



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO HÍBRIDO PARA LA GENERACIÓN Y
ALMACENAJE DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE UNA BICICLETA**

René Alejandro González González

Asesorado por el Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota

Guatemala, enero de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO HÍBRIDO PARA LA GENERACIÓN Y
ALMACENAJE DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE UNA BICICLETA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RENÉ ALEJANDRO GONZÁLEZ GONZÁLEZ

ASESORADO POR EL INGA. INGRID RODRÍGUEZ DE LOUKOTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, ENERO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruíz
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO HÍBRIDO PARA LA GENERACIÓN Y ALMACENAJE DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE UNA BICICLETA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 20 de marzo de 2019.

René Alejandro González González

Guatemala 20 de mayo 2020

Ingeniero
Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Apreciable Ingeniero Rivera,

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado "**Diseño e implementación de un prototipo híbrido para la generación y almacenaje de energía eléctrica a través del uso de una bicicleta**", del señor **René Alejandro González González**, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de este.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,



Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota
Colegiada 5,356
Asesora

Ingrid Rodríguez de Loukota
Ingeniera en Electrónica
colegiado 5356

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 06 de julio de 2021.
Ref.EPS.DOC.270.07.2021.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **René Alejandro González González** de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Registro Académico No. **200714493** y CUI **1715 79658 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO HÍBRIDO PARA LA GENERACIÓN Y ALMACENAJE DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE UNA BICICLETA”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica



c.c. Archivo
NJRG/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono directo: 2442-3509

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala 06 de julio de 2021.
Ref.EPS.D.112.07.2021.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Carrillo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO HÍBRIDO PARA LA GENERACIÓN Y ALMACENAJE DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE UNA BICICLETA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **René Alejandro González González**, quien fue debidamente asesorado por la Inga. Ingrid Rodríguez de Loukota y supervisado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez.

Por lo que habiéndolo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

/ra

REF. EIME 22102020a
22 de Octubre de 2020

Señor Director
Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

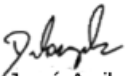
Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN PROTOTIPO HÍBRIDO PARA LA GENERACIÓN Y ALMACENAJE DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE UNA BICICLETA**, del estudiante; René Alejandro González González con numero de carnet 1715796580101, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

JOSE ANIBAL SILVA DE LOS ANGELES
ING ELECTRONICO
COLEGIADO No 5067


Ing. José Anibal Silva de los Angeles
CC. Básicas Y Electrotecnia



REF. EIME 153 2021.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; RENÉ ALEJANDRO GONZÁLEZ GONZÁLEZ, titulado: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO HÍBRIDO PARA LA GENERACIÓN Y ALMACENAJE DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE UNA BICICLETA, procede a la autorización del mismo.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo



GUATEMALA, 25 DE OCTUBRE 2021.

Facultad de Ingeniería

Decanato
24189101-
24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.036.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO HÍBRIDO PARA LA GENERACIÓN Y ALMACENAJE DE ENERGÍA ELÉCTRICA A TRAVÉS DEL USO DE UNA BICICLETA**, presentado por: **René Alejandro González González**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana

Guatemala, enero de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme todas las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida, por permitirme llegar a donde Él quiere que llegue.
María Auxiliadora y Don Bosco	Por ser mi auxilio y mi ayuda en todos los momentos de mi vida, por enseñarme a ser un buen cristiano y un honrado ciudadano.
Mi Madre	María Teresa González, por darme todo en la vida, ser mi mayor guía, fuente de motivación, educación y ejemplo, por demostrarme el amor incondicional de una madre hacia su hijo.
Mi Prima	Mirna Elizabeth González, por ser mi segunda madre y cuidarme hasta el día de hoy, por permitirme comprender el amor hacia la familia sin esperar nada a cambio.
Mi Esposa	Mónica Susana Santandrea, por ayudarme cada día a ser una mejor persona, por amarme, apoyarme y motivarme en todos los proyectos de mi vida.
Mi Familia y amigos	Por todo el apoyo y cariño que me han brindado a lo largo de los años.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios y la Virgen	Por darme fe, inteligencia, sabiduría y paciencia para concluir una meta más en mi vida.
Mis Madres	Por ser siempre mis guías e inspiración durante toda mi vida.
Mi Esposa	Por motivarme a seguir adelante, gracias por ser mi ejemplo y guía profesional.
Mi familia	Por todo el apoyo que me han brindado, especialmente a Alberto González, María Elena González y Benigno González.
Mis amigos y compañeros	Por todas las anécdotas y lecciones aprendidas durante mi carrera.
La Universidad de San Carlos	Por ser mi casa de formación profesional.
Facultad de Ingeniería	Por todas las herramientas brindadas durante toda mi carrera estudiantil.
Asesores y profesores	Por toda la guía y enseñanza profesional.
ONG Maya Pedal	Por la oportunidad de poder desarrollar mi EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Información acerca de la institución	1
1.1.1. ONG Maya penal	1
1.1.1.1. Visión y Misión.....	2
1.1.2. Henkel	3
1.1.2.1. Proyecto MIT	3
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Energía renovable	5
2.1.1. Tipos de energía renovable	5
2.1.2. Energía solar fotovoltaica	5
2.1.3. Energía mecánica.....	6
2.2. Generación de energía basado en la bicicleta.....	6
2.2.1. Bicicleta	7
2.2.1.1. Evolución de la bicicleta	7
2.2.1.2. Tipos de bicicletas	9
2.2.2. Elementos de transmisión.....	9
2.2.2.1. Pedal, biela y plato	11

	2.2.2.2.	Cadena.....	11
	2.2.2.3.	Piñón y rueda	11
2.2.3.		Alternador.....	12
	2.2.3.1.	Principio de funcionamiento	13
	2.2.3.2.	Tipos de alternadores.....	16
	2.2.3.3.	Fuente de tensión.....	18
2.2.4.		Inversor de Corriente.....	20
	2.2.4.1.	Tipos de inversores	21
2.2.5.		Protección eléctrica	23
2.3.		Generación de energía solar fotovoltaica.....	23
	2.3.1.	Radiación solar.....	23
	2.3.2.	Elementos de un sistema fotovoltaico	26
	2.3.2.1.	Módulos Solares.....	26
	2.3.2.2.	Principio de funcionamiento	31
	2.3.2.3.	Regulador de carga.....	33
	2.3.3.	Protección eléctrica	35
2.4.		Almacenaje de la energía.....	37
	2.4.1.	Batería.....	37
	2.4.1.1.	Principio de funcionamiento	37
	2.4.1.2.	Tipo de baterías	38
	2.4.2.	Acumuladores o baterías recargables	39
	2.4.2.1.	Baterías de plomo - ácido.....	40
	2.4.2.2.	Baterías Alcalinas Níquel - Cadmio.....	40
	2.4.2.3.	Baterías de litio.....	41
	2.4.3.	Parámetros de un acumulador	41
	2.4.3.1.	Tensión.....	42
	2.4.3.2.	Corriente de carga.....	42
	2.4.3.3.	Capacidad de carga	42
	2.4.3.4.	Descarga y estado de carga.....	42

	2.4.3.5.	Ciclo de vida	43
2.5.		Equipos de medición	45
	2.5.1.	Voltímetro CD	45
	2.5.2.	Amperímetro CD.....	47
	2.5.3.	Multímetro.....	50
3.		MARCO METODOLÓGICO	53
3.1.		Medios didácticos	53
	3.1.1.	Contenido	53
	3.1.2.	Diseño, construcción y pruebas.....	53
	3.1.3.	Manual de usuario	56
		3.1.3.1. Portada del manual de usuario	56
		3.1.3.2. Tabla de contenido	57
		3.1.3.3. Partes del bici - generador.....	58
		3.1.3.4. Partes del panel solar	59
		3.1.3.5. Pasos para generar y almacenar energía	60
		3.1.3.6. ¿Cómo conectar dispositivos?.....	63
4.		DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	65
4.1.		Diseño conceptual de prototipo	65
	4.1.1.	Diagrama y definición de sistemas	65
		4.1.1.1. Sistema Híbrido	66
	4.1.2.	Sistema de generación y acumulación	67
4.2.		Construcción y pruebas del prototipo	69
	4.2.1.	Instalación mecánica de prototipo	69
		4.2.1.1. Diseño mecánico de prototipo	69
		4.2.1.2. Protección mecánica de prototipo.....	74
	4.2.2.	Instalación eléctrica	76

4.2.2.1.	Diagrama eléctrico	77
4.2.3.	Pruebas de prototipo	84
4.3.	Análisis de resultados y detección de oportunidades de mejora	90
4.4.	Información comercial y factibilidad económica	93
5.	ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	97
5.1.	Público que Capacitar	97
5.2.	Alcance	97
5.3.	Objetivos	97
5.4.	Recomendaciones.....	98
5.5.	Protocolo de Kyoto	99
5.6.	Emisiones de CO ₂ en el sector energético	99
5.7.	Condiciones de vida en Guatemala	102
	CONCLUSIONES.....	105
	RECOMENDACIONES	107
	BIBLIOGRAFÍA.....	109
	APÉNDICES.....	115
	ANEXOS.....	123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Bici máquinas.....	2
2.	Evolución de la bicicleta 1791 – 1860	8
3.	Evolución de la bicicleta 1870 – 1970	9
4.	Elementos de transmisión	10
5.	Partes de un alternador.....	12
6.	Inducción electromagnética.....	14
7.	Relación de los devanados del estator y el rotor.....	15
8.	Diodos rectificadores.....	16
9.	Regulación de voltaje	19
10.	Formas de onda de un inversor de corriente.....	22
11.	Inversor de corriente	22
12.	Mapa de potencial solar en Guatemala.....	25
13.	Celda, módulo solar y arreglo	26
14.	Composición de un módulo solar	27
15.	Curva característica de los parámetros de un módulo solar	29
16.	Conexión en serie de paneles fotovoltaicos	30
17.	Conexión en paralelo de paneles fotovoltaicos	31
18.	Semiconductores de un panel fotovoltaico.....	32
19.	Semiconductor PN	33
20.	Reguladores de carga PWM	34
21.	Esquemas de conexión de diodos	36
22.	Flujo de electrones en una batería.....	38
23.	Curva de capacidad vs ciclos.....	43

24.	Gráfica comparativa entre acumuladores.	44
25.	Conexión de un voltímetro	45
26.	Circuito de voltímetro básico de CD.....	46
27.	Circuito de voltímetro de diferentes rangos	47
28.	Conexión de un amperímetro	48
29.	Circuito de amperímetro básico de CD	49
30.	Circuito de amperímetro de diferentes rangos	49
31.	Circuito básico de multímetro electrónico	51
32.	Hoja de cálculo para bici – generador.....	55
33.	Portada del manual de usuario del prototipo	56
34.	Partes del bici – generador	58
35.	Partes del panel solar	60
36.	Sistema 1: Bici – generador.....	66
37.	Sistema 2: panel solar	66
38.	Sistema Híbrido	67
39.	Diagrama de generación y acumulación.....	68
40.	Bicicletas eléctricas.....	70
41.	Bicicleta con rodillos estacionarios	71
42.	Diseño de rueda.....	72
43.	Fuerzas en la rueda.....	73
44.	Diseño de bicicleta.....	74
45.	Bici – licuadora.....	75
46.	Bicicleta de turismo.....	76
47.	Alternador con regulador IC de tipo B.....	78
48.	Circuito interno del alternador	78
49.	Diagrama eléctrico bici-generador	79
50.	Circuito eléctrico bici-generador.....	80
51.	Modelo 3D de Bici – generador.....	82
52.	Diagrama eléctrico del kit solar	83

53.	Bici - generador	86
54.	Panel solar	86
55.	Esquema de instalación de prototipo híbrido	87
56.	Instalación de prototipo híbrido	88
57.	Diagrama eléctrico de panel solar con controlador PWM.....	92
58.	Diagrama eléctrico del sistema híbrido bici-generador y panel solar ...	93
59.	Promedio de miembros del hogar por área de residencia.....	103
60.	Promedio de miembros del hogar por nivel de pobreza.....	103
61.	Hogares según tipo alumbrado	104

TABLAS

I.	Tipos de alternadores.....	17
II.	Tabla de contenido del manual	57
III.	Estimación de carga.....	84
IV.	Prueba con panel solar	89
V.	Resultados de pruebas del prototipo.....	90
VI.	Costos de fabricación de prototipo	94
VII.	Coeficientes de emisión de CO ₂ en Guatemala	101
VIII.	Factor de emisión de GE.....	102

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
Ah	Amperio hora
AC	Corriente alterna
DC	Corriente directa
CO₂	Dióxido de carbono
°	Grados
Hz	Hertz
h	Hora
km/h	Kilometro por hora
kgCO₂e/kWh	Kilogramos de dióxido de carbono equivalente por kilowatts hora
kW	Kilowatts
kWh	Kilowatts hora
kWh/m²	Kilowatts hora por metro cuadrado
kWh/m²/día	Kilowatts hora por metro cuadrado por día
%	Porcentaje
”	Pulgadas
Q	Moneda de quetzal
rpm	Revoluciones por minuto
V	Voltio
W	Watt
Wh	Watt hora
Wh/día	Watts hora por día

GLOSARIO

Bici - máquinas	Bicicletas modificadas para realizar un trabajo.
Corriente eléctrica	Flujo de carga eléctrica a través de un material conductor en un circuito eléctrico, su unidad de medida es el amperio (A).
Generación de energía	Consiste en transformar alguna clase de energía como química, mecánica, cinética, térmica, solar, nuclear en energía eléctrica.
Híbrido	Todo lo que es producto de elementos de distinta naturaleza.
Inducción Electromagnética	Es el fenómeno que origina la producción de un voltaje y una corriente eléctrica mediante un campo magnético.
<i>Maximum Power Point Tracker</i>	Rastreador de punto de máxima potencia.
ONG	Organización No Gubernamental.
Potencia	Capacidad para realizar un trabajo.

Potencia eléctrica	Cantidad de energía eléctrica entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado, la unidad de medida es el Watt (W).
Potencia mecánica	Es aquella que es transmitida mediante la puesta en marcha de un mecanismo o el ejercicio de la fuerza física.
Prototipo	Ejemplar original que se fabrica y que sirve como modelo para fabricar otras iguales.
<i>Pulse With Module</i>	Pulso con un módulo.
Sistema	Conjunto de cosas que, ordenadamente relacionadas entre sí, contribuyen a un fin determinado.
Voltaje	Conocido como tensión eléctrica, es la diferencia de potencial eléctrico en un circuito o dispositivo eléctrico, su unidad de medida es el voltio (V).

RESUMEN

Por medio del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería y la ONG Maya Pedal, se desarrolla un prototipo híbrido para la generación de energía eléctrica por medio del uso de una bicicleta. La característica principal de un sistema híbrido es el uso de dos o más fuentes de alimentación distintas, en este EPS además de utilizar la energía mecánica producida por el pedaleo de la bicicleta se tiene una segunda fuente de alimentación que es la energía solar a través de un sistema fotovoltaico.

La energía mecánica se transforma a energía eléctrica mediante un alternador de carro interconectado a una batería que permite almacenar la energía producida. La bicicleta se modificó adaptándola para poder accionar el alternador por medio de una faja de transmisión, transformando así la bicicleta en un bici-generador, el circuito eléctrico de esta fuente es parecida a la de un automóvil permite conocer el voltaje y la corriente eléctrica que se está generando por medio del pedaleo.

El sistema fotovoltaico se conformó por dos elementos que son: el panel solar que transforma la energía solar a energía eléctrica y el controlador de carga que permite regular la transferencia de energía a la batería, este sistema de carga es conectado en paralelo al sistema del bici - generador, permite utilizar de forma individual o conjuntamente los sistemas para generación y almacenaje de energía.

Para el diseño y construcción del prototipo partimos del funcionamiento de cada uno de los elementos, así como los equipos que conforman los sistemas de

generación eléctrica, dividiéndola en dos partes: la mecánica y la eléctrica. La parte mecánica iniciamos con la bicicleta juntamente con las modificaciones que debemos hacer para poder adecuarla al generador, para ello fue fundamental los diseños de bici-maquinas que tienen implementados en Maya Pedal. La parte eléctrica se enfoca en los componentes principales de cada sistema: alternador, batería, panel solar, controlador de carga.

OBJETIVOS

General

Diseñar e implementar un prototipo híbrido para la generación y almacenaje de energía eléctrica a través del uso de una bicicleta.

Específicos

1. Identificar los equipos o partes necesarias para el diseño y construcción del prototipo.
2. Determinar la energía que se genera y almacena al conectar ambos sistemas.
3. Analizar el almacenaje de energía y carga de los dispositivos conectados al prototipo.
4. Evaluar los resultados la generación de energía eléctrica del prototipo.
5. Capacitar al personal de la ONG, desplegando las herramientas, cálculos y documentación necesaria para construir el prototipo.
6. Concientizar a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería acerca del cambio climático, la importancia de uso de energía renovable y las condiciones de vida en Guatemala.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país como en el resto del mundo se ha manejado la energía eléctrica en los hogares, lo cual ha generado una dependencia de suministro de energía eléctrica para subsistir. Gracias a la energía eléctrica se ha podido vivir cómodamente, con ella se pueden utilizar aparatos eléctricos y electrónicos, pero en algunos lugares no es posible el acceso a ésta por diversos motivos, uno de ellos puede ser su ubicación geográfica que impide el suministro eléctrico. Lo anterior, ha generado altos costos para poder trasportar el suministro a los hogares, en muchos casos las personas tienen acceso a artefactos electrónicos de menor consumo, pero carecen del servicio de energía eléctrica para poder ponerlos en funcionamiento.

Un bici - generador permite tener una fuente de energía eléctrica secundaria factible de producirla, favoreciendo a poblaciones que carecen del servicio y ayudando a mejorar la calidad de vida de los habitantes de estos territorios.

La investigación es oportuna para el avance de los proyectos en la ONG Maya Pedal que se dedica a transformar bicicletas usadas en bici-máquinas con el fin de desarrollar proyectos amigables con el medio ambiente, la economía y la salud de familias guatemaltecas.

Este proyecto busca desarrollar un prototipo híbrido de bicicleta generadora de energía con gran potencial para proveer una fuente de bajo costo de electricidad con el fin de encender artefactos eléctricos de bajo consumo tales como: bombillas, lámparas, aparatos electrónicos, celulares, laptops, entre otros, aprovechando el potencial muscular humano y la energía solar.

1. ANTECEDENTES

1.1. Información acerca de la institución

En Guatemala existen instituciones que se dedican a promover programas sociales y ambientales, mejorando la calidad de vida de los guatemaltecos a través de proyecto comunitarios, como lo son la ONG Maya Pedal y Henkel.

1.1.1. ONG Maya penal

La ONG Maya Pedal está ubicada en el municipio San Andrés Itzapa en el departamento de Chimaltenango, esta organización inició en 1997 con la ayuda de un grupo canadiense llamándose originalmente “PEDAL”, pero a partir de abril de 2001 se constituyó como Maya Pedal.

Maya Pedal se especializa en transformar bicicletas usadas en bici-máquinas utilizadas para el desarrollo de familias guatemaltecas preservando el medio ambiente, salud, productividad y la economía. Las bici-máquinas que se fabrican y se comercializan son bici-molinos, bici-bombas, bici-licuadoras, bici lavadoras, figura 1.

Figura 1. **Bici máquinas**



Fuente: Maya Pedal Guatemala. *Bici máquinas*. <http://mayapedalguate1.blogspot.com/>.

Consulta: agosto 2019.

1.1.1.1. **Visión y Misión**

Ser una ONG líder en la fabricación, distribución e implementación de bici-máquinas a través de programas, proyectos, actividades, uso de transporte alternativo, bicicletas y triciclos.

Apoyar a la economía y el desarrollo rural de Guatemala, con los objetivos de:

- Reciclar bicicletas.
- Elaborar diseños que llenen las necesidades de las comunidades.
- Desarrollar tecnología autosostenible.
- Conservar el medio ambiente.
- Desarrollar formas de auto empleo.

1.1.2. Henkel

Henkel es una empresa multinacional alemana fundada en 1876 para comercializar su primer producto, un detergente creado a base de silicato, a través de los años la familia fundadora junto a sus empleados alrededor del mundo ha convertido a Henkel en una compañía global.

Hoy en día, Henkel en Guatemala se dedica a comercializar en sus tres tipos de negocios: adhesivos, *beauty care* y *laundry and home care*, este últimos es el único que se fabrica en el país en la planta de detergentes llamada Henkel La Luz ubicada en el municipio de Mixco en el departamento de Guatemala.

1.1.2.1. Proyecto MIT

Como sus siglas lo indican, en inglés MIT (*Make an Impact on Tomorrow*) es una iniciativa mundial de Henkel que data de 1998, con el fin de que los colaboradores de la compañía, activos y pensionados contribuyan positivamente al entorno a través de proyectos de progreso social en cualquiera de estas áreas de apoyo: educación, social, salud, arte, cultura, ecología.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Energía renovable

La energía es la capacidad de realizar un trabajo, la energía renovable es aquella que se renuevan constantemente, a diferencia de otro tipo de energía que existen determinadas cantidades o reservas, por lo general, este tipo de energía viene proveniente de la naturaleza y están disponibles de forma continua.

2.1.1. Tipos de energía renovable

Los tipos de energía renovable que existen son: hidráulica, solar, eólica, biomasa, geotérmica y mareomotriz.

La energía provocada por el ser humano puede ser considerada renovable, por tanto, es una fuente de energía ilimitada capaz de ser aprovechada para transformarla, como, por ejemplo: el pedaleo de una bicicleta.

2.1.2. Energía solar fotovoltaica

Este tipo de energía renovable es producida por la energía solar mediante la captación de los rayos de sol a través de celdas o paneles fotovoltaicos que están compuestos por materiales semiconductores, al percibir los rayos del sol o fotones se produce una diferencia de potencial en las celdas la cual genera una energía eléctrica.

Las ventajas de este tipo de energía principalmente son ambientales, no genera ruidos, es limpia, no genera emisiones de CO₂ debido a que no utiliza combustibles para su funcionamiento, al ser alimentada por el Sol tiene una fuente inagotable.

2.1.3. Energía mecánica

La energía mecánica es aquella que es provocada por el movimiento, posición y gravedad de un cuerpo u objeto, por lo que involucra las energías: cinética, potencial, gravitatoria.

La energía cinética la tienen los seres humanos a través de su movimiento y la consecuencia es la capacidad de realizar un trabajo, el Teorema de las Fuerzas Vivas, explica que: “El trabajo mecánico de la fuerza resultante de todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es igual a la variación de la energía cinética experimentada por dicho cuerpo”¹.

La fuerza motriz generada por el cuerpo humano es capaz de transformar la energía mecánica en energía eléctrica a través de la rotación que se genera en las ruedas de la bicicleta, que a su vez imparte movimiento al alternador.

2.2. Generación de energía basado en la bicicleta

La generación de energía a través de una bicicleta es posible modificando su estructura, aprovechando la fuerza motriz de una persona que permite transmitir la energía mecánica provocada por el pedaleo hacia el alternador,

¹ Dirección General de Cultura y Educación. *Energía Mecánica*.
http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/revistacomponents/revista/archivos/textos-escolares/2007/CFS-ES4-1P/archivosparadescargar/CFS_ES4_1P_u6.pdf. pag.109. Consulta: agosto 2019.

responsable de generar la energía eléctrica que servirá como fuente de alimentación para dispositivos eléctricos.

2.2.1. Bicicleta

Es un medio transporte que utiliza la energía humana para poder funcionar, constituida principalmente por dos ruedas junto con la estructura que se encarga de interconectar los sistemas de dirección, transmisión y movimiento, hace que la bicicleta sea uno de los medios de transporte más significativos a lo largo de la historia de la humanidad.

Hoy en día es un medio sustentable y amigable con el medio ambiente no necesita combustible para funcionar, los costos son bajos para el mantenimiento, es una herramienta para ejercitar al cuerpo humano.

El uso de la bicicleta tiene un gran potencial es posible alcanzar una velocidad entre 15 km/h a 20 km/h esto lo hace un transporte eficiente en trayectos cortos²; en Guatemala el uso de la bicicleta como medio de transporte en la ciudad capital del país es de poca participación, sin embargo, a través de la Municipalidad de Guatemala se han desarrollado programas para el uso de la bicicleta, fomentado el ejercicio con la apertura de ciclovías y actividades al aire libre.

2.2.1.1. Evolución de la bicicleta

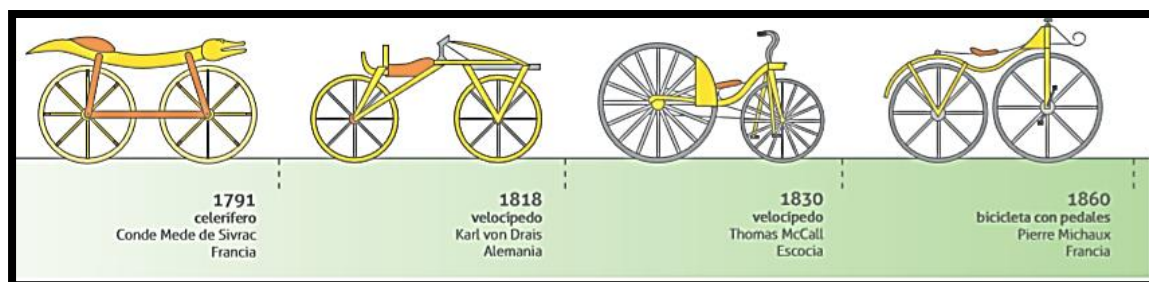
A lo largo de la historia la bicicleta ha ido evolucionando, por ende, ha tomado diferentes diseños desde su creación.

²CICLOCIUDADES. *IV Infraestructura*. p. 45.

Podemos afirmar que la bicicleta moderna, la ideó, construyó y difundió un alemán, el barón Drais von Sauerbronn y desde ese momento la bicicleta vino para quedarse, ya desde 1817, año del primer prototipo construido, hasta nuestros días, esa bicicleta primigenia, ha ido evolucionando ininterrumpidamente al compás de los avances tecnológicos y de las necesidades sociales que han demandados su uso ³

En la figura 2 y la figura 3 se muestra los principales diseños de la bicicleta y su evolución:

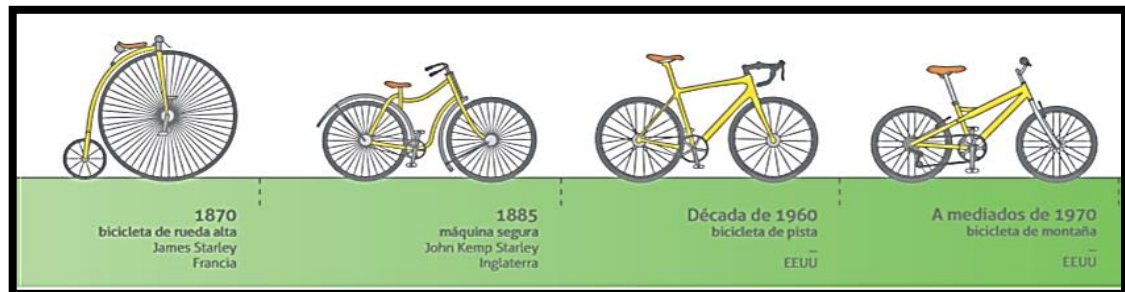
Figura 2. **Evolución de la bicicleta 1791 – 1860**



Fuente: Ciclociudades, *Tomo I La movilidad en bicicleta como política pública*, <http://www.ciclociudades.mx/manual-ciclociudades/>, Consulta: agosto 2019.

³ NAVARRO, Paco; RUI-WAMBA, Javier; FERNÁNDEZ, Alex; ALTISECH, Oriol; GARCÍA, Cristina; JULIA, Jordi. *La ingeniería de la bicicleta*. p. 13.

Figura 3. **Evolución de la bicicleta 1870 – 1970**



Fuente: Ciclociudades, *Tomo I La movilidad en bicicleta como política pública*.
<http://www.ciclociudades.mx/manual-ciclociudades/>. Consulta: agosto 2019.

2.2.1.2. Tipos de bicicletas

Según la finalidad o uso de la bicicleta, se tienen diferentes diseños y tipos de bicicletas, los más comunes son los siguientes:

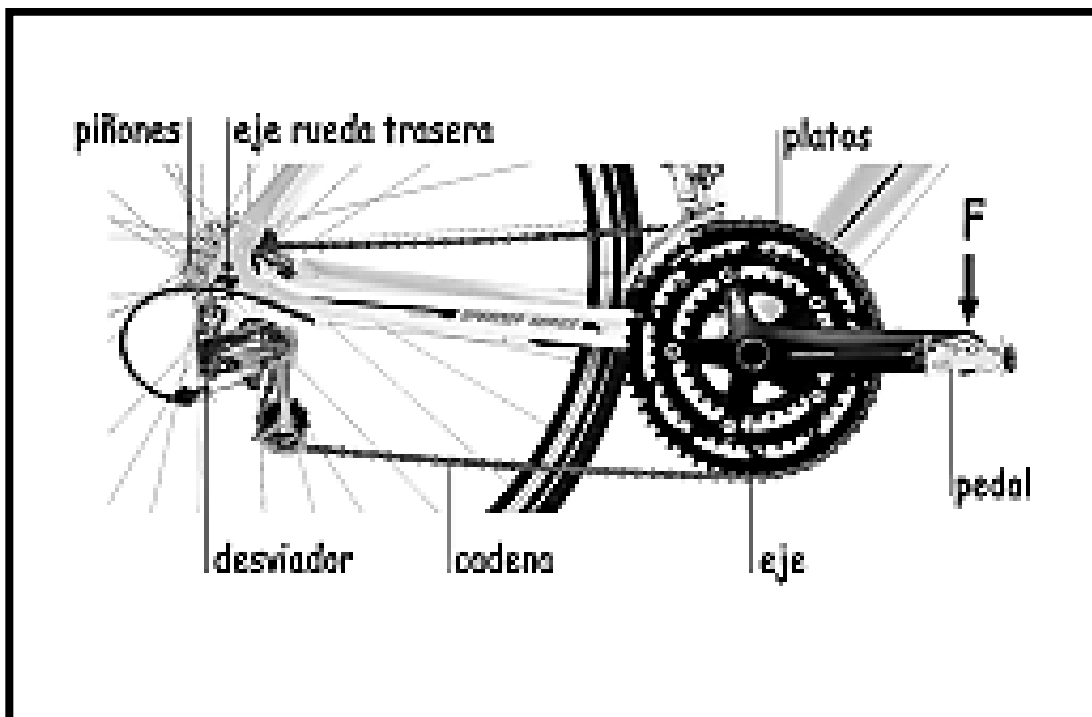
- Montaña
- Turismo
- Ruta
- BMX

2.2.2. Elementos de transmisión

En una bicicleta se tienen diferentes tipos de mecanismos estos elementos al combinarse permiten la transmisión de energía mecánica de una persona hacia la bicicleta, los principales elementos que permiten el movimiento de la bicicleta son:

- Pedal y Biela
- Plato
- Cadena
- Piñón
- Rueda

Figura 4. **Elementos de transmisión**



Fuente: NAVARRO, Paco; RUI-WAMBA, Javier; FERNÁNDEZ, Alex; ALTISECH, Oriol; GARCÍA, Cristina; JULIA, Jordi. *La ingeniería de la bicicleta*. p. 13.

2.2.2.1. Pedal, biela y plato

El pedal es el elemento que tiene contacto con el pie de una persona, este juntamente con la biela son encargadas de dar rotación al plato, este conjunto de elementos es donde se aplica la fuerza para que exista movimiento en las ruedas.

2.2.2.2. Cadena

La cadena es un elemento esencial, tiene como finalidad de la interconexión entre el plato y el piñón ubicado en la rueda trasera, existen diferentes tipos de cadenas, las bicicletas utilizan las que están formadas de eslabones fabricadas de aleaciones de acero.

2.2.2.3. Piñón y rueda

El piñón es el encargado de recibir la fuerza provocada por el ser humano por medio de la cadena y luego transmitirla a la rueda trasera para permitir el movimiento, a través del piñón es posible aumentar o disminuir la velocidad de la rueda, así como la fuerza a implementar en los pedales.

La rueda trasera es la que permite la fuerza motriz de la bicicleta, el número de vueltas de la rueda es proporcional al número de dientes del plato y el piñón; dependiendo el tipo de bicicleta así será el diámetro de la rueda en donde las más comunes están en el rango de 26" a 29".

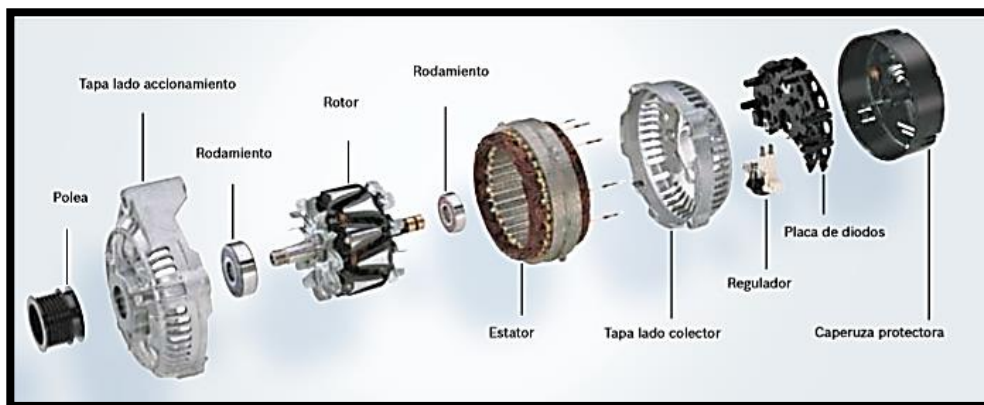
2.2.3. Alternador

“Los generadores síncronos o alternadores son máquinas síncronas utilizadas para convertir potencia mecánica en potencia eléctrica”⁴.

Los alternadores están constituidos principalmente por las siguientes partes:

- Estator
- Rotor
- Rodamientos
- Conjunto rectificador
- Regulador de tensión

Figura 5. Partes de un alternador



Fuente: BOSCH. *Manual Sistema de Energía*.

http://www.boschautopartes.com/es/la/autoparts/homepage/homepage_1.html/. Consulta: agosto 2019.

⁴ CHAPMAN, Stephen. *Máquinas Eléctricas*. p. 272.

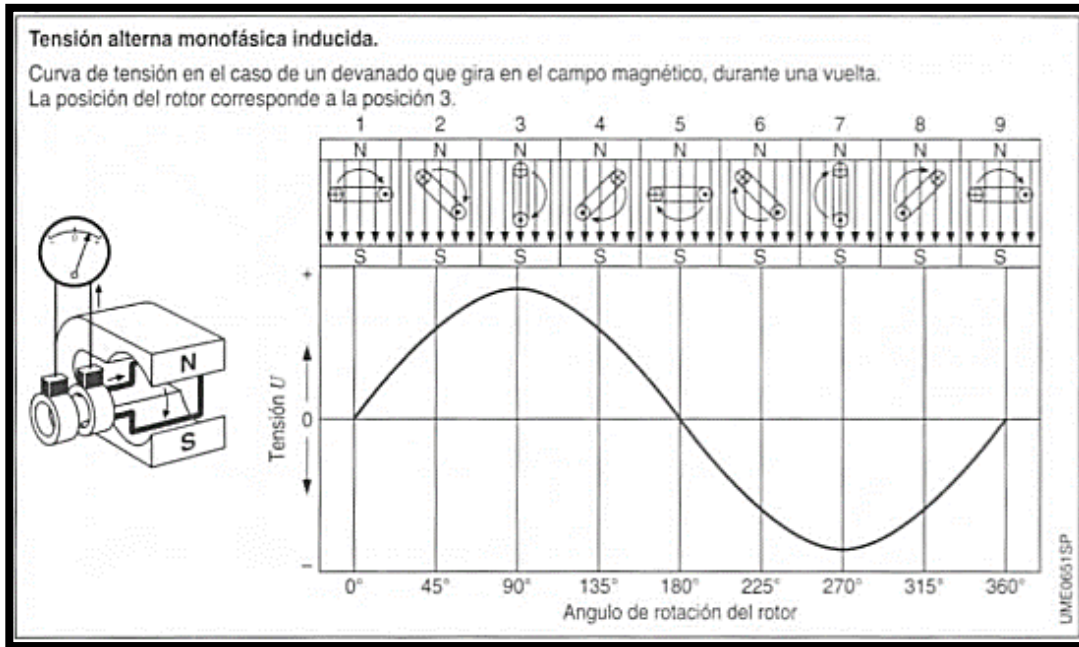
- Estator: el estator también conocido como inducido es la parte fija del alternador, está constituido por tres bobinas distribuidas en un núcleo de acero por la cual fluye la corriente alterna.
- Rotor: la parte móvil del alternador es el rotor o inductor está formado por un bobinado de cobre alrededor de un eje, el cual es alimentado por corriente continua dando lugar a los polos de la máquina.
- Conjunto rectificador: el conjunto rectificador es el encargado de transformar la corriente alterna a la corriente continua, esta acción es realizada por un conjunto de diodos; el regulador de tensión es el que mantiene los valores adecuados de voltaje y corriente en el alternador.

2.2.3.1. Principio de funcionamiento

El principio o base del funcionamiento para generar energía eléctrica de una máquina síncrona es debido a la inducción electromagnética o ley de Faraday, la cual consiste en que se puede generar una tensión en un conductor eléctrico (inducido) cuando este se mueve dentro de un campo magnético (inductor).

En la figura 6, se observa el comportamiento de la tensión de un conductor eléctrico, en este caso una espira de cobre que gira 360 grados dentro de un campo magnético producido por un imán, el sentido de la corriente varía dependiendo la dirección del movimiento del conductor.

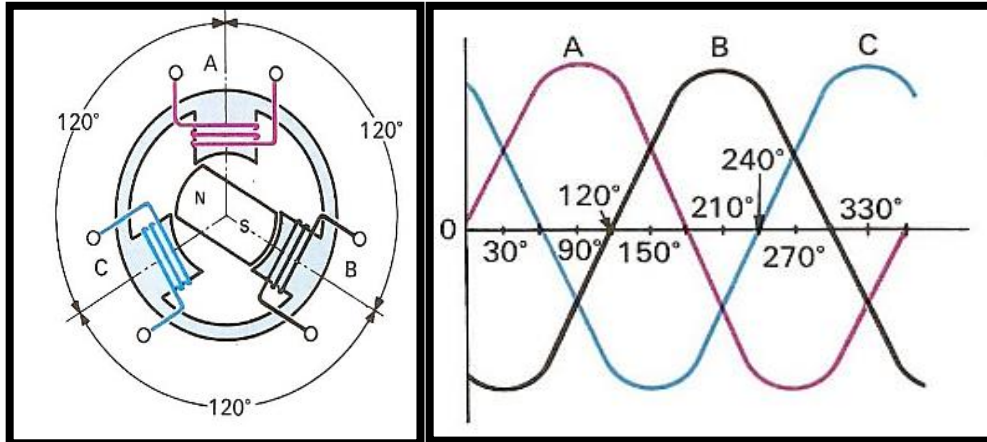
Figura 6. Inducción electromagnética



Fuente: BOSCH. *Manual Electricidad y electrónica del automóvil Alternadores*,
<https://www.mecanicoautomotriz.org/1941-manual-alternador-bosch-generacion-funcionamiento-refrigeracion-curvas>. Consulta: agosto 2019.

En el alternador, se aplica una corriente continua a los devanados del rotor convirtiéndolo en un electroimán que gira por medio de un eje, el giro del rotor o inductor provoca a través de la inducción electromagnética la generación de corriente alterna en los devanados del estator o inducido; el alternador es capaz de generar una corriente trifásica debido a que el estator está constituido por tres bobinas o devanados independientes espaciadas 120° entre sí, figura 7.

Figura 7. Relación de los devanados del estator y el rotor

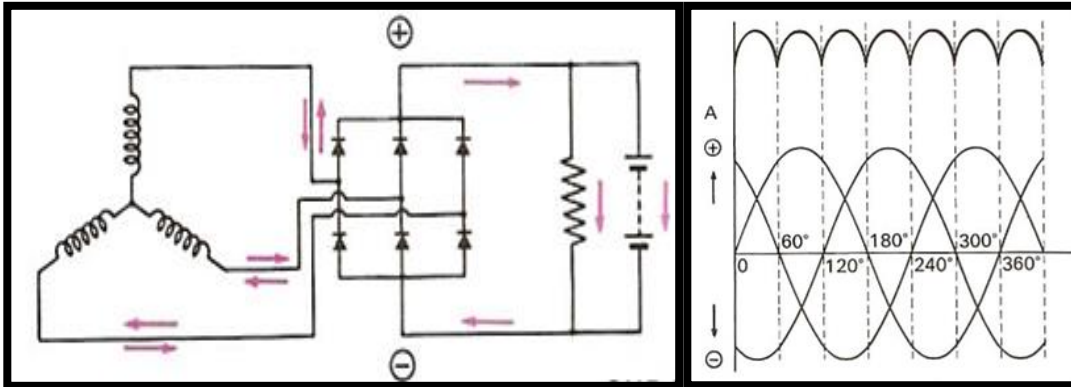


Fuente: TOYOTA. *Manual de Entrenamiento Sistema de Carga.*

<https://www.mecanicoautomotriz.org/57-manual-sistema-carga-toyota>. Consulta: agosto 2019.

La corriente alterna trifásica generada por los devanados del estator deberá ser convertida en corriente directa debido a que las baterías utilizan este tipo de corriente para cargarse, a esta conversión de corriente se le conoce como rectificación y se hace por medio de diodos rectificadores que únicamente dejan pasar las semiondas positivas permitiendo que la corriente fluya en una sola dirección, ver la figura 8.

Figura 8. **Diodos rectificadores**



Fuente: TOYOTA. *Manual de Entrenamiento Sistema de Carga.*

<https://www.mecanicoautomotriz.org/57-manual-sistema-carga-toyota>. Consulta: agosto 2019.

2.2.3.2. Tipos de alternadores

Existen diferentes tipos de alternadores dependiendo de su aplicación y potencia del vehículo, para ello es importante seleccionar el alternador correcto tomando las siguientes consideraciones:

- Tipo de vehículo
- Tipo de batería
- Revoluciones
- Medio ambiente
- Tensión del alternador
- Corriente máxima

Tabla I. **Tipos de alternadores**

Versión	Aplicación	Tipo	Nº polos
Compacto	Turismos, motocicletas	GC, KC, NC	12
Monobloc	Turismos, vehículos indust., tractores, motocicletas	G1	
	Turismos, vehículos indust., tractores	K1, N1	
	Autobuses	T1	16
	Vehíc. ind. largos recorridos, maqu. de construcción	N3	12
Estándar	Vehículos especiales	T3	14
	Vehículos especiales, barcos	U2	4,6

Fuente: BOSCH. *Manual Electricidad y electrónica del automóvil Alternadores*.
<https://www.mecanicoautomotriz.org/1941-manual-alternador-bosch-generacion-funcionamiento-refrigeracion-curvas>. Consulta: agosto 2019.

Actualmente en la mayoría de los vehículos utilizan el tipo compacto que están diseñados para una gran demanda de potencia, estos alternadores pueden entregar hasta un 25 % más de su potencial mantenimiento la velocidad del giro del motor.

Los alternadores monobloc G1, K1, N1 tienen el mismo funcionamiento que los compactos sin embargo cambian su estructura dependiendo la aplicación requerida, los T1 son utilizados para vehículos con un mayor consumo de corriente a pesar de que tiene el mismo funcionamiento que los modelos anteriores estos son auto excitados de 16 polos; el monobloc N3 está diseñado para largas distancias y condiciones difíciles, en su estructura se utilizan el menor número de piezas que se puedan desgastar exceptuándolo así de mantenimientos.

El alternador estándar U2 es utilizado en vehículos grandes que pueden consumir más de 100 amperios, tensiones de baterías de 24V, tienen un elevado margen de potencia y una gran potencia específica.

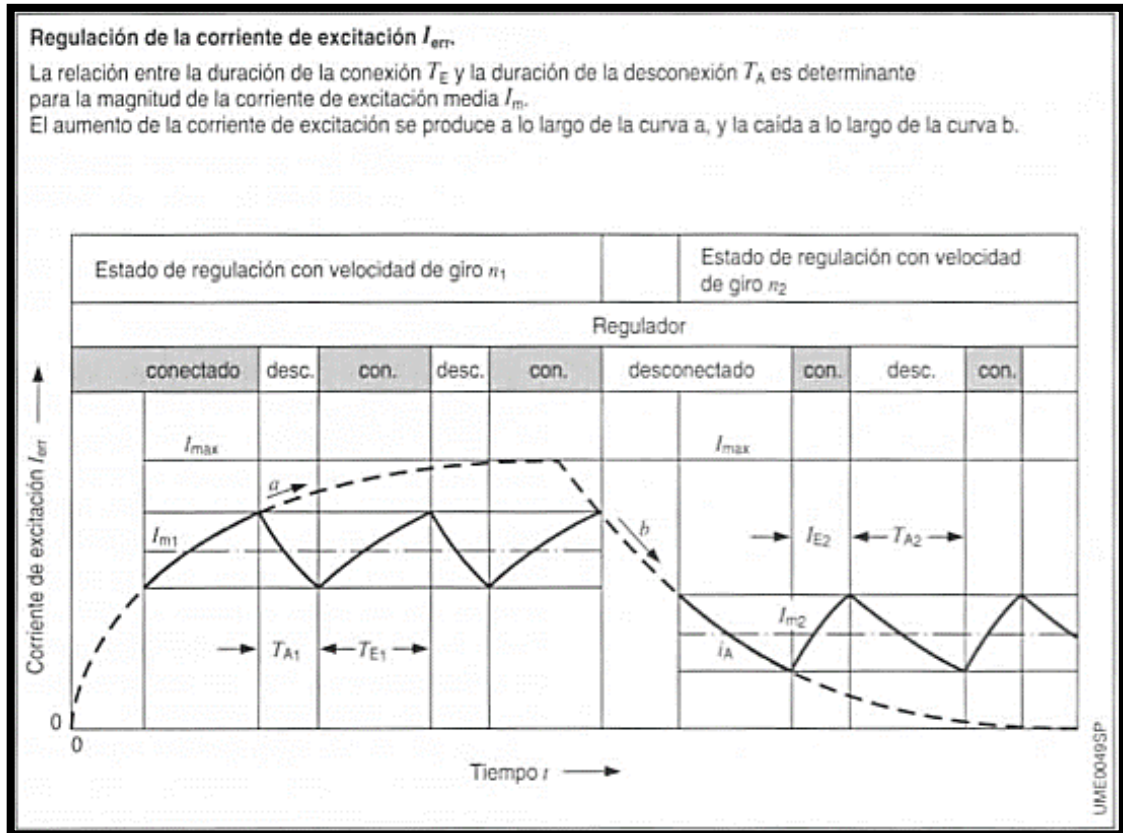
2.2.3.3. Fuente de tensión

Se les denomina fuentes de tensión o de alimentación a aquellos circuitos contruidos o compuestos por filtros, rectificadores y reguladores de voltaje, en un alternador se rectifica el voltaje AC para obtener un voltaje DC, luego se filtra para llevarlo a un nivel de DC, por último, regularlo para mantener un voltaje fijo.

La importancia de los reguladores es mantener el voltaje de salida debido a que la electricidad producida por un alternador no es constante porque depende de la velocidad a la que gira y la carga conectada al mismo, el regulador es el responsable de controlar la corriente de excitación del rotor, para ello dependerá de las revoluciones por minuto con la que gire el alternador.

En la figura 9, muestra cómo se regula la corriente de excitación en función del voltaje generado en el alternador para diferentes velocidades de giro y cargas, manteniendo así el voltaje de salida del alternador.

Figura 9. Regulación de voltaje



Fuente: BOSCH. *Manual Electricidad y electrónica del automóvil Alternadores*.
<https://www.mecanicoautomotriz.org/1941-manual-alternador-bosch-generacion-funcionamiento-refrigeracion-curvas>. Consulta: agosto 2019.

Existen dos tipos de reguladores de voltaje, que son: electromagnéticos conocidos como de contacto y electrónicos.

- Electromagnéticos: trabajan de forma mecánica a través de la apertura y el cierre de un contacto móvil en la corriente de excitación del rotor, este tipo de regulador ya no es muy común en los alternadores.
- Electrónicos: los reguladores electrónicos tienen mayores ventajas desde tamaño, tiempo de conexión, no necesitan mantenimiento y resisten a influencias climáticas, la mayoría de estos están incorporados en los alternadores.

Los más comunes son los reguladores CI que son circuitos integrados, están conformados por componentes eléctricos y electrónicos como transistores, diodos, resistencias, condensadores, entre otros.

2.2.4. Inversor de Corriente

El inversor de corriente tiene como finalidad convertir la energía eléctrica de corriente continua a una energía eléctrica de corriente alterna, está conformado por componentes electrónicos y semiconductores de potencia, a través de ellos es posible generar una forma de onda cuadrada, sinusoidal y sinusoidal modificada.

La calidad del inversor se evalúa según los siguientes parámetros:

- Factor armónico de la n -ésima componente HF n .
- Distorsión total armónica THD.
- Factor de distorsión DF.
- Armónica de menor orden LOH.

2.2.4.1. Tipos de inversores

Existen dos tipos de inversores:

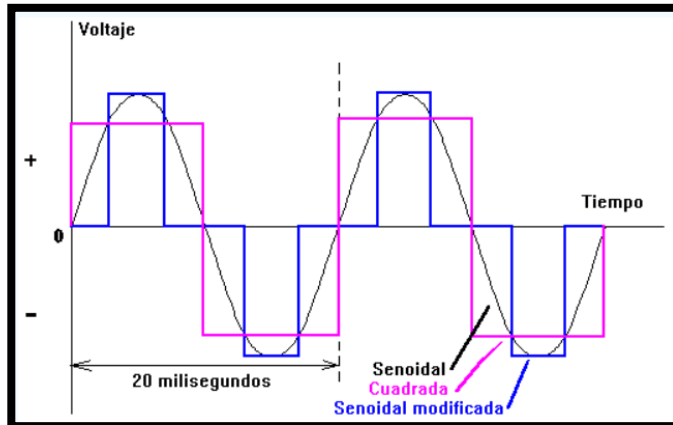
- Inversores monofásicos.
- Inversores trifásicos.

Los voltajes y frecuencias de salida para monofásicas son: 120V, 220V, 115V a frecuencias de 60Hz, 50Hz, 400Hz, para sistemas trifásicos voltajes de 220/380V, 120/208V, 115/200V a frecuencias de 50Hz, 60Hz, 400Hz.

Los inversores se pueden clasificar como VFI aquellos que están alimentados por voltaje y CFI a los que están alimentados por corriente.


Los inversores más comunes que se encuentran en el mercado son los VFI monofásicos que convierten 12VDC o 14VDC a corriente alterna de 120VAC, estos generan una onda sinusoidal modificada por medio de modulaciones de ancho de pulso.

Figura 10. Formas de onda de un inversor de corriente



Fuente: INEEL. ¿Qué diferencia existe entre los distintos tipos de inversores? ¿Cuál es el que hay que utilizar en cada caso? https://www2.ineel.mx/proyectofotovoltaico/preg_20.html, Consulta: octubre 2021.

Figura 11. Inversor de corriente

 <p>Potencia / Power 400 W</p>	<p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</p> <p>ENTRADA Tensión: 12 V ~ Corriente: 40 A Descarga de acumulador sin carga: < 0,5 A (con entrada de 12 V) Punto de activación de alarma por carga baja del acumulador 11 V ~ Punto de auto-apagado por carga baja del acumulador (nominal) 10,5 V ~ Punto de auto-apagado por carga alta del acumulador (nominal) 15,5 V ~ Fusible deslizable de 25 A x 2 Portafusibles de 20 A x 2</p> <p>SALIDA Tensión: 120 V~ Frecuencia: 60 Hz Potencia: 400 W Potencia pico: 800 W Puerto USB salida Tensión: 5 V ~ Corriente: 500 mA Forma de onda: Onda senoidal modificada.</p>
--	---

Fuente: FERRETAP. Inversor de corriente. https://www.ferrepat.com/storage/manuales/Manual_10449.pdf. consulta: octubre 2021.

2.2.5. Protección eléctrica

En los alternadores se pueden ocasionar voltajes muy altos que se producen en un período muy corto, se les conoce como sobretensiones, estas se dan por fallos en el regulador, un mal contacto en las conexiones eléctricas y la falta de consumidores conectados al alternador, las alternativas para de protección son las siguientes:

- Protección mediante diodos Z
- Alternador y regulador en versión resisten a la tensión
- Dispositivos de protección contra sobretensión
 - Automático
 - No automático

2.3. Generación de energía solar fotovoltaica

Este tipo de generación de energía tiene como principal fuente de alimentación el Sol, esta energía se capta a través de paneles solares y se almacena en baterías para luego utilizarla como fuente de alimentación en hogares, industria, entre otros.

2.3.1. Radiación solar

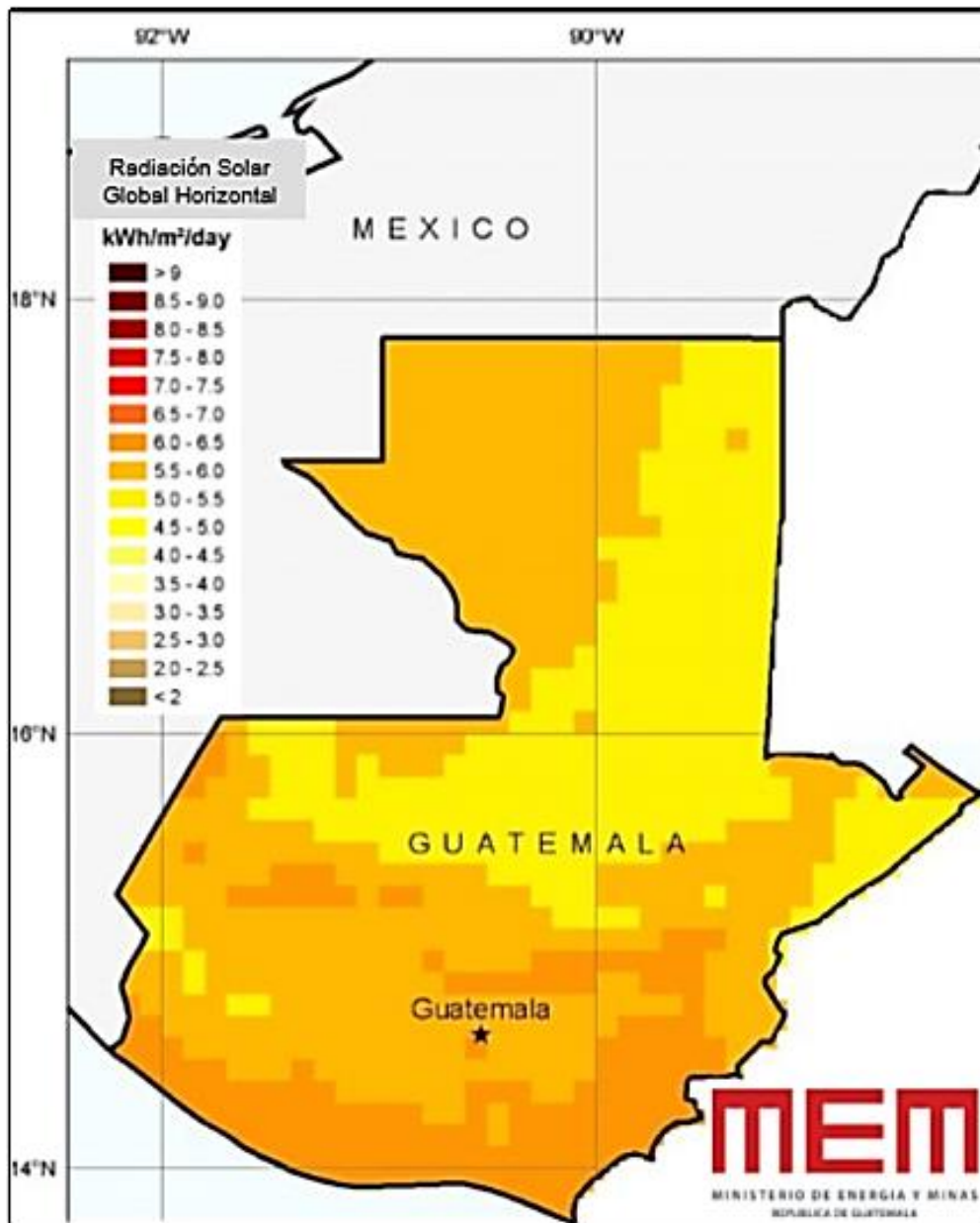
Como se ha mencionado antes la energía solar es un recurso renovable que día a día llega a nuestro planeta a través de ondas electromagnéticas, esta energía se mide en kWh/m²/día que es la energía diaria que llega al planeta por metro cuadrado. Existen dos tipos de radiación solar: directa que es la radiación que llega o incide directamente con los objetos o lugares iluminados por el Sol y

la difusa o de reflexión solar que es la que proviene de la atmósfera en donde se han dispersado los rayos solares que no inciden directamente a la superficie terrestre.

La radiación solar se ve afectada por varios factores como: ubicación del lugar, época o estación del año, altura del lugar y clima. En Guatemala el valor promedio de radiación solar global para todo el país es de 5.3 kWh/m² al día⁵, catalogándolo como un país de gran potencial solar, en la figura 10 se presenta un mapa de potencial solar del territorio guatemalteco, se puede observar que en ciertas regiones se pueden alcanzar hasta valores de 6 kWh/m², figura 10.

⁵ MEM. *Energía Solar en Guatemala*. <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/07/Energ%C3%ADa-Solar-en-Guatemala.pdf>. Consulta: agosto 2019.

Figura 12. Mapa de potencial solar en Guatemala



Fuente: MEM. *Energía Solar en Guatemala*. <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/07/Energ%C3%ADa-Solar-en-Guatemala.pdf>. Consulta: agosto 2019.

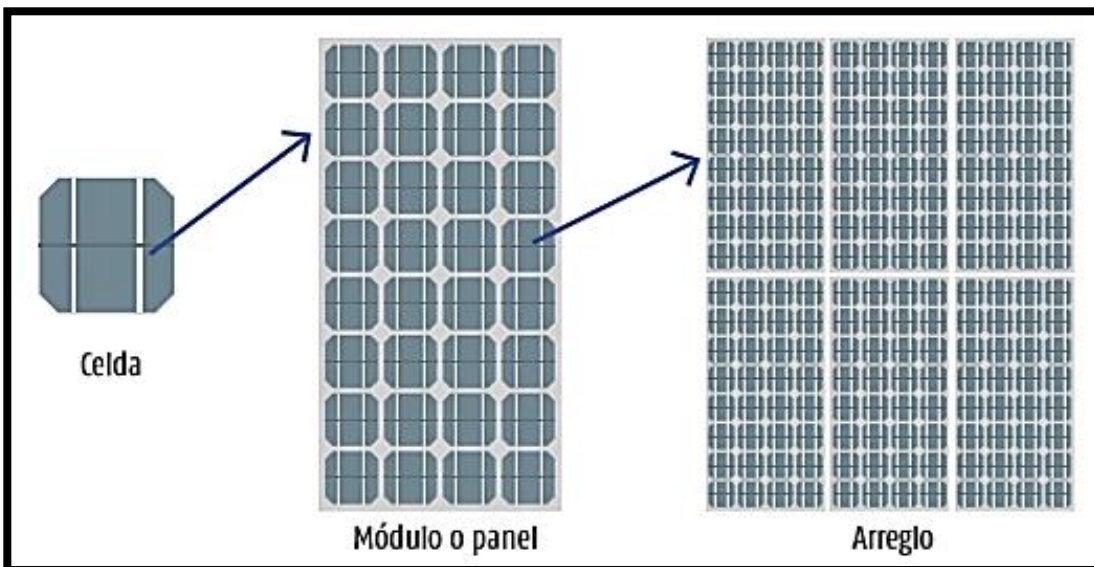
2.3.2. Elementos de un sistema fotovoltaico

Los elementos básicos para la generación de energía a través de un sistema fotovoltaico son: módulo o panel solar, regulador de carga, inversor, batería, en este apartado se verán algunos de ellos y el principio de funcionamiento de un sistema fotovoltaico.

2.3.2.1. Módulos Solares

Los módulos solares también conocidos como paneles fotovoltaicos son los encargados de recibir la radiación solar y transformar la energía solar a energía eléctrica a través de las células solares, figura 13.

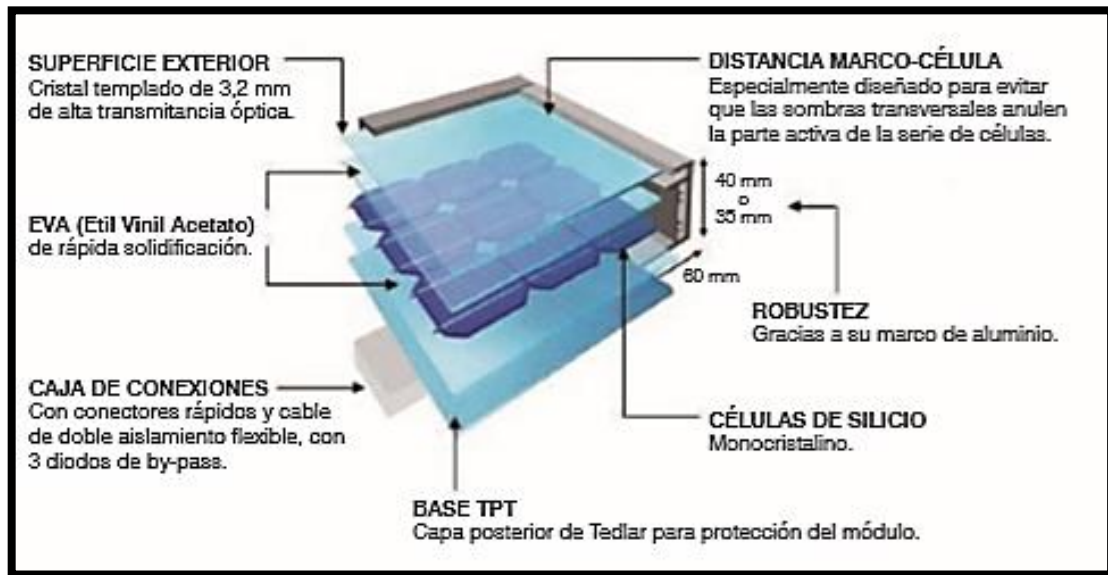
Figura 13. Celda, módulo solar y arreglo



Fuente: UZQUIANO, Camilo. SULLIVAN, Mike. SANDY, Ximena. *Capacitación e instalación de sistemas fotovoltaicos en las comunidades de Carmen del Emero y Yolosani*. <http://energiayambienteandina.net/publicaciones.html>. Consulta: agosto 2019.

Un módulo solar este conformado por diferentes materiales los cuales se muestran en la figura 14.

Figura 14. **Composición de un módulo solar**



Fuente: SALVADOR ESCODA, *Libro blanco de las energías renovables*.

https://www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Libro_Blanco_E_Renovables_Salvador_Escoda_18.1.pdf. Consulta: agosto 2019.

Una celda está compuesta por células semiconductoras, el más común es el silicio, según su estructura existen los siguientes:

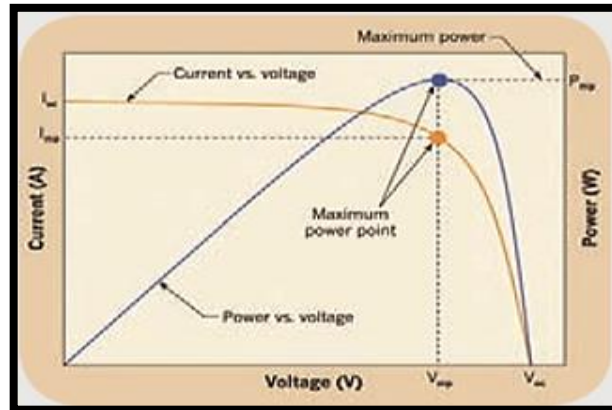
- Amorfo
- Monocristalino
- Policristalino

Más adelante se describirá la composición y el funcionamiento de las celdas, explicando cómo estas producen la energía eléctrica en un módulo solar.

Comúnmente en la parte trasera de los módulos solares se encuentran los parámetros eléctricos y características, en la figura 15 se muestra la curva de funcionamiento de estos parámetros.

- Potencia máxima o pico ($P_{\text{máx}}$ o W_p): potencia máxima que se puede obtener de un módulo.
- Voltaje en circuito abierto (V_{oc}): voltaje máximo que se tiene en el módulo solar sin carga.
- Corriente de corto circuito (I_{sc}): corriente máxima que se obtiene cuando el voltaje de salida es cero.
- Voltaje en el punto máximo (V_{mp}) y Corriente máxima (I_m): valores de voltaje y corriente en el punto de máxima potencia.
- Temperatura de operación nominal: temperatura de operación normal en una célula solar.
- Factor de forma (FF): relación entre la potencia máxima y la multiplicación de la corriente corto circuito con el voltaje en circuito abierto.
- Dimensión: medidas de altura, ancho y grosor de un módulo solar.

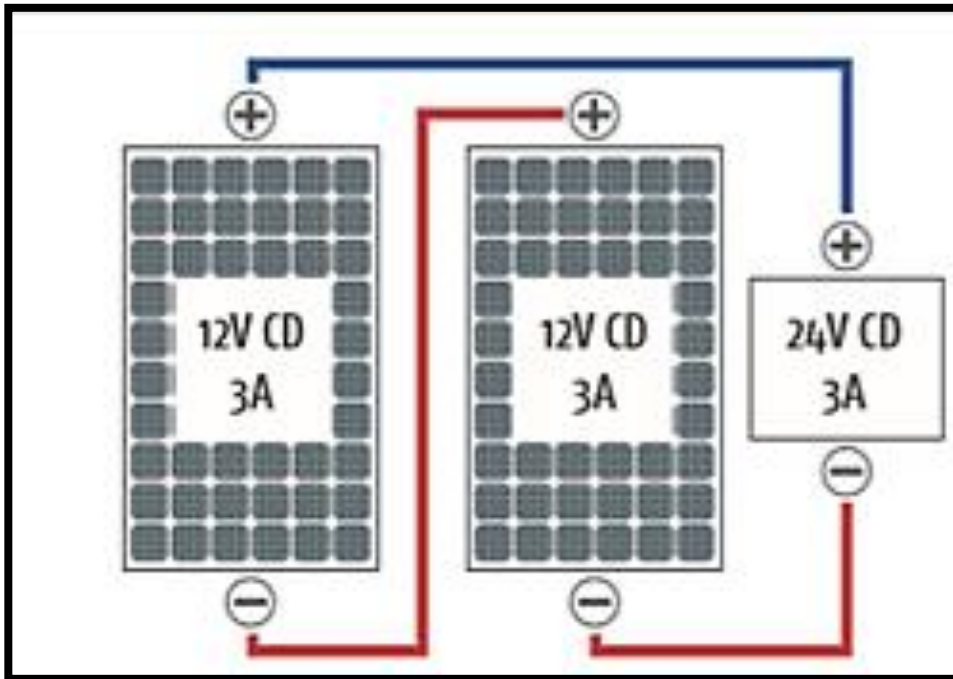
Figura 15. **Curva característica de los parámetros de un módulo solar**



Fuente: SALVADOR ESCODA, *Libro blanco de las energías renovables*,
https://www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Libro_Blanco_E_Renovables_Salvador_Escoda_18.1.pdf. Consulta agosto 2019.

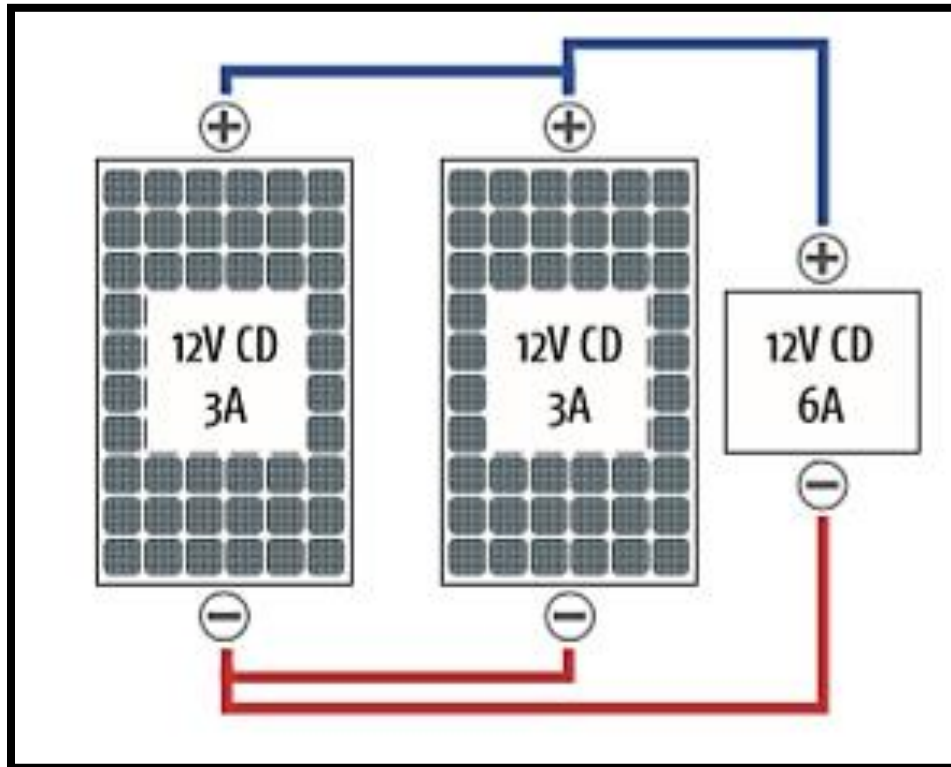
Existen varios paneles fotovoltaicos que se pueden agrupar según las necesidades que se tiene para generar energía eléctrica, un grupo de paneles fotovoltaicos se puede conectar entre sí de dos formas: en serie, donde se mantiene la corriente, se aumenta el voltaje y en paralelo, donde se mantiene el voltaje, se aumenta la corriente, en la figura 16 y figura 17 se ejemplifican las conexiones.

Figura 16. **Conexión en serie de paneles fotovoltaicos**



Fuente: UZQUIANO, Camilo. SULLIVAN, Mike. SANDY, Ximena. *Capacitación e instalación de sistemas fotovoltaicos en las comunidades de Carmen del Emero y Yolosani*. <http://energiayambienteandina.net/publicaciones.html>. Consulta: agosto 2019.

Figura 17. **Conexión en paralelo de paneles fotovoltaicos**



Fuente: UZQUIANO, Camilo. SULLIVAN, Mike. SANDY, Ximena. *Capacitación e instalación de sistemas fotovoltaicos en las comunidades de Carmen del Emero y Yolosani*. <http://energiayambienteandina.net/publicaciones.html>. Consulta: agosto 2019.

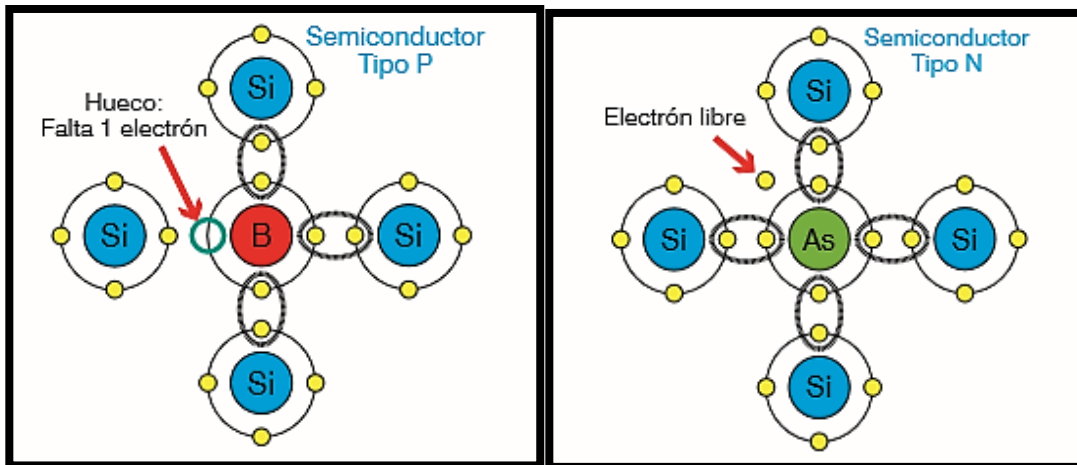
2.3.2.2. Principio de funcionamiento

Como se mencionó en el apartado anterior, las celdas de un panel fotovoltaico están conformadas de células de silicio, para la fabricación de las celdas a dicho material se le agregan impurezas para cambiar sus propiedades, a este proceso se le conoce como dopaje, el silicio de una célula es dopado con dos elementos: el fósforo (P) y el boro (B), cada uno establece en la celda solar

una capa semiconductor denominada N a la carga negativa, P a la carga positiva.

En la figura 18, se observa la composición de los electrones de los semiconductores de un sistema fotovoltaico tipo P y N.

Figura 18. **Semiconductores de un panel fotovoltaico**

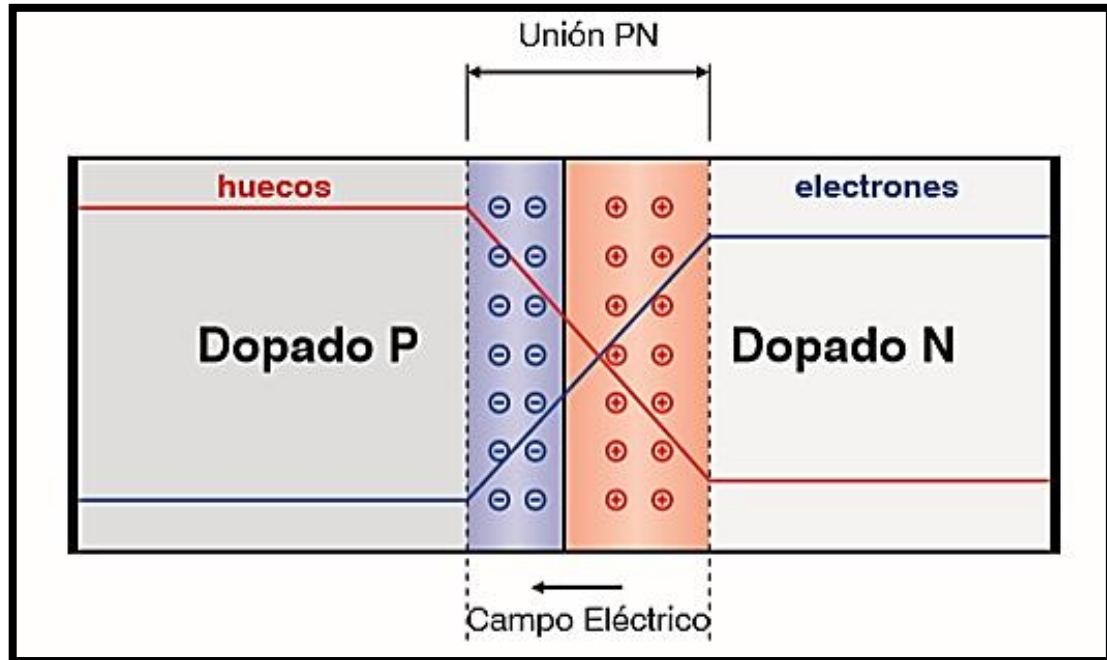


Fuente: SALVADOR ESCODA. *Libro blanco de las energías renovables.*

https://www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Libro_Blanco_E_Renovables_Salvador_Escoda_18.1.pdf. Consulta agosto 2019.

Cuando los rayos solares inciden en una célula solar provocan un campo eléctrico, esto hace que se genere un movimiento de electrones que fluyen de la capa P hacia la capa N, mostrado en la figura 19.

Figura 19. **Semiconductor PN**



Fuente: SALVADOR ESCODA. *Libro blanco de las energías renovables.*

https://www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Libro_Blanco_E_Renovables_Salvador_Escoda_18.1.pdf. Consulta agosto 2019.

Por medio del flujo de electrones en las células solares se logra convertir la energía solar en energía eléctrica, esta energía tendrá un voltaje y una corriente directa, se controlará por medio de un regulador de carga para que luego se almacene en baterías o bien a través de un inversor se convierta en corriente alterna como se explicó anteriormente.

2.3.2.3. **Regulador de carga**

El regulador de carga tiene como finalidad en un sistema fotovoltaico proteger a la batería o acumulador de: sobre voltajes y de grandes descargas, su

funcionamiento es similar al de una fuente de tensión que vimos en apartados anteriores, sin embargo, para sistemas fotovoltaicos existen dos tipos de reguladores:

- PWM (Pulse Width Module)
- MPPT (Maximun Power Point Tracker)

Un regulador de carga es capaz de generar alarmas en función del estado de la batería, para ello regula el voltaje o la intensidad de carga, permite proteger, alargar su tiempo de vida. Las protecciones más comunes que tienen los reguladores son: contra sobrecargas, contra sobretensiones en paneles, baterías y contra desconexiones; los indicadores más comunes son: indicadores de voltaje de la batería, de sobrecarga o cortocircuito, figura 20.

