

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO MECÁNICO

**Tema:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PARA TRANSFORMAR
ENERGÍA MECÁNICA DE UNA MÁQUINA ELÍPTICA DE EJERCICIOS EN
ENERGÍA ELÉCTRICA PARA CARGAR DISPOSITIVOS DE BAJO
VOLTAJE**

**AUTORES:
ANDRÉS EDUARDO ORDOÑEZ PLACENCIA
JESUS ALBERTO PAIDA TENEMAZA**

**DIRECTOR:
FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA**

Quito, abril de 2015

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de ingeniero mecánico ha sido desarrollado en su totalidad por los señores: Andrés Eduardo Ordoñez Placencia y Jesús Alberto Paida Tenemaza.

Los conceptos desarrollados, análisis, cálculos realizados, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores

Ing. Fabio Obando
DIRECTOR DE TESIS

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Andrés Eduardo Ordoñez Placencia y Jesús Alberto Paidá Tenemaza, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Andrés Eduardo Ordoñez Placencia
C.I. 1715428619

Jesús Alberto Paidá Tenemaza
C.I. 1723606032

DEDICATORIA

Primeramente a Dios ya que todo lo que soy, todo lo que tengo y llegaré a ser es solo por su gracia y amor.

A mi madre que ha sido mi ejemplo de vida, de lucha y de amor incondicional en todo momento, y por inculcarme valores bien cimentados para afrontar cada circunstancia.

A mi hermano José que me ha ayudado a lo largo de mi carrera tanto en lo económico como en lo personal y de igual manera a mis hermanas, cuñados y sobrinos Talina y Elizabeth, Edison y Sebastián, Blanqui, Juanse, Paulis, Paz, Salo, Bianquis y los que están por llegar, que me han mostrado apoyo y consejos en los momentos oportunos.

A mi novia que con su comprensión, con su amor y su honra han sabido enseñarme a luchar por mis ideales y objetivos.

A mis coberturas ministeriales y amigos por todas las enseñanzas, amistad sincera y apoyo en cada aspecto de mi vida.

Andrés Eduardo

DEDICATORIA

A mis padres por hacer de mí una persona perseverante y de buenos valores. Agradezco su esfuerzo y sacrificio a lo largo de toda mi carrera.

A mis hermanos Carlos, Cristian y Josué por compartir momento y experiencias gratas, su apoyo y consejos incondicionales fueron de mucha ayuda

A mis amigos por las experiencias vividas, su aprecio y honestidad

Jesús Alberto

AGRADECIMIENTO

A cada uno de los profesores, que a lo largo de estos años nos han sabido transmitir sus conocimientos, experiencias y criterios para desenvolvemos en la vida profesional.

A nuestro tutor de tesis, Ingeniero Fabio Obando por la ayuda oportuna en las diferentes actividades e inquietudes que nos fueron aclaradas a lo largo del desarrollo.

Al director de carrera, Ingeniero William Díaz por velar por el bienestar de la carrera y de los estudiantes

Andrés Eduardo y Jesús Alberto

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	2
MARCO TEÓRICO	2
1.1 Capacidad energética del ser humano.	2
1.2 Energía de propulsión humana.	4
1.3 Generación de electricidad producida por sistemas de pedaleo.	5
1.4 Bicicleta elíptica.	6
1.5 Sistema de transmisión piñón-cadena.	9
1.5.1 Relación de transmisión.	12
1.5.2 Longitud de la cadena.	12
1.6 Generadores eléctricos.	13
1.6.1 Generadores DC (corriente directa).	13
1.6.2 Generadores AC (corriente alterna).	14
1.7 Baterías eléctricas.	15
1.7.1 Celdas electroquímicas.	16
1.7.2 Clasificación de las baterías.	16
1.7.3 Parámetros de una batería.	18
1.7.4 Tipos de baterías.	20
CAPITULO 2	23
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	23
2.1 Máquina ecobike con banda trasmisora.	23
2.1.1 Elementos principales.	23
2.1.2 Funcionamiento.	24
2.1.3 Ventajas.	24
2.1.4 Desventajas.	25
2.2 Máquina ecobike con transmisión de movimiento a través de 3 piñones y una cadena (alternativa 2).	25
2.2.1 Elementos Principales.	25
2.2.2 Funcionamiento.	26
2.2.3 Ventajas.	26
2.2.4 Desventajas.	26
2.3 Máquina ecobike con cadena transmisora (alternativa 3).	27

2.3.1 Elementos principales.	27
2.3.2 Funcionamiento.	28
2.3.3 Ventajas.	28
2.3.4 Desventajas.	28
2.4 Análisis de selección de alternativas.	29
2.4.1 Factores de comparación.	29
2.4.2 Valoración de pautas.	29
2.4.3 Conclusión.	31
CAPÍTULO 3	32
DISEÑO MECÁNICO Y ELÉCTRICO	32
3.1 Número de revoluciones generadas y peso promedio.	32
3.2 Cálculo de la potencia generada.	35
3.3 Cálculo de relación de transmisión del sistema de la máquina elíptica.	36
3.4 Cálculo de número de dientes del piñón conductor (4) para el diseño del sistema de generación.	37
3.5 Longitud de la cadena.	39
3.6 Elementos del circuito.	40
3.6.1 Puente de diodos (rectificador de onda completa).	40
3.6.2 Regulador convertidor DC a DC.	41
3.7 Cargador de baterías de LI-ION.	42
3.7.1 Circuito diferencial o amplificador diferencial.	43
3.7.2 Cristal 11.0592 (cristal de cuarzo).	44
3.7.3 Microcontrolador AVR.	44
3.7.4 Batería Li-ION.	46
3.8 Circuito general.	47
CAPÍTULO 4	49
COSTOS	49
4.1 Generalidades.	49
4.1.1 Costos directos.	49
4.1.2 Costos indirectos.	51
4.2 Costo total.	52
CAPÍTULO 5	53
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO: MEDICIONES Y ANÁLISIS ENERGÉTICO	53

5.1 Mediciones.	53
5.1.1 Voltaje generado.	53
5.1.2 Corriente de entrada al circuito.	54
5.1.3 Corriente de carga a dispositivo.	55
5.2 Análisis energético.	55
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
LISTA DE REFERENCIAS	59
ANEXOS	62
A. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.	62
B. FOTOGRAFÍAS.	66
C. PLANOS	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Calorías en los alimentos	2
Figura 2 Metabolismo basal	3
Figura 3 Molino de frutos secos	4
Figura 4 Acople de un generador eléctrico al sistema rotacional de una bicicleta estática	5
Figura 5 Sistema de generación distribuida en base a bicicletas estáticas conectado a la red	6
Figura 6 Bicicleta elíptica	6
Figura 7 Músculos que se ejercitan con la máquina elíptica	7
Figura 8 Partes de una bicicleta elíptica	8
Figura 9 Sistema de transmisión piñón cadena	10
Figura 10 Partes de una cadena de rodillos	10
Figura 11 Acoplamiento de una cadena y una Catalina	11
Figura 12 Partes constitutivas de las máquinas eléctricas rotativas	14
Figura 13 Alternador monofásico de polos salientes	15
Figura 14 Esquema de una batería eléctrica	16
Figura 15 Diversos tipos de celdas primarias	17
Figura 16 Batería de ácido-plomo	17
Figura 17 Alternativa 1	23
Figura 18 Esquema de transmisión de movimiento	24
Figura 19 Esquema alternativa 2	25
Figura 20 Esquema transmisión de movimiento	26
Figura 21 Alternativa 3	27
Figura 22 Esquema transmisión de movimiento	28
Figura 23 Partes del sistema de transmisión de movimiento	32
Figura 24 Media y desviación estándar del número de revoluciones	34
Figura 25 Media y desviación estándar del peso	35
Figura 26 Esquema de fuerza en el pedal	35
Figura 27 Puente de diodos (rectificador de onda completa)	40
Figura 28 Regulador convertidor DC - DC	41
Figura 29 Circuito cargador de baterías LI-ION	42
Figura 30 Circuito diferencial	43

Figura 31 Cristal 11.0592	44
Figura 32 Microcontrolador AVR	44
Figura 33 Partes del microcontrolador	45
Figura 34 Parámetros de Batería Li-ION	47
Figura 35 Circuito general	48
Figura 36 Voltaje-Tiempo	53
Figura 37 Corriente de entrada-Tiempo	54
Figura 38 Corriente de carga-Tiempo	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de acumuladores	22
Tabla 2 Tabulación de valoraciones	31
Tabla 3 Datos muestrales	33
Tabla 4 Número de dientes de piñones	37
Tabla 5 Datos de piñones	39
Tabla 6 Diagrama de clavijas	45
Tabla 7 Diagrama de clavijas	46
Tabla 8 Costos de materia prima	50
Tabla 9 Costos de mano de obra directa	50
Tabla 10 Costo de montaje	51
Tabla 11 Costos de materiales indirectos	51
Tabla 12 Costo total	52
Tabla 13 Energía producida	56

RESUMEN

El siguiente proyecto contiene un análisis detallado de la generación eléctrica a través del pedaleo en una bicicleta elíptica, incluyendo toda la metodología investigativa y estadística usada para medir tendencias de rutinas de ejercicios que las personas realizan, independientemente de su estado físico, y así con la relación de transmisión piñón-cadena llegar a las revoluciones necesarias para hacer trabajar y funcionar un generador, del cual se obtienen los recursos necesarios para crear un sistema de carga óptimo, inteligente y eficaz, apto para dispositivos móviles de bajo voltaje, haciendo que estos lleguen a su nivel máximo de batería en el menor tiempo posible, adicionalmente, dicha energía almacenarla en un banco de baterías para aprovecharla en los momentos que no se realicen ejercicios.

Con la ayuda de programación y el software Labview, se obtuvieron gráficas de lo que ocurre a tiempo real en el circuito, recibiendo datos con una interfaz de comunicación vía USB, que ayudará a comprender de mejor manera el principio de funcionamiento de cada uno de los elementos usados en el sistema.

ABSTRACT

The project below contains a detailed analysis about electricity generation through pedaling of an elliptical bicycle, including all research and statistical methodology used to measure trends workouts that people perform, regardless of their physical condition, and so with the gear-chain transmission ratio, it will reach the necessary speed to make a generator work on and get it started, with that, it will obtain the necessary resources to create an intelligent and efficient loading optimized system, suitable for low voltage mobile devices, which will make it to reach their maximum battery level in the shortest time as possible, additionally, the generated energy will be able to be stored in a battery bank, to be exploited when the machine is stopped and nobody is working on it.

With the assistance of programming and Labview software, it will obtain real time diagrams about what was happening on the circuit, and also received data from an interface communication via USB, which will help a better understanding about the operation principle of each element used in the system.

INTRODUCCIÓN

Debido a la demanda energética y las diferentes formas de transformación para conseguirla, se buscará una alternativa libre de contaminación, además que aporte al mejoramiento del estado físico de las personas, lo que conlleva una vida saludable.

En la actualidad está en auge la conservación ambiental y es por eso que a todo nivel se busca crear nuevas formas que aporten a la disminución de este impacto degenerativo que es fundamental para la vida, así que produciendo energía eléctrica limpia cumplirá con este propósito. Es ahí donde este proyecto entra en funcionamiento, ya que con una máquina que ayude a generar electricidad aprovechable, se puede aportar en forma significativa a la no destrucción de ninguna fuente de energía, sino más bien persuadir la actividad física de las personas, y así evitar el uso de otros recursos lo que lleva a un ahorro económico.

El proyecto que se presenta tiene como base una máquina elíptica de ejercicios, de la cual se obtendrá las revoluciones necesarias para la generación de electricidad. Se inicia con estudios y estrategias de investigación para obtener la información necesaria y cumplir con los resultados a los cuales se pretende llegar, bajo condiciones específicas de la máquina y de las personas que realizan ejercicios, es decir número de vueltas de la rueda principal, tiempo de uso de la misma, y posterior a esto proceder a diseñar el sistema de generación que se adaptará a la máquina base.

Una vez culminado el proyecto se espera que todo el sistema completo pueda cargar dispositivos como smart-phones, tablets, reproductores de música, entre otros, de aproximadamente cinco voltios y dos amperios en un tiempo estimado de una hora dependiendo del rendimiento final y parámetros obtenidos en los resultados.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

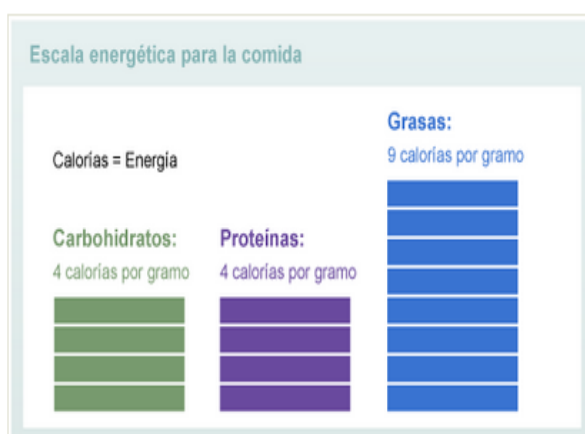
1.1 Capacidad energética del ser humano.

La energía producida por el ser humano para realizar diferentes actividades como: saltar, correr, estudiar, entre otros, es generada gracias a los aportes energéticos que los alimentos proporcionan diariamente.

Los alimentos son la principal fuente energética para producir movimiento en los músculos, y aportan para el buen desarrollo metabólico y son indispensables para la vida.

La producción de energía en el hombre es consecuencia de la combustión de los alimentos con el oxígeno. Existen tres tipos básicos de alimentos: los carbohidratos, las grasas y las proteínas, donde los carbohidratos y las grasas son los que más valor energético proporcionan al organismo. (Merino, 2012, p. 149)

Figura 1 Calorías en los alimentos



Fuente: UCSF, s.f

Para expresar el poder energético que proporcionan los alimentos se utiliza las calorías, que equivale a la cantidad de calor que es necesario para aumentar en un

grado la temperatura de un gramo de agua. Esta unidad es muy pequeña por lo que la aportación energética de los alimentos se mide en kilocalorías.

“La cantidad de energía que se gasta es variable y resulta de la suma de diferentes necesidades calóricas obligatorias llamada metabolismo basal y otras que dependen del estilo de vida y de la actividad física que se desarrolla”. (Sabormediterráneo, 2003).

El metabolismo basal es la cantidad de energía que necesita una persona para realizar sus funciones vitales involuntarias como: mantener una temperatura corporal constante, respirar, latidos del corazón y demás funciones vitales que realiza el cuerpo humano.

Existen tres tipos de metabolismo basal: metabolismo basal normal que corresponde a la mayoría de personas, metabolismo basal lento cuando el gasto energético en estado de reposo es menor al normal y metabolismo basal rápido cuando el gasto energético en estado de reposo es mayor a lo normal. Según (Nutrición, 2012).

Figura 2 Metabolismo basal



Fuente: Botanical, s.f

El ser humano con una alimentación adecuada puede alcanzar una potencia de 150 vatios sobre una máquina que aproveche esta energía, como ejemplo las bicicletas. En una bicicleta los niveles de potencia que se pueden generar pedaleando

dependerán de la fortaleza muscular y del tiempo. “Un ciclista de competición en un sprint puede generar hasta 400 vatios en breves espacios de tiempo”. (Terra, 2010).

La potencia real que se genera a través del pedaleo en una máquina, dependerá de la relación entre la velocidad de rotación en revoluciones por minuto y el rendimiento en la transmisión, y este último del diseño de la máquina para aprovechar dicha cinética.

