 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ITM

Facultad de Ingenierías

Ingeniería Electrónica



Proyecto de grado

**BICICLETAS ESTÁTICAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA
RENOVABLE.**

Preparado por

Diego Alejandro Arenas Tangarife

Camilo Estrada Castaño

Medellín, Colombia

2015

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**BICICLETAS ESTÁTICAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA
RENOVABLE.**

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Electrónico

Asesor

Juan Felipe Monsalve Posada

Ingeniero Electrónico

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ITM

FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA DE ELECTRÓNICA

MEDELLÍN-ANTIOQUIA

2015

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Las energías alternativas constituyen hoy en día un pilar fundamental para el desarrollo ambiental y económico de la población mundial, por eso, para este proyecto se desarrolló una bicicleta estática a partir de la cual se genera energía eléctrica de bajo costo y cero contaminación, con el objetivo de ser implementado en las instalaciones del gimnasio del Instituto Tecnológico Metropolitano, reduciendo la facturación del consumo de energía.

En la actualidad existen bicicletas generadoras de energía eléctrica para unidades de vivienda rural como sistema de energía sostenible, por esto, para ver la factibilidad de uso de este tipo de generación de energía en el ITM, se estudió la frecuencia de uso de las bicicletas, las revoluciones por minuto promedio generadas, costo del sistema, la eficiencia del generador, la potencia entregada, pérdidas de transmisión de energía en el cable utilizado, entre otros factores, también se evaluó la cantidad de energía eléctrica generada a través de las bicicletas estáticas, su forma de almacenamiento, estabilidad, porcentaje de eficiencia y aprovechamiento.

Como resultado del proyecto se logró abastecer 1 lámpara de 108W por un tiempo mínimo aproximado de 2 horas a través de la bicicleta con uso promedio de 3 horas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios por todo lo que nos ha permitido vivir a lo largo esta carrera y la vida.

A nuestros padres Gabriel Estrada, Isabel Castaño, Oscar Arenas e Isalia María Tangarife, abuelos Jorge Estrada y Ahydee Restrepo y familiares que permitieron que este proyecto de vida se volviera hoy una realidad.

A todas aquellas personas que estuvieron de principio a fin apoyándonos en este proyecto reconociendo a Laura Vanegas, Gonzalo Restrepo, Edison García y Adrián Cerón, quienes fueron participes y colaboradores de la tesis.

Al profesor Juan Felipe Monsalve, que gracias a su colaboración, instrucciones y asesorías, pudimos llevar a feliz término este trabajo de grado.

Al Instituto Tecnológico Metropolitano, por impartir en nosotros bases para el desarrollo personal y formarnos como profesionales en el área de la ingeniería electrónica, al GTA quien nos brindó el espacio para poder desarrollar el proyecto.

Por ultimo agradecemos a profesores, laboratoristas, amigos, entre otros que nos formaron y ayudaron a cumplir esta meta.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

A Amperio.

AD Ahorro diario.

Ah Amperio hora

AC Corriente alterna.

AM Ahorro mensual.

AWG American wire gauge (Calibre de alambre estadounidense).

CC Corriente continua.

CF Costo final diario.

CD Costo diario.

COP Peso colombiano.

Costo Costo Kilovatio Hora

DC Corriente directa.

GTA Grupo de trabajo académico.

H Hora.

Hz Hertz.

Im Corriente media.

IT Inversión total.

ITM Instituto tecnológico metropolitano.

KWh Kilovatio hora.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

L Librar inversión en meses

RPM Revoluciones por minuto.

PC Potencia consumida.

PM Potencia media.

PWM Modulación por ancho de pulso.

TUS Tiempo uso del sistema.

UPS Sistema de alimentación ininterrumpida.

VAC Voltaje en ac.

VDC Voltaje en dc.

V_m Voltaje medio.

W Wattio.

ω Frecuencia Angular.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	3
RECONOCIMIENTOS.....	4
ACRÓNIMOS	5
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABLAS.....	13
LISTA DE ECUACIONES.....	15
1. INTRODUCCIÓN	16
1.1 Objetivos 17	
1.1.1 Objetivo general.....	17
1.1.2 Objetivos específicos	17
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Bicicleta estática. 18	
2.2 Relación de poleas por fricción y cadena. 20	
2.2.1 Poleas mediante fricción.....	20
2.2.2 Sistema cadena piñón.	22
2.3 Generador eléctrico (Alternador y Dinamo). 23	
2.4 Reguladores. 25	
2.4.1 Regulador reductor.	26
2.4.2 Regulador elevador.....	26
2.4.3 Regulador reductor-elevador.	26

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.5 Bateria.	27
2.6 Conmutador.	28
2.7 Inversor	29
2.7.1 Transformador.	30
2.7.2 Transistores de potencia.....	31
3. METODOLOGÍA.....	32
3.1 Estudio de uso de las bicicletas del gimnasio	33
3.2 Estudios realizados (Núñez Rodríguez & Flórez Reyes, 2011)	33
3.3 Especificaciones de los elementos a usar	33
3.4 Datos teóricos	33
3.5 Diseño del conmutador e instalación de los elementos	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1 Frecuencia de uso de las bicicletas en el gimnasio:	34
4.2 Características de los elementos usados.	36
4.2.1 Bicicleta estática	36
4.2.2 Generador eléctrico (Alternador).....	38
4.2.3 Bateria.	41
4.2.4 Inversor.....	41
4.2.5 Conmutador.	45
4.2.6 Luminarias.	45
4.3 Desarrollo.	46
4.3.1 Diseño del conmutador y control.....	48
4.4 Carga y descarga de la batería.	54
4.4.1 Descarga de la batería.....	54

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.4.2 Carga de la batería	54
4.5 Potencia, eficiencia y pérdidas. 58	
4.5 Reducción de consumo energía y ahorro para la institución. 63	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS.....	70
ANEXOS	72
ANEXO A	72
ANEXO B	73
ANEXO C	75
ANEXO D	77
ANEXO E	78
ANEXO F	80
ANEXO G	81

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama general marco teórico	18
Figura 2. Relación de ruedas.	21
Figura 3. Sistema de cadena. Tomada de (Tecnología, s.f.).....	23
Figura 4. Partes del generador. Tomada de (htt1)	24
Figura 5. Regulador lineal. Imagen tomada de (Hart, 2001)	25
Figura 6. Regulador conmutado. Tomado de (Hart, 2001).....	25
Figura 7. a) esquema circuito. b) Equivalente del circuito cuando el interruptor está cerrado. c) Equivalente del circuito cuando el interruptor está abierto. Tomada de (Hart, 2001)	27
Figura 8. Diagrama de bloques del inversor.....	29
Figura 9. Transformador. Tomada de (transformador., s.f.)	30
Figura 10. Configuración de un transistor. Tomada de (Rashid, 2008)	31
Figura 11. Diagrama general metodología	32
Figura 12. Bicicleta estática usada.....	36
Figura 13. Plato del pedal.....	36
Figura 14. Piñón pequeño de la relación de cadena.	37
Figura 15. Llanta cromada.	38
Figura 16. Curva de rendimiento del alternador, proveído por el fabricante.....	39
Figura 17. Alternador.....	40

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 18. Partes alternador real.....	40
Figura 19. Batería usada.....	41
Figura 20. Inversor usado.	42
Figura 21. Partes inversor usado.	43
Figura 22. Onda AC modificada, en la salida del inversor.....	44
Figura 23. Mediciones de la Figura 22.	44
Figura 24. Conmutador.	45
Figura 25. Luminarias.....	46
Figura 26. Ensamble alternador a bicicleta.	47
Figura 27. Ensamble alternador a la bicicleta.....	47
Figura 28. Circuito de control.	48
Figura 29. Circuito de potencia.....	49
Figura 30. Pruebas etapas de control y potencia.	49
Figura 31. Diagrama de flujo de programa de control	51
Figura 32. Simulación del conmutador en proteus.	52
Figura 33. Pruebas del conmutador.	53
Figura 34. Gráfica descarga batería, voltaje vs tiempo	54
Figura 35. Gráfica carga de batería Voltaje vs Tiempo.	55
Figura 36. Gráfica del comportamiento de la corriente en estado de carga.	56
Figura 37. Toma de datos para carga de batería.	57
Figura 38. Sistema de generación de energía para carga de batería	58

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 39. Prueba con carga equivalente 108W.	58
Figura 40. Prueba con carga equivalente 108W.	59
Figura 41. Prueba con carga LED 10W.....	61
Figura 42. Diagrama de etapas del sistema y toma de datos	61
Figura 43. Anexo A. Carta préstamo bicicleta.	72
Figura 44. Diseño tarjetas de conmutación en EAGLE 6.5.0	75
Figura 45. Visualización 3D del tarjeta de conmutación en EAGLE 6.5.0	76
Figura 46. Hoja de datos Luminaria fluorescente.	78
Figura 47. Hoja de datos luminaria LED.....	79
Figura 48. Producto final.	80

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Promedio uso de bicicletas por persona en el gimnasio un día común... 34	34
Tabla 2. Horarios clases de spinning	35
Tabla 3. Especificaciones del Alternador	38
Tabla 4. Especificaciones del inversor.	42
Tabla 5. Revoluciones por minuto.	46
Tabla 6. Energía generada por usuario	57
Tabla 7. Fuerza aplicada para alimentar carga de 108W con el alternador (ideal).	59
Tabla 8. Fuerza aplicada por el usuario real.	60
Tabla 9. Fuerza aplicada por el usuario a carga de 10W ideal.....	60
Tabla 10. Fuerza que usuario ejerce para alimentar carga 10W real.....	60
Tabla 11. Potencia.	61
Tabla 12. Eficiencia del sistema.....	62
Tabla 13. Pérdidas teóricas por cada 5 metros de cable	62
Tabla 14. Pérdidas reales por cada 5 metros de cable.	62
Tabla 15. Ahorro presupuestado abasteciendo una luminaria.	64
Tabla 16. Ahorro presupuestado mensual y anualmente abasteciendo una luminaria.....	65
Tabla 17. Costo del conmutador diseñado.....	77

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 18. Costo total del proyecto..... 77

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	19
Ecuación 2.....	19
Ecuación 3.....	20
Ecuación 4.....	21
Ecuación 5.....	21
Ecuación 6.....	22
Ecuación 7.....	56
Ecuación 8.....	56
Ecuación 9.....	62
Ecuación 10.....	64
Ecuación 11.....	64
Ecuación 12.....	66

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento de la industria y la expansión urbana, la utilización de energía eléctrica se convierte en un elemento primordial, ya que esta subyace como pilar clave para el desarrollo social e industrial del país, y la forma convencional de generar esta, sea por medio de plantas nucleares o hidroeléctricas, traen consigo una serie de consecuencias que pueden desencadenar en problemas ambientales, sociales y en ocasiones económicos.

La utilización de energía eléctrica convencional trae consigo gastos que en ocasiones por cualquier motivo no se pueden subsanar, por lo que la empresa que brinda dicho servicio procede a cortar este ya que el generar, transportar y acoplar la energía eléctrica para el uso cotidiano tiene unos costos elevados de los cuales el usuario final debe pagar una parte.

El medio ambiente hoy por hoy no está pasando por uno de sus mejores momentos y esto se ve reflejado en muchas de las catástrofes ambientales que están ocurriendo en la actualidad, donde la generación de energía convencional hace su aporte a dicho daño, por eso es necesario buscar soluciones a este problema y es por medio de la generación de energía eléctrica no convencional que aparte de reducir costos económicos, es amigable con el medio ambiente.

A continuación podrá observar el desarrollo de la tesis de grado dividida en capítulos iniciando con el planteamiento de los objetivos a cumplir, siguiendo con el marco teórico, donde se evidencia todas las bases de justificación del proyecto, contiguo a este capítulo se encuentra la forma en la que se desarrolló el prototipo, realizando estudios y pruebas. En el capítulo cuarto observará los resultados de todo lo desarrollado y se finaliza concluyendo el trabajo realizado.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema generador de energía eléctrica renovable de bajo costo a partir de bicicletas estáticas, convirtiéndolas en generadoras eléctricas para la iluminación del gimnasio de la institución, contribuyendo al ahorro progresivo de los servicios públicos del Instituto Tecnológico Metropolitano.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analizar la frecuencia de uso de las bicicletas estáticas del gimnasio del ITM.
- Producir energía eléctrica AC a partir de bicicletas estáticas del gimnasio del ITM.
- Garantizar los voltajes y frecuencias necesarias para el correcto funcionamiento de los elementos de iluminación del gimnasio de la institución.
- Reducir consumo de energía eléctrica convencional en el gimnasio.

2. MARCO TEÓRICO

En la Figura 1, se presenta de forma condensada el contenido que se evidencia en el marco teórico.

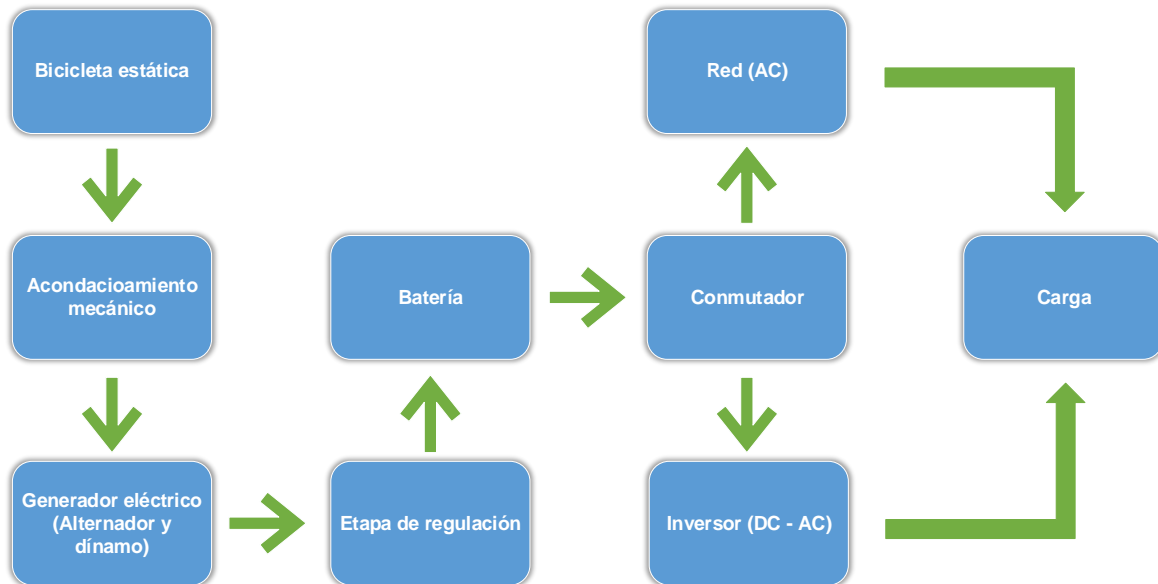


Figura 1. Diagrama general marco teórico

A continuación se hace una breve descripción de los elementos necesarios para el desarrollo de este proyecto.

2.1 Bicicleta estática.

La bicicleta estática hace parte de la gran variedad de equipos de gimnasia que se puede encontrar en un centro de entrenamiento físico. El funcionamiento de estas bicicletas, consiste en dar un impulso a un pedal generado por una persona, y pensando en que esta última no haga el esfuerzo en vacío la bicicleta maneja un freno interno, lo que permite generar una fricción y por este fenómeno, obtener una cantidad de calorías quemadas por el individuo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Estudios realizados anteriormente, indican que un individuo en una bicicleta puede generar una potencia promedio de 270W a 400W. (Núñez Rodríguez & Flórez Reyes, 2011).

El torque generado en un pedaleo se da mediante la siguiente Ecuación 1:

$$T = F * d \qquad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

T: Par

F: Fuerza

d: Distancia

(Núñez Rodríguez & Flórez Reyes, 2011) Realizaron estudios indicando que una persona de edad y estado físico promedio, puede generar una fuerza aproximadamente de 294,3 N.

Ahora bien, para tener un promedio de la potencia media generada por el individuo, se tiene la Ecuación 2.

$$Pm = T * \omega \qquad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

Pm: potencia media

ω: frecuencia angular

La frecuencia angular, será hallada mediante el estudio realizado en el gimnasio y tomando un promedio de las revoluciones por minuto generadas durante un tiempo de spinning con un tacómetro.

Para determinar la velocidad angular, se hallan las revoluciones por minuto teniendo en cuenta la Ecuación 3.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$1rps = 6.2832rad/seg$$

Ecuación 3

2.2 Relación de poleas por fricción y cadena.

Constantemente la mecánica, se ve forzada a transmitir movimiento desde donde es generado hasta donde se necesita aplicar. Para ellos se han creado diferentes técnicas y formas de ser trasladado tanto en sentido de giro, fuerza y velocidad. (Shigley, 1985).

2.2.1 Poleas mediante fricción.

Este sistema consiste en dos ruedas con sus ejes en paralelo, lo cual permite transferir el movimiento mientras los perímetros de ambas se encuentren en contacto directo y permanente.

Esta técnica permite transferir movimiento mientras este no necesite de mucha fuerza y simplemente sea un giro ligero de un elemento final. Por lo dicho anteriormente, en esta técnica la fuerza no es su mayor fortaleza y además no se puede modificar el sentido de giro, ya que la rueda conductora invierte el giro en la rueda conducida, pero lo más importante en esta técnica es la velocidad la cual si puede ser modificada dependiendo de la necesidad.

La velocidad de estas se rige de la siguiente manera:

- ✓ Si la rueda conductora es de igual diámetro que la rueda conducida, la velocidad será la misma.
- ✓ Si la rueda conductora es de mayor diámetro que la rueda conducida, la velocidad aumenta.
- ✓ Si la rueda conductora es de menor diámetro que la rueda conducida, la velocidad disminuye.

Lo anterior se puede comprobar mediante la Figura 2.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

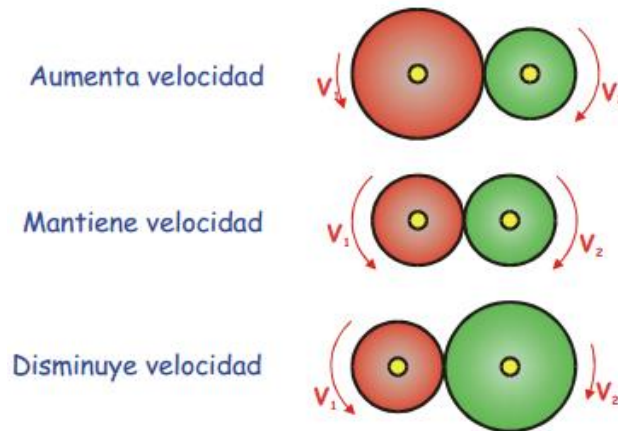


Figura 2. Relación de ruedas.

La forma para determinar la velocidad o el diámetro entre las ruedas está dada por la Ecuación 4.

$$D1 * N1 = D2 * N2 \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

$D1 =$ Diámetro rueda conductora.

$D2 =$ Diámetro rueda conducida.

$N1 =$ Vueltas rueda conductora.

$N2 =$ Vueltas rueda conducida.

Por lo anterior tenemos la Ecuación 5.

$$N2 = \frac{D1}{D2} * N1 \quad \text{Ecuación 5}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.2.2 Sistema cadena piñón.

Este sistema consta de 3 partes, dos piñones dentados y una cadena sin fin, la cual engrana en los dos anteriores. Lo que hace es transmitir el movimiento giratorio entre ejes paralelos, obteniendo velocidad pero no cambio en el sentido de giro.

En este sistema se cumplen similarmente los cálculos matemáticos realizados para determinar la velocidad de las ruedas por fricción, simplemente cambiando el diámetro por el número de dientes que tiene cada piñón como se observa en la Ecuación 6.

$$N2 = \frac{Z1}{Z2} * N1 \qquad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

$Z1 = \# \text{ dientes piñón conductor.}$

$Z2 = \# \text{ dientes piñón conducido.}$

$N1 = \text{Vueltas rueda conductora.}$

$N2 = \text{Vueltas rueda conducida.}$

Este sistema es bastante seguro, pues la firmeza que presenta la cadena ajustada a los piñones puede evitar el deslizamiento de estos y tener mayor fuerza y mayor eficiencia que en un sistema de fricción o poleas. En la Figura 3 podemos apreciar el sistema de manera simple.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

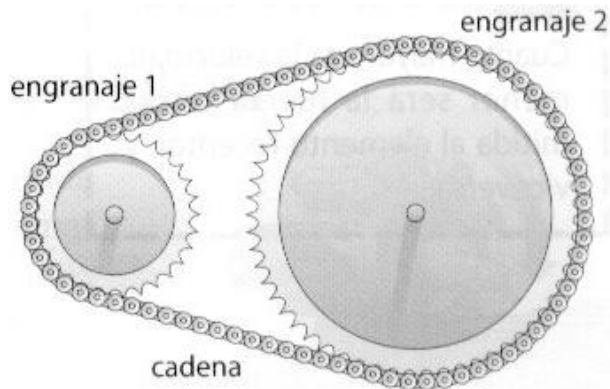


Figura 3. Sistema de cadena. Tomada de (Tecnología, s.f.)

2.3 Generador eléctrico (Alternador y Dinamo).

“Los generadores síncronos o alternadores son máquinas síncronas utilizadas para convertir potencia mecánica en potencia eléctrica AC”. (Chapman, 2000)

Aplicando al rotor del generador un par mecánico y una corriente de excitación DC, se produce un campo magnético rotacional dentro de la máquina, generando una tensión en los devanados del estator. Los generadores eléctricos, entregan la tensión en AC.

Los principales elementos de un generador, son el rotor y el estator.

El rotor como su nombre lo indica es donde se ejerce el par mecánico y el estator es el inducido por el campo electromagnético que genera el rotor. Adicionalmente maneja partes mecánicas como se puede observar en la Figura 4.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

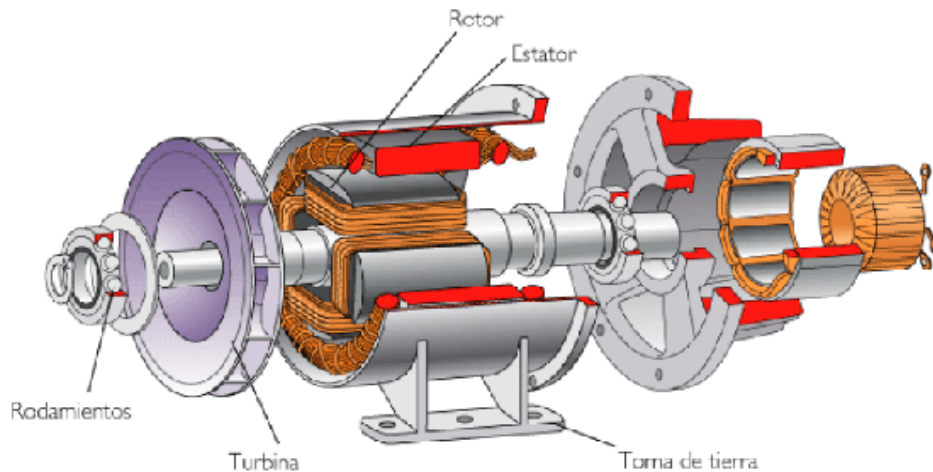


Figura 4. Partes del generador. Tomada de (htt1)

Un generador DC o también llamado Dinamo, es al igual que el caso anterior, un productor de energía eléctrica como reacción a la inducción de una energía mecánica.

(Chapman, 2000) Afirma que existen 5 tipos principales de generadores DC:

- ✓ Generador de excitación separada. El flujo de campo se obtiene de una fuente de potencia separa del generador.
- ✓ Generador en derivación. El flujo de campo se obtiene conectando el circuito de campo directamente a través de los terminales del generador.
- ✓ Generador serie. El flujo de campo se produce conectando el circuito de campo en serie con el inducido al generador.
- ✓ Generador compuesto acumulativo. Están presentes tanto un campo en derivación como un campo en serie, y sus efectos son aditivos.
- ✓ Generador compuesto diferencial. Están presentes tanto un campo en derivación como un campo en serie, pero sus efectos se restan.

Para concluir este punto de generadores eléctricos, regularmente son usados los generadores o alternadores en AC por su facilidad de adquisición y bajo costo en el mantenimiento, en cuanto a los dinamos o generadores DC, requieren un mantenimiento más constante, lo cual se torna costoso. (Shigley, 1985)

2.4 Reguladores.

Los reguladores, son elementos electrónicos usados generalmente en dispositivos electrónicos comerciales, exactamente en las fuentes reguladas de alimentación en su interior. Lo que pretende este componente, es mantener un nivel de voltaje o tensión fijo en la salida ante posibles variaciones en su entrada.

Existen reguladores lineales y su funcionamiento es básico. Consiste en tener un transistor funcionando en estado lineal y se comporta como si fuese una resistencia variable, la descripción grafica la encontramos en la Figura 5.

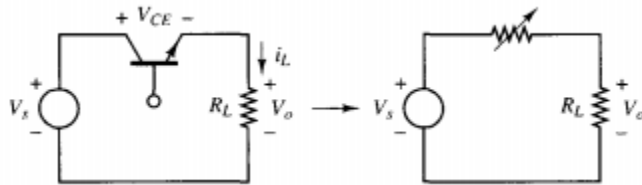


Figura 5. Regulador lineal. Imagen tomada de (Hart, 2001)

Además también existen los reguladores conmutados, “Una alternativa más eficiente al regulador lineal es el convertidor conmutado. En un convertidor conmutado, el transistor funciona como un interruptor electrónico, al estar completamente activado o completamente desactivado”. (Hart, 2001)

En este tipo de reguladores, el transistor funciona en región de saturación comportándose como un interruptor automático como se muestra en la Figura 6.

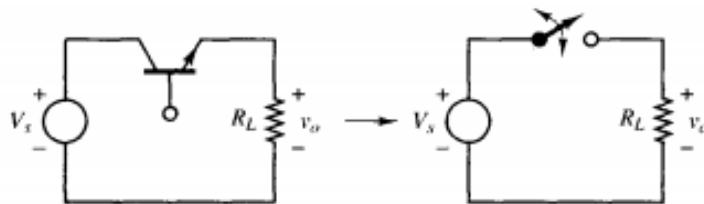


Figura 6. Regulador conmutado. Tomado de (Hart, 2001)

Dependiendo del uso que se requiera existen algunas configuraciones y tipos de reguladores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4.1 Regulador reductor.

“En un regulador reductor, el voltaje promedio de salida V_a , es menor que el voltaje de entrada, V_s , dc ahí la palabra “reductor”.” (Rashid, 2008).

El regulador reductor pretende reducir una salida de un voltaje continuo puro, sin tener variaciones.

Al solo usar un transistor, es altamente eficiente, 90%. La corriente de entrada no es continua y casi siempre se debe usar un filtro para suavizar la entrada. (Rashid, 2008).

2.4.2 Regulador elevador.

Un regulador elevador, efectúa el proceso inverso al anterior, pues a la entrada se aplica un voltaje inferior al que se desea obtener en la salida. De igual modo, se busca con este dispositivo obtener un voltaje fijo en la salida sin importar si se tienen variaciones pequeñas en la entrada.

“Debido a que solo tiene un transistor, su eficiencia es alta. La corriente de entrada es continua”. (Rashid, 2008).

En algunas ocasiones el voltaje en la salida puede ser algo difícil de estabilizar.

2.4.3 Regulador reductor-elevador.

Este tipo de regulador, puede cambiar su magnitud de tensión en la salida, siendo esta última mayor o menor que la tensión de entrada. Es también llamado regulador inversor ya que tiene polaridad inversa al voltaje de entrada. El montaje básico de este regulador se podrá encontrar en la Figura 7.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

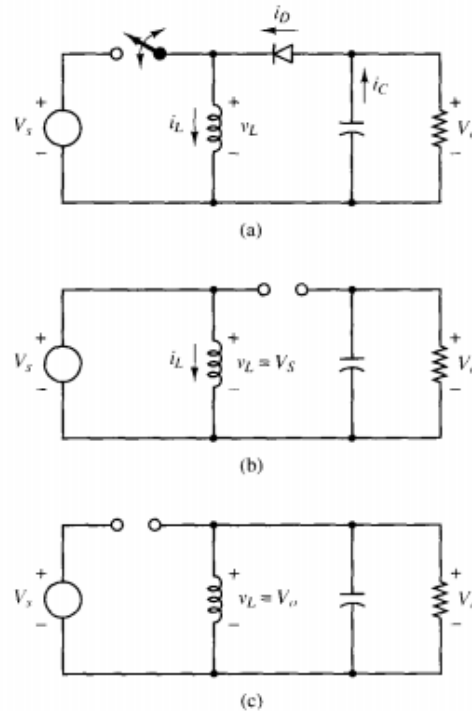


Figura 7. a) esquema circuito. b) Equivalente del circuito cuando el interruptor está cerrado. c) Equivalente del circuito cuando el interruptor está abierto. Tomada de (Hart, 2001)

2.5 Batería.

“Las baterías son generadores portátiles que convierten la energía química en eléctrica, liberan esta energía como corriente continua de forma controlada. Por esto se denominan acumuladores, ya que acumulan energía.” (Bernal, 2005).

Las baterías en su composición esencialmente contienen celdas electrolíticas, que son dos placas metálicas de metales diferentes, llamadas cátodo y ánodo. Estas dos placas están separadas entre sí por una solución iónica, que es el medio conductor de los electrones; generalmente esta solución es una mezcla de agua y ácido sulfúrico que actúa como electrolito, sustancias que conducen la electricidad. Las placas electrolíticas liberan electrones que cuando transitan entre la solución crean electricidad. Para mejorar la construcción y la reacción química que se produce en la batería se utilizan otros materiales como plomo, cadmio,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

papel o cartón e igualmente el mercurio que absorbe impurezas para mejorar la seguridad y funcionamiento de la batería.

Lo que sucede dentro de la batería fundamentalmente es un flujo de corriente de electrones, ya que se produce una reacción de óxido-reducción, esto se da por medio de que una de las placas se oxida y la otra se reduce; en consiguiente una recibe los electrones que la otra cede. Cuando se produce esta reacción permite que la energía no se consuma del todo ni se pierda, sino que solo cambia su estado de oxidación.

Igualmente las placas electrolíticas nos presentan la polaridad en la batería; debido a que tenemos un lado positivo o ánodo y un lado negativo o cátodo. El cátodo en comparación con el ánodo nos presenta un potencial menor, por ende es la fuente primaria de emisión de electrodos en la batería.

Estas dos placas permiten que los iones se muevan entre los electrodos, facilitando que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo su función, producir energía eléctrica.

En este proyecto la función de las baterías será la de almacenar la energía eléctrica que permita el correcto funcionamiento de las luminarias del gimnasio del ITM en el momento en que las bicicletas no estén siendo utilizadas, ya una vez estas entren en funcionamiento las baterías se cargarán nuevamente para cumplir su ciclo de trabajo de manera eficiente y constante.

2.6 Conmutador.

Este dispositivo es conocido en el mundo electrónico, porque permite desviar el flujo de la corriente por un camino distinto al regular. Lo que realmente hacen, es desconectar un circuito alimentado por este y conectar otro en un momento determinado.

2.7 Inversor

Un inversor es un convertidor de corriente continua (DC o CC) a corriente alterna (AC). Su función, a partir de una entrada de DC variable o no, es llegar a obtener en la salida del dispositivo, un voltaje AC con la magnitud y la frecuencia que se requiere, además para que sea el idealmente deseado debe ser sinusoidal.

La forma de onda sinusoidal, se genera a partir de un oscilador, generalmente es un PWM y este a su vez activa unos transistores (tipos IGBT, BJT, MOSFET, MCT, SIT, GTO) los cuales son de activación y desactivación controlada y son los encargados de formar la onda cuadrada, para luego mediante un arreglo de condensadores y bobinas lograr obtener en la salida una forma de onda sinusoidal con algunos armónicos pero lo más similar a la ideal.

Para el proyecto que se desarrolló, se debe tener una onda sinusoidal con un voltaje de 120 VAC y frecuencia de 60 Hz. En la Figura 8, encontrada a continuación, se puede observar las etapas de transformación de voltaje DC a voltaje AC mediante el inversor. (Stzelecki, Gdynia Maritime Univ, Jarnut, & Benysek, 2007).

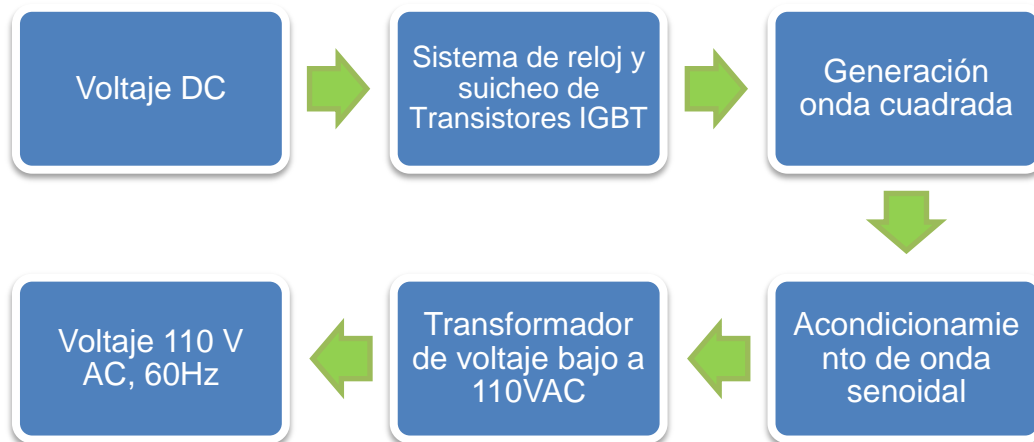


Figura 8. Diagrama de bloques del inversor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.7.1 Transformador.

Dice (Chapman, 2000), “*Un transformador es un dispositivo que cambia potencia eléctrica alterna de un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna a otro nivel de voltaje mediante la acción de campo magnético*”

Esta máquina eléctrica, es estática y consta de dos devanados denominados primario y secundario, dependiendo el lugar de conexión de la fuente (primario).

Existen dos tipos de construcción, tipo núcleo o columna y tipo acorazado. También se pueden especificar de acuerdo a la clasificación (Transformador de unidad hasta 400KV, transformador de subestación hasta 34,5KV y transformador de distribución hasta 380V).

El funcionamiento del transformador está dado por la inducción electromagnética, y al aplicar una fuerza electromotriz en el devanado primario, con una magnitud y sentido de corriente definidos, produce un flujo magnético en el núcleo, lo que generara una inducción de fuerza electromotriz en el devanado del secundario, dependiendo de la cantidad de espiras que haya en este último. En la Figura 9, se observa la forma física de un transformador.

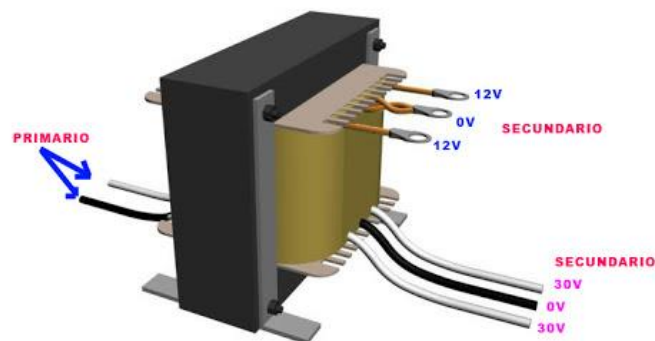


Figura 9. Transformador. Tomada de (transformador., s.f.)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.7.2 Transistores de potencia.

Los transistores de potencia son usados básicamente en la región de saturación, activándolo como switch o conmutación, controlando la activación y desactivación con una velocidad mayor a la de los tiristores, es por esto que los tiristores forzados, se van reemplazando por los transistores de potencia.

Un transistor, está formado por dos diodos np o pn como lo muestra la Figura 10.

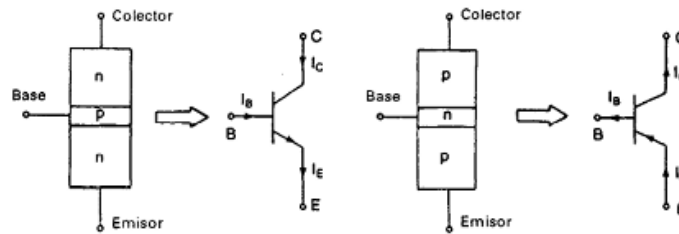


Figura 10. Configuración de un transistor. Tomada de (Rashid, 2008)

Transistor BJT, dice (Rashid, 2008) “Un transistor de juntura es un dispositivo controlado por corriente, que requiere de corriente de base para controlar el flujo de corriente del colector”.

Transistor MOSFET, A diferencia del BJT, es activado por voltaje y solo necesita de una diminuta corriente de entrada. Los tiempos de conmutación son del orden de los nanosegundos.

Transistores IGBT, (Hart, 2001) “Los IGBT combinan las ventajas de los BJT y de los MOSFET. Un IGBT tiene una alta impedancia de entrada, al igual que los MOSFET, y bajas pérdidas de conducción en estado activo, como los BJT”.

3. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta un diagrama para representar los pasos que se llevarán a cabo para realizar el presente trabajo de grado. (Ver Figura 11).

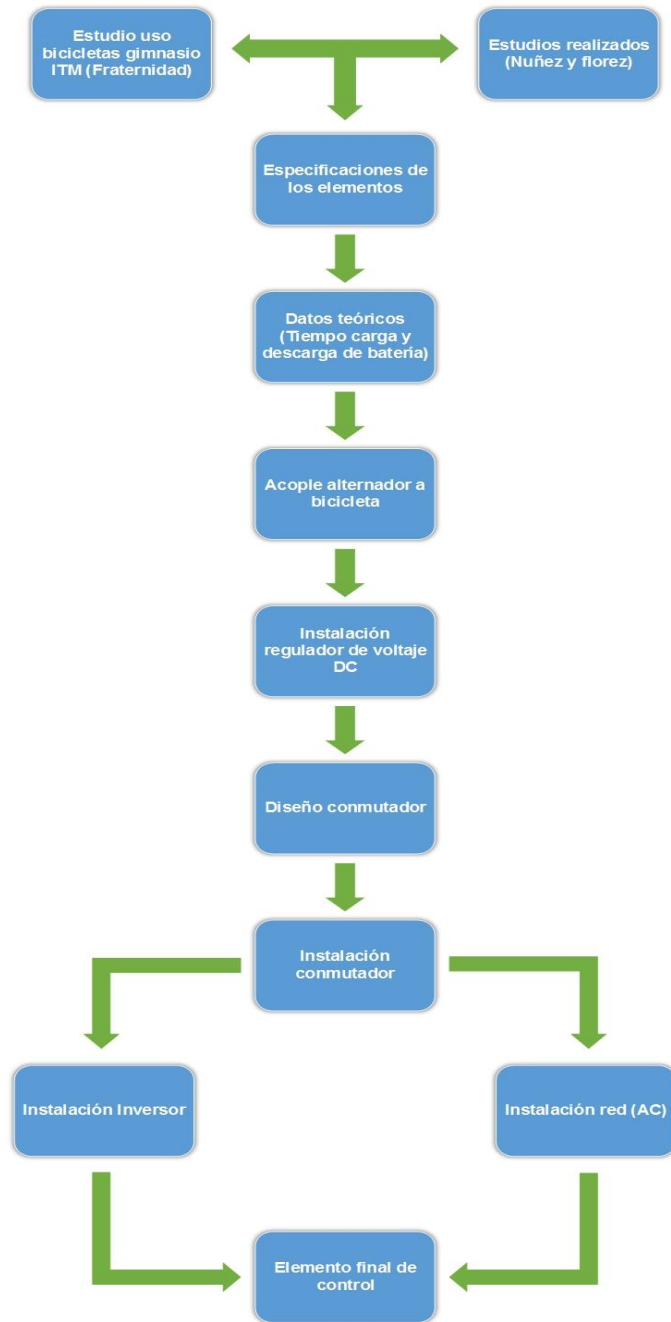


Figura 11. Diagrama general metodología

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.1 Estudio de uso de las bicicletas del gimnasio

Se realizó un estudio de uso de las bicicletas en el gimnasio del ITM Fraternidad, para obtener un promedio de tiempo por persona que realiza ejercicio. Adicional a esto fue pertinente tener el dato de que tanta demanda había para el uso de estos elementos.

3.2 Estudios realizados (Núñez Rodríguez & Flórez Reyes, 2011)

Los datos anteriormente registrados en el marco teórico, indicaron puntos realmente importantes para el desarrollo y obtención de nuevos datos en este proyecto.

3.3 Especificaciones de los elementos a usar

Anteriormente en el marco teórico, se describieron de manera general los elementos que se deben usar en este proyecto, sin embargo es bueno resaltar los elementos reales y adquiridos para el desarrollo.

3.4 Datos teóricos

Se realizan cálculos teóricos de tiempo de carga y descarga de la batería para poder tener un aproximado de los resultados finales, reducción de costos y de consumo en los servicios públicos y potencia entregada.

3.5 Diseño del conmutador e instalación de los elementos

Se diseñó el conmutador para hacer el intercambio necesario entre la red convencional y el funcionamiento del inversor. Seguidamente se hace la instalación de los equipos pertinentes de la siguiente manera:

Se coloca el alternador en un punto estratégico para buscar la mejor eficiencia posible, seguidamente se ubica la batería y esta alimenta el circuito conmutador, el cual determina si debe funcionar el inversor o la red AC para alimentar la carga que es una lámpara.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta los resultados obtenidos, teniendo en cuenta que cada sección hace referencia al cumplimiento de un objetivo específico, que conlleva a culminar el objetivo general.

4.1 Frecuencia de uso de las bicicletas en el gimnasio:

Se realizó una visita al gimnasio del ITM sede fraternidad, para determinar un promedio de uso de las bicicletas estáticas allí presentes, el cual se encuentra en la Tabla 1.

Tabla 1. Promedio uso de bicicletas por persona en el gimnasio un día común.

Persona #	Hora inicio	Hora fin	Tiempo de uso	Veces por semana	Bicicleta
1	8:30	8:52	0:22:00	4	6
2	8:50	9:10	0:20:00	2	1
3	8:53	9:37	0:44:00	3	10
4	9:01	9:17	0:16:00	3	21
5	9:06	9:25	0:19:00	0	6
6	9:18	9:35	0:17:00	4	8
7	9:29	9:34	0:05:00	2	25
8	9:50	10:02	0:12:00	4	8
9	9:52	10:14	0:22:00	4	10
10	9:58	10:08	0:10:00	5	9
11	10:03	10:32	0:29:00	Primer vez	5
12	10:04	10:24	0:20:00	3	1
13	10:08	10:11	0:03:00	3	26
14	10:12	10:18	0:06:00	3	8
15	10:15	10:21	0:06:00	3	3
16	10:16	10:29	0:13:00	2	6
17	10:21	10:42	0:21:00	3	9
18	10:23	10:36	0:13:00	3	3
19	10:25	10:32	0:07:00	3	8

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO		Código	FDE 089
			Versión	03
			Fecha	2015-01-22

20	10:25	10:32	0:07:00	3	16
21	10:35	10:57	0:22:00	4	6
22	10:40	10:52	0:12:00	3	8
23	10:40	10:54	0:14:00	3	4
24	10:41	11:00	0:19:00	3	12
25	10:41	11:08	0:27:00	0	5
Tiempo promedio de uso	0:16:14				

Siempre, previo al entrenamiento muscular que se realiza en las máquinas, para fortalecer o aumentar la masa muscular, se debe realizar un calentamiento, el cual se realiza generalmente en las bicicletas estáticas o caminadoras. En el gimnasio de la Institución solo se encuentran bicicletas estáticas, así que por ello se confía en el uso de estas, que permitirá la generación de energía eléctrica alternativa.

A parte de esto, en los cronogramas del gimnasio se encuentran los horarios en los cuales se realizan sesiones de spinning con una duración aproximada de 50 minutos, mejorando la confiabilidad de uso de las bicicletas estáticas.

Tabla 2. Horarios clases de spinning

Clases de spinning	
Lunes	12:30pm
Martes	12:30pm 6:30pm
Miércoles	12:30pm
Jueves	6:30pm

En los horarios del día hay un promedio de uso de 10 bicicletas estáticas, y en las sesiones de la tarde un uso de 23 bicicletas.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2 Características de los elementos usados.

4.2.1 Bicicleta estática

La bicicleta estática fue prestada por la institución universitaria, para el desarrollo del proyecto (ver Figura 12).



Figura 12. Bicicleta estática usada.

Se identificaron algunas partes importantes de esta, para realizar algunos cálculos.



