

**SISTEMA MECANICO PARA LA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR  
MEDIO DEL DESPLAZAMIENTO VEHICULAR**

**CARLOS STEVEN HENAO BOHORQUEZ  
DANY ESTEFANO VEGA RAMIREZ  
JUAN FERNANDO ALVAREZ PINEDA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2016**



**SISTEMA MECANICO PARA LA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR  
MEDIO DEL DESPLAZAMIENTO VEHICULAR**

**CARLOS STEVEN HENAO BOHORQUEZ  
DANY ESTEFANO VEGA RAMIREZ  
JUAN FERNANDO ALVAREZ PINEDA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2016**

**SISTEMA MECANICO PARA LA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR  
MEDIO DEL DESPLAZAMIENTO VEHICULAR**

**TRABAJO DE GRADO MODALIDAD INVESTIGATIVA PARA OPTAR AL  
TITULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**ASESOR: LUIS CARLOS OLMOS VILLALBA  
INGENIERO MECANICO  
MAGISTER EN INGENIERIA**

**CARLOS STEVEN HENAO BOHORQUEZ  
DANY ESTEFANO VEGA RAMIREZ  
JUAN FERNANDO ALVAREZ PINEDA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al coordinador del Semillero S-GIEN ingeniero Andrés Felipe Isaza y al señor Juan David Zapata Lopera quienes, con sus conocimientos, su profesionalismo y su apoyo incondicional fueron parte importante y de gran ayuda en el desarrollo de este proyecto de innovación.

A la Institución universitaria Pascual Bravo por la formación académica recibida en este camino hacia un título universitario.

## CONTENIDO

	Pág.
<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>122</b>
<b><u>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</u></b>	<b>133</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	144
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	155
<b><u>2. DELIMITACIÓN</u></b>	<b>166</b>
2.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL	166
2.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL	166
<b><u>3. OBJETIVOS</u></b>	<b>177</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL	177
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	177
<b><u>4. JUSTIFICACIÓN</u></b>	<b>188</b>
<b><u>5. MARCO DE REFERENCIA</u></b>	<b>19</b>
5.1 MARCO CONTEXTUAL	19
5.1.1 VARIABLES DEMOGRÁFICAS (ZONAS):	19
<b>5.2 MARCO TÉORICO</b>	<b>19</b>
5.2.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA MECANICO	19
5.2.2 REQUERIMIENTOS MECANICOS	19
5.2.3 REQUERIMIENTOS ELECTRICOS	20
5.2.4 REQUERIMIENTOS ADICIONALES	20
<b><u>6. DISEÑO METODOLÓGICO, TIPO DE INVESTIGACION Y ENFOQUE METODOLOGICO</u></b>	<b>21</b>
6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN Y ENFOQUE METODOLÓGICO	28
6.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	28
6.2.1 FUENTES DE INFORMACIÓN.	29

<b><u>7.</u></b>	<b><u>RECURSOS DEL PROYECTO</u></b>	<b><u>30</u></b>
<b><u>8.</u></b>	<b><u>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</u></b>	<b><u>31</u></b>
<b><u>9.</u></b>	<b><u>RESULTADOS</u></b>	<b><u>32</u></b>
<b><u>10.</u></b>	<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>34</u></b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Recursos del proyecto .....	30
Tabla 2 Insumos del proyecto .....	30
Tabla 3 Costos.....	31
Tabla 4 Mediciones experimentales y resultados.....	35
Tabla 5 Tarifas y costos de la energia en medellin, abril del 2015.....	35
Tabla 6 Ahorro economico.....	36

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1 Especificaciones de un vehiculo .....	¡Error! Marcador no definido.2
Ilustración 2 Especificaciones tecnicas del acrilico	¡Error! Marcador no definido.3
Ilustración 3 Resorte de compresion helicoidal.....	¡Error! Marcador no definido.4
Ilustración 4 Representacion del mecanismo en una via pavimentada.....	¡Error! <b>Marcador no definido.5</b>
Ilustración 5 Vista del sistema de embrague y disco de inercia del sistema ...	¡Error! <b>Marcador no definido.6</b>
Ilustración 6 Vista lateral del sistema mecatronico	¡Error! Marcador no definido.6
Ilustración 7 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatronico .....	27
Ilustración 8 Generador DC de imanes permanente	¡Error! <b>Marcador      no definido.8</b>
Ilustración 9 Bateria principal .....	¡Error! Marcador no definido.8
Ilustración 10 Representacion del mecanismo al pasar un vehiculo .....	37
Ilustacion 11 Fotografia lateral izquierda del prototipo.....	38
Ilustracion 12 Fotografia lateral derecha del prototipo con partes.....	39

## GLOSARIO

**GENERACION ELECTRICA:** La generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía en energía eléctrica

**FLUJO VEHICULAR:** Es el fenómeno causado por el tránsito de vehículos en una vías, calle o autopista.

**MECANISMO:** Conjunto de piezas o elementos que ajustados entre si y empleando energía mecánica hace un trabajo o cumple una función.

**CAJA DE VELOCIDAD:** Es un sistema que genera un par torsor a través de engranajes para dar una velocidad final.

## RESUMEN

Este trabajo es sobre un mecanismo modular fijado en el trayecto contiguo a los peajes del país, que permitirá la generación de electricidad por medio del flujo vehicular y el desplazamiento másico que presentan los mismos, este mecanismo será realizado por estudiantes del semillero S-GiiEN, en los laboratorios de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

Mediante el mismo se tiene como objetivo desarrollar una propuesta que sea limpia y amigable con el ambiente para generar energía a través de un suceso que hace parte de nuestra vida diaria como lo es el tránsito vehicular.

El prototipo desarrollado en este trabajo como se mencionó anteriormente, se diseñó de manera tal que sea fácil para mantenimiento y sostenimiento del mismo, que es el sistema modular, que nos permite trabajar el diseño para cualquier tipo de vía, basándonos en las dimensiones de las vías de los diferentes peajes. Se optó también por el aporte que brinda con el tema actual en las medidas de tránsito de reductor de velocidad, debido a que causa un primer impacto visual de resalto, sirviendo como controlador de velocidad para el aproximarse a un peaje y adicional a esto generar un extra en electricidad lo que se vería reflejado como un ahorro de gran proporción para peajes de alto flujo vehicular y lo que sería proporcionalmente a uno de menor flujo vehicular a un muy bajo costo por modulo que se desee implementar.