1.2 Energía de propulsión humana.

A principios de los años 1970 la falta de electricidad y los costos altos que implicaba la misma a través del petróleo y sus derivados, hizo que muchas personas y científicos empiecen la búsqueda de nuevos sistemas inteligentes para producir electricidad. Las energías renovables fueron las primeras en ser descubiertas y aprovechadas, pero también la energía de propulsión humana recibió una gran atención.

La creación de artefactos de estructura sencilla que desempeñan tareas que normalmente requieren de electricidad para llevarse a cabo, han provocado que máquinas industriales sean reducidas a bici – máquinas con las que basta pedalear para producir la energía que impulse el mecanismo (Careaga, 2012).

Figura 3 Molino de frutos secos



Fuente: Careaga, 2012

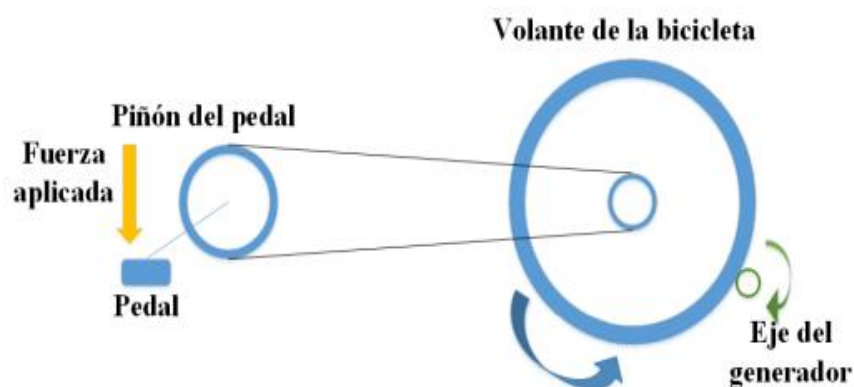
En la actualidad existen bici – máquinas que reemplazan trabajos mecánicos como: moler grano, descascarillar frutos secos, transportar agua, licuar frutas, batidoras, entre otros.

1.3 Generación de electricidad producida por sistemas de pedaleo.

La generación eléctrica de propulsión humana ha sido de mucha importancia en los últimos años, sobre todo porque es una energía limpia y muy rentable. En la actualidad los nuevos imanes cerámicos, los diseños con generadores y estabilizadores permiten producir electricidad con una eficiencia muy alta y a bajo costo.

“Los sistemas de generación eléctrica con pedaleo parten habitualmente de un principio básico que es producir la electricidad con un generador de corriente continua para que sea almacenada en una batería y después esta sea aprovechada” (Terra, 2010).

Figura 4 Acople de un generador eléctrico al sistema rotacional de una bicicleta estática

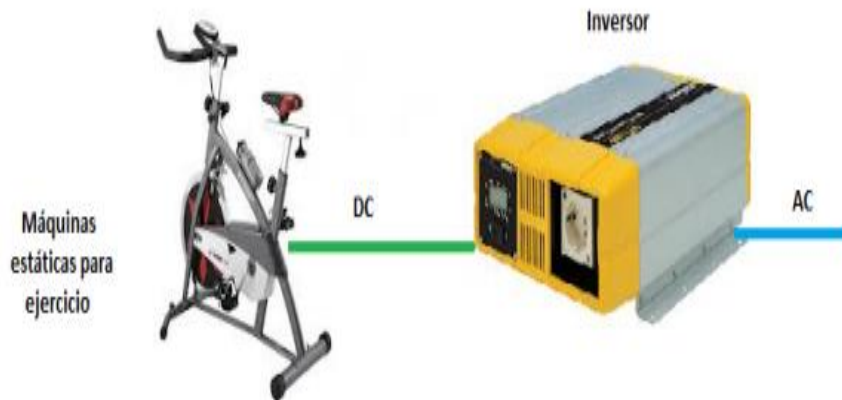


Fuente: Carreón & Ortiz, 2013, pág. 45

La corriente generada por sistemas mecánicos de pedaleo, se la puede aprovechar de diferentes maneras. Al utilizar un generador eléctrico DC (corriente directa) o dínamo se obtiene energía de bajo voltaje e intensidad, que para usarla es necesario estabilizarla y así poder cargar dispositivos pequeños como smartpone,

tablet, mp3, entre otros, y con la ayuda de un inversor se puede obtener corriente alterna para alimentar pequeños electrodomésticos, o también conectarla directamente en la red de distribución eléctrica principal.

Figura 5 Sistema de generación distribuida en base a bicicletas estáticas conectado a la red



Fuente: Carreón & Ortiz, 2013, pág. 46

1.4 Bicicleta elíptica.

Figura 6 Bicicleta elíptica



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

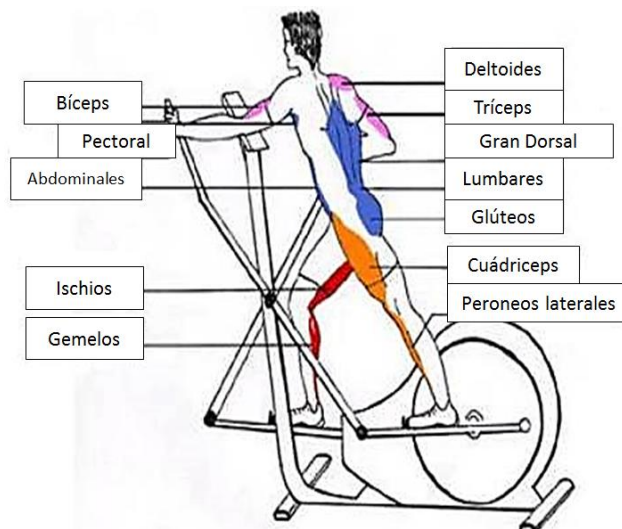
Una máquina elíptica es un instrumento para hacer ejercicios sin necesidad de trasladarse de un lugar a otro. Esta simula los movimientos de caminar, correr o escalar, lo que conlleva una disminución de posibles impactos o lesiones por accidentes. Esta máquina disminuye los daños que puedan sufrir las articulaciones, además de una secuencia de ejercicios sin problemas cardiovasculares.

La bicicleta elíptica entró en el mercado en la década de 1990. Miller creó la idea de la máquina por el rodaje de su hija corriendo junto a un coche, mientras se observa el movimiento de sus piernas. Su idea era tomar ese movimiento exacto y lo puso en una máquina que pone menos presión en las articulaciones. (100×100 fitness , 2010)

Este tipo de máquinas trabaja en dos zonas marcadas del cuerpo: la primera en la parte superior específicamente en los brazos proporcionando entrenamiento cardiovascular; y la otra en la parte inferior en músculos de las piernas y aún con alcance al abdomen bajo. Es importante aclarar que este tipo de máquinas no construye músculos sino por el contrario ayuda a tener un buen desempeño en el ritmo cardíaco y quemar toxinas propias de la mala alimentación y la vida sedentaria que puedan llevar las personas.

En la siguiente gráfica se muestran los músculos que se ejercitan en una máquina elíptica.

Figura 7 Músculos que se ejercitan con la máquina elíptica



Fuente: Punto Fape, s.f

“La máquina elíptica tiene un desplazamiento suave y agradable, permitiendo trabajar hasta el 80% de los músculos, según se seleccione uno u otro programa de entrenamiento”. (Punto Fape, s.f)

Además del movimiento de desplazamiento hacia delante, se puede optar por el movimiento hacia atrás para aumentar el esfuerzo en los glúteos y espalda baja; o sesiones donde se combinan estos movimientos con esfuerzos de empuje o tracción con los brazos, para trabajar los grupos musculares de brazos, pecho, hombros y espalda. En conclusión, hacer ejercicios cardiovasculares con la bicicleta elíptica ayuda a alcanzar rápidamente los objetivos de puesta en forma, pérdida de peso o para mejorar la capacidad cardiovascular y respiratoria. (Punto Fape, s.f)

Dice Evan Johnson, un entrenador personal certificado en Storrs que "La elíptica es una potencia entre los equipos de cardio, ya que te permite utilizar una gran cantidad de músculo". Con esta máquina se puede aumentar resistencia y fuerza de los cuádriceps, isquiotibiales, glúteos y pantorrillas, pero también trabaja los brazos, el pecho y la espalda cuando te esfuerzas por utilizar las asas. Mientras más músculos trabajes, más calorías quemarás.

Dentro de este tipo de máquinas se puede encontrar tres tipos que dependen netamente de la ubicación o tipo de motor, siendo la que tiene más antigüedad la de tracción trasera.

Figura 8 Partes de una bicicleta elíptica



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paida

Como dice en 100x100fitness.com la bicicleta elíptica es principalmente impulsada por las piernas, y la mayoría son diseños de combinación con mango-palancas adjunta a cada pedal de enlace con el fin de permitir una carga para los

brazos para proporcionar una fuente secundaria de energía de conducción. El usuario agarra el mango debajo de la altura del hombro y lo empuja/tira de ellos, mientras que arrastra los pies hacia atrás y adelante en su camino de forma elíptica. Una bicicleta elíptica mal diseñada es demasiado dependiente de potencia de las piernas del usuario y la producción excesiva de manejar velocidades como resultado de las relaciones mecánicas que no proporcionan la suficiente ventaja para el mango-palanca. Por lo tanto con este tipo de bicicletas elípticas el usuario siente como si sus brazos están simplemente de paseo, en lugar de compartir el trabajo. Los mejores modelos de bicicletas elípticas ofrecen una combinación armoniosa de brazo y pierna en ejercicio de las proporciones correctas.

Los principios de funcionamiento y modelos varían de un equipo a otro, pero generalmente se mantiene la forma de usar los mismos, adoptando la posición típica de pie sin afectar la columna vertebral (espalda recta) y alineando las rodillas, tobillos y las caderas lo que asegura que el peso del individuo se centra en los talones y puntas de los pies, y de esta manera conseguir agarrar los manubrios sin ningún problema simulando el movimiento de caminata hacia adelante o atrás con un movimiento que se mantiene constante y continuo.

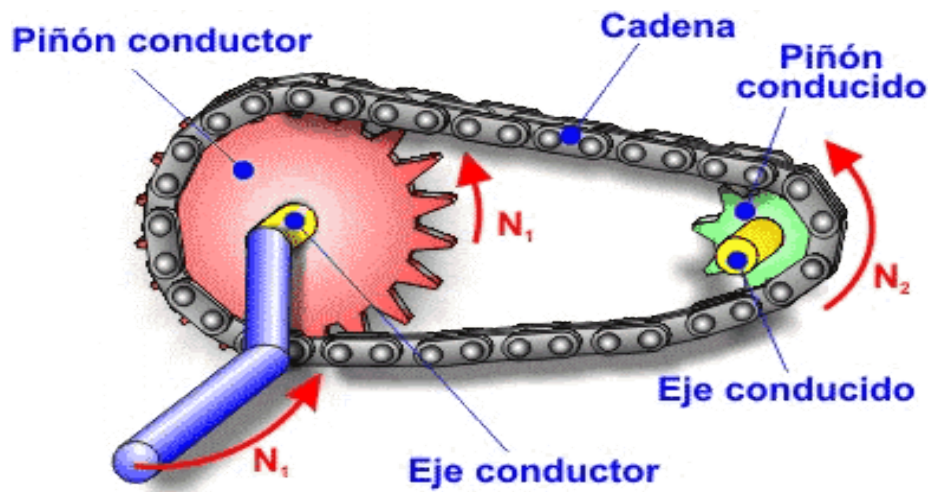
1.5 Sistema de transmisión piñón-cadena.

El mecanismo piñón-cadena permite transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes que están a una distancia determinada.

“Las características básicas del mecanismo de cadena son: incluyen una relación constante puesto que no se involucra el deslizamiento ni el arrastre, vida larga y capacidad de impulsar varios ejes a partir de una sola fuente de potencia” (Nisbett, 2012).

Este mecanismo está compuesto de tres elementos, dos piñones en cada eje y una cadena cerrada (figura 9). Los dientes de los piñones engranan de manera muy precisa en los eslabones de la cadena evitando el arrastre.

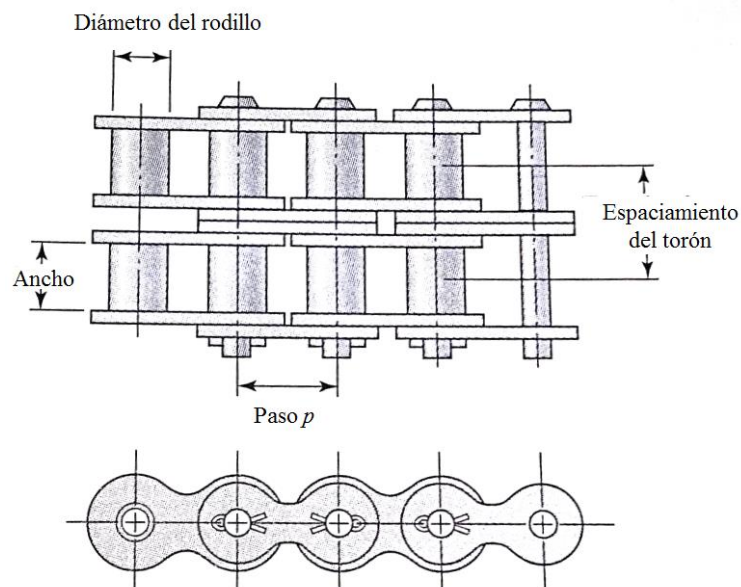
Figura 9 Sistema de transmisión piñón cadena



Fuente: MecanEso, 2005

La norma ANSI (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares) estandarizó las cadenas de rodillos con respecto a sus tamaños. En la figura 10 se muestra su nomenclatura.

Figura 10 Partes de una cadena de rodillos

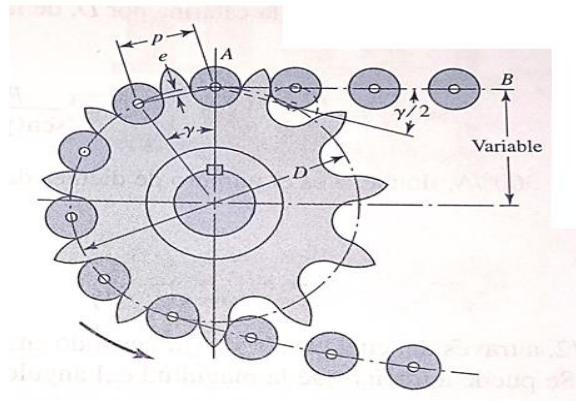


Fuente: Nisbett, 2012

En donde el paso es la distancia entre los centros de los rodillos. El ancho es el espacio entre las placas de eslabón interiores.

En la figura 11 se muestra una catalina que impulsa una cadena y que gira en sentido horario.

Figura 11 Acoplamiento de una cadena y una Catalina



Fuente: Nisbett, 2012

A partir de la figura 11 y de la trigonometría se tiene que:

$$\text{sen} \frac{\gamma}{2} = \frac{p/2}{D/2} \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde:

p = paso de la cadena [Plg]

γ = ángulo de paso

D = diametro de paso de la cadena [Plg]

Despejando D :

$$D = \frac{p}{\text{sen} \frac{\gamma}{2}}$$

Debido a que $\gamma = 360^\circ/N$, es el número de dientes de la catalina, la ecuación 1 se escribe:

$$D = \frac{p}{\text{sen}(180^\circ/N)} \quad (\text{Ec. 2})$$

Dónde:

p = paso de la cadena [Plg]

N = Número de dientes

1.5.1 Relación de transmisión.

La relación de transmisión es igual que en los sistemas por polea, siendo ahora los diámetros de las ruedas unas circunferencias imaginarias que pasan por el centro de los eslabones de la cadena (figura 11). Así en lugar de aplicar la fórmula respecto al diámetro, se hace respecto al número de dientes.

