



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

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA
FOTOVOLTAICA, CON CONEXIÓN A LA RED PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE
OPERACIÓN, EN LA FÁBRICA DE MERMELADAS ARTESANALES CASA DE YEGROS**

Alvaro José Nisthal Rodríguez

Asesorado por el Ing. Danilo González Trejo

Guatemala, octubre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA
FOTOVOLTAICA, CON CONEXIÓN A LA RED PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE
OPERACIÓN, EN LA FÁBRICA DE MERMELADAS ARTESANALES CASA DE YEGROS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALVARO JOSÉ NISTHAL RODRÍGUEZ
ASESORADO POR EL ING. DANILO GONZÁLEZ TREJO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADORA	Inga. Helen Rocío Ramírez Lucas
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

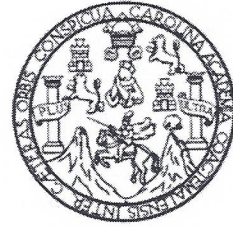
En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA
FOTOVOLTAICA, CON CONEXIÓN A LA RED PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE
OPERACIÓN, EN LA FÁBRICA DE MERMELADAS ARTESANALES CASA DE YEGROS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 28 de junio de 2014.

Alvaro José Nisthal Rodríguez

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



Como Catedrático Asesor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA, CON CONEXIÓN A LA RED PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN, EN LA FÁBRICA DE MERMELADAS ARTESANALES CASA DE YEGROS**, presentado por el estudiante universitario **Álvaro José Nisthal Rodríguez** que se identifica con el número de carné **201020747**, Apruebo el presente trabo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

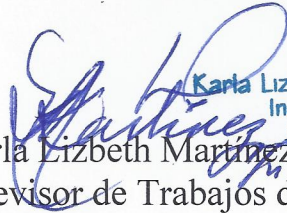
Ing. Danilo González Trejo
Catedrático Asesor de Trabajos de Graduación, colegiado No. 6182
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2016



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA, CON CONEXIÓN A LA RED PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN, EN LA FÁBRICA DE MERMELADAS ARTESANALES CASA DE YEGROS**, presentado por el estudiante universitario **Alvaro José Nisthal Rodríguez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Karla Lizbeth Martínez Vargas
Ingeniera Industrial
Colegiada No. 5,706
Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.166.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA, CON CONEXIÓN A LA RED PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN, EN LA FÁBRICA DE MERMELADAS ARTESANALES CASA DE YEGROS**, presentado por el estudiante universitario **Alvaro José Nisthal Rodríguez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 492.2017

El Decano 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 Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA, CON CONEXIÓN A LA RED PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN, EN LA FÁBRICA DE MERMELADAS ARTESANALES CASA DE YEGROS**, presentado por el estudiante universitario: **Alvaro José Nisthal Rodríguez** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, octubre de 2017

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por todas sus bendiciones y por brindarme sabiduría, fortaleza e iluminar mi camino hacia el éxito.
Mi madre	Silvia de Nisthal, por ser una maestra ejemplar en mi vida guiarme y apoyarme en este camino.
Mi padre	Luis Eduardo Nisthal, por sus sabios consejos, su apoyo incondicional y alentarme a nunca desistir.
Mis hermano	Diego Nisthal, por acompañarme en este camino, brindarme su apoyo y a ser perseverante.
Mi novia	Sandra Pérez, por creer en mí y brindarme todo su apoyo, amor y su comprensión.
Mi familia y amigos	Por estar siempre presentes levantándome el ánimo y apoyándome en esta parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser una importante parte de mi vida y abrirme las puertas para llegar a cumplir este sueño.

Facultad de Ingeniería

Porque a través de sus catedráticos adquirí conocimientos que me han sido de mucha utilidad.

Mis catedráticos

Que con mucho gusto y sin egoísmo me brindaron sus conocimientos.

Mis amigos

Por su apoyo durante los diferentes ciclos de mi vida como estudiante ya que ellos también tienen méritos en esta meta alcanzada.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ESTUDIO DE MERCADO	1
1.1. Mercado objetivo de paneles fotovoltaicos	1
1.2. Características del sistema fotovoltaico.....	2
1.3. Segmentación de mercado.....	2
1.4. Oferta.....	4
1.5. Demanda	5
1.6. Proyecciones de la oferta y la demanda.....	6
1.7. Distribuidor	7
1.7.1. Empresa Enersol	7
1.7.1.1. Antecedentes de la empresa	7
1.7.1.2. Enfoque de ventas de la empresa	8
1.7.1.2.1. Instalación de sistema fotovoltaico	8
1.7.1.3. Marca del sistema fotovoltaico.....	9
1.7.1.3.1. Paneles solares	10
1.7.1.3.2. Inversor	10
1.7.1.4. Importaciones del sistema solar	11

2.	ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA	13
2.1.	Antecedentes de paneles solares fotovoltaicos	13
2.2.	Diseño del sistema solar fotovoltaico	14
2.2.1.	Características del sistema	15
2.2.1.1.	Determinación del requerimiento energético.....	16
2.2.1.2.	Determinación del número de paneles solares fotovoltaicos	17
2.2.1.3.	Determinación del tipo de inversor y potencia de su corriente	18
2.2.1.4.	Cálculo de conductores	21
2.2.2.	Dimensiones del diseño	22
2.2.2.1.	Planos de la instalación.....	26
2.2.3.	Especificaciones técnicas.....	27
2.2.3.1.	Paneles solares.....	27
2.2.3.2.	Inversor	28
2.2.4.	Materiales.....	29
2.2.4.1.	Sistemas de fijación y anclaje	30
2.2.5.	Medidas de seguridad	31
2.2.5.1.	Protección eléctrica para la corriente alterna (AC).....	32
2.2.5.2.	Protección eléctrica para la corriente directa (DC).....	32
2.2.6.	Vida técnica.....	35
2.2.6.1.	Paneles solares.....	35
2.2.6.2.	Inversor	36
2.3.	Energía eléctrica	37
2.3.1.	Mediciones de la energía eléctrica bajo facturación.....	37

2.4.	Energía solar	38
2.4.1.	Medición de la energía solar.....	38
2.4.1.1.	Contador bidireccional	39
3.	ESTUDIO ADMINISTRATIVO-LEGAL	41
3.1.	Descripción de la empresa Casa de Yegros.....	41
3.2.	Ubicación.....	41
3.3.	Misión	42
3.4.	Visión.....	42
3.5.	Estructura organizacional	42
3.6.	Ley general de electricidad.....	47
3.7.	<i>Reglamento de la ley general de electricidad</i>	50
3.8.	<i>Norma técnica para la conexión, operación, control y comercialización de la generación distribuida renovable – NTGDR – y usuarios autoprodutores con excedentes de energía</i>	50
3.8.1.	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.....	52
3.8.1.1.	Resolución CNEE No. 171-2008	56
3.8.2.	Autorización y conexión.....	56
3.8.2.1.	Título II, capítulo I	56
3.8.2.2.	Título III.....	60
3.9.	<i>Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable</i>	63
3.9.1.	Decreto Número 52-2003	63
3.10.	<i>Reglamento de la ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable</i>	66
3.10.1.	Acuerdo Gubernativo No. 211-2005	66
3.11.	Requerimientos EEGSA de instalación	68
3.11.1.	Requisitos para solicitar conexiones nuevas	72

3.11.1.1.	Servicio solicitado a nombre del propietario del inmueble	72
3.11.1.2.	Si el servicio no lo contratara la persona que se ha de constituir como cliente	73
3.11.1.3.	Si el contrato se genera a nombre de una persona diferente al propietario	73
3.11.1.4.	Si el servicio se solicita a nombre de una empresa o razón social específica	74
3.11.1.5.	Otros requisitos	75
4.	ESTUDIO DE MEDIO AMBIENTE	77
4.1.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN	77
4.1.1.	Acuerdo Gubernativo, Número 431-2007. <i>Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental</i>	77
4.2.	Información legal	78
4.2.1.	Patentes de comercio de la empresa distribuidora de paneles solares	78
4.3.	Información general.....	79
4.3.1.	Etapa de instalación	79
4.3.2.	Etapa de operación	79
4.3.3.	Etapa de cierre o abandono	79
4.3.4.	Área de instalación.....	79
4.3.5.	Actividades desarrolladas en las colindancias	80
4.4.	Identificación y evaluación del impacto ambiental en el uso de paneles fotovoltaicos.....	80
4.4.1.	Impacto positivo	80

4.4.1.1.	Etapa de operación.....	81
4.4.1.2.	Reducción de emisiones de CO ₂ en la atmósfera	82
4.4.2.	Impacto negativo	83
4.4.2.1.	Impacto visual.....	83
4.4.2.2.	Etapa de cierre o abandono.....	84
4.5.	Manejo de impacto ambiental.....	84
4.5.1.	Plan de mitigación	85
4.5.1.1.	Etapa de instalación	85
4.5.1.1.1.	Manejo de desechos y residuos de instalación	86
4.5.1.2.	Etapa de operación.....	87
4.5.1.2.1.	Sistema de monitoreo...	87
4.5.1.2.2.	Mantenimiento anual	87
4.5.1.2.3.	Inspección y repuestos.....	92
4.5.1.3.	Etapa de cierre o abandono.....	93
4.5.1.3.1.	Manejo en el desecho del sistema	93
4.5.1.3.2.	Reciclaje de los desechos	94
5.	ESTUDIO ECONÓMICO	97
5.1.	Presupuesto de instalación.....	97
5.2.	Análisis de costos.....	97
5.2.1.	Estudio de mercado.....	97
5.2.1.1.	Costo de realización	98
5.2.2.	Estudio técnico de ingeniería.....	98

5.2.2.1.	Costo general de instalación	98
5.2.2.1.1.	Paneles fotovoltaicos	99
5.2.2.1.2.	Inversor	99
5.2.2.1.3.	Contador bidireccional ..	99
5.2.2.1.4.	Sistema de fijación y anclaje.....	99
5.2.2.1.5.	Mano de obra para instalación	99
5.2.2.2.	Costos del diseño e impresión de planos.....	100
5.2.3.	Estudio administrativo-legal.....	100
5.2.3.1.	Costo de impresión de documentos ...	100
5.2.4.	Estudio de medio ambiente	101
5.2.5.	Estudio económico	101
5.2.5.1.	Costos de transporte para realización del trabajo de graduación.	101
5.2.6.	Estudio financiero	102
5.2.7.	Análisis de sensibilidad y riesgos	104
6.	ESTUDIO FINANCIERO	107
6.1.	Inversión.....	107
6.1.1.	Flujos de efectivo	108
6.1.2.	Financiamiento	109
6.1.2.1.	Indicadores financieros.....	109
6.1.3.	Evaluación financiera del proyecto.....	117
6.1.3.1.	Valor actual neto (VAN).....	118
6.1.3.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	119
6.1.3.3.	Costo/beneficio.....	119

CONCLUSIONES	121
RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA.....	127
APÉNDICES	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Proyección de la demanda.....	6
2.	Modelo de un sistema fotovoltaico	15
3.	Inversor Enphase M250	21
4.	Diseño del sistema fotovoltaico	23
5.	Dimensiones del panel solar y el microinversor dadas en cm.....	24
6.	Dimensiones del módulo fotovoltaico (panel solar) dado en mm, según fabricante.....	25
7.	Ubicación de los paneles solares en la fábrica de mermeladas artesanales Casa de Yegros	26
8.	Sistema de fijación al techo de paneles solares.....	30
9.	Colocación y montaje de paneles solares	31
10.	Fusible protector de corriente directa (DC)	32
11.	Tablero protector de corriente alterna (AC).....	33
12.	Flipón o <i>switch</i> de control en tablero.....	34
13.	Sistema de seguridad conectado a tierra.....	35
14.	Mapa de radiación horizontal en Guatemala.....	37
15.	Mapa de radiación anual horizontal Guatemala	38
16.	Contador bidireccional.....	39
17.	Ubicación de la empresa.....	41
18.	Organigrama de la empresa.....	43
19.	Formulario para la solicitud de dictamen de capacidad y conexión, generador distribuido renovable, 1	59

20.	Formulario para la solicitud de dictamen de capacidad y conexión, generador distribuido renovable, 2.....	62
21.	Notificación de la instalación eléctrica interna	69
22.	Lista verificable para conexiones nuevas	70
23.	Requisitos de inscripción de una empresa	78

TABLAS

I.	Requerimiento energético de paneles solares	17
II.	Determinación de la cantidad de paneles Chaori a usar.....	18
III.	Determinación de los watts reales de cada panel.....	19
IV.	Comparación de potencias de panel solar Chaori vs inversor Enphase entrada: corriente directa DC	20
V.	Máximos de corriente (A) que puede recibir el inversor M250	20
VI.	Conductores utilizados en el sistema fotovoltaico	22
VII.	Ficha técnica de módulos fotovoltaicos	27
VIII.	Ficha técnica general de inversor	28
IX.	Ficha técnica de inversor para entrega de corriente (AC).....	29
X.	Vida técnica de paneles solares CRM280S.....	36
XI.	Vida técnica del microinversor M250	36
XII.	Manteamiento del panel fotovoltaico.....	89
XIII.	Mantenimiento del inversor	91
XIV.	Mantenimiento de puesta a tierra.....	92
XV.	Precio de gasolina, octubre de 2015.....	102
XVI.	Costos del proyecto, 1	103
XVII.	Costos del proyecto, 2	107
XVIII.	Proyección	109
XIX.	Estado de flujo de efectivo	112
XX.	Indicadores financieros	115

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
Hz	<i>Hertz</i>
KWh	<i>Kilo watts</i>
Mm	Milímetro
%	Porcentaje
Q	Quetzal
W	<i>Watts</i>
Wh	<i>Watts hora</i>

GLOSARIO

Celda fotovoltaica	Una celda fotovoltaica tiene como función primordial convertir la energía captada por el sol en electricidad a un nivel atómico.
Corriente	Flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material.
Corriente alterna	Es la corriente eléctrica en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos.
Corriente directa	Es la corriente eléctrica que cuyas cargas eléctricas o electrones fluyen en el mismo sentido del circuito eléctrico.
Dióxido de carbono	Es un gas incoloro, inoloro y vital para la vida en la CO_2 tierra. Está compuesto de un átomo de carbono único con sendos enlaces covalentes dobles a dos átomos de oxígeno.
Fotovoltaico	Material o dispositivo que convierte la energía luminosa en electricidad.

Irradiancia

Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética.

Watt

Es la unidad de potencia del sistema internacional de unidades. Su símbolo es W. Es equivalente a 1 joule por segundo (1 J/s). Este término es inglés, en español es vatio. Expresado en unidades en electricidad, el watt es la potencia producida por una diferencia de potencial de 1 voltio y una corriente eléctrica de 1 amperio (1 VA).

RESUMEN

La implementación de paneles solares es una solución amigable al medio ambiente y amigable con la empresa; se desea que en cinco años la fábrica haya cubierto los gastos de la inversión que se realice para producir su propia energía sin depender de la Empresa Eléctrica de Guatemala, que aportará a la reducción de emisiones de carbono CO₂ y eliminará las preocupaciones de los costos afectados en las ganancias. Aportará, también, energía eléctrica a la red, por los excesos que se produzcan con los paneles fotovoltaicos y la empresa ya no utilice, que incorporará a la red.

Para lo cual, en el capítulo uno se hace una descripción de los antecedentes de la empresa en estudio, la línea de producción que maneja actualmente y las características técnicas de los equipos para instalación de los paneles fotovoltaicos

En el capítulo dos se presenta el estudio técnico de ingeniería que incluye el diseño del sistema fotovoltaico, los materiales a utilizar, las medidas de seguridad para la protección eléctrica.

En el capítulo tres se describe el marco legal que rige en Guatemala el sector eléctrico, la norma técnica para la conexión, operación, control y comercialización de la generación distribuida renovable – NTGDR – y usuarios autoprodutores con excedentes de energía. Los requerimientos que solicita la Empresa Eléctrica de Guatemala para conexiones nuevas

En el capítulo cuatro, se exponen los lineamientos para un estudio ambiental, la información legal pertinente para presentar los estudios al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales-MARN. En el capítulo cinco se desarrolla el estudio económico con base en el presupuesto de la instalación del sistema fotovoltaico. En el capítulo seis se desarrolla el análisis financiero de la propuesta con base en el análisis costo-beneficio para la recuperación de la inversión por parte de la empresa.

OBJETIVOS

General

Realizar el estudio de factibilidad de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica, con conexión a la red para la reducción de costos de operación, en la fábrica de mermeladas artesanales Casa de Yegros.

Específicos

1. Determinar la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios para la sustitución de la energía eléctrica utilizada en la fábrica.
2. Implementar un análisis de la utilización del producto en el mercado.
3. Analizar y verificar la viabilidad en la colocación de los paneles y su ubicación, según las condiciones del techo de la empresa y demás área.
4. Establecer cálculos respectivos sobre la inversión para determinar su retorno en términos de tiempo y rendimiento, en la instalación de los paneles fotovoltaicos.
5. Identificar el impacto ambiental que genera la colocación de paneles solares fotovoltaicos en el área de su colocación e instalación.

6. Evaluar mediante un estudio administrativo, el financiamiento para la instalación de los paneles solares y el riesgo que conlleva la inversión en un determinado tiempo.

7. Determinar mediante especificaciones técnicas del distribuidor, un análisis costo/beneficio para la implementación de los paneles en la fábrica.

INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país con diversidad ecológica respecto a fuentes para la generación de energía solar; una familia que consume 800 kWh de energía eléctrica al mes genera 7 toneladas de CO₂ por año. Las emisiones de CO₂ generadas por cada país en el mundo por el consumo de energía eléctrica contribuyen en gran parte al efecto invernadero. La energía solar correctamente utilizada puede ayudar a reducir el consumo de energía nuclear y térmica.

La utilización de energía renovable en este caso solar, ayuda a preservar el medio ambiente con el uso de una fuente confiable y natural: el sol.

Las empresas productoras en la actualidad están aprovechando más los recursos naturales; se han dado cuenta que pueden ayudar a reducir costos de operación en sus fábricas; utilizan herramientas y maquinarias para captar la energía del sol.

La fábrica Casa de Yegros es considerada una pequeña empresa productora que elabora mermeladas y jaleas artesanales 100 % naturales sin conservantes, con consumidores como el hotel Westin Camino Real y otros hoteles y restaurantes de la ciudad de Guatemala.

La utilización de un equipo fotovoltaico es una forma de captar energía solar y convertirla en energía eléctrica, para reducir costos de operación.

Por tal razón, se evaluará por medio de un estudio de factibilidad, la posibilidad de implementar, diseñar la colocar un equipo de paneles fotovoltaicos con conexión a la red para la reducción de costos de la empresa Casa de Yegros.

1. ESTUDIO DE MERCADO

1.1. Mercado objetivo de paneles fotovoltaicos

El uso de paneles fotovoltaicos está ligado a un mercado global, el cual puede ir desde remplazar la energía eléctrica convencional de los hogares y de las industrias por energía fotovoltaica, también, generar energía en aquellos objetos como satélites, vehículos de transporte, etc. sin conexiones y suministros de una fuente eléctrica para desplazarse o realizar el trabajo para el cual se le haya destinado.

La utilización de paneles solares fotovoltaicos enlista una serie de usos para diversos mercados, aunque casi el 90 % del uso de los paneles abarca el mercado de utilización en los hogares, empresas con plantas de producción e industrias en general que desean bajar sus costos de la energía eléctrica o también aportar una reducción de CO₂ en el medio ambiente.

El mercado de utilización de los paneles solares fotovoltaicos se presenta a continuación:

- Hogares (tejados de viviendas)
- Empresas e industrias (plantas de generación de energía propia)
- Automóviles a base de energía solar
- Motocicletas a base de energía solar
- Satélites
- Barreras antisonido en autopistas y vías de tren
- Cubiertas de piscina retractiles

- Luces para aparcamientos

1.2. Características del sistema fotovoltaico

Las características de un sistema fotovoltaico dependen de sus componentes ya que el sistema ideal para una vivienda es aquel que es instalado con conexión a la red, por lo tanto, posee las siguientes características.

- Paneles fotovoltaicos
- Inversor
- Reguladores de carga
- Contador bidireccional

Cada elemento cumple con una función específica y con especificación del fabricante que ayuda a visualizar las características del sistema, detalla los paneles fotovoltaicos que sirven para captar la energía solar, que generan corriente directa, pasándola por un inversor que ayuda a la conversión de la corriente directa en corriente alterna y luego pasándola por la vivienda o lugar que se encuentre instalada, se detallan con un contador que gire en ambas dirección para que pase el sobrante de energía a la red, o sea devuelve parte de la energía que no se consume a la empresa eléctrica.

1.3. Segmentación de mercado

El trabajo tiene como finalidad mostrar la factibilidad al implementar paneles fotovoltaicos en una empresa de producción de jaleas para reducir los costos de electricidad durante la fabricación de los productos.

- Ubicación: 15- 40 zona 13 ciudad de Guatemala
- Población objetivo: industria alimenticia (pequeña empresa)
- Electrodomésticos: 5 refrigeradores, 3 estufas con horno y 2 microondas
- Clase social: media alta
- Clase económica: media

Según el uso de los paneles solares se pueden clasificar de varias maneras, aunque la más común, la que abarca todo el mercado y en la que este estudio de factibilidad está enfocado es la categoría de doméstico industriales. Esta categoría es llamada así por la utilización familiar que con una baja y regulada cantidad de energía para los hogares y la en las industrias, que se enfoca en grandes proyectos con capacidades más grandes y masivas de energía eléctrica.

Este estudio, permite calificarlo en la categoría doméstico industrial, puesto que el sistema de paneles fotovoltaicos cumple una función baja para ser productores masivos de energía, pero más alta para cumplir la función de paneles solares para un hogar.

Entre la segmentación del mercado de los sistemas fotovoltaicos, es importante la consideración de los huertos del mismo que, al ser espacios desgastados para la instalación del sistema, también, requieren de un mantenimiento minucioso para que los paneles mantengan su vida útil y cumplan su función durante un buen período de tiempo.

1.4. Oferta

En la actualidad, hay una oferta bastante amplia respecto al uso de energía solar alrededor del mundo. Los medios de transporte y las páginas de compras por Internet hacen que dichos productos estén al alcance de cualquier persona sin importar el lugar donde se encuentre. Los sistemas de generación eléctrica que usan energía solar se diseñan según las necesidades del cliente, en este caso, basado en el consumo eléctrico.

En Guatemala, varias empresas se dedican a la comercialización de productos para producir energía eléctrica con sistemas solares. En dichas compañías varían las marcas y los precios de los productos. Un prototipo o diseño como el propuesto puede hacerse con elementos que dichas empresas proveen.

Una de las empresas que brinda un servicio completo y provee los paneles fotovoltaicos es Enersol (www.enersolgt.com); existen más empresas en Guatemala, las cuales brindan también el servicio de instalación o solo venta como:

- Soluciones energéticas (www.soluciones-energeticas.com)
- *Advanced Energy* (www.ae-energiasolar.com)
- *EnerFree* (www.enerfreegt.com)
- PQS (www.cdpups.com)

La utilización de paneles fotovoltaicos en sustitución de la luz eléctrica proporcionada por la red, se ha vuelto muy popular en Guatemala debido al incremento en su precio brindada por la empresa eléctrica; también, el tema de aportar al medio ambiente ha tenido un reconocimiento por parte de los

guatemaltecos en un sentido de colaboración y concientización de reducir emisiones de CO₂.

1.5. Demanda

La demanda de paneles solares fotovoltaicos tuvo un auge en las décadas de 1980 y 1990 ya que su venta se incrementó por la necesidad de proveer electricidad a muchos hogares del interior de Guatemala en donde los tendidos eléctricos no podían llegar, también, para que las familias pudieran calentar agua sin necesidad de leña.

Después de 1996, al ver la eficiencia de los paneles usados en el interior de la república; tuvo un incremento considerable en la ciudad, en donde varios hogares empezaron a promover e independizarse del servicio de la empresa eléctrica.

Una de las empresas en proveer paneles fotovoltaicos por primera vez en Guatemala fue Sistemas de Apoyo de Energía Eléctrica S.A. (Sadeesa); según registros, esta empresa incursionó la venta de paneles en residencias y empresas desde 1980.

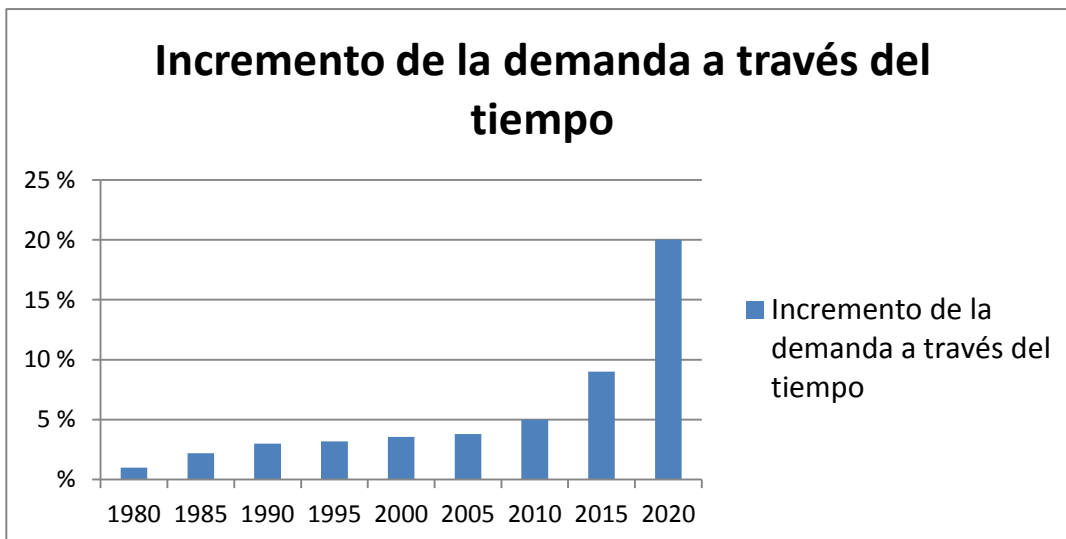
Así mismo, la demanda hoy en día de paneles solares ha tenido un incremento ya que los temas del medio ambiente preocupan en los hogares, además, el incremento de la energía eléctrica ha sido proporcional en los últimos años; por lo tanto, los hogares y las empresas buscan la manera de reducir sus consumos de electricidad y aportar al medio ambiente; incluso, la empresa eléctrica apoya las políticas de utilización de paneles solares para apoyar al medio ambiente.

1.6. Proyecciones de la oferta y la demanda

Los paneles propician un cambio positivo en el ambiente, además, ayudan a reducir los gases invernaderos que se generan por la quema de combustibles y la tala de árboles.

El incremento de la demanda de los paneles va ligada a la oferta desde los años 80, hasta el presente; se mostraron anteriormente las diferentes empresas que han tomado el mercado guatemalteco y cubierto la necesidad de generar su propia energía. Estas empresas buscan salvaguardar y generar un negocio esencial a favor del medio ambiente que sigue un proceso de crecimiento con una alta demanda para el futuro ya que muchas personas se han concientizado en contribuir con la naturaleza, con la energía limpia del sol (ver figura 1).

Figura 1. Proyección de la demanda



Fuente: elaboración propia.

1.7. Distribuidor

En Guatemala existen varias empresas dedicadas a la venta de paneles fotovoltaicos y, gran parte, también realizan instalaciones. La empresa de confianza que brinda ayuda para realizar el estudio de factibilidad del presente trabajo es Enersol.

Dicha empresa brindará apoyo para realizar el estudio y, en dado caso, la instalación del sistema si la fábrica de mermeladas lo desea.

1.7.1. Empresa Enersol

Enersol es una empresa dedicada a la promoción de energías renovables como una solución a los incrementos constantes del precio de la energía eléctrica, los combustibles y el deterioro ambiental. Entre las alternativas de solución ofrecidas por Enersol se encuentran los calentadores solares para uso doméstico e industrial (jacuzzis, piscinas, duchas, precalentamiento de calderas, etc.), sistemas fotovoltaicos y sistemas eólicos.

1.7.1.1. Antecedentes de la empresa

En un inicio, la empresa se formó como una fábrica que por muchos años instaló sistemas de calentamiento de agua residenciales y de piscinas que hoy en día aún dan servicio a muchos clientes en Guatemala. Con el paso de los años se formaron alianzas con los fabricantes de sistemas solares más grandes del mundo.

1.7.1.2. