

**Generando Tecnología, Energía y Salud mediante Electro-ciclismo**

O. Flores-Ramírez<sup>1</sup>, R. González-López<sup>1</sup>, J. J. C. Medrano-Gálvez<sup>1</sup>, G. Calderón-Pérez<sup>1</sup>, H. Sandoval-Morales<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Amozoc

A. Postal 72980 Puebla, México.

<sup>1</sup>Tel: (222)1688567 Ext. 105, mail: oscar.flores@upamozoc.edu.mx

**ABSTRACT**

Este proyecto permite que se pueda visualizar la generación y el uso de métodos alternos en la producción de energía eléctrica desde una perspectiva tecnológica de un nivel superior, que vinculará algo tan cotidiano y benéfico como hacer ejercicio en una sesión de spinning, con uno de los servicios básicos como lo es el uso de la energía eléctrica que se genere para abastecer un laboratorio de computo de la Universidad Politécnica de Amozoc. Para obtener este resultado se desarrolla, adapta y/o diseña el proceso de transferencia mecánico-eléctrico para la transmisión de energía al generador. Censado la distribución de señales en cada una de las bicicletas para la medición de diferentes variables. De esta forma aplicamos un método de generación de energías sustentables y ayudamos a la conservación del planeta.

**1. Introducción**

En este trabajo se utiliza la conversión electromecánica para obtener una corriente eléctrica mediante un proceso mecánico, para lograr este objetivo se diseñó un sistema a través de una bicicleta de spinning, la cual se modificó y se le implemento un generador, una batería y un inversor para finalmente obtener un voltaje de 120 volts a 60 Hz y a través del inversor poder conectar las cargas como las computadoras, pantallas planas, celulares, Laptops, etc. Se ha implementado un área de spinning donde los estudiantes hacen ejercicio y la vez se genera corriente para su uso posterior.

La conversión electromecánica de la energía comprende todos aquellos fenómenos relativos a la transformación de energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. La importancia de estos procesos es indudable, dado que la electricidad es una forma de energía que resuelve convenientemente los problemas básicos de transmisión, distribución y utilización en innumerables aplicaciones.

En términos básicos, los dispositivos de conversión electromecánica se pueden clasificar en dos tipos dependiendo del tipo de conversión que realicen:

- i) Motor: Es un dispositivo que convierte energía eléctrica en energía mecánica.
- ii) Generador: Es un dispositivo que convierte energía mecánica en energía eléctrica.

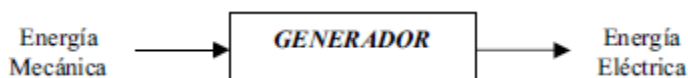


Figura 1. Clasificación máquinas eléctricas.

## **2. Sección Experimental**

En el año 1820, Oersted descubrió que una corriente eléctrica origina un campo magnético a su alrededor, lo que constituyó un hecho clave para el desarrollo de dispositivos de conversión electromecánica de la energía.

En efecto, como es sabido, la presencia del campo magnético es imprescindible para la conversión de energía eléctrica en energía mecánica y viceversa:

- En un motor, la energía eléctrica (corriente) crea un campo de fuerza (campo magnético) bajo el cual otro elemento de corriente produce una fuerza que, bajo ciertas condiciones, genera movimiento (energía mecánica).
- En un generador, la variación en el tiempo de la geometría de un circuito magnético (energía mecánica) produce una variación en el tiempo del flujo magnético que induce voltajes en los circuitos eléctricos que lo enlazan (energía eléctrica).

En la bicicleta se hace uso de los músculos más fuertes del ser humano; los de las extremidades inferiores, mediante un movimiento circular y velocidad (60 y 100 revoluciones por minuto), cuando se desplaza en bicicleta se consumen alrededor de 0.15 calorías por gramo por kilómetro [1].

El ciclista provee cierto grado de potencia (W) a los pedales, esta potencia se transmite a través de la cadena hacia la rueda con la banda con cierta eficiencia de transmisión; luego con esta potencia transmitida ( $W \times N$ ), se genera una velocidad a la que viaja la bicicleta (V). La ecuación que representa la potencia para una bicicleta es:

$$W = \frac{V}{100} [M(8.258 + 106.3a)38.716V^2] \quad (1)$$

Donde

W= Potencia (Vatios)

V= Velocidad (m/s)

a = Aceleración ( $m/s^2$ )

El ciclista transmite la potencia mediante la aplicación de una fuerza a los pedales, con una velocidad rotacional  $r_A$  de acuerdo a la siguiente relación:

$$W_S = \frac{2\pi(9.8)Flr_A}{6000} \quad (2)$$

Dónde:

$W_S$  = Potencia suministrada (vatios)

F = Fuerza ejercida sobre el pedal (kg)

$r_A$  = Velocidad rotacional de los pedales (RPM)  
 $l$  = Radio de giro del pedal (cm)

La velocidad rotacional de los pedales  $r_A$  origina la velocidad rotacional de la polea del alternador  $r_E$  mediante un sistema de poleas. Esta relación de velocidades rotacionales es inversamente proporcional a la relación de diámetro de las poleas.

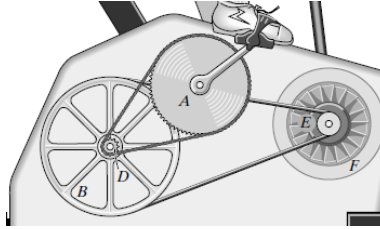


Figura 2. Esquema de la bicicleta de spinning.

Haciendo uso del estudio de los cuerpos rígidos podemos obtener la velocidad de la polea del alternador  $r_E$ , conociendo la velocidad rotacional de los pedales de la bicicleta  $r_A$ ,  $r_D$  es la velocidad del spro de la llanta y  $r_B$  es la velocidad de la rueda de la bicicleta,  $D_2$  es el diámetro de la estrella de la bicicleta,  $D_1$  es diámetro del spro,  $D_3$  es diámetro de la rueda y  $D_4$  es el diámetro de la polea del alternador [3], [5].

$$\frac{r_D}{r_A} = \frac{D_2}{D_1} \text{ entonces } r_D = \frac{D_2}{D_1} r_A; r_D = r_B \quad (3)$$

$$r_B D_3 = r_E D_4 \text{ entonces } r_E = \frac{D_3}{D_4} r_B \quad (4)$$

Esto significa que el rango de velocidades  $r_E$  que pueda demandar la polea del alternador debe suministrarse cambiando los valores de la velocidad de rotación de los pedales  $r_A$ .

### Generador Eléctrico

En un generador eléctrico la salida es una variación de la energía eléctrica, producida gracias a la variación de energía mecánica en la entrada. Sin embargo, para que se produzca esta conversión electromecánica de energía, como ya se ha dicho, es imprescindible que exista campo magnético, el campo es proporcionado por el imán permanente que constituye la pieza móvil, de modo que al desplazarse esta varía el flujo enlazado por la bobina de la pieza fija, y se induce un voltaje en ella dado por la ley de Faraday.

Los generadores usuales para aplicaciones de potencia son rotatorios y emplean bobina de campo, ya sea en el estator o en el rotor. En los cuales la entrada mecánica es proporcionada por el torque externo, en este caso se logra a través de la banda que va colocada en la rueda de la bicicleta y al eje del alternador.

En una bobina cualquiera, la relación entre el voltaje en sus terminales y el flujo enlazado por el mismo está dado por  $v = \frac{d\lambda}{dt}$  [4].

En el caso lineal en que  $\lambda = Li$ , siendo  $L$  su inductancia propia e  $i$  la corriente por la bobina, se tendrá:

$$v = \frac{d(Li)}{dt} = L \frac{d(i)}{dt} + i \frac{d(L)}{dt} \quad (5)$$

Donde  $\frac{dL}{dt} = \left(\frac{dL}{d\theta}\right) \left(\frac{d\theta}{dt}\right)$ , considera la variación de la inductancia con la posición, y a la vez se esta proporcionando una velocidad  $\omega_r = \frac{d\theta}{dt}$  al eje del rotor mediante la banda que va colocada en la rueda de la bicicleta y al eje del alternador.

### **Batería**

La batería de plomo es una fuente de corriente continua que se basa en un proceso químico; está formada por varios elementos acumuladores que se conectan formando una batería.

La energía eléctrica, que se encuentra almacenada en forma de energía química, puede transformarse en energía eléctrica, proceso que tiene lugar durante la descarga. Mediante el suministro a la batería de corriente eléctrica, tiene lugar en su interior el proceso inverso, con lo que es posible cargarla de energía eléctrica de nuevo.

Cuando la batería se halla completamente cargada cada acumulador se encuentra a una tensión de 2,2 voltios, por lo que una batería de 12 voltios de tensión nominal, su tensión real cuando está cargada alcanza los 13,2 voltios.

La batería LTH, mod L31T-900 de 12 VCD, fue la que utilizamos con las siguientes características: 12 V - 104 Ah - 115 A. El alternador Alt Bosch Nissan Tsuru III, pick-up D21 12V 70A tipo Orig. fue el que utilizamos para cargar a la batería., y utilizamos el inversor de voltaje 12VCD a 120 VCA /1000W para alimentar nuestros aparatos electrónicos.



Figura 3. Batería y alternador utilizados.

Se modificó la bicicleta de spinning, primero se mandó la rueda al torno para que la dentaran de acuerdo a la forma de la banda automotriz, se implementaron bases a la bicicleta para colocar la

batería, el alternador, el inversor y todo el sistema eléctrico para energizar al alternador y de esta forma cargar a la batería y esta alimenta a su vez al inversor para que al final tengamos 120 V y 1000 W de potencia para utilizarlos en nuestros equipos electrónicos. Como se muestra en la siguiente figura.

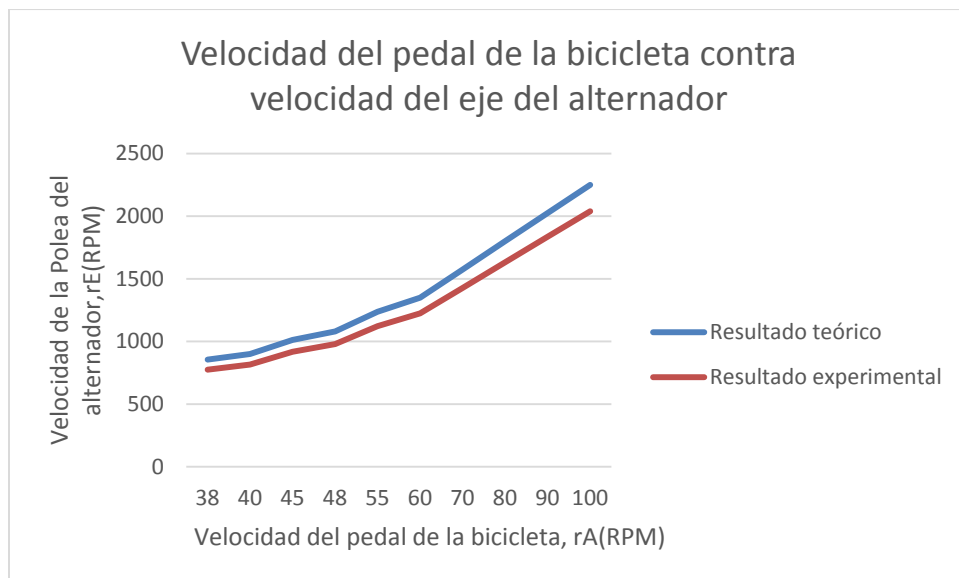


Figura 4. Esquema del electro-ciclismo.

