

DISEÑO Y ANÁLISIS DE SISTEMAS DE GENERACION VIBRATORIOS A BASE DE SISTEMAS ELECTROMECAÓNICOS

JULIAN ANDRES GALVIS BETANCUR

C.C. 1.087.559.075

SEBASTIAN AMARILES LOPEZ

C.C. 1.088.342.790

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE MECATRÓNICA

PEREIRA, RISARALDA

JUNIO DE 2016

DISEÑO Y ANÁLISIS DE SISTEMAS DE GENERACIÓN VIBRATORIOS A BASE
DE SISTEMAS ELECTROMECAÓNICOS

JULIAN ANDRES GALVIS BETANCUR

C.C. 1.087.559.075

SEBASTIAN AMARILES LOPEZ

C.C. 1.088.342.790

DIRECTOR:

ANDRES FELIPE GOMEZ GOMEZ

TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE MECATRÓNICA

PEREIRA, RISARALDA

JUNIO DE 2016

CONTENIDO

INDICE DE IMAGENES	4
INDICE DE TABLAS	4
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
1. ESTUDIO DE LAS VARIABLES SISMICAS.....	8
2. ESTADO DEL ARTE	10
3. ANALISIS DE ELEMENTOS DEL SISTEMA.....	11
3.1 SISTEMA MECÁNICO.....	11
3.2 SISTEMA ELECTRÓNICO	13
4. PRESUPUESTO	16
RECOMENDACIONES	19
ANEXOS	20
BIBLIOGRAFIA	21

INDICE DE IMAGENES

Figura 1 Desplazamiento de la masa	8
Figura 2 Desplazamiento de la masa	9
Figura 3 Mapa conceptual del proyecto.	11
Figura 4 Mecanismo Biela Manivela	12
Figura 5 Simulación señal de la salida del generador	13
Figura 6 Circuito de rectificación y depuración de rizado	14
Figura 7 Señal rectificadora y sin rizado.....	15
Figura 8 Sistema mecánico montado	20
Figura 9 Bobinado de cobre	20

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Costos de trabajo	16
Tabla 2 Costo de elementos.....	17

RESUMEN

Mediante el uso de la Ley de Hooke, Ley de Faraday y Efecto Hall es posible analizar y diseñar un sistema electromecánico que aproveche la energía proveniente de las vibraciones de los suelos y transformarla posteriormente en energía eléctrica, bajo estos parámetros se diseña un sistema capaz de transformar esta energía.

Este proyecto utiliza un mecanismo masa-resorte que será alimentado principalmente por cualquier tipo de vibración mecánica que haga acción sobre el imán induciendo una corriente en el bobinado al variar el campo magnético, produciendo así un potencial eléctrico y teniendo como uno de sus objetivos la generación de energía eléctrica. Con el apoyo de las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira y haciendo uso de las herramientas del laboratorio de mecatrónica en San Luis, CDV y el semillero de investigación en energía renovable se realizaron las pruebas pertinentes de vibraciones en los sectores de la universidad que más grado de circulación y vibraciones presenten.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el país se está viendo muy impactado ambientalmente de forma negativa ya que en la alta demanda energética que se ve a diario exige medios de transformación de energía que supla con la necesidad; por lo tanto se lleva en muchos casos a explotar masivamente recursos naturales o generar alta deforestación, consecuentemente exploramos en otros campos en los que se pueda recrear esta generación energética de una forma menos contaminante.

.Al diseñar sistemas generadores de energía se tiene como inconveniente de funcionamiento la relación entre costo y producto final, ya que generalmente tiene un costo mayor la generación que el producto final, esto sin contar el factor de contaminación ambiental.

En Colombia los medios de generación energética en general son hidráulicos y termoeléctricos, teniendo en cuenta que el país es un gran potencial en energías, eólicas, solar, geotérmica y oceánica; se concluye que se desperdicia este gran potencial energético. Aprovechando la sinergia de ingenierías de la mecatrónica se planteó diseñar un sistema electromecánico que aproveche de manera eficiente las vibraciones terrestres para su transformación en energía eléctrica.

