

Bicicleta estática generadora de energía eléctrica como aprendizaje en el uso eficiente de energía

*Static Bike Generating Electric Power as a
Learning in the Efficient use of Energy*

**CARLOS EDUARDO
VARGAS MANTILLA**

**Aprendiz Técnico en implementación y
mantenimiento de equipos electrónicos
industriales SENA - Centro Agroturístico,
Semillero Biomeca, Grupo GITIP-MB**
cevargas41@misena.edu.co

OSCAR ANCIZAR TOBÓN TARAZONA

**Aprendiz Técnico en implementación y
mantenimiento de equipos electrónicos
industriales SENA - Centro Agroturístico,
Semillero Biomeca, Grupo GITIP-MB**
oatobon2@misena.edu.co

NICOLÁS JAVIER RINCÓN SÁNCHEZ

**Gestor Tecnoparque Nodo Socorro, línea
electrónica y telecomunicaciones SENA
Centro Agroturístico Grupo GITIP-MB**
nicolasrincon@misena.edu.co

**OCTAVIO ROBERTO
VILLANUEVA GUZMÁN**

**Investigador, Líder Semillero
Biomeca SENA - Centro
Agroturístico, Grupo GITIP-MB**
octaviovilla@misena.edu.co

Fecha de recepción: 02-11-2018

Fecha de evaluación: 09-11-2018

Fecha de aceptación: 13-11-2018





Bicicleta estática generadora de energía eléctrica como aprendizaje en el uso eficiente de energía

Resumen

La necesidad de utilizar energía eléctrica para el desarrollo de la mayoría de las actividades, ha hecho que a través de la historia se implementen varias formas de producirla, causando un gran deterioro en los recursos naturales, entre las que se encuentra la utilización de combustible fósil y nuclear. El proyecto está enfocado en brindar una alternativa viable para la instalación en zonas de espacio de recreación deportiva y en otros espacios energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible. Beneficiando la salud en las personas siendo motivadas a realizar ejercicio, de igual forma contribuyen en la conservación de los recursos naturales.

Se implementó un sistema mecánico a la rueda volante de inercia para garantizar la conexión con el alternador al igual que su conexión al sistema de almacenamiento en donde se utilizó un inversor de corriente para transformar esta energía continua en energía alterna.

Palabras clave: energías renovables, no interconectadas, sostenible, autogeneración, bicicleta estática, bienestar.

Abstract

The need to use electric power for the development of most activities, has forced the implementation of various ways to produce it throughout history, causing a great deterioration in the natural resources, among which are the use of fossil fuels and nuclear power sources. The project is focused on providing a viable alternative for installation in areas for recreational sports and in other energetic places as a necessary means for sustainable economic development. Benefiting health in people by motivating them to exercise, it will likewise contribute in the conservation of natural resources.

An inertia-based mechanical system was implemented to the flywheel to guarantee the connection with the alternator as well as its connection to the storage system where a current inverter was used to transform this continuous energy into alternating energy.

Keywords: Renewable Energies, Not Interconnected, Sustainable, Self-Generation, Static Bicycle, Welfare.

Introducción

La utilización de los combustibles fósiles para nuestras labores diarias y generación eléctrica a través de las termoeléctricas, crea la necesidad de generar energías renovables que no contaminen el medio ambiente, para disminuir la explotación de los recursos naturales no renovables en las que se transforma la energía eléctrica en nuestro país. Por lo tanto se implementa una bicicleta estática generadora de energía que funciona con movimientos rotacionales impulsados por personas (Duffie & Beckman, 2013), (citado en Carrión & Ortiz, 2013).

De esta forma, se implementó un medio que es generador de energía eléctrica, de aprovechamiento en zonas apartadas donde no llegue el fluido eléctrico para contribuir al desarrollo sostenible de las comunidades. Por otra parte, el proyecto tiene como alcance la aplicación de la energía eléctrica generada, para cargar una batería de uso convencional aprovechando la energía de propulsión humana presente en las bicicletas estáticas, es aquí donde radica la importancia y la necesidad de contar con un sistema eléctrico que permita aprovechar esta energía para cargar los equipos móviles y también el uso de electrodomésticos que se encuentren en los hogares. Se tiene proyectado a futuro realizar un montaje en forma conjunta para aprovechar la energía de propulsión humana presente en las bicicletas estáticas de un gimnasio.

Antecedentes

Generación distribuida a partir de bicicletas estáticas y sistemas híbridos

La importancia de generar electricidad desde las propias edificaciones ha hecho que el ser humano vaya elaborando distintos dispositivos para aprovechar las diferentes y variadas energías, siendo las más usuales: solar y eólica. El aprovechamiento del movimiento de

las máquinas estáticas para hacer ejercicio es una nueva fuente para generar electricidad muy poco aprovechada. Se tendrá un enfoque como punto de partida para futuras investigaciones en lo referente a generación distribuida usando máquinas estáticas para ejercicio (Carrión & Ortiz, 2013).

