACTIVIDADES COTIDIANAS UTS, SEDE B/MANGA		
 Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS, 2017		
FECHA: 17-oct-17		fecha: Escaleras 1
hora	# de personas	ZONA DE RECOLECCIÓN DE DATOS
6-7 am	648	Piso 2
6-7 am	326	Piso 3
9-10 am	586	Piso 2
9-10 am	275	Piso 3
11-10 pm	423	Piso 2
11-10 pm	218	Piso 3
6-7 pm	1335	Piso 2
6-7 pm	918	Piso 3

Recolección de datos por piso  
(bahías intermedias)

Fuente: Autores

Fotografía 5 Toma de datos entrada principal



Fuente: Autores









- Actividad 4. Base de datos estadístico.** Después de la recolección de datos se organizaron y transformaron en formato digital con herramientas ofimáticas, se creó una base de datos por zona de recolección: entrada principal, escalera 1, escalera 2 y escalera 3 como se muestra en las ilustraciones 15, 16, 17, 18.

Ilustración 15 base de datos Entrada principal

	A	B	C	D	E	F	G	H
6								
7	Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS, 2017							
8								
9	ENTRADA PRINCIPAL							
10	# muestras	hora	Fecha	Numero de personas	Promedio			
11	1	6-7 am	viernes, 01 de septiembre del 2017	2137	2218,459			
12	2	6-7 am	lunes, 04 de septiembre del 2017	2577				
13	3	6-7 am	viernes, 08 de septiembre del 2017	2576				
14	4	6-7 am	martes, 12 de septiembre del 2017	2562				
15	5	6-7 am	miércoles, 13 de septiembre del 2017	2108				
16	6	6-7 am	jueves, 14 de septiembre del 2017	2189				
17	7	6-7 am	lunes, 18 de septiembre de 2017	1864				
18	8	6-7 am	martes, 19 de septiembre de 2017	2375				
19	9	6-7 am	miércoles, 20 de septiembre de 2017	1498				
20	10	6-7 am	jueves, 21 de septiembre de 2017	1896				
21	11	6-7 am	viernes, 22 de septiembre de 2017	2356				
22	12	6-7 am	lunes, 25 de septiembre de 2017	1743				
23	13	6-7 am	martes, 26 de septiembre de 2017	1803				
24	14	6-7 am	miércoles, 27 de septiembre de 2017	1256				
25	15	6-7 am	jueves, 28 de septiembre de 2017	1978				
26	16	6-7 am	viernes, 29 de septiembre de 2017	2403				
27	17	6-7 am	lunes, 02 de octubre del 2017	2463				
28	18	6-7 am	viernes, 06 de octubre del 2017	2342				
29	19	6-7 am	jueves, 12 de octubre de 2017	2145				
30	20	6-7 am	viernes, 13 de octubre de 2017	2093				

entrada principal | escaleras 1 | escaleras 2 | escaleras 3 | datos agrupados | cantidad de b

Ilustración 16 Base de datos escaleras 1

Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS, 2017						
Escaleras 1						
# Muestras	hora	Fecha	Numero de personas	zona	Promedio	
1	6-7 am	viernes, 01 de septiembre del 2017	673	Piso 2	639	
2	6-7 am	lunes, 04 de septiembre del 2017	766	Piso 2		
3	6-7 am	viernes, 08 de septiembre del 2017	748	Piso 2		
4	6-7 am	martes, 12 de septiembre del 2017	780	Piso 2		
5	6-7 am	miércoles, 13 de septiembre del 2017	714	Piso 2		
6	6-7 am	jueves, 14 de septiembre del 2017	677	Piso 2		
7	6-7 am	lunes, 18 de septiembre de 2017	534	Piso 2		
8	6-7 am	martes, 19 de septiembre de 2017	623	Piso 2		
9	6-7 am	miércoles, 20 de septiembre de 2017	457	Piso 2		
10	6-7 am	jueves, 21 de septiembre de 2017	560	Piso 2		
11	6-7 am	viernes, 22 de septiembre de 2017	320	Piso 2		
12	6-7 am	lunes, 25 de septiembre de 2017	309	Piso 2		
13	6-7 am	martes, 26 de septiembre de 2017	727	Piso 2		
14	6-7 am	miércoles, 27 de septiembre de 2017	319	Piso 2		
15	6-7 am	jueves, 28 de septiembre de 2017	678	Piso 2		
16	6-7 am	viernes, 29 de septiembre de 2017	596	Piso 2		
17	6-7 am	lunes, 02 de octubre del 2017	542	Piso 2		
18	6-7 am	viernes, 06 de octubre del 2017	612	Piso 2		
19	6-7 am	jueves, 12 de octubre de 2017	648	Piso 2		
20	6-7 am	viernes, 13 de octubre de 2017	688	Piso 2		
21	6-7 am	martes, 17 de octubre de 2017	685	Piso 2		
22	6-7 am	jueves, 19 de octubre de 2017	784	Piso 2		
23	6-7 am	viernes, 20 de octubre de 2017	807	Piso 2		
24	6-7 am	lunes, 23 de octubre de 2017	725	Piso 2		
25	6-7 am	miércoles, 25 de octubre de 2017	648	Piso 2		
26	6-7 am	viernes, 27 de octubre de 2017	726	Piso 2		
27	6-7 am	lunes, 30 de octubre de 2017	825	Piso 2		
28	6-7 am	martes, 31 de octubre de 2017	682	Piso 2		
29	6-7 am	jueves, 2 de noviembre de 2017	734	Piso 2		
30	6-7 am	viernes, 3 de noviembre de 2017	645	Piso 2		
31	6-7 am	lunes, 6 de noviembre de 2017	387	Piso 2		
32	6-7 am	martes, 7 de noviembre de 2017	534	Piso 2		
33	6-7 am	miércoles, 8 de noviembre de 2017	413	Piso 2		
34	6-7 am	jueves, 9 de noviembre de 2017	832	Piso 2		
35	6-7 am	miércoles, 15 de noviembre de 2017	826	Piso 2		
36	6-7 am	jueves, 16 de noviembre de 2017	837	Piso 2		
37	6-7 am	viernes, 17 de noviembre de 2017	575	Piso 2		

Fuente: Autores

Ilustración 17 Base de datos escaleras 2

Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS, 2017						
Escaleras 2						
# muestras	hora	Fecha	Numero de personas	zona	Promedio	
1	6-7 am	viernes, 01 de septiembre del 2017	1145	Piso 2	926	
2	6-7 am	lunes, 04 de septiembre del 2017	1453	Piso 2		
3	6-7 am	viernes, 08 de septiembre del 2017	1219	Piso 2		
4	6-7 am	martes, 12 de septiembre del 2017	1133	Piso 2		
5	6-7 am	miércoles, 13 de septiembre del 2017	1074	Piso 2		
6	6-7 am	jueves, 14 de septiembre del 2017	1208	Piso 2		
7	6-7 am	lunes, 18 de septiembre de 2017	876	Piso 2		
8	6-7 am	martes, 19 de septiembre de 2017	956	Piso 2		
9	6-7 am	miércoles, 20 de septiembre de 2017	828	Piso 2		
10	6-7 am	jueves, 21 de septiembre de 2017	785	Piso 2		
11	6-7 am	viernes, 22 de septiembre de 2017	993	Piso 2		
12	6-7 am	lunes, 25 de septiembre de 2017	839	Piso 2		
13	6-7 am	martes, 26 de septiembre de 2017	740	Piso 2		
14	6-7 am	miércoles, 27 de septiembre de 2017	861	Piso 2		
15	6-7 am	jueves, 28 de septiembre de 2017	987	Piso 2		
16	6-7 am	viernes, 29 de septiembre de 2017	950	Piso 2		
17	6-7 am	lunes, 02 de octubre del 2017	1251	Piso 2		
18	6-7 am	viernes, 06 de octubre del 2017	653	Piso 2		
19	6-7 am	jueves, 12 de octubre de 2017	789	Piso 2		
20	6-7 am	viernes, 13 de octubre de 2017	890	Piso 2		
21	6-7 am	martes, 17 de octubre de 2017	878	Piso 2		
22	6-7 am	jueves, 19 de octubre de 2017	984	Piso 2		
23	6-7 am	viernes, 20 de octubre de 2017	875	Piso 2		
24	6-7 am	lunes, 23 de octubre de 2017	725	Piso 2		
25	6-7 am	miércoles, 25 de octubre de 2017	842	Piso 2		

Fuente: Autores

Ilustración 18 Base de datos escaleras 3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
5									
6	 Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS, 2017								
7									
8	Escaleras 3								
9	# muestras	hora	Fecha	Numero de personas	Zona	promedio			
10	1	6-7 am	viernes, 01 de septiembre del 2017	466	Piso 2	421			
11	2	6-7 am	lunes, 04 de septiembre del 2017	516	Piso 2				
12	3	6-7 am	viernes, 08 de septiembre del 2017	428	Piso 2				
13	4	6-7 am	martes, 12 de septiembre del 2017	392	Piso 2				
14	5	6-7 am	miércoles, 13 de septiembre del 2017	297	Piso 2				
15	6	6-7 am	jueves, 14 de septiembre del 2017	313	Piso 2				
16	7	6-7 am	lunes, 18 de septiembre de 2017	423	Piso 2				
17	8	6-7 am	martes, 19 de septiembre de 2017	467	Piso 2				
18	9	6-7 am	miércoles, 20 de septiembre de 2017	389	Piso 2				
19	10	6-7 am	jueves, 21 de septiembre de 2017	402	Piso 2				
20	11	6-7 am	viernes, 22 de septiembre de 2017	325	Piso 2				
21	12	6-7 am	lunes, 25 de septiembre de 2017	378	Piso 2				
22	13	6-7 am	martes, 26 de septiembre de 2017	568	Piso 2				
23	14	6-7 am	miércoles, 27 de septiembre de 2017	512	Piso 2				
24	15	6-7 am	jueves, 28 de septiembre de 2017	478	Piso 2				
25	16	6-7 am	viernes, 29 de septiembre de 2017	378	Piso 2				
26	17	6-7 am	lunes, 02 de octubre del 2017	329	Piso 2				
27	18	6-7 am	viernes, 06 de octubre del 2017	286	Piso 2				
28	19	6-7 am	jueves, 12 de octubre de 2017	253	piso 2				
29	20	6-7 am	viernes, 13 de octubre de 2017	312	piso 2				

Fuente: Autores

**Actividad 5. Organización y clasificación de los datos.** Después de implementar el concepto de media o promedio (Bencardino, 2012), aplicado por zona, por franja horaria y por piso a estudiar en las 4 zonas correspondientes a entrada principal, escaleras 1, escaleras 2, escaleras 3; se procedió a generar un nuevo cuadro más trabajable el cual resalta la cantidad de pisadas producidas en un día cotidiano en las UTS sede Bucaramanga se compilaron los datos recolectados en el estudio separándolos en dos tablas, la Tabla 7 recolecta la información y caracterización de un día promedio en la UTS que transitan por la entrada principal y en la (Tabla 8) se presenta la información recolectada en la zona de las escaleras 1, 2 y 3 del flujo de personas que transita por día en las UTS.