Figura 20. **Reguladores de carga PWM**



Fuente: SALVADOR ESCODA. *Libro blanco de las energías renovables.*

https://www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Libro_Blanco_E_Renovables_Salvador_Escoda_18.1.pdf. Consulta agosto 2019

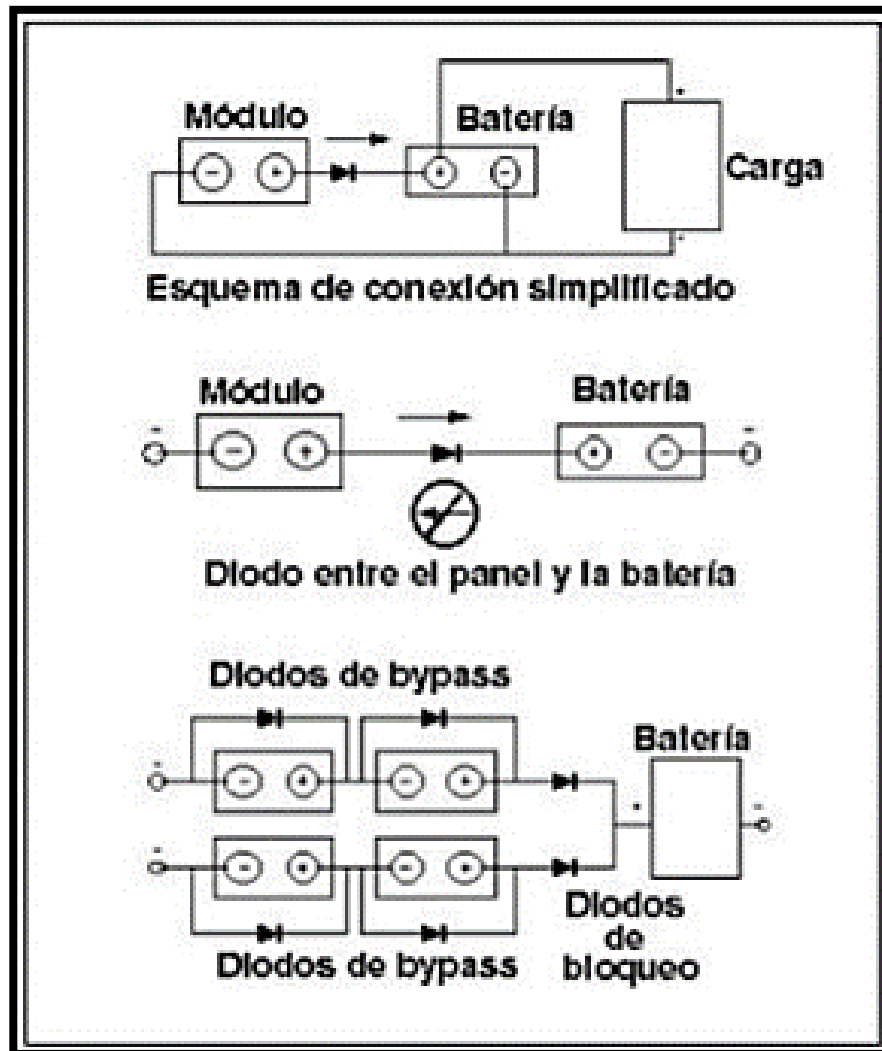
2.3.3. Protección eléctrica

Un regulador de carga permite proteger la batería y los paneles eléctricos, se considera parte de las protecciones eléctrica que puede tener un sistema fotovoltaico; sin embargo, los módulos solares están compuestos por diodos para la protección de los flujos de corriente provocados en el sistema.

Por lo general los diodos, se utilizan como: de bloqueo y de bypass, los diodos de bloqueo evitan el paso de la corriente de la batería hacia el módulo solar, o bien que si existen módulos conectados en paralelo evita que se invierta la corriente entre ellos; los diodos de bypass tienen la misma finalidad de prevenir que se invierta la corriente para los módulos cuando estos están conectados en serie.

En la figura 21, se muestran los esquemas de conexión de los diodos para la protección eléctrica tanto de bloqueo como *bypass*.

Figura 21. Esquemas de conexión de diodos



Fuente: ORBEGOZO, Carlos. ARIVILCA, Roberto. *Energía Solar Fotovoltaica Manual técnico para instalaciones domiciliarias.*

https://issuu.com/sinapsisarcar/docs/energ_a_solar_fotovoltaica__manual. Consulta agosto 2019.

2.4. Almacenaje de la energía

La energía puede ser almacenada en distintos dispositivos para luego poder consumirla, la energía eléctrica comúnmente se transforma en energía química o mecánica y el equipo más usado para almacenarla es la batería.

2.4.1. Batería

Las baterías están diseñadas para almacenar energía eléctrica en forma electroquímica, en la actualidad son las más comunes y utilizadas para varias aplicaciones.

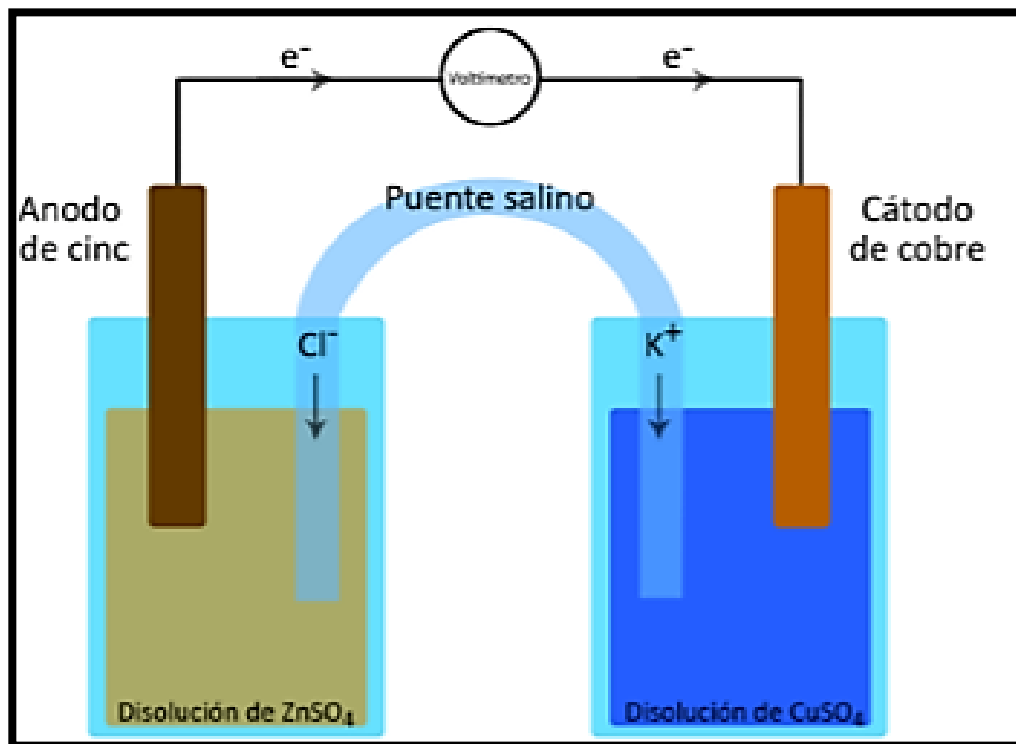
2.4.1.1. Principio de funcionamiento

Las baterías en su interior contienen unas celdas llamadas celdas electroquímicas, las cuales son las encargadas de transformar la energía química de una batería en energía eléctrica, las celdas electroquímicas tienen dos electrodos: el ánodo y el cátodo.

El ánodo es el electrodo que realiza la oxidación, el cátodo realiza la reducción, este proceso de oxidación y reducción es una reacción química provocada por el paso de electrones; en una batería los electrodos están sumergidos sobre una sustancia conductora llamada electrolito, al sumergir los electrodos en esta sustancia se genera una reacción química en donde se acumulan cargas eléctricas, en el ánodo se concentran las cargas negativas, en el cátodo las cargas positivas, el flujo de electrones entre los electrodos genera un voltaje.

En la figura 22, se muestra la interacción y el flujo de electrones de una batería, en donde la corriente fluye del ánodo hacia el cátodo.

Figura 22. Flujo de electrones en una batería



Fuente: Departamento de Electrónica. *Funcionamiento Básico*.

<http://www2.elo.utfsm.cl/~elo383/apuntes/PresentacionBaterias.pdf>. Consulta: agosto 2019.

2.4.1.2. Tipo de baterías

Según la reacción química de la batería esta se puede dividir en dos tipos:

- Batería primaria: son aquellas baterías que no se pueden volver a cargar luego de haberse descargado, entre ellas están las pilas de volta, salinas y de botón.

- Batería secundaria: también conocida como acumuladores, este tipo de baterías son las que se pueden volver a cargar luego de haberse descargado, entre ellas están los acumuladores de plomo, alcalinas y de litio.

2.4.2. Acumuladores o baterías recargables

Los acumuladores tienen como objetivo suministrar una potencia que pueda alimentar un sistema o equipos que estén conectados a ella, mantener un voltaje estable y constante, este tipo de acumuladores pueden recargarse mediante la transferencia de corriente continua de una fuente externa, como puede ser un panel solar o un alternador.

Las etapas de carga de una batería son las siguientes:

- Etapa bulk
- Etapa de absorción
- Etapa de flotación
- Etapa de ecualización

Dentro de los tipos de acumuladores de energía están:

- Baterías de plomo - ácido
- Baterías alcalinas níquel - cadmio
- Baterías de litio

2.4.2.1. Baterías de plomo - ácido

Las baterías de plomo o ácido son muy comunes, son la más utilizadas para almacenar energía, están conformadas por dos electrodos: un óxido de plomo y de otro plomo metálico, el electrolito utilizado en esta batería es de ácido sulfúrico.

Son conocidas como reversibles debido a que una vez que se transforma la energía química a eléctrica, puede ser cargada de nuevo con una corriente continua, entre las características de esta batería están las siguientes:

- Puede ser sellada o abierta
- Voltaje nominal de celda de 2V
- Bajo costo
- Necesita mantenimiento
- Tiempo de carga entre 8 y 16 horas
- Entre 8 000 ciclos de carga al 80 % de vida de la batería
- Existen varias versiones:
- Ciclo corto
- Ciclo profundo
- Gel o VRLA (Valve Regulated Lead Acid Battery)
- AGM (Absorbed Glass Mat)

2.4.2.2. Baterías Alcalinas Níquel - Cadmio

Las baterías alcalinas de níquel – cadmio o también conocidas como ferroníquel, están constituidas por electrodos de óxido níqueloso y de óxido ferroso, utilizan un electrolito de disolución de potasa cáustica, algunas características de estas baterías son:

- Voltaje nominal de celda es de 1.2 V
- Alto costo
- Alto rendimiento de absorción de carga y en temperaturas extremas
- Tiempo de carga 1h
- Auto descarga por mes 30 %
- Se utilizan frecuentemente en juguetes y en cámaras fotográficas

2.4.2.3. Baterías de litio

Conocidas como baterías de ion litio, su electrolito está conformado por una sal de litio, estas presentan las siguientes características:

- Voltaje nominal de celda 3.2 V
- Alto costo
- Nivel de autodescarga muy bajo
- No necesitan mantenimiento
- No contiene elementos dañinos como ácido sulfúrico y plomo
- Se utilizan en teléfonos móviles y computadoras
- Compactas
- Tiempo de carga entre 2 h a 4 h

2.4.3. Parámetros de un acumulador

Para la selección de una batería o acumulador es necesario conocer las características, factores, cargas y muy importante los parámetros de una batería.

2.4.3.1. Tensión

La tensión nominal o voltaje de una batería es provocada por el diferencial de potencial eléctrico entre los electrodos o celdas que suelen estar desde 1 V a 4 V; sin embargo, al acoplar estas celdas en serie se pueden conseguir voltajes de 2 V, 4 V, 6 V, 12 V y 24 V.

2.4.3.2. Corriente de carga

La corriente de carga es la corriente eléctrica que está almacenada en la batería, con este parámetro se puede calcular la capacidad de carga y de descarga de la batería tomando en cuenta el tiempo de uso.

2.4.3.3. Capacidad de carga

La capacidad de carga de una batería es la cantidad de energía que se puede almacenar antes de que se descargue por completo la batería, la capacidad se mide en amperio - hora (Ah) y se calcula multiplicando la intensidad de descarga por el tiempo que se tarda.

En teoría una batería de 25 Ah podría generar una corriente de 2.5 A en 10 horas, sin embargo, esto depende de muchos factores como: temperatura, conexión de la batería y el tiempo de descarga que variara según la carga que esté conectada a la batería.

2.4.3.4. Descarga y estado de carga

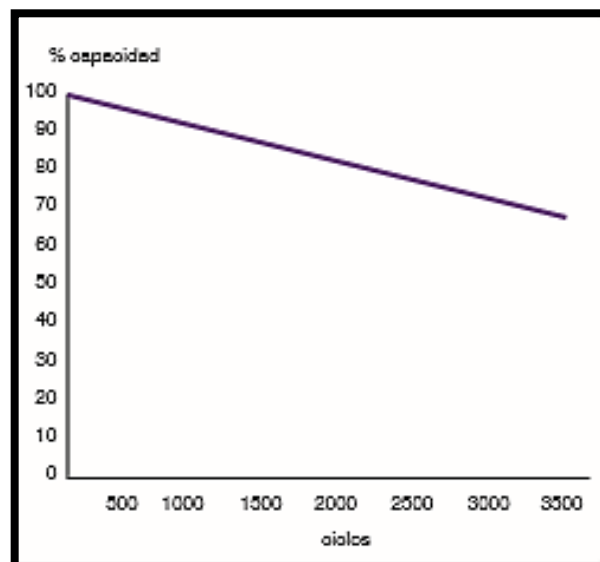
La descarga es el estado en donde la energía de la batería es utilizada, la corriente de descarga es la velocidad con la que suministra energía la batería a

un sistema o equipos; el estado de carga es la energía restante de la batería y se puede corroborar con un voltímetro.

2.4.3.5. Ciclo de vida

El ciclo de vida de una batería es el número estimado que permite calcular la vida útil de un acumulador, un ciclo es un proceso completo de carga – descarga de una batería y dependerá de otros factores como: descargas profundas, temperaturas, mantenimientos. En la figura 23, se observa el número de ciclos vs el porcentaje de la capacidad de una batería, mientras mayor sean los ciclos que sufre una batería menor será la capacidad de almacenamiento de la misma.

Figura 23. Curva de capacidad vs ciclos



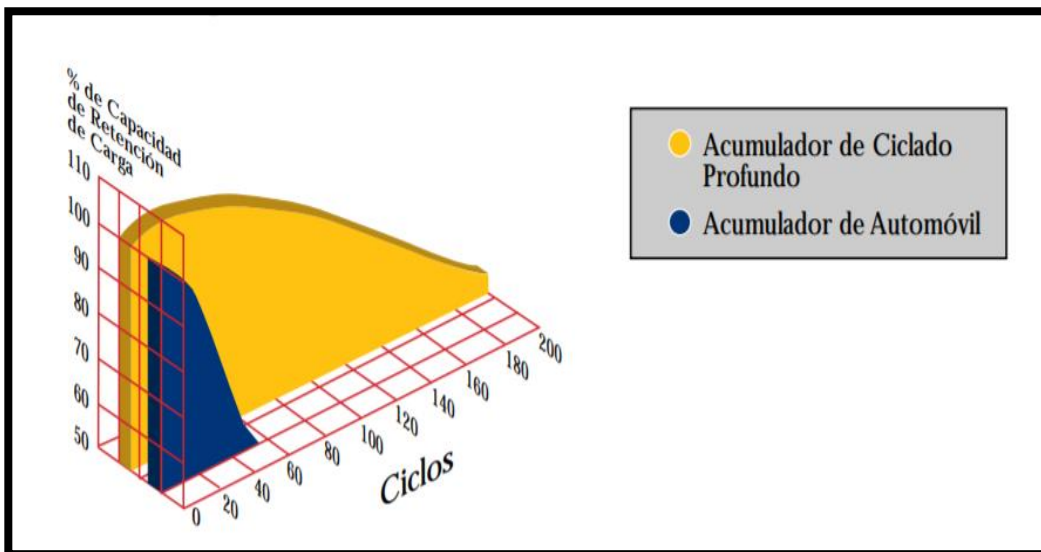
Fuente: SALVADOR ESCODA. *Libro blanco de las energías renovables*.

https://www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Libro_Blanco_E_Renovables_Salvador_Escoda_18.1.pdf. Consulta agosto 2019.

Entre los acumuladores existen dos tipos de baterías las de ciclo corto y ciclo profundo, las principales diferencias son:

- Profundidad de descarga: las de ciclo corto están diseñadas para que sean descargadas hasta un 15 % de su capacidad, mientras que las de ciclo profundo pueden ser descargadas hasta un 70 %.
- Corriente suministrada: las de ciclo corto proporcionan una corriente grande en un período de tiempo pequeño, las de ciclo profundo entregan una pequeña corriente durante períodos largos de tiempo figura 24.

Figura 24. **Gráfica comparativa entre acumuladores.**



Fuente: LTH. *Manual Técnico*. <https://www.enso-energy.com/baterias-ciclo-profundo>. Consulta: septiembre 2020.

2.5. Equipos de medición

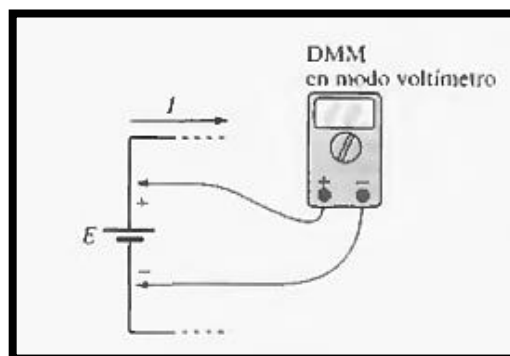
En un sistema eléctrico es importante la medición de los parámetros de voltaje y la corriente, la medición permite conocer la magnitud, verificar la operación, problemas o visualizar efectos.

Los aparatos más comunes para la medición de estos parámetros son el voltímetro, el amperímetro y el multímetro, a continuación, se describirán estos equipos.

2.5.1. Voltímetro CD

El voltímetro de cd permite la medición del voltaje o diferencia de potencial entre dos puntos de una fuente de corriente continua, el voltaje tiene como unidad de medida el Volt, es representada con una "V". El aparato se debe conectar como lo muestra la figura 23, en donde se coloca la punta positiva que por lo general es de color rojo del aparato en el punto de mayor potencial y la punta negativa de color negro en el punto de potencial más bajo.

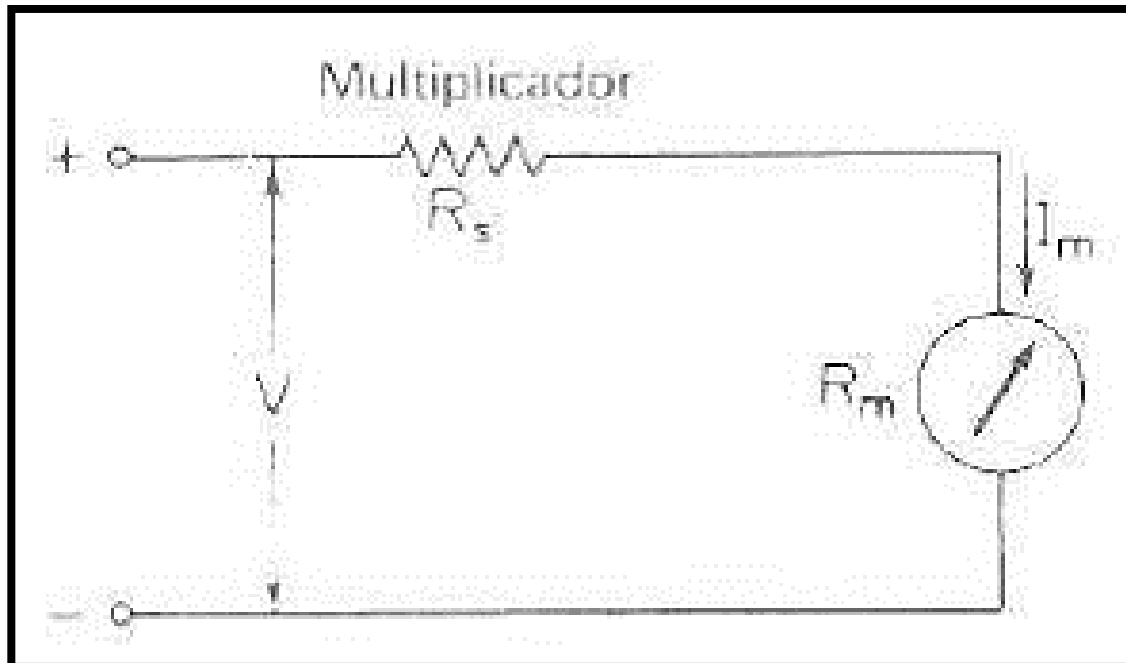
Figura 25. Conexión de un voltímetro



Fuente: BOYLESTAD, Robert. *Introducción al análisis de circuitos*. p.33.

Internamente un voltímetro está constituido por una serie de resistencias, las resistencias limitan la corriente a través del movimiento de forma que no excede el valor de la corriente de deflexión⁶. En la figura 26 y 27 se muestra el circuito básico de un voltímetro de corriente continua y el circuito básico de un voltímetro de corriente continua de diferentes rangos.

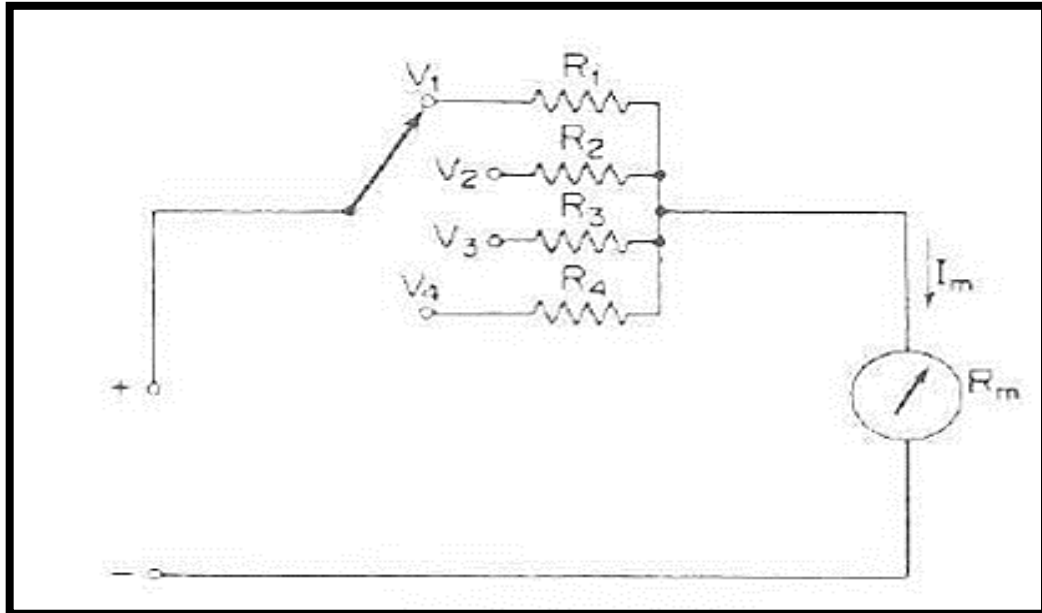
Figura 26. **Circuito de voltímetro básico de CD**



Fuente: COOPER, William. HELFRICK Albert. *Instrumentación electrónica Moderna y técnicas de medición*, p.60.

⁶ COOPER, William., HELFRICK Albert. *Instrumentación electrónica Moderna y técnicas de medición*. p. 60.

Figura 27. **Circuito de voltímetro de diferentes rangos**

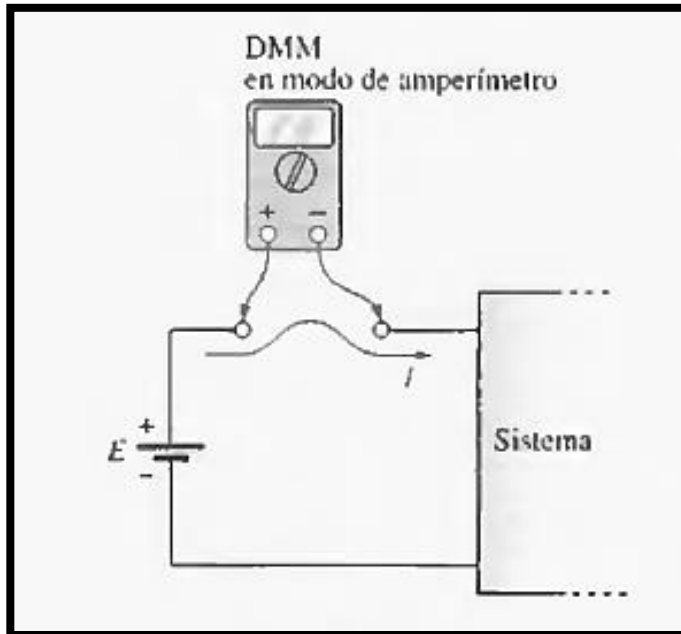


Fuente: COOPER, William., HELFRICK Albert. *Instrumentación electrónica Moderna y técnicas de medición*, p14.

2.5.2. **Amperímetro CD**

Un amperímetro es el aparato que mide la corriente eléctrica cd, la unidad de medida de la corriente es el amperio, se representa con una letra "A", para conectar un amperímetro se debe abrir el circuito y conectarlo entre las dos terminales para que la corriente fluya a través de él, tal como se muestra en la figura 28.

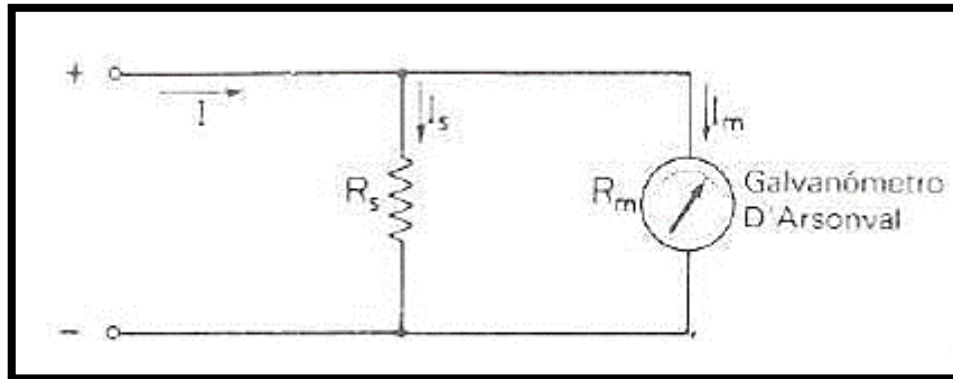
Figura 28. **Conexión de un amperímetro**



Fuente: BOYLESTAD, Robert. *Introducción al análisis de circuitos*. P.22.

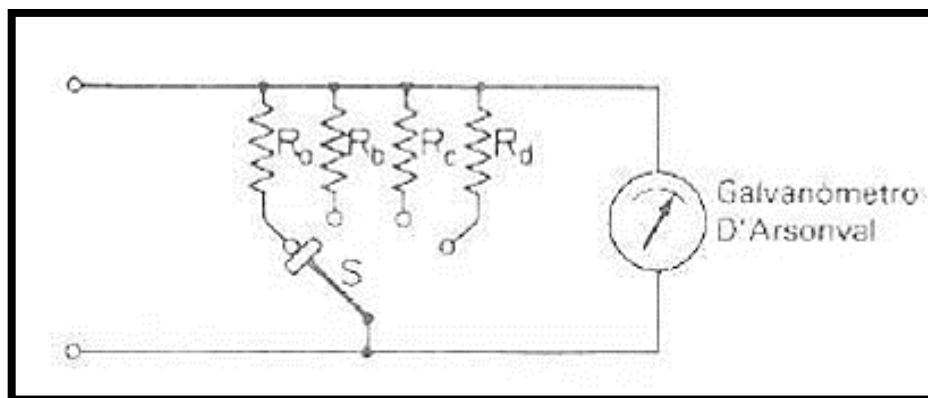
El amperímetro funciona como un galvanómetro, pero para ello se debe de conectar unas resistencias en paralelo, en las figuras 29 y 30 se muestran los circuitos básicos del amperímetro.

Figura 29. **Circuito de amperímetro básico de CD**



Fuente: COOPER, William. HELFRICK Albert. *Instrumentación electrónica Moderna y técnicas de medición*, p.19.

Figura 30. **Circuito de amperímetro de diferentes rangos**



Fuente: COOPER, William., HELFRICK Albert. *Instrumentación electrónica Moderna y técnicas de medición*, p.26.

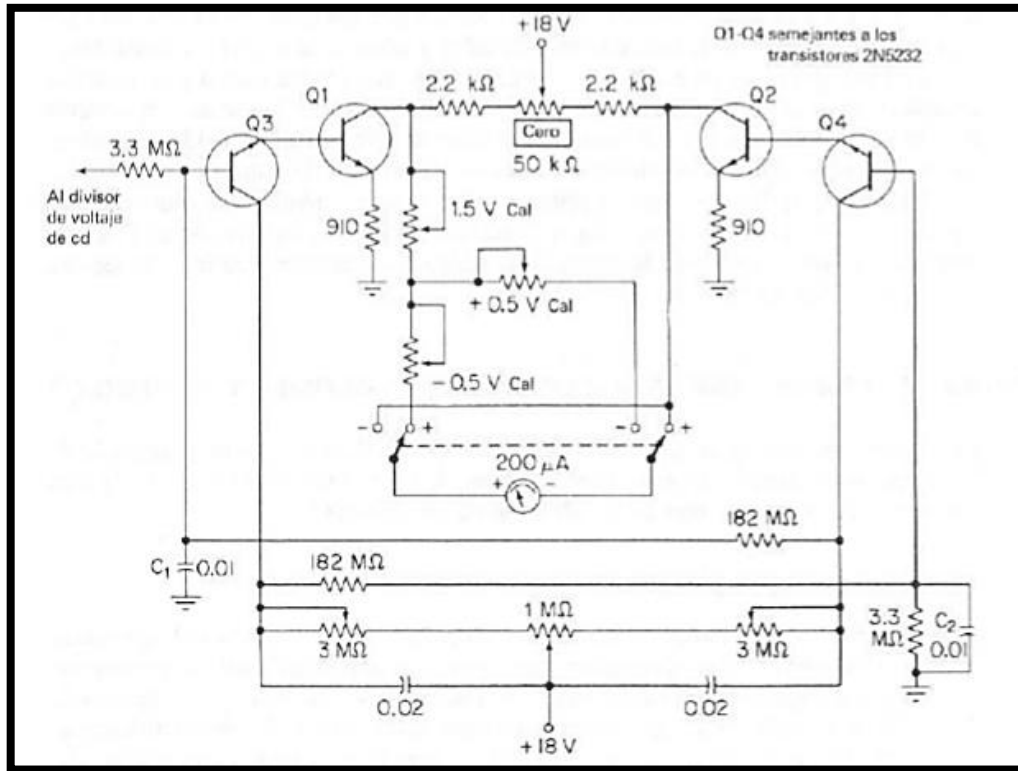
2.5.3. Multímetro

En la actualidad para realizar mediciones en un circuito es frecuente el uso de equipos digitales, para realizar mediciones básicas el más utilizado es el multímetro electrónico, el cual tiene la capacidad de medir voltajes y corrientes tanto de corriente continua como corriente alterna, algunos de los elementos que contiene un multímetro son:

- Interruptor o selector de función, permite elegir las funciones de medición
- Posee una batería interna
- Rectificador, permite convertir voltajes de corriente alterna a voltajes de corriente continua proporcionales
- Atenuadores y amplificadores

En la figura 31 se muestra el circuito básico de un multímetro electrónico.

Figura 31. Circuito básico de multímetro electrónico



Fuente: COOPER, William. HELFRICK Albert. *Instrumentación electrónica Moderna y técnicas de medición*, p35.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Medios didácticos

Los instrumentos utilizados para poder alcanzar los objetivos son:

- Prototipo bici-generador
- Proyector con diapositivas
- Computadora
- Fotografías

3.1.1. Contenido

Se dará a conocer el diseño, construcción y pruebas desarrolladas en el prototipo expuestas en este informe, para la parte de impacto ambiental se tendrá el protocolo de Kyoto, emisiones de CO₂ producidas por el uso de energía eléctrica y en conciencia social las condiciones de vida en Guatemala.

3.1.2. Diseño, construcción y pruebas

La capacitación para la ONG Maya Pedal se enfocará en el diseño y la construcción del prototipo del bici-generador, se desarrollará a través de un taller interactivo en la ONG en donde se dividirá en dos fases: la primera la parte teórica, la segunda la parte práctica.

En la teórica se desplegará toda la información relevante de la fase 2 haciendo énfasis en el funcionamiento, cálculos de diseño, terminología y conceptos de la electricidad, para esto se desarrolló una presentación con los siguientes temas:


- Objetivos
- Elementos del bici - generador
- Funcionamiento
- Cálculos de diseño
- Conexiones eléctricas
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones

Para los cálculos de diseño, se creó una hoja de cálculo digital en Excel que les permitirá realizar los principales cálculos de diseño, figura 32.

- Carga por conectar a la batería.
- Capacidad de la batería.
- Tiempo de carga de la batería.

Con ello serán capaces de comprar el equipo necesario, responder preguntas fundamentales a clientes y dar las recomendaciones necesarias para el uso del bici - generador.

Figura 32. Hoja de cálculo para bici – generador



CALCULOS PARA BICI-GENERADOR

Carga

Descripción	Unidades	Potencia (W)	Horas de uso	Energía / día (Wh/día)	Carga / día (Ah/día)
Lampara	3.0	34.0	8.0	816.0	6.8
				-	-
				-	-
				-	-
				-	-
				-	-
				-	-
Total	3.0	34.0	8.0	816.0	6.8

Capacidad de Batería

Días de autonomía	3
Capacidad de carga (Ah)	51.0

Tiempo de carga de batería

Corriente de carga	4.0
Tiempo de carga (hora)	12.75

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

La parte práctica se realizó con los jóvenes de la ONG construyendo otro prototipo permitiéndoles conocer y desarrollar las habilidades técnicas necesarias para realizar las conexiones eléctricas en la construcción del bici-generador con apoyo fotovoltaico.

3.1.3. Manual de usuario

Finalizada la etapa técnico-profesional, se elaboró el manual de usuario para la utilización del prototipo, se despliega a la ONG Maya Pedal y a los usuarios finales que deben tener disponible el manual.

3.1.3.1. Portada del manual de usuario

La portada del manual, contiene la información de las instituciones y personas que apoyaron la elaboración de la bici-máquina, en la parte inferior se indica el año de creación y la versión del manual, figura 33.

Figura 33. Portada del manual de usuario del prototipo



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

3.1.3.2. Tabla de contenido

La tabla de contenido es el índice del manual, facilita al usuario identificar las páginas y los temas importantes para la utilización del prototipo.

Tabla II. **Tabla de contenido del manual**

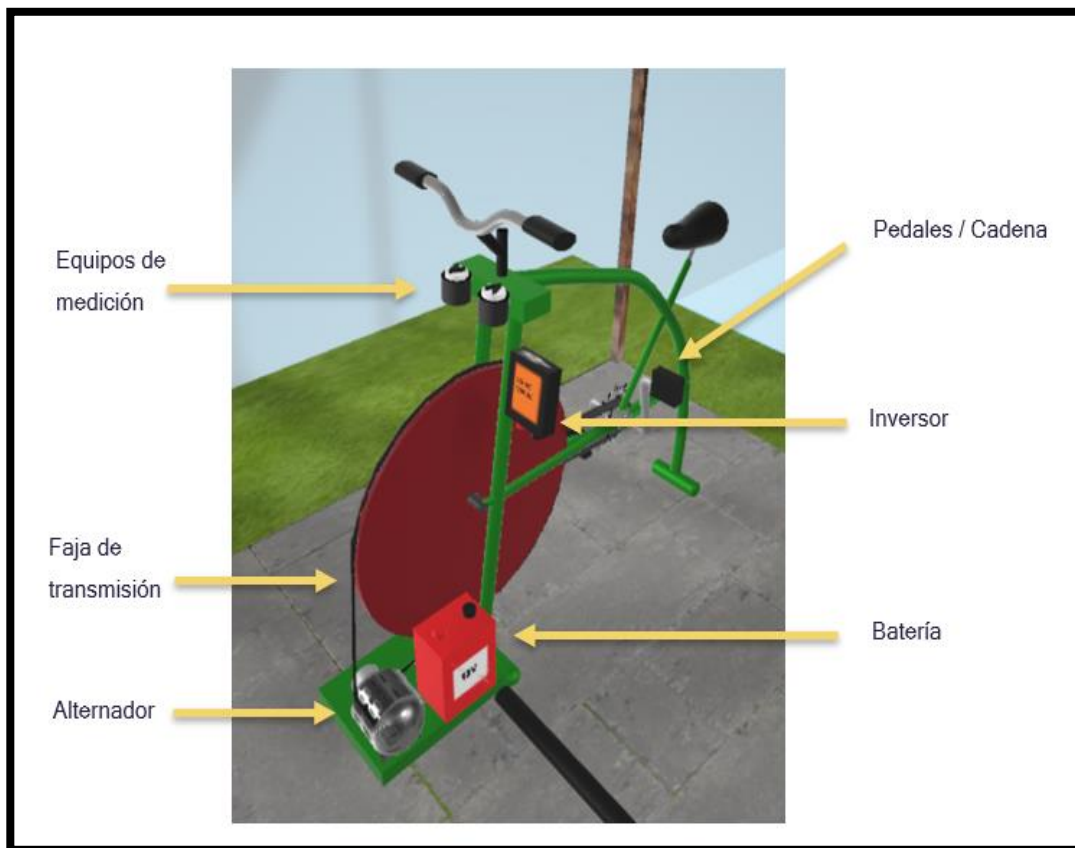
TABLA DE CONTENIDO	
Partes del Bici-Generador _____	3
Partes del Panel Solar _____	5
Pasos para Generar y Almacenar energía _____	6
Bici-Generador _____	6
Panel Solar _____	8
Batería / Almacenamiento de energía _____	9
Cómo conectar dispositivos _____	10
Dispositivos _____	10
Conectarlos al Inversor _____	10
Recomendaciones _____	12

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

3.1.3.3. Partes del bici - generador

Las partes del bici - generador están descritas dentro del manual por medio de una imagen y se explica cada una de sus partes, en la figura 34.

Figura 34. Partes del bici – generador



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

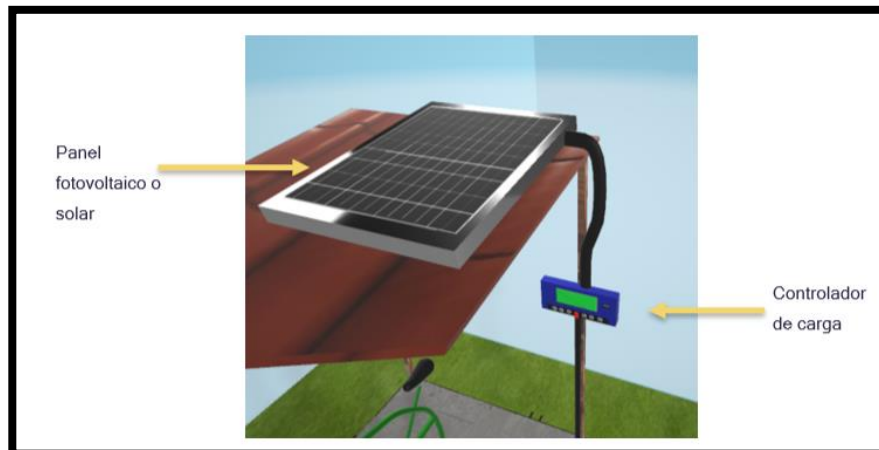
- Equipos de medición: en el bici-generador hay dos equipos de medición.

- Amperímetro: indica la cantidad de corriente eléctrica que llega a la batería cuando pedaleamos, está identificado por la letra A (Amperes).
- Voltímetro: indica el voltaje que está en la batería en el momento que estamos pedaleando, está identificado con la letra V (Volts).
- Faja de transmisión: es el elemento que une y transmite el movimiento entre la rueda del bici - generador y el alternador.
- Alternador: es el equipo encargado de generar energía eléctrica utilizando el bici-generador.
- Batería: es donde se almacena la energía eléctrica que producimos en el bici-generador, esta interconectada entre el inversor y el alternador.
- Inversor: equipo en donde se conectarán los dispositivos eléctricos como: iluminación (focos, lámparas).
- Pedales / Cadena: son partes del bici - generador en donde la persona ejerce la fuerza y el movimiento para mover la rueda.

3.1.3.4. Partes del panel solar

Las partes del panel fotovoltaico están descritas dentro del manual por medio de una imagen y se explica cada una de sus partes, en figura 35.

Figura 35. **Partes del panel solar**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

- Panel solar: también se conoce como panel fotovoltaico, es el equipo de generar energía eléctrica a través de los rayos solares.
- Controlador de carga: es el elemento que controla la carga a la batería que suministra el panel solar.

3.1.3.5. **Pasos para generar y almacenar energía**

En el manual se describen cada uno de los pasos para generar energía a través de los dos sistemas.

- Bici - generador
 - Súbete al bici-generador, gira la llave de encendido
 - Al girar la llave:
 - Voltímetro tendrá una lectura de voltaje y se encenderá la luz (Volts).

- Amperímetro tendrá una lectura de cero (Amperes).
- Si la luz se encuentra encendida, ya puedes pedalear para generar energía eléctrica.
- Inicio del pedaleo:
 - La luz se apagará, esto es indicativo que ya estas produciendo energía eléctrica y cargando la batería.
 - Las agujas de los equipos de medición empezarán a moverse, y te mostrarán el voltaje y la corriente que estas suministrando a la batería.
- ¿Qué sucede mientras pedaleas?
 - Estás generando energía eléctrica a través del movimiento del alternador.
 - La energía que produces es almacenada en la batería, para que puedas encender los equipos.
 - Entre más rápido pedalees, más energía produces.
 - Entre más tiempo pedalee, más rápido podrás cargar la batería.
 - Ejercitas tu cuerpo y cuidas el medio ambiente.
- Al terminar de pedalear:
 - La luz se encenderá nuevamente, esto es indicativo que ya NO estas produciendo energía eléctrica y cargando la batería.
 - Las agujas de los equipos de medición dejarán de moverse.
- Gira la llave y apaga el bici-generator.

- Panel Solar
 - Coloca el panel solar o panel fotovoltaico en un área elevada en donde puede recibir los rayos del sol, trata de que pueda estar inclinado, como se muestra la imagen.
 - Enciende el controlador de carga, en el botón de encendido.
 - Listo, ya estás cargando la batería mediante el panel solar.
 - ¿Qué sucede mientras está encendido el panel solar?
 - El panel solar capta los rayos del sol en el día y produce energía eléctrica
 - La energía es almacenada en la batería y ayuda al alternador para que pueda producir energía eléctrica
 - Cuidas el medio ambiente
 - El controlador, también es un equipo de medición y muestra el voltaje y corriente.
 - Apaga el panel solar.
 - Batería / Almacenamiento de carga: la energía eléctrica que producimos mediante el bici-generador y el panel solar será almacenada en la batería.
 - La batería será capaz de almacenar la energía, para luego poder entregar esta energía a los dispositivos eléctricos que conectaremos a través del inversor.
 - La batería estará conectada al bici-generador y al panel solar, por lo que podemos utilizarlos al mismo tiempo o uno a la vez.

3.1.3.6. ¿Cómo conectar dispositivos?

El manual indica una breve descripción de lo que son los dispositivos eléctricos que se pueden conectar y los pasos a seguir para conectarlos al prototipo.

- Dispositivos: los dispositivos eléctricos son todos aquellos equipos que vamos a conectar al inversor de corriente como:
 - Focos ahorradores.
 - Lámparas.
 - Luces led.
 - Radios (pequeños).
 - Cargadores de celulares o laptops.

El bici - generador y el panel solar, están diseñados para una capacidad determinada (pequeña), al conectar equipos para los que no está diseñado puede provocar daños en los equipos.

- Conectarlos al Inversor: el inversor de corriente es el equipo encargado de transferir la energía almacenada en la batería a los dispositivos eléctricos. los equipos deberán estar adecuados para que puedan tener una espiga y conectarlos al inversor de corriente.

Pasos para conectar los dispositivos:

- Enciende el inversor de corriente, en el botón de encendido.
- El inversor encenderá una luz que indica que está listo para conectar los dispositivos.

- Conecta los dispositivos a los tomacorrientes del inversor.
- Sí la energía de la batería no es suficiente, el inversor de corriente generará una alarma o ruido, esto es indicativo que la carga de la batería disminuyo y será necesario utilizar el bici-generador y/o el panel solar.
- Apaga o desconecta los equipos.

4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

4.1. Diseño conceptual de prototipo

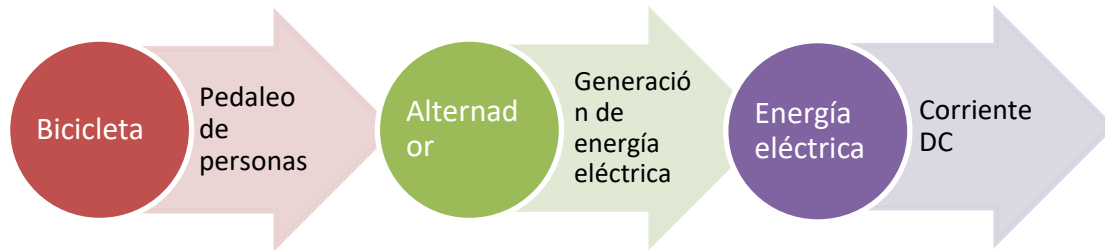
En esta fase se presenta el diseño del prototipo que servirá para generar energía eléctrica, para ello, se parte definiendo el sistema desarrollado que tiene como fin poder proveer energía eléctrica a familias de escasos recursos que no cuentan con iluminación en sus viviendas o para proyectos escolares y comunitarios desarrollando el concepto de sustentabilidad o energía verde.

En el prototipo la energía eléctrica tendrá dos fuentes de generación que son alternador y un panel fotovoltaico.

4.1.1. Diagrama y definición de sistemas

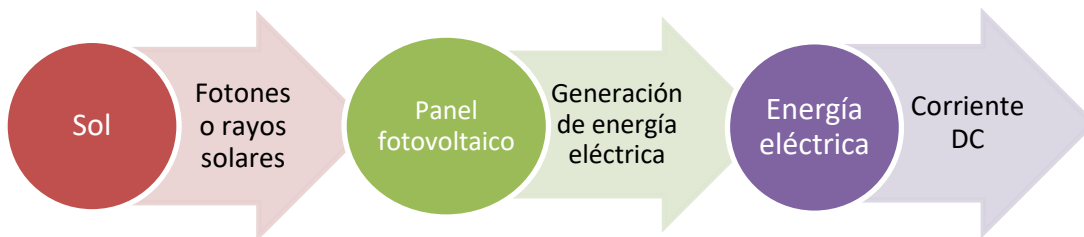
A continuación, se presentará un diagrama de cada sistema o fuente de generación figura 36 y 37.

Figura 36. **Sistema 1: Bici – generador**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

Figura 37. **Sistema 2: panel solar**



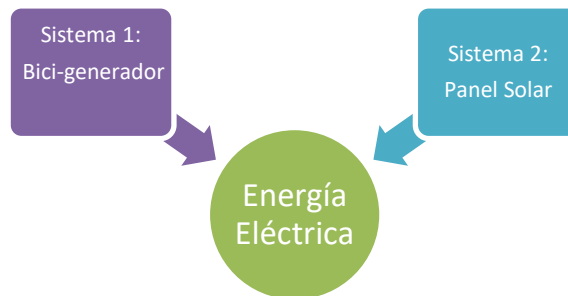
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

4.1.1.1. **Sistema Híbrido**

“Un sistema híbrido, es aquel que se puede obtener de elementos de diferente naturaleza”⁷, en este caso, se tienen dos formas o sistemas de generación de energía eléctrica figura 36.

⁷ Real Academia Española. *Híbrido*. <https://dle.rae.es/?id=Klgo5mN>. Consulta: agosto de 2020.

Figura 38. **Sistema Híbrido**

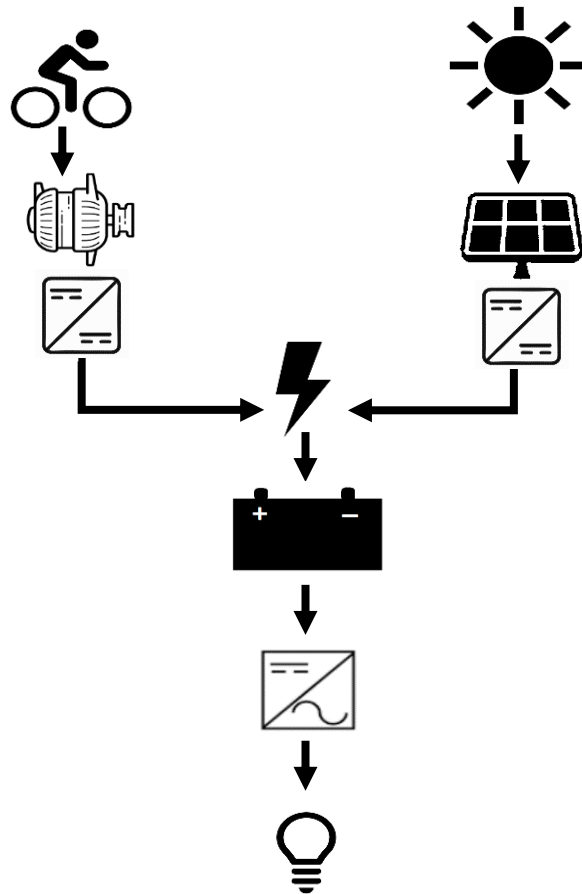


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

4.1.2. Sistema de generación y acumulación

Al ser un sistema híbrido, se tienen dos fuentes de generación, el cual se describe en la figura 39.

Figura 39. Diagrama de generación y acumulación



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2016.

El primer sistema es el bici - generador, operado por una persona que genera energía eléctrica por medio del pedaleo, el segundo sistema es el panel fotovoltaico que es capaz de generar energía eléctrica aprovechando los rayos del sol, ambos sistemas no requieren la utilización de combustibles, ni provocan gases que afectan el medio ambiente, están diseñados para generar corriente DC representada por el símbolo de un rayo, la energía será almacenada en una sola batería para luego poder transformarla a corriente alterna a través de un inversor, logrando la capacidad de utilizarla para conectar dispositivos eléctricos.

4.2. Construcción y pruebas del prototipo

El prototipo se diseñó por sistema y por tipo de instalación, a continuación, se presentan los datos, cálculos, construcción, pruebas e instalación realizadas.

4.2.1. Instalación mecánica de prototipo

En el prototipo el bici-generator es el sistema que cuenta con elementos mecánicos los principales son:

- Bicicleta tipo turismo.
- Rueda.
- Aro.
- Piñón.
- Pedal.
- Cadena.
- Manubrio.
- Faja de transmisión.
- Estructura metálica.
- Polea.

4.2.1.1. Diseño mecánico de prototipo

- La ONG Maya Pedal, recibe donaciones de todo tipo de bicicletas teniendo variedad de estilos o tamaños para poder realizar el prototipo, sin embargo, para el diseño, se partirá de la necesidad de poder generar la transmisión entre la bicicleta y el alternador.

- Una de las opciones exploradas para el acople entre el alternador y la bicicleta fue utilizar un sistema similar al de las *E bikes* o bicicletas eléctricas, que poseen un motor acoplado por medio de engranajes y fajas directamente en el eje del pedal, figura 40.

Figura 40. **Bicicletas eléctricas**



Fuente: ebiketyps. *Urban mid motor shoot-out: Bosch vs Shimano vs Brose vs Yamaha*. <https://ebiketips.road.cc/content/advice/buyers-guide/urban-mid-motor-shoot-out-bosch-vs-shimano-vs-brose-vs-yamaha-463>, Consulta: octubre 2021.

- Por la factibilidad económica de la fabricación del sistema de mecanismos y la relación de transmisión entre la polea y el mecanismo del alternador, no se diseñó este tipo de acople.

La segunda opción explorada para el acople entre el alternador y la bicicleta fue utilizar un sistema de rodillos, figura 41. Este tipo de transmisión es utilizada para bicicletas de montaña o profesionales y comúnmente se utilizan para el entrenamiento de ciclistas en espacio cerrados.

Figura 41. **Bicicleta con rodillos estacionarios**



Fuente: NATROJAPAN. *Bicicleta con rodillos estacionarios.*

https://www.natrojapan.com/index.php?main_page=product_info&products_id=227173.

Consulta: octubre 2021.

A pesar de tener una buena relación de transmisión entre la rueda trasera y el rodillo estacionario, la desventaja para este tipo de transmisión es el desplazamiento que puede tener la rueda y la fricción creada a lo largo del tiempo con el rodillo, elevando el costo de mantenimiento y cambio de piezas en corto tiempo.

Con base en lo antes mencionado, la experiencia del funcionamiento y las múltiples bici-máquinas que se han fabricado en la ONG, se llevaron a cabo los siguientes lineamientos, con relación al diseño del bici - generador:

- Conversión a una bicicleta estacionaria: posee una mayor estabilidad, permite generar más revoluciones por minuto en la llanta de tracción de la bicicleta. Para la conversión es necesario eliminar una de las ruedas de la bicicleta, en este prototipo, se elimina la rueda trasera.

- Reubicación de sistema de transmisión: en la mayoría de las bicicletas se tiene todo el sistema de transmisión adecuado para la rueda trasera, en este prototipo se reubicó y se adecuó para tenerlo en la rueda delantera, con este cambio es más fácil la detección de fallas en el momento del pedaleo o la transmisión de movimiento al alternador.
- Modificaciones a rueda delantera: esta es la parte más importante del bici - generador, encargada de transmitir el movimiento al alternador. La primera modificación es retirar la llanta de la rueda, la eliminación de ésta permite la utilización del aro para la instalación de la faja; la segunda modificación es retirar los aros y fundir los platos con cemento imitando el diseño de la figura 42.

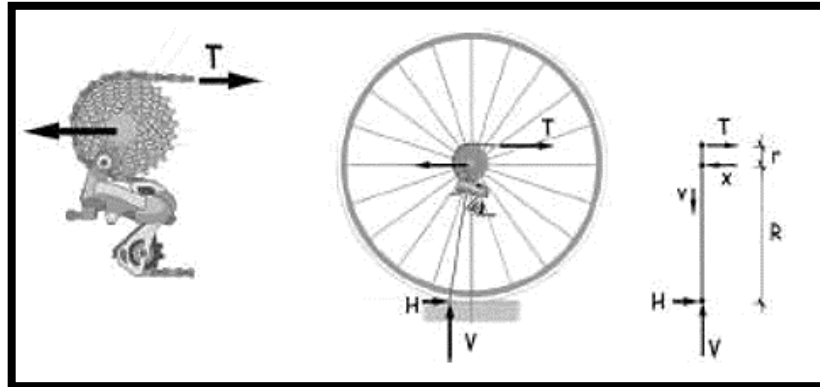
Figura 42. **Diseño de rueda**



Fuente: NAVARRO, Paco. RUI-WAMBA, Javier. FERNÁNDEZ, Alex. ALTISECH, Oriol. GARCÍA, Cristina. JULIA, Jordi. *La ingeniería de la bicicleta*. P.14.

Al agregar peso a la rueda, inicialmente se tendrá que aplicar una mayor fuerza de tracción al pedalear, pero al transcurrir el tiempo se aumentará la inercia en la rueda permitiendo una mayor fuerza en la faja que transmitirá el movimiento al alternador, tal como se muestra la figura 43.

Figura 43. **Fuerzas en la rueda**



Fuente: NAVARRO, Paco. RUI-WAMBA, Javier. FERNÁNDEZ, Alex. ALTISECH, Oriol. GARCÍA, Cristina. JULIA, Jordi. *La ingeniería de la bicicleta*. P.17

La fuerza que impulsa la rueda por medio del pedaleo y que se localiza en la faja, está dada por la ecuación de equilibrio:

$$T \cdot r = H \cdot R$$

Es decir:

$$H = \frac{T \cdot r}{R}$$

Siendo H la fuerza aplicada a la faja, T la tracción transmitida por el pedaleo, que llega a la rueda a través de la cadena y piñón, r el radio del piñón asociado a la cadena y R el radio de la rueda⁸.

⁸ NAVARRO, Paco. RUI-WAMBA, Javier. FERNÁNDEZ, Alex. ALTISECH, Oriol. GARCÍA, Cristina. JULIA, Jordi. *La ingeniería de la bicicleta*. p.20.

El diseño de la bicicleta con las modificaciones que se enumeran en este inciso se muestra en la figura 44.

Figura 44. **Diseño de bicicleta**



Fuente: elaboración propia, empleando Paint 3D.

4.2.1.2. Protección mecánica de prototipo

Para la seguridad y la utilización del prototipo, se parte de dos diseños preexistentes que son:

- Bici-licuadora: bici-maquina transformada en la ONG Maya Pedal utilizada para triturar alimentos por medio del pedaleo.
- Bicicleta de turismo: una de las bicicletas más comunes y utilizadas en Guatemala, figura 45.

Figura 45. **Bici – licuadora**



Fuente: Maya Pedal Guatemala. *Bici máquinas*. <http://mayapedalguate1.blogspot.com/>,
Consulta: agosto 2019.

Como se menciona en el apartado anterior se realiza una transformación de una bicicleta común a una bicicleta estacionaria (figura 45), por lo que se toman las siguientes consideraciones para el diseño y protección mecánica del bici - generador:

- Tubo: se utiliza tubo metálico nuevo de chapa 14.
- Soldadura: electrodo 6 013 que permite una soldadura con penetración moderada.

- Estabilizadores: se utilizan dos soportes, uno en la parte frontal y el otro en la parte trasera, además de estabilizar y brindar equilibrio al bici-generador, ayuda a poder cargar el peso de la persona y equipos.
- Bicicleta de turismo: se utiliza el manubrio de una bicicleta de turismo para que el usuario pueda tener un mejor equilibrio. Tomando en cuenta las medidas mostradas en la figura 46, se coloca un sillón móvil para que se pueda adecuar dependiendo de la estatura de la persona.

Figura 46. **Bicicleta de turismo**



Fuente: Ciclo ciudades. *Manual ciclociudades. Tomo IV La movilidad en bicicleta como política pública*, <http://www.ciclociudades.mx/manual-ciclociudades/>, Consulta: agosto 2019.

4.2.2. **Instalación eléctrica**

Los elementos eléctricos del sistema híbrido son los siguientes:

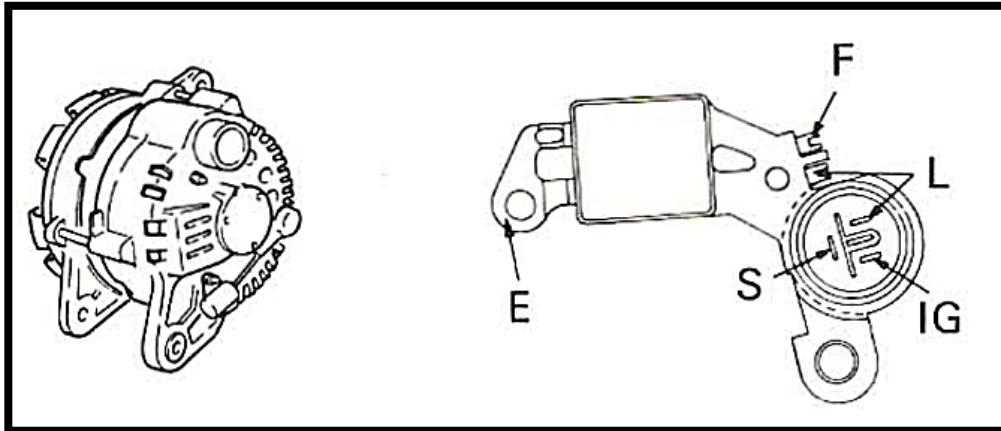
- Bici - generador.
- Alternador.

- Cable eléctrico.
- Voltímetro analógico con luz de carga.
- Amperímetro analógico.
- Interruptor eléctrico.
- Panel solar.
- Panel fotovoltaico.
- Controlador de carga.
- Cable.
- Batería.
- Inversor de corriente.

4.2.2.1. Diagrama eléctrico

Para el diagrama eléctrico se partirá por el circuito interno del alternador, para el prototipo se utilizó un alternador de automóvil con un regulador IC de tipo B el cual es capaz de detectar tensión en la terminal de la batería y el voltaje de excitación, esto permite regular la tensión de salida del alternador. En la figura 47 se muestra la forma del alternador y en la figura 48 el circuito interno del alternador.

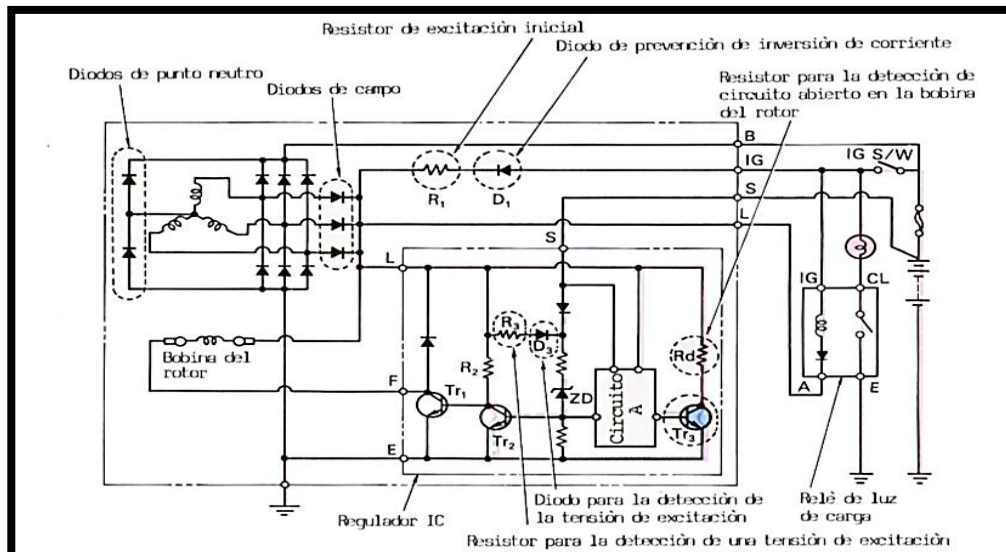
Figura 47. Alternador con regulador IC de tipo B



Fuente: TOYOTA. *Manual de Entrenamiento Sistema de Carga.*

<https://www.mecanicoautomotriz.org/57-manual-sistema-carga-toyota>. Consulta: agosto 2019.

Figura 48. Circuito interno del alternador

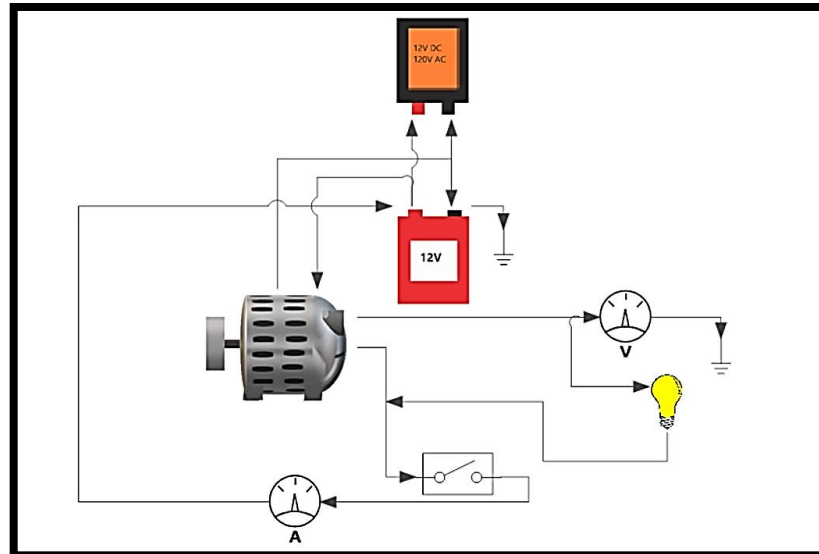


Fuente: TOYOTA. *Manual de Entrenamiento Sistema de Carga,*

<https://www.mecanicoautomotriz.org/57-manual-sistema-carga-toyota>. Consulta: agosto 2019.

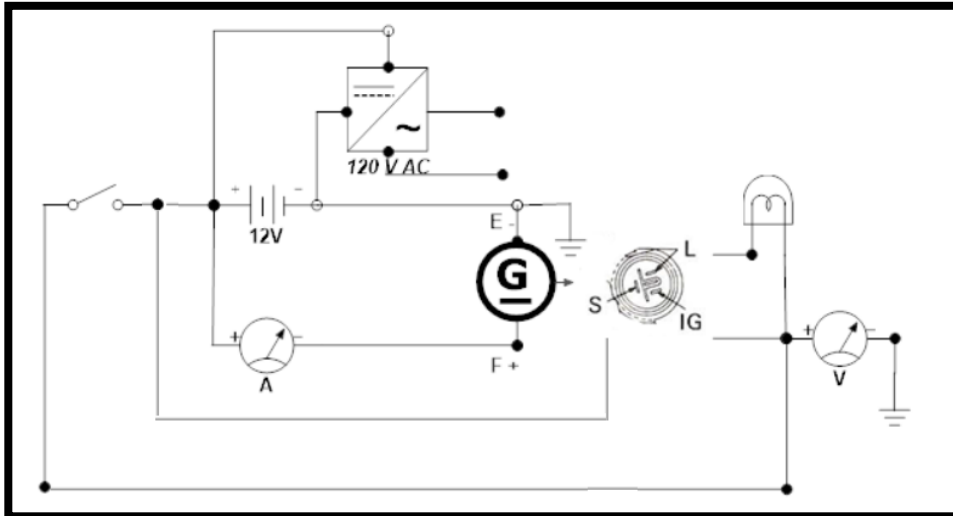
La interconexión del alternador al modelo de bicicleta seguirá el principio de conexión del circuito eléctrico de un automóvil, en el prototipo, el motor de combustión lo simulará el pedaleo generado por la persona; el diagrama y el circuito eléctrico de la bici - generador se muestra en la figura 49 y 50 respectivamente.

Figura 49. **Diagrama eléctrico bici-generador**



Fuente: elaboración propia, empleando Smart Draw 2019.

Figura 50. **Circuito eléctrico bici-generador**



Fuente: elaboración propia, empleando Smart Draw 2019.

Para poder generar energía a través del bici-generador se deben de seguir los siguientes pasos:

- Interruptor abierto

Se utilizará en esta posición cuando no se utilice el bici - generador, el voltímetro y el amperímetro mostrarán valor cero.

- Interruptor cerrado / sin pedaleo

Cuando el interruptor se cierra, se aplica un voltaje en la terminal IG lo cual permite que la corriente fluya de la batería hacia el alternador permitiendo magnetizar el rotor (electroimán), el regulador trata de reducir la descarga de la

batería por medio de Rd activando y desactivando Tr3, esto hace que se encienda la luz de aviso de carga mediante el relé de luz de carga.

En el prototipo el voltímetro analógico tiene incorporado la luz de carga, mostrará el voltaje de la batería y la luz se encenderá, en este paso el amperímetro seguirá en cero.

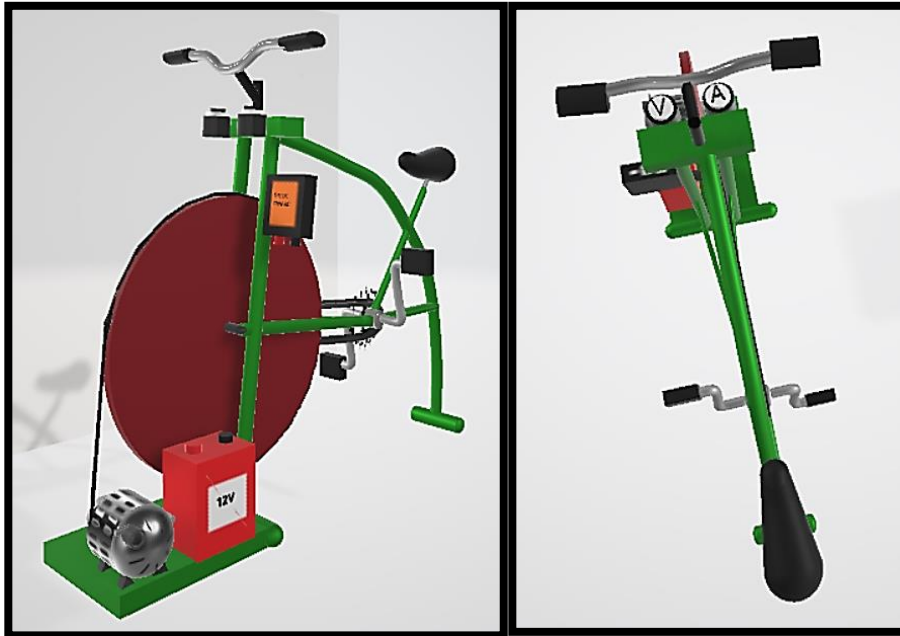
- Interruptor se mantiene cerrado / con pedaleo

Al iniciar con el pedaleo permite generar energía eléctrica por medio de la inducción electromagnética entre el rotor y el estator del alternador, el circuito A activa Tr1 para permitir el flujo de corriente, si el voltaje en la terminal B es mayor al de la batería la corriente fluirá hacia ésta para cargarla, se apagará la luz de aviso de carga por medio de Tr3.

En esta etapa los equipos de medición mostrarán los valores de la corriente y el voltaje que se generan en el alternador por el pedaleo de las personas, en el Anexo 1 se puede observar el comportamiento del alternador según su curva característica.

El bici-generador por lo tanto integra nuestra instalación eléctrica y la instalación mecánica tal como se muestra en la figura 51.

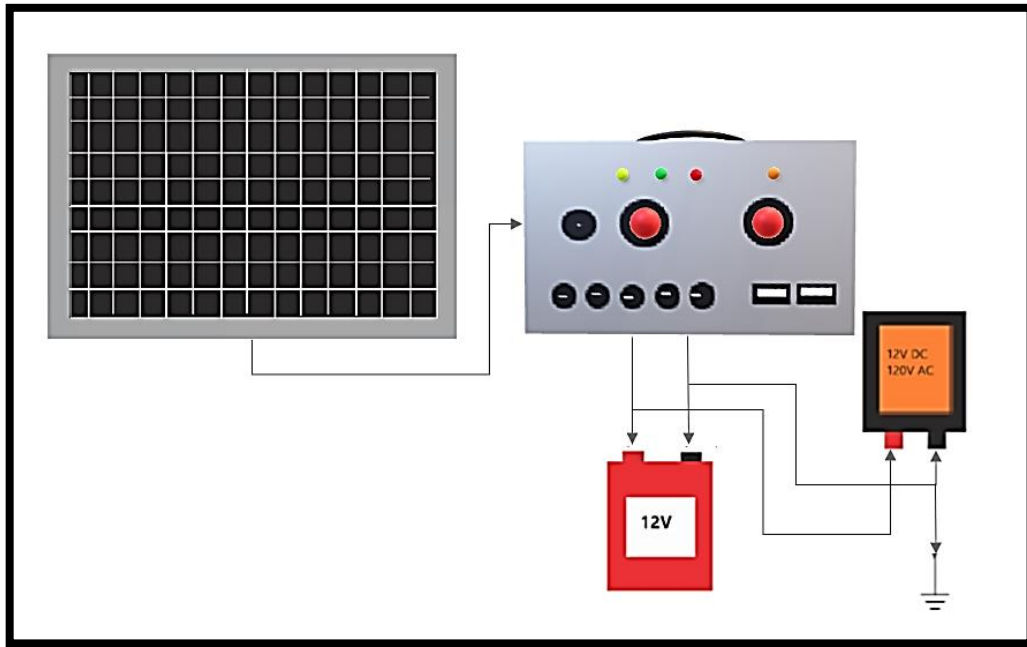
Figura 51. **Modelo 3D de Bici – generador**



Fuente: elaboración propia, empleando Paint 3D

El diagrama eléctrico del panel solar es bastante simple, se compone únicamente por un kit solar integrado por el panel fotovoltaico, un sistema de energía solar DC, batería e inversor de corriente, tal como se muestra a continuación en la figura 52.

Figura 52. Diagrama eléctrico del kit solar



Fuente: elaboración propia, empleando Smart Draw 2019.

Para generar energía a través del panel solar se debe colocar el panel fotovoltaico en donde pueda estar expuesto a los rayos solares, el panel podrá cargar la batería mediante el controlador electrónico el cual tiene la función de regular el voltaje suministrado a la batería, está compuesto por una caja que contiene:

- Voltaje de la batería.
- Salida para iluminación DC y USB.
- Entrada para el panel solar.

4.2.3. Pruebas de prototipo

Para la construcción y la elección de los componentes del prototipo partiremos de la carga que se alimentará del sistema híbrido, para ello se presenta la tabla II con la estimación de carga:

Tabla III. Estimación de carga

Descripción	Unidades	Potencia (W)	Horas uso (h)	Energía/día (Wh/día)	Carga/día (Ah/día)
Iluminación	3	34	8	816	6,8

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Por tanto, para determinar la capacidad de la batería se calculará según la siguiente ecuación:

$$C_{Ah} = \frac{L \times d}{P_d}$$

Donde:

C_{Ah} = capacidad de carga de batería (Ah)

L = carga de consumo (Ah/día)

d = días de autonomía de la instalación (3 días)

P_d = profundidad de descarga máxima de trabajo (0.5 – 0.8)

$$C_{Ah} = \frac{6,8 \times 3}{0,5} = 40,8 \text{ Ah}$$

Si se toma en cuenta una eficiencia de la batería del 80 % la capacidad de la batería debería de ser:

$$C_{Ah} = \frac{40,8}{0,8} = 51 Ah$$

- Bici - generador
 - Diámetro de aro: 24 ½" .
 - Piñón de 5 velocidades.
 - 3 platos.
 - Faja de transmisión tipo V 4L-820.
 - Polea de alternador de 3".
 - Batería de ciclo profundo 12V 51Ah.
 - Cable #14.
 - Inversor de 12V a 120V 400W.
 - Alternador de carro de 12V con regulador IC tipo B.

- Kit solar
 - Panel fotovoltaico.
 - Modelo ESC-T2010.
 - Pm 20W.
 - Vmp 18,36V.
 - Imp 1,08 A.
 - Voc 22,03 V.
 - Dimensión 465 mm x 350 mm x 17 mm.

- Sistema de energía solar DC
 - Entrada para panel solar.
 - Salida para iluminación 12V DC.
 - Salida para USB 5V DC.
 - Iluminación led 3W DC.

Figura 53. Bici - generador



Fuente: elaboración propia. ONG Maya Pedal.