Energías alternativas, experiencias desde el semillero de investigación en tecnología mecánica

Actualmente, se habla con frecuencia de energías alternativas y todo lo que tiene que ver con lo ambiental, pero definitivamente es poco lo que se ha implementado en nuestro entorno en cuanto a tecnologías ambientales. Proponer proyectos que sean viables con bajo presupuesto, buscando economía en materiales y fabricación propia. Mostrar soluciones útiles, generosas con el medio ambiente y factibles de implementar, permitiendo su acceso a comunidades de bajos recursos (Salazar, Arroyave & Pérez, 2011).

Soluciones energéticas para zonas rurales (¿en el posconflicto?)

Entre algunas alternativas de oferta comercial en Colombia para el suministro de energía eléctrica es previsible que la brecha en el suministro de energía eléctrica a través de la extensión del Sistema Interconectado Nacional (SIN) tarde algunos años (si no décadas) para materializarse y que garantice una cobertura total. Es por ello que las tecnologías energéticas comerciales actuales deben ser sostenibles en el suministro de energía a lo largo del tiempo; y quizás estas ayuden a disminuir la brecha para suplir las necesidades básicas humanas insatisfechas. Un sistema en CC corresponde a pequeños sistemas de suministro de energía, (una bicicleta estática dotada de un generador eléctrico), estas son algunas soluciones preindustriales desarrolladas en años recientes por medio de la Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes, con el apoyo financiero de la Industria Militar-INDUMIL (Pinilla, 2016).

Diseño de producto: generación de energía eléctrica a partir de bicicletas fijas de Indoor

Consiste en un sistema que permita generar electricidad a partir de una fuente renovable que en este caso es la energía cinética generada por personas en actividad aeróbica, el cual se realiza sobre una bicicleta estática en un gimnasio. Dicha energía actualmente no se aprovecha y se disipa en forma de calor. El objetivo es aprovechar esa energía desperdiciada acumulándola en baterías, reemplazando total o parcialmente la energía eléctrica de la red. El sistema está formado por elementos que se encuentran disponibles actualmente en el mercado y se explica brevemente el funcionamiento de cada uno de ellos a los efectos de entender el funcionamiento global del sistema. Sin embargo, la idea apunta a ser aplicada como estrategia de Responsabilidad Social Empresarial que refleje un fuerte compromiso con el medio ambiente y la sociedad (D' Agostino, 2014).

Definición del problema

En el Centro Agroturístico del Socorro Santander se detectó la siguiente problemática en la región: el consumo inadecuado de energía no renovable como los combustibles fósiles que deterioran los recursos naturales, aumentando la contaminación del medio ambiente y afectando la salud de las personas. Por lo tanto, este fenómeno genera emisiones de gases tales como dióxido de carbono y monóxido de carbono que ha contribuido a potenciar el efecto invernadero, la lluvia ácida, la contaminación del aire, suelo y agua (Pinilla, 2016).

Así mismo, el costo del suministro eléctrico en la utilización de una red particular, genera pasivos económicos en los hogares, obligados al endeudamiento bancario, (Carrión & Ortiz, 2013) la destinación inadecuada de recursos para el pago de una red eléctrica particular que podrían ser designados a otros proyectos, haciendo

que se desestabilice la calidad de vida de los habitantes, también incrementando los costos de los productos lo que hace que se disminuya la competitividad en el mercado generando un estancamiento económico y disminuyendo la inversión para la recreación deportiva afectando la salud de las personas.

Por otra parte la alta inversión en el montaje de una fuente de energía renovable, hace que los habitantes de las zonas rurales se vean obligados a seguir utilizando el mismo servicio u otros medios de energía o alumbrado arcaicos que encuentran en el sector, de esta forma se aumenta los niveles de contaminación ambiental, como es el uso de velas, veladoras, lámparas de petróleo y fogatas que no solo se convierten en un factor generador de incendios, si no que a su vez aumentan los índices de contaminación (Pinilla, 2016).

Conocemos como energías alternativas las que también se hacen llamar energías renovables, serían la alternativa a la contaminante energía nuclear o a las que consumen combustibles fósiles y emiten gases contaminantes. Las emisiones de CO² a la atmósfera y el calentamiento global, causantes del cambio climático; son una oportunidad para enmendar, o al menos frenar el daño hecho. Son sobre todo una oportunidad para dejar a las generaciones venideras un mundo sostenible que no se autodestruya (D' Agostino, 2014).