Figura 13. Plato del pedal.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

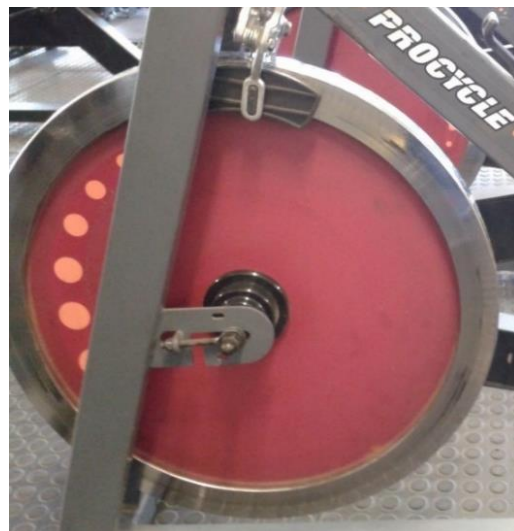
En la Figura 13, se observa el plato principal del pedal y el engranaje de la cadena. Este hace mover el piñón de la Figura 14 y a su vez la llanta cromada de la Figura 15.

Se puede observar en la Figura 13 que el piñón (plato), posee 54 dientes.



Figura 14. Piñón pequeño de la relación de cadena.

En la Figura 14, se aprecia el piñón pequeño, este tiene solo 16 dientes, mucho menos que los que tiene el piñón de la Figura 13, lo cual genera una relación de 27:8.



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 15. Llanta cromada.

La Figura 15, muestra la llanta que mueve el piñón pequeño, esta tiene un diámetro de 49cm.

4.2.2 Generador eléctrico (Alternador).

Se usa un alternador de vehículo para realizar la generación de energía eléctrica, debido a que el sistema de alternador requiere de menos revoluciones por minuto para generar energía, adicional es bastante económico, no se desgasta y no requiere tanto mantenimiento en comparación con un dínamo. Este alternador, tiene las especificaciones que se muestran en la Tabla 3 y la gráfica de respuesta representada en la Figura 16 a continuación.

Tabla 3. Especificaciones del Alternador

Descripción: 12V, 70A, NEG	Unidades	Magnitud
Maximun Alternator Output	Amps	93
Maximun Output Power	Watts	1191
Voltage Set Point	Volts	14,5
Leakage Current	mAmps	0,44
Ripple Current	Amps	18
Alternator Turn On Speed	RPM	1700
Regulator Activation Speed	RPM	0
Lamp Style		Inactive
Lamp Type		Standard
Output Current at 1600 RPM	Amps	33
Output Current at 1800 RPM	Amps	44
Output Current at 2000 RPM	Amps	54
Output Current at 2400 RPM	Amps	67
Output Current at 3500 RPM	Amps	84
Output Current at 5000 RPM	Amps	91
Output Current at 6000 RPM	Amps	93
Output Current at 0 RPM	Amps	0

En la Figura 16, se observa la curva de rendimiento del alternador y una aproximación de la corriente entregada por una determinada cantidad de revoluciones por minuto con una carga constante.

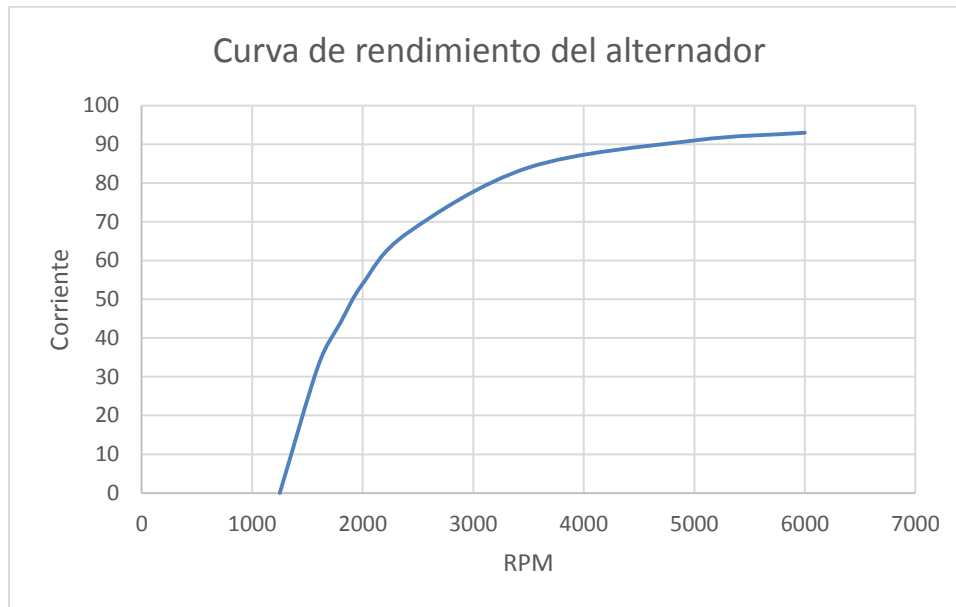


Figura 16. Curva de rendimiento del alternador, proveído por el fabricante.

En Figura 17, se puede apreciar la forma física del alternador que se usa para el proyecto, adicional, en el rotor dispone una polea con un diámetro de 7 cm, la cual fue vulcanizada para evitar deslizamiento y generar mejor fricción al momento de acoplarla a la bicicleta estática.



Figura 17. Alternador

En las figuras (ver Figura 18) siguientes se mostrará las partes más importantes un alternador real.

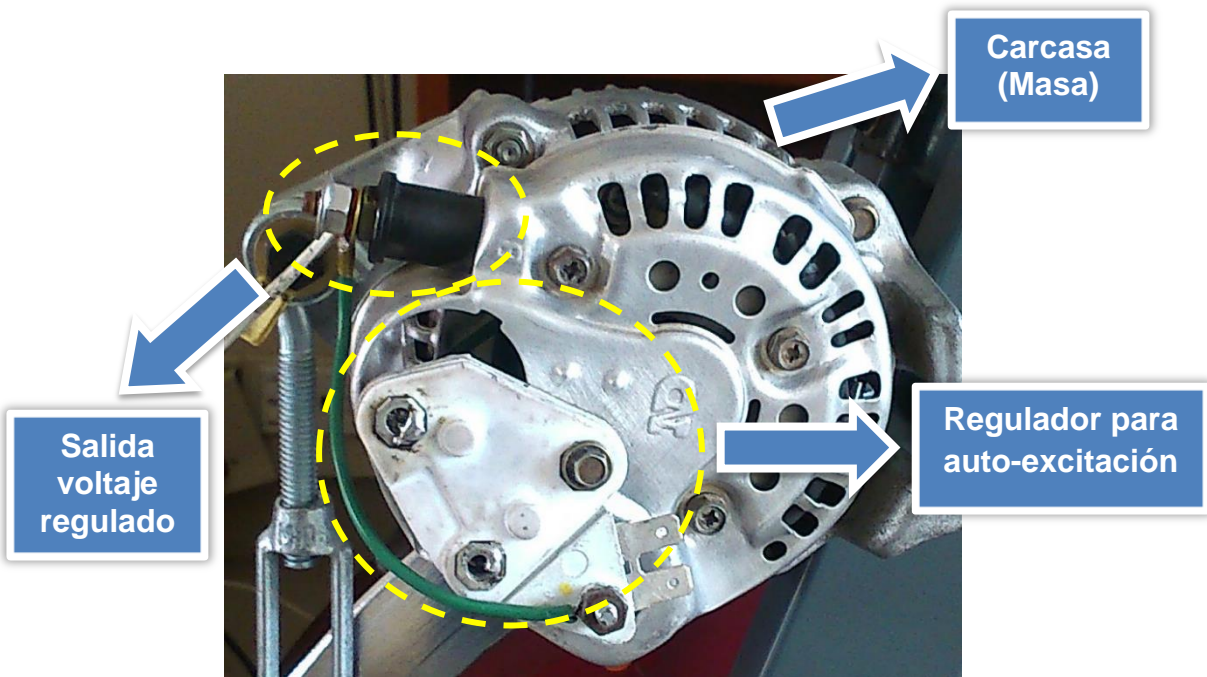


Figura 18. Partes alternador real.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.3 Batería.

La batería adquirida para el desarrollo del proyecto, se muestra en la Figura 19. Se determinó usar una batería de 12V, 45 Ah debido a la buena potencia (540W) que esta puede entregar a la carga.



Figura 19. Batería usada.

4.2.4 Inversor.

El inversor utilizado para el desarrollo del proyecto, es un inversor de 300W, e invierte de 12Vdc a 110Vac. Las especificaciones se pueden observar en la Tabla 4 y la forma física en la Figura 20.

Se escoge el inversor con estas características teniendo en cuenta que una persona en una hora de pedaleo puede generar 300W, por lo que se puede evitar pérdidas de potencia, adicional su costo era muy cómodo (\$75.000).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 4. Especificaciones del inversor.

Características del inversor	
Model	C300W
Rated Power	300VA
Max Power	600VA
Conversion Efficiency	>=90%
Input Voltage	12V or 24V
Low Voltage Range	12V (10V±0.5V) 24V(20V±0.5V)
High Voltage Range	12V (15V±0.5V) 24V(30V±0.5V)
Overheat Range	60°C ±20%
Output Voltage	(220V±10% or 110V±10%) Changeable
Output Frequency	(50Hz±3Hz / 60Hz ±3Hz)
Output Waveform	Modified Sine Wave
Input Voltage (Charge)	AC 110V-240V
Output Voltage(Charge)	13.8V±10%
Output Currente (Charge)	10A-40 ^a
Dimension [mm]	140*87*47
Weight [Kg]	0.64

El inversor es versátil y su funcionamiento es óptimo para la carga que se le pondrá (luminarias).



Figura 20. Inversor usado.

Anteriormente se describieron las partes esenciales para el funcionamiento de un inversor, en la Figura 21. Se muestra las etapas del inversor utilizado para el proyecto.

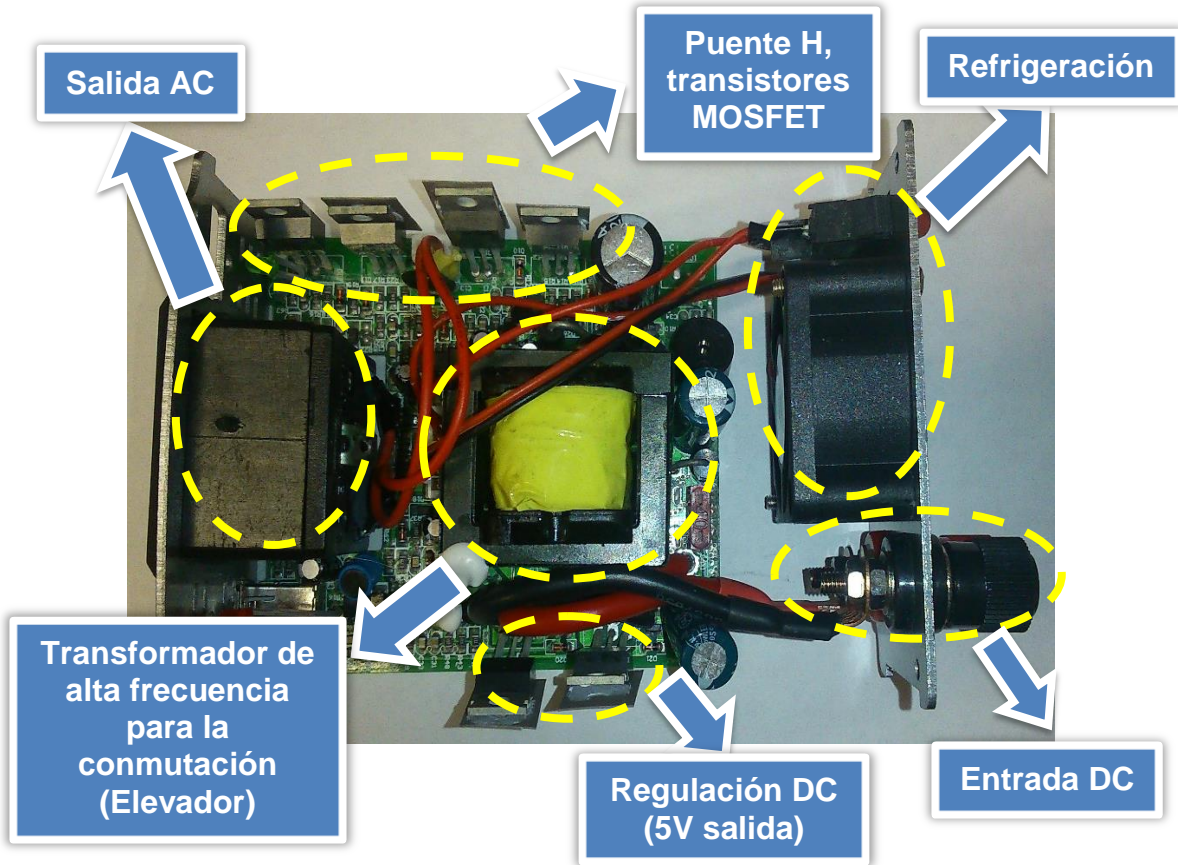


Figura 21. Partes inversor usado.

Se realizó pruebas al inversor para obtener la forma de onda generada por este y poder verificar que las características dadas por su fabricante sirven para su utilización en el proyecto. Ver Figura 22 y Figura 23.

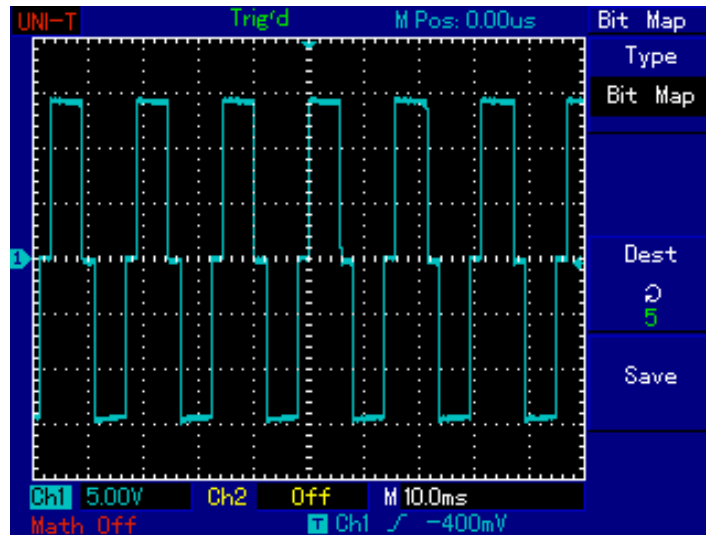


Figura 22. Onda AC modificada, en la salida del inversor.

En la Figura 22, se observa la onda sinusoidal modificada, esta es una onda cuadrada que aumenta y disminuye el ancho de pulso según sea el voltaje entrada, y en la Figura 23 las características de esta señal. Así se comprueba que se aplica sin problemas a las luminarias que se usan en proyecto.



Figura 23. Mediciones de la Figura 22.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.5 Conmutador.

El conmutador que se usa en el sistema de la bicicleta generadora, es un control de autoría propia, diseñado para que funcione según el estado de la batería y el generador, determinando si deben estar las iluminarias conectadas a la red convencional o a la tensión entregada por el inversor. En 484.3.1 Diseño del conmutador y control. Se encuentra el desarrollo de este. (Ver Figura 24).



Figura 24. Conmutador.

4.2.6 Luminarias.

Las luminarias ubicadas en el gimnasio, constan de 2 tubos, cada uno consume una potencia de 54W, por lo tanto la luminaria completa está consumiendo 108W hora. (Ver Figura 25).



