



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
MEDIANTE UNA BICICLETA ESTACIONARIA EN UN GIMNASIO DEL MUNICIPIO
DE VILLANUEVA Y SU IMPACTO EN EL AMBIENTE**

Diego Arturo Hidalgo Gramajo

Asesorado por el Msc. Ing. Carlos Rafael Gramajo Álvarez

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
MEDIANTE UNA BICICLETA ESTACIONARIA EN UN GIMNASIO DEL MUNICIPIO
DE VILLANUEVA Y SU IMPACTO EN EL AMBIENTE**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DIEGO ARTURO HIDALGO GRAMAJO
ASESORADO POR EL MSC. ING. CARLOS RAFAEL GRAMAJO ÁLVAREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Armando Fuentes Roca
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA
MEDIANTE UNA BICICLETA ESTACIONARIA EN UN GIMNASIO DEL MUNICIPIO
DE VILLANUEVA, Y SU IMPACTO EN EL AMBIENTE**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 6 de febrero de 2013.



Diego Arturo Hidalgo Gramajo

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142

ADSE-MEAPP-0011-2013

Guatemala, 06 de febrero de 2013.

Director:
Hugo Leonel Montenegro Franco
Escuela de Ingeniería Civil
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación de la estudiante **Diego Arturo Hidalgo Gramajo** con carné número **2007-14948**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

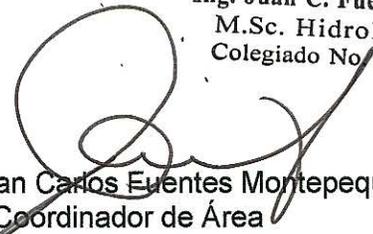
Sin otro particular, atentamente,


Carlos Rafael Gramajo A.
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO No. 5836
No. 5986

Msc. Ing. Carlos Rafael Gramajo A.
Asesor (a)

"Id y enseñad a todos"

Ing. Juan C. Fuentes M.
M.Sc. Hidrología
Colegiado No. 2,504



Msc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque.
Coordinador de Área
Desarrollo social y energético


Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
18 de febrero de 2013
Ref. IC. 009.13

Ingeniero
Hugo Humberto Rivera Pérez
Secretario Académico
Facultad de Ingeniería
Guatemala

Ingeniero Rivera.

De manera atenta informo a usted que el estudiante Diego Arturo Hidalgo Gramajo, Carnet No. 200714948, ha cumplido con el proceso de graduación de Licenciatura mediante la modalidad "Estudio de Postgrado", presentando a esta Dirección de Escuela el DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE UNA BICICLETA ESTACIONARIA EN UN GIMNASIO DEL MUNICIPIO DE VILLANUEVA, Y SU IMPACTO EN EL AMBIENTE, asesorado por el Msc. Ing. Carlos Rafael Gramajo Álvarez, debidamente aprobado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, por lo que en calidad de Director de la Escuela de Ingeniería Civil, doy mi visto bueno para continuar con el procedimiento correspondiente.

Sin otro particular me suscribo de usted.

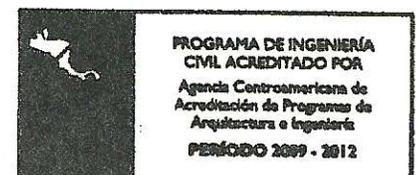
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de Escuela de Ingeniería Civil



/bbdeb.

Más de 130 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE UNA BICICLETA ESTACIONARIA EN UN GIMNASIO DEL MUNICIPIO DE VILLANUEVA Y SU IMPACTO EN EL ABIENTE**, presentado por el estudiante universitario **Diego Arturo Hidalgo Gramajo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, febrero de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Porque mi fortaleza, sabiduría y fe provienen de Él; su amor y misericordia siempre me acompañan; a pesar de todo, Él sigue siendo fiel. A Él sea la gloria.
Mis padres	Humberto Arturo Hidalgo Venegas Ana Miriam Gramajo de Hidalgo
Mis hermanas	Gaby y Ana Regina
Mis abuelos	Roberto Arturo Hidalgo Adelidia Venegas Carlos Rafael Gramajo Carmen Minera (q. e. p. d.) Ana Miriam Minera
Mi tía	Maritza Beteta
Mis primos	Luis (q. e. p. d.), Roberto, Adriana y Augusto Beteta.

La memoria de

Luis Beteta, padre (q. e. p. d.)

Luis Beteta, hijo (q. e. p. d.)

Juan Francisco Gramajo (q. e. p. d.)

Tres hombres luchadores y admirables, quienes en medio del dolor y la tristeza, me enseñaron a tener una actitud positiva, acompañada de una sonrisa.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Mi razón de ser. A Él sea la gloria.

Mis padres

Arturo y Ana Miriam. Durante mis 23 años el mejor ejemplo para ser un hombre fuerte, honrado, humilde, responsable y luchador lo he tenido siempre en casa; donde también reside el perfecto complemento de pasión, respaldo y amor. Gracias por creer en mí y por quitarse el pan de la boca para darnoslo a mis hermanas y a mí. Espero poder retribuirles algún día todo lo que han sacrificado por mí. Los amo.

Mis hermanas

Gaby y Regina. Más que parentesco familiar, tengo a dos amigas con las que siempre voy a contar. Son mi motivación y orgullo. Gracias por cada alegría y discusión, en la cual al final, como siempre, yo tengo la razón.

Mis abuelos

Roberto y Adelidia. Por enseñarme que aún en medio de las diferencias y el pasar de los años, el amor prevalece. Guardo cada historia y momentos a su lado, los cuáles, más que recuerdos, son alegría en mi corazón. Los amo.

La familia	Maritza, Roberto, Adriana y Augusto Beteta Hidalgo. Gracias por su amor y cariño, por su amistad y por recibirme en su casa como parte de la familia. Los aprecio y quiero.
Mis tíos y primos	Familia en general. En especial a Miguel Juárez, Douglas y Christian Mejicano, René y Mónica Venegas, Juan Carlos Aguirre, Roberto y Maricarmen Gramajo, Luisa Cifuentes, y Estela Barahona. Gracias por cada consejo.
Todos mis amigos	En especial a mis compañeros de promoción. José Trejo, Daniel Reyes, Benjamín Battz y Manuel Juárez.
Alguien especial	Katherine Noack. Porque en momentos difíciles creíste en mí, me motivaste y apoyaste. Te valoro y aprecio.
Mis pastores	Rodolfo y Elsita Corado. Por su cariño y por guiarme a través de sus enseñanzas hacia una vida próspera y bendecida basada en la palabra de Dios.
Mi asesor y amigo	Carlos Rafael Gramajo, por todo su apoyo, comprensión y amistad.
Universidad San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me permitió crecer profesionalmente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
GLOSARIO	V
RESUMEN.....	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1. Interrogantes	5
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. OBJETIVOS	9
5. ALCANCES.....	11
6. ÍNDICE DE CONTENIDOS	13
7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	17
7.1. Partes del sistema generador.....	22
8. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	25
9. INDICADORES	27
10. VARIABLES	29

11.	MÉTODOS Y TÉCNICAS	31
12.	RESULTADOS ESPERADOS	35
13.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	37
14.	RECURSOS NECESARIOS	39
15.	BIBLIOGRAFÍA.....	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Árbol de problemas	4
2.	Esquema ilustrativo del sistema generador en bicicleta estacionaria.....	19
3.	Bicicleta estacionaria y soporte trasero	22
4.	Batería de carro.....	23
5.	Faja y alternador de carro	23
6.	Soporte delantero	23
7.	Transformador de corriente directa 12V a corriente alterna de 110V	24

TABLAS

I.	Cronograma de actividades.....	37
II.	Integración de costos de recursos necesarios	39

GLOSARIO

Energía cinética	Trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa determinada, desde el reposo hasta la velocidad indicada.
Energía mecánica	Energía que se debe a la posición y al movimiento de un cuerpo. Suma de las energías potencial y cinética de un sistema mecánico.
Energía renovable	Energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.
Huella ambiental	Medida de carga impuesta sobre el ambiente natural por una población dada, expresada en la superficie requerida para sostener sus niveles de consumo y producción de desechos.
Kw - h	Equivalente a mil vatios por hora. Unidad de energía expresada en forma de unidades de potencia por tiempo, con lo que se da a entender que la cantidad de energía de la que se habla es capaz de producir y sustentar una cierta potencia durante un determinado tiempo.

RESUMEN

Un gimnasio ubicado en el municipio de Villanueva, es un alto consumidor de energía eléctrica, por lo que se pretende aprovechar la energía generada en el pedaleo de los usuarios de las bicicletas dentro del mismo, convirtiéndola en energía eléctrica, y así contrarrestar el consumo energético proveniente de fuentes de energía fósil, logrando al mismo tiempo, una reducción en la factura eléctrica del gimnasio.

El dispositivo es simple, se trata de una bicicleta que posee un generador que permite, gracias al movimiento de pedalear, almacenar energía en una batería.

Los métodos y técnicas que se emplearán para el procedimiento experimental, se desglosan en el desarrollo de los capítulos. En el primer capítulo se investigarán datos e información de importancia para la realización del trabajo de graduación, abarcando tanto el área ambiental, como el área de energía.

Seguidamente, en el segundo capítulo se describirá la metodología a realizar en la instalación del sistema generador de electricidad en una bicicleta del gimnasio, dando a conocer las partes que conforman el sistema generador, tipos de mecanismos a emplear, verificación de componentes, etcétera.

Por último, en el tercer capítulo se realizarán los análisis concernientes a la generación de energía eléctrica por parte del sistema generador instalado en una bicicleta, los cuáles son: análisis en la producción de energía eléctrica,

análisis de la huella ambiental del gimnasio, análisis estadístico y análisis de resultados.

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría del consumo de energía eléctrica en la actualidad, proviene de fuentes de combustibles fósiles, donde se emite dióxido de carbono (CO_2) durante su producción. Este gas reduce los gases de efecto invernadero, afectando por consiguiente, la capa atmosférica.

En la actualidad, los gimnasios son considerados altos consumidores de energía eléctrica, debido al uso continuo de máquinas de ejercicios cardiovasculares, equipos de sonido, televisiones, ventiladores y aire acondicionado, calentador en duchas, refrigeradoras, computadoras, etcétera. Por lo anterior, se pretende aprovechar la energía cinética provocada por el pedaleo de los usuarios de las bicicletas en un gimnasio ubicado en el municipio de Villanueva, convirtiéndola en energía eléctrica, y así contrarrestar el consumo energético proveniente de fuentes de energía fósil, logrando al mismo tiempo, una reducción en la factura eléctrica del gimnasio.

Al ser el gimnasio un consumidor excesivo de energía eléctrica, la idea principal de este trabajo es reducir dicho consumo, medir la huella de carbono actual, y proyectar la nueva huella de carbono posterior a la instalación del sistema generador de energía eléctrica en una bicicleta. El dispositivo es simple, se trata de una bicicleta que posee un generador que permite, gracias al movimiento de pedalear, almacenar energía en una batería.

Se hará el análisis de los parámetros físicos y mecánicos que intervienen en el proceso de generación de energía eléctrica por el sistema generador instalado en una bicicleta, específicamente aquellos que definen la magnitud de

electricidad a producir. Se analizarán los costos de equipo, la inversión inicial, la mano de obra para la instalación, los costos de mantenimiento a futuro, entre otros. Así mismo, se analizará la relación beneficio-costos del sistema generador, si se instalará en cada bicicleta del gimnasio, haciendo énfasis en el período sobre el cual se recuperará la inversión inicial.

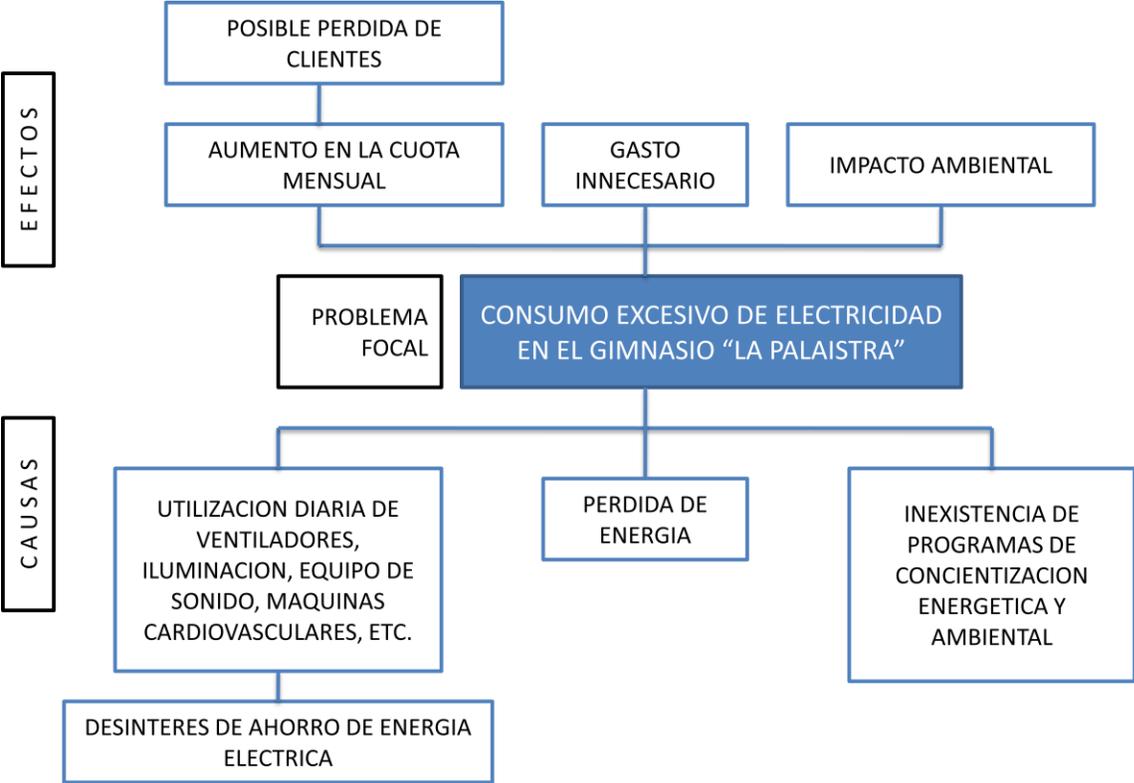
Se plantea como objetivo, medir la huella ambiental del gimnasio en la actualidad, y pronosticar la huella ambiental a futuro con los equipos generadores de electricidad en cada bicicleta del gimnasio. Los métodos y técnicas que se emplearán para el procedimiento experimental, se desglosan en el desarrollo de los capítulos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo de energía eléctrica en el gimnasio asciende a los 500 kilowatt – hora en el verano, debido al uso continuo (como en todo gimnasio) de máquinas de ejercicios cardiovasculares, equipos de sonido, televisiones, ventiladores y aire acondicionado, calentador en duchas, refrigeradoras, computadoras, etcétera. Éste consumo también tiene efectos negativos tanto internos como externos a la administración del gimnasio; al incrementar la factura eléctrica, se incrementa la cuota mensual, afectando a los clientes.

Se ha buscado la manera de reducir la factura eléctrica cada mes mediante un intercambio de bombillas incandescentes por bombillas ahorradoras; así mismo, se instaló un sistema que acciona la iluminación de la bombilla mediante un mecanismo que detecta el movimiento humano. Aunque se redujo el consumo de energía eléctrica, la reducción fue tan solo un pequeño porcentaje del monto de la factura. Tal ha sido el incremento en el consumo eléctrico, que los dueños aún no han encontrado una manera eficiente de reducir en gran magnitud la factura eléctrica.

Figura 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia. Programa utilizado: Microsoft Power Point 2007.

2.1. Interrogantes

- General

¿Podrá disminuirse el consumo de energía eléctrica dentro del gimnasio, y asimismo reducir el impacto negativo provocado en el ambiente a causa de éste?

- Específicas

- ¿Es posible medir la huella ambiental del gimnasio en la actualidad?
- ¿Cuál es el impacto en el consumo energético de la instalación del sistema generador?
- ¿Cuál es la reducción en la factura eléctrica (a partir de la instalación) desde el primer mes de utilización de la bicicleta generadora, a los próximos 6 meses mediante procedimientos experimentales?
- Si se instalara en todas las bicicletas, el sistema generador, ¿Cuál sería la proyección de la huella ambiental a futuro?
- ¿Es posible visualizar el comportamiento de la energía generada?

3. JUSTIFICACIÓN

La tecnología moderna consume grandes cantidades de energía eléctrica. Esta es normalmente generada en una planta de energía que convierte otras clases de energía en energía eléctrica. Cada sistema tiene ventajas e inconvenientes, pero muchos de ellos plantean preocupaciones medioambientales.

En un gimnasio, el consumo de electricidad es excesivo, debido al uso continuo de máquinas de ejercicios cardiovasculares, equipo de sonido, televisiones, ventiladores y aire acondicionado, calentador en duchas, sauna, refrigeradoras, computadoras, etcétera.

Para contrarrestar el consumo de la energía eléctrica en un gimnasio, se pretende implementar bicicletas generadoras de electricidad, promoviendo la práctica de *spinning* en los gimnasios, siendo ésta una alternativa de energía renovable al aprovechar la energía producida al pedalear para la generación de energía eléctrica.

4. OBJETIVOS

General

Disminuir el consumo excesivo de energía eléctrica y el impacto en el ambiente de un gimnasio ubicado en el municipio de Villanueva, departamento de Guatemala.

Específicos

1. Medir la huella ambiental del gimnasio en el 2013.
2. Determinar el impacto en el consumo energético de la instalación del sistema generador.
3. Analizar la reducción en la factura eléctrica (a partir de la instalación), desde el primer mes de utilización de la bicicleta generadora a los próximos 6 meses mediante procedimientos experimentales.
4. Proyectar la huella ambiental a futuro, si se instalara en todas las bicicletas el sistema generador.
5. Visualizar el comportamiento de la energía generada con el uso de gráficas en el análisis de resultados.

5. ALCANCES

Utilizando un prototipo mecánico y eléctrico, ilustrar uno de los diferentes tipos de energía que existen en la naturaleza, distinguiendo un tipo de energía que se puede considerar muy útil, la fuerza humana.

Para contrarrestar el consumo de la energía eléctrica en el gimnasio, se pretende implementar bicicletas generadoras de electricidad, siendo éstas, una alternativa de energía renovable al aprovechar la energía producida al pedalear para la generación de energía eléctrica. Con una hora de pedaleo (por bicicleta) se obtiene carga suficiente para alimentar cuatro bombillas de alto rendimiento, que poseen una potencia lumínica similar a una lámpara común de 60 *watts*.

La energía generada, podría usarse para la utilización de ventiladores, equipo de sonido, televisiones, computadoras, e incluso para las demás máquinas de ejercicio cardiovasculares que necesitan de la electricidad para su funcionamiento.

6. ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

INTRODUCCIÓN

1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

1.1. Huella de carbono

1.1.1. Definición

1.1.2. Metodología para establecer la huella de carbono

1.1.2.1. Normas ISO 14.064, 14.065 & 14.067

1.2. Factura eléctrica del gimnasio

1.3. Sistema generador

1.3.1. Definición

1.3.2. Partes que lo conforman

1.3.3. Costos

1.3.3.1. Costos de instalación

1.3.3.2. Costos de equipo

1.3.3.3. Costos de mantenimiento

2. INSTALACIÓN DEL SISTEMA GENERADOR EN UNA BICICLETA

2.1. Descripción

2.1.1. Partes que conforman el sistema generador

- 2.1.2. Usos
- 2.2. Instalación
 - 2.2.1. Tipos de mecanismos
 - 2.2.2. Características
- 2.3. Verificación de componentes

3. ANÁLISIS

- 3.1. Análisis de producción de electricidad
 - 3.1.1. Metodología
 - 3.1.1.1. Multímetro
 - 3.1.1.1.1. Definición
 - 3.1.1.1.2. Usos
 - 3.1.1.2. Amperímetro
 - 3.1.1.2.1. Definición
 - 3.1.1.2.2. Usos
 - 3.1.1.3. Voltímetro
 - 3.1.1.3.1. Definición
 - 3.1.1.3.2. Usos
 - 3.2. Análisis de la huella de carbono del gimnasio
 - 3.2.1. Descripción
 - 3.2.1.1. Normas ISO 14.064, 14.065 & 14.067
 - 3.2.2. Medición
 - 3.2.2.1. Medición de la huella de carbono del gimnasio sin sistemas generadores de electricidad en bicicletas
 - 3.2.2.1.1. Características
 - 3.2.2.2. Medición de la nueva huella de carbono del gimnasio con un sistema generador de electricidad en una bicicleta

- 3.2.2.2.1. Características
 - 3.2.2.3. Proyección de la huella de carbono del gimnasio a futuro con sistemas generadores de electricidad instalados en todas las bicicletas
 - 3.2.2.3.1. Características
 - 3.3. Análisis estadístico
 - 3.3.1. Descripción
 - 3.3.2. Modelos estadísticos
 - 3.4. Análisis de resultados
 - 3.4.1. Descripción

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ANEXOS

7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El actual modelo de producción y consumo energético en Guatemala, está en crisis, debido esencialmente a las condiciones ambientales que produce. La solución está en desarrollar energías más limpias, siendo éstas, las energías renovables. Según Anne Maczulak (*Renewable Energy, Sources and Methods*) “La conservación de las fuentes de energía desde una generación hasta la siguiente, es el principio detrás de la sostenibilidad, el proceso por el cual un sistema sobrevive por un período de tiempo.” En la actualidad, se hacen importantes esfuerzos para el desarrollo y la implantación de energías renovables, buscando la conservación y sostenibilidad energética.

El principio de conservación de la energía; indica que la energía no se crea ni se destruye; sólo se transforma de unas formas en otras. En estas transformaciones, la energía total permanece constante; es decir, la energía total es la misma antes y después de cada transformación. Esta propiedad puede transmitirse o transferirse de unos sistemas a otros, puede manifestarse de manera diferente en distintos tipos de energía (eléctrica, química, térmica, luminosa, etcétera.) reducibles a cinética o potencial, convertibles unos en otros.

La energía se degrada en los procesos de transformación, de manera que existen unas formas que permiten un mayor número de transformaciones que otras, pero la cantidad total de energía se conserva, aunque a veces dado el proceso de degradación, el efecto práctico es como si se hubiese perdido parte de la energía, al ser energía no utilizable para fines humanos.

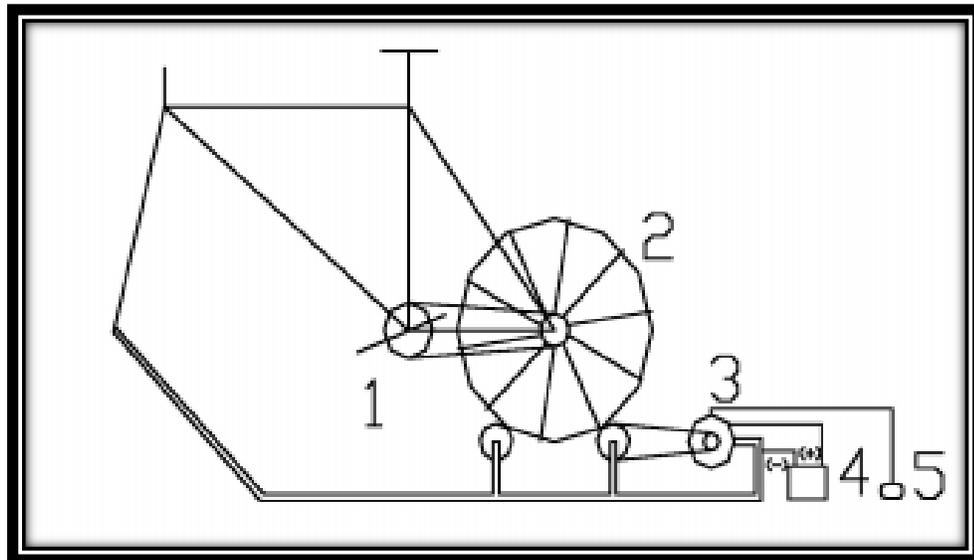
La propuesta que se presenta, consiste en la instalación de un generador de energía eléctrica en una bicicleta de un gimnasio, transformando la energía mecánica en energía eléctrica. La energía mecánica se proporcionará con ayuda del cuerpo humano, la energía de los alimentos consumidos por el usuario permitirán pedalear con fuerza la bicicleta, de esta manera, a través de sus pies se dará un movimiento de rotación a las llantas para accionar el generador (*Tippens. Paul E., 2007*).

Dentro del generador hay un imán muy potente que atrae objetos de metal, en medio del imán, está la pieza metálica que se moverá venciendo la fuerza de atracción que el imán ejerce sobre ella, al percibir el movimiento giratorio del metal, el imán hace que las cargas eléctricas se muevan (ocurre un movimiento de electrones), en otras palabras, se genera electricidad. El imán que se localiza en el interior del generador funciona con electricidad, es decir se trata de un electroimán, un tipo especial de magneto no permanente (en ocasiones especiales funciona como imán y si no se cumplen esas condiciones, no lo hace) que utiliza la energía eléctrica para formar un campo magnético y poder atraer objetos metálicos, entonces si no se le suministra corriente eléctrica, no hay atracción y el generador no puede transformar la energía, por lo tanto se utiliza la batería para proporcionar al electroimán del generador la electricidad que necesita para atraer al metal, para funcionar como imán. (*Mileaf. Harry. Electricidad, 1985*).