Tabla 8 Promedio de ingreso

		Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS, 2017		
		Promedio de recolección en la entrada principal de las uts sede B/manga		
hora	Jornada	Promedio personas por día	Promedio personas por semana	Promedio personas por mes
6-7 am	Mañana	2218,459	11092,297	44369,189
8-9 am		1578,081	7890,405	31561,622
9-10 am		2010,000	10050,000	40200,000
11- 12 pm		1717,875	8589,375	34357,500
12- 1 pm	Tarde	1931,000	9655,000	38620,000
2 - 3 pm		1693,675	8468,375	33873,500
3 - 4 pm		1664,465	8322,326	33289,302
5 - 6 pm		1920,791	9603,953	38415,814
6-7 pm	Noche	4143,719	20718,594	82874,375
9-10 pm		4357,688	21788,438	87153,750
TOTAL		23235,753	116178,763	464715,0521

Al sumarse los promedios correspondientes en la entrada principal de las UTS, se dio a conocer un valor del flujo de personas estándar, por día en el cual deja claro que en las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, sede Bucaramanga por día transitan aproximadamente veintitrés mil doscientas treinta y cinco personas; un flujo de personas el levado el cual hizo pensar en la recolección de toda esta energía.

la identificación de un patrón de flujo de personas que trasiegan no solo por la entrada principal de las UTS, si no por sus instalaciones se manejó por pisos los cuales fueron promediados como se explicó anteriormente, al concluir con el promedio independiente de las escaleras y por pisos se suman los promedios para identificar la cantidad de personas que transitan por las escaleras de las UTS en un día cotidiano (Tabla 9), se dieron promedios globales de cuanto es el flujo de personas por las tres zonas de escaleras y sus pisos y también se dieron valores sectoriales de cada escalera, esto se hizo con el fin de analizar las zonas de manera global y sectorial (Tabla 10).

Tabla 9 Promedio de personas detallado, que transitan por las escaleras

		Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS, 2017				
		Promedio de recolección en la zona de escaleras 1,2,3				
hora	escalera	piso	Promedio personas por día	Promedio personas por semana	Promedio personas por mes	
6 - 7 am	1	2	638,811	3194,055	12776,22	
9 - 10 am	1	2	675,275	3376,375	13505,5	
12 - 1 pm	1	2	603,475	3017,375	12069,5	
3 - 4 pm	1	2	647,442	3237,210	12948,84	
6 - 7 pm	1	2	1118,000	5590,000	22360	
6 - 7 am	1	3	551,081	2755,405	11021,62	
9 - 10 am	1	3	559,100	2795,500	11182	
12 - 1 pm	1	3	446,125	2230,625	8922,5	
3 - 4 pm	1	3	482,465	2412,325	9649,3	
6 - 7 pm	1	3	1014,844	5074,220	20296,88	
6 - 7 am	2	2	926,162	4630,811	18523,24324	
9 - 10 am	2	2	960,150	4800,750	19203	
12 - 1 pm	2	2	921,050	4605,250	18421	
3 - 4 pm	2	2	917,512	4587,558	18350,23256	
6 - 7 pm	2	2	2211,219	11056,094	44224,375	
6 - 7 am	2	3	604,317	3021,585	12086,34146	
9 - 10 am	2	3	669,825	3349,125	13396,5	
12 - 1 pm	2	3	649,925	3249,625	12998,5	
3 - 4 pm	2	3	642,930	3214,651	12858,60465	
6 - 7 pm	2	3	1699,563	8497,813	33991,25	
6 - 7 am	2	4	443,158	2215,789	8863,157895	
9 - 10 am	2	4	472,350	2361,750	9447	
12 - 1 pm	2	4	439,093	2195,465	8781,860465	
3 - 4 pm	2	4	1349,469	6747,344	26989,375	
6 - 7 pm	2	4	212,676	1063,378	4253,513514	
6 - 7 am	2	5	212,676	1063,378	4253,513514	
9 - 10 am	2	5	239,800	1199,000	4796	
12 - 1 pm	2	5	243,325	1216,625	4866,5	
3 - 4 pm	2	5	224,535	1122,674	4490,697674	
6 - 7 pm	2	5	779,688	3898,438	15593,75	
6 - 7 am	2	6	99,649	498,243	1992,972973	
9 - 10 am	2	6	81,250	406,250	1625	
12 - 1 pm	2	6	95,325	476,625	1906,5	
3 - 4 pm	2	6	98,512	492,558	1970,232558	
6 - 7 pm	2	6	402,500	2012,500	8050	
6 - 7 am	3	2	421,297	2106,486	8425,945946	
9 - 10 am	3	2	468,875	2344,375	9377,5	
12 - 1 pm	3	2	371,225	1856,125	7424,5	
3 - 4 pm	3	2	488,465	2442,326	9769,302326	
6 - 7 pm	3	2	1156,406	5782,031	23128,125	
6 - 7 am	3	3	277,980	1389,902	5559,607843	
9 - 10 am	3	3	346,283	1731,415	6925,660377	
12 - 1 pm	3	3	226,184	1130,918	4523,673469	
3 - 4 pm	3	3	365,525	1827,627	7310,508475	
6 - 7 pm	3	3	843,651	4218,256	16873,02326	
6 - 7 am	3	4	159,255	796,275	3185,098039	
9 - 10 am	3	4	199,226	996,132	3984,528302	
12 - 1 pm	3	4	141,531	707,653	2830,612245	
3 - 4 pm	3	4	209,475	1047,373	4189,491525	
6 - 7 pm	3	4	605,535	3027,674	12110,69767	
6 - 7 am	3	5	69,941	349,706	1398,823529	
9 - 10 am	3	5	86,377	431,887	1727,54717	
12 - 1 pm	3	5	54,041	270,204	1080,816327	
3 - 4 pm	3	5	102,542	512,712	2050,847458	
6 - 7 pm	3	5	252,744	1263,721	5054,883721	
TOTAL			29179,834	145899,168	583596,6732	

Tabla 10 Promedio de personas que transitan por las escaleras

TOTAL	29179,834	145899,168	583596,6732
TOTAL( EXCLUYENDO PISO 6 ESCALERAS 2)	28402,598	142012,9919	568051,9677
TOTAL ESCALERA 1	6736,618	33683,090	134732,36
TOTAL ESCALERA 2	15596,656	77983,280	311933,1205
TOTAL ESCALERA 2(EXCLUYENDO PISO 6 ESCALERAS 2)	14819,421	74097,104	296388,415
TOTAL ESCALERA 3	6846,560	34232,798	136931,1927
	Promedio personas por día	Promedio personas por semana	Promedio personas por mes

Al conocer el flujo de personas que transita diariamente en las UTS pudimos proceder al siguiente paso que fue el análisis del potencial energético que se puede presentar gracias a la implementación a futuro de las baldosas de PaveGen (Kemball-Cook, EL PAVEGEN V3, 2017), recordando la innovación de este sistema por su alta producción de energía, se seleccionan las zonas en las cuales se implantara esta tecnología y se hace un análisis en las áreas a implementar el sistema PaveGen para conocer cantidad de baldosas que se implementaran por zona y por piso, gracias al estudio de las áreas (ilustración 19 - Fotografía 8,10,12) y el espacio en el cual el sistema se escogió ubicar, se establece el número de baldosas por zona la cual se activaran dependiendo del momento del día y del flujo de personas establecido en la base de datos estadístico (Tabla 10).

Teniendo en cuenta la baja cantidad de flujo analizados en las escaleras 2 piso 6 se estudió el potencial energético obviando dicho piso, también teniéndolo en cuenta, esto sirve para ver el aporte del piso 6 escaleras dos y si es viable implementar las baldosas PaveGen en dicho piso.

A continuación, se mencionan las áreas disponibles en las zonas de recolección; teniendo en cuenta el objetivo de las baldosas PaveGen V3 (Kemball-Cook, EL PAVEGEN V3, 2017), la función principal es la recolección de la mayor cantidad de energía, esto se logra al intentar cubrir la mayor parte de las áreas de estudio, garantizando una generación de energía optima y una completa o en su mayoría recolección de energía humana en las diferentes zonas de estudio.

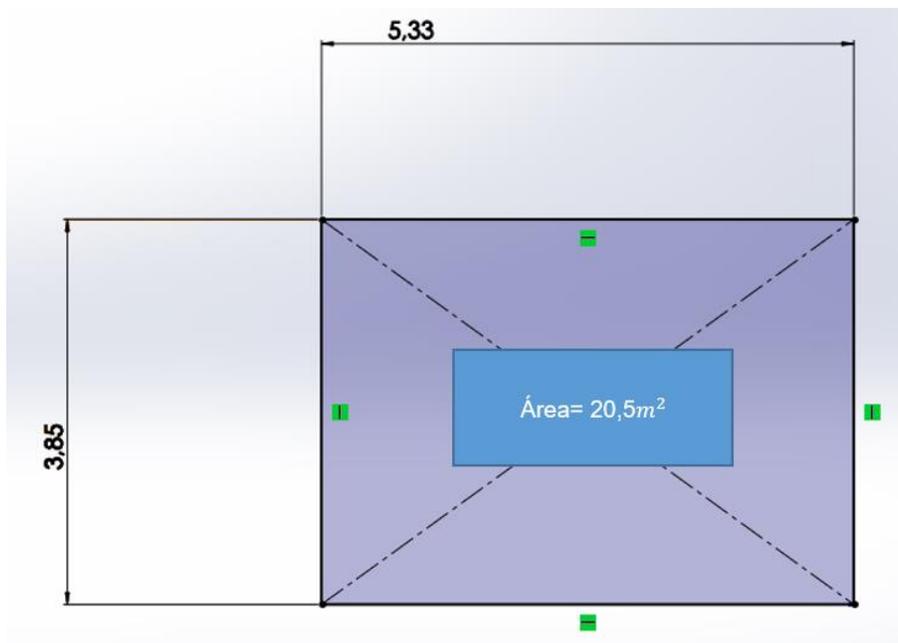
Fotografía 6 Entrada principal UTS.



Fuente: UTS

Entrada principal de las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER la zona a implementar el sistema es de  $5,33\text{ m} \times 3,85\text{ m}$  con un área de  $20,5\text{m}^2$

Ilustración 19 Área de implementación PaveGen (Entrada principal)



Fuente: Autores

Fotografía 7 Escaleras 1



Fuente: Autores

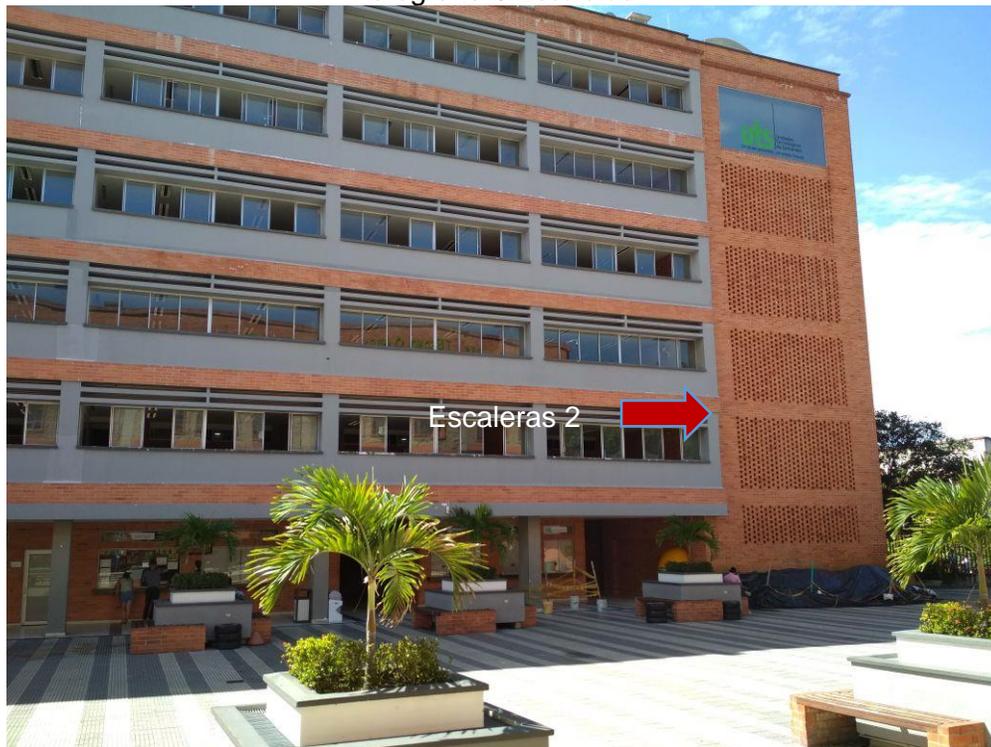
Fotografía 8 Área de implementación PaveGen(Escaleras 1 piso 2 y 3)