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 25. Luminarias

4.3 Desarrollo.

Se conoce que una persona promedio, puede generar entre 80 y 120 rpm ejercitándose en una bicicleta estática, adicional se tiene los datos de las relaciones de la cadena y de los diámetros de las poleas, por lo tanto los cálculos realizados para determinar la velocidad a la cual el alternador está girando son tomados básicamente de la Ecuación 5 y la Ecuación 6, obteniendo así la

Tabla 5.

Tabla 5. Revoluciones por minuto.

Revoluciones por minuto generadas por una persona			
RPM pedal	RPM piñón	RPM llanta	RPM alternador
80	270	270	1890
100	337,5	337,5	2362,5
120	405	405	2835
Pedal = 54 dientes			
Piñón = 16 dientes			
Llanta = 49 cm			
Polea = 7 cm			

Los valores obtenidos en rpm en el alternador, permiten saber si este puede o no generar electricidad. Como estos valores sobrepasan el nivel en el que el alternador empieza a generar (ver Figura 16), podemos afirmar que la energía cinética se convertirá en energía eléctrica.

Para continuar el desarrollo del proyecto, se hace el ensamble del alternador a la bicicleta, apoyando la polea vulcanizada sobre la llanta cromada para generar fricción, ya que no se usa correa. (Obsérvese la Figura 26 y Figura 27).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 26. *Ensamble alternador a bicicleta.*

En la Figura 27, se puede apreciar un tensor tipo tornillo, con el cual se ejerce una presión hacia abajo obteniendo como resultado una mejor fricción entre la polea del alternador y la llanta de la bicicleta, adicional, este se puede graduar en momentos en que la polea sufra desgaste por el uso.



Figura 27. *Ensamble alternador a la bicicleta.*

Para que el alternador empiece a generar, se debe aplicar un voltaje de excitación, el cual se obtiene desde la misma batería conectada en paralelo. Este voltaje es

llevado a un sistema de control, donde se realiza la conmutación y se determinara en qué estado debe estar funcionando.

El alternador debe cargar una batería, la cual será la fuente energética que alimentara un circuito conmutador (control) y el inversor para la generación de energía eléctrica AC.

4.3.1 Diseño del conmutador y control.

En el proyecto, la función del conmutador, es activar y desactivar el trabajo realizado por el inversor, teniendo en cuenta que la carga no debe dejar de recibir corriente, por lo que en el momento que el inversor deje de funcionar, la red convencional entra a suplir la carga sin que esta lo note.

El conmutador se lleva a cabo mediante un microcontrolador PIC16f1827, donde se definen 3 casos que son comparados mediante el conversor análogo a digital y en contraprestación, este determina que dispositivo funciona.

En la Figura 28, se puede apreciar las partes y los componentes del circuito de control.

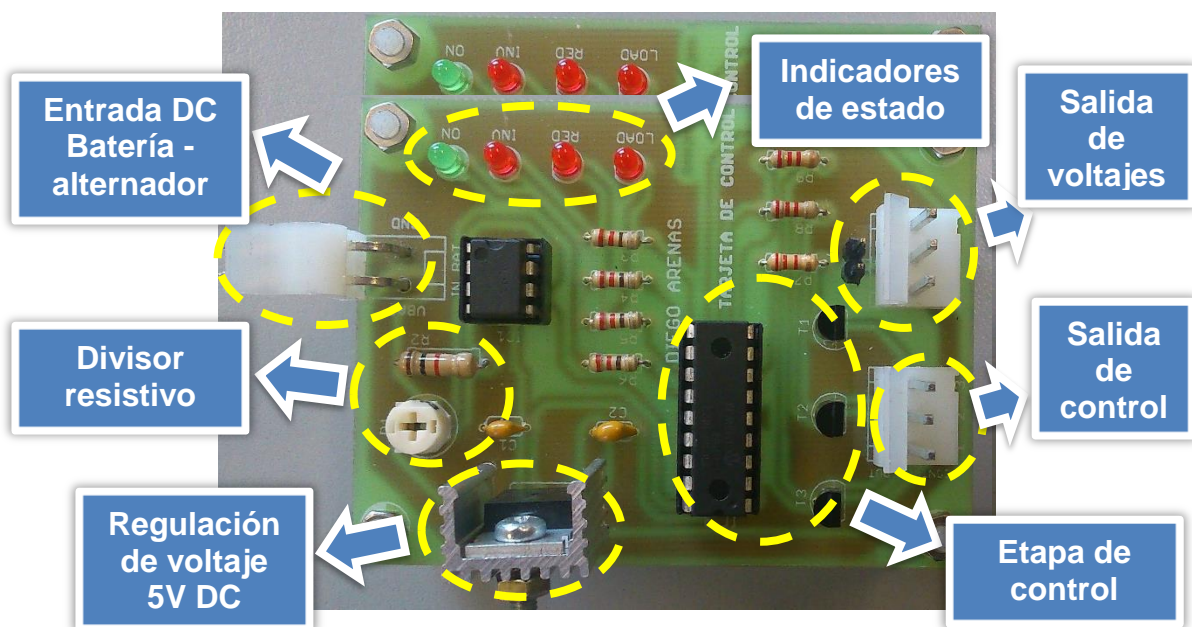


Figura 28. Circuito de control.

En la siguiente figura (Figura 29), se observa las partes y elementos que componen la etapa de potencia del conmutador.

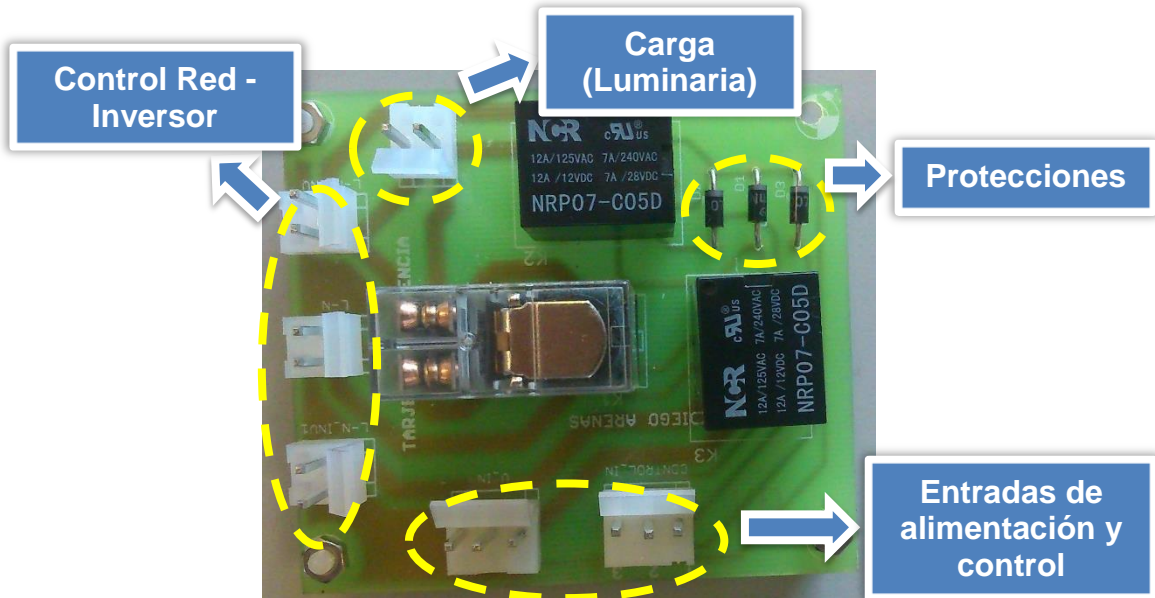


Figura 29. Circuito de potencia

Finalmente las etapas se unen para realizar pruebas, en la Figura 30 se puede observar. (Ver Figura 30).

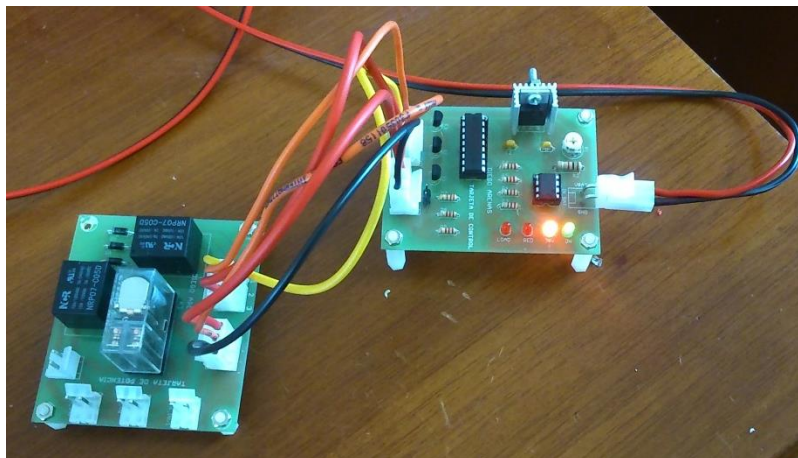


Figura 30. Pruebas etapas de control y potencia.

El dispositivo cuenta con:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- ✓ Un divisor de voltaje, su función es reducir el voltaje 13.8 Vdc máximo que en prueba entrega el alternador y 13.2 Vdc máximo de la batería a 5Vdc, con el fin de poder obtener una entrada análoga al microcontrolador.
- ✓ Un amplificador operacional LM741 configurado como seguidor de tensión, con dos funciones, la primera mantener el voltaje de entrada y la segunda tener una alta impedancia para reducir el consumo de corriente de la lectura.
- ✓ Un regulador LM7805, este para entregar el voltaje necesario a los elementos del circuito que se alimentan con una tensión de 5 Vdc.
- ✓ Un microcontrolador PIC16F1827, al cual se programa el control del sistema.
- ✓ Dos transistores 2N3904 que conmutan los relés para poder activar y determinar si funciona el inversor o la red.
- ✓ Dos relés JQX-14FC de 8 pines.
- ✓ Dos diodos 1N4007, en anti-paralelo a la bobina de los relés, para protección.
- ✓ Cuatro leds que indican el estado, esto es para modo prueba, y puede ayudar al momento de requerir un mantenimiento y revisión del sistema. Si el modo es estado inversor, el voltaje de la batería es llevado a los bornes de alimentación del inversor, para generar el voltaje AC aproximado de 120 Vac, con el que se alimentan las luminarias.

En la Figura 31, se tiene el diagrama de flujo del programa realizado para el control de los estados que maneja el sistema, el cual será estado on, off y carga.

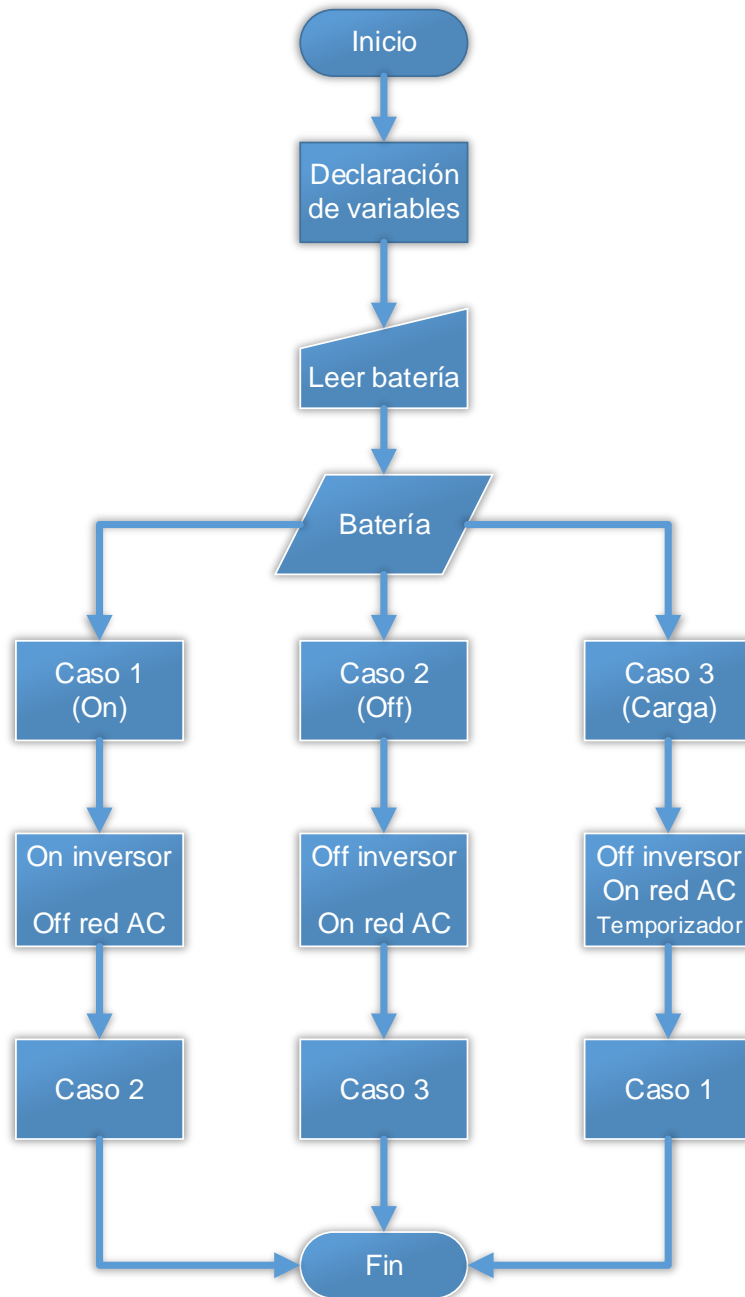


Figura 31. Diagrama de flujo de programa de control

Si el modo de trabajo del conmutador es caso 2 (Off), indica que la batería esta descargada, por lo cual el sistema desactivara el inversor, con el fin de que no se apaguen las luminarias y puedan continuar las actividades.

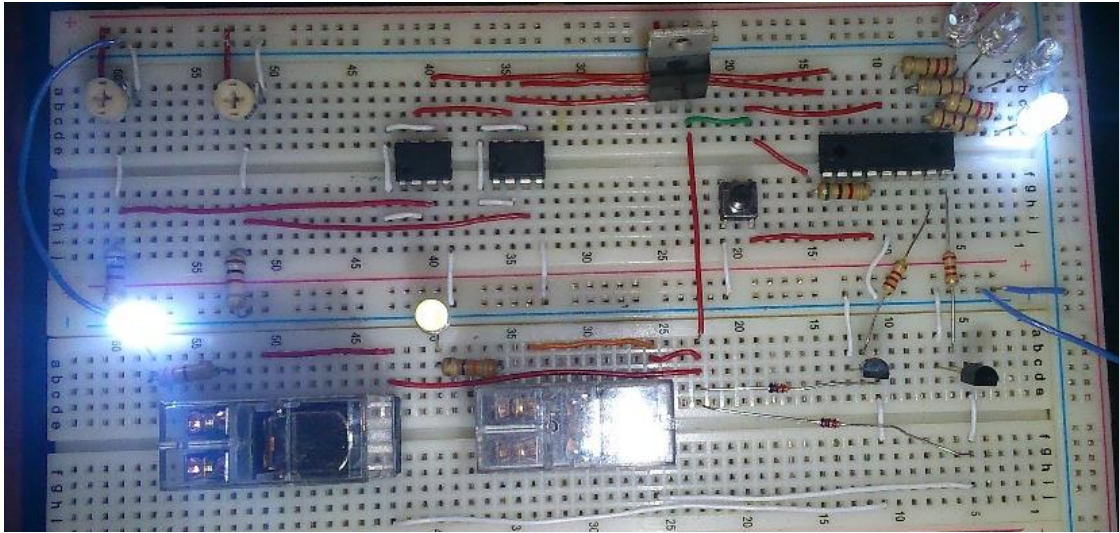


Figura 33. Pruebas del conmutador.

El conmutador fue diseñado de tal manera que el usuario no tenga que realizar demasiada fuerza para alimentar dos cargas al mismo tiempo (Batería y luminarias). Se diseñó de esta manera, debido a que la fuerza contra electro motriz que se crea al interior del alternador, la cual se debe a la cantidad de corriente que este genera, hace mucho más pesado el pedaleo, por lo que al usuario se le dificultaría más mover la llanta de la bicicleta si está alimentando varios dispositivos al tiempo (batería y luminarias).

Adicionalmente el sistema cuenta con un microcontrolador que guarda un registro del tiempo de uso de la bicicleta de 120 minutos acumulativos, garantizando la carga de la batería entre el 90% y el 100%, obteniendo con esto una autonomía del sistema de dos horas suministrando carga a las luminarias.

4.4 Carga y descarga de la batería.

4.4.1 Descarga de la batería.

La potencia que debe entregar la batería a la carga es de 108W, con esta se estima un tiempo de descarga de dos horas según las pruebas realizadas y la necesidad del mínimo voltaje establecido, definido en 11,5V para garantizar un óptimo funcionamiento de la carga lumínica. Se estima además, que la batería se descarga cerca de 141mV por cada 10 minutos de estas activa y teniendo la carga de 108W.

El estado de carga de la batería puede ser más duradero mientras la potencia que se le demande sea menor al de las pruebas, o puede durar menos, si la carga que se conecta al sistema le exige una mayor potencia.

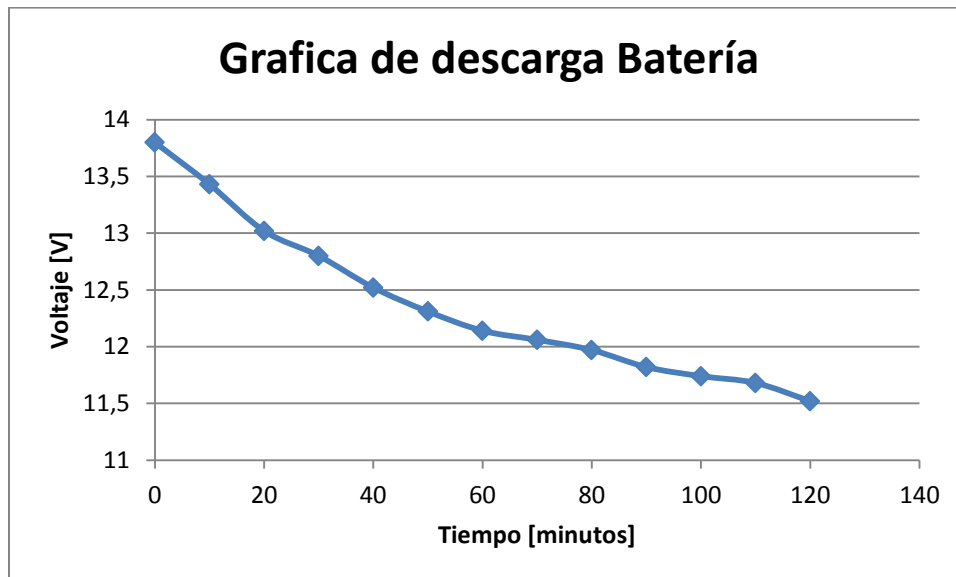


Figura 34. Gráfica descarga batería, voltaje vs tiempo

4.4.2 Carga de la batería

Se realiza durante dos horas el proceso de carga de batería obteniendo los siguientes resultados.

En la Figura 35 se puede apreciar como el voltaje de la batería se encontraba en un estado inicial de 10,86V (descargada), cuando se procede a ejercer la fuerza mecánica sobre el alternador, en unos cuantos segundos el voltaje se estabiliza en un promedio de 13,42V, aplicando a la batería un voltaje suficiente para el proceso de carga.

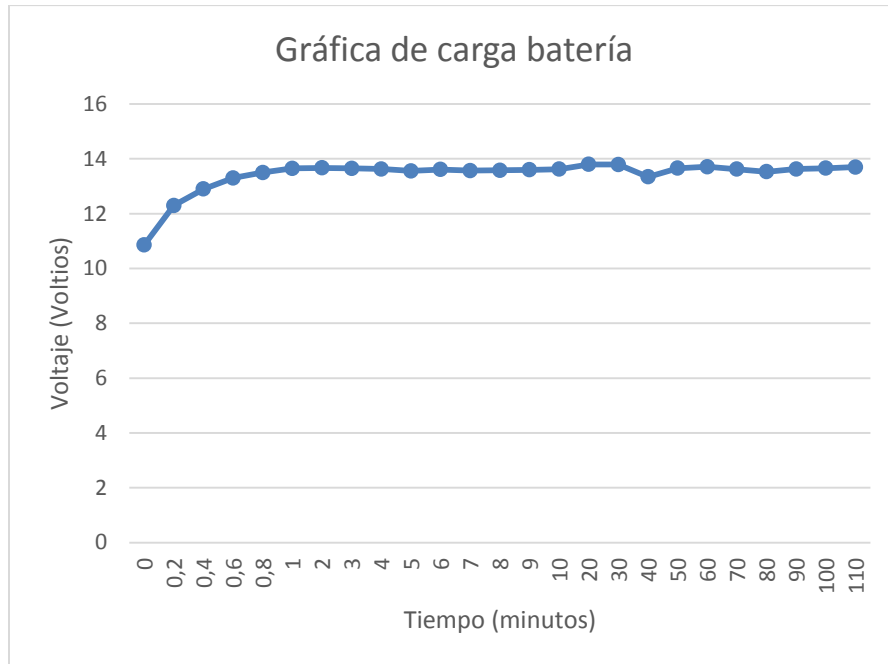


Figura 35. Gráfica carga de batería Voltaje vs Tiempo.

En la Figura 36 se aprecia el comportamiento de la corriente con respecto al tiempo en el momento en el que se comienza a generar tensión en los bornes de salida del alternador, se observan unos picos de corriente debido a la frecuencia de pedaleo del usuario, sin embargo la batería consume un promedio de 4,42A.

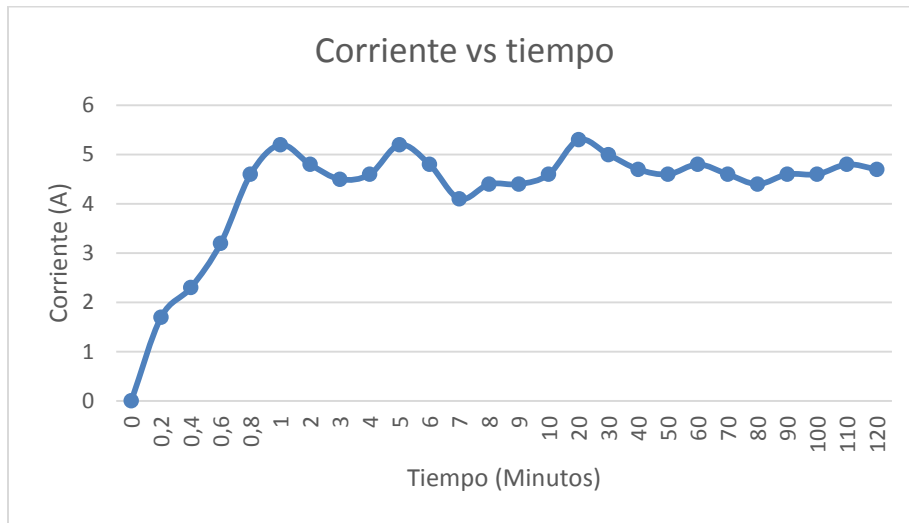


Figura 36. Gráfica del comportamiento de la corriente en estado de carga.

Como se menciona anteriormente la batería del proyecto proporciona 45Ah y la carga del sistema (luminarias) requiere 108W para funcionar correctamente, indicando un consumo de la batería de 9Ah. El sistema está diseñado con una autonomía de dos horas, por lo tanto el consumo en este tiempo es de 18Ah, así que para cargar la batería entre un 90% y 100% aplicando un promedio de corriente de 4,5Ah se requiere de un tiempo aproximado de 4 horas de pedaleo.

La energía que el usuario debe generar y aplicar al sistema según los datos anteriores se halla usando la Ecuación 7 y Ecuación 8.

$$P_m = I_m * V_m \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

P_m = Potencia media

I_m = Corriente media

V_m = Voltaje medio

$$\text{Energía} = P_m * \text{tiempo} \quad \text{Ecuación 8}$$

Dónde:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Energía = Energía generada por usuario

Tiempo = Tiempo dado en horas

Para poder obtener un dato aproximado a la energía generada por el usuario, se deben tener en cuenta las pérdidas de sistema mecánico que son de aproximadamente 6% (Núñez Rodríguez & Flórez Reyes, 2011) , las pérdidas del alternador según el fabricante son de 20% y las pérdidas del cable que son 0,5% según pruebas realizadas. Ver Tabla 6.

Tabla 6. Energía generada por usuario

Corriente Promedio	Voltaje promedio	Potencia promedio	Potencia Sin perdidas	Horas de uso	Energía
[A]	[V]	[W]	[W]	[H]	[WH]
4,42	13,6	60,112	76,04168	4	304,16672

La Figura 37 evidencia la toma de datos que se mencionan anteriormente para el proceso de carga de batería.



Figura 37. Toma de datos para carga de batería.

Se ilustra la manera en como el sistema se comporta cuando el usuario procede al uso este y se realiza carga de la batería. Ver Figura 38.

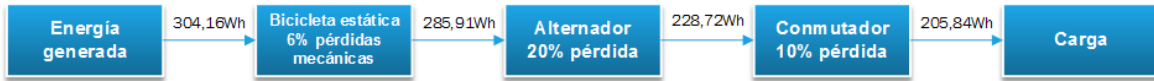


Figura 38. Sistema de generación de energía para carga de batería

4.5 Potencia, eficiencia y pérdidas.

Para determinar la potencia que el sistema demanda y entrega, se realizan pruebas contenidas en las Figura 39 y Figura 40.

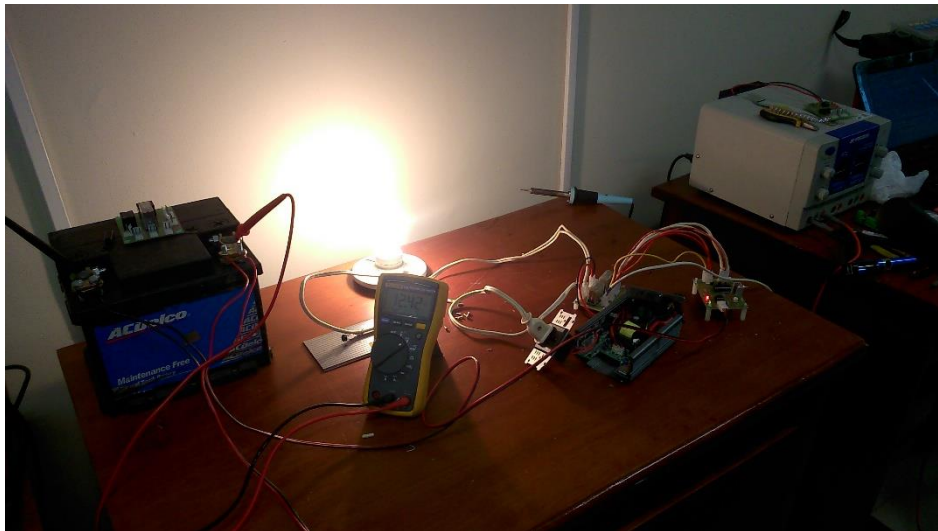


Figura 39. Prueba con carga equivalente 108W.

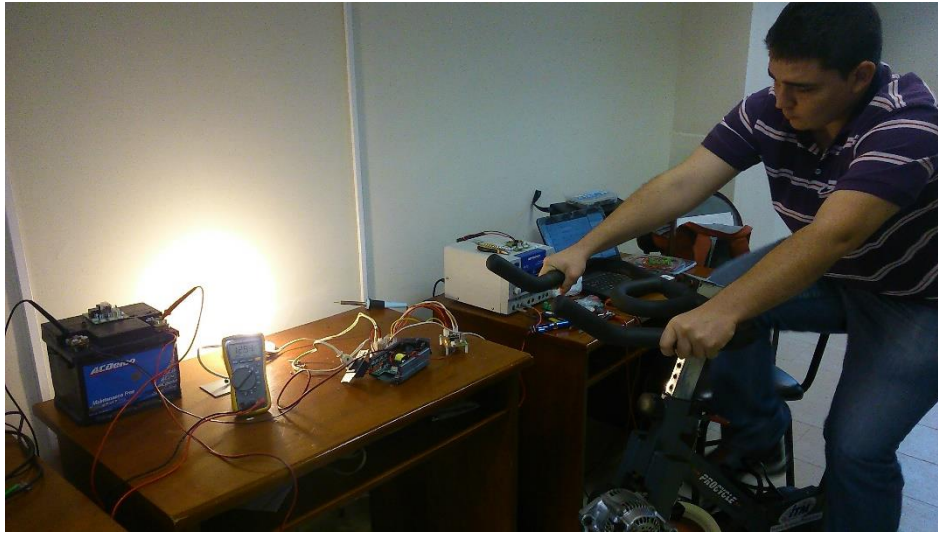


Figura 40. Prueba con carga equivalente 108W.

Con la carga de 108W la fuerza aplicada al pedal, depende de varios factores, como el estado de carga de la batería, la fuerza contra electro motriz en el generador y el freno ajustable que tiene la bicicleta.

Suponiendo que el sistema está en condiciones normales y óptimas (batería cargada 100%, freno manual 0%) se tiene 51,77 N de las Ecuación 1, Ecuación 2 y Ecuación 3.

Se obtiene por medición, que la distancia entre el pedal y el eje es de 20cm, y se observan los datos resultantes en Tabla 7.

Tabla 7. Fuerza aplicada para alimentar carga de 108W con el alternador (ideal).

Potencia Media	Velocidad promedio	Velocidad promedio	Torque	Fuerza
[W]	[rps]	[radianes/segundo]	[Nm]	[N]
108	1,66	10,43	10,35	51,77

Para determinar la fuerza total que la persona debe aplicar, se debe tener en cuenta el torque formado por el generador.

Para hallar la eficiencia del sistema, se encuentra la potencia media generada por un usuario de la bicicleta.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se obtiene por medición, que la distancia entre el pedal y el eje es de 20cm y se observan resultados en la Tabla 8.

Tabla 8. Fuerza aplicada por el usuario real.

Potencia Media	Velocidad promedio	Velocidad promedio	Torque	Fuerza
[W]	[rps]	[radianes/segundo]	[Nm]	[N]
147,42	1,66	10,43	14,13	70,65

Entonces la eficiencia del sistema para estas condiciones es $EF=(51.77/70.65)*100=73.3\%$.

Para una carga demostrativa de 10W, se deben hacer los siguientes cálculos para determinar la fuerza que debe hacer una persona, para alimentar esta carga, se puede observar la Tabla 9.

Tabla 9. Fuerza aplicada por el usuario a carga de 10W ideal.

Potencia Media	Velocidad promedio	Velocidad promedio	Torque	Fuerza
[W]	[rps]	[radianes/segundo]	[Nm]	[N]
10	1,66	10,43	0,96	4,79

Ver la Tabla 10 donde muestra fuerza que el usuario debe ejercer realmente, tomando en cuenta perdidas, para alimentar la carga de 10W.

Tabla 10. Fuerza que usuario ejerce para alimentar carga 10W real.

Potencia Media	Velocidad promedio	Velocidad promedio	Torque	Fuerza
[W]	[rps]	[radianes/segundo]	[Nm]	[N]
13,65	1,66	10,43	1,31	6,54

Entonces la eficiencia del sistema para estas condiciones es $EF=(4.79/6.54)*100=73.2\%$.

Las siguientes imágenes muestran el sistema funcionando con una carga led de 10W. (Ver Figura 41).



Figura 41. Prueba con carga LED 10W.

En el siguiente diagrama Figura 42 se indica en que etapas del sistema se realiza la toma de datos.

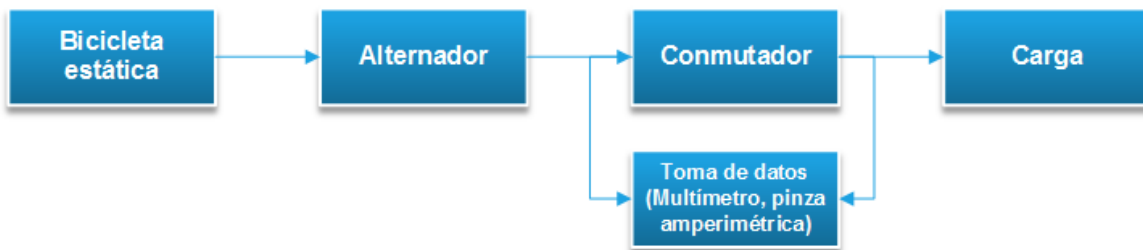


Figura 42. Diagrama de etapas del sistema y toma de datos

La potencia instantánea obtenida a la entrada del conmutador y en la carga se evidencia en la Tabla 11.

Tabla 11. Potencia.

Potencia con carga LED					
I(IN)	V(IN)	P(IN)	I(OUT)	V(OUT)	P(OUT)
0,867 A	12,94 V	11,23 W	0,09 A	119,1 V	10,72 W
Potencia con carga fluorescente					
I(IN)	V(IN)	P(IN)	I(OUT)	V(OUT)	P(OUT)
8,35 A	12,94 V	108,16 W	0,897 A	120,16 V	107,78 W

La eficiencia del sistema se obtiene realizando medidas de potencias de entrada y de salida.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} * 100\% \quad \text{Ecuación 9}$$

La Tabla 12, muestra la eficiencia del sistema total, haciendo medición en la entrada de energía, es decir, determinando cuantas calorías quema una persona, haciendo la conversión a potencia entregada al sistema y tomando otra medición en la salida del sistema o carga. Los datos aquí expresados, son potencia media.

Tabla 12. Eficiencia del sistema.

Carga LED		
P(IN)[W]	P(OUT)[W]	Eficc [%]
13,65	10,72	78,53
Carga fluorescente		
P(IN)[W]	P(OUT)[W]	Eficc[%]
147,42	107,78	73,11

El estudio realizado para las pérdidas o caídas de voltaje se hizo para diferentes calibres de cable, a los cuales se les midió su impedancia característica para hallar teóricamente las pérdidas en cada uno. Los valores hallados se encuentran en la Tabla 13.

Tabla 13. Pérdidas teóricas por cada 5 metros de cable

Calibre (AWG)	Pérdidas (V)
16	0.54
18	0.61
20	0.54

También se realizó el estudio de las perdidas reales para cada calibre de cable, en la Tabla 14, se plasman las medidas realizadas.

Tabla 14. Pérdidas reales por cada 5 metros de cable.

Calibre (AWG)	Pérdidas (V)
16	0.64

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

18	0.7
20	0.72

La decisión a partir de los cálculos y toma de datos para seleccionar el calibre del cable a utilizar, el cual es 18 AWG, debido a que soporta la corriente de aproximadamente 2A que requiere la luminaria, además también las perdidas en un promedio de 5mts son bajas, y la luminaria funciona establemente y bajo condiciones normales de intensidad.

4.5 Reducción de consumo energía y ahorro para la institución.

En el Instituto Tecnológico Metropolitano, el costo de 1kWh es de \$377.48 COP.

Se sabe que mínimamente la bicicleta adaptada con el sistema puede abastecer aproximadamente 2 horas una lámpara, con la batería cargada al 100%. El sistema conmutador, tiene un contador de 240 minutos almacenado en el microcontrolador, el cual guarda los tiempos progresivamente, es decir, si una persona usa la bicicleta durante 10 minutos, solo resta que otras personas la usen por 230 minutos más, garantizando que cuando este descargada, solo empiece a funcionar de nuevo el sistema cuando esta cumpla el tiempo y este cargada entre el 90% y el 100%.

El sistema, tiene un regulador muy eficiente, lo cual permite que desde el instante que empiece a generar el alternador, no se detenga hasta que las revoluciones por minuto lleguen a aproximadamente cero.

En caso de que la batería este cargada, y un usuario proceda a pedalear, el alternador empezará a suplir la potencia necesaria de las luminarias conectadas, por lo que puede durar más tiempo encendido.

Por lo tanto se puede tener un ahorro esperado el cual se evidencia en la siguiente Tabla 15.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 15. Ahorro presupuestado abasteciendo una luminaria.

Uso diario [H]	Energía Eléctrica [KWh]	Costo kWh [COP]	Costo diario [COP]	Funcionamiento sistema [H]	Ahorro diario [COP]	Costo final [COP]
12	0,108	377,48	489,21	2	81,53	407,67
12	0,108	377,48	489,21	4	163,07	326,14
12	0,108	377,48	489,21	6	244,60	244,60
12	0,108	377,48	489,21	8	326,14	163,07

El ahorro diario se obtiene mediante la Ecuación 10, la cual se refiere al valor en tiempo que la luminaria deja de funcionar conectada a la red convencional y funciona el sistema.

$$AD = PC * Costo * TUS \quad \text{Ecuación 10}$$

$AD =$ Ahorro diario.

$PC =$ Potencia Consumida.

$Costo =$ Costo KWh

$TUS =$ Tiempo uso del Sistema

El costo final, es el valor que el Instituto Tecnológico Metropolitano, debe pagar por servicios de energía eléctrica por una lámpara, haciendo uso del sistema de generación de energía no convencional, se aprecia en la Ecuación 11.

$$CF = CD - AD \quad \text{Ecuación 11}$$

$CF =$ Costo final diario.

$CD =$ Costo diario.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

AD = Ahorro diario.

Por lo tanto evidencia en la siguiente Tabla 16 un ahorro programado para una sola luminaria.

Tabla 16. Ahorro presupuestado mensual y anualmente abasteciendo una luminaria.

Días uso	Ahorro mensual [COP]	Meses	Ahorro anual [COP]
30	2446,07	12	29352,84
30	4892,14	12	58705,68
30	7338,21	12	88058,53
30	9784,28	12	117411,37

Se realiza el siguiente estudio económico para acoplar el sistema en 15 bicicletas, determinando este número del estudio realizado en la Tabla 1, donde se tiene que no todo el tiempo están en uso todas las bicicletas y que la mayor parte del tiempo se usa en pequeños lapsos de tiempo (16 minutos).

Inversión:

Numero de bicicletas a acoplar = 15

Valor acople cada bicicleta = \$1'355.000

Valor total acople = \$20'325.000

Ahorro:

Ahorro x hora en energia = \$41

Ahorro x dia, con 4 horas de sistema en uso = \$164

Ahorro x 20 dias de uso = \$3,280

Ahorro x20 dias de uso x 15 bicicletas acopladas = \$49,200

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Ahorro mensual x 15 bicicletas = \$49,200

Con los datos anteriores en condiciones intermedias de uso, la inversión se puede librar de la siguiente manera (ver Ecuación 12).

$$LI = \frac{IT}{AM} \qquad \text{Ecuación 12}$$

LI = Librar inversion en meses.

IT = Inversion total.

AM = Ahorro mensual.

Por lo tanto, tenemos que:

$$LI = \frac{20'325,000}{49,200}$$

$$LI = 413,1 \text{ meses}$$

La inversión total, se libra en aproximadamente 413,1 meses, lo que se refiere a 34,4 años.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró diseñar un sistema de generación de energía eléctrica renovable para alimentar las iluminarias del gimnasio del ITM a un costo \$1.755.000 pesos con el que se reducen los costos del servicio público de energía sobre una luminaria en aproximadamente 17%, sabiendo que si la luminaria del gimnasio está prendida durante 12 horas por 30 días con la red convencional tendría un costo de \$14.676 pesos, mientras que con el sistema diseñado tendría un costo de \$12.230 pesos.

El gimnasio del ITM en la sede Fraternidad, presenta una excelente utilización de las bicicletas estáticas, dado que las personas que asisten a este, deben realizar de 10 a 20 minutos de calentamiento previo al ejercicio en máquinas. Así el promedio de uso de las bicicletas es de 16:14 minutos por persona, esto sin tener en cuenta las 5 clases semanales donde aproximadamente 100 personas usan las bicicletas durante 50 minutos en rutinas guiadas por un instructor.

La tensión que entrega el inversor, puede variar entre 110,4Vac y 130Vac, dependiendo de la magnitud de voltaje con que este sea alimentado. La alimentación del inversor o del sistema, varía desde 11Vdc hasta 13,8Vdc, aproximadamente, en relación al nivel de carga en el que se encuentre la batería y la tensión generada por el alternador, lo cual produce que el dispositivo entregue a la carga una onda seno modificada.

El inversor, presenta una salida con oscilaciones en la frecuencia que pueden variar entre 57Hz y 63Hz, sin presentar problemas a la luminaria conectada. De igual forma las variaciones y cambios en la tensión de salida no representa ningún peligro al alimentar la carga (luminaria).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La reducción de costos presupuestados del servicio público de energía puede estar entre \$2.446,07 pesos y \$9.784,28 pesos mensuales y variar entre \$29.352,84 pesos y \$117.411,37 pesos anuales, estos ahorros son sobre el costo de una luminaria (108W).

RECOMENDACIONES

A continuación se ponen algunas recomendaciones a tener en cuenta tanto para un usuario final como para la continuación del desarrollo del proyecto o mejoras adicionales para realizar.

Entre más grande el diámetro de la llanta de las bicicletas estáticas y más pequeño el diámetro de la polea del alternador, mejor será la relación de velocidades, obteniendo mejor respuesta del alternador adaptado a la bicicleta.

El sistema de control puede ser mejorado mediante un integrado que mida el voltaje y la corriente de la batería, determinando con mayor exactitud su estado, también se puede adaptar una pantalla donde se visualice información, como potencia generada, calorías quemadas, nivel de carga de la batería, revoluciones por minuto, entre otras mediciones.

Para obtener una mayor eficiencia del sistema y la reducción de costos sea mucho más evidente se recomienda cambiar las luminarias fluorescentes o incandescentes por luminarias que utilicen tecnología LED, las cuales consumen aproximadamente 10 veces menos potencia.

Entre mejor sea la capacidad de amperio hora que suministra la batería, será mejor la eficiencia del sistema pudiendo soportar mayores cargas o mayores tiempos de funcionamiento, obteniendo un mayor ahorro, también se pueden utilizar baterías que son fabricadas especialmente para sistemas de UPS.

Si se instala un banco de baterías, y adicional se hace la instalación del alternador a cada bicicleta, se puede obtener un mejor rendimiento, pudiendo proveer de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

energía más luminarias y por más tiempo (tener en cuenta que el inversor también deberá aumentar la potencia soportada).

Para que el sistema de potencia funcione de manera óptima, se recomienda ubicar un condensador de 1000uf en la alimentación del inversor, el cual ayuda a que este pueda arrancar sin problemas de caídas de tensión, sosteniendo al instante de la activación del relé, un nivel dc necesario para su funcionamiento pleno.

Se debe tener en cuenta que regulador instalado al alternador es de auto-excitación, así que es automático (no requiere switche para empezar a generar), por lo tanto para que este empiece a generar, se requiere una cantidad elevada de revoluciones al momento de empezar a utilizar el sistema y generar energía eléctrica, en los 3 o 4 primeros pedaleos se logra esto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- (s.f.). Obtenido de <http://www.lasimagenesparaimprimir.com/imagenes-de-generador-electrico/>
- Bernal, M. (2005). Baterías, fuente de energía. *Normas & Calidad Vol 20, No 67*, 26-28.
- Chapman, S. J. (2000). *Maquinas Eléctricas*. Mc Graw Hill.
- Hart, D. W. (2001). *Electrónica de potencia*. Madrid: PEARSON EDUCATION S.A.
- Núñez Rodríguez, C. F., & Flórez Reyes, J. O. (2011). *Diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de bicicletas estáticas*. Bucaramanga.
- Rashid, M. H. (2008). Power electronics for alternative energy sources. (IEEE, Ed.) *Power Electronics Congress, 2008. CIEP 2008. 11th IEEE International*, 18-19. doi:10.1109/CIEP.2008.4653790
- Shigley, J. E. (1985). *Diseño En Ingeniería Mecánica*. México.
- Stzelecki, R., Gdynia Maritime Univ, G., Jarnut, M., & Benysek, G. (2007). Exercise bike powered electric generator for fitness club appliances. *Power Electronics and Applications, 2007 European Conference on*, 1-8.
- Swift-Hook, D. (Enero de 1982). Alternative source of power. *Electronics and Power*, 28, 89-93. doi:10.1049/ep.1982.0017
- Tecnología. (s.f.). *Tecnología*. Obtenido de <http://valeriemaffetw.blogspot.com/2011/11/mecanismos-engranajes-con-cadena.html>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

transformador., D. b. (s.f.). *Daniel blog transformador*. Obtenido de
<http://transformadorfuentelineal.blogspot.com/>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ANEXOS

ANEXO A

El presente anexo, contiene la carta realizada para el préstamo de la bicicleta estática ubicada en el gimnasio del ITM sede Fraternidad.