## ABSTRACT

This work is on a modular mechanism fixed to the adjoining toll in the country, which will allow the generation of electricity through traffic flow and mass displacement have the same, this mechanism will be performed by students hotbed S-GiiEN path, in the laboratories of the University Institution Pascual Bravo.

By the same aims to develop a proposal that is clean and environmentally friendly means to generate energy through an event that is part of our daily life as it is the traffic.

The prototype developed in this work as mentioned above, was designed in a way that is easy for maintenance and maintenance thereof, which is the modular system that allows us to work design for any kind of way, based on the dimensions of the pathways of different tolls. He also chose the contribution offered to the current topic in transit measures speeder, because it causes a first visual impact shoulder, serving as speed controller for approaching a toll and in addition to this generate an extra electricity which would be reflected as a large proportion saving for tolls high traffic flow and what would be proportionally lower vehicular one flow at a very low cost per module you want to implement.

## INTRODUCCIÓN

Al mundo lo mueve la energía pero ¿Cuál es el problema? GENERARLA, actualmente existen diversas formas de generar energía, con la escases de combustibles fósiles es necesario buscar la generación de energía a través de las conocidas energías alternativas, entre ellas tenemos gran variedad como lo es la energía eólica, la energía mareomotriz, la energía geotérmica, la energía termoeléctrica, la energía hidráulica, la energía fotovoltaica, entre otras que ayudan a minimizar el consumo de combustibles fósiles y a contribuir en el cuidado y la conservación del medio ambiente.

En la siguiente investigación inicialmente realizada en el departamento de Antioquia y frente a la inminente tendencia a desaparecer de los combustibles fósiles y por consiguiente su alza en precios, se generó la necesidad de desarrollar un elemento económico, de fácil instalación, mantenimiento y versatilidad para la generación de energía eléctrica en los peajes garantizando la no contaminación del medio ambiente y generando ahorros económicos a quien lo implementa.

Para el caso que nuestra zona de estudio es el Valle de Aburra, existen muchos puntos de peaje que por su ubicación geográfica en casos en las afueras de las ciudades no cuentan con un suministro de energía eléctrica por lo cual se ven obligados a obtenerla a partir de los mismos combustibles fósiles u otras alternativas no muy convenientes, como puede ser el cable aéreo de difícil instalación o grupos electrógenos.

La idea es obtener la mayor cantidad de energía mediante un movimiento circular que es aprovechado por un alternador, del peso de un vehículo transformado a energía cinética que luego pasara a ser energía eléctrica

Actualmente existen infinidad de propuestas de generación de energía eléctrica por medio del desplazamiento vehicular en el mundo, que sea han desarrollado alrededor del mismo tratando de buscar un equilibrio entre eficiencia y costo de la implementación. Pasando por diferentes lugares en Israel, Estados Unidos, Perú, incluso en Colombia en nuestra ciudad Medellín implementado por la entidad llamada RutaN en el sector "El Poblado". Pero la idea a nivel mundial está centrada en los materiales piezoeléctricos carga que se acumula en un material solido mediante estrés mecánico, lo cual es bastante costo motivo por el cual se ha desechado la idea, haciendo énfasis en Perú que se planteó un sistema mecánico similar al nuestro pero mediante la inercia y Estados Unidos mediante rodillos que se activan mediante el contacto rotacional que hace el vehículo.

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los peajes son simples casetas que necesitan un suministro eléctrico constante para su iluminación y manejo de equipos, estos permiten la circulación de vehículos por las diferentes vías existentes pero ¿Por qué no buscar una forma de que estos generen su propia energía con el paso de los vehículos?, actualmente no existen muchas propuestas a nivel nacional para generar energía eléctrica aprovechando la circulación de vehículos por las carreteras y es necesario e importante aprovechar el amplio parque automotor que existe en el Valle de aburra, esto sería un gran desarrollo para beneficiar a los peajes económicamente además una manera alternativa de producir energía amigable y cuidadosa con el medio ambiente, además de ser innovadora.

Se nota mucho en los últimos años el crecimiento económico debido a que se han estado realizando mejoras notables en construcciones y que están relacionadas con construcciones viales que están influenciadas por el mismo alto flujo vehicular. En muchos de estos sectores modernizados se ha venido instalando como medida de seguridad vial reductores de velocidad conocidos como Foto detenciones. Las estadísticas del Ministerio de Transporte mencionan un alto índice de accidentes de tránsito debido al exceso de velocidad.

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A lo largo del tiempo la humanidad se ha visto beneficiada por los recursos que le brinda la naturaleza para subsistir y desarrollar sus actividades productivas. Los combustibles fósiles son la fuente energética que nos ha provisto de tales posibilidades de desarrollo, pero es ahora cuando se ve reflejado el deterioro que ha causado la monopolización de un recurso que empieza a escasear. En la actualidad se buscan alternativas de aprovechar las diferentes formas en que la energía se encuentra almacenada, es por eso que buscamos desarrollar una manera de producir electricidad por medio del constante flujo vehicular que se presenta en los peajes activos de las vías intermunicipales e interdepartamentales del país y así en primera instancia, minimizar el consumo energético asociado a éstos establecimientos de uso continuo. Progresivamente se proyectara la posibilidad de adosar el mecanismo a las restricciones de velocidad que presenta el transito como los reductores o sobresaltos que se encuentran en vías concurridas de las ciudades y cascos urbanos. Lo que se busca entonces es propiciar una alternativa económica para la generación de electricidad en espacios de alto flujo vehicular.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es viable el desarrollo de un dispositivo mecánico para que los peajes generen energía eléctrica para su sostenimiento, por consiguiente un ahorro económico y adicional sea tomado como una medida de seguridad vial?

## **2. DELIMITACIÓN**

### **2.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL**

Se desarrolló en el semillero de investigación S-GIEN de la Institución Universitaria Pascual Bravo, Campus Robledo: Calle 73 No. 73A - 226 de la ciudad de Medellín (Antioquia).

### **2.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL**

El proyecto se desarrolló entre los meses de enero y noviembre del 2015.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un prototipo que permita la generación de electricidad por medio de un impulso, simulando el flujo vehicular de un peaje.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar un análisis sobre como la instalación del dispositivo afectaría el consumo energético en los peajes, teniendo en cuenta el flujo vehicular que circula en el valle de aburra y el número de peajes existentes en el departamento de Antioquia.
- Construir un dispositivo modular de fácil montaje, transporte y mantenimiento para generar energía eléctrica.
- Hacer que la energía que se consume cotidianamente en un punto peaje sea sostenible, económica y ecológica con el ambiente.
- Aprovechar los avances tecnológicos y conocimientos obtenidos hasta el momento para encontrar una forma de generar energía alternativamente.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

El sistema para la generación de energía eléctrica a través del desplazamiento vehicular presenta unos beneficios con los cuales se busca redimir los gastos mensuales generados por el consumo de energía eléctrica en los peajes para suplir principalmente la necesidad de iluminación garantizando el cuidado y protección del medio ambiente a través de un sistema mecánico sencillo y de fácil implementación, que puede ser instalado en cualquier vías pavimentada del departamento y del país.

Este producto es innovador ya que es de fácil fabricación, mantenimiento, instalación, transporte y a un buen precio que es necesario para suplir un poco la demanda de energía eléctrica que va dirigido a los peajes para que no dependan totalmente de la conexión a las redes eléctricas.

- **Distribución espacial:** Nuestro producto puede ser distribuido y comercializado a peajes ubicados en carreteras pavimentadas.

El fuerte de semillero de investigación S-Giien es la innovación e investigación en energías, siempre haciendo énfasis en las energías alternativas, la innovación del sistema para la generación de energía eléctrica por medio del desplazamiento vehicular viene dada por su versatilidad ya que al ser un sistema pequeño facilita el mantenimiento y en caso de daño no sería causal de caos es el tráfico del lugar en el cual se instale.

## **5. MARCO DE REFERENCIA**

### **5.1 MARCO CONTEXTUAL**

#### **5.1.1 Variables demográficas (zonas):**

Este producto puede ser instalado en cualquier vía pavimentada sin importar el lugar geográfico, está diseñado para los peajes pero se considera que su puede mejorar para ser utilizado en otras partes como centros comerciales y parqueaderos. Es un sistema mecánico sencillo, versátil, de fácil mantenimiento y transporte que puede generar un ahorro económico al ahorrar energía eléctrica.

### **5.2 MARCO TÉORICO Y ESTADO DEL ARTE**

#### **5.2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico.**

Para el desarrollo de este trabajo se han tenido en cuenta requerimientos mecánicos (resistencia de las piezas), requerimientos sobre la generación de electricidad, su respectivo almacenamiento y control de carga.

El principal objetivo es obtener la mayor cantidad de energía eléctrica a partir de la transformación de la energía potencial entregada por el peso del vehículo. Esto se logra mediante el uso de un multiplicador de velocidad, la inercia de una masa extra y un generador eléctrico.

#### **5.2.2 Requerimientos mecánicos**

El sistema mecatrónico deberá ser capaz de soportar los esfuerzos generados por el peso de un eje de un vehículo ligero, el cual se ubica en el rango de 550 kg a 750 kg por eje. Para el dimensionamiento se deberán realizar análisis de esfuerzos estáticos y también análisis por fatiga del material, ya que estarán sometidas a cargas pulsantes.

A su vez, el sistema deberá ser capaz de transmitir la potencia entregada por el peso del vehículo mediante un sistema de engranajes que multiplique la velocidad para entregársela a un generador eléctrico.

The image shows the Chevrolet website's technical specifications page for the Spark Life. The navigation bar includes the Chevrolet logo, a menu of vehicle types (CARROS, CAMIONETAS & PICK UPS, VANES, BUSES, CAMIONES, TAXIS, TODOS), and links for Tecnología ChevyStar, Promociones, Mundo Chevrolet, Posventa, and Contáctanos. Below the navigation, there are tabs for Características, Multimedia, Especificaciones (highlighted), Personaliza El Tuyo, and Mantenimiento. The main heading is 'SPARK LIFE' followed by 'Especificaciones Técnicas'. There are sub-tabs for Interior, Exterior, Motor, Dimensiones Y Capacidades (highlighted), Seguridad, and Todos. A legend indicates that a yellow dot means 'Estándar', a white circle means 'Disponible', and a grey line means 'No Disponible'. The table below compares specifications for Spark C/A and Spark S/A. The 'Peso Vacío (kg)' row is highlighted with a red box, showing 820 kg for Spark C/A and 795 kg for Spark S/A.

Dimensiones y Capacidades	Spark C/A	Spark S/A
Barra estabilizadora (del/tras)	Delantera	Delantera
<b>Peso Vacío (kg)</b>	<b>820</b>	<b>795</b>
Peso Bruto Vehicular (kg)	1,230	1,230
Capacidad de Carga (kg)	410	435
Volumen en área de carga (lts)	200	200
Tanque de combustible (gal / L)	9,24 / 35	9,24 / 35
Capacidad de pasajeros	5	5
Dirección	Manual. Piñón y Cremallera	Manual. Piñón y Cremallera

Imagen 1: Especificaciones técnicas de un vehículo. Fuente: <http://www.chevrolet.com.co/spark-life-carro-economico/especificaciones.html>

Teniendo en cuenta el material con el cual se realizó el prototipo y se realizaron las pruebas experimentales tenemos la especificación del Acrílico al 100% para tener como referencia un material que soporte las cargas del vehículo en el momento de la pulsación y cargas de reacción al momento de entregar el movimiento a través del sistema.

Dureza a la penetración ROCKWELL	D-785	M 100	-
Elongación a la rotura	D-638	2	%
Módulo de elasticidad a la tracción	D-638	30.000-32.000	kg/cm2
Módulo de flexión	D-790	28600	kg/cm2
Módulo de la resistencia a la compresión	D-695	21420	kg/cm2
Resistencia a la abrasión (500 g., 100 ciclos).	D-1044	4	-
Resistencia a la compresión	D-695	1020	kg/cm2
Resistencia a la flexión	D-790	1020	kg/cm2
Resistencia a la tracción	D-638	700	kg/cm2
Resistencia a la tracción a -40° C	D-638	950	kg/cm2
Resistencia a la tracción a +70° C	D-638	350	kg/cm2
Resistencia al choque con probeta sin entallar (CHARPY)	D-256(Met.B)	20-30	kg. cm/cm2

Imagen 2: Especificaciones técnicas del acrílico. Fuente: <https://uruguay334.wordpress.com/category/informacion-tecnica/>

### 5.2.3 Requerimientos eléctricos

El sistema mecatrónico deberá contar con circuitos electrónicos de protección para poder limitar la corriente de carga de la batería principal con el objetivo de proteger la batería y a su vez el generador. Además, se requiere de un circuito para el control de carga de la batería principal.

### 5.2.4 Requerimientos adicionales

Las dimensiones del sistema mecatrónico desarrollado deberán cumplir con las exigencias de la directiva Republica de Colombia Corte Constitucional Presidencial Ley 769 de 2002 (Agosto 6) "Código Nacional de Tránsito Terrestre", que rige y

controla el diseño, uso y construcción de resaltos. Ésta reglamentación establece que este tipo de reductores de velocidad no deberán exceder una altura de 10 cm por encima de la capa asfáltica. El sistema mecatrónico propuesto deberá contar con una cubierta para protegerlo del polvo y de la humedad del ambiente.

Una corona accionará a los engranajes, éstos son de dientes rectos. Este sistema permite alcanzar una mayor velocidad de rotación en el generador o alternador, disminuyendo el torque entregado por el vehículo.

Se ha seleccionado un resorte de compresión helicoidal de espiral abierta que ofrece resistencia a una fuerza de compresión axial. Fabricado por RETEXCO. El resorte es fabricado de acero ASTM A229. Para seleccionar el resorte hemos tenido en cuenta la carga o fuerza necesaria que debe vencer el resorte para retornar el sistema al punto inicial, que de igual forma en este proceso produce energía al sistema. Es un solo resorte que se encuentra ubicado de manera vertical entre la corona y la parte inferior del prototipo o base, aclarando que el resorte en ningún momento va a sostener totalmente el peso del vehículo.



Imagen 3: Resorte de compresión helicoidal.  
Fuente:[http://www.retexco.com/retexco\\_productos\\_resortes.html](http://www.retexco.com/retexco_productos_resortes.html)

## 6. DISEÑO METODOLÓGICO, TIPO DE INVESTIGACION Y ENFOQUE METODOLOGICO

Buscando la generación de energía eléctrica en los peajes a través del movimiento y el peso de los vehículos que por allí circulan se hace necesario instalar un dispositivo mecánico de piñón-corona por medio del cual se logre alcanzar este ahorro energético y por consiguiente una reducción de costos en el peaje. El buen funcionamiento de este dispositivo depende principalmente del flujo vehicular que se presente en el peaje que según las observaciones realizadas es un flujo permanente que se da principalmente por vehículos de carga pesada, esto permitiría el accionamiento y funcionamiento del dispositivo logrando alcanzar el objetivo de generar energía eléctrica de una forma sencilla y amigable con el medio ambiente. Para determinar este flujo vehicular se observó cómo se da el flujo vehicular en un peaje, para este caso se estudió de manera experimental el peaje de Niquia adscrito a la empresa HATOVIAL S.A.S donde se pudo concluir que el flujo vehicular es de 46,29 vehículos/hora (por cada carril), incluyendo automóviles, buses y camiones; este flujo permite asegurar que el dispositivo dispone de garantías para su funcionamiento. En caso de que se presente el cierre o muy bajo flujo vehicular en el peaje el dispositivo tendrá un almacenador de energía lo cual contrarresta estos imprevistos.

Se propone desarrollar un sistema mecatrónico al cual se le va a instalar un reductor de velocidad de tipo resalto de sección trapezoidal.

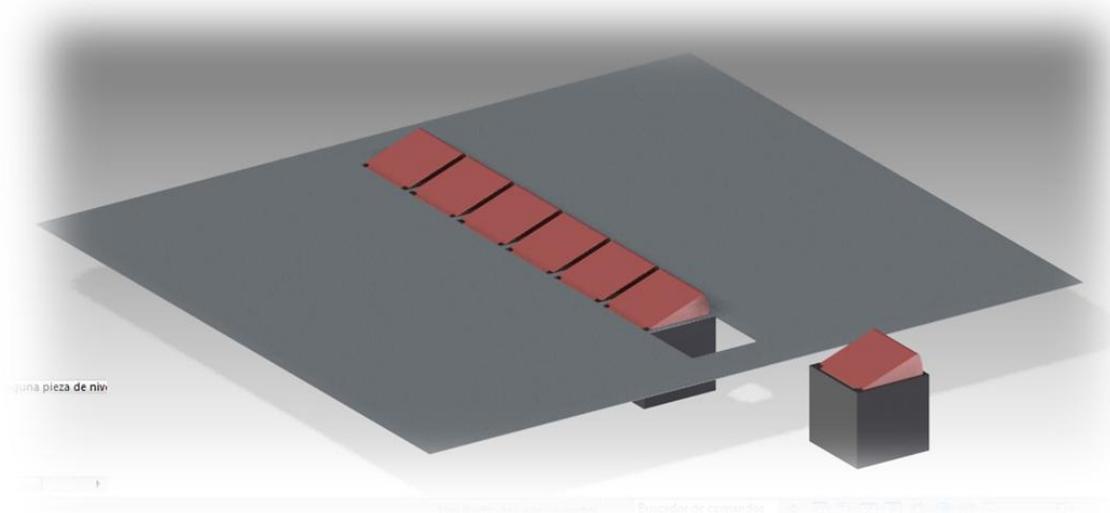


Imagen 4: Representación del mecanismo en una vía pavimentada. Fuente: Propia

El paso de un vehículo por el “rompemuelle” desplazará los módulos del sistema hacia abajo transmitiendo el movimiento a una corona que accionará un sistema de engranajes. El uso de un sistema de engranajes tiene como finalidad multiplicar la velocidad para alcanzar la deseada en el generador eléctrico.