Fuente: Autores

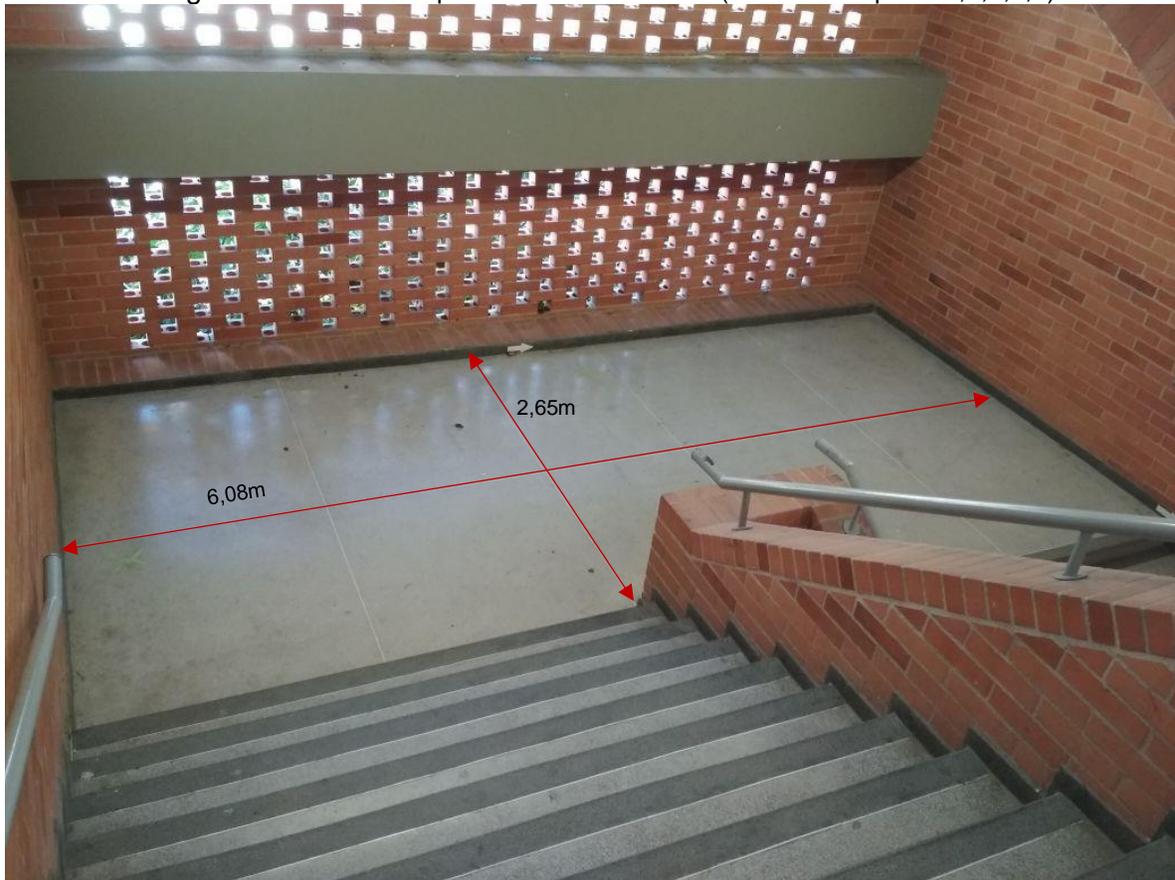
Zona de recolección de datos escaleras 1 conformada por piso 2 y piso 3, la implementación de las baldosas PaveGen se dan en las bahías intermedias entre pisos; la cual cuenta con una dimensión rectangular de 4,10m con 1,67m; debido al diseño del edificio las dos bahías de los diferentes pisos son iguales por lo tanto constan de la misma área y contarán con la misma cantidad de baldosas

Fotografía 9 Escaleras 2



Fuente: Autores

Fotografía 10 Área de implementación PaveGen (Escaleras 2 pisos 2,3,4,5,6)



Fuente: Autores

Zona de recolección de datos escaleras 2 conformada por pisos 2,3,4,5,6 en los cuales las bahías tienen exactamente las mismas medidas por tanto sus áreas son equivalentes; las dimensiones de la ubicación donde se implementará el sistema son  $6,08m \times 2,65m$  con un área de  $16,112m^2$

Fotografía 11 Escaleras 3



Fuente: Autores

Fotografía 12 Área de implementación PaveGen (Escaleras 3 pisos 2,3,4,5)



Fuente: Autores

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Zona de recolección de datos escaleras 3 conformada por los pisos 2,3,4,5 los cuales poseen bahías con dimensiones de 4,61m y 2,6 m con un área de 11,99m<sup>2</sup>

Seleccionadas e identificadas las zonas y sus respectivas áreas y con el conocimiento de que una tableta PaveGen consta de un triángulo equilátero cuyos lados son de 500 mm se determinó el área de una tableta para conocer la cantidad de tabletas necesarias en cada zona, dando como resultado un área de 108.25 mm<sup>2</sup> o 0,10825m<sup>2</sup>

Tabla 11 Cantidad de baldosas PaveGen por zona

		Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS, 2017						
		Cantidad de baldosas PaveGen por zona					# de baldosas en la zona	# de baldosas en la zona sugeridas
Zona	Piso	Dimensiones (m)		AREA (m <sup>2</sup> )				
		Alto	Ancho	Área a implementar	Área PaveGEN			
Entrada principal		3,85	5,33	20,5205	0,10825	189,5658199	189	
escaleras 1	2,3	1,67	4,1	6,847	0,10825	63,2517321	63	
escaleras 2	2,3,4,5,6	2,65	6,08	16,112	0,10825	148,8406467	148	
escaleras 3	2,3,4,5	2,6	4,61	11,986	0,10825	110,7251732	110	

Después de identificar la cantidad de baldosas correspondientes en cada zona se procedió a complementar la base de datos estadístico con valores energéticos teniendo en cuenta el flujo de personas, para analizar la cantidad de baldosas posibles a activar en cada zona basados en el flujo de personas en la zona de análisis; basados en la experiencia adquirida en el proyecto en la toma de datos en las escaleras y entrada principal proporcionamos valores máximos y mínimos de activación de baldosas por zonas, recordando la implementación de las baldosas V3 (Kemball-Cook, EL PAVEGEN V3, 2017), las cuales por si diseño y distribución permite la activación de varia baldosas por pisada.

Primero se identificó la cantidad de potencial energético que se puede recoger en las 4 zonas de las UTS, sometidas a estudio en este proyecto, con un promedio de veintitrés mil personas que transitan por la institución; se analizan las zonas de entrada principal y las tres zonas de escaleras, el promedio se hizo basados en las 5 franjas horarias, en el caso de las escaleras se analizó de manera independiente los pisos para identificar de manera detalla el potencial energético del proyecto como se muestra en la (Tabla 12 y 13).

Tabla 12 Valoración del potencial energético por día Entrada principal

		Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS, 2017					
		Valoración potencial Energético UTS, sede Bucaramanga		Rango de baldosas activadas		Energía producida Rango mínimo (por día)watts	Energía producida Rango máximo(por día) watts
hora	Jornada	Promedio personas por día	# Baldosas	Mínimo	Máximo		
6-7 am	Mañana	2218,459	189	6	15	66553,78378	166384,4595
8-9 am		1578,081	189	6	15	47342,43243	118356,0811
9-10 am		2010,000	189	6	15	60300	150750
11- 12 pm		1717,875	189	6	15	51536,25	128840,625
12 - 1 pm	Tarde	1931,000	189	6	15	57930	144825
2 - 3 pm		1693,675	189	6	15	50810,25	127025,625
3 - 4 pm		1664,465	189	6	15	49933,95349	124834,8837
5 - 6 pm		1920,791	189	6	15	57623,72093	144059,3023
6-7 pm	Noche	4143,719	189	6	15	124311,5625	310778,9063
9-10 pm		4357,688	189	6	15	130730,625	326826,5625
TOTAL ENTRADA PRINCIPAL		23235,753	189			697072,5781	1742681,445
TOTAL RECOLECCIÓN ZONA ESCALERAS, ENTRADA PRINCIPAL		52415,586	1495			1661067,968	3525322,765

Fuente: Autores

Los valores energéticos mostrados en la anterior tabla fueron obtenidos basados en los siguientes criterios: recordando el uso de las baldosas PaveGen 3v la activación de esta baldosa garantiza por pisada 5 WATTS en el trayecto de la entrada dispone de aproximadamente 4 metros los cuales por persona de manera individual puede activar en un rango de 6 a 15 baldosas, los cuales generan valores satisfactorios en producción energética recordando el alto flujo en las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, sede Bucaramanga; la tabla también entrega un valor energético total resaltado en el cual se aprecia la cantidad de energía que se recolecta en todas las zonas de estudio en tanto al sistema de piezoeléctricos con la baldosas de PaveGen.

De igual manera se entregan valores energéticos en las zonas de las escaleras las cuales tienen el mismo principio para los resultados de los datos energéticos entregados, se analizó la zona de trayecto por individuo y se escogió un rango de activación pertinente a cada edificio en las UTS a tener la cantidad de baldosas activadas y el promedio de personas que transitan por la zona de análisis se obtiene el potencial energético que puede aportar al proyecto.