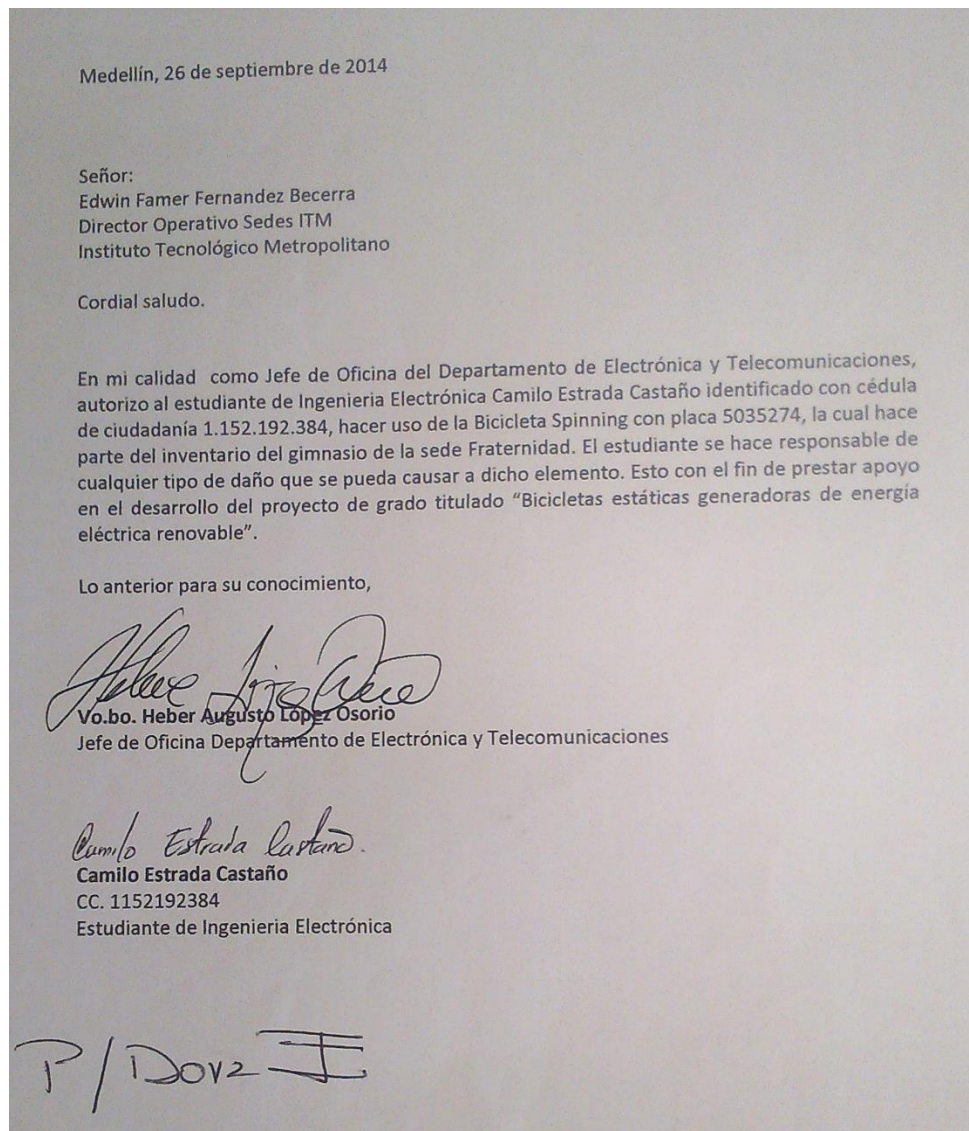


Figura 43. Anexo A. Carta préstamo bicicleta.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ANEXO B

En este anexo se encuentra parte del código de programación realizado para el control del conmutador con el cual se obtiene el voltaje de la batería y se compra para poder definir si el sistema trabaja en red convencional o trabaja mediante el uso de la batería y el inversor de modo automático.

```

void main ()
{
    TRISA=0b00100010;

    TRISB=0;

    ANSELA=0b00000010;

    ANSELB=0;

    OSCCON=0b01101011;

    PORTA=0;

    PORTB=0;

    while (1)
    {
        RB7=1;

        ADC_bateria();

        switch(estado)
        {
            case on:

```

```
        i=0;

        inversor();

        estado=off;

    break;

    case off:

        red();

        estado= cargar;

    break;

    case cargar:

        funcion_cargar();

    break;

    default: on;

    break;

}

}

}
```

ANEXO C

A continuación, se presentan la Figura 44 con el diseño de la tarjeta de control del conmutador y la tarjeta de potencia del mismo hechas en EAGLE 6.5.0 versión libre.

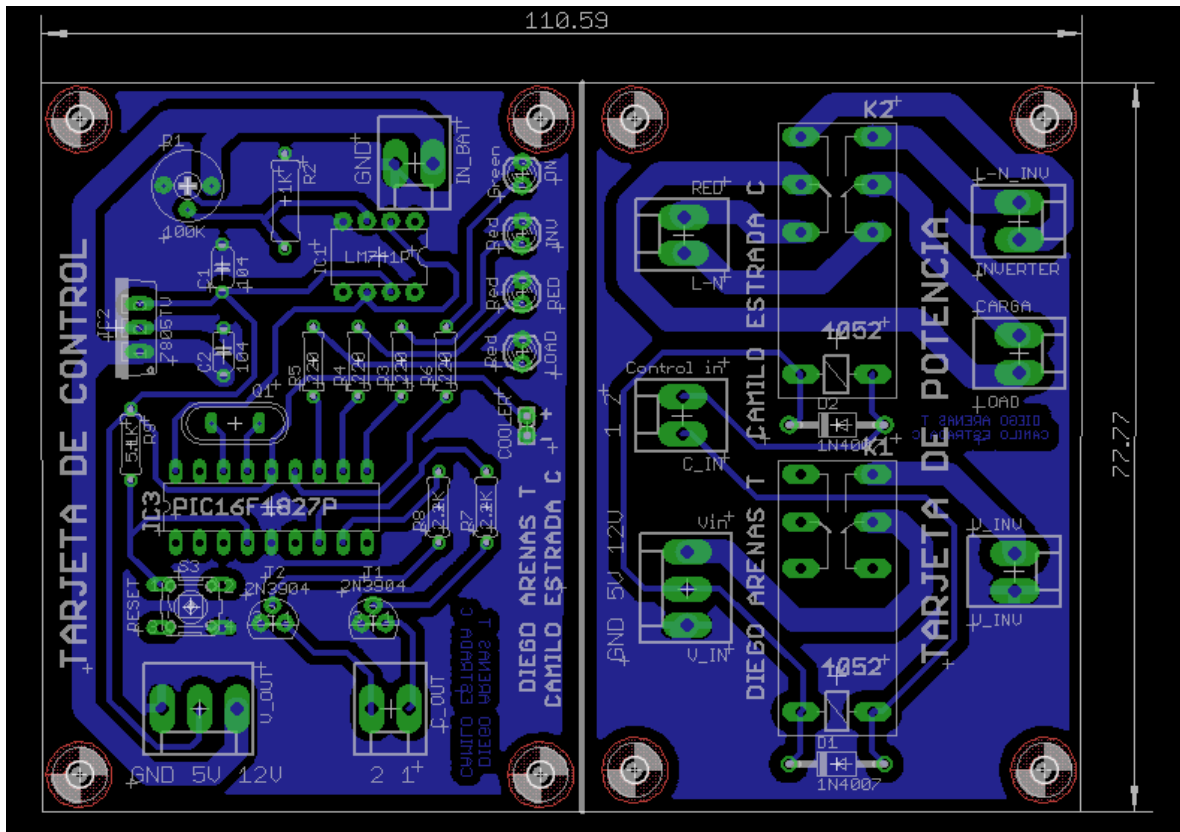


Figura 44. Diseño tarjetas de conmutación en EAGLE 6.5.0

También se anexa en la Figura 45 una pre visualización en 3D de las tarjetas de conmutación diseñadas, para esto se utilizó un complemento para EAGLE 6.5.0 llamado EAGLE 3D libre.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ANEXO D

Los costos son un factor importante para la realización de este proyecto, por tanto anexamos un costo del diseño del conmutador en la Tabla 17.

Tabla 17. Costo del conmutador diseñado.

Cantidad	Artículo	Costo unidad	Costo
1	Impreso	\$ 45.000	\$ 45.000
1	PIC16f1827	\$ 4.050	\$ 4.050
1	LM741	\$ 900	\$ 900
2	T 2N3904	\$ 50	\$ 100
3	Resistencia 1/4 2.2KΩ	\$ 10	\$ 30
4	Resistencia 1/4 220Ω	\$ 10	\$ 40
2	Condensador 104	\$ 10	\$ 20
1	Reóstato 10KΩ	\$ 250	\$ 250
1	Resistencia 1/2 1KΩ	\$ 10	\$ 10
4	LED 3mm	\$ 80	\$ 320
9	Conector tipo molex	\$ 200	\$ 1.800
2	Relé JQX-14FC	\$ 2.800	\$ 5.600
2	Diodo 4007	\$ 40	\$ 80
1	LM7805	\$ 700	\$ 700
8	Torres	\$ 500	\$ 4.000
1	Caja	\$ 12.000	\$ 12.000
1	suiche	\$ 100	\$ 100
1	otros	\$ 5.000	\$ 5.000
Costo total del conmutador			\$ 80.000

El costo total del sistema se adjunta en la Tabla 18.

Tabla 18. Costo total del proyecto.

Artículo	Costos
Alternador	\$ 230.000
acople	\$ 30.000
Batería	\$ 240.000
inversor	\$ 75.000
Conmutador	\$ 80.000
Bicicleta (opcional)	\$ 300.000
M.O	\$ 800.000
Costo total del proyecto	\$ 1.755.000

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ANEXO E

El anexo E, presenta una comparación de dos hojas de datos de luminaria. La Figura 46 muestra la luminaria fluorescente.

Electrical data

Nominal voltage	230 V
Nominal wattage	54.10 W
Rated lamp efficacy (HF data 25 °C)	82 lm/W
Rated wattage	54.10 W

Photometrical data

Color rendering index Ra	≥80
Rated luminous flux	4450 lm
Luminous flux at 25 °C	4450 lm
Luminous flux at 35 °C	5000 lm
Light color	840
Color temperature	4000 K
Nominal luminous flux	4450 lm
Light color as per EN 12464-1	LUMILUX Cool White
Rated LLMF at 2,000 h	0.95
Rated LLMF at 4,000 h	0.92
Rated LLMF at 6,000 h	0.91
Rated LLMF at 8,000 h	0.90
Rated LLMF at 12,000 h	0.90
Rated LLMF at 16,000 h	0.90
Rated LLMF at 20,000 h	0.89

Figura 46. Hoja de datos Luminaria fluorescente.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la Figura 47 se pueden apreciar sus características.

<ul style="list-style-type: none"> • General Characteristics Main Application Industrial Cap-Base G13 Rated Lifetime 40000 hr (hours) Nominal Lifetime 40000 hr hours B50L70 40000 	<ul style="list-style-type: none"> Suitable for accent lighting No
<ul style="list-style-type: none"> • Light Technical Characteristics Color Code 865 Beam Angle 150 D Correlated Color 6500 K Temperature Color rendering 83 index Rated Luminous Flux 1600 Lm LLMF - end nominal 70 % lifetime Colour consistency <6 Rated Beam Angle 150 D 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature Characteristics T-case maximum 62 (max) C Operating tempera- -30 (min), 45 (max) C ture T-Storage -40 (min), 65 (max) C
<ul style="list-style-type: none"> • Electrical Characteristics Wattage 16 W Voltage 220-240 V Line Frequency 50/60 Hz Power Factor 0.9 (min) - Dimmable No Rated Wattage 16.0 W Starting Time 0.5 (max) s Lamp voltage 100-240 V Warm-up Time to instant full light 60% Light Outp Energy saving Yes product 	<ul style="list-style-type: none"> • Environmental characteristics Energy Efficiency A+ Label (EEL) • Measuring Conditions Switching cycle 50000X • Product Dimensions Length A1 1198.0 mm Fixing Hole Distance 1205.0 mm A2 Length Length A3 1212.0 mm Mounting hole diam- 25.68 mm eter Circular outline 28 mm dimension • Approval & Application Chars VDE marking No CE marking Yes UL certificate No RoHS compliance Yes

Figura 47. Hoja de datos luminaria LED.

Como se puede observar en la Figura 46 y la Figura 47, esta última presenta mejor rendimiento, porque la corriente que se debe suministrar para la luminaria led es inferior a la luminaria fluorescente y su impacto lumínico es prácticamente igual, así que la potencia que suministra el sistema de generación puede ser utilizada de manera más eficiente utilizando este tipo de luminarias aumentando la probabilidad de éxito en el ahorro de los costos en los servicios públicos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ANEXO F

Este anexo presenta el producto final realizado, donde se encuentra todos los elementos implementados para el sistema, bicicleta estática, batería, conmutador y carga equivalente.



Figura 48. Producto final.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ANEXO G

En cumplimiento de la Ley 142 de 1994, las resoluciones CREG 058 de 2000, 119 de 2007, 105 de 2009, 026 y 186 de 2010, 173 de 2011 y Ministerio de Minas y Energía 180574 de 2012

Empresas Públicas de Medellín E.S.P. informa:

Tarifas y Costo de Energía Eléctrica - Mercado Regulado - noviembre de 2014

Información Monomía					
Activos B.T. / Conectados a nivel II		Propiedad EPM	Compartido	Propiedad Cliente	
Tarifa Residencial		Nivel I - \$/kWh			
Estrato 1.	Rango 0 - CS	166.64	160.04	154.03	
	Rango > CS	392.87	377.48	362.08	
Estrato 2.	Rango 0 - CS	208.30	200.04	192.54	
	Rango > CS	392.87	377.48	362.08	
Estrato 3.	Rango 0 - CS	333.94	320.86	307.77	
	Rango > CS	392.87	377.48	362.08	
Estrato 4.	Todo el consumo	392.87	377.48	362.08	
Estrato 5 y 6.	Todo el consumo	471.45	452.97	434.50	
Tarifa No Residencial		Nivel I - \$/kWh			
Industrial y Comercial		471.45	452.97	434.50	
ESPD*		432.16	415.23	398.29	
Oficial y Exentos de Contribución		392.87	377.48	362.08	
Tarifa Áreas Comunes		Nivel I - \$/kWh			
Con contribución		471.45	452.97	434.50	
Sin contribución		392.87	377.48	362.08	
Costo unitario:		CU_v = G_{m,i} + T_m + D_{n,m} + C_{v,m,i} + PR_{n,m,i} + R_{m,i}			CU_f = C_{f,m}
CU total		392.87	377.48	362.08	
Costo Compra: G _{m,i}		144.79	144.79	144.79	
Cargo transporte STN: T _m		21.33	21.33	21.33	
Cargo transporte SDL: D _{n,m}		147.33	131.93	116.54	
Margen Comercialización: C _{v,m,i}		46.66	46.66	46.66	
Costo G, T, pérdidas: PR _{n,m}		26.90	26.90	26.90	
Restricciones: R _m		5.86	5.86	5.86	

B.T.: Baja Tensión (Nivel 1, < 1 kV)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES Camilo Estrada Castaño.
Diego Arenas Tangorife
 FIRMA ASESOR I. F. M. P.

FECHA ENTREGA: 13 de Marzo 2015

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO_ ACEPTADO____ CON MODIFICACIONES_____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____