Figura 54. Panel solar

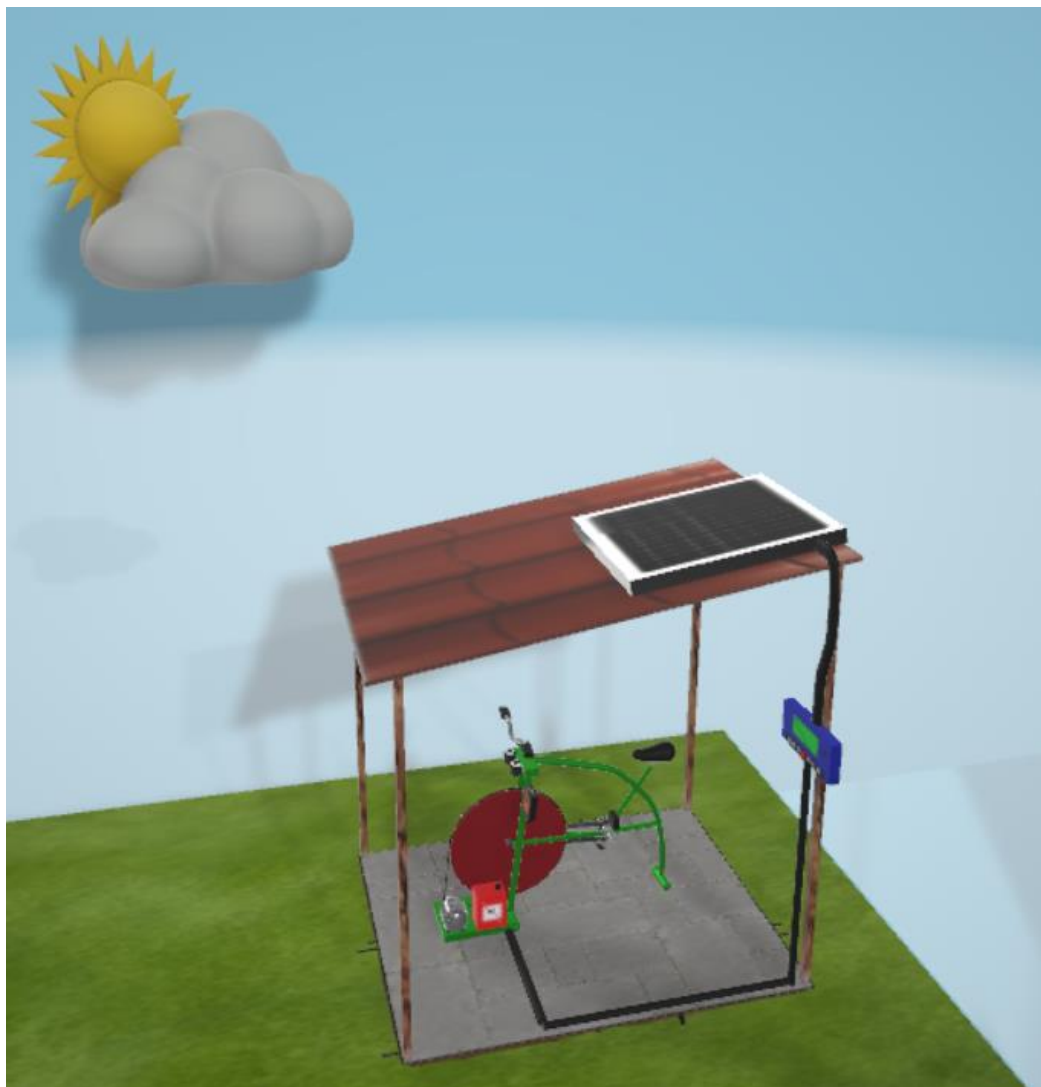


Fuente: elaboración propia. ONG Maya Pedal.

Los resultados expuestos en las pruebas se dieron bajo las siguientes condiciones:

- Instalación de la bicicleta y panel solar

Figura 55. **Esquema de instalación de prototipo híbrido**



Fuente: elaboración propia, empleando Paint 3D.

Figura 56. **Instalación de prototipo híbrido**



Fuente: elaboración propia. ONG Maya Pedal.

- Velocidad media en bicicleta.
- Revoluciones de aro de bicicleta por pedaleo = 60 rpm.

Para el cálculo de las revoluciones del alternador se parte de los datos antes expuestos, tomando la relación de transmisión con la siguiente ecuación:

$$n_1 d_1 = n_2 d_2$$

Donde:

n_1 = velocidad de bicicleta (rpm)

d_1 = diámetro de aro de bicicleta (pulgadas)

n_2 = velocidad de alternador (rpm)

d_2 = diámetro de aro de bicicleta (pulgadas)

Por tanto:

$$n_2 = \frac{n_1 d_1}{d_2} = \frac{60 \times 24.5}{3} = 490 \text{ rpm}$$

Bajo estas condiciones el bici-generador es capaz de entregar un voltaje de carga del alternador a la batería de 12V con una corriente de 1,5A hasta 3A, esto quiere decir que mientras más revoluciones se puedan transmitir a la bicicleta mediante el pedaleo, mayor serán las revoluciones en el alternador que a su vez incrementará la corriente de carga a la batería (ver curvas características del alternador en Anexo 1).

El panel solar es capaz de entregar diferentes voltajes, la corriente de carga dependerá de la irradiación del sol, las pruebas se realizaron en diferentes horas, tabla IV.

Tabla IV. **Prueba con panel solar**

Hora	Voltaje de Panel
9:00	20 V
12:00	22 V
18:00	12,4 V

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

En la tabla IV, el panel podrá cargar la batería en ciertas horas del día que dependerá de la ubicación del panel y del clima del lugar.

Por tanto, se tiene capacidad de cargar la batería según el tiempo que se pedaleará y según la irradiación del sol sobre el panel fotovoltaico, con ello se puede estimar el tiempo de carga de la batería mediante la ecuación:

$$\text{Tiempo de carga batería} = \frac{C_{Ah}}{\text{Corriente de carga}}$$

Tomando como base esta ecuación, se muestran el tiempo de carga aproximado, necesario para la batería de 51Ah, tabla V.

Tabla V. **Resultados de pruebas del prototipo**

Sistema	Corriente de carga (A)	Tiempo de carga (h)
Bici-generador	3	17
Panel Solar	5	10,2
Sistema Híbrido	8	6,37

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

4.3. Análisis de resultados y detección de oportunidades de mejora

Con base en los resultados de la tabla V, se puede concluir:

- El prototipo es funcional
- El tiempo de carga de la batería está en función de:
 - Capacidad de carga de la batería.
 - Tiempo de pedaleo por día.
 - Velocidad de pedaleo.

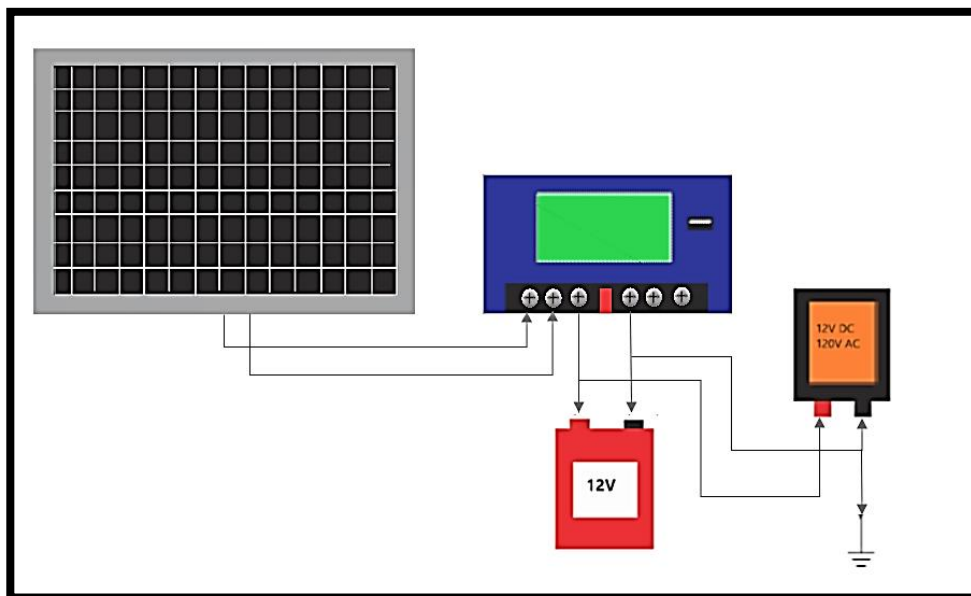
- Ubicación del panel fotovoltaico.
- Tiempo de irradiación solar sobre el panel fotovoltaico.
- El tiempo de descarga de la batería está en función de:
 - La carga conectada al sistema
 - Tiempo de uso de la carga por hora o día
 - Días de autonomía de trabajo del sistema

Las oportunidades de mejora para el prototipo diseñado pueden ser muchas y de diferente tipo; sin embargo, para ser más eficiente la carga de la batería se plantea la utilización de un controlador de carga PWM, este controlador a través de un display da información acerca de la batería lo cual no se tiene con un kit solar que permite lo siguiente:

- Una interconexión fácil y sencilla entre los dispositivos.
- Cargar la batería.
- Muestra el nivel de carga de la batería.
- Temperatura ambiente.
- Corriente de carga.
- Alarmas por bajo o alto voltaje.
- Protecciones por corto circuito, temperaturas, altos y bajos voltajes.

El diagrama eléctrico con un controlador de carga de PWM, se muestra en la figura 57.

Figura 57. Diagrama eléctrico de panel solar con controlador PWM



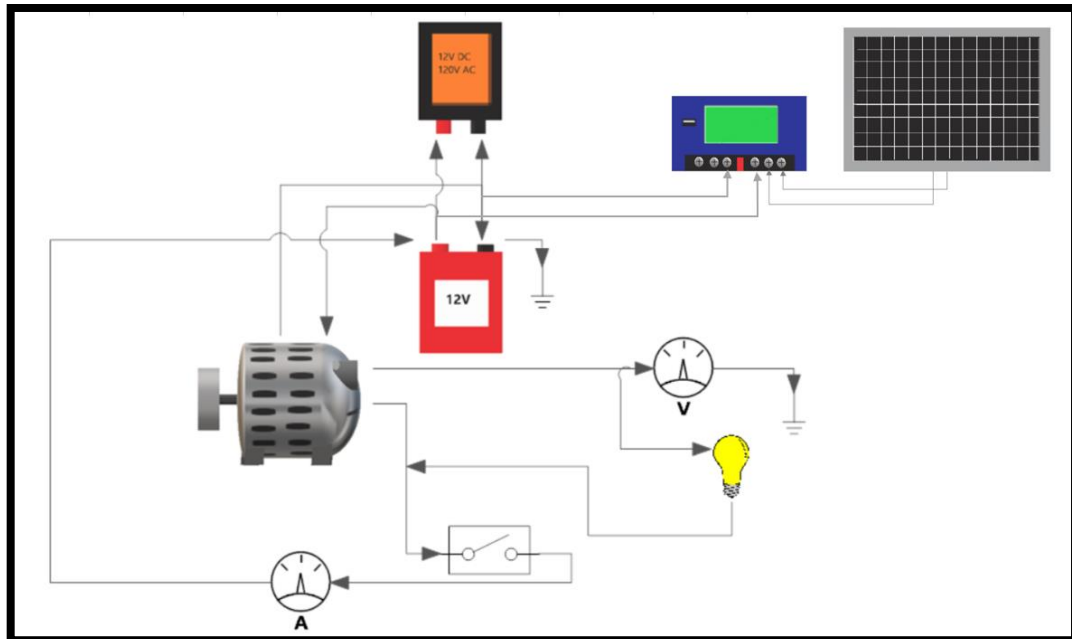
Fuente: elaboración propia, empleando Smart Draw 2019.

Este tipo de controlador tiene la ventaja de ser más económico, su interconexión en el sistema es mucho más fácil, en el anexo 5 se muestra la tabla de especificaciones de un controlador PMW modelo CMY-2410 y en el apéndice 1 se muestra los parámetros que se despliegan en el controlador.

Los rangos recomendables de operación de ambos sistemas para mantener cargada la batería son:

- Bici-generador: mantener un voltaje por medio del pedaleo entre 12V – 14V, se deben de apoyar en los sistemas de medición para mantener el voltaje deseado.
- Panel solar: utilizar el panel solar entre 09:00 – 14:00 hr, tomar en cuenta el clima y la localización del panel respecto al sol.

Figura 58. **Diagrama eléctrico del sistema híbrido bici-generador y panel solar**



Fuente: elaboración propia, empleando Smart Draw 2019.

4.4. Información comercial y factibilidad económica

Para la construcción del prototipo se utilizaron diferentes equipos y materiales buscando reducir costos, rentabilidad para la ONG, así como para el usuario final que utilizará el bici-generador, en la tabla VI se muestra el resumen de los costos.

Tabla VI. **Costos de fabricación de prototipo**

Descripción	Cantidad	Precio
Bicicleta	1	N/A
Accesorios de bicicleta (cadena, piñones, controlador de velocidades, pedales, platos)	1	N/A
Faja de transmisión	1	Q 100,00
Cemento	1	Q 83,00
Tubo metálico	3	Q 150,00
Polea de alternador	1	Q 130,00
Equipos de medición	2	Q 106,86
Alternador (usado) + polea	1	Q 450,00
Cable	15 m	Q 84,00
Conectores y terminales	10	Q 150,00
Inversor de corriente	1	Q 224,95
Panel solar + controlador PMW + cable	1	Q 491,00
Batería ciclo profundo 51Ah (usada)	1	Q 600,00
Iluminación (lámparas, interruptores)	3	Q 116,00
Otros materiales	1	Q 500,00
Mano de obra	1	Q 2 500,00
TOTAL		Q 5 685,81

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

La bicicleta y los accesorios que no están considerados dentro de los costos porque estos equipos llegan a través de donaciones a la ONG, el precio de algunos materiales puede variar dependiendo del estado, marcas y características a utilizar, pero el precio estimado para un prototipo estará entre

los Q. 4 000,00 a Q. 6 000,00 dependiendo a la necesidad a la cual estará diseñada, tomando en cuenta las variables de carga-descarga de la batería.

El precio del kWh en Guatemala tiene una tarifa social en promedio en el último semestre de Q.1,62 por kWh⁹, partiendo de este dato, podemos calcular lo que se puede ahorrar utilizando el prototipo planteado y la factibilidad económica la cual se muestra a continuación:

Tomando los datos de la tabla II se tiene un consumo teórico de iluminación led de 816 Wh por día, por tanto:

$$\frac{816 \text{ Wh/día}}{1 000} = 0,816 \text{ kWh/día} \approx 0,82 \text{ kWh/día}$$

Al mes, nuestro consumo es de:

$$0,82 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} \times 30 \text{ días} = 24,6 \text{ kWh} \times 1,62 \frac{\text{Q}}{\text{kWh}} = \text{Q } 40$$

Esto quiere decir que se puede ahorrar únicamente de iluminación aproximadamente Q. 480,00 al año con este prototipo, sin embargo; el sistema es capaz de alimentar otras cargas pequeñas como, por ejemplo: radios, cargas para celular, cargas de laptops, el ahorro puede aumentar y retornar la inversión en menor tiempo.

⁹ CNEE. *Ajuste Tarifario para Trimestre Noviembre 2019 a Enero 2020.* <http://www.cnee.gob.gt/wp/?p=4761>. Consulta: agosto de 2020.

5. ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

5.1. Público que Capacitar

Se tienen tres enfoques: diseño-construcción, impacto ambiental, y conciencia social; cada uno de estos temas está desarrollado para la ONG Maya Pedal, Henkel, estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

5.2. Alcance

El diseño y la construcción es aplicada para la ONG Maya Pedal y los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en donde se les proveerá toda la información del EPS, en cuanto al impacto ambiental desarrollando la conciencia social de sustentabilidad está dirigida para empleados administrativos de Henkel y estudiantes de la Facultad de Ingeniería.

5.3. Objetivos

- Dar las herramientas necesarias de diseño y construcción del prototipo.
- Demostrar el funcionamiento del bici-generador dando a conocer las ventajas y desventajas de este prototipo.
- Concientizar a las personas acerca del cambio climático y como este proyecto ayuda al medio ambiente.

5.4. Recomendaciones

En la última sección del manual recopilamos las recomendaciones más importantes para el usuario, tales como:

- NO conectes dispositivos eléctricos grandes como: televisores, microondas, refrigeradoras, lavadoras. El bici - generador está diseñado únicamente para equipos eléctricos pequeños.
- Conecta únicamente los equipos recomendados por Maya Pedal.
- Pedalea por lo menos 3 veces a la semana en un lapso de una hora, eso ayudará a cargar frecuentemente la batería.
- Enciende el panel solar diario, especialmente los días soleados aprovecha los rayos solares para cargar la batería.
- Mantén limpio el bici - generador y el panel solar eso ayudará a mantener en buenas condiciones los equipos.
- No manipules las conexiones eléctricas, puedes generar una descarga eléctrica o dañar equipos.
- Por tu seguridad pedalea.
- Si hubiese algún daño o duda, comunícate con Maya Pedal.

5.5. Protocolo de Kyoto

El cambio climático es un problema a nivel mundial principalmente se da por gases de efecto invernadero conocidos por sus siglas (GEI), en búsqueda de soluciones las Naciones Unidas realizó una Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en donde se tiene como objetivo prevenir una interferencia humana peligrosa con el sistema climático.

Dentro de la convención reconoce que existe un problema, establece objetivos y responsabiliza a los países industrializados a reducir sus GEIs a través del Protocolo de Kyoto.

El Protocolo de Kyoto se adoptó en 1997, entro en vigor en el año 2005, tiene como objetivo reducir un 5 % las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los niveles de 1990, en el Anexo B del protocolo de Kyoto (ver Anexo 2) muestra los 36 países y sus compromisos.

5.6. Emisiones de CO₂ en el sector energético

Las emisiones de GEI en el sector energético se producen mediante la quema de combustibles y la refinación de productos derivados del petróleo que sirven para la generación de energía eléctrica, por tanto, por cada kW de energía producida se tendrá una cantidad emitida de GEI.

Los principales GEI contabilizados en Guatemala según el balance energético emitido por el MEM en 2017 son: dióxido de carbono (CO₂), metano

(CH₄) y óxido nitroso (N₂O), para contar con valores unificados se presentan los valores en unidades equivalentes al dióxido de carbono de cada gas (CO_{2e})¹⁰.

Las emisiones de GEI se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$Emisiones = DA \times Fe$$

Donde:

DA = Dato de actividad del tipo de combustible

Fe = Factor de emisión

En Guatemala se tienen coeficientes de emisión de GEI por generación o consumo de energía eléctrica y están calculadas con base en la siguiente fórmula:

$$Coeficiente\ de\ emisión = \frac{KgCO2e}{kWh}$$

En la tabla VII se muestra los coeficientes de emisiones de GEI según el tipo de combustible en unidades equivalentes de dióxido de carbono:

¹⁰MEM. Blance energético. https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/06/Balance_Energ%C3%A9tico-2017.pdf. p. 8

Tabla VII. **Coefficientes de emisión de CO₂ en Guatemala**

Generación por tipo de combustible	Coefficiente de Emisión ($\frac{KgCO_2e}{kWh}$)
Carbón mineral	1,2617
Fuel Oil	0,7458
Bagazo de caña	0,0406
Biogás	0,0007
Diésel Oil	0,7960
Leña	0,1165
Hidrogenaría	0,0000
Geoenergía	0,0000
Solar fotovoltaica	0,0000
Eólica	0,0000

Fuente: MEM. *Balance Energético*. https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/06/Balance_Energ%C3%A9tico-2017.pdf. Consulta: diciembre 2019.

El factor de red que se muestra en la tabla VIII es la cantidad de emisiones de GEI liberadas al medio ambiente por el consumo de energía eléctrica de la red nacional de Guatemala.

Tabla VIII. **Factor de emisión de GE**

Por energía consumida	$\frac{KgCO2e}{kWh}$
Factor de emisión (Red)	0,3671

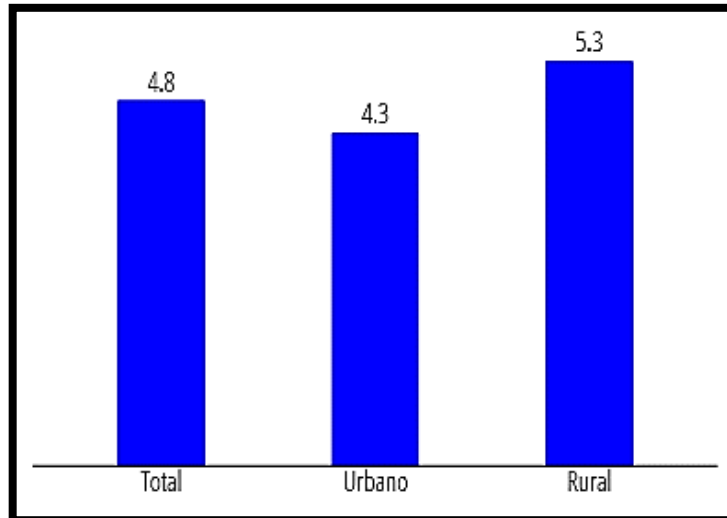
Fuente: MEM. *Balance Energético*. https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/06/Balance_Energ%C3%A9tico-2017.pdf. Consulta: diciembre 2019.

5.7. **Condiciones de vida en Guatemala**

Guatemala tiene una población de 14 091 286 habitantes en donde el 54 % representa a la población que vive en el área urbana y el 46 % vive en el área rural según los datos del censo de 2018.

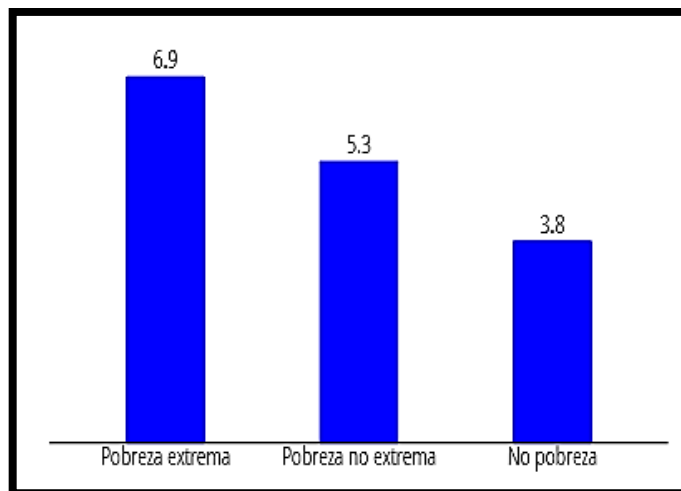
La figura 59 muestra las condiciones de vida en el área rural con respecto al número de miembros del hogar y la figura 55 presenta el promedio del número de miembros del hogar por nivel de pobreza, esto presenta que el mayor porcentaje de los hogares que viven en pobreza se encuentran en el área rural.

Figura 59. **Promedio de miembros del hogar por área de residencia**



Fuente: INE. *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2014*. p.48.

Figura 60. **Promedio de miembros del hogar por nivel de pobreza.**

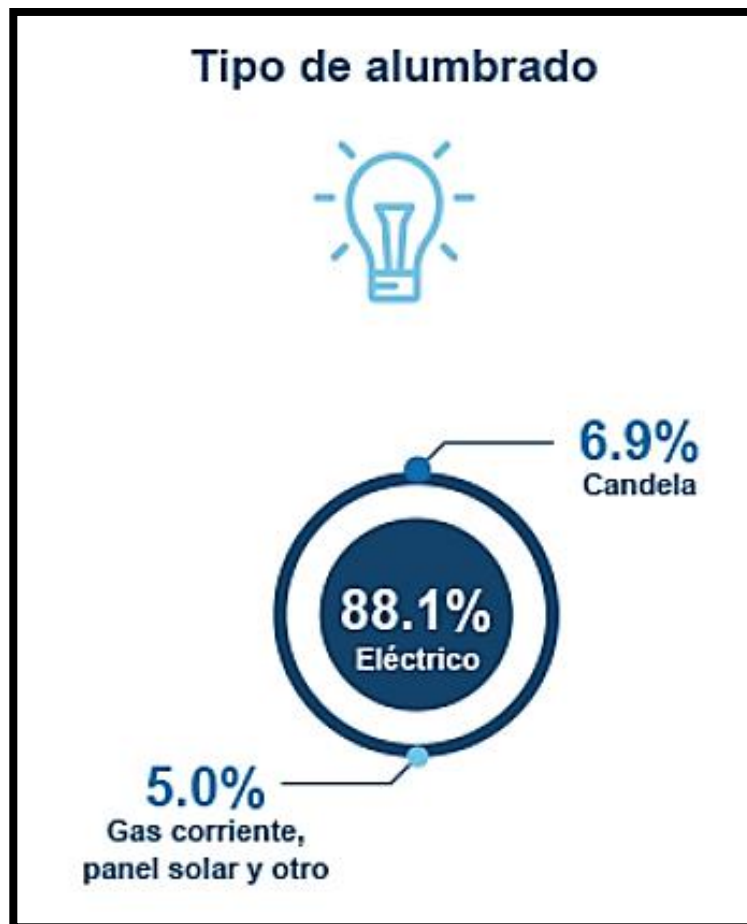


Fuente: INE. *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2014*. p.49.

En Guatemala el 11,9 % de los hogares utiliza otra fuente de iluminación que no sea la red eléctrica¹¹

ver figura 61, esto equivale a 388 675 hogares que su fuente de iluminación proviene de un panel solar o eólico, gas, candela y otros. (Ver Anexo 3).

Figura 61. Hogares según tipo alumbrado



Fuente: INE. *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda – 2018*. p.26.

¹¹ INE. *Infografías*. <https://www.censopoblacion.gt/comovivimos>. Consulta: agosto de 2021.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó y construyó un prototipo híbrido que genera y almacena energía eléctrica, con base en los resultados del bici – generador con apoyo fotovoltaico es funcional para alimentar dispositivos de menor potencia eléctrica mediante dos fuentes de energía.
2. Se identificaron los equipos y partes necesarias para la construcción del bici - generador, seleccionando las opciones de fácil acceso que se adaptaron al recurso económico.
3. La capacidad de generación de energía del prototipo está en función de dos variables: el tiempo de uso de la bicicleta y las condiciones climáticas, que permiten la irradiación solar en el panel fotovoltaico. Entre mayor sea el uso de la bicicleta teniendo en promedio una velocidad de pedaleo constante, aumentará la generación de energía y con el panel fotovoltaico entre más tiempo esté en contacto con la luz solar, mayor será la generación de energía.
4. Se analizó el tiempo de almacenaje y la capacidad de carga de los dispositivos, concluyendo que es proporcional a la capacidad de carga de la batería; cuando la capacidad de carga de la batería es mayor se aumenta la energía para alimentar los equipos conectados.
5. Los resultados de los dos sistemas conectados en paralelo a la batería, permiten generar y almacenar energía eléctrica de forma individual o

conjunta en el prototipo, minimizando el tiempo de carga de la batería y maximizando el uso de energía.