Tabla 13 Valoración del potencial energético detallado, zona escaleras 1, 2 y 3

Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS,								
2017								
Valoración potencial energético UTS, sede Bucaramang					Rango de baldosas activadas por persona		Energía producida	Energía producida
hora	escalera	piso	Promedio personas por día	# Baldosas	Mínimo	Máximo	Rango mínimo (por día)watts	Rango máximo(por día) watts
6 - 7 am	1	2	638,811	63	4	6	12776,22	19164,33
9 - 10 am	1	2	675,275	63	4	6	13050,5	20258,25
12 - 1 pm	1	2	603,475	63	4	6	12069,5	18104,25
3 - 4 pm	1	2	647,442	63	4	6	12948,84	19423,26
6 - 7 pm	1	2	1118,000	63	4	6	22360	33540
6 - 7 am	1	3	551,081	63	4	6	11021,62	16532,43
9 - 10 am	1	3	559,100	63	4	6	11182	16773
12 - 1 pm	1	3	446,125	63	4	6	8922,5	13383,75
3 - 4 pm	1	3	482,465	63	4	6	9649,3	14473,95
6 - 7 pm	1	3	1014,844	63	4	6	20296,88	30445,32
6 - 7 am	2	2	926,162	148	8	15	37046,48649	69462,16216
9 - 10 am	2	2	960,150	148	8	15	38406	72011,25
12 - 1 pm	2	2	921,050	148	8	15	36842	69078,75
3 - 4 pm	2	2	917,512	148	8	15	36700,46512	68813,37209
6 - 7 pm	2	2	2211,219	148	8	15	88448,75	165841,4063
6 - 7 am	2	3	604,317	148	8	15	24172,68293	45323,78049
9 - 10 am	2	3	669,825	148	8	15	26793	50236,875
12 - 1 pm	2	3	649,925	148	8	15	25997	48744,375
3 - 4 pm	2	3	642,930	148	8	15	25717,2093	48219,76744
6 - 7 pm	2	3	1699,563	148	8	15	67982,5	127467,1875
6 - 7 am	2	4	443,158	148	8	15	17726,31579	33236,84211
9 - 10 am	2	4	472,350	148	8	15	18894	35426,25
12 - 1 pm	2	4	439,093	148	8	15	17563,72093	32931,97674
3 - 4 pm	2	4	1349,469	148	8	15	53978,75	101210,1563
6 - 7 pm	2	4	212,676	148	8	15	8507,027027	15950,67568
6 - 7 am	2	5	212,676	148	8	15	8507,027027	15950,67568
9 - 10 am	2	5	239,800	148	8	15	9592	17985
12 - 1 pm	2	5	243,325	148	8	15	9733	18249,375
3 - 4 pm	2	5	224,535	148	8	15	8981,395349	16840,11628
6 - 7 pm	2	5	779,688	148	8	15	31187,5	58476,5625
6 - 7 am	2	6	99,649	148	8	15	3985,945946	7473,648649
9 - 10 am	2	6	81,250	148	8	15	3250	6093,75
12 - 1 pm	2	6	95,325	148	8	15	3813	7149,375
3 - 4 pm	2	6	98,512	148	8	15	3940,465116	7388,372093
6 - 7 pm	2	6	402,500	148	8	15	16100	30187,5
6 - 7 am	3	2	421,297	110	6	12	12638,91892	25277,83784
9 - 10 am	3	2	468,875	110	6	12	14066,25	28132,5
12 - 1 pm	3	2	371,225	110	6	12	11136,75	22273,5
3 - 4 pm	3	2	488,465	110	6	12	14653,95349	29307,90698
6 - 7 pm	3	2	1156,406	110	6	12	34692,1875	69384,375
6 - 7 am	3	3	277,980	110	6	12	8339,411765	16678,82353
9 - 10 am	3	3	346,283	110	6	12	10388,49057	20776,98113
12 - 1 pm	3	3	226,184	110	6	12	6785,510204	13571,02041
3 - 4 pm	3	3	365,525	110	6	12	10965,76271	21931,52542
6 - 7 pm	3	3	843,651	110	6	12	25309,53488	50619,06977
6 - 7 am	3	4	159,255	110	6	12	4777,647059	9555,294118
9 - 10 am	3	4	199,226	110	6	12	5976,792453	11953,58491
12 - 1 pm	3	4	141,531	110	6	12	4245,918367	8491,836735
3 - 4 pm	3	4	209,475	110	6	12	6284,237288	12568,47458
6 - 7 pm	3	4	605,535	110	6	12	18166,04651	36332,09302
6 - 7 am	3	5	69,941	110	6	12	2098,235294	4196,470588
9 - 10 am	3	5	86,377	110	6	12	2591,320755	5182,641509
12 - 1 pm	3	5	54,041	110	6	12	1621,22449	3242,44898
3 - 4 pm	3	5	102,542	110	6	12	3076,271186	6152,542373
6 - 7 pm	3	5	252,744	110	6	12	7582,325581	15164,65116
TOTAL ZONA ESCALERAS			29179,834	1306			963995,39	1782641,32
TOTAL( EXCLUYENDO PISO 6 ESCALERAS 2)			28402,598	1158			932905,979	1724348,674
TOTAL ESCALERA 1			6736,618	126			134732,36	202098,54
TOTAL ESCALERA 2			15596,656	740			623866,241	1169749,202
TOTAL ESCALERA 2( EXCLUYENDO PISO 6 ESCALERAS 2)			14819,421	592			592776,83	1522250,134
TOTAL ESCALERA 3			6846,560	440			205396,789	410793,578
			Promedio personas por día				Energía producida Rango mínimo (por día)watts	Energía producida Rango máximo(por día) watts

Fuente: Autores

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

### **3.1.3. Etapa 3. Validación del sistema energy harvesting con baldosas pavegen**

- **Actividad 6. Análisis de Resultados Independientes.** Gracias a la organización y compilación de las 4 zonas Para El Sistema Energy Harvesting Con Baldosas Pavegen, de las cuales el proyecto se basa y se estudia de manera independiente cada zona en busca de factores relevantes en el desarrollo del proyecto gracias al potencial energético que se puede alcanzar. Al ser posible analizarla de manera independiente podemos garantizar la viabilidad o no de cada zona de manera independiente, entregando como resultado un estudio sectorizado (Tabla 12 y 13).

Para El Sistema Energy Harvesting Con Baldosas Pavegen (Kemball-Cook, EL PAVEGEN V3, 2017), se obtuvieron resultados prometedores en el cual se analizaron cifras en el flujo de personas y datos de placa del sistema El Sistema Energy Harvesting Con Baldosas Pavegen, se obtuvieron resultados prometedores los cuales se prestan para una gran variedad de análisis. Basados en reportes y promedios certificados por las UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER, sede Bucaramanga en la cantidad de potencial energético usado en los tres edificios principales se pudo comparar y aproximar el sistema PaveGen en términos porcentuales a la capacidad que es capaz de suplir El Sistema Energy Harvesting Con Baldosas Pavegen, de manera general y de manera detallada por zona.

Los datos del consumo energético de las tres edificaciones en las UTS fueron anexados para futuras corroboraciones de datos y veracidades de los porcentajes otorgados en ayuda a mitigar la demanda energética en la institución, se da a conocer que en promedio las UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER sede Bucaramanga en sus tres edificaciones tienen un promedio mensual de 82087kWatts (Tabla 14).

Tabla 14 Balance mensual energético, % de aportación energética

		Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS, 2017	
		Balance Mensual Energético en kwatts	
<b>TOTAL RECOLECCIÓN ZONA ESCALERAS, ENTRADA PRINCIPAL</b>			
Energía producida Rango mínimo kwatts	33221,359	porcentaje aportado( zona escaleras, entrada principal)	40,471%
Energía producida Rango máximo kwatts	70506,455		85,892%
Energía consumida promedio kwatts	82087		

Fuente: Autores

Gracias al uso de herramientas ofimáticas se pudo determinar el porcentaje basados en el promedio de consumo mensual de las UTS con respecto al El Sistema Energy Harvesting Con Baldosas Pavegen, se proporcionó un rango de medición el cual va del 40% de ayuda al potencial a un posible 86% teniendo en cuenta en que el estudio fue basado en condiciones conservadores con semanas de 5 días, estos valores se obtiene de la comparación y el análisis del promedio mensual de consumo en las UTS sede Bucaramanga, basados en que el promedio de 82087KW es el 100% de la demanda mensual y analizando los resultados obtenidos en el rango proporcionado se calcula la cantidad mínima y máxima en porcentaje energético que puede llegar a suplir El Sistema Energy Harvesting Con Baldosas Pavegen.(Tabla 14)

A continuación, se proporcionará un listado de manera más detallado por zona en el cual dejo claro la importancia que cumple cada zona y cada piso por día para poder suplir la demanda energética de las UTS en un mes cotidiano (Tabla 15 – 16).

Tabla 15 Balance mensual energético, % de aportación energética detallado

		Valoración del potencial energético producido por las actividades de desplazamiento diarias en las UTS, 2017			
		Balance Mensual Energético en %			
TOTAL RECOLECCIÓN ZONA ESCALERAS DETALLADO					
hora	escalera	piso	Porcentaje aportado Rango mínimo	Porcentaje aportado Rango máximo	
6 - 7 am	1	2	0,311%	0,467%	
9 - 10 am	1	2	0,329%	0,494%	
12 - 1 pm	1	2	0,294%	0,441%	
3 - 4 pm	1	2	0,315%	0,473%	
6 - 7 pm	1	2	0,545%	0,817%	
6 - 7 am	1	3	0,269%	0,403%	
9 - 10 am	1	3	0,272%	0,409%	
12 - 1 pm	1	3	0,217%	0,326%	
3 - 4 pm	1	3	0,235%	0,353%	
6 - 7 pm	1	3	0,495%	0,742%	
6 - 7 am	2	2	0,903%	1,692%	
9 - 10 am	2	2	0,936%	1,755%	
12 - 1 pm	2	2	0,898%	1,683%	
3 - 4 pm	2	2	0,894%	1,677%	
6 - 7 pm	2	2	2,155%	4,041%	
6 - 7 am	2	3	0,589%	1,104%	
9 - 10 am	2	3	0,653%	1,224%	
12 - 1 pm	2	3	0,633%	1,188%	
3 - 4 pm	2	3	0,627%	1,175%	
6 - 7 pm	2	3	1,656%	3,106%	
6 - 7 am	2	4	0,432%	0,810%	
9 - 10 am	2	4	0,460%	0,863%	
12 - 1 pm	2	4	0,428%	0,802%	
3 - 4 pm	2	4	1,315%	2,466%	
6 - 7 pm	2	4	0,207%	0,389%	
6 - 7 am	2	5	0,207%	0,389%	
9 - 10 am	2	5	0,234%	0,438%	
12 - 1 pm	2	5	0,237%	0,445%	
3 - 4 pm	2	5	0,219%	0,410%	
6 - 7 pm	2	5	0,760%	1,425%	
6 - 7 am	2	6	0,097%	0,182%	
9 - 10 am	2	6	0,079%	0,148%	
12 - 1 pm	2	6	0,093%	0,174%	
3 - 4 pm	2	6	0,096%	0,180%	
6 - 7 pm	2	6	0,392%	0,736%	
6 - 7 am	3	2	0,308%	0,616%	
9 - 10 am	3	2	0,343%	0,685%	
12 - 1 pm	3	2	0,271%	0,543%	
3 - 4 pm	3	2	0,357%	0,714%	
6 - 7 pm	3	2	0,845%	1,691%	
6 - 7 am	3	3	0,203%	0,406%	
9 - 10 am	3	3	0,253%	0,506%	
12 - 1 pm	3	3	0,165%	0,331%	
3 - 4 pm	3	3	0,267%	0,534%	
6 - 7 pm	3	3	0,617%	1,233%	
6 - 7 am	3	4	0,116%	0,233%	
9 - 10 am	3	4	0,146%	0,291%	
12 - 1 pm	3	4	0,103%	0,207%	
3 - 4 pm	3	4	0,153%	0,306%	
6 - 7 pm	3	4	0,443%	0,885%	
6 - 7 am	3	5	0,051%	0,102%	
9 - 10 am	3	5	0,063%	0,126%	
12 - 1 pm	3	5	0,040%	0,079%	
3 - 4 pm	3	5	0,075%	0,150%	
6 - 7 pm	3	5	0,185%	0,369%	
TOTAL ZONA ESCALERAS			23,487%	43,433%	

Fuente: Autores

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR: Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

Tabla 16 Resultados tabla 13

TOTAL ZONA ESCALERAS	23,487%	43,433%
TOTAL( EXCLUYENDO PISO 6 ESCALERAS 2)	22,730%	42,013%
TOTAL ESCALERA 1	3,283%	4,924%
TOTAL ESCALERA 2	15,200%	28,500%
TOTAL ESCALERA 2(EXCLUYENDO PISO 6 ESCALERAS 2)	14,443%	27,080%
TOTAL ESCALERA 3	5,004%	10,009%
TOTAL % ENTRADA PRINCIPAL	16,984%	42,459%

Fuente: Autores

En el transcurso de la recolección de datos se pensó en omitir el piso 6 de las escalas dos pensando en un zona no viable para la recolección de energía pero se termina concluyendo que al porte que genera dicha zona es importante y ayuda a suplir un mejor porcentaje la demanda energética la culminación de la base de datos estadístico arroja que en las zona de las escaleras se recolecta en un rango de 23 y 43% de la demanda energética mensual en las UTS al mismo tiempo la entrada principal aportaría un rango de 17 a 42% valores elevados gracias al excelente flujo de personas en las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, sede Bucaramanga.

se anexan dos graficas las cuales muestran: en la ilustración (20) se demarca la tendencia de flujo de personas en la entrada principal de las UTS a lo largo en las franjas horarias implementadas, y en la ilustración (21) se revelan de manera gráfica la cantidad de personas que transitan en los espacios físicos denominados escaleras 1, 2 y 3 en su totalidad sumando el aporte de todos las bahías de recolección los valores fueron consultados en la Tabla (12 -16) los cuales son datos promediados por día en los diferentes espacios físicos.