### 3. Resultados

El ciclo para cargar la batería se inicia cuando se energiza el alternador con este proceso se genera corriente en las bobinas del estator; corriente que va aumentando progresivamente a medida que aumentan las revoluciones en los pedales de la bicicleta y posteriormente en la polea del alternador mediante la banda y la rueda de la bicicleta.

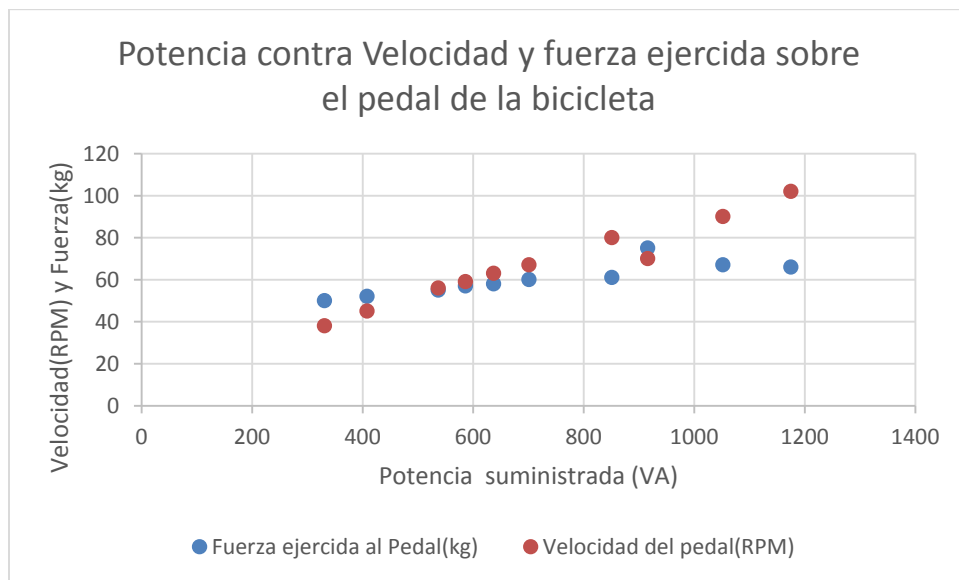
Como la velocidad en cualquier punto de la cadena de la polea del pedal y la polea de la estrella de la bicicleta es la misma, podemos aplicar la ecuación (3) y (4) para obtener la velocidad angular de la polea del alternador, donde  $D_1 = 3$  pulgadas,  $D_2 = 8.5$  pulgadas,  $D_3 = 18$  pulgadas y  $D_4 = 2.5$  pulgadas y el radio de giro  $l = 17$  cm. Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica 1.



Grafica 1. Velocidad del pedal contra velocidad del eje del alternador.

Como se observa en la gráfica los resultados teóricos tienen una diferencia del 10 % con respecto a los resultados experimentales esto se debe a la fricción que existe entre los componentes que forman el sistema de transmisión así como a los errores de medición, también se observa que a mayor velocidad en los pedales de la bicicleta también mayor velocidad en la polea del generador y por lo tanto la batería se carga mas rápido.