Por lo tanto, se origina la siguiente pregunta: ¿De qué forma optimizaríamos el consumo de energía no renovable y apoyamos al mejoramiento del medio ambiente, incentivando a la población mejorar su calidad de vida?

Con base en la investigación que se lleva en el Centro Agroturístico del departamento de Santander, se implementó una bicicleta estática generadora de energía eléctrica, que funciona con movimientos rotacionales impulsados por personas, esto con el fin de ser utilizada en el gimnasio de esta institución, aprovechando la energía producida por este sistema mecánico, de esta forma se facilita la carga de celulares o diferentes equipos móviles.

Estos equipos serán utilizados por los aprendices en el gimnasio del Centro Agroturístico SENA. El proyecto está enfocado en brindar una alternativa viable para la instalación de esta clase de generadores en zonas no interconectadas, zonas de espacio de recreación deportiva y en otros espacios energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, con esto se logra beneficiar la salud de las personas ya que son motivadas a realizar ejercicio y a su vez contribuyen con la conservación de los recursos naturales.

Descripción de objetivos

Objetivo general

Promover el consumo adecuado de energía no renovable para disminuir la contaminación del medio ambiente a través de la implementación de una bicicleta estática generadora de energía eléctrica.

Objetivos específicos

Implementar un dispositivo que no genere gases contaminantes ni emisiones de calor, que pueda ser aprovechado como medio alternativo de generación de energía eléctrica.

Dar a conocer a la población del Centro Agroturístico la generación de energía eléctrica a través de un dispositivo electromecánico, impactando a la comunidad sobre el ahorro económico.

Mejorar la calidad de vida de los habitantes, a través de la propulsión humana y bienestar de las personas.

Estado del arte

A nivel mundial se busca generar electricidad a partir de fuentes renovables que suplan el acceso eléctrico a zonas no conectadas a una red eléctrica (D' Agostino, 2014). Para el caso de Colombia el sistema

interconectado nacional de suministro de electricidad tarda algunas décadas, para cubrir totalmente las zonas más alejadas (Pinilla, 2016) en casos como la universidad tecnológica de Pereira utilizan el tema de las energías alternativas, inversiones retornos a corto plazo enfocándose en soluciones energéticas de bajo presupuesto (Salazar, Arroyave & Pérez, 2011). De acuerdo a esta evidencia se estructura el estado del arte en dos partes que se explican a continuación:

Energías alternativas desde mecanismos eléctricos

Desde el aprovechamiento de la energía cinética que produce las personas al montarse en una bicicleta pueden reducir la dependencia a la electricidad, en países como Argentina tienen fuertes impactos en los costos del suministro eléctrico desde julio de 2014, en respuesta se amplía la generación por medio de las termoeléctricas, aumentando los costos económicos y a su vez atentando al medio ambiente (D' Agostino, 2014).

Otras energías renovables que utilizan sistemas electrónicos para su conversión eléctrica, es el viento (Carrión & Ortiz, 2013); desde la última década se ha venido aprovechando, para generar energía eléctrica en actividades cotidianas, en diferentes máquinas (Carrión & Ortiz, 2013). En Colombia a través de la Universidad Industrial de Santander propone aplicaciones energéticas sostenibles para satisfacer necesidades de confort con una alta eficiencia energética (Drais, Mc Cal, 2010), relacionado los mecanismos aplicados a la propulsión humana como estrategias de producción viables para correlacionar el consumo eléctrico con la producción eléctrica de un dispositivo de aprovechamiento cinético.

Impactos económicos a través de máquinas para hacer ejercicio

Las máquinas que más se utilizan para hacer ejercicio son las bicicletas estáticas (Carrión & Ortiz, 2013), observándolas como una implementación para hacer

dispositivos de generación de energías renovables, pretendiendo disminuir los costos por el reciclaje de residuos en su puesta en funcionamiento (Salazar, Arroyave & Pérez, 2011). Cuando se compara diversas tecnologías para bajo consumo energético, menos de 2 Kwh/día (Pinilla, 2016), los sistemas de generación con fuerza humana resultan ser más baratos que un sistema de generación con combustibles fósiles (Pinilla, 2016).

Desde este punto de vista se propone para un sistema electromecánico que genere electricidad, bajo un acondicionamiento físico para la población del centro Agro turístico, se identifica que a nivel mundial y regional diversos sistemas que implementan las comunidades, para proveer respuestas desde la propulsión humana cubriendo necesidades básicas de consumo eléctrico, incentivando el cuidado por los recursos renovables, la disminución de costos es su propósito, y mejorando la salud de quien la utiliza.

Marco teórico

Dentro del conocimiento para la implementación del generador de energía renovable se orienta el marco teórico a tres perspectivas para la conceptualización, estas son: los componentes mecánicos, los componentes eléctricos y la potencia consumida en una bicicleta estática.

Componentes mecánicos

En esta sección se pretende aclarar las funciones realizadas por los elementos que hacen parte del componente mecánico y eléctrico, para Robinson López (2015) "un sistema mecánico de un dispositivo electromecánico para generación de energía eléctrica está compuesto por el bastidor de una bicicleta estática que contiene los mecanismos y elementos necesarios para la transmisión de potencia". Según su planteamiento se destaca los siguientes elementos, que encontramos

importantes mencionar para este proyecto como se identifica en la Figura 1:



Figura 1. Selección de bicicleta estática convencional con especificación de partes mecánicas importantes. **Fuente:** Elaboración propia.

Los pedales: proporcionan la superficie de apoyo al pie del ciclista; es el encargado de dar el impulso que desarrollan las piernas del cuerpo humano (López, 2015).

Biela-plato: este es un conjunto de elementos ensamblables entre sí, su función es la de obtener el par desarrollado por las piernas transmitiendo directamente hacia el plato, que finalmente, dependiendo del número de dientes multiplicará o disminuirá el par inicial (López, 2015).

Cadena de rodillos: realiza la transmisión de potencia entre ejes, este tipo de cadenas están presentes en la mayoría de bicicletas debido a su eficiencia, que se encuentra alrededor del 96-97% con lo cual se estará transmitiendo en su totalidad la potencia entregada (López, 2015).

Piñón: es el encargado de recibir la velocidad angular y el par que se transmite por la cadena; este puede estar girando a mayores o menores revoluciones dependiendo de la relación existente (López, 2015).

Rodamiento: disminuye la fricción, con lo cual las pérdidas de potencia serán menores (López, 2015).

Rodamientos axiales de agujas: son rodamientos de simple efecto y solo pueden absorber cargas axiales en un sentido. Comúnmente se utilizan en los pedales para bicicletas (López, 2015).

Volante de inercia: es un sistema que tiene la característica de almacenar energía cinética y suavizar el movimiento rotativo en un eje ya que consigue disminuir la fluctuación en la velocidad angular (López, 2015).

Rueda de fricción: las ruedas de fricción la aprovechan la fricción entre dos cuerpos en contacto para comportarse como elementos de transmisión de potencia limitados por el resbalamiento por lo cual se usa para aplicaciones que no requieran potencias considerables (López, 2015).

Componentes eléctricos

Los componentes eléctricos necesarios para el desarrollo del sistema de generación son los siguientes:

Alternador: componente principal en el sistema eléctrico, se encuentra en los automóviles, su transforma la energía mecánica en eléctrica (Gutiérrez, 2016) el cual suministra la electricidad necesaria para el funcionamiento de todos los elementos eléctricos presentes (López, 2015), como se observa en la Figura 2; la electricidad proporcionada también puede ser almacenada en las baterías de arranque de cualquier automóvil. Para el desarrollo de este proyecto se utilizó un alternador de uso comercial con las siguientes características: 12 V 5,5A, el cual requiere de una conexión simple.

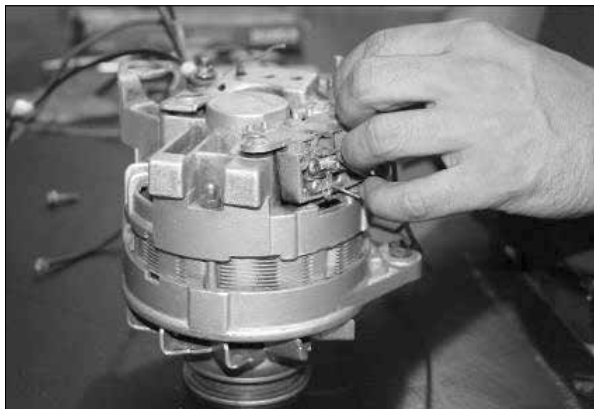


Figura 2. Alternador del proyecto. **Fuente:** Elaboración propia.

Regulador: controla el rango admisible de tensión en las baterías puesto que estas solo admiten cierto valor de tensión el cual no puede exceder ni estar por debajo del rango admitido por la batería.

Batería: su función es almacenar energía eléctrica, (Gutiérrez, 2016), se encuentra confinada en celdas que transforman la energía química en eléctrica mediante un proceso llamado electrólisis que consiste en el proceso que separa los elementos de un compuesto por medio de la electricidad (López, 2015).

El almacenamiento de la energía eléctrica obtenida, se encuentra a cargo de una batería de gel de 12 v/ 30 A. La corriente de carga recomendada para una batería debe ser la décima parte de su capacidad; para esta batería la corriente recomendada de carga estará alrededor de 5,5 A.

La corriente eléctrica que se crea en el alternador es alterna, sin embargo, la batería necesita corriente directa. Por esta razón la corriente alterna del alternador pasa a través de un juego de diodos que rectifican la señal, convirtiéndola en corriente directa. El regulador ajusta y mantiene el nivel adecuado de tensión en 12 voltios haciendo que la batería trabaje sin sobrecargas, como se observa en la Figura 3.



Figura 3. Batería, inversor y regulador del proyecto. **Fuente:** Elaboración propia.

Inversor: convertidor de voltaje, conectado de la batería, transforma los 12 voltios que produce el alternador en directa, los transforma en 120 voltios de corriente alterna. El inversor utilizado para el proyecto es de 500 W, como se observa en la Figura 4.



Figura 4. Inversor del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Potencia generada en una bicicleta estática

La potencia consumida en una bicicleta estática, está relacionada por las siguientes fórmulas que proporcionan un constructo para identificar los Kilovatios por hora (kWh) que genera un tripulante a través de distancias recorridas.

VO2 MAX: es el volumen máximo de oxígeno que el organismo puede metabolizar (Personal Running, 2017) y se utiliza para saber la capacidad aeróbica de las personas en cuanto a una prueba de resistencia, se expresa en milímetros de oxígeno utilizados en un minuto por kilogramo (ml/kg/min), (Entrena salud, 2018).

Para encontrar su respuesta se debe situar al tripulante en un terreno sin obstáculos para que corra durante 12 minutos, esto es para saber que distancia recorre en ese tiempo, luego se realiza la ecuación 1:

$$VO2\ MAX(ml/kg/min) = 0,0268 * Distancia\ en\ metros - 11,3$$

Ecuación 1. Volumen máximo de oxígeno.

El consumo de calorías está dado por la ecuación 2 y la ecuación 3 según el género:

$$Calorías = (-59,3954 + (0,274 * Edad + 0,103 * peso + 0,380 * VO2\ max + 0,450 * Ritmo\ cardiaco)) / 4,184$$

Ecuación 2. Consumo de calorías en mujeres.

La siguiente ecuación del consumo de calorías es para hombres:

$$Calorías = (-59,3954 + (-36,3781 + 0,271 * edad + 0,394 * peso + 0,404 * VO2max + 0,634 * Ritmo\ cardiaco)) / 4,184$$

Ecuación 3. Consumo de calorías en hombres.

Las medidas para incluir las variables en las ecuaciones son: peso en Kilogramos, VO2 max en milímetros de oxígeno utilizados en un minuto por kilogramo.

En cuanto al consumo de calorías, en la ecuación se establece la conversión de calorías a kilovatios hora (Fundación Terra, 2010).

$$1\ Caloría = 1,157 * 10^{-6} kWh = 1,157 * 10^{-3} Wh$$

Ecuación 4. Equivalencia caloría - Kilovatio hora y vatio hora.

Este procedimiento se calcula para las calorías consumidas de un tripulante en una bicicleta estática y su consumo en kilovatios hora, sin tener en cuenta la potencia del sistema (alternador) que es la medida que entrega las electrificadoras del consumo eléctrico (Pinilla, 2016).

Materiales y métodos

Para la metodología se utiliza el proceso referente a la investigación acción (Elliott, 2005), desde este punto de partida se requieren tres fases de ejecución para el proyecto: la primera es la selección de la bicicleta, aquí se menciona el propósito que debe cumplir esta para almacenamiento de energía eléctrica, ergonomía, y utilización de acoples que requieran el propósito del mismo; la segunda fase es el estudio del funcionamiento interno del sistema eléctrico y mecánico, en este punto se relacionan los elementos que hacen la conversión eléctrica y su almacenamiento a través de la propulsión humana; la tercera y última fase es el diseño, allí se identifican los factores aceptables de la bicicleta con el sistema eléctrico y mecánico para el correcto funcionamiento y almacenamiento que debe cumplir el proyecto Velo Power para el Centro Agroturístico. A continuación, se detallan cada uno de la siguiente manera:

Selección de la bicicleta

Dentro del proyecto se utilizó una bicicleta estática convencional como se identifica en la Figura 1, ya que la bicicleta es un aparato eficiente que elimina las fuerzas de impacto y sostiene al cuerpo en una posición ergonómica, que minimiza enormemente la necesidad de que el cuerpo humano soporte su propio peso, con lo cual se aprovecha una mayor energía cinética rotacional en el eje del generador eléctrico.

Inicialmente, se utilizó una bicicleta reciclada que generaba incomodidades a la hora de usarla por parte del tripulante no quedando en forma ergonómica, esto se observa en la Figura 5, se adquiere una bicicleta estática convencional debido a que esta brinda una mejor posición ergonómica y maximiza el rendimiento del tripulante al momento de pedalear.