Ilustración 20 Flujo promedio de personas por día en la entrada principal de las uts

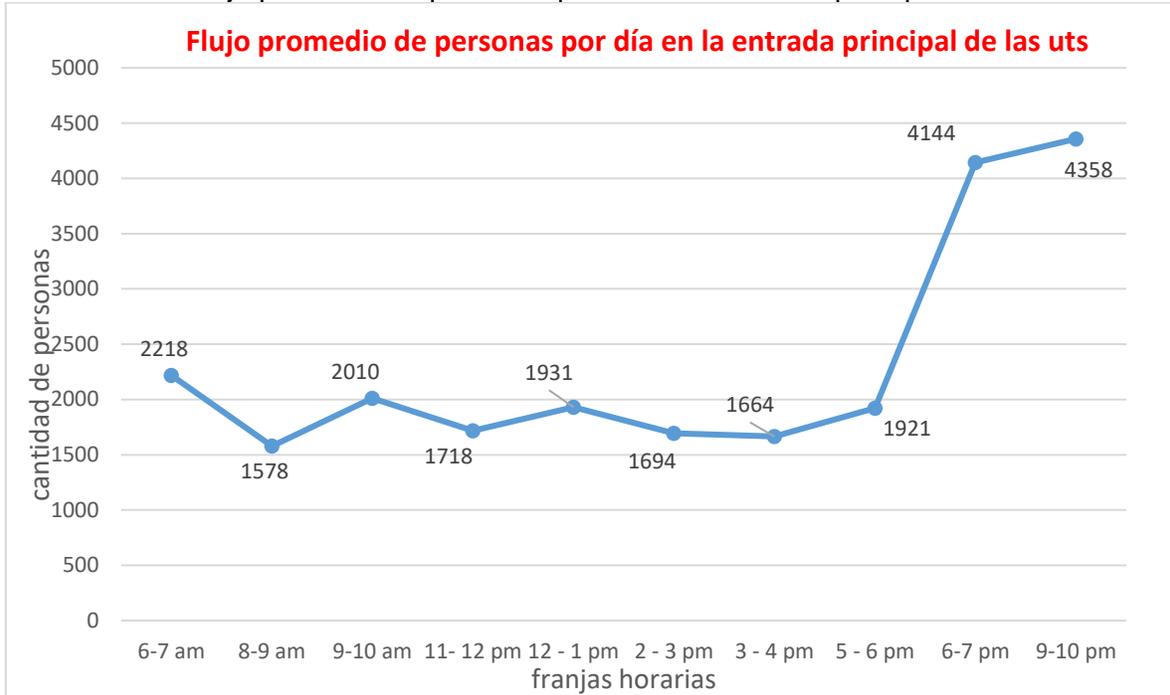


Ilustración 21 Promedio personas por día zona escaleras



## 3.2. RECOLECCION DE ENERGIA EN EL GIMNASIO DE LAS UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, SEDE BUCARAMANGA

### 3.2.1. *Etapa 1. Documentación.*

- **Actividad 1. Revisión Bibliográfica.** En la facultad de ciencias naturales e ingenierías, de las Unidades Tecnológicas de Santander, sede Bucaramanga, se han buscado acciones a favor del medio ambiente. Para ello se pretenden ejecutar técnicas para la producción de energías limpias, con la intención de reducir el consumo energético de la institución. Como se planteó anteriormente en la propuesta de este proyecto, este estudio busca la forma de aprovechar la energía de propulsión humana, proveniente de las actividades cotidianas en dicho establecimiento, con la intención de ser transformada en energía eléctrica. Así mismo como se había identificado previamente el gimnasio como sitio de recolección de la energía cinética, producida por usuarios como: estudiantes, docentes, cuerpo administrativo, etc.

Se realizó una búsqueda de información procedente de diferentes fuentes como: libros, tesis, artículos y paginas Web, relacionada con el aprovechamiento de la fuerza física y mecánica del ser humano, mientras realizan rutinas de ejercicio en el gimnasio, con el propósito de aprovechar la energía cinética, producida para generar energía eléctrica. “Los grupos musculares que cuentan con mayor posibilidad de producción de energía, son los isquiotibiales, en especial desarrollando el ejercicio de extensión de piernas, donde se desarrolla un mayor esfuerzo y por lo tanto una potencia mayor” (Barón & Mahecha, 2015). Con base en la información encontrada, el sistema más apto para la recolección de energía cinética son las maquinas que involucran ejercicio cardiovascular como: bicicletas estáticas, elípticas, remos, cintas y steps.

Los resultados obtenidos en la búsqueda de información, proporcionaron el conocimiento acerca del cómo puede ser aprovechada, la energía cinética producida por el ser humano en el gimnasio, y cuáles son los tipos de mecanismos idóneos para la recolección de dicha energía. “Maquinas como la bicicleta estática o la elíptica, que son de fácil entendimiento

mecánico, se convierten en una alternativa eficiente para la producción de energía, puesto que su funcionamiento es basado en el impulso, de un par de pedales conectados a una manivela.” (Peña & Nieto, 2016). Acorde a lo encontrado, se tomó como apoyo que mecanismos como: las bicicletas estaticas, elipticas, bandas, etc. Son máquinas competentes para efectuar técnicas de recolección de energía cinética, con la finalidad de ser transformada a eléctrica.

El procedimiento para seleccionar el mecanismo de recolección, de energía cinética en el gimnasio, el cual va dirigido este proyecto esta descrito en la actividad 2.

- **Actividad 2. Selección y clasificación.** Mediante la revisión bibliográfica realizada anteriormente, la cual se usó como sustento para escoger, y a su vez organizar el método de recolección, y transformación de energía mecánica a eléctrica, se encontraron resultados en varios libros, tesis y artículos; observaciones de cómo se puede lograr aprovechar, la energía cinética generada por los seres humanos, en los gimnasios o centros de actividades físicas, con la finalidad de transformarla en energía eléctrica.

## **SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, A PARTIR DE LAS BICICLETAS ESTÁTICAS.**

En la propuesta de este proyecto se identificó, el gimnasio de las unidades tecnológicas de Santander, sede Bucaramanga como sitio, en el cual es posible aprovechar la energía cinética producida por usuarios como: estudiantes, docentes y cuerpo administrativo, ya que cuenta con máquinas en donde sus actividades abarcan esfuerzos físicos. De acuerdo al resultado de la búsqueda en la revisión bibliográfica, la cual me soporta que por medio de las máquinas que involucran ejercitación cardiovascular como: elípticas, bicicletas estáticas, etc. Son las más eficaces para recolectar la energía cinética producida por el ser humano durante la actividad física. “Los equipos de gimnasio se han convertido en una alternativa en términos de generación de electricidad, aprovechando los diferentes movimientos en las distintas máquinas, la opción con mayor viabilidad son las bicicletas

estáticas, en las cuales se han enfocado muchos estudios” (Carrión & Ortiz, 2013). Lo citado anteriormente es una observación, la cual expresa la importancia que han tenido las bicicletas estáticas, como método de producción de energía eléctrica, y a su vez la consideración que han alcanzado, como vanguardia en avance e innovación.

De acuerdo a lo mencionado, y después de haber realizado un reconocimiento en el gimnasio de las unidades Tecnológicas de Santander sede Bucaramanga, se evidenció que cuenta con herramientas para ejercicios de fuerza como: multipoleas, pesas, barras, discos, mancuernas, y que solo se tienen bicicletas estáticas, como máquinas que involucran ejercicio cardiovascular, lo cual permitió seleccionar este mecanismo para la recolección de energía cinética, con el fin ser transformada en energía eléctrica.

En la búsqueda de información se encontró como se puede producir potencial energético, mediante el diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de las bicicletas estáticas (Núñez & Flórez, 2011); por medio de la selección e incorporación de dispositivos de producción, control y distribución que se pueden acoplar hacia estos mecanismos; es posible aprovechar la energía cinética producida por el ser humano durante la actividad física con el objetivo de generar energía eléctrica. Otra referencia encontrada fue la de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de las bicicletas estáticas que se encuentran comercialmente en el mercado llamadas “Ecobikes” (Productos Ecológicos EB S.A.S., 2012), fabricadas en la ciudad de Medellín Colombia, las cuales garantizan confiabilidad, calidad y garantía por parte de la empresa Productos Ecológicos EB S.A.S. desarrolladora de este sistema. Las características de las “Ecobikes” se pueden observar en la tabla 17.

Tabla 17 características de las Ecobikes

Ecobikes	Características
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseño ergonómico para niños y adultos</li> <li>✓ Estructura robusta anti – vandalismo</li> <li>✓ Anclajes de fijación en concreto al suelo para seguridad</li> <li>✓ Medición de energía e impacto en huella de carbono y emisiones de CO2, mediante contador inteligente</li> <li>✓ Virtualmente libres de mantenimiento</li> <li>✓ Luz interactiva demostrativa de generación de energía eléctrica para incentivar el pedaleo del usuario</li> <li>✓ Vida útil de 30 años</li> </ul>

Fuente: Productos Ecológicos EB S.A.S.

## CLASIFICACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, A PARTIR DE LAS BICICLETAS ESTÁTICAS.

La clasificación fue apoyada en un sistema de generación de energía, que cumpliera con criterios de aceptación establecidos y fundamentados en la información encontrada, con el propósito de seleccionar una alternativa recomendable entre realizar un diseño o efectuar la adquisición de un sistema de producción de energía eléctrica a partir de las bicicletas estáticas, para lograr adaptarlo al gimnasio de las unidades tecnológicas de Santander sede Bucaramanga. Dichos criterios pueden ser evidenciados en la tabla 18.

Tabla 18 Clasificación para el sistema de generación de energía eléctrica

 <b>critérios de clasificación para un sistema de generación de energía eléctrica, a partir de las bicicletas estáticas</b>		
Criterios	Diseño	Adquisición
Diseño para toda clase de persona		X
Salud pública y Promoción de la actividad física	X	X
Diseño agradable a la vista		X
Vida útil garantizada		X
Diseño estructural sólido	X	X
Innovación	X	X
Generar conciencia hacia la producción de energías limpias	X	X

Fue necesario realizar una descripción, referente a las alternativas encontradas, con la finalidad de conocer sus características, modo de aplicación y cantidad de energía que pueden llegar a generar.

### **DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BICICLETAS ESTÁTICA.**

Se obtuvo como resultado de la búsqueda, la tesis de grado propuesta por (Núñez & Flórez, 2011), titulada como “Diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica a partir de Bicicletas Estáticas”, la cual sustenta el diseño de una bicicleta estática generadora de energía, con el fin de recolectar la energía cinética generada por los usuarios, en el centro de acondicionamiento físico Bodytech de la ciudad de Bucaramanga Santander, en este proyecto se fundamentaron en la selección de componentes, para un subsistema conectado a la red y un subsistema aislado hacia la red, con la finalidad de determinar el subsistema más eficiente, además tuvieron en cuenta parámetros de desempeño para seleccionar el tipo de bicicleta estática, que se pudiera adaptar hacia el diseño realizado por los autores, seleccionando así la bicicleta estática tipo spinning Inox.