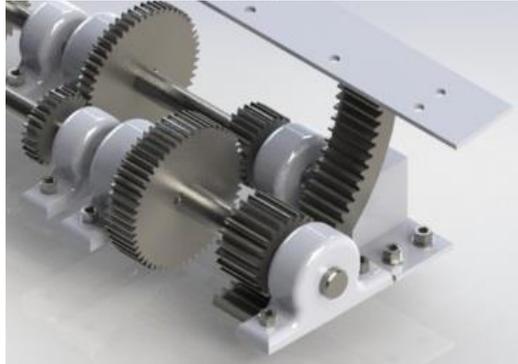


Imagen 5: Vista del sistema de embrague y disco de inercia del sistema mecatrónico. Fuente: (“Generación de energía eléctrica a partir del paso de vehículos por un reductor de velocidad de sección trapezoidal (‘rompemuelle’),” 2014)

Una vez que el vehículo pasa por el “rompemuelle”, la rampa retorna a su posición inicial debido a la acción del resorte. Este retorno ocasionaría que el sistema de engranajes gire en sentido contrario por esta acción, lo cual produciría un cambio en el sentido de giro del generador.

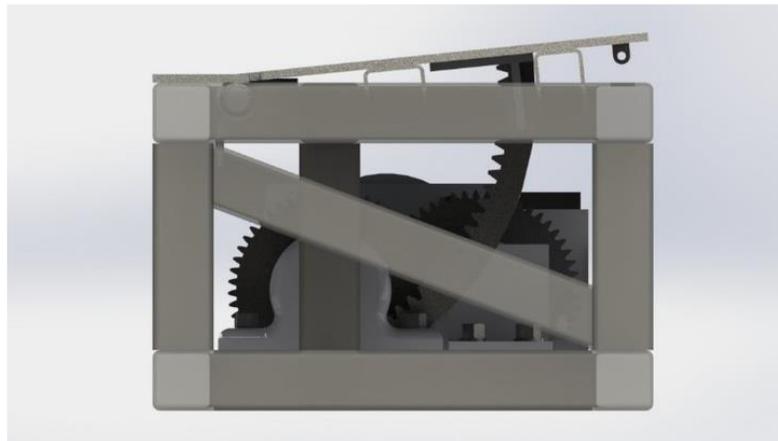


Imagen 6: Vista lateral del sistema mecatrónico. Fuente: (“Generación de energía eléctrica a partir del paso de vehículos por un reductor de velocidad de sección trapezoidal (‘rompemuelle’),” 2014)

Dado que la velocidad del sistema de engranajes está en función del peso del vehículo que pasa por la rampa, el generador podría alcanzar una mayor velocidad que a su vez produciría una mayor intensidad de corriente. Debido a este efecto se ha considerado el uso de un circuito limitador de corriente para no sobrepasar el límite admisible del generador y además, para no sobrepasar la máxima corriente de carga admisible de la batería.

Este sistema mecatrónico ofrece una fuente de energía que podrá ser usada en señalizaciones en las carreteras, estaciones de pesaje y de peaje que no cuenten con suministro de energía eléctrica.

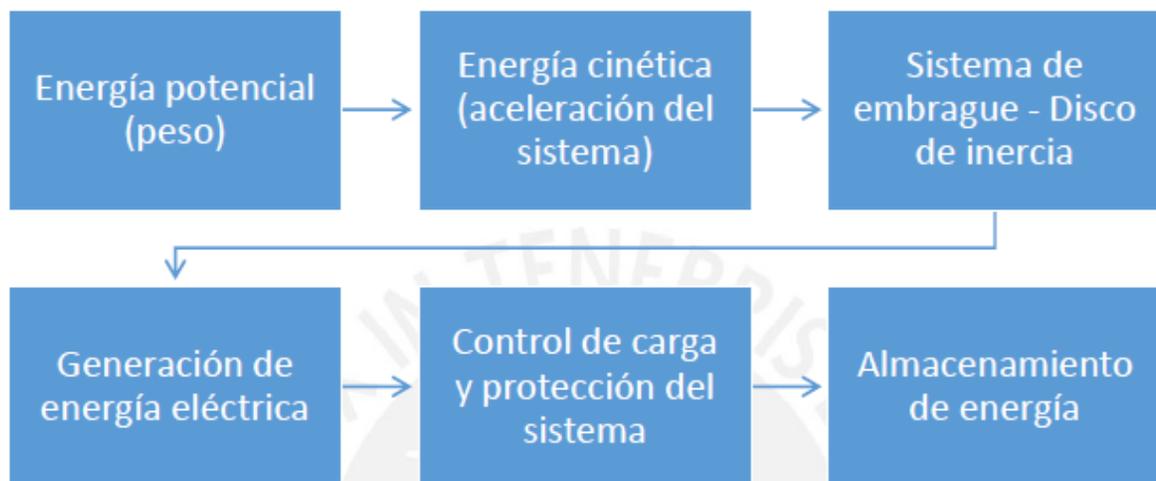


Imagen 7: Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico. Fuente:("Generación de energía eléctrica a partir del paso de vehículos por un reductor de velocidad de sección trapezoidal ('rompemuelle')," 2014)

El sistema mecánico consta de Una corona que accionará a los engranajes, éstos son de dientes rectos. Este sistema permite alcanzar una mayor velocidad de rotación en el generador, disminuyendo el torque entregado por el vehículo.

En cuanto al sistema eléctrico el generador eléctrico seleccionado es el Windstream Power Permanent Magnet DC Generator #443905, se escogió este tipo de generador debido a su gran simplicidad, ya que no posee escobillas, lo que genera un ahorro en mantenimiento. Además, es capaz de generar electricidad a bajas velocidades de rotación.

Por indicaciones del fabricante, el generador deberá sujetarse del plato frontal, por lo que se diseñó un soporte al eje del generador y se le ha fijado un engranaje mediante una chaveta para poder ser acoplado al sistema de engranajes.

Con este es posible cargar baterías de 12V y se acciona a través de polea o eje directo como lo vamos a hacer en este caso, El voltaje y la corriente es proporcional a las revoluciones, por ejemplo a 2364 RPM carga 6 amperios a una batería de 12 voltios, Entrega corriente continua CC Dimensiones 150 mm largo x 130 mm de diámetro. Eje de 14 mm de diámetro. Polea en V de 67 mm de diámetro, 11 mm ancho interior.



Imagen 8: Generador CC REF: 245130, marca Windstream Power. Fuente [www.tiendaelektron.com](http://www.tiendaelektron.com)

La batería principal será usada para almacenar la energía generada, la batería seleccionada es ENERGY 12V 1,2Ah Lithium Ion Battery.



Imagen 9: Batería 12V 1,2Ah. Fuente: <http://www.pilasybaterias.com/087624-Shimastu-bateria-plomo-NPH-12V-12Ah>

## 6.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Para llevar a cabo una obtención de una secuencia lógica de la información y actividades se requieren identificar las actividades, medios y herramientas necesarias para poder obtener un cronograma y establecimiento de recursos para obtener los resultados y metas de los objetivos.

## 6.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

### 6.3.1 Fuentes de información.

- **Primarias:** Asesorías por parte de docentes y personas con conocimiento en los temas relacionados es este proyecto de innovación.
- **Secundarias:** Fuentes tecnológicas como internet, para la búsqueda de información precisa, además de revistas, artículos y demás.

## 7. RECURSOS DEL PROYECTO

Tabla 1. Recursos Proyecto

Entidad financiadora	Aporte en dinero (\$)	%	Aporte en especie (\$)	%	Total aportes
Institución Universitaria Pascual Bravo	91.400	100			91.400
Vale de taxis	45.000				45.000
<b>TOTAL APORTES</b>					<b>136.400</b>

Fuente: Propia

Tabla 2. Insumos del proyecto: Equipos, Materiales, suministros.

Insumos del proyecto		Entidad financiadora	Recursos		Total
Cantidad	Descripción		En dinero	En especie	
18	Piezas en acrílico		200.000\$		200.000\$
2	Leds de alta eficiencia		200		400\$
1	Varilla de acero de ½ in		10.000\$		10.000\$
	Cables de electrónica		500		500\$
<b>TOTAL</b>					<b>210.900\$</b>

Fuente: Propia

Tabla 3. Costos tipo cotización, Valor real comercial.

Insumos del sistema		Entidad financiadora	Recursos		Total
Cantidad	Descripción		En dinero	En especie	
1	Alternador		254.000\$		254.000\$
1	Fabricacion de modulo		210.900\$		210.900\$
1	Regulador de batería		122.700\$		122.700\$
1	Bateria		300.000\$		300.000\$
<b>TOTAL</b>					<b>887.600\$</b>

Fuente: Propia

## 8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Febrero			Marzo					Abril				Mayo				
<b>Revisión de literatura</b>	X	X	X														
<b>Determinación y cálculos de el sistema de generación</b>			X	X	X												
<b>Diseño del sistema y dibujo en software</b>				X	X	X											
<b>Construcción del sistema</b>						X	X	X	X	X	X						
<b>Pruebas y adaptaciones del prototipo</b>											X	X	X				
<b>Presentación de prototipo en evento RedColsi</b>															X		

## 9. RESULTADOS

El tráfico en la ciudad de Medellín es muy favorable para lograr la generación de energía eléctrica a través del flujo vehicular, según datos de la secretaria de movilidad de la ciudad de Medellín, se estima que por las vías del valle de aburra circulan aproximadamente 1'181.817 vehículos entre motocicletas, automóviles, taxis, buses y camiones de los cuales el 70% sale del área metropolitana en temporadas vacacionales.

En Antioquia existen actualmente 15 peajes y según datos estadísticos de la gobernación de Antioquia correspondientes al año 2014 se tiene una circulación aproximada de vehículos-hora en cada uno de ellos, este número de vehículos hora en cada peaje es:

- Peaje variante las palmas: 75 vehículos-hora aprox.
- Peaje puerto triunfo: 41 vehículos-hora aprox.
- Peaje de la pintada: 10 vehículos-hora aprox.
- Peaje primavera: 9 vehículos-hora aprox.
- Peaje amaga: 127 vehículos-hora aprox.
- Peaje las palmas: 214 vehículos-hora aprox.
- Peaje de pajarito: 52 vehículo-hora aprox.
- Peaje Cisneros: 23 vehículos-hora aprox.
- Peaje Puerto Berrio: 19 vehículos-hora aprox.
- Peaje de san Cristóbal: 75 vehículos-hora aprox.
- Peaje de cocorna: 55 vehículos-hora aprox.
- Peaje ebejico: 1 vehículo-hora aprox.
- Peaje llanos de cuiva: 48 vehículos-hora aprox.
- Peaje de taraza: 40 vehículos-hora aprox.
- Peaje de niquia: 377 vehículos-hora aprox.

Considerando este flujo vehicular se procedió a realizar los respectivos cálculos y así conocer que peajes cumplían con el requerimiento de vehículos mínimos por hora para generar la energía eléctrica necesaria para el sostenimiento del peaje.

Las mediciones experimentales realizadas en la Institución universitaria Pascual Bravo con el prototipo construido en acrílico arrojaron que al simular el paso de un vehículo, este tarda 1,5 segundos en pisar el dispositivo generando 59,1 RPM y esto produce en el dispositivo la generación de una corriente de 0,15 amperios y 0,3 voltios, teniendo en cuenta que por cada calle es posible instalar 7 módulos se generan 1,05 amperios cada vez que un vehículo accione el dispositivo.

Tabla 4. Mediciones Experimentales y resultados.

		Datos Iniciales		Resultados				
Regulador [A]	15 comercial							
<b>Alternadores</b>		<b>Carga</b>				<b>Bateria</b>		
Optimo		<i>Bombillos Incandescentes</i>		Potencia Total [W]	600			
Corriente [A]	6	Potencia [W]	60	Vehiculos Minimios por hora	10	Corriente [Ah]	50	
Voltaje [V]	12	Cantidad	10	[Ah]	60	Ok	Voltaje [V]	12
RPM [Un minuto]	2364							
Real								
Tiempo [s]	1,5					<b>Bateria</b>		
RPM	59,1	40		Potencia Total [W]	600			
Corriente [A]	0,15			Vehiculos Minimios	335	Corriente [Ah]	50	
Voltaje [V]	0,3			[Ah]	50,25	Ok	Voltaje [V]	12
				Potencia Total [W]				

Suponiendo que en un peaje se consumen 600 Watts-hora equivalentes a encender 10 bombillos incandescentes por una hora, diariamente se consumen 14,4 KW. Según datos de empresas públicas de Medellín el precio del kilowatt es de 481.48 pesos colombianos, por lo cual se genera una factura mensual de 208000 pesos aproximadamente. Para generar esta energía con el sistema mecánico para la generación de energía eléctrica se debe garantizar el paso de 267 vehículos-hora por lo cual el peaje de Niquia cumple con las condiciones para utilizar el dispositivo.