Un sistema de generación vibratorio a base de sistemas electromecánicos adaptable a cualquier lugar en el que se presenten altos grados de vibraciones y que haga la respectiva transformación energética de forma eficiente podría ser a pequeños rasgos un elemento que aporte a esta crisis energética del país, y mucho más si es independiente de factores naturales al solo depender de las vibraciones del medio.

Para tener certeza de que el sistema es viable, se debe de realizar un estudio de las variables sísmicas que se tienen en el terreno en el que se plantea la implementación del sistema; de igual manera estudiar los componentes que lo rigen, desde la parte mecánica, hasta el sistema eléctrico que se pretende usar en el acople del sistema para poder realizar una elección pertinente de los componentes necesarios. Una vez identificadas las vibraciones del terreno y los elementos electro-mecánicos a usar, se procede a realizar la construcción mecánica usando el resorte y el imán; teniendo en cuenta el diseño electrónico para amplificar la corriente proveniente del bobinado y luego aplicar un acondicionamiento a ésta para su posterior almacenamiento en los acumuladores.

En la década de los 70's, se dio lugar al inicio de las energías amigables con el medio ambiente como alternativa a los combustibles fósiles, teniendo en cuenta que era necesario tener una opción de generación de energía diferente a la convencional que tiende a agotarse con el paso del tiempo; los países europeos son los que hasta ahora tienen mayor desarrollo en cuanto al tema.

Algunos dispositivos para aprovechamiento de vibraciones, han sido desarrollados en el MIT¹, en el 2011 se habló igualmente que un dispositivo de este tipo, que funcionara con frecuencias de baja magnitud, y podría ser utilizado principalmente en sensores inalámbricos empleados para la seguridad.

¹ TENDENCIAS21.NET, SEPTIEMBRE 2011

1. ESTUDIO DE LAS VARIABLES SISMICAS

Para realizar el estudio de las variables sísmicas del terreno de trabajo, se construye un sismómetro que tiene como principio de funcionamiento, el uso de campos electromagnéticos medidos por un sensor de efecto hall, creando entonces un sismómetro de sencilla elaboración.

Este sismómetro consta de un sistema de resorte suspendido con un imán de masa conocida y constante de elasticidad calculadas previamente (teniendo en cuenta que para el cálculo de estas se usa la formula elasticidad ($K = \frac{W}{S}$)), que al ser agitados o desplazados por una vibración determinada, alteran el campo electromagnético que está ubicado en la parte superior de un sensor de efecto hall.

²La señal proveniente del sensor se interpreta con un Arduino uno que digitaliza los datos análogos entregados por el sensor, posteriormente se toman los datos en matlab, y con un script de trabajo, se grafican las muestras tomadas y se busca obtener el tipo de señal que se genera con los movimientos en el lugar de estudio.

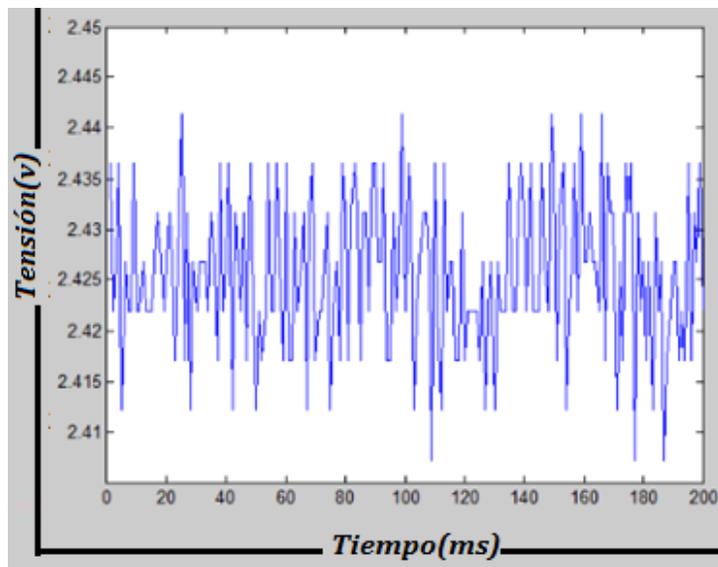


Figura 1 Desplazamiento de la masa con flujo de personas

En la figura (1) se muestra el movimiento que tiene el sistema montado en el punto de evaluación con la circulación de 15 personas sobre el puente.

El lugar de estudio tiene una gran concurrencia en cualquier hora del día, durante una hora de medición que se realizó, se pudo observar el comportamiento del lugar bajo distintas situaciones, observando que la masa pueden tener una oscilación de unos 2,3cm como máximo con una concurrencia de 15 personas caminando sobre el puente.

² Matlab, 2015

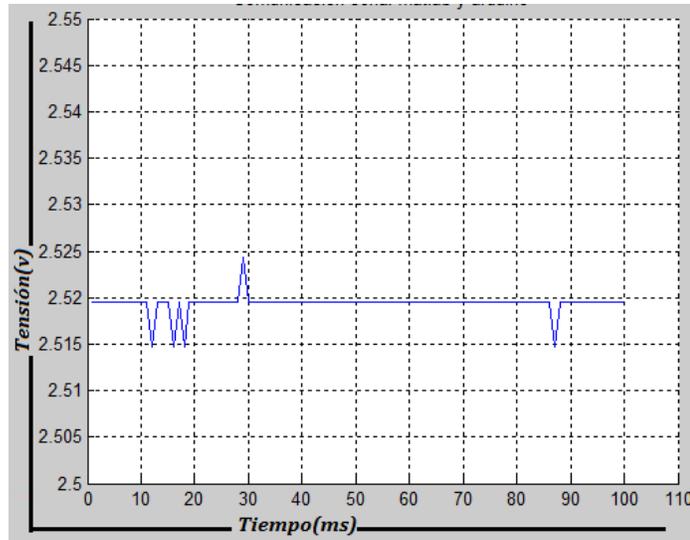


Figura 2 Desplazamiento de la masa sin flujo de personas

²En la figura 2 se evidencia el movimiento que se presenta en el puente en el momento en que no hay personas sobre él, demostrando de que el viento y los movimientos naturales de los alrededores, hacen que exista una oscilación sobre la estructura.

2. ESTADO DEL ARTE

- Se han realizado estudios para el aprovechamiento de las vías principales en los países bajos en Hardenberg, un municipio de la provincia de Overijssel; en el 2013 se desarrolló un proyecto piloto de investigación en el que se instalaron elementos piezoeléctricos en la autopista N34 para aprovechar las vibraciones generadas por los automóviles y así generar energía eléctrica en base a la piezoelectricidad.³
- Estudiantes del Instituto tecnológico de Georgia en el estado de Atlanta, Estados Unidos, desarrollaron en 2010 un sistema eólico capaz de captar la energía de los vientos y convertirlas en vibraciones para su posterior transformación energética.⁴
- Khalil Najafi de la universidad de Michigan desarrolló en 2010 un mini generador eléctrico capaz de convertir las vibraciones constantes y azarosas de un medio en energía eléctrica.⁵
- La empresa Adaptivenergy, es una compañía especializada en diseño y construcción de dispositivos capaces de convertir cualquier tipo de energía mecánica en eléctrica, sin embargo todos estos instrumentos son de aplicación industrial y en medios de transporte.⁶

³ PHYS.ORG, 2013

⁴ CORNELL UNIVERSITY, MAYO 2010

⁵ UNIVERSIDAD DE MICHIGAN, MARZO 2010

⁶ TODO PRODUCTIVIDAD, JUNIO DE 2010

3. ANALISIS DE ELEMENTOS DEL SISTEMA

Para realizar el diseño y el análisis del sistema que se trabajó se tuvo en cuenta el siguiente esquema:

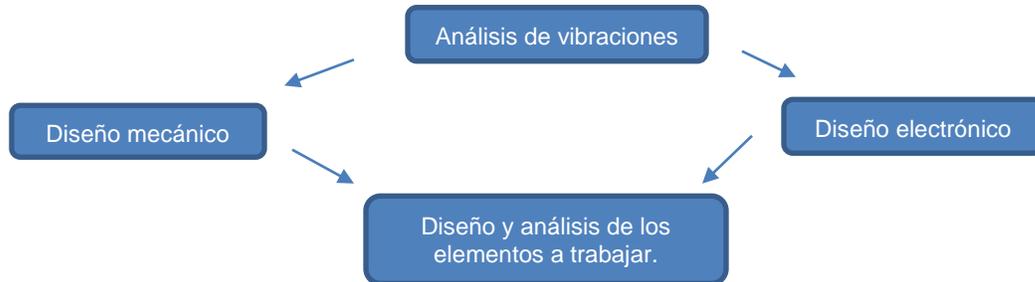


Figura 3 Mapa conceptual del proyecto.

3.1 SISTEMA MECÁNICO

La etapa mecánica del sistema tiene como plataforma principal un compartimiento diseñado inicialmente en madera en el cual se tiene unido el resorte y los imanes que oscilan sobre del bobinado sujeto al núcleo de hierro. Se tiene en cuenta que es necesario un sistema que no vaya a ser afectado fácilmente por el clima y con una vida útil considerable, por esto y también aprovechando las características físicas los imanes con los que se trabaja los cuales son de neodimio y cuentan con un recubrimiento esmaltado para evitar corrosión por el agua y que según sus especificaciones son los imanes que mayor cantidad de magnetismo poseen y los que mejor resultado han dado en aplicaciones industriales y de producción de energía.

Una de las variables a tener en cuenta en el diseño del sistema es la velocidad lineal de oscilación de la masa, la cual se calcula de la siguiente forma:

$$V = \frac{X}{T} \quad (1)$$

X	Elongación vertical
T	Tiempo de elongación
V	Velocidad lineal

Teniendo en cuenta que la elongación es la máxima obtenida es:

$$V = 2,3cm/seg \quad (2)$$

Una vez obtenida la velocidad lineal es posible hallar la velocidad tangencial y angular para su aplicación en un sistema mecánico diferente, ya sea biela-manivela o un diferencial mecánico por medio de engranajes:

Para hallar entonces estas velocidades, se tiene que:

$$V_{\text{tangencial}} = \frac{V}{R} \quad (3)$$

V Velocidad lineal

R Radio de base de giro

$$V_{\text{angular}} = 2 \cdot \pi \cdot F \quad (4)$$

F Frecuencia del sistema

Donde $V_{\text{angular}} = \omega$

Si se desarrollara un sistema mecánico por medio de engranajes se acoplaría la velocidad angular producida por el movimiento de la masa a la necesaria para el funcionamiento del generador eléctrico.

⁷Es posible tener sistemas alternativos de generación de energía, teniendo como base el trabajo aquí presentado; un sistema biela-manivela que transforma un movimiento vertical del resorte en un movimiento rotacional que a su misma vez haga girar un motor o generador eléctrico, este tipo de sistema no es analizado, ya que no es uno de los objetivos del proyecto.

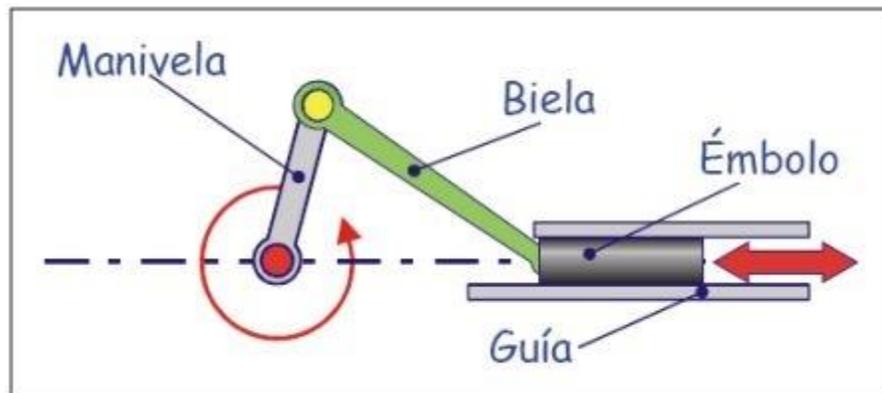


Figura 4 Mecanismo Biela Manivela

3.2 SISTEMA ELECTRÓNICO

Luego de saber que las oscilaciones presentadas en el sistema pueden mover los imanes lo suficiente para generar tensión, se diseña el circuito para poner a punto la tensión y corriente generadas.

⁸Se tiene en cuenta que la tensión obtenida está a una alta frecuencia y tiene una forma muy cercana a la de una señal tipo seno, teniendo en cuenta que para trabajar la forma de la señal debe de ser lo más lineal posible, se diseña un rectificador de onda completa y un filtro seguido de este para depurar la señal.

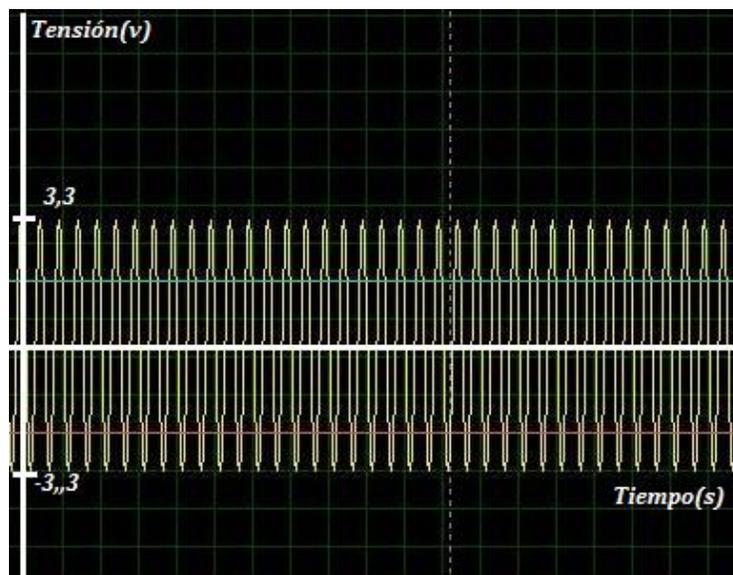


Figura 5 Simulación señal de la salida del generador

Para realizar todo lo referido con la parte electrónica del proyecto, se usa en este caso un simulador que entrega los valores ideales para realizar el diseño del sistema.

En el proceso de diseño del bobinado, se busca obtener una tensión superior a los 5v, para esto, se hace un estudio de la tensión que entrega el sistema con un bobinado de 60 espiras a lo que se obtienen 0,4Vac; teniendo en cuenta esto se define que para la construcción del bobinado es necesario usar 1000 vueltas con lo que se obtiene una tensión de 6,6V. Con esta tensión entonces se calculan todos los parámetros del sistema.

Con las ecuaciones de tensión pico de rizado y la necesidad de hallar el valor del condensador necesario para que la señal sea filtrada,

⁸ PROTEUS 8.4

$$V_{ppr} = 10\%(V_p - 1.4) \quad (5)$$

$$V_{ppr} = \frac{I}{F \cdot C} \quad (6)$$

Igualando la ecuación (5) y la ecuación (6) tenemos entonces:

$$\frac{I}{F \cdot C} = 10\%(V_p - 1.4) \quad (7)$$

Despejando C de la ecuación (7) tenemos como resultado:

$$C = \frac{10 \cdot I}{F(V_p - 1.4)} \quad (8)$$

Dónde:

V_{ppr}	Tensión pico-pico de rizado	
F	Frecuencia de rizado	$2 \cdot \text{frecuencia del sistema}$
V_p	Tensión pico	$V_{ac}\sqrt{2}$
C	Condensador	
I	Corriente necesaria en la carga	

Para montar la señal que entrega el generador, se usa un generador de señal en donde se declara una señal tipo seno con una frecuencia de 40KHz, siendo estos valores, los más cercanos a los obtenidos en el momento en que se realizó el estudio del terreno.

⁸Luego de tener el diseño del circuito listo, tenemos como resultado:

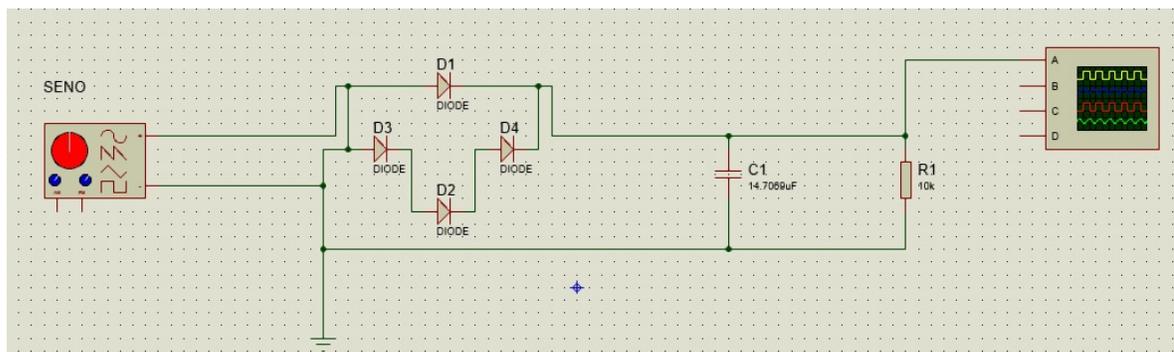


Figura 6 Circuito de rectificación y depuración de rizado

La señal rectificada y sin rizado, la podemos ver con un osciloscopio del mismo simulador con el que verificamos que el trabajo realizado cumple con las expectativas que se esperaban

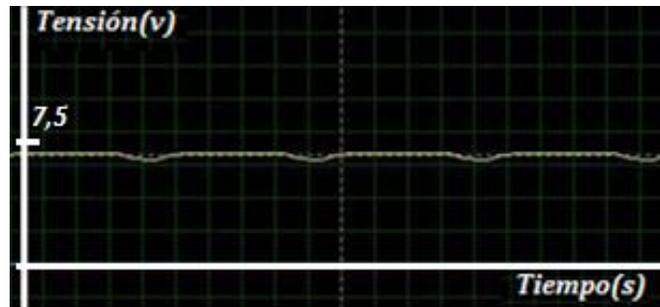


Figura 7 Señal rectificada y sin rizado

⁸En la figura 6 se ve la señal al final del sistema, teniendo en cuenta que la señal con la que se pretende trabajar es de color amarillo en este caso y tiene un rizado muy mínimo que se presenta por la carga y descarga del condensador.

4. PRESUPUESTO

Como modelo para presupuesto del sistema, tenemos entonces el modelo más común con el que se tienen en cuenta todos los gastos de un montaje.

Cantidad de semanas trabajadas en un mes

$$\frac{30\text{Dias}}{1\text{mes}} * \frac{1\text{Semana}}{7\text{dias}} = \frac{4.29\text{Semanas}}{\text{mes}}$$

Cantidad de horas trabajadas en un mes

$$\frac{4.29\text{Semanas}}{\text{mes}} * \frac{48\text{Horas}}{\text{semana}} = \frac{205.7\text{Horas}}{\text{mes}}$$

Precio promedio hora

$$\frac{689454\text{Pesos}}{\text{mes}} \div \frac{205.7\text{Horas}}{\text{mes}} = 3351,74 \frac{\text{Pesos}}{\text{hora}}$$

Precio promedio hora, técnico profesional

$$\frac{1008671\text{Pesos}}{\text{mes}} \div \frac{205.7\text{Horas}}{\text{mes}} = 4903,6 \frac{\text{Pesos}}{\text{hora}}$$

Trabajo a Realizar	Tiempo Estimado	Salario/Hora (Monto en pesos colombianos)
Construcción de coraza	1 hora	8255.34
Construcción de bobinado	10 horas	82553.4
Acople de elementos mecánicos	2 horas	16510.68
Acople de elementos electrónicos	1 hora	8255.34
Montaje del sistema completo	1 hora	8255.34
Prueba del sistema	1 hora	8255.34
Puesta a punto	1 hora	8255.34
		\$ 148596.12

Tabla 1 Costos de trabajo

Nota: En la sección de salario, se hizo la suma de los salarios por hora de los 2 participantes en el diseño.

Cantidad	Dispositivo	Precio Unitario (Pesos colombianos)	Precio Total (Pesos colombianos)
1	Compartimiento	8500	8500
1	Resorte	10000	10000
1	Imán neodimio	20000	20000
40 Metros	Bobinado de cobre	800	32000
1	Rectificador	500	500
1	Condensador	500	500
			\$ 71500

Tabla 2 Costo de elementos

Costo total del proyecto:

$$148596.12 + 71500 = \$ \mathbf{220,096.12}$$

CONCLUSIONES

El diseño se ha enfocado principalmente en comprobar la viabilidad del proyecto concluyendo que es viable si se consigue obtener una relación entre las espiras del bobinado y tensión de forma ideal; analizando primeramente las fuerzas vibratorias a trabajar y posteriormente la obtención de energía eléctrica teniendo como referencia los objetivos específicos.

Del estudio de las gráficas de las oscilaciones (figuras 1 y 2) se concluye que aunque algunas oscilaciones son de altas frecuencias (entre 15kHz hasta 22kHz) éstas no son siempre constantes, pero por otro lado las de baja frecuencia si lo son, lo que nos lleva a pensar que el sistema tendrá etapas de alto flujo de generación eléctrica y otras en las que no.

Para el desarrollo de un proyecto de este tipo se desarrollan diferentes fases, una fase de estudio de variables, una fase mecánica y una fase de diseño electrónico; inicialmente el estudio de variables se realizó de forma parcial de tal manera que independientemente del flujo de personas o vehículos en la zona, se midió una respectiva oscilación sin importar su magnitud, sin embargo no eran lo suficientemente fuertes como para generar una inducción, por tanto se personalizaron las mediciones de tal forma que para parametriza las variables es necesario conocer las elongaciones máximas y mínimas.

En la fase mecánica el mayor inconveniente fue la elección de resorte con constante precisa para el sistema, ya que si esta constante es muy alta la masa no oscilará, y si es muy baja el peso del imán puede deformar el resorte.

La generación de corriente por inducción electromagnética en un sistema masa resorte conlleva una serie de inconvenientes en el aislamiento del bobinado, lo que genera una pérdida de tensión y así para 1000 espiras una tensión respectiva de 6,6Vac; por tanto se espera modificar el tipo de oscilación sobre el bobinado de tal forma que no actúe en la parte superior del núcleo sino que los imanes oscilen dentro de las espiras generando así corriente de forma más continua.

RECOMENDACIONES

Una vez concluido el diseño del proyecto se considera importante investigar sobre otros aspectos relacionados con el sistema:

- Extender los estudios relacionados con el análisis del terrero teniendo como referencia la frecuencia natural de la zona de aplicación.
- Modificar el diseño mecánico de tal forma que se obtenga de una forma más sensible la energía de las vibraciones del terrero.
- Analizar con mayor detenimiento la mejor forma de inducción electromagnética para así encontrar una relación óptima de espiras del bobinado y tensión obtenida.

ANEXOS



Figura 8 Sistema mecánico montado



Figura 9 Bobinado de cobre

BIBLIOGRAFIA

- 1 PHYS.ORG (18 de 01 de 2013)
<https://aprenderelectronica.wordpress.com/2013/01/18/la-generacion-de-electricidad-a-partir-de-vibraciones-de-carretera-si-funciona/>

- 2 MATLAB 2015

https://www.mathworks.com/campaigns/products/ppc/google/matlab-trial-request.html?s_eid=ppc_29850150442&q=matlab

- 3 CORNELL UNIVERSITY (25 de 05 de 2010)
<http://www.news.cornell.edu/stories/2010/05/researchers-harness-energy-wind-vibrations>

- 4 UNIVERSIDAD DE MICHIGAN (22 de 03 de 2010)
<http://espanol.umich.edu/noticias/comunicados-de-prensa/2010/03/22/mini-generadores-producen-energa-de-vibraciones-al-azar-en-el-ambiente/>

- 5 TODO PRODUCTIVIDAD (02 de 06 de 2010)
<http://todoproductividad.blogspot.com.co/2010/06/como-podemos-obtener-energia-partir-de.html>

- 6 SUPERMAGNETE (01 de 2013)

<https://www.supermagnete.es/eng/supermagnete-strong-neodymium-magnets>

- 7 SITES GOOGLE

<https://sites.google.com/site/gabrielmecanismos/Home/parte-iii/0-2---transformacion-del-movimiento-giratorio-en-lineal-alternativo/2-3---sistema-biela-manivela-embolo>

- 8 PROTEUS, 8.4

<http://www.labcenter.com/index.cfm>