Figura 5. Bicicleta reciclada. **Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo a la bicicleta reciclada el sistema de transmisión de potencia mecánica se implementó en la parte trasera ya que se estaba utilizando el rin trasero de la bicicleta reciclada como volante de inercia, al implementar el dispositivo en la bicicleta estática se instala en la parte frontal ya que su volante de inercia queda optimizando el espacio y obteniendo mejor aprovechamiento de la energía cinética rotacional.

Estudio de funcionamiento interno del sistema eléctrico y mecánico del alternador

El alternador implementado se instaló sobre una base metálica soportado por un brazo basculante conectado directamente a la rueda de fricción por medio de una rueda de caucho, lo cual permite que el alternador se encuentre unido y estable a toda la estructura y de forma tal que su montaje no modifica ni altera en gran medida la estructura de la bicicleta estática.

Se utiliza el alternador de automóvil, para transformar la fuerza cinética en energía eléctrica, observamos que no generaba un mayor voltaje a gran velocidad, se procede a abrir el alternador para estudiar sus partes electrónicas internas y entender su funcionamiento, así mismo se pudo apreciar que en su interior consta de dos partes, el estator y rotor, donde el estator tiene un embobinado que se encarga de recibir la electricidad que luego se almacena en la batería, por otra

parte el rotor tiene un embobinado interno el cual se energiza para crear un campo magnético, así mismo girar el rotor a una velocidad constante para generar una corriente y un voltaje continuo, a mayor velocidad más corriente y voltaje. Por otra parte, el generador debe ser pre-excitado por un voltaje y corriente de 4v - 0.5A para crear un campo magnético interno y que al momento de girar el rotor genere un electricidad de 16 V / 5.5 A con una velocidad de 23 km/h, de una persona promedio.

Diseño

El diseño se relaciona con el aprovechamiento del espacio y la potencia disponible de acuerdo al sistema de transmisión que no requiere modificaciones complejas en la estructura de cualquier bicicleta estática (López, 2015) (Gutiérrez, 2016). Los diferentes componentes del sistema fueron conectados y ensamblados a la estructura de la bicicleta estática de forma tal que permitiese un pedaleo cómodo para el tripulante al ver la transmisión de potencia que se observa en la Figura 6.

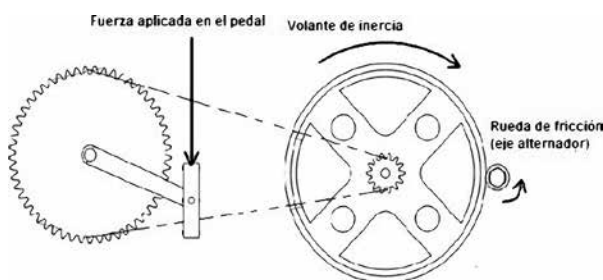


Figura 6. Transmisión de potencia para el diseño mecánico, desde los pedales al alternador. **Fuente:** López, 2015.

El alternador que se encuentra sujeto al bastidor de la bicicleta para lograr que el eje del alternador se ubique paralelo al eje de la volante de inercia permitiendo el contacto en la periferia de esta; el regulador de tensión también se encuentra sujeto a la estructura con tornillos usando el bastidor como conexión a tierra para evitar alguna descarga eléctrica al tripulante, finalmente la batería se posiciona a una distancia prudente para que no sea un obstáculo, como de observa en la figura 7.

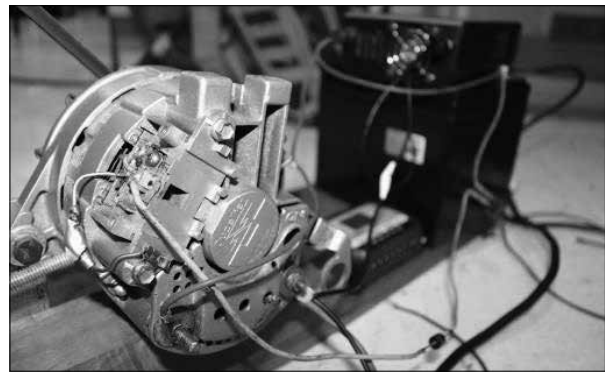


Figura 7. Conexión alternador, regulador, inversor y batería. **Fuente:** Elaboración propia.

Resultados y discusión

La persona que realice la actividad en la bicicleta estática generadora identifica las siguientes variables: medición de distancia recorrida, potencia promedio medida, velocidad calculada en una hora, calorías consumidas. Por medio de tres mediciones generadas por tres tripulantes promedio de 1,70 metros de altura con un peso de 72 kilos, muestra en las tablas que siguen a continuación los resultados de distancia recorrida en una hora y la potencia generada promedio y velocidad de medición.