Tabla 5. Tarifas y costos de la energía eléctrica en Medellín en abril de 2015  
**En cumplimiento de la Ley 142 de 1994, las resoluciones CREG 058/2000, 119/2007, 105 /2009, 026/2010, 173/2011 y 186/2014 y Ministerio de Minas y Energía 180574 de 2012**  
**Empresas Públicas de Medellín E.S.P. informa:**

Tarifas y Costo de Energía Eléctrica - Mercado Regulado - <b>abril de 2015</b>				
Información Monomía				
Activos B.T. / Conectados a nivel II	Propiedad EPM	Compartido	Propiedad Cliente	
<b>Tarifa Residencial</b>				
<b>Nivel I - \$/kWh</b>				
<b>Estrato 1.</b>	Rango 0 - CS	171.32	164.52	158.36
	Rango > CS	417.19	401.23	385.27
<b>Estrato 2.</b>	Rango 0 - CS	214.14	205.65	197.94
	Rango > CS	417.19	401.23	385.27
<b>Estrato 3.</b>	Rango 0 - CS	364.61	341.05	327.48
	Rango > CS	417.19	401.23	385.27
<b>Estrato 4.</b>	Todo el consumo	417.19	401.23	385.27
<b>Estrato 5 y 6.</b>	Todo el consumo	500.63	481.48	462.33
<b>Tarifa No Residencial</b>				
<b>Nivel I - \$/kWh</b>				
Industrial y Comercial		500.63	481.48	462.33
ESPD*		458.91	441.35	423.80
Oficial y Exentos de Contribución		417.19	401.23	385.27
<b>Tarifa Áreas Comunes</b>				
<b>Nivel I - \$/kWh</b>				
Con contribución		500.63	481.48	462.33
Sin contribución		417.19	401.23	385.27

Para efecto de permitir visualizar resultados a escala real en dinero realizamos otro ejercicio de ahorro económico del peaje con flujo vehicular mínimo y 10 bombillos

incandescentes encendidos por 6 horas (noche).

Tabla 6. Ahorro Económico.

Potencia [W]	600		
Tiempo de Uso [H]	6	Horas de la noche	
Costo \$/KWh	481,48		
Potencia Total [KW]	3,6		
Potencia Mensual [Wh por mes]	108		
Costo [\$]	51999,84		

Finalmente con el desarrollo del prototipo con las variables calculadas logramos ponerlo a prueba pero no totalmente en su campo real de aplicación, solo con movimientos de fuerza humana y se logra obtener pulsaciones de hasta 300mA de corriente que almacenamos en una batería de 12V 1,2Ah, como se había mencionado en el anterior prefacio y a esta conectada una tira de leds blancos de 12V-16W y se lograba generar la iluminación por las 6 horas de noche necesarias con la batería cargada a un aproximado de 75%.

De igual forma se visualiza la estimulación de los leds con las pulsaciones directas, es decir sin ser almacenada la energía producida, y se lograba iluminación de hasta 4 segundos constantes sin tiempo de carga.

## PROTOTIPO:

Existen pocos desarrollos para la generación de energía eléctrica aprovechando el peso de los vehículos para ser más exactos solo existen 2, el primero se desarrolló en Israel, este funciona por medio de materiales piezoeléctricos los cuales son demasiado costosos, el segundo fue puesto a prueba en el Perú, su funcionamiento es por medio de engranajes, pero su gran tamaño no es un punto a favor y su mantenimiento se hace difícil. Por medio del semillero S-Giien se desarrolló un prototipo con el cual se buscaba generar energía eléctrica aprovechando el paso de los vehículos por los peajes, este prototipo es modular lo cual lo hace más factible que las 2 propuestas similares que existen en el mundo debido a su versatilidad y facilidad de mantenimiento, este ejemplar fue realizado en acrílico básicamente para poder mostrar los componentes internos y su funcionamiento a las personas interesadas en observar el proyecto, el

cual fue expuesto en la ciudad de Cali, Valle del Cauca en el evento nacional de semilleros de investigación redcolsi.

El prototipo consta de 1 corona seccionada la cual al ser presionada y devuelta por el resorte generaba un movimiento en los 6 engranajes los cuales estaban conectados para generar una relación de transmisión y llegar al alternador con unas RPM determinadas y así el alternador generar energía y empezar a cargar la batería, con cada impulso se podía evidenciar que se encendía una tira de leds de luz blanca, por lo cual el prototipo es funcional; pero es necesario seguir desarrollándolo y construirlo con los materiales adecuados.

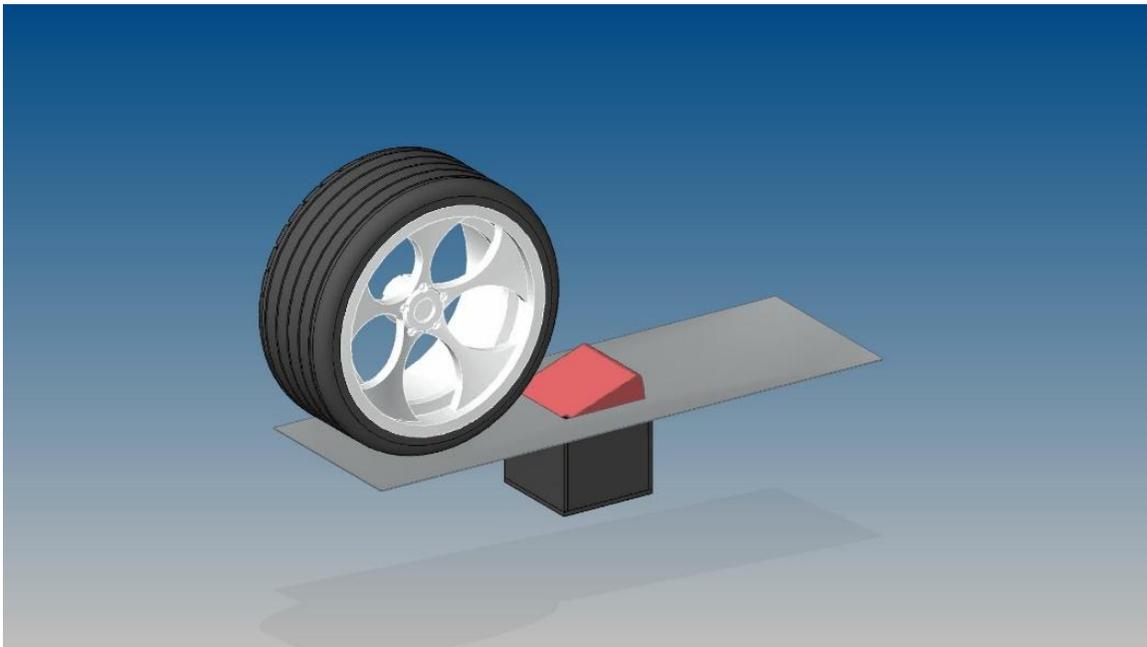


Imagen 10: Representación del mecanismo al momento de pasar un vehículo. Fuente: Propia



Imagen 11: Fotografía lateral izquierda del prototipo. Fuente: Propia

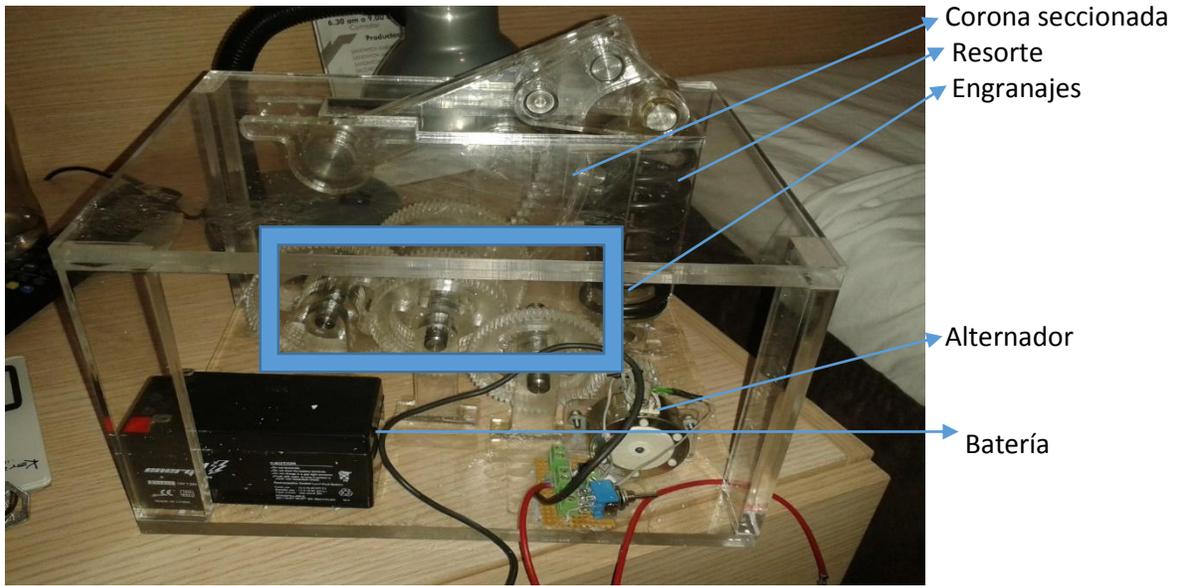


Imagen 12: Fotografía lateral derecha del prototipo. Fuente: Propia

## 10. CONCLUSIONES

- El principal objetivo al iniciar este proyecto fue desarrollar un prototipo para representar un sistema mecánico que aprovechara el flujo vehicular para generar energía eléctrica, lo cual se consiguió satisfactoriamente.
- La realización del prototipo es de bajo costo, por lo cual es razonable su utilización en peajes con un muy alto flujo vehicular.
- Se necesita un muy alto flujo vehicular para garantizar el buen funcionamiento del dispositivo, por lo cual no puede ser utilizado en cualquier peaje, en el caso del departamento de Antioquia el dispositivo solo se podría implementar en el peaje de Niquia.
- Teniendo en cuenta cada uno de los elementos que conforman el sistema modular, promediando el tiempo de vida útil que nos brinda cada fabricante tenemos un aproximado de vida útil de 4 años aproximadamente para el sistema, hablando de recomendaciones que no pongan el sistema a ambientes extremos como lo es un buen sistema de desagüe, cubiertas guardapolvos, entre otros elementos adicionales al servicio.
- Se logró pensar finalmente en una opción que permitiera el fácil mantenimiento del sistema y que de igual forma en determinado momento de falla todo el sistema no quede muerto, dividiendo el sistema de manera modular se logra acceder a muchas factibilidades sin aumentar costos.
- Debido a su diseño se puede implementar en cualquier zona geográfica del valle de aburra pavimentada, incluso a nivel mundial.
- La energía que se va a generar va a ser consumida dentro del mismo espacio, sin necesidad de transporte que en muchos casos es el origen de grandes pérdidas de la producción o infraestructura para transportarla
- Al sistema estar bajo tierra lo hace prácticamente inviable a robos o vandalismo.

## 11. BIBLIOGRAFIA

Esplandiú, J. (7 de Octubre de 2009). Libertad Digital. Recuperado el 25 de Octubre de 2012, de <http://www.libertaddigital.com/ciencia/una-empresa-israeli-logra-generar-electricidadgracias-al-trafico-1276372565/>

*Generación de energía eléctrica a partir del paso de vehículos por un reductor de velocidad de sección trapezoidal ("rompemuelle")*. (2014). Pontifica universidad catolica del peru, Peru.

Khan, U. A., Khan, S., & Azman, A. W. (2014). Energy Harvesting for Back-up Power Supply Using Speed Humps. *2014 International Conference on Computer and Communication Engineering*, 24–27. <http://doi.org/10.1109/ICCCE.2014.20>

<http://www.rutanmedellin.org/es/actualidad/noticias/item/treevolt-sensores-que-generan-energia> NIEMANN, Gustav 1973 Elementos de máquinas. Dos volúmenes. Segunda edición. Barcelona: Labor. MOTT, Robert 2006 Diseño de elementos de máquinas. Cuarta edición. México, A4.F.: Pearson Educación. MUHAMMAD H., RASHID 1973 Electrónica de Potencia, circuitos, dispositivos y aplicaciones. Segunda edición. México: Prentice Hall Hispanoamericana. CHAPMAN, Stephen 2005 Máquinas eléctricas. Cuarta edición. México, A4.F.: McGraw-Hill