Mediante pruebas realizadas a un grupo conformado por nueve (9) personas, de diferentes características físicas y una cantidad igual de bicicletas estáticas, obtuvieron datos de velocidades de pedaleo, con el fin de realizar cálculos teóricos para determinar, la cantidad de potencial energético generado durante un rango de tiempo de (1 hora a 1 hora y 30 minutos). Los resultados obtenidos con base a la prueba realizada en el centro deportivo Bodytech, en la ciudad de Bucaramanga Santander, arrojó como resultado una estimación de que una persona puede desarrollar una velocidad promedio de pedaleo cercana a 242 Rpm, con lo cual se tendría un potencial energético cercano a 300 watts a la salida de un generador. Los resultados obtenidos por los autores pueden ser evidenciados en la ilustración 22.

Ilustración 22 Resultados del Análisis Energético

Escenario de operación	Total día [kWh]	Total mes [kWh]	Total año [kWh]
2 horas	9,03	198,85	1 590,80
4 horas	17,80	391,81	3 134,49
6 horas	27,02	594,59	4 756,76
8 horas	35,93	790,51	6 324,08
10 horas	45,04	991,08	7 928,65
12 horas	53,05	1 167,21	9 337,72
14 horas	62,59	1 377,15	11 017,26
16 horas	71,25	1 567,52	12 540,20

Fuente: Núñez & Flórez

Como se evidencio anteriormente, los autores obtuvieron resultados significativos en generación de energía en una cantidad de nueve (9) bicicletas estaticas, mediante técnicas teóricas y de investigación, los cuales podrían aportar un potencial energético apreciable hacia un consumo energético promedio.

## SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR MEDIO DE LA BICICLETA ESTÁTICA ECOBIKE

Un resultado diferente al anterior, fue a través de la empresa productos Ecológicos EB S.A.S, radicada en la ciudad de Medellín Colombia, la cual ha diseñado bicicletas estáticas generadoras de energía eléctrica, mediante la energía cinética producida por el ser humano durante la actividad física, este sistema de producción recibe el nombre de “Ecobikes” (Productos Ecológicos EB S.A.S., 2012), según con la información encontrada acerca de este sistema, el cual fue diseñado por profesionales en ingeniería, y a su vez ha sido objeto de reconocimientos por parte de: revistas, empresas energéticas, fundaciones y alcaldías, por el fomento hacia el emprendimiento e innovación. “Las Ecobikes son bicicletas estáticas, que generan energía eléctrica aprovechable de 100 W a 300 W por hora, según el ritmo de pedaleo del usuario. La energía generada por este sistema es almacenada, regulada y distribuida, con el propósito de ser consumida en gimnasios, espacios suburbanos, así como para cargar dispositivos USB” (Productos Ecológicos EB S.A.S., 2012). El diseño físico puede ser observado en la ilustración 23.

Ilustración 23 apariencia física de la Ecobike



Fuente: Productos Ecológicos EB S.A.S.

Para seleccionar la alternativa apropiada se analizaron los resultados encontrados, teniendo en cuenta criterios como eficiencia, costos de montaje, mantenimiento, capacidad de generación, etc. Para las alternativas encontradas, fue necesario realizar un análisis, mediante los datos recolectados en el gimnasio de las unidades tecnológicas de santander sede Bucaramanga, con la finalidad de estimar el potencial energético, el cual puede llegar a generar durante día, mes, y semestre lectivo.

### **3.2.2. Etapa 2. Estudio**

- **Actividad 3. Toma de datos.** En el gimnasio de las unidades tecnológicas de Santander sede Bucaramanga, existe cierta cantidad de usuarios que en sus actividades físicas cotidianas, usan las bicicletas estáticas como método de calentamiento muscular, con el fin de cuantificar las personas que utilizan estos mecanismos, y el tiempo de uso de los mismos, fue necesaria una búsqueda de información, donde se obtuvieron cifras, las cuales se fundamentaron en estrategias de toma de datos. “La selección de técnicas e instrumentos de recolección de datos implica determinar por cualquier medio o procedimiento, en donde el investigador obtendrá la información necesaria para alcanzar los objetivos de la investigación” (Aponte & Moreno, 2014). La estrategia e instrumento que se empleó, se denomina como la entrevista, “la conversación es un acto de iteración personal, espontáneo o inducido, libre o forzado, entre dos personas (entrevistador y entrevistado), entre las cuales se efectúa un intercambio de comunicación cruzada a través de la cual el entrevistador transmite interés, motivación y confianza; el entrevistado devuelve a cambio información personal en forma de descripción, interpretación o evaluación” (Gallardo & Moreno, 1999).

Lo mencionado anteriormente fue una breve explicación, del instrumento utilizado para obtención de los datos, ya que por medio de la entrevista realizada al coordinador del gimnasio de las unidades tecnológicas de santander sede Bucaramanga.

Se conoció la información necesaria para desarrollar este proyecto, la cual tuvo referencia a la cantidad de personas que utilizan estos mecanismos, tiempo de uso, cantidades disponibles y horario de trabajo en las mismas, generando la siguiente información.

Nº de Personas por semestre = 400

Nº de Personas inscritas = 850

Nº de Personas diarias = 50

Nº de bicicletas estáticas disponibles = 9

Está establecido por parte de la coordinación del gimnasio, que se trabaja 2 hora por persona en las bicicletas estáticas. Con la información obtenida se elaboró un cuadro, en el cual quedan registrados los datos suministrados, y pueden ser observados en la tabla 19.

Tabla 19 cuantificación del personal y horario de las actividades físicas en el gimnasio

Jornada	Nº de Personas por día	Hora de Trabajo por día	Nº de Personas por Semana	Hora de Trabajo por Semana	Nº de Personas por Mes	Hora de Trabajo por Mes
Mañana	15	1	75	5	300	20
Tarde	18	1	90	5	360	20
Noche	17	1	85	5	340	20
Total	50	3	250	15	1000	60

A su vez se realizaron inspecciones a las bicicletas estáticas disponibles en el gimnasio, para conocer el estado en que se encuentran las mismas, como se puede evidenciar en la fotografía 13.

Fotografía 13 Inspección a las bicicletas estáticas en el gimnasio de las UTS



Fuente: Autores

Esta información registrada y organizada, apoyó los datos necesarios para la creación de una base de datos estadísticos, y a un análisis de resultados independientes, con el propósito de recomendar una de las alternativas encontradas y descritas anteriormente en la actividad de selección y clasificación.

- **Actividad 4. Base de datos estadístico.** Para la creación de la base de datos estadístico, se fundamentó en la información suministrada por el coordinador de gimnasio acerca de cantidad de personas y horas de uso de las bicicletas estáticas, las cual fue necesario organizarla en una cuadro, por medio de la herramienta ofimática Microsoft Excel, con el fin de tener datos mejor distribuidos para conocer la frecuencia con la cual estas bicicletas son usadas durante el día, los datos suministrados puede ser evidenciados en la ilustración 24.

Ilustración 24 Datos Proporcionados por la Coordinación del Gimnasio

 Datos Proporcionados por la coordinación de las UTS				
Población	Cantidad	Horas de trabajo en las Bicicletas	Horas por Jornada	Cantidad de Bicicletas
N° de Personas Inscritas	850	1 Hora	3 Horas	9 Bicicletas estáticas disponibles
N° de personas que usan las bicicletas por semestre	400	1 Hora		
N° Diarias	50	1 Hora		
Horarios de actividad Física en el Gimnasio de las UTS				
Jornada	Días de la Semana	Horario Por Día	Tipo de población en el Gimnasio	
Mañana	Lunes - Viernes	7:00 am - 12:00 pm	Estudiantes	
Medio día	Lunes - Viernes	12:00 pm - 2:00 pm	Estudiantes, Docentes y Funcionarios	
Tarde	Lunes - Viernes	2:00 pm - 5:30 pm	Estudiantes	
Noche	Lunes - Viernes	6:00 pm - 9: 30 pm	Estudiantes	

Fuente: Autores

Debido al alto volumen de personas y a la cantidad de bicicletas estáticas disponibles fue necesario dividir las actividades físicas en dos sesiones, con el fin de que la cantidad total de personas en cada jornada por día, realizaran la actividad física en las bicicletas estáticas, como se puede observar en las tablas 20, 21 y 22.

Tabla 20 Actividades en las Bicicletas Estáticas en la Mañana

JORNADA MAÑANA	N° DE PERSONAS	HORA DE TRABAJO
SESIÓN 1	9	1
SESIÓN 2	6	1
TOTAL	15	2

Tabla 21 Actividades en las Bicicletas Estáticas en la Tarde

JORNADA TARDE	N° DE PERSONAS	HORA DE TRABAJO
SESIÓN 1	9	1
SESIÓN 2	9	1
TOTAL	18	2

Tabla 22 Actividades en las Bicicletas Estáticas en la Noche

JORNADA NOCHE	Nº DE PERSONAS	HORA DE TRABAJO
SESIÓN 1	9	1
SESIÓN 2	8	1
TOTAL	17	2

Obteniendo como resultado de lunes a viernes, seis horas de trabajo por día en las bicicletas estáticas.

Teniendo en cuenta el calendario académico en las unidades tecnológicas de Santander sede Bucaramanga, el proceso de recolección de datos, fue apoyado en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre del 2017, con el propósito de realizar estimaciones y promediar la cantidad de personas y horas de trabajo que involucren las bicicletas estáticas, las cuales pueden ser evidenciadas en la tabla 23.

Tabla 23 Actividades en las Bicicletas Estáticas II Semestre 2017

MES	DÍAS	HORAS TRABAJO EN LAS BICICLETAS
AGOSTO	8	48
SEPTIEMBRE	21	126
OCTUBRE	21	126
NOVIEMBRE	20	120
TOTAL	70	420

Obteniendo como resultado que, durante el II semestre del 2017, en las unidades tecnológicas de Santander sede Bucaramanga, el tiempo de trabajo en el gimnasio, en el cual se involucraron las bicicletas estáticas, fue de 420 horas.

- Actividad 5. Organización y clasificación de los datos.** Se estableció la cantidad de personas organizadas por día, semana y mes, correspondiente a la información proporcionada por la coordinación del gimnasio de las UTS, con la finalidad de obtener la población total que involucre actividades físicas en las bicicletas estáticas, la cual puede ser observada en la tabla 24.

Tabla 24 Cantidad de Personas en las Bicicletas Estáticas II Semestre 2017

JORNADA	PERSONAS POR DIA	PERSONAS POR SEMANA	PERSONAS POR MES AGOSTO 2017	PERSONAS POR MES SEPTIEMBRE 2017	PERSONAS POR MES OCTUBRE 2017	PERSONAS POR MES NOVIEMBRE 2017
MAÑANA	15	75	120	315	315	300
TARDE	18	90	144	378	378	360
NOCHE	17	85	136	357	357	340
TOTAL	50	250	400	1050	1050	1000

El conocer la población de personas que utilizan las bicicletas estáticas como mecanismo para su actividades físicas en el gimnasio, facilitó la oportunidad tener una idea más clara del potencial energético que se puede llegar a generar, tomando como referencia los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre del segundo semestre del 2017, y de acuerdo a las característica de generación de las “Ecobikes” (Productos Ecológicos EB S.A.S., 2012), y a la capacidad de producción de energía que se puede llegar a obtener, mediante el “diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de las bicicletas estáticas” (Núñez & Flórez, 2011), se realizaron estimaciones de dichos potenciales energéticos.

Mediante, los parámetros de generación por parte de las bicicletas estáticas de la empresa “productos Ecológicos EB S.A.S”, se pudo estimar cuanto sería el potencial energético generado en el gimnasio de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Bucaramanga, tomando como referencia, los meses lectivos por semestre y teniendo en cuenta que son nueve (9) las bicicletas estáticas, que pueden llegar a ser remplazadas por las “ecobikes”, a su vez, los días de actividad física, durante el segundo semestre del año 2017. Se

podieron dar valores máximos y mínimos de generación, clasificándolos por hora, día, semana, mes y semestre lectivo, como se puede evidenciar en la tabla 25.