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_2}{n_1} = i \quad (\text{Ec. 3})$$

Dónde:

i = relación de transmisión

Z_1 = número de dientes del piñón conductor

Z_2 = número de dientes del piñón conducido

n_1 = número de revoluciones del piñón conductor

n_2 = número de revoluciones del piñón conducido

1.5.2 Longitud de la cadena.

La longitud aproximada de la cadena se determina por medio de:

$$L = \left[\frac{2C}{p} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{4\pi^2 C} p \right] p \quad (\text{Ec. 4})$$

Dónde:

L = longitud de la cadena [mm]

C = distancia entre centros [mm]

p = paso de la cadena [mm]

Z_1 = número de dientes del piñón pequeño

Z_2 = número de dientes del piñón grande

1.6 Generadores eléctricos.

Un generador eléctrico es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica.

Lo consigue gracias a la interacción de 2 elementos principales que lo componen: la parte móvil llamada rotor y la parte estática que se denomina estator. Cuando un generador eléctrico está en funcionamiento, una de las dos partes genera un flujo magnético (actúa como inductor) para que el otro lo transforme en electricidad. (Endesa educa, 2012)

Los generadores eléctricos se clasifican por el tipo de corriente que producen, y estos son de dos tipos: los que producen electricidad en corriente alterna llamados alternadores y los que producen en corriente directa llamados dínamos.

1.6.1 Generadores DC (corriente directa).

Un generador de corriente continua o dínamo es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica en corriente continua.

1.6.1.1 Partes de un generador DC (corriente directa).

Estator: es la parte fija y en él se encuentra el sistema inductor destinado a producir el campo magnético. Está formado por: polos inductores diseñados para repartir uniformemente el campo magnético. El devanado inductor que son bobinas de excitación de los polos principales colocados alrededor del núcleo, están fabricados de cobre o aluminio y recubiertos por un barniz aislante.

Culata: que cierra el circuito y sujeta los polos, está fabricado de materiales ferro-magnéticos.

Rotor: es la parte móvil que gira dentro del estator y crea la fuerza electromotriz, está formado por: núcleo del inducido que es un cilindro para reducir

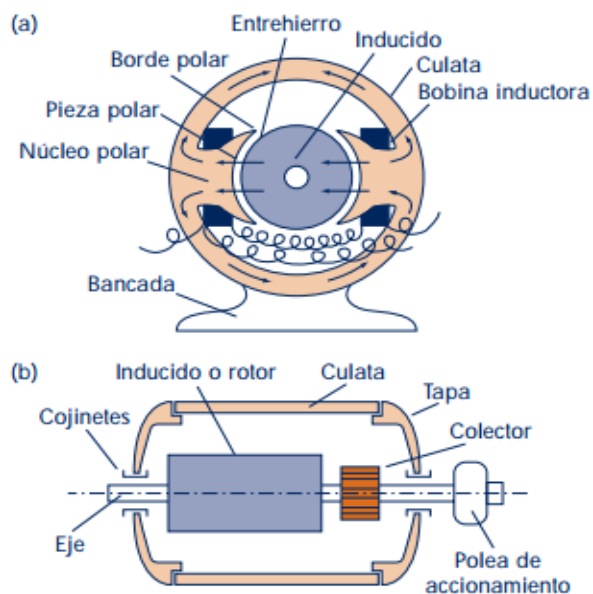
las pérdidas magnéticas, dispone de ranuras longitudinales donde se colocan las espiras del enrollamiento del inducido.

Devanado: inducido formado por espiras que se distribuyen uniformemente por las ranuras del núcleo, se conecta al circuito exterior por medio del colector y escobillas.

Colector: es un cilindro solidario al eje de la máquina formado por segmentos de cobre o láminas aisladas eléctricamente entre ellas. En cada lámina se conecta una bobina, y es el encargado de la conversión de corriente alterna a continua.

Escobillas: son piezas de carbón-grafito o metálicas que están en contacto con el colector. Hacen la conmutación de la corriente inducida y la transportan en forma de corriente continua hacia el exterior.

Figura 12 Partes constitutivas de las máquinas eléctricas rotativas



Fuente: Mcgraw-hill, s.f

1.6.2 Generadores AC (corriente alterna).

Los generadores de corriente alterna o también llamados alternadores son generadores cuyo fundamento es parecido al de los generadores de corriente continua, aunque existen algunas diferencias en su construcción.

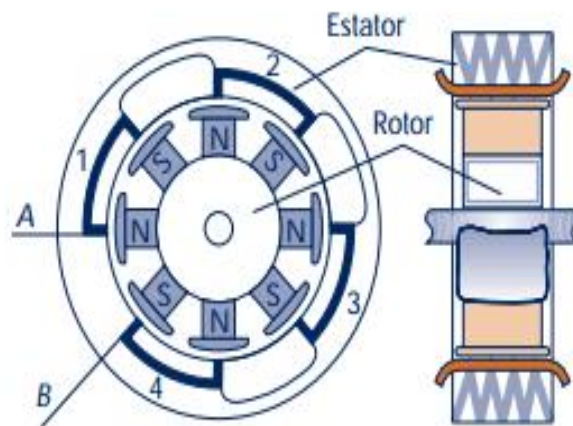
A diferencia de los generadores de corriente continua, el alternador no precisa de colector, por lo que no es necesario que el inducido sea el que gire.

1.6.2.1 Partes de un generador AC (corriente alterna).

Estator: parte fija exterior de la máquina, en su interior se encuentra el núcleo del inducido, con forma de corona y ranuras longitudinales donde se alojan los conductores del enrollamiento del inducido.

Rotor: Parte móvil que gira dentro del estator. El rotor contiene el sistema inductor y los anillos de rozamiento, mediante los cuales se alimenta el sistema inductor.

Figura 13 Alternador monofásico de polos salientes



Fuente: Mcgraw-hill, s.f

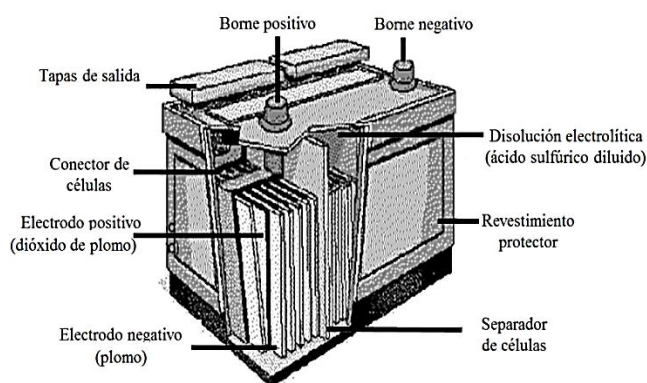
1.7 Baterías eléctricas.

Una batería eléctrica o acumulador eléctrico es una o más celdas electroquímicas que convierte energía química almacenada en electricidad. Cada celda consta de un electrodo positivo, o ánodo y un electrodo negativo, o cátodo y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos, facilitando que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo su función.

1.7.1 Celdas electroquímicas.

El principio de funcionamiento se basa en las reacciones y transformaciones químicas reversibles en las que uno de los componentes pierde electrones, es decir, se oxida y el otro gana electrones o se reduce, y así repitiéndose el ciclo, lo que conlleva a que todo el proceso vuelva a su estado original en condiciones normales sin que sus componentes sean consumidos ni se pierdan, sino únicamente cambiando su oxidación.

Figura 14 Esquema de una batería eléctrica



Fuente: Chavéz, s.f

Resulta que procesos de este tipo son bastante comunes en las relaciones entre los elementos químicos y la electricidad durante el proceso denominado electrólisis, y en los generadores voltaicos o pilas. Los investigadores del siglo XIX dedicaron numerosos esfuerzos a observar y a esclarecer este fenómeno, que recibió el nombre de polarización. Un acumulador es, así, un dispositivo en el que la polarización se lleva a sus límites alcanzables, y consta, en general, de dos electrodos, del mismo o de distinto material, sumergidos en un electrolito. (Balocchi, 1996, pág. 540).

1.7.2 Clasificación de las baterías.

Las baterías se clasifican en dos grandes grupos:

- Baterías de celdas primarias.
- Baterías de celdas secundarias.

1.7.2.1 Baterías de celdas primarias.

Son aquellas que transforman la energía química en energía eléctrica de manera irreversible, es decir, cuando se agota su carga inicial al pasar del tiempo, esta energía no puede ser restaurada por medios eléctricos. Un ejemplo claro de esta clasificación son las pilas comunes (figura 15) que se usa en numerosos dispositivos como linternas, radios, controles remotos, entre otros.

Figura 15 Diversos tipos de celdas primarias

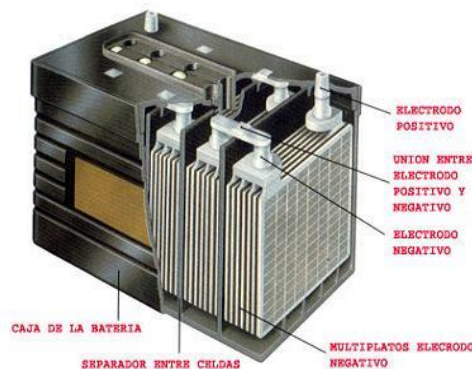


Fuente: working language , 2013

1.7.2.2 Baterías de celdas secundarias.

Son aquellas que pueden ser recargadas o en otras palabras pueden revertir sus reacciones químicas mediante el suministro de energía eléctrica a su celda y así en determinado tiempo volver a su composición original. Los casos más comunes son las baterías de ácido-plomo que se usan en los vehículos; baterías de iones de litio o también de hidruro metálico (Ni-HM) usadas en dispositivos electrónicos.

Figura 16 Batería de ácido-plomo



Fuente: Santiago, 2011

1.7.3 Parámetros de una batería.

1.7.3.1 Tensión.

El potencial de tensión medido en voltios determina si el acumulador cumple con los requerimientos para el que fue destinado. Matemáticamente se lo puede obtener de la siguiente manera:

$$V = \frac{dW(t)}{dq(t)} \quad (\text{Ec. 5})$$

Dónde:

V= voltaje [v]

W= trabajo [J]

q= carga [C]

t= tiempo [s]

De la ecuación 5 se puede concluir que para realizar un mayor trabajo es necesario un voltaje superior en un lapso de tiempo, disminuyendo la carga.

1.7.3.2 Corriente.

Se entiende por el flujo de carga eléctrica que recorre un material en un determinado tiempo. Es decir:

$$I = \frac{dq(t)}{dt} \quad (\text{Ec. 6})$$

Dónde:

I= Intensidad [A]

q= Carga [C]

t= Tiempo [s]

1.7.3.3 Capacidad de carga.

Es la capacidad que puede almacenar un acumulador y está expresado en amperios-hora (Ah).

1.7.3.4 Carga eléctrica.

Esta se mide por los tiempos de carga y descarga en Amperios

$$Q = I \cdot t \quad (\text{Ec. 7})$$

Dónde:

Q= Capacidad eléctrica [C]

I= Intensidad [A]

t= Tiempo [s]

1.7.3.5 Energía.

La energía en una batería dependerá de su voltaje y esta expresada en vatios

$$W = P \cdot t = i \cdot V \cdot t \quad (\text{Ec. 8})$$

Dónde:

W= Energía [J]

P= Potencia [Wh]

i= Intensidad [A]

V= Diferencia de potencial [v]

t= Tiempo [s]

1.7.3.6 Efecto memoria.

El efecto memoria es un efecto no deseado que afecta a las baterías y por el cual en cada recarga se limita el voltaje o la capacidad (a causa

de un tiempo largo, una alta temperatura, o una corriente elevada). La consecuencia es la reducción de la capacidad de almacenar energía debido a la creación de cristales en el interior de la batería. (Edison Storage Battery co., s.f, pág. 7)

1.7.4 Tipos de baterías.

En el mercado actual se puede encontrar numerosos tipos de acumuladores pero los más importantes se detallan a continuación:

1.7.4.1 Baterías de plomo-ácido.

Está constituida por dos electrodos de plomo, de manera que, cuando el aparato está descargado, se encuentra en forma de sulfato de plomo (PbSO_4) incrustado en una matriz de plomo metálico en el elemento metálico (Pb); el electrolito es una disolución de ácido sulfúrico. (Sealed Lead-Acid Batteries, 2009, pág. 3)

Entre sus ventajas se tiene que son de fácil fabricación y bajo costo pero presenta varias desventajas entre las que se encuentra que son altamente contaminantes, no admiten sobrecargas ni descargas profundas pues disminuye su vida útil; presenta una baja densidad de carga y un peso excesivo.

1.7.4.2 Baterías de níquel-hierro (Ni-Fe).

La batería de níquel-hierro es una batería recargable que tiene un cátodo de óxido de níquel-hidróxido y un ánodo de hierro, con un electrolito de hidróxido de potasio. Los materiales activos se mantienen en tubos de acero niquelado o bolsas perforadas. (E-centro, s,f)

Entre las ventajas se tienen que son de bajo costo, fácil fabricación, admite sobrecargas, no es contaminante, muy larga vida útil, elementos de fabricación

abundantes. Este tipo de acumuladores tienen una gran desventaja y es que posee una eficiencia de solo el 65%.

1.7.4.3 Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd).

Baterías recargables de uso doméstico e industrial. Utilizan un cátodo de hidróxido de níquel y un ánodo de un compuesto de cadmio. El electrolito es de hidróxido de potasio. Esta configuración de materiales permite recargar la batería una vez está agotada, para su reutilización. Sin embargo, su densidad de energía es de tan sólo 50 Wh/kg, lo que hace que tengan poca capacidad. Admiten sobrecargas, se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga, aunque no la almacena. (EcuRed, s,f)

Entre las ventajas se encuentran que soportan un gran rango de temperaturas de funcionamiento, admiten sobrecargas; mientras que las desventajas muestran que la densidad de energía es muy baja, y su efecto memoria es elevado.

1.7.4.4 Baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH).

Utilizan un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de una aleación de hidruro metálico. Estas baterías proporcionan un voltaje de 1.2 voltios y una capacidad desde 0.5 hasta 2.8 amperios. Estas baterías tienen la ventaja que se encuentran menos afectadas por el efecto memoria pero no admiten frío extremo, reduciendo así su potencia eficaz.

1.7.4.5 Baterías de iones de Litio (li-ion).

Las baterías de iones de litio (Li-ion) utilizan un ánodo de grafito y un cátodo de óxido de cobalto, trifilina (LiFePO_4) u óxido de manganeso. Su desarrollo es más reciente, y permite llegar a altas densidades de capacidad. No admiten descargas y sufren mucho cuando éstas suceden; por lo que suelen llevar acoplada circuitería adicional para conocer el estado de la batería, y evitar así tanto la

carga excesiva como la descarga completa. (Empredimientos Corporativos, 2014)

Las ventajas que este tipo de baterías presentan: casi nulo efecto de memoria y pueden ser cargadas sin necesidad que estas se encuentren con un dispositivo conectado, sin reducción de su vida útil. Las desventajas que presentan están en que no pueden soportar cambio de temperatura y sufren mucho cuando hay descargas totales.

1.7.4.6 Baterías de polímeros de Litio (LiPo).

Son una variación de las baterías de iones de litio (Li-ion). Sus características son muy similares, pero permiten una mayor densidad de energía, así como una tasa de descarga bastante superior. Estas baterías tienen un tamaño más reducido respecto a las de otros componentes. Cada celda tiene un voltaje nominal de 3,7 V, voltaje máximo 4,2 V y mínimo 3,0 V. Este último debe respetarse rigurosamente ya que la pila se daña irreparablemente a voltajes menores a 3 voltios. (Universal Power, s.f)

A continuación se presenta una figura con datos comparativos de baterías o acumuladores.

Tabla 1 Tipos de acumuladores

Tipo	Energía/ peso	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto-descarga por mes (% del total)
Plomo	30-40 Wh/kg	2 V	1000	8-16h	5 %
Ni-Fe	30-55 Wh/kg	1,2 V	+ de 10 000	4-8h	10 %
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25 V	500	10-14h *	30 %
Ni-Mh	60-120 Wh/kg	1,25 V	1000	2h-4h *	20 %
Li-ion	110-160 Wh/kg	3,16 V	4000	2h-4h	25 %
Li-Po	100-130 Wh/kg	3,7 V	5000	1h-1,5h	10 %

FUENTE: (Edison Storage Battery co., s.f)

CAPITULO 2

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

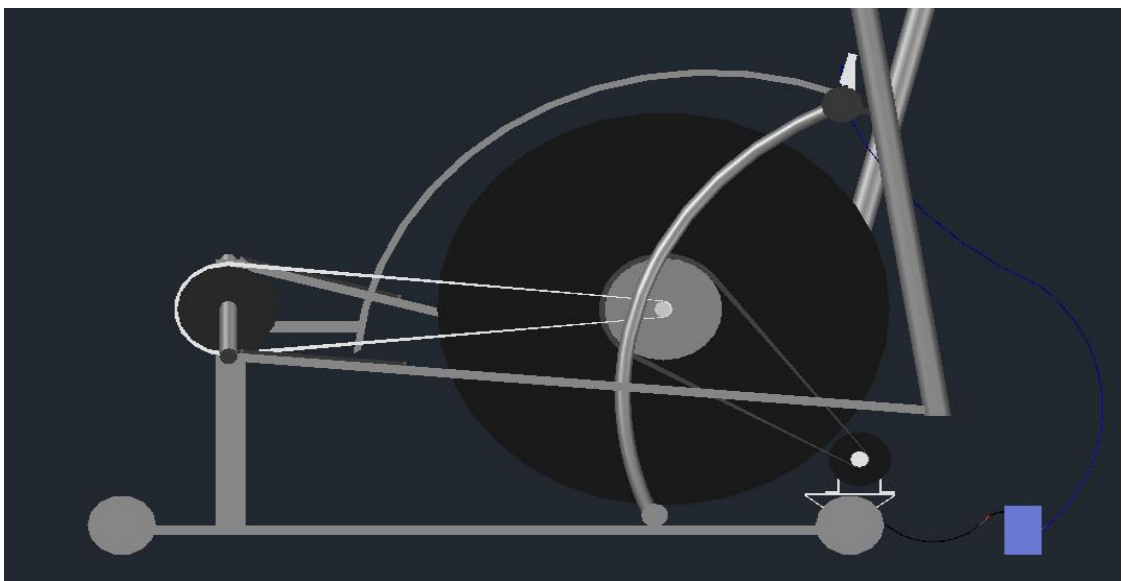
Para el diseño del sistema de generación de electricidad, se parte con tres alternativas de las cuales se realizará una breve descripción para escoger la más idónea y eficiente.

2.1 Máquina ecobike con banda trasmisora.

2.1.1 Elementos principales.

- Máquina elíptica.
- Generador DC.
- Banda transmisora.
- Circuito rectificador.
- Soporte para generador.
- Batería.

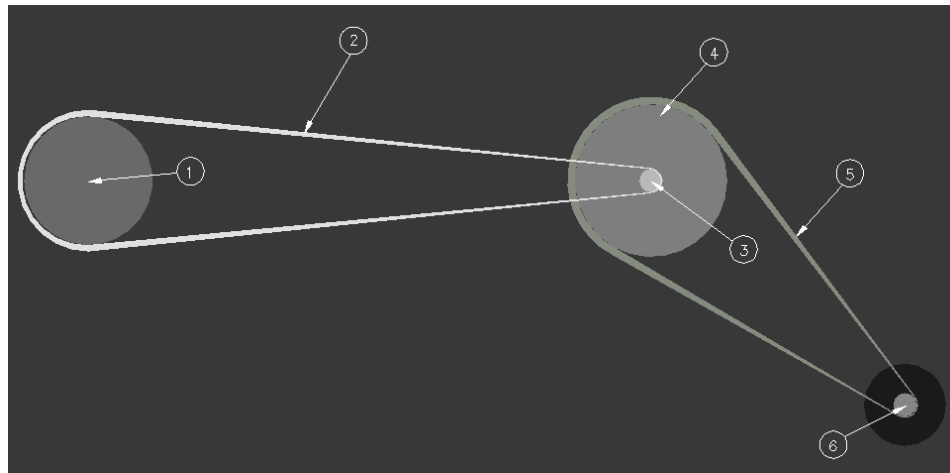
Figura 17 Alternativa 1



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

Sistema representativo de la transmisión de potencia y movimiento, de la alternativa 1

Figura 18 Esquema de transmisión de movimiento



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

2.1.2 Funcionamiento.

Al momento de pedalear en la máquina elíptica empieza a girar el piñón conductor (1), transmitiendo movimiento a través de una cadena (2), haciendo girar un piñón más pequeño (3) que cuenta con un número de revoluciones mayor debido a la relación de diámetros y dientes. Este piñón (3) a su vez se está unido con bujes a una polea (4) que se convertirá en conductor para transmitir el movimiento por medio de una banda (5) al eje del generador (6) y de esta manera a través de este giro empezará a generar energía que será rectificadora y almacenada en una batería para su uso en dispositivos de bajo voltaje.

2.1.3 Ventajas.

- Alto número de revoluciones.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil acople de polea conductora de generador.
- Fácil acceso de materiales en la industria.

2.1.4 Desventajas.

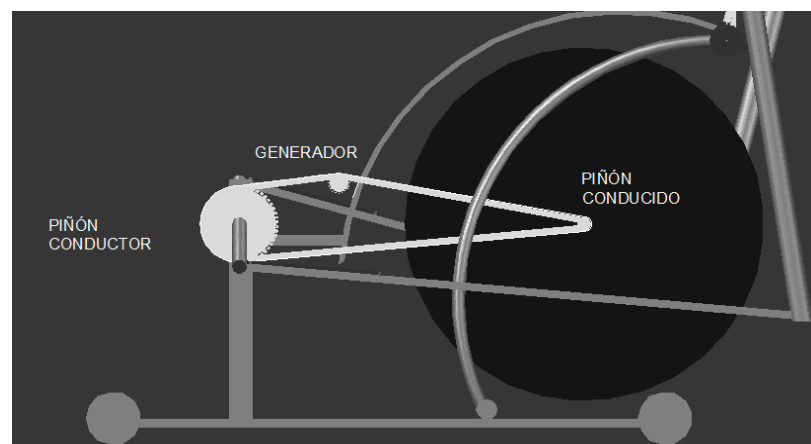
- Mayor número de cálculos para base de generador.
- Partes de mecanismo quedarían expuestas.
- Mayor costo en partes de transmisión al generador.
- El espacio ocupado por el sistema aumentaría ya que el generador está fuera de la máquina elíptica.

2.2 Máquina ecobike con transmisión de movimiento a través de 3 piñones y una cadena (alternativa 2).

2.2.1 Elementos Principales.

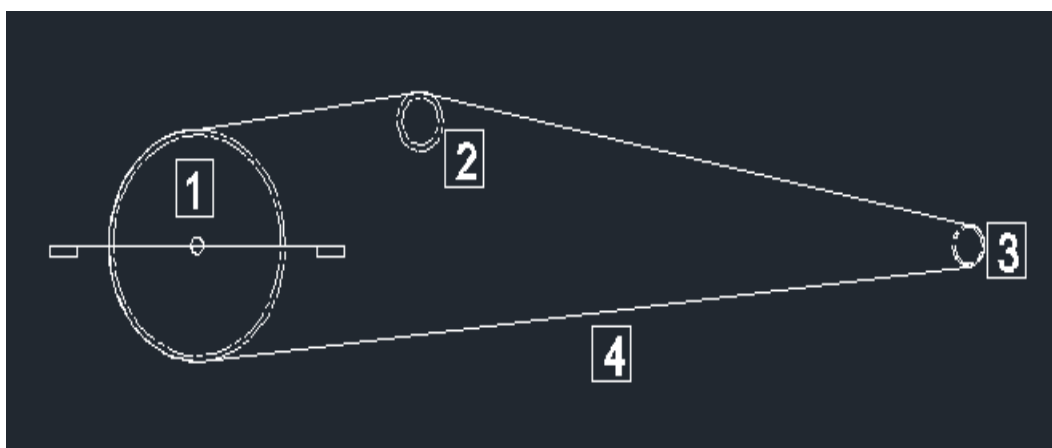
- Generador DC.
- Cadena transmisora.
- Piñón conductor.
- Piñón conducido.
- Piñón del generador.
- Circuito rectificador.

Figura 19 Esquema alternativa 2



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

Figura 20 Esquema transmisión de movimiento



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

2.2.2 Funcionamiento.

Al realizar el ejercicio en la máquina elíptica, a través del pedaleo se accionará el piñón conductor (1) y este a la vez transmitirá el movimiento a los dos piñones; el conducido (3) y del generador (2) por medio de una cadena transmisora (4). Así se logrará generar electricidad y cargar dispositivos de bajo voltaje.

2.2.3 Ventajas.

- Bajo costo.
- Facilidad de instalación.
- Diseño estético y compacto.

2.2.4 Desventajas.

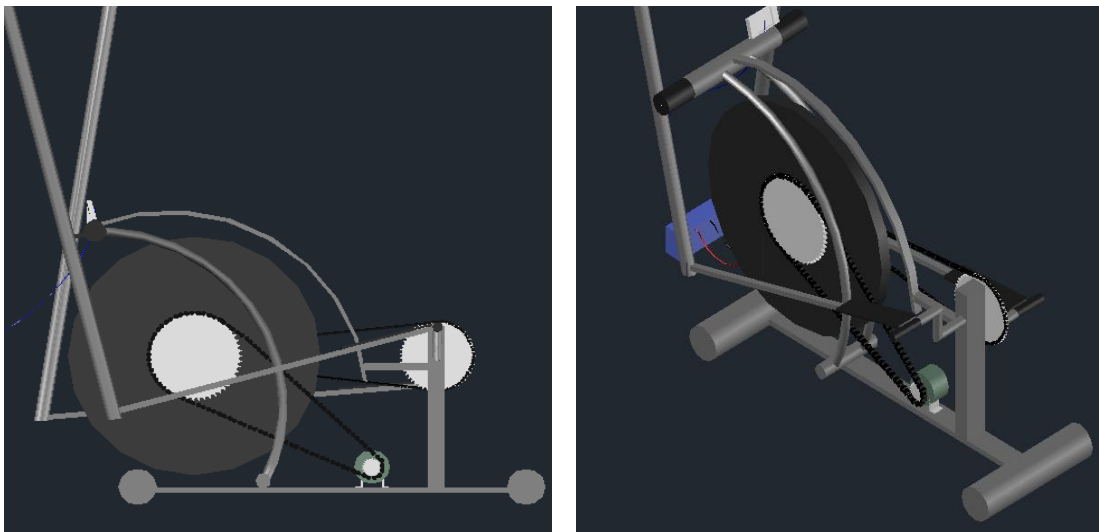
- Necesidad de fabricar el piñón del generador de acuerdo al paso de la cadena existente de la máquina elíptica.
- Solo se podrá cargar dispositivos cuando se realiza el ejercicio.
- Las revoluciones generadas son menores.

2.3 Máquina ecobike con cadena transmisora (alternativa 3).

2.3.1 Elementos principales.

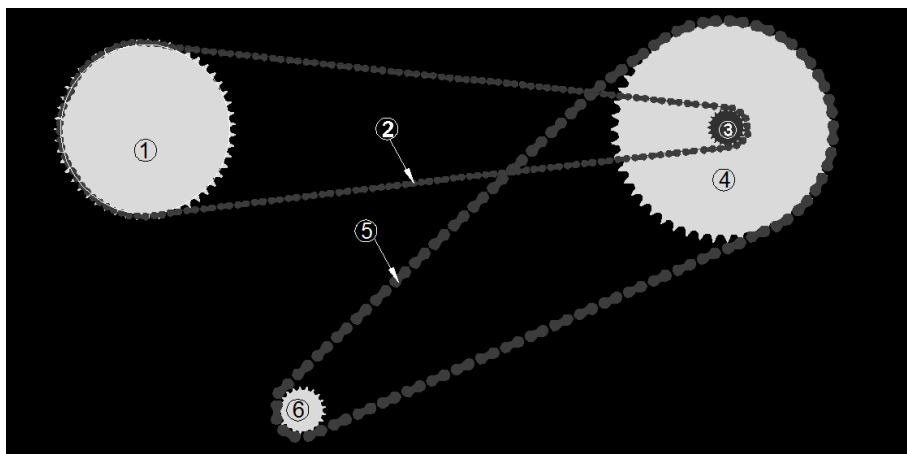
- Generador DC.
- Cadena transmisora.
- Piñón generador (conducido).
- Piñón generador (conductor).
- Piñón conductor elíptica.
- Piñón conducido elíptica.
- Circuito cargador.
- Banco de baterías.

Figura 21 Alternativa 3



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

Figura 22 Esquema transmisión de movimiento



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

2.3.2 Funcionamiento.

Al realizar el pedaleo se transmite el movimiento del piñón conductor (1) al piñón conducido (3) a través de la cadena existente (2) de la máquina elíptica. En el piñón conducido se coloca un nuevo piñón con separadores que se convertirá en conductor de mayor diámetro (4) que con una nueva cadena (5), transmitirá el movimiento al piñón del generador (6) y producirá energía para cargar las baterías y luego con un circuito se cargará los dispositivos.

2.3.3 Ventajas.

- Se puede cargar los dispositivos cuando se realice ejercicio gracias a una batería.
- Fácil acceso de materiales en la industria ecuatoriana.
- Mayor número de revoluciones.
- Diseño estético.

2.3.4 Desventajas.

- Costo moderado.
- Uso de dos sistemas de transmisión de movimiento (2 cadenas).

2.4 Análisis de selección de alternativas.

2.4.1 Factores de comparación.

Dentro de los requerimientos necesarios para elegir la mejor alternativa de adaptación se toman en cuenta varios aspectos:

- Costo.
- Número necesario de revoluciones.
- Tamaño.
- Facilidad de adaptación.
- Accesibilidad en la industria.
- Diseño estético.
- Almacenamiento de energía.

2.4.2 Valoración de pautas.

Para determinar la mejor opción, se califica cada una de las pautas presentadas con un valor desde 1 al 10; siendo:

- Valoración de 1-3: costoso, de difícil fabricación, difícil acceso en el mercado, no hay almacenamiento de energía, difícil montaje, bajas revoluciones, tamaño voluminoso.
- Valoración de 4-6: costo medio, dificultad de montaje moderado, número de revoluciones media, baja accesibilidad en el mercado.
- Valoración de 7-10: bajo costo, de fácil fabricación, gran accesibilidad en el mercado, almacenamiento de energía, diseño estético, tamaño compacto y altas revoluciones.

2.4.2.1 Costos.

Entre los costos que se toman en cuenta se puede citar: los costos de materiales que se emplean en la máquina, costos de fabricación (mano de obra, tipo de material, entre otros.), número de elementos a usar.

2.4.2.2 Número de revoluciones.

Para generar electricidad es necesario cumplir con un cierto número de revoluciones que permitan obtener en menor tiempo la energía requerida, y es por esto que es de suma importancia elegir una alternativa que cumpla con este requisito.

2.4.2.3 Tamaño.

En la actualidad por el aumento de la población se han presentado lugares con poco espacio, ya sean hogares, negocios, entre otros, y es así que se ha tomado en cuenta este punto; ya que la opción que ocupe una menor área será bien valorada, puesto que se garantiza un producto efectivo y a la vez compacto.

2.4.2.4 Facilidad de adaptación.

De acuerdo a los elementos a implementar en la máquina elíptica, un sistema con un montaje sencillo es fundamental para ahorrar costos de fabricación y de esta manera lograr la optimización de todos los recursos; aparte del acceso que se pueda tener para futuros mantenimientos.

2.4.2.5 Accesibilidad en la industria.

En el mercado nacional se puede encontrar limitaciones para conseguir ciertos materiales, lo que conlleva a evaluar la opción con posibilidades de adquirir lo necesario para un mecanismo efectivo con larga duración.

2.4.2.6 Diseño estético.

La parte visual de un producto es un aspecto importante, ya que de eso depende muchas veces el éxito y acogida que pueda tener dicho producto. En esta máquina se desea obtener un modelo que sea agradable a la vista sin perder la eficiencia.

2.4.2.7 Almacenamiento de energía.

Una persona que ya ha dejado de hacer ejercicios y no ha cargado ningún dispositivo estaría perdiendo los recursos que se puede obtener de esta máquina, por lo que se considera importante el uso de una batería que garantice que en cualquier momento se podrá aprovechar esta energía.

2.4.2.8 Tabulación de valoraciones.

Tabla 2 Tabulación de valoraciones

FACTORES DE SELECCIÓN	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costo	6	5	8
Número de revoluciones	7	4	9
Tamaño	3	6	8
Facilidad de adaptación	7	3	8
Accesibilidad en la industria	7	5	9
Diseño estético	7	5	8
Almacenamiento de energía	8	1	8
RESULTADO	45	29	58

Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paída

2.4.3 Conclusión.

A través de la tabla 2 y de acuerdo a las valoraciones, la alternativa 3 es la mejor elección, por su bajo costo de construcción, facilidad de adaptación y sobre todo la accesibilidad de los componentes para la construcción que se puede encontrar en el mercado, con lo que representa una ventaja, que hacen que tenga el mayor puntaje.

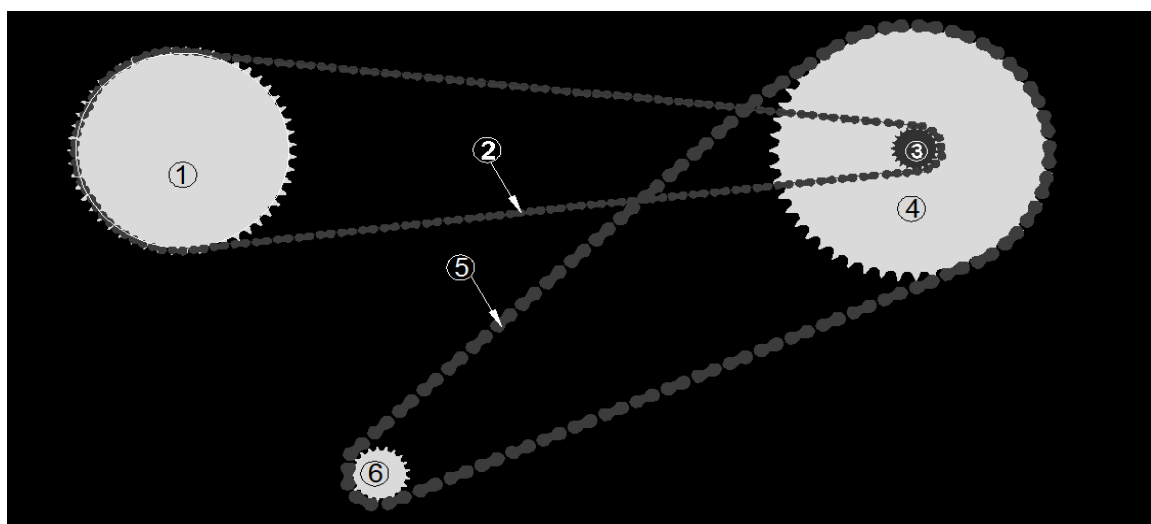
CAPÍTULO 3

DISEÑO MECÁNICO Y ELÉCTRICO

En este capítulo se realiza el diseño de transmisión de movimiento de acuerdo a la alternativa escogida, para la cual se efectúa un breve estudio de las revoluciones generadas y el peso promedio. También se desarrollará los cálculos de torque y potencia generada.

Para el diseño eléctrico, se describe el esquema del circuito y el funcionamiento, así como los componentes utilizados.

Figura 23 Partes del sistema de transmisión de movimiento



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

3.1 Número de revoluciones generadas y peso promedio.

Para obtener el número de pedaleo o revoluciones generadas, se tomó una muestra de 15 personas con condiciones físicas promedio. El proceso consistió en contar el número de pedaleos producidas por cada persona en un minuto de ejercicio.

Para el diseño del mecanismo es necesario conocer el número de revoluciones y el peso más frecuente. Para ello se utilizó la media aritmética y la desviación estándar.

En la siguiente tabla se detalla la edad, peso y el número de revoluciones que generaron 15 personas de estado físico promedio.

Tabla 3 Datos muestrales

ITEM	EDAD	PESO (Kg)	# DE PEDALEO/MIN
1	35	61	57
2	24	69	65
3	15	63	49
4	24	68	53
5	18	57	51
6	47	75	53
7	47	67	49
8	23	68	54
9	22	56	57
10	22	66	50
11	19	53	54
12	35	70	54
13	37	71	48
14	31	69	50
15	17	65	52

Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

La media aritmética consiste en ubicar el valor alrededor del cual se tienden a reunir los datos, este punto es conocido como punto central, y se obtiene de la siguiente expresión:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (\text{Ec. 9})$$

$$\bar{x}_{rev} = \frac{57 + 65 + 49 + 53 + 51 + 53 + 49 + 54 + 57 + 50 + 54 + 54 + 48 + 50 + 52}{15}$$

$$\bar{x}_{rev} = 53 \text{ rpm}$$

$$\bar{x}_{peso} = \frac{61 + 69 + 45 + 68 + 49 + 75 + 67 + 68 + 56 + 54 + 53 + 70 + 71 + 69 + 52}{15}$$

$$\bar{x}_{peso} = 65 \text{ kg}$$

La desviación estándar permite determinar la fluctuación de los datos respecto al punto central o media aritmética. Se obtiene de la siguiente expresión:

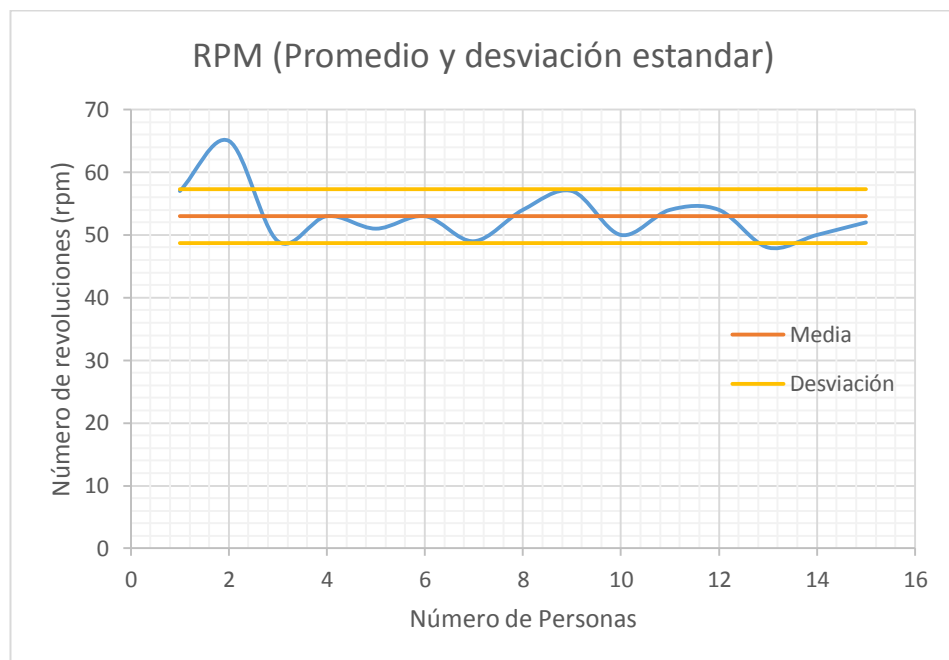
$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$s_{rev} = 4.3 \text{ rev}$$

$$s_{peso} = 6.1 \text{ Kg}$$

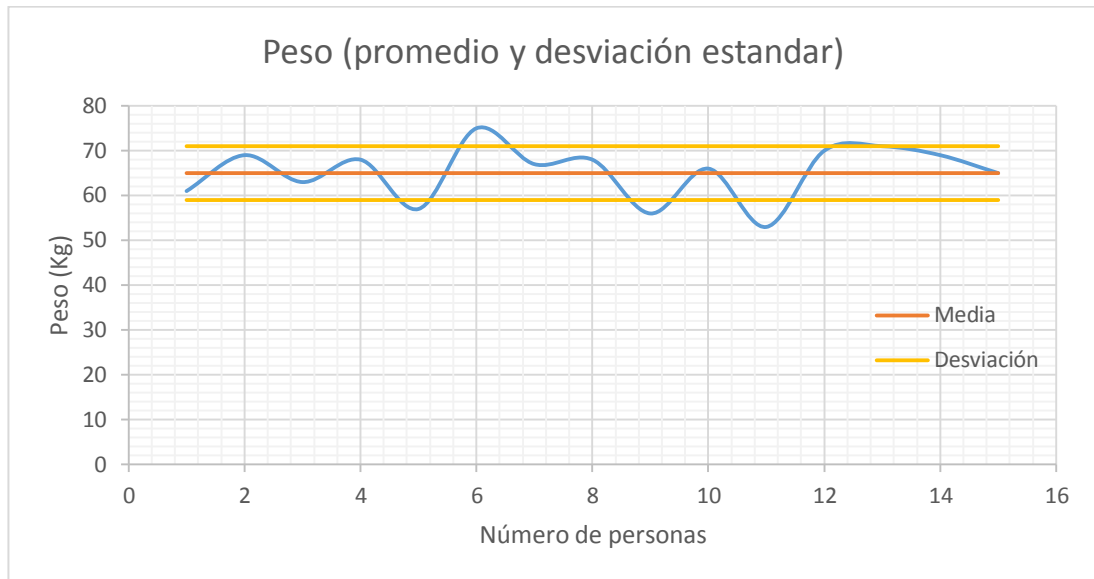
En los siguientes esquemas se puede observar la media aritmética y desviación estándar con los datos obtenidos de la tabla 3.

Figura 24 Media y desviación estándar del número de revoluciones



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

Figura 25 Media y desviación estándar del peso

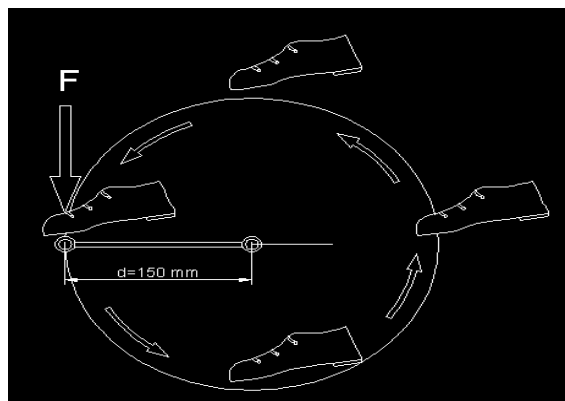


Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

3.2 Cálculo de la potencia generada.

La potencia promedio generada dependerá del par aplicado en el pedaleo, para ello se utilizará el promedio del peso (\bar{x}_{peso}) dividido entre 2 ya que al pedalear el peso se distribuye en las dos piernas.

Figura 26 Esquema de fuerza en el pedal



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

Para determinar la potencia se obtendrá el torque generado, utilizando la distancia de 150 mm como muestra la figura 26.

$$T = F \cdot d \quad (\text{Ec. 11})$$

Dónde:

T = Torque (Nm).

F = Fuerza (Kgf).

d = distancia (m).

$$T = \frac{\bar{x}_{\text{peso}}}{2} \cdot d$$

$$T = 32.5 \text{ Kgf} \cdot 9.8 \frac{\text{N}}{\text{Kgf}} \cdot 0.15 \text{ m}$$

$$T = 47.78 \text{ Nm}$$

Una vez obtenido el torque se procede a calcular la potencia generada.

$$P = T \cdot \omega \quad (\text{Ec. 12})$$

Dónde:

P = Potencia (W).

T = Toruqe (Kgf).

ω = Velocidad angular $\left(\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$.

$$P = 47.78 \text{ Nm} \cdot 53 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}}$$

$$P = 265.2 \text{ W}$$

3.3 Cálculo de relación de transmisión del sistema de la máquina elíptica.

Para el cálculo de relación de transmisión se tomaron algunos datos del sistema de la máquina elíptica (figura 23). En la siguiente tabla se detalla esta información.

Tabla 4 Número de dientes de piñones

Componentes	Número de dientes (Z)
Piñón conductor (1)	100
Piñón conducido (3)	13
Piñón conductor (4)	A calcular
Piñón conducido (6)	12 (generador)

Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

El número de dientes del piñón (6) son 12 ya que este viene incluido con el generador.

Para el cálculo de relación de transmisión se utilizó la ecuación 3, siendo los subíndices los piñones de la tabla 4.

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_3} = \frac{100}{13}$$

$$i_1 = 7.69$$

Para el cálculo de revoluciones del piñón conducido (3) se despejó n_2 de la ecuación 1.3 siendo los subíndices los piñones de la tabla 4. Para ello se utilizará las revoluciones obtenidas de manera experimental en la máquina elíptica

$$i_1 = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_2 = i_1 \cdot n_1 = 7.69 \cdot 53 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 407 \text{ rpm}$$

3.4 Cálculo de número de dientes del piñón conductor (4) para el diseño del sistema de generación.

Para conocer el número de dientes del piñón conductor se deben determinar las revoluciones que el generador necesita para cargar la batería. De acuerdo a los datos técnicos del generador, este requiere obtener alrededor de 1400 rpm o superior.

Nuevamente con la ecuación 1.3 se calcula la relación de transmisión y el número de dientes, esta vez para el piñón (4) siendo los subíndices los piñones de la tabla 4. La ecuación queda de la siguiente manera:

$$i_2 = \frac{n_4}{n_6} = \frac{Z_4}{Z_6}$$

Las revoluciones en los piñones 3 y 4 van a ser iguales ($n_3 = n_4$) ya que el engrane número (3) mueve la rueda principal que a su vez, esta mueve la rueda dentada (4). Utilizando la ecuación 1.3 siendo los subíndices los piñones de la tabla 4. Se obtiene que:

$$i_2 = \frac{n_4}{n_3} = \frac{1400}{407}$$

$$i_2 = 3.44$$

Ahora se calcula el número de dientes del piñón conductor (4) despejando Z_4 , nuevamente con la ecuación 1.3 siendo los subíndices los piñones de la tabla 3.2, por lo tanto se obtiene:

$$i_2 = \frac{Z_3}{Z_4}$$

$$Z_3 = i \cdot Z_4$$

$$Z_3 = 3.44 \cdot 12 \text{ Dientes}$$

$$Z_3 = 3.44 \cdot 12 \text{ Dientes}$$

$$Z_3 = 41 \text{ Dientes}$$

Como en el mercado se encuentran piñones de 44 dientes, se escogió esta opción, debido a que con este se supera el mínimo de revoluciones requerida por el generador.

Con la ecuación 1.3, siendo los subíndices los piñones de la tabla 4, se determinará la relación de transmisión, subsiguiente a esto se calcula el número de revoluciones que generará el piñón del generador (6)

$$i_3 = \frac{Z_4}{Z_6}$$

$$i_3 = \frac{44}{12}$$

$$i_3 = 3.667$$

$$i_3 = \frac{n_4}{n_6}$$

$$n_4 = i_3 \cdot n_6$$

$$n_6 = 3.667 \cdot 407 \text{ rpm}$$

$$n_6 = 1492 \text{ rpm}$$

En la siguiente tabla se muestra los datos finales de los piñones que se usaron para el diseño

Tabla 5 Datos de piñones

Piñón	Z_n (Número de dientes)	n_n (Número de revoluciones rpm)	i_n (relación de transmisión)
(1)	100	53	7.69
(3)	13	407	7.69
(4)	44	407	3.67
(6)	12	1492	3.67

Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paida

3.5 Longitud de la cadena.

Para conocer la longitud de la cadena se utiliza la ecuación 1.4.

Datos.

$$L = ?$$

$$C = 20 \text{ plg.}$$

$$p = 0.5 \text{ plg.}$$

$$Z_6 = 12$$

$$Z_4 = 44$$

$$L = \left[\frac{2 \cdot 14.7plg}{0.5plg} + \frac{12 + 44}{2} + \frac{(44 - 12)^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot 14.7plg} \cdot 0.5plg \right] \cdot 0.5plg$$

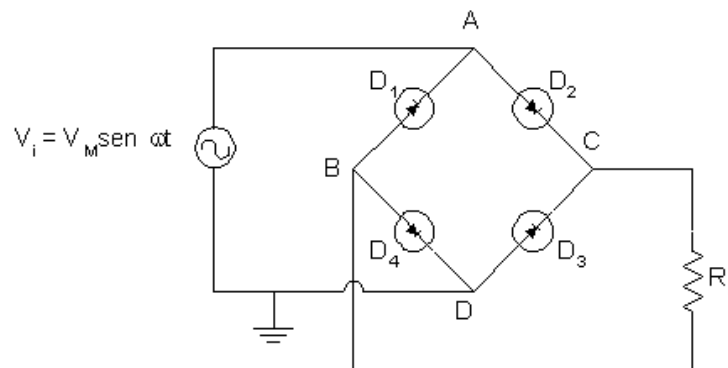
$$L = 43.84 plg = 1113.46 mm$$

$$\frac{L}{p} = 87.68 \approx 88 \text{ eslabones}$$

3.6 Elementos del circuito.

3.6.1 Puente de diodos (rectificador de onda completa).

Figura 27 Puente de diodos (rectificador de onda completa)



Fuente: El Diodo, s.f

Dónde:

V_i = Voltaje inicial

V_M = Voltaje medio

D_1 = Diodo uno

D_2 = Diodo dos

D_3 = Diodo tres

D_4 = Diodo cuatro

R_L = Resistencia

A, B, C, D = Puntos de conexión

Si se cuenta con un valor positivo de la tensión de entrada, V_i El punto A tiene el mayor potencial del circuito para ese instante, mientras que D se encuentra a potencial nulo. Esto quiere decir que los puntos B y C se encuentran con el mismo potencial que se encuentra intermedio entre 0 y V.

Cuando exista corriente circulando por el circuito el punto VA es mayor que VC, Por lo tanto, el diodo D2 empieza a conducir caso contrario que D1 está en corte. La corriente circula de A a C atravesando R_L de arriba a abajo. El retorno de corriente será por D3, y se concluye que D1 y D4 no conducen en el semi-ciclo positivo de V. Si se realiza el análisis en sentido contrario, da como resultado lo mismo pero esta vez la corriente empieza a circular por D3 atravesando la resistencia para llegar al punto D1.

3.6.2 Regulador convertidor DC a DC.

Es un dispositivo que transforma corriente continua de una tensión de entrada a otra. Lo que se consigue con el uso de este tipo de mecanismo es obtener a la salida una tensión regulada y la mayoría de las veces con limitación de corriente.

Figura 28 Regulador convertidor DC - DC



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

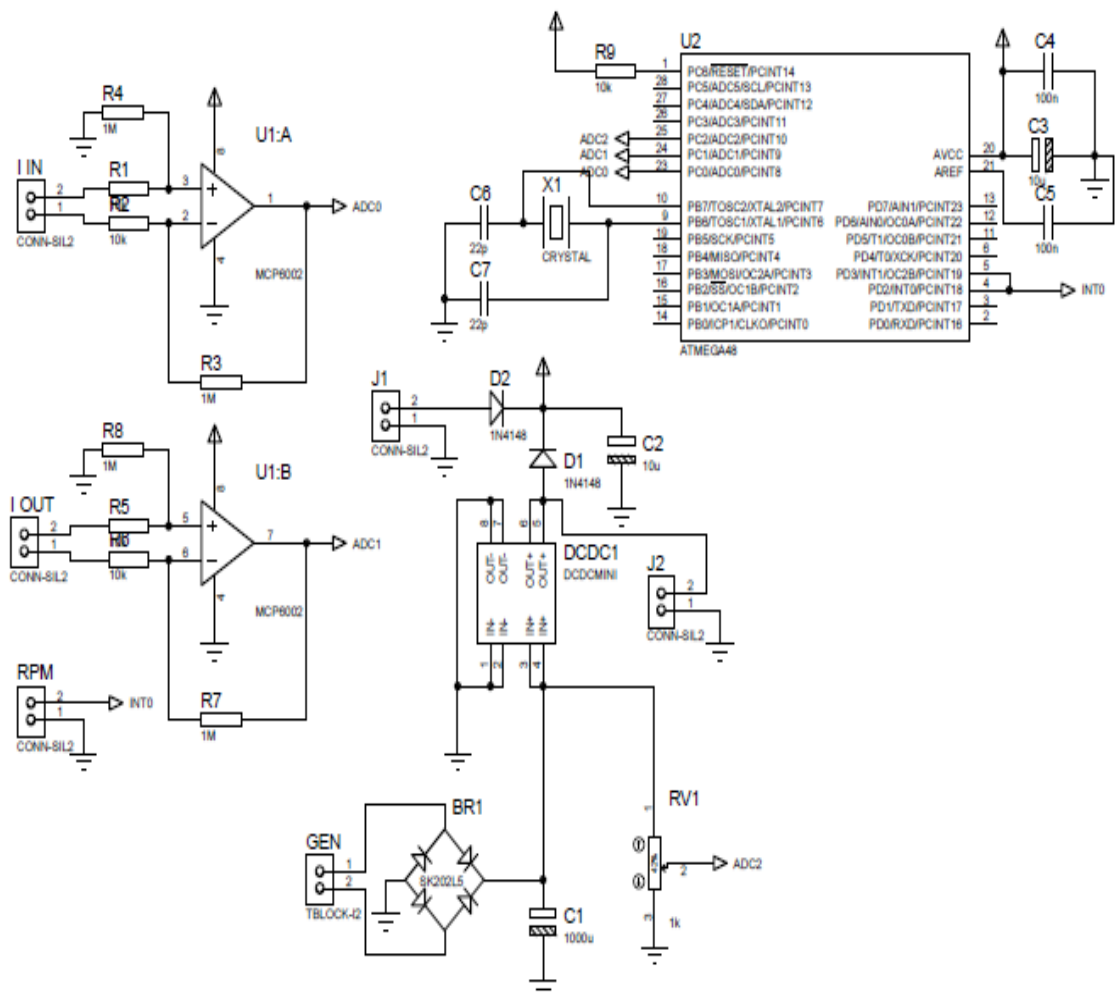
Al utilizar un regulador de este tipo se obtiene varias ventajas entre las que están el reducir la capacidad de los condensadores, con el consiguiente beneficio de volumen, peso y precio; además permiten generar tensiones donde se necesiten, reduciendo las líneas de conexión y potencia necesarias.

3.6.2.1 Características.

- Entrada: 4.5 a 28 V.
- Salida: 0.8 a 20 V.
- Dimensiones: 22x17x4 mm (ultra pequeño).
- Eficiencia de conversión: 96%.
- Rizo de salida: menor a 30 mV.

3.7 Cargador de baterías de LI-ION.

Figura 29 Circuito cargador de baterías LI-ION



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

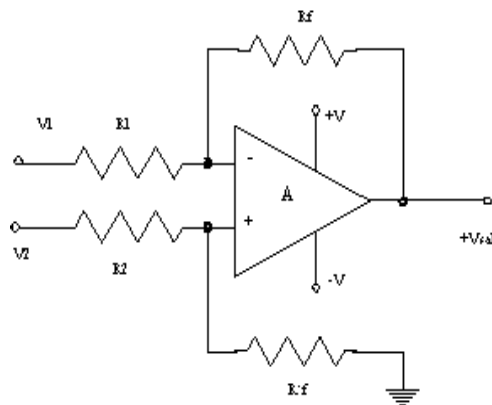
El cargador LI-ION es un circuito limitador de voltaje y corriente, que entre sus características principales están que sus rangos de tolerancia son pequeños, ausencia de carga flotante y nulo efecto memoria.

Las baterías de Litio/Li-ion tienen su propio diseño y no se deben cargar con uno de Ni-Cd/Ni-Mh. Este tipo de baterías operan a un voltaje mayor de 3,7 volt en lugar de 1,2 volt, lo que conlleva a alargar su vida útil en los dispositivos electrónicos de alta potencia, tales como laptops, cámaras digitales y teléfonos móviles.

Entre los elementos principales que cuenta en este tipo de cargadores están:

3.7.1 Circuito diferencial o amplificador diferencial.

Figura 30 Circuito diferencial



Fuente: Electronicacasi, 2012

Se trata de una configuración con dos entradas, en la que se amplifica la diferencia de potencial entre ambas. Para obtener las expresiones correspondientes a esta configuración se tiene en cuenta que su comportamiento es en todo momento lineal. (Electronicacasi, 2012).

3.7.2 Cristal 11.0592 (cristal de cuarzo).

Figura 31 Cristal 11.0592



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

Especificaciones.

- Frecuencia: 11.0592 MHz
- Tipo de Caso: HC- 49S

Este cristal de cuarzo proporciona una transferencia de datos estable para los circuitos integrados y a la vez que estabiliza las frecuencias para transmisores y receptores de radio, se utiliza comúnmente para relojes, radios, teléfonos celulares y computadoras en transferencia vía USB.

3.7.3 Microcontrolador AVR.

Figura 32 Microcontrolador AVR



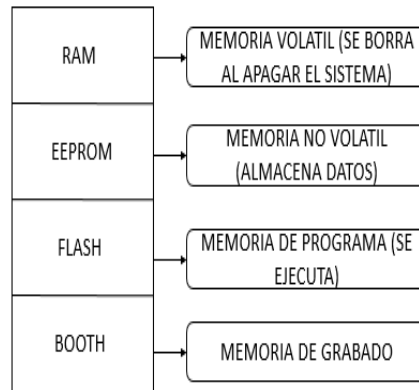
Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

Un microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica.

Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de proceso, memoria y periféricos de entrada/salida. (Svendsli, 2003).

Dichas partes principales se pueden encontrar en el siguiente diagrama:

Figura 33 Partes del microcontrolador



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

3.7.3.1 Diagrama de clavijas y descripción.

En la siguiente tabla se encuentra los pines de conexión para el microprocesador.

Tabla 6 Diagrama de clavijas

Pin diagrama	No.	Nombre Pin	Descripción
<p>eSOP16L</p>	1	PGND	Alimentación
	2	BAT	Batería de litio cátodo
	3,4	SW	Conexión inductor externo
	5,6	VOUT	carga de Salida 5V
	7	VIN	carga de entrada 5V
	8	WLED	iluminación WLED conductor
	9	LED1	Indicador de batería LED Driver
	10	LED2	Indicador de batería LED Driver
	11	LED3	Indicador de batería LED Driver
	12	VLDO3V	Salida de 3.1V LDO
	13	LEDM	Controladores LED y selección del modo de visualización de potencia
	14	AGND	Conexión a tierra
	15	KEY	insumo clave
	16	CHGS	Salida de conmutación de carga
	Thermal Pad	GND	sistema

Fuente: demaxsemi, 2014

3.7.4 Batería Li-ION.

Por muchos años, la batería de Níquel Cadmio (NiCd) fue la única que se adecuaba a dispositivos portátiles, tales como los de comunicaciones inalámbricas. En 1990, surgieron las baterías de Níquel Metal Hidruro (NiMH) y de ion de litio (Li-Ion), ofreciendo mayores capacidades. Los dos sistemas pelearon estrechamente, cada una adjudicándose mejor rendimiento y menor tamaño. (Buchmann, 2000, pág. 2)

Una de las grandes ventajas de este tipo de batería es que son de bajo mantenimiento. El efecto memoria es nulo y no necesita de ciclos para alargar su vida útil. Otra es que cuenta con una elevada densidad de energía y poco peso, su auto descarga es menos de la mitad si se le compara con las de NiCd y NiMH.

3.7.4.1 Especificaciones técnicas de las baterías Li-ION.

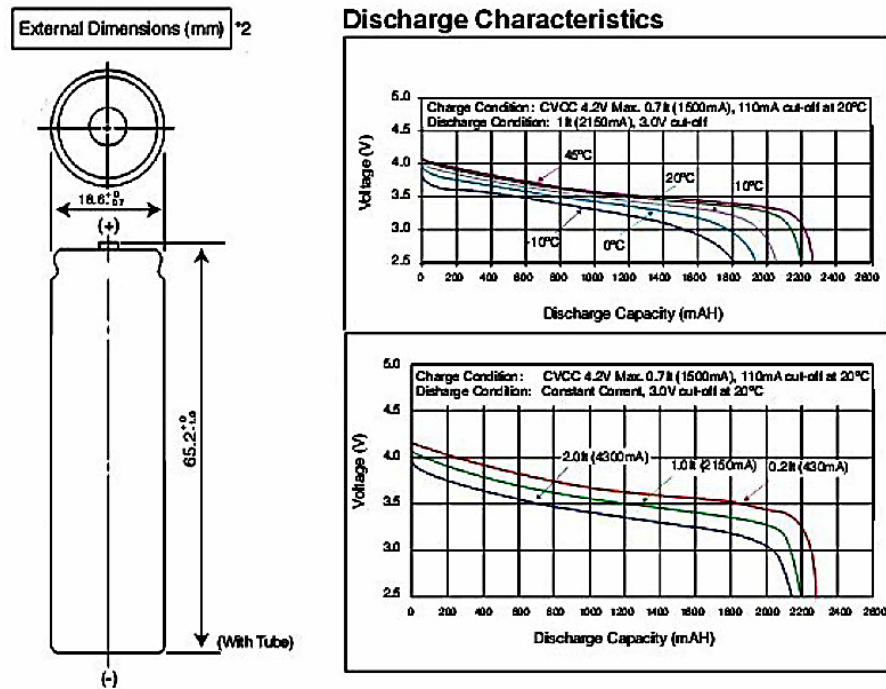
Tabla 7 Diagrama de clavijas

Item	Specifications	Remark
Nominal Capacity	2200mAh $\pm 2\%$	0.2C ₅ A discharge, 25°C
Nominal Voltage	3.7V	Average Voltage at 0.2C ₅ A discharge
Standard Charge Current	0.2 C ₅ A	Working temperature: 0~40°C
Max Charge Current	1C ₅ A	Working temperature: 0~40°C
Charge cut-off Voltage	4.2V	CC/CV
Standard Discharge Current	0.5C ₅ A	Working temperature: 25°C
Discharge cut-off Voltage	2.75V	
Cell Voltage	3.7-3.9V	When leave factory
Impedance	$\leq 35m\Omega$	AC 1KHz after 50% charge, 25°C
Weight	Approx:48.0g	
Storage temperature	≤ 1 month	-10~45°C
	≤ 3 month	0~30°C
	≤ 6 month	20 \pm 5°C
Storage humidity	65 \pm 20% RH	Best 20 \pm 5°C for long-time storage

Fuente: Li, 2013

3.7.4.2 Factores de carga y descarga.

Figura 34 Parámetros de Batería Li-ION

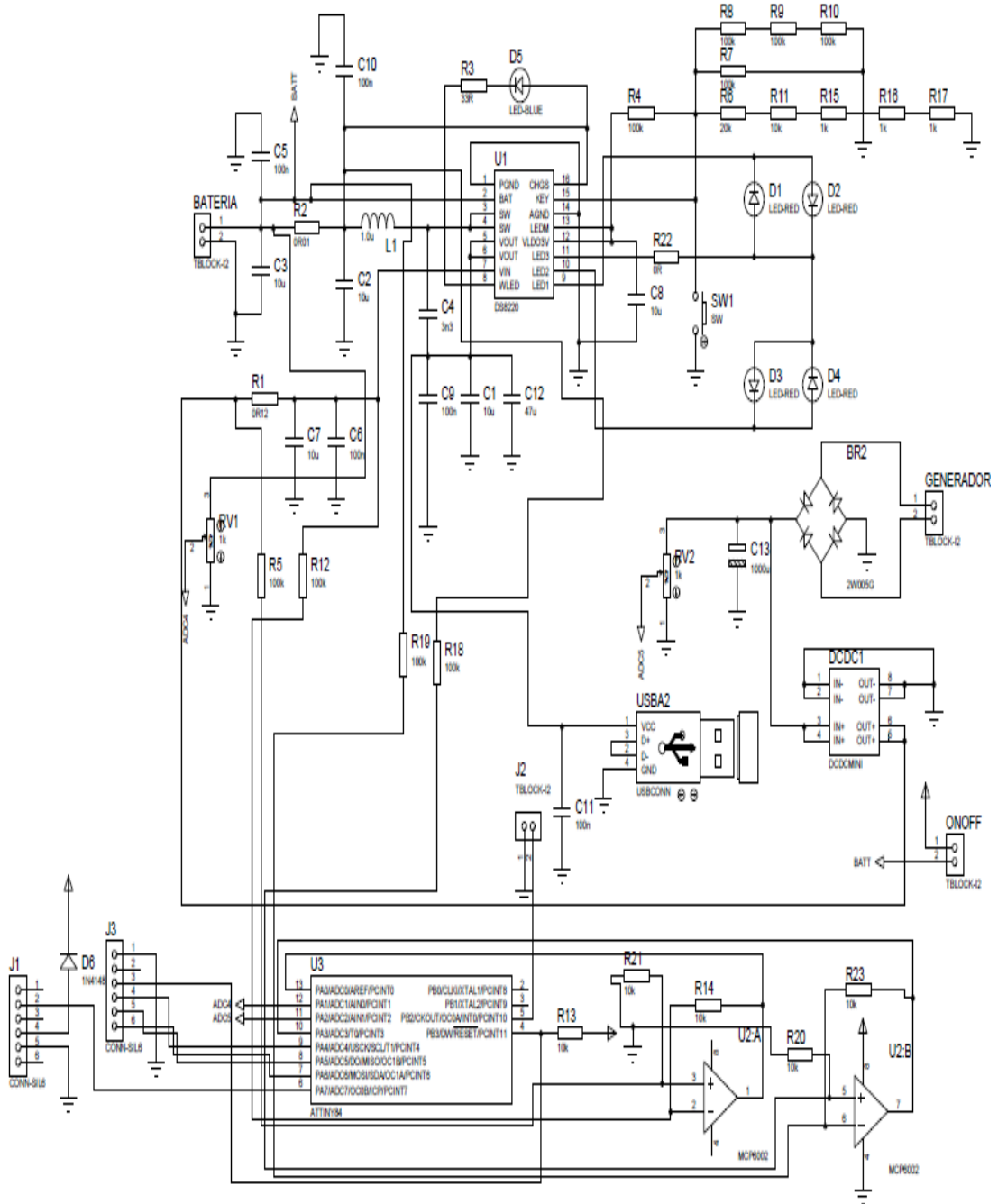


Fuente: Li, 2013

3.8 Circuito general.

Con lo expuesto anteriormente y con los requerimientos de un sistema inteligente, se presenta a continuación el circuito general que permitirá la carga de la batería, carga del dispositivo, comunicación con un lenguaje de programación para comunicación con ordenadores vía USB y demás características.

Figura 35 Circuito general



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paida

CAPÍTULO 4

COSTOS

4.1 Generalidades.

A continuación se inicia con el estudio del análisis de costos que implica el diseño y adaptación del sistema de carga cuyo objetivo claro es determinar el costo total y cantidad de recursos necesarios para la construcción de la máquina.

Los costos se dividirán de la siguiente manera:

- Costos directos.
- Costos indirectos.

4.1.1 Costos directos.

Estos van asociados directamente con aquellos valores que implican la fabricación del proyecto, es decir los siguientes parámetros:

- Materia prima.
- Costo de mano de obra.
- Costo de montaje.

4.1.1.1 Costos de materia prima e insumos.

En la siguiente tabla se presentan los valores correspondientes a materia prima necesaria para la construcción del sistema de generación de energía eléctrica, los cuales fueron obtenidos mediante cotizaciones para el periodo entre agosto-diciembre de 2014.

Tabla 8 Costos de materia prima

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DIEMSIONES	MATERIAL	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
1	Máquina Elíptica	1	NA	NA	250	250
2	Generador 300W	1	3,5x4,5x3,5 in	ACERO AL CARBON	150	150
3	Circuito Cargador	1	-	NA	35	35
4	Circuito rectificador	1	-	NA	35	35
5	Cables conexión	2	1m	COBRE	0,05	0,1
6	Catalina 44 dientes	1	7 in	ACERO AL CARBON	2,77	2,77
7	Cadena	1	1/2x1/8"	ACERO AL CARBON	2,93	2,93
8	Perno Hexagonal	4	5x0,8x45	ACERO AL CARBON	0,1188	0,48
9	Rodela plana	4	MM5	ACERO	0,03	0,012
10	Tuerca Hexagonal	4	5x0,8	ACERO AL CARBON	0,04	0,016
11	Perno Hexagonal	4	8x1,25x35	ACERO AL CARBON	0,144	0,58
12	Tuerca Hexagonal	4	G5 UNI 3/8	ACERO AL CARBON	0,06	0,024
13	Rodela plana	8	3/8	ACERO AL CARBON	0,05	0,4
14	Tuerca Hexagonal	4	8x1,25	ACERO AL CARBON	0,1	0,4
15	Base dispositivos a cargar	1	100x60x20mm	A36	5	5
					TOTAL (USD)	482,712

Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

4.1.1.2 Costos de mano de obra directa.

Estos costos inician con la utilización de máquinas e instrumentos necesarios para fabricar el sistema en función del tiempo.

En la tabla 4.2 se detallan dichos costos y cuyos valores fueron obtenidos mediante cotizaciones hechas en talleres que prestan estos servicios.

Tabla 9 Costos de mano de obra directa

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO/HORA (USD)	TIEMPO	TOTAL (USD)
1	Torno	3	1	3
2	Taladro	1,5	0,5	0,75
3	Compresor y Equipo de pintura	4	1,5	6
4	Instalación eléctrica	5	5	25
			COSTO TOTAL (USD)	34,75

Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

4.1.1.3 Costos de montaje.

Los costos que se presentan por mano de obra que se destinarán al ensamble de los componentes previamente adquiridos, se representará en la siguiente tabla:

Tabla 10 Costo de montaje

ESPECIALIDAD	CANTIDAD	COSTO/HORA (USD)	TIEMPO	TOTAL (USD)
Técnico Mecánico	1	6	4	24
Técnico Eléctrico	1	10	4	40
			TOTAL (USD)	64

Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

4.1.2 Costos indirectos.

Estos valores van asociados con el proceso de fabricación del sistema de generación y carga pero no se incorporan en el producto terminado, en otras palabras están directamente vinculados al periodo de fabricación (costos varios).

4.1.2.1 Costos de materiales indirectos.

Representan aquellos gastos generados por la adquisición de materiales y componentes que no están dentro la fabricación, los cuales se los detalla a continuación.

Tabla 11 Costos de materiales indirectos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Thinner	0,5	Galones	5,5	2,75
Pintura	1	Litro	8,5	8,5
Lija	3	Unidad	0,5	1,5
Movilización	2		10	20
			TOTAL (USD)	32,75

Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

4.2 Costo total.

Para obtener este valor se realizó la suma de los valores totales de los costos directos e indirectos, sabiendo que con estos valores están tomados en cuenta la totalidad del proyecto, es decir el costo real total

Tabla 12 Costo total

COSTO	TOTAL PARCIAL (USD)
Costo directo	581,36
Costo indirecto	32,75
TOTAL	614,11

Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

CAPÍTULO 5

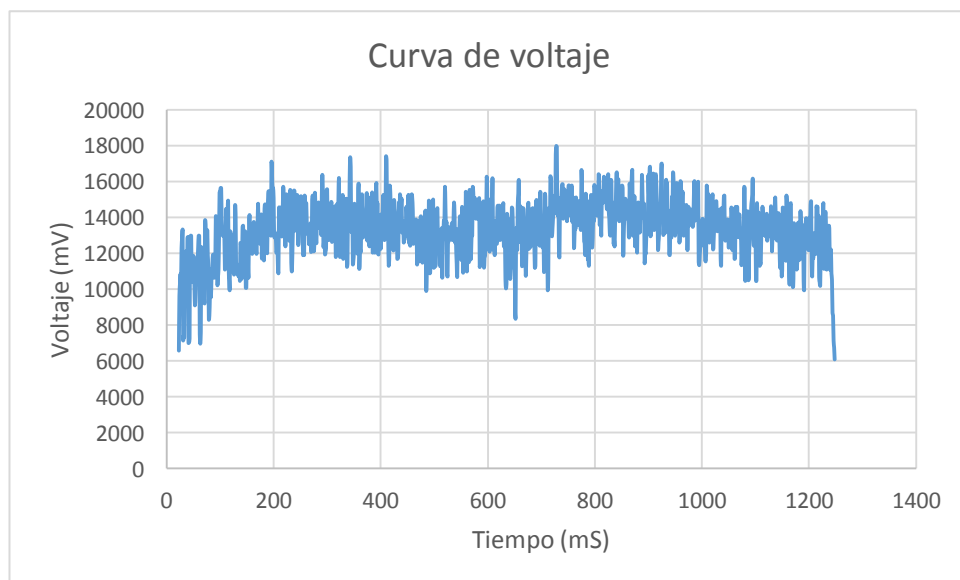
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO: MEDICIONES Y ANÁLISIS ENERGÉTICO

En este capítulo se realizarán las mediciones de voltaje, corriente de entrada y corriente de carga de batería. Se analizará cada gráfica e interpretará los resultados.

5.1 Mediciones.

5.1.1 Voltaje generado.

Figura 36 Voltaje-Tiempo



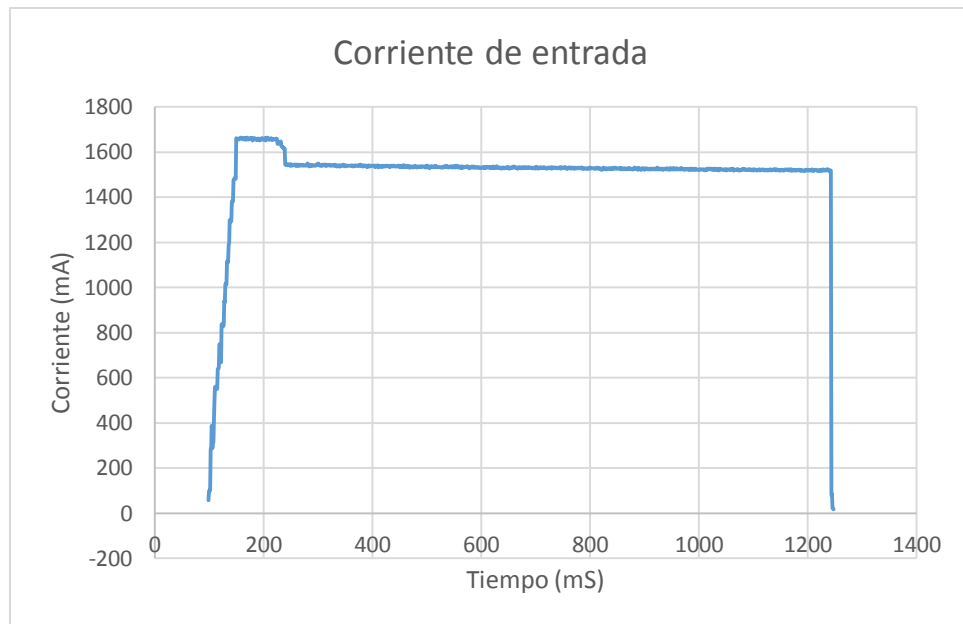
Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paida

En la figura 36 se observa como el voltaje varía en el tiempo, todos los valores altos y bajos representan las fluctuaciones de voltaje, ya que al realizar el ejercicio no se mantiene un ritmo constante. El voltaje más bajo es de 6000 mV al empezar y al terminar el ejercicio, luego se alcanza un valor de 18000 mV que es el máximo valor alcanzado.

No se tiene un voltaje de 0 a 5000 mV ya que el microprocesador solo se encenderá con un voltaje mínimo de 5000 mV, si este es menor se apagará y dejará de tomar mediciones.

5.1.2 Corriente de entrada al circuito.

Figura 37 Corriente de entrada-Tiempo



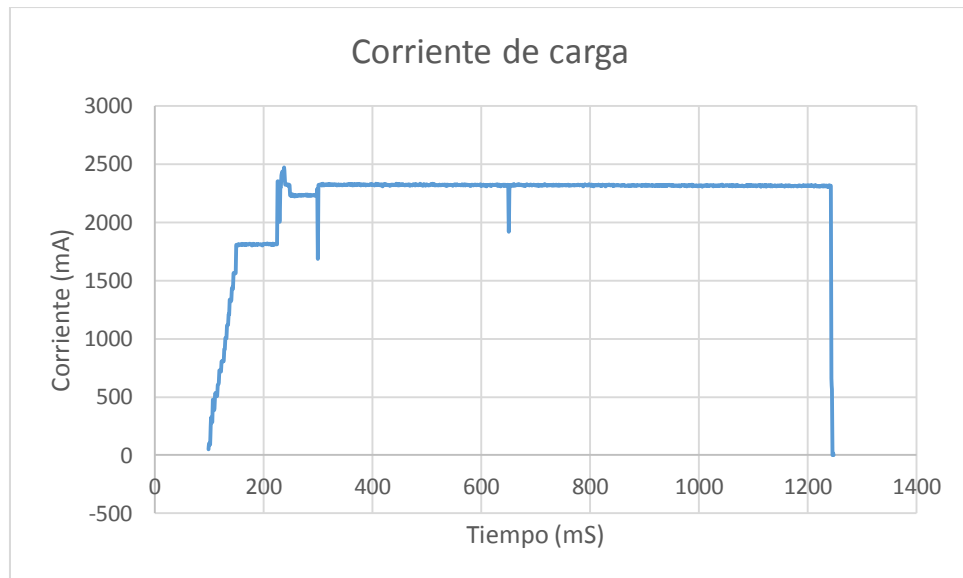
Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

En la figura 37 se observa que al iniciar el ejercicio, la corriente se incrementa rápidamente desde 0 mA hasta llegar a un pico de 1600 mA, este incremento brusco se produce porque el tiempo que transcurre desde que la máquina está en transición hasta alcanzar las revoluciones necesarias al realizar el ejercicio es muy corto. Luego de pasar este periodo de tiempo la corriente se estabiliza y se mantiene constante a 1500 mA.