6. Se capacitó al personal de Maya Pedal brindando la información necesaria para comprender, construir y desarrollar el prototipo de generación de energía, se entregó una hoja de cálculo digital que les permite contestar las interrogantes básicas para iniciar con el diseño.
7. Se concientizó a los estudiantes del curso de electrónica 5 de la Facultad de Ingeniería acerca del impacto del cambio climático producido por la generación de energía eléctrica y las condiciones de vida en Guatemala.

RECOMENDACIONES

1. Restaurar la generación de energía mediante el uso del prototipo híbrido, es recomendable utilizar el bici-generador y el panel fotovoltaico por separado para evitar sobrecargas a la batería y daños a los dispositivos eléctricos conectados.
2. Integrar a la ONG Maya Pedal para seleccionar los equipos y partes correctos para replicar un prototipo híbrido funcional.
3. Integrar a la ONG Maya Pedal el despliegue y capacitación del uso del prototipo al usuario final o cliente mediante el manual de usuario, tomando en consideración tres factores fundamentales: las partes del prototipo, los pasos para la generación de energía y la conexión de los dispositivos.
4. Verificar que el prototipo debe ser constante para mantener con carga la batería, realizar el pedaleo del bici - generador cada 3 días para que la batería no se descargue más del 50 % e instalar el panel fotovoltaico en un espacio que permita recibir los rayos del sol, idealmente a una inclinación de 45 grados.
5. Verificar que el almacenaje de energía utilizar baterías de ciclo profundo que se adecuan al funcionamiento del prototipo por sus ciclos de carga-descarga.

6. Integrar la ONG Maya Pedal, continuar con capacitaciones acerca de electricidad básica, asegurando que las conexiones se realicen de forma correcta.

7. Impulsar a la Universidad de San Carlos de Guatemala, siga apoyando al Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) con enfoque social sobre energía renovable que beneficien al medio ambiente y mejoren las condiciones de vida en Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOSCH. *Manual Electricidad y electrónica del automóvil Alternadores*. [en línea]. <<https://www.mecanicoautomotriz.org/1941-manual-alternador-bosch-generacion-funcionamiento-refrigeracion-curvas>>. [Consulta: agosto 2019].
2. BOYLESTAD, Robert. *Introducción al análisis de circuitos*. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2004. 1 242 p.
3. CHAPMAN, Stephen. *Máquinas Eléctricas*. México: McGraw-Hill. 2012. 521 p.
4. Ciclo ciudades. *Manual ciclociudades. Tomo IV La movilidad en bicicleta como política pública*. [en línea] <<http://www.ciclociudades.mx/manual-ciclociudades/>>. [Consulta: agosto 2019].
5. Ciclociudades, *Tomo I La movilidad en bicicleta como política pública*. [en línea] <<http://www.ciclociudades.mx/manual-ciclociudades/>>. [Consulta: agosto 2019].
6. Ciclociudades, *Tomo I La movilidad en bicicleta como política pública*. [en línea] <<http://www.ciclociudades.mx/manual-ciclociudades/>>. [Consulta: agosto 2019].

7. CICLOCIUDADES. *IV Infraestructura*. México: LASSO Communication. 252 p.
8. CNEE. *Ajuste Tarifario para Trimestre Noviembre 2019 a Enero 2020*. [en línea] <<http://www.cnee.gob.gt/wp/?p=4761>>. [Consulta: agosto de 2020].
9. COOPER, William. HELFRICK Albert. *Instrumentación electrónica Moderna y técnicas de medición*. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2000. 450 p.
10. Departamento de Electrónica. *Funcionamiento Básico*. [en línea] <<http://www2.elo.utfsm.cl/~elo383/apuntes/PresentacionBaterias.pdf>>. [Consulta: agosto 2019].
11. Dirección General de Cultura y Educación. *Energía Mecánica*. [en línea] <http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/revistacomponents/revista/archivos/textos-escolares/2007/CFS-ES4-1P/archivosparadescargar/CFS_ES4_1P_u6.pdf>. [Consulta: agosto 2019]
12. ebiketips. *Urban mid motor shoot-out: Bosch vs Shimano vs Brose vs Yamaha*. [en línea] <<https://ebiketips.road.cc/content/advice/buyers-guide/urban-mid-motor-shoot-out-bosch-vs-shimano-vs-brose-vs-yamaha-463>>. [Consulta: octubre 2021].

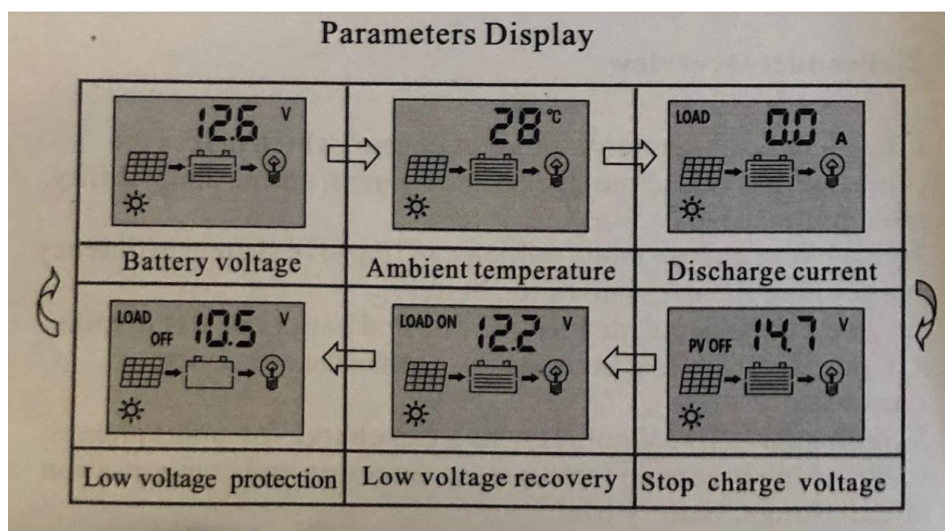
13. FERRETAP. *Inversor de corriente*. [en línea] <https://www.ferrepat.com/storage/manuales/Manual_10449.pdf>. [consulta: octubre 2021].
14. Fuente: NATROJAPAN. *Bicicleta con rodillos estacionarios*. [en línea] <https://www.natrojapan.com/index.php?main_page=product_info&products_id=227173>. [Consulta: octubre 2021].
15. INE. *Infografías*. [en línea] <<https://www.censopoblacion.gt/comovivimos>>. [Consulta: agosto de 2021].
16. INE. *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2014*. Guatemala: Instituto Nacional de Estadística. 2016. 282 p.
17. INE. *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda – 2018*. Guatemala: Instituto Nacional de Estadística. 2015. 15 p.
18. INEEL. *¿Qué diferencia existe entre los distintos tipos de inversores? ¿Cuál es el que hay que utilizar en cada caso?* [en línea] <https://www2.ineel.mx/proyectofotovoltaico/preg_20.html>. [Consulta: octubre 2021].
19. LTH. *Manual Técnico*. [en línea] <<https://www.enso-energy.com/baterias-ciclo-profundo>>. [Consulta: septiembre 2020].
20. Shenzhen Just-Solar Co., Ltd. *Manual de controlador*. China: Shenzhen Just-Solar. 12 p.

21. Maya Pedal Guatemala. *Bici máquinas*. [en línea] <<http://mayapedalguate1.blogspot.com/>>. [Consulta: agosto 2019].
22. MEM. *Balance Energético*. [en línea] <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/06/Balance_Energ%C3%A9tico-2017.pdf>. [Consulta: diciembre 2019].
23. MEM. *Energía Solar en Guatemala*. [en línea] <<http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/07/Energ%C3%ADa-Solar-en-Guatemala.pdf>>. [Consulta: agosto 2019].
24. NAVARRO, Paco; RUI-WAMBA, Javier; FERNÁNDEZ, Alex; ALTISECH, Oriol; GARCÍA, Cristina; JULIA, Jordi. *La ingeniería de la bicicleta*. España: Fundación ESTEYCO, 2010. 284 p.
25. ONU. *Protocolo de Kyoto*. [en línea] <<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>>. [Consulta: enero 2020].
26. ORBEGOZO, Carlos. ARIVILCA, Roberto. *Energía Solar Fotovoltaica Manual técnico para instalaciones domiciliarias*. [en línea] <https://issuu.com/sinapsisarcas/docs/energ__a_solar_fotovoltaica__manual>. [Consulta agosto 2019].
27. SALVADOR ESCODA, *Libro blanco de las energías renovables*. [en línea] <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Libro_Blanco_E_Renovables_Salvador_Escoda_18.1.pdf>. [Consulta: agosto 2019].

28. SALVADOR ESCODA. *Libro blanco de las energías renovables*. [en línea]
<https://www.salvadorescoda.com/tecnico/solar/Libro_Blanco_E_Renovables_Salvador_Escoda_18.1.pdf>. [Consulta agosto 2019].
29. TOYOTA. *Manual de Entrenamiento Sistema de Carga*. [en línea]
<<https://www.mecanicoautomotriz.org/57-manual-sistema-carga-toyota>>. [Consulta: agosto 2019].
30. UZQUIANO, Camilo. SULLIVAN, Mike. SANDY, Ximena. *Capacitación e instalación de sistemas fotovoltaicos en las comunidades de Carmen del Emero y Yolosani*. [en línea]
<<http://energiayambienteandina.net/publicaciones.html>>. [Consulta: agosto 2019].

APÉNDICES

Apéndice 1. Parámetros de controlador PMW CMY



Parametro en inglés	Traducción
Battery voltage	Voltaje de la batería
Ambient temperature	Temperatura ambiente
Discharge current	Corriente de descarga
Low voltage protection	Protección de bajo voltaje
Low voltage recovery	Bajo voltaje de carga
Stpo charge voltaje	Paro por carga de voltaje

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Apéndice 2. **Listado de participantes de capacitación a ONG Maya Pedal**

<h1>Capacitación</h1> <p>Bici-generador / Panel Solar</p>		 Maya Pedal GUATEMALA 
Asistencia	Nombre de participantes	Temas
✓	Mario Juarez	<ul style="list-style-type: none"> • Conceptos básicos de electricidad • Diseño del prototipo del bici-generador con apoyo fotovoltaico. • Funcionamiento de prototipo. • Herramientas necesarias para cálculo, diseño y construcción del prototipo.
✓	Danha Alvarado	
✓	Virginia Álvarez	
✓	Melody Juarez	
✓	Mario David Azurdia	
✓	Jardín Armas	
✓	Carlos Abaj	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Apéndice 3. **Listado de estudiantes del curso de electrónica 5 de la Facultad de Ingeniería**

Lista de clase			
CURSO	Electronica 5	FECHA	20-mar-20
PROFESOR	Inga. Ingrid de Loukota		
ALUMNOS INSCRITOS	38		
	CARNÉ	NOMBRE	Asistencia
1	200910097	MANUEL RAMOS	x
2	201114136	MERLIN TOBAR	x
3	201114380	BAYRON TIZOL	x
4	201222286	JULIO SANIC	x
5	201314109	JOSÉ CARLOS ORDOÑEZ	x
6	201325671	WILLIANS GÓMEZ	
7	201444172	MARIO CHINCHILLA	x
8	201503532	JOEL BELTETÓN	x
9	201503776	GILBERTO VICENTE	x
10	201503792	ALEJANDRO CAMEY	x
11	201504516	DIEGO AGUILAR	
12	201520503	JESSÉ CONTRERAS	
13	201602491	CARLOS LUNA	
14	201602499	JOSHUA PAZ	x
15	201602613	MILTON HERNÁNDEZ	x
16	201602718	EDGAR GARCÍA	x
17	201602816	JUAN CARLOS SOLLOY	x
18	201603114	RONALD ESCOBAR	
19	201603220	CÉSAR CARRILLO	x
20	201611591	ALLAN CAMEY	
21	201612296	AURA MOREJÓN	x
22	201612625	GABRIEL TITUS	x
23	201700346	JOSÉ DANIEL CAMPOS	x
24	201700376	HUITZITZIL NOJ	x
25	201700382	AXEL ROBLES	x
26	201700452	EDUARDO VÁSQUEZ	x
27	201700466	CRISTIAN MARTÍNEZ	x
28	201700722	SERGIO LEÓN	x
29	201700728	JOSÉ M. OTZOY	
30	201700824	EDUARDO JÁCOME	x
31	201700826	MARÍA JOSÉ PONCE	
32	201701014	OSCAR MENDOZA	x
33	201701026	JOSÉ F. MARTICORENA	x
34	201701038	SERGIO OROZCO	x
35	201701096	LUIS ORTÍZ	x
36	201706485	MYNOR NAVARRO	x
37	201709079	JOSÉ R. ZÚÑIGA	x
38	201709161	ALEX MENDOZA	x

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel. Marzo 2020.

Apéndice 4. Facturas y precios de equipos

ESC
ENERGIA SOLAR CENTROAMERICANA SOCIEDAD ANONIMA

E.S.C. MIXCO
ENERGIA SOLAR CENTROAMERICANA, SOCIEDAD ANONIMA
Por un futuro brillante.
3 Avenida 13-74 Zona 3 Colonia El Rosario Bodega 1 Mixco Guatemala
Teléfono 2216-8585 NIT: 8651771-6

Estudio, Diseño e Instalación de Sistemas de Energía Solar.
Paneles solares, Inversores, Controladores de Carga, Cables, Conectores,
Baterías de Ciclo Profundo, Equipos de 12 voltios DC: Bombas de Agua, Refrigeradores, Televisores

NIT: 6780977-4 FECHA: 28 de agosto de 2019

CLIENTE: RENE GONZALEZ

DIRECCION: CIUDAD

FACTURA CAMBIARIA
SERIE "MIXC"
Nº 002978

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	PANEL SOLAR SOLARVIS 20 WATTS POLICRISTALINO	244.00	244.00
1	CONTROLADOR DE CARGA DISEN CHY 2410 USB 10 AMP	190.00	190.00

ESC
ENERGIA SOLAR CENTROAMERICANA SOCIEDAD ANONIMA

E.S.C. MIXCO
ENERGIA SOLAR CENTROAMERICANA, SOCIEDAD ANONIMA
Por un futuro brillante.
3 Avenida 13-74 Zona 3 Colonia El Rosario Bodega 1 Mixco Guatemala
Teléfono 2216-8585 NIT: 8651771-6

Estudio, Diseño e Instalación de Sistemas de Energía Solar.
Paneles solares, Inversores, Controladores de Carga, Cables, Conectores,
Baterías de Ciclo Profundo, Equipos de 12 voltios DC: Bombas de Agua, Refrigeradores, Televisores

NIT: 6780977-4 FECHA: 28 de agosto de 2019

CLIENTE: RENE GONZALEZ

DIRECCION: CIUDAD

FACTURA CAMBIARIA
SERIE "MIXC"
Nº 002979

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
10	CABLE PVI-F 2.5 MM POR METRO	8.00	80.00
1	CONECTOR MC4 HEMBRA	10.00	10.00
1	CONECTOR MC4 MACHO	10.00	10.00

Continuación de apéndice 4.

MULTI REPUESTOS
 FIGUEROA Y COMPAÑIA
 Experiencia en Repuestos Automotrices
 DOCUMENTO TRIBUTARIO ELECTRONICO
 Número de Autorización: **1CDE3A29-FC78-483E-9AF6-1EF12D6133F9**
 CALZADA ROOSEVELT 6-72, ZONA 2 EL TESORO, MIXCO, GUATEMALA
 TELÉFONOS: 2387-2609 2309-0109

NIT: **CF**
 Nombre: **RENE GONZALEZ**
 Dirección: **CIUDAD**

Pedido: **00012489 01** Vendedor: **66** Facturador: **66** Precio: Pago: **02**

Código	Descripción	Cantidad	Precio Unitario
1511 30/30 ✓ 1MODEL-84 ✓	AMPERIMETROS VOLTIMETRO 5114	1 ✓ 1 ✓	33.29 73.57

PRICESMART
 Membership Shopping

PRICESMART
 PRICESMART (GUATEMALA), S.A.
 21 Avenida 7-90 Zona 11 Miraflores
 NIT 1494045-0 Tel. (502) 2301-5000
 Guatemala, Guatemala
 SUJETO A PAGOS TRIMESTRALES
 AGENTES DE RETENCION DEL IVA
 REGIMEN FEL - DTE
 FACTURA

Número Autorización:
 2B59F8-B84B-4374-8ED0-142016F22220
 Serie: 782B59F8 Número: 3091940212

EA @ 224.95
 720740 450V Invers 224.95

SUBTOTAL 224.95
 TOTAL 224.95

Continuación de apéndice 4.

VRO30 LUIS HERRARTE			
15191814			11:46:26
DESCRIP	CANT	P.U.	P.TOTAL
80065	1	10.00	10.00
BOMBILLA LED CLASICA 3W DL 'LUXLITE'			
80061	1	15.00	15.00
BOMBILLA LED CLASICA 5W DL 'LUXLITE'			
TF271	1	26.00	26.00
TUBO LED 48" DL 18W CLARO DE VIDRIO 'LUXLITE'			
L001385	1	19.00	19.00
LAMPARA LISTON PARA 1 TUBO LED 48" 'LIGHT-TEC'			
PLF15	2	7.00	14.00
PLAFONERO SIN CADENA BEIGE 'EAGLE'			
SMC26	3	8.00	24.00
SWITCH SENCILLO DE SOBREPONER 10A 125V OVAL 'BTICINO'			
ESP12	1	8.00	8.00
ESPIGA DE HULE 2P+T 15A 125V CON ABRAZADERA 'EAGLE'			
Total :			116.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

Apéndice 5. Participación en capacitaciones y talleres



Fuente: elaboración propia. ONG Maya Pedal.

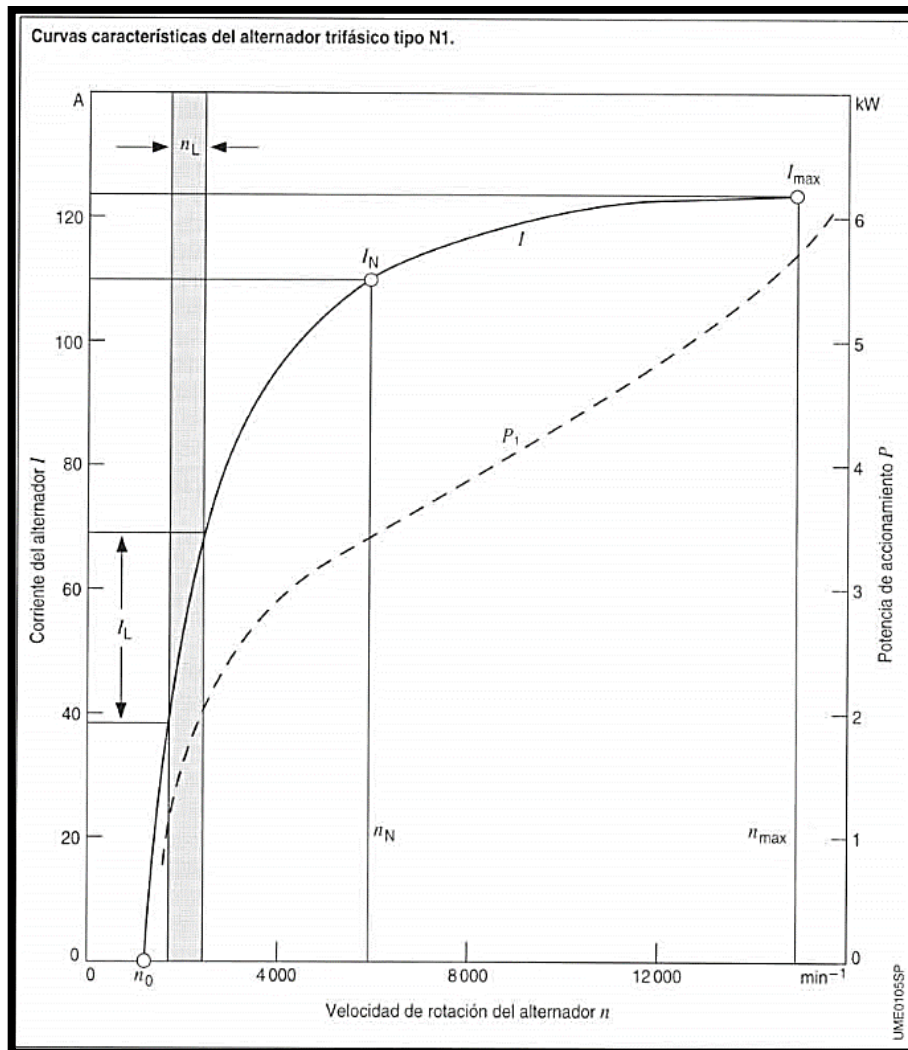
Apéndice 6. **Participación en capacitaciones en la Universidad**



Fuente: elaboración propia. Edificio T-3 Facultad de Ingeniería, USAC.

ANEXOS

Anexo 1. Curvas características de un alternador



Fuente: BOSCH. *Manual Electricidad y electrónica del automóvil Alternadores*.
<https://www.mecanicoautomotriz.org/1941-manual-alternador-bosch-generacion-funcionamiento-refrigeracion-curvas>, Consulta: agosto 2019.

Anexo 2. Anexo B del protocolo de Kyoto

Anexo B	
Compromiso cuantificado de limitación o reducción de las emisiones (% del nivel del año o período de base)	
Parte	
Alemania	92
Australia	108
Austria	92
Bélgica	92
Bulgaria*	92
Canadá	94
Comunidad Europea	92
Croacia*	95
Dinamarca	92
Eslovaquia*	92
Eslovenia*	92
España	92
Estados Unidos de América	93
Estonia*	92
Federación de Rusia*	100
Finlandia	92
Francia	92
Grecia	92
Hungría*	94
Irlanda	92
Islandia	110
Italia	92
Japón	94
Letonia*	92
Liechtenstein	92
Lituania*	92
Luxemburgo	92
Mónaco	92
Noruega	101
Nueva Zelandia	100
Países Bajos	92
Polonia*	94
Portugal	92
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte	92
República Checa*	92
Rumania*	92
Suecia	92
Suiza	92
Ucrania*	100

* Países que están en proceso de transición a una economía de mercado.

Fuente: ONU. *Protocolo de Kyoto*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>, Consulta:
enero 2020.

Anexo 3. Hogares según tipo de alumbrado

Código	Departamento	Total de hogares	Tipo de alumbrado				
			Red de energía eléctrica	Panel solar o eólico	Gas corriente	Candela	Otro
	Total nacional	3275931	2887256	101237	38793	225790	22855
1	Guatemala	752 843	745 291	1 126	190	5 338	898
2	El Progreso	44 213	40 922	544	170	2 207	370
3	Sacatepéquez	76 967	76 058	172	17	590	130
4	Chimaltenango	126 803	121 570	461	87	4 296	389
5	Escuintla	184 274	177 817	627	185	5 174	471
6	Santa Rosa	98 292	89 432	1 634	332	6 382	512
7	Sololá	85 607	81 250	249	45	3 829	234
8	Totonicapán	77 530	73 350	223	101	3 513	343
9	Quetzaltenango	174 830	167 379	609	134	6 349	359
10	Suchitepéquez	124 226	116 249	484	199	6 329	965
11	Retalhuleu	73 712	68 640	703	135	3 755	479
12	San Marcos	203 694	184 152	3 653	1 084	13 948	857
13	Huehuetenango	226 029	184 237	11 263	4 064	24 338	2 127
14	Quiché	170 442	134 614	12 007	847	21 776	1 198
15	Baja Verapaz	68 003	51 776	5 457	1 690	7 366	1 714
16	Alta Verapaz	228 446	111 748	35 846	21 584	58 110	1 158
17	Petén	124 650	90 485	14 444	1 419	16 265	2 037
18	Izabal	94 786	75 340	6 077	1 883	10 243	1 243
19	Zacapa	59 432	52 867	1 178	369	3 846	1 172
20	Chiquimula	90 917	73 981	1 766	3 103	7 126	4 941
21	Jalapa	73 468	63 939	1 129	484	7 397	519
22	Jutiapa	116 767	106 159	1 585	671	7 613	739

Fuente: INE. *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda*. <https://www.censopoblacion.gt/>
Consulta: enero 2020.

Anexo 4. **Especificaciones de controlador PMW CMY-2410**

V. Specification

Model	CMY-2405	CMY-2410	CMY-2420
Max. charge current	5A	10A	20A
Max. discharge current	5A	10A	20A
Max. solar panel input voltage	≤50V		
Rated voltage	12V/24V auto work		
Stop charge voltage	14.7V/29.4V		
Low voltage recovery	12.2V/24.4V		
Low voltage protection	10.5V/21.0V		
USB output voltage/current	5V 2A		
Characteristic	No load loss:≤10mA; Temperature compensation:-3mV/cell/°C		
Operation temperature	-20°C~60°C		
Dimension of controller	165×100×43.5(mm)(L×W×H)		
Packing dimension	170×107×51(mm)(L×W×H)		
Weight	300g		

Fuente: Shenzhen Just-Solar Co., Ltd. *Manual de controlador*. p. 2.

Anexo 5. Especificaciones y capacidades de las Baterías

			
Batería sellada de ácido-plomo, 12 Vcc 12 Ah	Batería sellada de ácido-plomo, 12 Vcc 7 Ah	Batería sellada de ácido-plomo, 12 Vcc 4 Ah	Batería sellada de ácido-plomo, 12 Vcc 1.2 Ah
BR-1212	BR-1207	BR-1204	BR-1201
Q340.00	Q199.00	Q170.00	Q99.00
			
Batería sellada de ácido-plomo, 6 Vcc 12 Ah	Batería sellada de ácido-plomo, 6 Vcc 7 Ah	Batería sellada de ácido-plomo, 6 Vcc 4 Ah	Batería sellada de ácido-plomo, 6 Vcc 1 Ah
BR-0612	BR-0607	BR-0604	BR-0601
Q199.00	Q130.00	Q97.00	Q69.00

Fuente: <https://www.steren.com.gt/energia/baterias-selladas-de-acido-plomo>. Consulta: septiembre 2020.