El movimiento puede llevarse a lugares lejanos de donde se origina, esto se logra con piezas que pueden ser de metal o de plástico, como los rodillos, bandas, poleas, por citar algunas. Entonces, utilizando algunas de estas piezas, se trasladará el movimiento desde la llanta trasera de la bicicleta hasta el generador, a esto se le llama un sistema de transmisión. Se coloca un rodillo en contacto con la llanta de la bicicleta, de manera que el rodillo tiene alrededor

una banda que a la vez se coloca alrededor de una polea que se encuentra en el generador, por lo tanto el movimiento giratorio de la llanta se lleva hasta donde se encuentra el generador, dando lugar a la transformación en electricidad.

Figura 2. **Esquema ilustrativo del sistema generador en bicicleta estacionaria**



Fuente: Revista Economía de la energía. Noviembre 4 del 2011.

1. Fuerza aplicada sobre los pedales de la bicicleta.
2. Movimiento giratorio de la llanta.
3. Movimiento conducido al generador por medio del sistema de transmisión.
4. Batería que proporciona la energía eléctrica al electroimán.
5. Conexión eléctrica.

La bicicleta estacionaria generadora de electricidad surge del inventor Antonio Clement, oriundo de Panamá, quien obtuvo el galardón por su invención de una bicicleta fija que genera energía, gracias al movimiento de los pedales y que ha bautizado con el nombre de Eco Generador de Baja Revolución a Pedal. Gracias a este invento, Clement ha logrado llevar luz a zonas apartadas de Panamá.

Según la Revista Economía de la energía (2011, 4 de noviembre); el dispositivo es simple, se trata de una bicicleta que posee un generador que permite, gracias al movimiento de pedalear, almacenar energía en una batería. Con una hora de pedaleo se obtiene carga para alimentar cuatro bombillas de alto rendimiento, que poseen una potencia lumínica similar a una lámpara común de 60 *watts*. Con esta potencia se puede iluminar un salón durante 5 días. Los bombillos de alto rendimiento alimentados por esta batería, cuestan 20 dólares y tienen 10 mil horas de duración. Con la energía generada por la bicicleta también se pueden conectar ventiladores, equipo de sonido, televisores, etcétera.

Por otro lado, en un gimnasio de Nueva York, 20 personas sobre sus bicicletas fijas pedalean y generan al mismo tiempo electricidad para el local, según la revista Minuto Digital (febrero 2012). Gracias a esa astucia, el local que alberga el gimnasio recibe la corriente generada por sus propios socios, consume menos electricidad y ahorra dinero.

“Inventé el sistema en 2007, lo probé en 2008 en un gimnasio de Connecticut (noreste) y el lanzamiento comercial fue en el verano del 2009 en Los Ángeles, y a principios de 2010, en Nueva York y Washington”, cuenta Jay Whelan, presidente de la empresa Green Revolution, que patentó el sistema, 20 personas crean cerca de 3 kilowatios en una hora, que es lo que dura una clase

de *spinning*. Con 4 clases diarias, el gimnasio genera 300 kilowatios por mes, “equivalentes a la energía necesaria para iluminar una casa durante seis meses”, asegura Jay Whelan, un ingeniero de 46 años.

A ese ritmo, en un año los deportistas logran crear suficiente energía para alimentar a 72 casas medianas durante un mes, afirma el inventor del sistema. La empresa *The Green Revolution Inc.*, ha desarrollado una bicicleta de *spinning*, la *Star Trac Spinner NXT*, que genera electricidad gracias a la energía humana. Según *The Green Revolution Inc.*, ya están funcionando en 75 centros de gimnasios en los EE.UU., y está prevista su llegada a Europa para principios del 2013.

La energía eléctrica puede almacenarse durante cierto tiempo en una batería, de la que se puede disponer en el momento que se necesite, además de proporcionar al electroimán del generador, la corriente eléctrica necesaria para funcionar como magneto. Un aspecto importante de la bicicleta, es que no hay necesidad de esperar a que se agote la carga para volver a cargarla, si se pedalea varios minutos al día, la carga puede mantenerse completa. La batería empleada se conoce como acumulador que almacena la energía eléctrica en forma de energía química, de manera que al momento que se desee disponer de la energía de la batería, se lleva a cabo dentro de ella la transformación de la energía química de las sustancias que tiene en su interior en la energía eléctrica, que finalmente se utilizará para poner en funcionamiento el electroimán del generador.

En la lámpara se lleva a cabo otra transformación de energía, como la electricidad no se puede ver, pero en cambio se pueden observar los efectos de ésta, la lámpara proporciona un bonito y vistoso efecto. La energía eléctrica que llega a la lámpara, se transmite por cables de metal muy delgados, entre los

cables se tiene un trozo de tungsteno, que es un metal especial que permite calentarse hasta llegar a un tono amarillo casi blanco que irradia luz, entonces la electricidad se transforma en luz, es decir la lámpara transforma la energía eléctrica en energía luminosa.

7.1. Partes del sistema generador

Además de la bicicleta se utilizan otras piezas para que este sistema sea funcional, entre ellas se puede mencionar: la batería de automóvil, la faja y el alternador y el transformador.

Figura 3. **Bicicleta estacionaria y soporte trasero**



Fuente: Blog *Instructables*. Entrada *BikeGen*.

Figura 4. **Batería de carro**



Fuente: Blog *Instructables*. Entrada *BikeGen*.

Figura 5. **Faja y alternador de carro**



Fuente: Blog *Instructables*. Entrada *BikeGen*.

Figura 6. **Soporte delantero**



Fuente: Blog *Instructables*. Entrada *BikeGen*.

Figura 7. **Transformador de corriente directa 12V a corriente alterna de 110V**



Fuente: Blog *Instructables*. Entrada *BikeGen*.

8. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

A pesar de que existen pruebas de que el mecanismo si genera electricidad, la mayor hipótesis de investigación es, si la magnitud de la electricidad generada será la suficiente para volver al gimnasio auto sostenible, o tan solo rebajará la factura eléctrica.

Se espera que los usuarios sean de tamaño medio y estén en buenas condiciones físicas aunque gran parte de los usuarios no lo están.

9. INDICADORES

Como indicadores económicos, se tiene todo lo referente a la evolución de los costes del proyecto, inversión inicial, gastos de operación, costo del kilowatt – hora, costos de mantenimiento y reparación de equipo, cambio de baterías, etcétera.

Un indicador de la factibilidad del proyecto, es la relación entre la energía consumida por el gimnasio y la energía generada por el pedaleo de las bicicletas. Al ser mayor la oferta que la demanda energética, se ve indicado si el proyecto es viable o no.

El uso de la energía cinética obtenida al pedalear, es un indicador de impacto ambiental al ser aprovechada para la generación de energía limpia y amigable al ambiente.

10. VARIABLES

- El costo del kilowatt – hora, cambia conforme a la producción de la fuente de abastecimiento de energía eléctrica del gimnasio.
- El número de instalaciones de sistemas de generación de energía eléctrica en las bicicletas.
- El número de ciclistas por clase de *spinning*.
- La relación de la intensidad con la que pedalea el usuario con el tiempo de pedaleo por bicicleta.
- El número de revoluciones por minuto del aro.
- La pérdida de energía causada por el rozamiento de la faja con el aro trasero de la bicicleta.

11. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El procedimiento experimental se realizará en 5 fases, siendo éstas: recopilación de información sobre equipo y material, instalación de un sistema generador de electricidad en una bicicleta del gimnasio, análisis de la magnitud en la producción de electricidad, el análisis de la nueva huella de carbono del gimnasio, y por último, el análisis de resultados.

- Recopilación de información.

En esta primera fase, se recopilará todo lo referente a la huella de carbono del gimnasio, se medirá dicha huella en masa de CO₂ equivalente. Una vez conocido el tamaño de la huella o impacto ambiental provocado en la actualidad, es posible implementar una estrategia de reducción de emisiones de CO₂. Así mismo, se investigará todo aspecto en cuanto al funcionamiento de la bicicleta generadora de electricidad, desde las partes que lo conforman, hasta los costos de cada pieza por separado.

- Instalación en una bicicleta

Se instalará un sistema generador - distribuidor de electricidad en una bicicleta del gimnasio, en el siguiente orden:

- Dinamo o alternador de carro: encargado de generar energía eléctrica mediante la energía cinética en la rueda de la bicicleta. Se conecta a la rueda trasera mediante una faja de alternador.

- Batería de 12V: almacena la energía del trabajo de la bicicleta generadora.
 - Controlador de carga: protege la batería al no permitir una sobrecarga o descarga en la misma.
 - Inversor de Corriente Directa – Corriente Alterna: cambia la corriente directa (DC) de la batería original a corriente alterna (AC) para dispositivos electrónicos.
 - Todas estas partes juntas forman una bicicleta generadora de electricidad.
- Análisis de la producción de energía eléctrica

Se hará uso de instrumentos de medición de electricidad. Principalmente de un multímetro para rectificar la transmisión de corriente eléctrica. Así mismo, se medirá la intensidad de la corriente eléctrica y el valor de la tensión, por medio de un amperímetro y un voltímetro, respectivamente.

El análisis de la producción de energía eléctrica, se llevará a cabo durante el primer mes posterior a la instalación del sistema generador en una bicicleta. Seguidamente, se analizará la reducción en la factura eléctrica para los siguientes cinco meses.

- Análisis de la huella de carbono

Se analizará la huella de carbono del gimnasio sin el uso de sistemas de generación de energía eléctrica en las bicicletas, tomando de referencia las Normas ISO 14.064, 14.065 & 14.067.

Posterior al análisis en la producción de energía eléctrica del sistema generador en una bicicleta, se medirá la nueva huella de carbono del gimnasio.

Por último, se proyectará una huella de carbono del gimnasio a futuro con sistemas generadores de energía eléctrica instalados en cada bicicleta del gimnasio.

- Análisis estadístico y análisis de resultados

Todos los datos se tabularán en una hoja de Excel, visualizando el comportamiento de la producción de energía eléctrica en el gráfico corriente versus tiempo. Con el gráfico se podrá determinar si el ensayo obtuvo los resultados esperados. Luego de analizar el gráfico se propondrán recomendaciones respecto a una futura instalación del sistema generador en las demás bicicletas del gimnasio.

12. RESULTADOS ESPERADOS

Se espera obtener una reducción de la huella de carbono producida en el gimnasio, disminuyendo el impacto ambiental. Así mismo se espera el correcto y moderado uso del ejercicio por parte del usuario, aportando una reducción en gran magnitud en el monto de la factura eléctrica por mes.

Por otro lado, se espera promover el ejercicio como fuente de energía limpia y agradable al ambiente, y sobre todo, la satisfacción por parte de los dueños del gimnasio y del usuario de la bicicleta, ya que se llegará a un convenio entre las 2 partes, en donde a la persona que se vuelva usuario de la bicicleta generadora de energía eléctrica, obtendrá un descuento de la cuota mensual del gimnasio.

13. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla I Cronograma de actividades

2013	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio							
TIEMPO EN MESES																												
ACTIVIDAD POR SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
FASE I: Recopilación de información																												
FASE II: Instalación en una bicicleta																												
FASE III: Análisis de la producción de electricidad																												
FASE IV: Análisis de la huella de carbono del gimnasio																												
FASE IV: Análisis estadístico y análisis de resultados																												

Fuente: elaboración propia. Programa utilizado: Microsoft Office Excel 2007.

14. RECURSOS NECESARIOS

Tabla II. Integración de costos de recursos necesarios

RECURSOS HUMANOS	TIEMPO (Hrs)	COSTO / HORA	TOTAL
ASESOR	20	Q 200,00	Q 4 000,00
HERRERO	5	Q 30,00	Q 150,00
ELECTRICISTA	10	Q 25,00	Q 250,00
IMPREVISTOS (5% RRHH)			Q 220,00
TOTAL RECURSOS HUMANOS			Q 4 620,00

MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO UNI.	TOTAL
DINAMO, ALTERNADOR	1	Q 1 000,00	Q 1 000,00
BATERÍA 12V	1	Q 2 500,00	Q 2 500,00
INVERSOR DE CORRIENTE	1	Q 1 000,00	Q 1 000,00
BASES DE HIERRO	2	Q 200,00	Q 400,00
CABLEADO (GLOBAL)	GLOBAL	Q 500,00	Q 500,00
IMPREVISTOS (5% MATERIALES)			Q 270,00
TOTAL MATERIALES			Q 5 670,00

EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNI.	TOTAL
MULTÍMETRO	1	Q 200,00	Q 200,00
AMPERÍMETRO	1	Q 150,00	Q 150,00
VOLTÍMETRO	1	Q 150,00	Q 150,00
IMPREVISTOS (5% EQUIPO)			Q 25,00
TOTAL EQUIPO			Q 525,00

TOTAL RECURSOS NECESARIOS			Q 10 815,00
----------------------------------	--	--	--------------------

Fuente: elaboración propia. Programa utilizado: Microsoft Office Excel 2007.

15. BIBLIOGRAFÍA

1. Arévalo García, L. (1999, 15 de julio). Estudio de factibilidad de un gimnasio en carretera a el Salvador. Tesis de pregrado. Universidad Francisco Marroquín. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala.
2. Artículo Bicicleta Generadora. (2003) Cultura Científica y Cambio Social. Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
3. BikeGen (“Sin fecha”) Blog *Instructables*. Consultado el día 10 de julio de 2012 de la World Wide Web:
<http://www.instructables.com/id/BikeGen/>
4. Economía de la energía (2011, 4 de Noviembre), *Bicicleta Generadora de Electricidad*. Blog Economía de la energía. Consultado el día 20 de agosto de 2012 de la World Wide Web:
<http://www.economiadelaenergia.com/2011/11/bicicletas-estaticas-para-producir-energia/>
5. El comercio. (Abril 2012) Noticia Solo dos de cada 100 peruanos van al gimnasio. Consultado el día 20 de agosto de 2012 de la World Wide Web: [http://www.elcomercio.pe/economia\(671369/noticia-solo-dos-cada-100-peruanos-van-al-gimnasio.\)](http://www.elcomercio.pe/economia(671369/noticia-solo-dos-cada-100-peruanos-van-al-gimnasio.))

6. Gimnasio genera su propia electricidad mediante la práctica de Spinning. (2010, 3 de mayo). Consultado el día 20 de agosto de 2012 de la World Wide Web:
<http://www.minutodigital.com/noticias/2010/05/03/hacen-spinning-y-generan-electricidad/>
7. Halliday, Resnick&Krane. (1993). Física - Volumen 1. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. CECOSA (1994). *Física para Ciencias e Ingeniería*.
8. Maya Pedal, ONG. (1997). Consultado el día 1 de junio de 2012 de la World Wide Web:<http://www.mayapedal.org/>
9. Mileaf, Harry. (1985) Electricidad. Editorial LIMUSA.
10. Tippens, Paul E. (2007) Física, Conceptos y Aplicaciones. Mc Graw Hill. Sexta Edición.