En la aplicación metodológica de la investigación acción se compara la potencia producida por un tripulante sin el sistema electromecánico y con la aplicación del sistema mencionado. En este punto se analizó la potencia promedio de acuerdo a las mediciones de distancia recorrida y las velocidades en medición en cada prueba (Tabla 1).

En la Tabla 1 se observa, que a mayor distancia recorrida en el mismo tiempo (una hora), el tripulante puede generar más potencia en el sistema, aunque depende también de su condición física para poder generar esa potencia promedio medida.

Según las ecuaciones del apartado 3.3 Potencia consumida en una bicicleta estática: la potencia generada por un tripulante promedio en condiciones físicas en uso del sistema eléctrico (alternador, regulador batería) se muestran en la Tabla 2.

Tabla 1. Medición de distancias recorridas, potencia promedio media y velocidad calculada en una hora. **Fuente:** Elaboración propia.

Medición distancia recorrida Tripulante 1	Medición distancia recorrida Tripulante 2	Medición distancia recorrida Tripulante 3
26 Km	23 Km	21 Km
Potencia generada por el pedaleo		
Potencia promedio medida Wh // kWh	Potencia promedio medida Wh // kWh	Potencia promedio medida Wh // kWh
86Wh // 0,086 kWh	76,2 Wh // 0,0762 kWh	64 Wh // 0,064 kWh
Velocidad calculada en una hora (km/h)		
Velocidad	Velocidad	Velocidad
26 km/h	23 Km/h	21 Km/h

Para la velocidad calculada se utiliza la ecuación 4, identificando que el tiempo de medición fue una hora.

$$Velocidad = \frac{distancia (Km)}{tiempo (h)}$$

Ecuación 4. velocidad calculada.

Tabla 2. Medición del volumen máximo de oxígeno del organismo en los tripulantes. **Fuente:** Elaboración propia.

	Tripulante 1	Tripulante 2	Tripulante 3
Metros recorridos en 12 minutos (test de cooper para VO2MAX)	3.300m	2.500m	2.000m
VO2 MAX	77,14 ml/kg/min	55.7 ml/kg/min	42.3 ml/kg/min

Como se observa, mientras más distancia recorrida realice el tripulante, mayor será su VO2 MAX. A continuación, se muestran los resultados para el consumo de las calorías y generación energética sin tener en cuenta el sistema de potencia (alternador) en la Tabla 3:

Tabla 3. Calorías consumidas por los tripulantes. **Fuente:** Elaboración propia.

	Tripulante 1	Tripulante 2	Tripulante 3
Edad	38	35	30
Peso (Kg)	79	66	67
Ritmo Cardíaco (BPM)	114	118	117
Minutos	60	60	60
Calorías consumidas en 60 minutos	703,982696	531,027247	430,521511
Generación en kWh// wH	0,000814508// 0,814507979	0,000614399// 0,614398524	0,000498113// 0,498113388

Asociando los resultados de la Tabla 2 y Tabla 3, se identifica que a mayor volumen máximo de oxígeno y que el organismo en un tripulante puede generar mayor potencia por sí mismo, concordando con la Tabla 1, referencia que a mayor velocidad calculada, más potencia genera el sistema de potencia.

Conclusiones

Se realizó revisión de los antecedentes, el estado del arte sobre el aprovechamiento de la propulsión humana mediante bicicletas, observando que ya en muchos lugares de nuestro país y el mundo se ha venido implementando el uso individual y colectivo de este sistema de aprovechamiento de energía renovable. De acuerdo con el marco teórico y su aplicación en la metodología con los resultados, se concluye lo siguiente:

La implementación del sistema de aprovechamiento de la propulsión humana mediante el uso de una bicicleta estática y un alternador es una forma viable para autoabastecer de energía según las necesidades básicas para gimnasios o zonas que no están interconectadas, comprobando que es un medio alternativo de generación de energía eléctrica para la población del Centro Agroturístico y a su vez, es una propuesta para mejorar la calidad de vida de las personas, infiriendo sobre su salud y como proyección de un ahorro económico.

La potencia generada por un tripulante promedio en condiciones físicas normales se encuentra alrededor de $0,64234 \cdot 10^{-3}$ kWh (Tabla 3), sin tener en cuenta la potencia producida por el alternador, por lo tanto con el sistema de potencia implementado se identifica una potencia promedio producida de 0,075 kWh (Tabla 1), aunque la energía producida depende del nivel de esfuerzo del tripulante (Tabla 2), también depende de la distancia recorrida relacionando la velocidad con que realice el esfuerzo para pedalear en la bicicleta estática. En este punto se compara la utilidad del sistema para mejorar la calidad de vida de la población

del Centro Agroturístico, en la medida en que mientras más distancia se pedalea en la bicicleta, más calorías se consumen. Aprendiendo sobre el uso eficiente de la energía realizando proyecciones sobre un ahorro económico, concientizando sobre el costo de la energía almacenada para cargar dispositivos como un computador portátil (0,0635 kWh), un celular (0,00368 kWh) o un bombillo incandescente (0,061 kWh). (Selectra, 2014). (Equipo Biwil, 2016).

Para el funcionamiento del generador, el estator debe estar pre-excitado con un voltaje y corriente de 4v - 0.5A. La intensidad de corriente que puede proporcionar un alternador está estrictamente relacionada con las distintas revoluciones a que es sometido por el tripulante al pedalear siendo necesario superar la barrera de las 960 RPM, dentro de las pruebas se hicieron mediciones de voltajes de 16V a 5,5A, conectando el sistema a una batería de 12V a 35A.

Referencias

- Carrión, D., & Ortiz, L. (2013). Generación distribuida a partir de bicicletas estáticas y sistemas híbridos. *Ingenius*. N.º10, (Julio-Diciembre). pp. 44-48. ISSN: 1390- 650X. [Fecha de consulta: 01/06/2018].
- D'Agostino J. F. (2014). Diseño de producto: Generación de energía eléctrica a partir de bicicletas fijas de Indoor (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales Escuela de Ingeniería Industrial, Córdoba, Argentina [Fecha de consulta: 01/06/2018].
- Drais, K., Mc Cal T. (2010). Diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de bicicletas estáticas. Bucaramanga. Colombia. Universidad Industrial de Santander. Recuperado de: <http://www.enjambre.gov.co/enjambre/file/download/53247>. [Fecha de consulta: 01/06/2018].
- Duffie J. A. & Beckman, W. A (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley & Sons. ISBN 9781299449145. [Fecha de consulta: 01/06/2018].

- Elliott, J. (2005). *La investigación-acción en educación*, Madrid, España: Ediciones Morata. ISBN: 13:978-847112-341-X. [Fecha de consulta: 09/07/2018].
- Entrenasalud (2018). *Cómo saber tu vo2 máximo*. Recuperado de: <https://www.entrenasalud.es/vo2-maximo-hiit>. [Fecha de consulta: 05/06/2018].
- Equipo Biwil (2016). ¿Cuánto consumen el celular y el computador cuando están cargados, pero siguen enchufados? Recuperado de: <https://biwil.com/energia/cuanto-consumen-el-celular-y-el-computador-cuando-estan-cargados-pero-siguen-enchufados>. [Fecha de consulta: 03/07/2018].
- Fundación Terra (2010). *Energía de propulsión humana en bicicleta*. Recuperado de: <http://www.terra.org/categorias/articulos/energia-de-propulsion-humana-en-bicicleta>. [Fecha de consulta: 05/06/2018].
- Gutiérrez, D. (2016) Implementación y análisis de un prototipo de generación y almacenamiento de energía eléctrica a partir del movimiento de una bicicleta como propuesta para la disminución del consumo energético en la escuela de la comunidad el arroyo: etapa inicial. (Tesis de pregrado). Universidad Santo Tomas, Facultad de Ingeniería Electrónica. Bogotá, Colombia. [Fecha de consulta: 05/06/2018].
- López, R. (2015). Desarrollo de un sistema de generación eléctrica eficiente a partir de propulsión humana con base en una bicicleta estática (Trabajo de grado tecnólogo mecánico). Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnologías, Escuela de Tecnología Mecánica. Pereira, Colombia. [Fecha de consulta: 05/06/2018].
- Personal Running (2017). *¿Cómo saber cuál es nuestro VO2 max?* Recuperado de: <https://www.personalrunning.com/como-saber-cual-es-nuestro-vo2-max>. [Fecha de consulta: 05/06/2018].
- Pinilla, Á., (2016). Soluciones energéticas para zonas rurales (¿En el posconflicto?). *Revista de Ingeniería*, (44), 36-39. Universidad de los Andes. ISSN: 0121-4993.
- Salazar, E., Arroyave, J. & Pérez, W., (2011). Energías alternativas, experiencias desde el semillero de investigación en tecnología mecánica. *Scientia et Technica* Año XVI, No 49, Diciembre de 2011. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. [Fecha de consulta: 02/06/2018].
- Selectra. (2014). *Consumo eléctrico por electrodoméstico* Recuperado de: <https://comparadorluz.com/faq/consumo-electrico-electrodomesticos>. [Fecha de consulta: 03/07/2018].