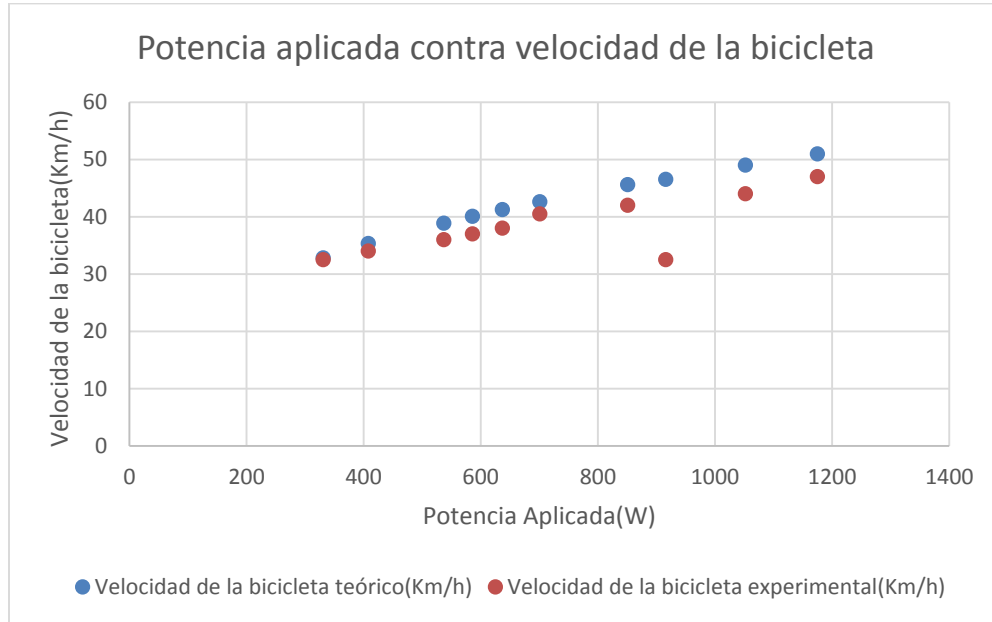
Aplicando la ecuación (2) podemos obtener la potencia que el ciclista le aplica a la bicicleta, como se muestra en la grafica 2.



Grafica 2. Relación de la potencia de entrada con Velocidad y fuerza ejercida sobre el pedal de la bicicleta

Como se observa en la gráfica el hecho de que el alumno tenga mayor peso no garantiza que ejerza mayor potencia de entrada y mucho menos genera mayor energía para cargar la batería, hay estudiantes de menor peso que obtienen mayor velocidad del pedal y por lo tanto generan más energía para cargar a la batería en menos tiempo y esto se debe a su mayor resistencia física.

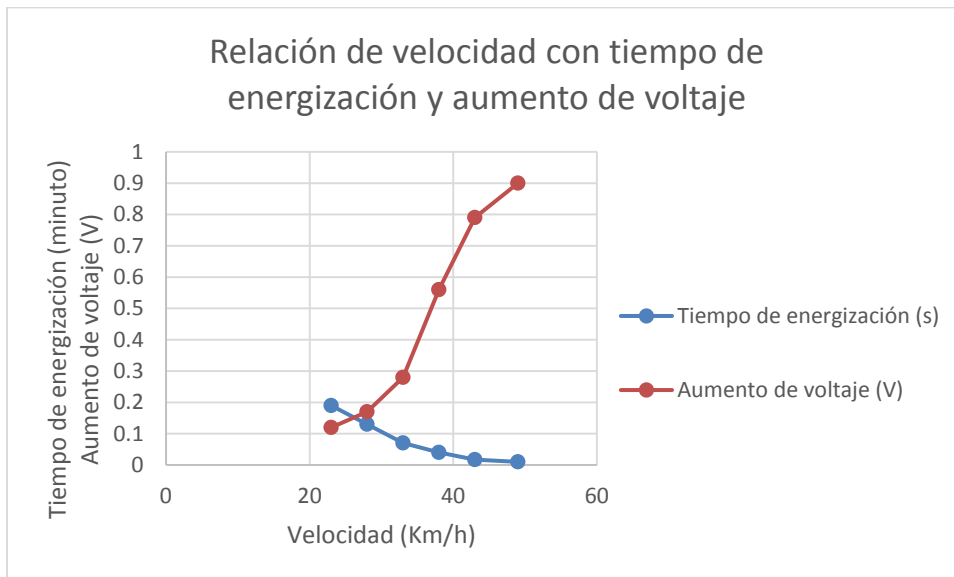
Aplicando la ecuación (1) podemos obtener la velocidad a la que viaja la bicicleta, conociendo la potencia de entrada, como se muestra en la grafica 3.



Grafica 3. Relación de la potencia de entrada con velocidad de la bicicleta

Como se observa en la gráfica los resultados teóricos tienen una diferencia del 8 % con respecto a los resultados experimentales esto se debe a la fricción que existe entre los componentes que forman el sistema de transmisión así como a los errores de medición, también se observa que a mayor potencia de entrada mayor velocidad por lo tanto mayor RPM del pedal haciendo que el generador produzca mayor energía y se cargue en menos tiempo la batería. El tiempo requerido para que la batería se carga completamente esta entre 40 – 50 minutos, cuando está completamente descargada, claro esto depende de la velocidad que alcanza la patea del alternador.

Para energizar el alternador se necesita mínimo una velocidad de 23 Km/h, para velocidades menores no se genera energía y por lo tanto no se carga la batería. Se realizaron pruebas para observar que tiempo se tarda el estudiante en energizar el alternador y como varia el voltaje cuando se conectan dos computadoras de escritorio al inversor. Esto se muestra en la figura 4.



Grafica 4. Relación de la velocidad de la bicicleta con la energización del alternador y la descarga de la batería.

Para estos datos la batería estaba cargada a 13 V, y cuando se conectaron las dos computadoras de escritorio al inversor el voltaje se reducía 0.01 volts cada 15 segundos. De la gráfica se observa que a mayor velocidad menor tiempo de energización, para velocidades mayores de 40 km/h la energización del alternador es casi instantánea.

En la siguiente figura se muestran los estudiantes realizando las actividades para obtener los resultados anteriores.



Figura 5. Estudiantes probando el sistema de electro-ciclismo.



### **3. Conclusiones**

En este trabajo de electro-ciclismo obtuvimos energía eléctrica a partir de energía mecánica, desarrollamos este sencillo sistema pero que tiene bases científicas, logrando la obtención de energía eléctrica para alimentar un centro de cómputo de la Universidad Politécnica de Amozoc, los estudiantes se divierten realizando ejercicio y a la vez crean energía. Observamos como los componentes del sistema, alternador e inversor influyen para tener la energía suficiente para el funcionamiento del equipo de cómputo. Cuando el sistema tiene elementos que están consumiendo carga el pedal se pone más tenso y el estudiante realiza mayor esfuerzo físico y el voltaje de la batería se reduce un porcentaje. También notamos que los estudiantes de terapia física no tienen la resistencia física suficiente para energizar el alternador para cargar a la batería, y el hecho de que se tenga un estudiante de mayor peso no asegura que tenga mayor fuerza para energizar al alternador. Con este proyecto ayudamos a que todo el personal de la Universidad Politécnica de Amozoc se integrara a una rutina de ejercicio para cuidar su salud. Este proyecto es base para la realización de otros proyectos con otras carreras de la Universidad.

### **4. Agradecimientos**

Agradezco los apoyos financieros que me brindo la Universidad Politécnica de Amozoc para la realización de este proyecto.

### **6. Referencias**

- [1] Wilson, S. S., Bicycle Technology, Scientific American Vol. 228, No. 3,
- [2] Whitt, F. R., and Wilson, D. G., Bicycling Science, 2<sup>nd</sup>. Edition, The MIT Press 1982.
- [3] Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston, Jr, Phillip J. Cornwell, Mecánica Vectorial para Ingenieros, Dinámica, Novena edición. Editorial Mc Graw Hill.
- [4] Luis Vargas D, Conversión electromecánica de la energía, Apuntes El42C, Julio 2003.

**XIII Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana del Hidrógeno  
Aguascalientes, México, 2013**

[5] R. C. Hibbeler, Ingeniería Mecánica Dinámica, decimosegunda edición, Editorial Pearson, 2010.