Si se mantiene una intensidad moderada de ejercicio, esta corriente permanece constante en el tiempo, luego al dejar de hacer el ejercicio disminuye rápidamente hasta llegar a 0 mA.

5.1.3 Corriente de carga a dispositivo.

Figura 38 Corriente de carga-Tiempo



Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

La figura 37 tiene mucha similitud con la figura 38, se produce el mismo proceso; la diferencia es que se incrementa rápidamente, y se estabiliza la corriente a 2200 mA para el momento de conectar un dispositivo electrónico se produce una caída de corriente instantánea llegando a 1600 mA y después estabilizarse, manteniéndose constante a 2200 mA.

Cuando se deja de pedalear se apaga el circuito y la corriente disminuye rápidamente hasta llegar a 0 mA.

El voltaje de salida del circuito para cargar los dispositivos será de 5 V o 5000 mV, ya que todos los dispositivos se cargan con este voltaje.

5.2 Análisis energético.

El propósito de este análisis es realizar una estimación de la cantidad de energía generada en un determinado tiempo.

En este estudio se tomará como referencia el cargar un celular Samsung Galaxy S4 con una batería de 2100 mAh. Si se lo carga a 2000 mA que es la corriente que genera el circuito cargador (figura 38), el celular se demorara en cargar una hora con diez minutos.

Si la máquina es utilizada en un gimnasio, es decir que su funcionamiento será alrededor de cuatro horas aproximadamente. Se podrá realizar tres cargas completas a celulares y se tendrá treinta minutos más de carga.

La potencia consumida por el circuito al cargar el celular se podrá calcular multiplicando la corriente por el voltaje teniendo un consumo de energía de 10 Wh, si se carga varios celulares por 4 horas al día, se tendrá un consumo total de 40 Wh por día.

Tabla 13 Energía producida

Tiempo de uso en h/día	Total día (KWh)	Total mes (KWh)	Total año (KWh)
4	0.04	1.2	14.6
6	0.06	1.8	21.9

Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

CONCLUSIONES

A través de la energía que brinda la alimentación y subsiguiente el metabolismo se pudo realizar varias actividades físicas con la quema de calorías, que permitieron transformar la cinética del cuerpo en fuentes usables de electricidad y se las aprovechó de diferentes maneras, por medio de mecanismos específicos en la máquina elíptica.

Las revoluciones mínimas en el generador para alcanzar a encender el sistema fueron de 1400 rpm y así se obtuvo 5V con una corriente rectificadora de 1500mA. Esto quiere decir que en el banco de baterías de 6600 mAh se cargó en 4 horas y 20 minutos, lo que permitió alimentar 3.5 dispositivos con un promedio de baterías de 2100 mAh, es decir, cada dispositivo tomó un tiempo de una hora y diez minutos para cargarlo totalmente.

Es importante mencionar que para cargar dispositivos electrónicos fue necesario un sistema acorde a las baterías que se usó. En este caso fue necesario un sistema de carga LI-ION ya que la mayoría de smartphome, tablets, sistemas de audio, entre otros, han utilizado este tipo de baterías cuyas ventajas son notables puesto que su desarrollo tecnológico es reciente.

El sistema de transferencia de datos con el software “Labview” permitió una comunicación amigable con el usuario, y además, se observó en tiempo real el funcionamiento del circuito, mostrando los resultados por medio de gráficas o tendencias, lo que facilitó el razonamiento y comprensión de los principios aplicados en el sistema de carga.

RECOMENDACIONES

El realizar el mantenimiento adecuado mostrado en el anexo A, garantizará la prolongación de la vida útil de la máquina y sistema de carga, llevando así a un ahorro económico al evitar sustituciones en piezas que puedan tener daños o deterioros.

Para obtener óptimos resultados en el sistema de carga, se recomienda mantener un ritmo constante al realizar ejercicios, evitando la paralización del mismo y cargar en menor tiempo el banco de baterías o dispositivo conectado a la fuente, lo que llevará el aprovechamiento del sistema inteligente.

Utilizar siempre esta transformación de energía traerá aparte de una vida saludable al realizar ejercicios (aproximadamente cuarenta minutos a una hora), un ahorro económico al no conectar los dispositivos a la red eléctrica y es por esta razón que se recomienda usarla de manera constante.

LISTA DE REFERENCIAS

- 100×100 FITNESS. (2010). *Bicicleta elíptica*. Recuperado el 20 de octubre del 2014:
<http://www.100x100fitness.com/blog/bicicleta-eliptica/>
- SABORMEDITERRÁNEO. (2003). *Calorías y necesidades energéticas del cuerpo humano*. Recuperado el 05 de septiembre del 2014:
<http://www.sabormediterraneo.com/salud/nutricion3.htm>
- NUTRICIÓN. (2012). *Metabolismo basal*. Recuperado el 05 de septiembre del 2014:
<http://unpanutricion.blogspot.com/2012/12/metabolismo-basal.html>
- Balocchi, E. (1996). *Química General*. Chile. Universidad de Santiago de Chile.
- BOTANICAL. (s.f). *Metabolismo basal*. Recuperado el 05 de septiembre del 2014:
<http://www.botanical-online.com/metabolismobasal.htm>
- BUCHMANN. (2001). *¿Las baterías Litio-Ion energizarán el nuevo milenio?*. Recuperado el 07 de diciembre del 2014: <http://www.buchmann.ca/article5-page1-spanish.asp>
- CLTRACLCTVA. M. (2012). *Bicimáquinas: Energía en cada pedaleo*. Recuperado el 25 de octubre del 2014: <http://culturacolectiva.com/bicimáquinas-energia-en-cada-pedaleo/>
- Carreón, D., & Ortiz, L. (2013). Generación distribuida a partir de bicicletas estáticas y sistemas híbridos. *Ingenious*, 44-48.
- CUBASOLAR.(s.f). *Celdas electroquímicas*. Recuperado el 12 de noviembre del 2014:
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/energia16/html/articulo04.htm>
- ECURED. (2015). *Baterías de Ni-Cd*. Recuperado el 12 de noviembre del 2014:
http://www.ecured.cu/index.php/Bater%C3%ADas_de_Ni-Cd
- ELECTRONICACASI. (2012). *Amplificador diferencial*. Recuperado el 20 de enero del 2015: <http://www.electronicasi.com/enseanzas/electronica-avanzada/electronica-universitaria/electronica-analogica/amplificador-diferencial/>
- ENDESAEDUCA. (2012). *Los generadores eléctricos*. Recuperado el 17 de diciembre del 2014: http://www.endsaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores
- Li, L. (2013). Cylindrical Li-ion Battery Pack. *Product Specification*. Xiangtan City, Hunan Province, China.

- Mcgraw-hill. (s.f). *Máquinas eléctricas rotativas*. Recuperado el 13 de diciembre del 2014: <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448127641.pdf>
- MECANESO. (2005). *Cadena - piñón*. Recuperado el 28 de enero del 2015: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_cadena-pinon.htm#utilidad
- Mondelo P. & Gregory E. (1999). *Ergonomía I fundamentos*. Barcelona. Ediciones UPC
- Nisbett, R. G. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México. McGRAW-HILL.
- PUNTOFAPE. (s.f). *La bicicleta elíptica*. Recuperado el 20 de noviembre del 2014: <http://www.puntofape.com/la-bicicleta-eliptica-737/#comments>
- Molina. (s.f). El diodo. Recuperado el 20 de enero del 2015: <http://www.profesormolina.com.ar/tutoriales/diodo.htm>
- RUTAANDINA. (2013). *Batería de plomo ácido industrial*. Recuperado el 01 de diciembre del 2014: <http://www.ventadebateriasindustriales.cl/category/bateria-de-plomo-acido-industrial/>
- Svendsli, O. J. (2003). Atmel's Self-Programming Flash Microcontrollers .
- TERRA. (2010). *Energía de propulsión humana en bibicleta*. Recuperado el 01 de octubre del 2014: <http://www.terra.org/categorias/articulos/energia-de-propulsion-humana-en-bicicleta>
- UCSF. (s.f). *Diabetes educación online*. Recuperado el 08 de diciembre del 2014: <http://dtc.ucsf.edu/es/la-vida-con-diabetes/dieta-y-nutricion/comprension-de-los-alimentos/>
- WORKING LANGUAGE . (2013). *Baterías*. Recuperado el 14 de diciembre del 2014: <http://working-language.blogspot.com/2013/05/ponerse-las-pilas.html>

LISTA DE REFERENCIAS CONSULTADAS

- BUCHMANN. (2001). *¿Las baterías Litio-Ion energizarán el nuevo milenio?*. Recuperado el 07 de diciembre del 2014: <http://www.buchmann.ca/article5-page1-spanish.asp>
- ECURED. (2015). *Baterías de Ni-Cd*. Recuperado el 12 de noviembre del 2014: http://www.ecured.cu/index.php/Bater%C3%ADas_de_Ni-Cd
- Li, L. (2013). *Cylindrical Li-ion Battery Pack. Product Specification*. Xiangtan City, Hunan Province, China.
- Nisbett, R. G. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México. McGRAW-HILL.
- NUTRICIÓN. (2012). *Metabolismo basal*. Recuperado el 05 de septiembre del 2014: <http://unpanutricion.blogspot.com/2012/12/metabolismo-basal.html>
- RUTAANDINA. (2013). *Batería de plomo ácido industrial*. Recuperado el 01 de diciembre del 2014: <http://www.ventadebateriasindustriales.cl/category/bateria-de-plomo-acido-industrial/>
- WORKING LANGUAGE . (2013). *Baterías*. Recuperado el 14 de diciembre del 2014: <http://working-language.blogspot.com/2013/05/ponerse-las-pilas.html>
- 100×100 FITNESS. (2010). *Bicicleta elíptica*. Recuperado el 20 de octubre del 2014: <http://www.100x100fitness.com/blog/bicicleta-eliptica/>
- ENDESAEDUCA. (2012). *Los generadores eléctricos*. Recuperado el 17 de diciembre del 2014: http://www.endsaeduca.com/Endesa_educarecursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores

ANEXOS

A. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Introducción.

Se realizará un manual de operación los cuales van a indicar los pasos a seguir para la manipulación de la máquina y obtener óptimos resultados, y siguiente a esto un manual de mantenimiento que tiene por objetivo conservar y preservar la vida útil de la máquina y sistema de carga.

Operación.

A continuación en la tabla A-1 se mostrará los parámetros a tomar en cuenta antes de poner en funcionamiento la máquina lo que impedirá que haya fallos y posibles daños del sistema.

Tabla A-1 Manual de operación
MANUAL DE OPERACIÓN

MANUAL DE OPERACIÓN	
ITEM	PROCEDIMIENTO
1	La máquina debe estar en un lugar plano.
2	Verificar que la máquina este perfectamente calibrada y sin ruidos.
3	Cerciorarse que el sistema de carga este correctamente conectado y comprobado.
4	Comprobar que no exista cruce entre las partes móviles y los cables del circuito.
5	Mediante una inspección visual, verificar que todo el sistema tenga la lubricación necesaria.
6	Confirmar que todos los tornillos y partes de sujeción estén ajustadas correctamente.
7	Iniciar la operación con precaución, tomando en cuenta posibles fallos.

Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

Mantenimiento general.

Para garantizar el funcionamiento efectivo y alargar la vida útil de la máquina, se presentará a continuación un plan de mantenimiento en el cual se priorizará las partes que generen desgaste.

Es importante y fundamental prestar mucha atención a los puntos presentados en la siguiente tabla, ya que de esta manera se aprovechará el rendimiento máximo a pesar del paso de tiempo que a la larga representará un ahorro económico por la omisión de cambio de piezas que puedan afectarse.

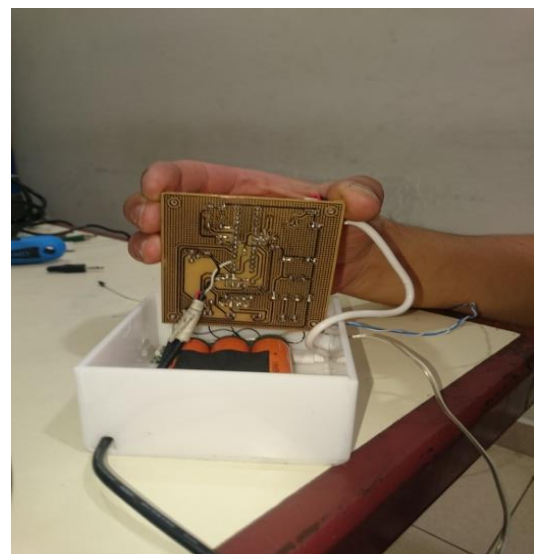
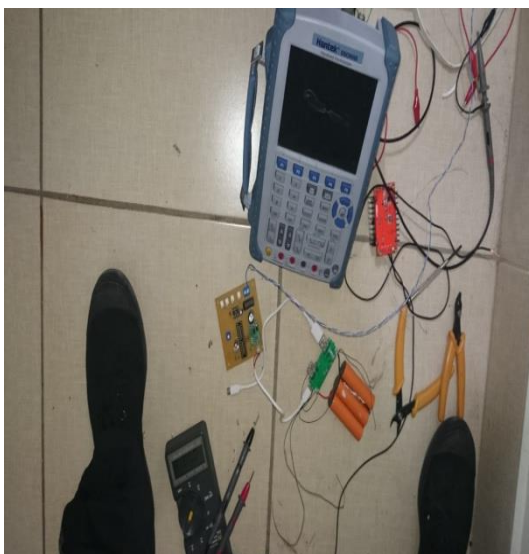
Tabla A-2 Manual de mantenimiento

MANUAL DE MANTENIMIENTO						
ITEM	ELEMENTO	FRECUENCIA				
		SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
1	Rodamientos eje pedales	-	-	-	Limpiar polvo y partículas extrañas	Lubricación por grasa
2	Cadena trasmisora de pedales y piñones	-	Revisar desgaste, deterioro o deformación	Lubricación por grasa	Revisar Ajuste de cadena	-
3	Cadena trasmisora a generador y piñones	-	Revisar desgaste, deterioro o deformación	Lubricación por grasa	Revisar Ajuste de cadena	-
4	Generador Eléctrico	-	Inspección visual del estado físico	-	-	Revisar cables de conexión a circuitos
5	Circuitos rectificador y cargador	-	-	-	Revisar cables de conexión a circuitos y soldaduras	-
6	Estructura de máquina elíptica	-	-	Inspección visual	Reajuste de todos sus elementos	Revisión de pintura

7	Eje y bujes del volante	-	-	Inspección visual de partes	-	Lubricación con Grasa
8	Cinta de fricción	Revisión de estado de desgaste	-	-	-	Cambio
9	Soporte de Pie derecho e izquierdo	-	-	Revisar ajuste de pernos de sujeción	-	-
10	Eje de bielas derecho e izquierdo	-	-	Revisar ajuste de pernos de sujeción	-	-
11	Banco de baterías	-	-	Inspección visual del estado físico	-	-
12	Suciedad	Limpieza de la máquina por polvo	-	-	-	-

Elaborado por: Andrés Ordoñez y Jesús Paidá

B. FOTOGRAFÍAS.



C. PLANOS