Tabla 25 Rango de Generación de energía II semestre 2017

POTENCIAL GENERADO	DIA	SEMANA	MES	SEMESTRE
POTENCIAL MAXIMO	16200 W	81 KW	324 KW	1296 KW
POTENCIAL MINIMO	5400 W	27 KW	108 KW	432 KW

Por medio de los resultados obtenidos por los autores en el proyecto de grado titulado “diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de las bicicletas estáticas” (Núñez & Flórez, 2011), se obtuvo una estimación de cuánto podría ser el potencial energético generado en el gimnasio de las unidades tecnológicas de Santander sede Bucaramanga, implementado el diseño de dicho sistema de generación, y teniendo en cuenta la misma cantidad de bicicletas estáticas existentes en el gimnasio de la institución que en este caso son nueve (9), donde el método de cálculo, se basó en aproximaciones teóricas encontradas en los libros académicos, los cuales permitió realizar la estimación del potencial energético, como se puede evidenciar en la tabla 26.

Tabla 26 Potencial Generado a partir del Diseño con las bicicletas estáticas en la UTS

POTENCIAL GENERADO	DIA	SEMANA	MES	SEMESTRE
POTENCIAL MAXIMO	27,02 KW	135,1 KW	594,59 KW	2378,36 KW

Una vez conocido el potencial energético que puede ser generado, implementando nueve (9), bicicletas estáticas “Ecobikes” (Productos Ecológicos EB S.A.S., 2012), o por medio de el “diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de las bicicletas estáticas” (Núñez & Flórez, 2011), se realizó el análisis de resultados independientes que buscar dar viabilidad a este proyecto, donde el análisis se va a representar en porcentajes, con el fin de identificar cuanto puede contribuir en ahorro energético hacia las Unidades Tecnológicas de Santander sede Bucaramanga.

### 3.2.3. Etapa 3. Validación

- **Actividad 6. Análisis de Resultados Independientes.** Después de haber estimado un potencial energético que puede llegar a ser generado por las bicicletas estáticas, se procedió a realizar un análisis de resultados de dicho potencial, con el fin de comparar valores de consumo entre diseñar un sistema de generación de energía eléctrica a partir de las bicicletas estáticas, y la adquisición de dicho sistema, el cual se encuentra comercialmente en el mercado, las cuales fueron mencionados en la actividad de selección y clasificación.

De acuerdo a la referencia tomada de los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, se pudo analizar y estimar el porcentaje de comparación entre la generación de potencial energético por parte de las bicicletas estáticas denominadas “Ecobikes” (Productos Ecológicos EB S.A.S., 2012), y el consumo energético por mes en las Unidades Tecnológicas de Santander sede Bucaramanga, como se puede observar en la fotografía 14, el gimnasio cuenta con una numerosa población de personas, las cuales utilizan estos mecanismos como actividad física.

Fotografía 14 Actividades en el Gimnasio



Fuente: Autores

## ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL SISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA POR MEDIO DE LAS ECOBIKES.

De acuerdo a los datos recolectados en el gimnasio de la institución, los meses de trabajo en el gimnasio y de actividades físicas y con los detalles técnicos de generación aportados por el proveedor de las bicicletas estáticas llamadas “Ecobikes” (Productos Ecológicos EB S.A.S., 2012), se estimó valores máximos y mínimos de generación, los cuales nos permitieron comparar porcentualmente con el consumo energético que pudo tener las UTS en el segundo semestre del año 2017, lo cual nos sirvió como referencia de cuanto potencial energético puede llegar a ser generado durante cada semestre, los resultados obtenidos pueden ser evidenciados en la tabla 27.

Tabla 27 Resultados obtenidos por medio del sistema de generación Ecobike

POTENCIA POR MES LECTIVO	VALORES ENERGETICOS
POTENCIA ACTIVA DE CONSUMO EN LAS UTS 2017	82087 KW
POTENCIA MAXIMA DE GENERACION	324 KW
DIFERENCIA PORCENTUAL MAXIMA	0,39%
POTENCIA MINIMA DE GENERACION	108 KW
DIFERENCIA PORCENTUAL MINIMA	0,13%

Con la ejecución del sistema de generación de energía a partir de las bicicletas estáticas llamadas “Ecobikes” (Productos Ecológicos EB S.A.S., 2012), Los rangos de potencial energético Máximos y Mínimos van desde el 0,13% hasta un posible 0,39%, de ayuda al potencial energético que es consumido, para ello se tuvo en cuenta el promedio de consumo en los tres edificios de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Bucaramanga, lo cual garantizaría un ahorro significativo en las tarifas de consumo energético y a su vez ayudar a generar energías limpias para mitigar el impacto negativo ambiental generado hacia el planeta.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE LAS BICICLETAS ESTÁTICAS

El análisis de este sistema diseñado por los autores, permitió tener una perspectiva, de cual alternativa podría ser la mejor opción para implementar, a su vez evidenciar el potencial energético que se podría llegar a generar, si se adaptara a las unidades tecnológicas de Santander sede Bucaramanga, los resultados de este análisis pueden ser observados en la tabla 28.

Tabla 28 Resultados de un sistema de generación a través de un diseño del mismo

POTENCIAL POR MES LECTIVO	VALORES ENERGETICOS
POTENCIA ACTIVA DE CONSUMO EN LAS UTS 2017	82087 KW
POTENCIAL MAXIMO DE GENERACION	594.59 KW

- El resultado de este análisis revela, un potencial energético en un 0,72% respecto al valor de consumo en la institución, ya que los autores se basaron en valores teóricos, mediante la utilización de fórmulas referenciadas en textos académicos, el “diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de las bicicletas estáticas” (Núñez & Flórez, 2011), requiere una investigación y un estudio previo acerca de los dispositivos de producción, control y distribución, que requiera el espacio físico al cual se van a implementar.

### 3.3. RECOLECCION DE ENERGIA EN LOS DIFERENTES LABORATORIOS DE LAS UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER, SEDE BUCARAMANGA

#### 3.3.1. Etapa 1. Documentación

- **Actividad 1. Revisión Bibliográfica.** Las unidades tecnológicas de Santander, sede Bucaramanga cuenta con diversos laboratorios en el programa de

electromecánica, de los cuales se recopiló información de las prácticas que son realizadas durante el semestre, con el fin de obtener que equipos o herramientas son utilizadas para poder llevar a cabo los laboratorios y así seleccionar los que posiblemente se pueda llegar a recolectar energía eléctrica para ser almacenada, con el objetivo de ser utilizada posteriormente en la institución.

Se buscaron fuentes que nos otorgaran un punto de partida o un punto de referencia frente a la recolección de energía en los laboratorios, investigando documentos publicados en la web como tesis, proyectos de grado o planes implementados por las mismas universidades y así llevar esas experiencias a nuestro entorno en las UTS, sede Bucaramanga.

- **Actividad 2. Selección y clasificación de la información anteriormente investigada.**

La información que se encontró tiene cierta relación al estudio que se realizó en las UTS pero no deja claro como decidir que laboratorios tienen más potencial energético que otros, se encontraron proyectos como por ejemplo “*Sistema de recolección de energía (Energy Harvesting), que emplea la corriente Corona y señales de alta frecuencia*” (Guerrero, 2016) en el que se emplea la energía del campo eléctrico que se encuentra en las nubes de tormenta por medio de electrodos tipo corona (ETC) para utilizar esta energía como un potencial auxiliar a una celda catalítica para el desarrollo del proceso de hidrólisis en los laboratorios de la universidad de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA; también programas de universidad como “*Programa para el uso eficiente de energía y ahorro de agua en la Universidad Tecnológica de Pereira*” CITATION Uni16 \l 9226 (Pereira, 2016) en donde se busca reducir el consumo de agua por las actividades diarias en la universidad debido al cambio climático y un uso de la energía eléctrica más responsable en los laboratorios y aulas donde se llevan a cabo las actividades de la universidad; así se encontraron varios proyectos que se podrían ir mencionando uno por uno, pero se basan en la reducción del consumo de energía eléctrica o en la recolección de energía harvesting, como en este proyecto por medio de las baldosas piezoeléctricas que recolectamos la energía utilizada por las personas que se desplacen en las UTS o en las bicicletas si utilizan

el gimnasio de la UTS, como podemos ver no hay un trabajo en concreto donde se haya estudiado la posibilidad de recolectar energía en los laboratorios usados por los estudiantes de otras universidades y así tener un punto de referencia en el cual apoyar este trabajo de investigación.

Por ende, para el análisis del proyecto se seleccionaron los laboratorios de la parte eléctrica que se ven durante el programa de electromecánica, ya que estos cuentan con un potencial energético que se podría llegar a recolectar para eventualmente ser utilizado en la institución, los laboratorios de la parte eléctrica en dicho programa son: Maquinas eléctricas I y II, Accionamientos eléctricos, Medidas eléctricas.

### **3.3.2. Etapa 2. Estudio**

- **Actividad 3. Toma de datos.** Se realizaron unas encuestas a todos los docentes de cada laboratorio donde se visualizará la duración de las prácticas, la cantidad de módulos que había en cada laboratorio y si según el concepto de los docentes visualizaban viable la recolección de energía en algunas de las prácticas de laboratorio realizadas en las UTS, sede Bucaramanga; teniendo así un concepto de los docentes que tienen una experiencia más amplia en la materia y así tener mayor confiabilidad en los resultados entregados. También se analizaron las prácticas que son realizadas por los estudiantes a cargo de los respectivos docentes en estos laboratorios durante el semestre, registrando los equipos como motores (fotografía 18), transformadores, vatímetros, amperímetros, transformadores, etc. que son utilizados para las prácticas y concluyendo en cuales se puede recolectar energía para luego ser utilizada.

Fotografía 15 Motores para las prácticas de laboratorio



Fuente: Autores

- **Actividad 4. Análisis de la información recolectada en las encuestas.** En esta actividad se recopiló la información de las encuestas entregadas a cada docente de laboratorio y se valoraron los resultados que arrojaron estas.

Las prácticas en los laboratorios tienen una duración de unos 15 a 20 minutos, tiempo en el cual el estudiante está en el módulo con su grupo de trabajo llevando a cabo el cableado de la práctica del día, revisando conexión a conexión cuidando que todos los equipos estén acoplados de forma correcta y esperando la autorización del docente a cargo para energizar el módulo y llevar a cabo la práctica, tomando los respectivos datos visualizando como se cumple la teoría en la práctica que se está llevando a cabo.

En los laboratorios como medidas eléctricas y accionamientos eléctricos, las prácticas que se desarrollan manejan amperajes y cargas bajas como lo son bombillas, motores, multímetros, vatímetros, actuadores, sensores, etc. En comparación a los que son utilizados

en los laboratorios de máquinas eléctricas I y II donde se trabajan con transformadores, motores de inducción, maquinas síncronas etc.

Durante las practicas se conectan cargas eléctricas de tipo resistivas como las bombillas en el laboratorio de medidas o resistivas e inductivas como los motores o transformadores en el laboratorio de máquinas; hay una práctica en la cual los estudiantes pueden inyectarle energía eléctrica a la red nacional, en la práctica de la maquina síncrona en su configuración de generador acoplada a un motor de inducción que este a su vez le entrega la energía mecánica para ser transformada en energía eléctrica por el generador síncrono y ser montado a la red por medio del método visto en el laboratorio.

- **Actividad 5. Evaluación de la información anteriormente expuesta.**

Por medio de las encuestas algunos profesores expresaban que no era viable implementar tecnologías para la recolección de energía en los laboratorios, había una prueba donde se podía realizar la recolección de energía eléctrica, es la prueba de la maquina síncrona como generador, pero es un proceso que no tiene nada de viabilidad debido a que es alimentada por un motor de inducción que ha sido energizado desde la red eléctrica, alimentar un motor para que entregue energía mecánica y alimente el generador síncrono que a su vez transformara esa energía mecánica en eléctrica es un proceso donde la energía está viajando por dos máquinas, de las cuales las dos generan pérdidas en su transporte de energía, esta prueba es una forma didáctica de ver como al cambiar ciertos parámetros en el generador podemos dar energía a la red eléctrica.

### **3.3.3. Etapa 3. Validación**

- **Actividad 6. Análisis de los resultados independientes.**

Debido al estudio de las prácticas que son desarrolladas en las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, sede Bucaramanga, en los laboratorios donde posiblemente se podía recolectar energía o tenían un potencial energético alto (ya mencionados anteriormente), teniendo en cuenta de que para la recolección y próxima

puesta en uso de la energía que se utiliza en dichos laboratorios es necesario el acoplamiento de un motor síncrono en su configuración de generador haciendo más compleja la práctica debido a que este motor con esa configuración se ve hasta el laboratorio de máquinas II y que el tiempo de las practicas es tan corto (tiempo neto en que están los módulos energizados, estamos hablando de unos 10 minutos) se visualiza la poca viabilidad que tiene implementar tecnologías de recolección energética en los laboratorios.

#### 4. RESULTADOS

- **Actividad 8. Viabilidad del proyecto.** La viabilidad del proyecto es aquella que garantice la inversión de estos productos a futuro, basándonos en comparaciones y estimas de cuanta capacidad se puede suministrar en las UTS hablando ya en términos porcentuales basando las comparaciones, por día de suministro y mensualmente cuanto porcentaje se puede generar con la recolección de estas actividades cotidianas podemos conocer la viabilidad del proyecto.

Contextualizando los resultados obtenidos en las diferentes zonas de las UTS, se pudo validar una estimación aproximada del potencial energético que puede ser generado en las actividades diarias cotidianas del 2017 segundo periodo; se unen los resultados de los sistemas a implementar viables aprobados en la actividad 7 del proyecto, fueron seleccionados los métodos de: sistema de baldosas PaveGen (Kemball-Cook, EL PAVEGEN V3, 2017), y el sistema de recolección de energía a partir de bicicletas estáticas llamadas ECOBIKES (SAS., 2012).

Debido al poco tiempo en que son utilizados los módulos para las prácticas de los laboratorios, la idea de utilizar energía eléctrica para alimentar los motores y nuevamente inyectarla a la red o almacenarla, el hecho de implementar un sistema de recolección o almacenamiento que hace de las practicas una actividad más compleja de la debida, se optó por inviable el implementar alguna tecnología para la recolección de energía en los laboratorios.

Se obtienen porcentajes individuales de los sistemas PaveGen y Ecobikes los cuales fueron proporcionados en rangos máximos y mínimos, con el fin de hacer estimaciones precisas en cada zona independiente para lograr una estimación aproximada del potencial energético, los valores fueron los siguientes para el sistema PaveGen los rangos son en términos porcentuales:

- Rango mínimo de 41% aproximado y rango máximo de 86% aproximado como son indicados en la Tabla 14.

Para el sistema ECOBIKES los rangos fueron:

- Rango mínimo 0,13% aproximado y rango máximo 0,39% aproximado.

Estos dos sistemas a implementar garantizan una viabilidad del proyecto gracias a su alto grado de recolección de energía, la suma de los dos sistemas a implementar da un aproximado mensual de aporte al consumo energético en las UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER, sede Bucaramanga de:

- En un rango mínimo de 41,13% aproximado y un rango máximo de 86,39% aproximado.

El proyecto en su fase teórica revela un alto grado de viabilidad del mismo gracias a los valores obtenidos en el estudio realizado.

## 5. CONCLUSIONES

- El proyecto determina una alta viabilidad, pero aplicando solo el ENERGY HARVESTING basado en baldosas PaveGen en la entrada principal se logra un gran potencial energético como es indicado en la Tabla 16 el sistema ENERGY HARVESTING en la entrada de las UTS proporcionaría un aporte en un rango aproximado de 16% a 40% del promedio de potencia como sumido en las tres edificaciones de la institución.
- La recolección de datos puede ser tediosa, pero se logró identificar un estándar por día en la cantidad de flujo de personas que transitan por los espacios físicos de la institución, basados en una variable discreta la recolección de datos arroja un promedio superior a veinte tres mil personas por día Tabla 8.
- El sistema PaveGen V3 permite un alto grado de recolección de energía con sistemas piezoeléctricos, en el mercado actualmente son líderes en esta tecnología por su calidad y eficiencia de recolección.
- En el proyecto se identifica el excelente potencial energético en las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, sede Bucaramanga gracias a que, en un estándar de promedio por día a la institución, transitan más de veinte tres mil personas por día
- La implementación de tecnologías de recolección de energía mecánica con el fin de ser transformadas en energía eléctrica y la utilización de bicicletas estáticas para la generación de energía eléctrica es una elección eficaz hacia el aprovechamiento de la energía mecánica que es producida al momento de pedalear, a su vez en la innovación de nuevas tecnologías a favor del medio ambiente, se llegó a la conclusión de que recolectar energía a través de las bicicletas estáticas es viable ya que puede aportar potencial significativo al consumo energético en las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, sede Bucaramanga.
- Para este estudio se escogió como referencia las bicicletas estáticas generadoras de energía llamadas Ecobikes, pensando en el ahorro que puede llegar a tener las UTS y en la facilidad de adquisición, mantenimiento e instalación, se pudo concluir

que la selección de este tipo de bicicletas es la más conveniente debido a sus características técnicas, su garantía y su capacidad de generación.

- Respecto al diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de las bicicletas estáticas, arroja como conclusión la necesidad de realizar una investigación exhaustiva, con el fin de conocer los componentes específicos de almacenamiento o distribución de la energía generada por este sistema de recolección de energía mecánica y realizar pruebas con prototipos creados para conocer el potencial de producción energético real.
- Con la realización de la revisión bibliográfica, se pudo obtener diferentes fuentes de información, las cuales nos sirvieron de guía durante el proceso, la búsqueda del conocimiento para implementar bicicletas estáticas para la generación de energía nos llevó a la conclusión de que es necesario investigar fuentes como libros, artículos, tesis y páginas web, ya que este tipo de tecnologías abarcan un campo de conocimiento bastante amplio en implementación y en la selección del sistema adecuado para la generación de energía.
- El tiempo de las prácticas en los laboratorios es muy corto por ende el consumo que tienen es mínimo, implementar tecnología que recolecte la energía que no es aprovechada en ellos es inviable, a su vez el hecho de utilizar energía eléctrica para alimentar los motores y posteriormente transformar esa energía mecánica en eléctrica para ser almacenada o inyectarla a la red no tiene mucho sentido.

## 6. RECOMENDACIONES

El estudio se basó en la implementación de sistemas específicos en el mercado con la mejor calidad para tener una mayor veracidad de los valores obtenidos, en este proyecto se recomienda el uso de los siguientes componentes para la recolección de la energía limpia, sistemas de recolección de energía basado en sistemas de piezoeléctricos con baldosas PaveGen modelo V3 (Kemball-Cook, EL PAVEGEN V3, 2017) y el sistema de recolección de energía en bicicletas estáticas ECOBIKES (SAS., 2012)

Uno de los sistemas seleccionado para este proyecto fueron las bicicletas estáticas reconocidas como Ecobikes, ya que posee características de viabilidad convenientes como lo son garantía en mantenimiento, confiabilidad en la tecnología a adquirir y el reconocimiento que ha tenido la empresa fabricante en la aplicación de este sistema en Colombia y en diferentes países del mundo, a su vez, se puede realizar un diseño para la generación de energía eléctrica a partir de las bicicletas estáticas existentes en el gimnasio de las UTS, teniendo en cuenta una investigación profunda y los parámetros de construcción, generación y distribución.

Se puede realizar un estudio que también involucren maquinas del gimnasio que realicen movimiento rotativo como caminadoras y máquinas que utilicen poleas, con el fin de recolectar la energía mecánica generada por el ser humano durante las actividades físicas.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. R. (2010). *Electricidad y Electronica*. Buenos Aires: Anselmo L. Morvillo S. A.
- E. S. (2014). *Diseño de un colector de energia piezoelectrico mediante optimización topológica que maximice la transformacion de energia mecanica en electrica generada por un ser humano al caminar*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Escribano, J. O. (2005). *Electricidad y Electronica*. Madrid: Oxford University Press.
- Figuroa, O. M., L. p., & F. O. (2015). *El mundo de la Electrónica*. Buenos Aires: Quark SRL.
- Fresneda, C. (s.f.). *El Mundo.es*. Obtenido de El mundo.es: <http://www.elmundo.es/accesible/elmundo/2013/05/23/natura/1369334180.html>
- Guerrero, R. P. (2011). *Electrotecnia*. Andalucía: IC Editorial.
- Guzmán, J. M. (2007). *Práctica de conservación de la Energia Mecánica*. San Salvador: El Cid Editor - ingeniería.
- M. A., L. J., & A. M. (2004). *El ahorro energético: estudios de viabilidad económica*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos, S.A.
- M. M., R. C., A. V., & G. F. (2008). Dispositivos para el mejoramiento de la calidad de la energia electrica: Stacon y Dvr. *Ciencia e Ingenieria Vol. 29*, 48-49.
- Pérez, R. G. (2011). *Electrotecnia*. Andalucía: Innovación Y Cualificación, S.L.
- S. L. (1969). *Electricista de acumuladores*. Moscú: MIR.
- BENCARDINO, C. M. (2012). *Estadística y Muestreo*. Bogotá: Ecoediciones.
- Bencardino, C. M. (2012). medidas de tendencia central. En C. M. Bencardino, *Estadística y Muestreo* (pág. 91). bogota: Ecoe Ediciones.
- Gallardo, Y., & Moreno, A. (1999). *Recoleccion de la Información*. Bogota: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior Icfes.
- Guerrero, C. A. (2016). *Sistema de recolección de energía ( Energy Harvesting), que emplea la corriente corona y señales de alta frecuencia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia .
- Kemball-Cook, L. (2009). *Pavegen*. Obtenido de <http://www.pavegen.com/about/>
- Kemball-Cook, L. (2017).
- Maximiliano Ramírez, E. R. (2016). *TAPETE GENERADOR DE ENERGÍA*. mexico.
- Núñez, C. F., & Flórez, J. O. (2011). *Diseño de un Sistema de Generación de Energía Eléctrica a Partir de Bicicletas Estáticas*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Nuria. (13 de ABRIL de 2011). *RENOBABLES VERDES DE BEZZIA*. Obtenido de <https://www.renovablesverdes.com/energia-piezoelectrica-convierte-movimiento-humano-en-electricidad/>
- Orellana, L. (2008). Valores Atipicos. En L. M. Riobóo, *Estadística Básica* (pág. 28). Nicaragua: UNI- NORTE - SEDE REGIONAL Estelí.
- Osorio, A. (2007). *Gnerador Eléctrico Accionado por Fuerza Humana: una nueva Alternativa de Generación de Energía* . Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Pereira, U. T. (2016). *Programa para el uso eficiente de energía y ahorro de agua en la Universidad Tecnológica de Pereira*. Pereira: Centro de Gestion Ambiental Universidad Tecnológica de Pereira.

R-DC-95

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y  
PRÁCTICA

VERSIÓN: 01

Productos Ecológicos EB S.A.S. (2012). Obtenido de Productos EB:  
<http://www.productoseb.co/>  
SAS., P. E. (2012).

## 8. ANEXOS

Anexo A – Formatos de recolección de datos en archivo PDF

Anexo B – Base de datos estadística de la recolección de datos en archivo EXCEL

Anexo C – Archivo guía “EcoBikes para el gimnasio al aire libre” en archivo PDF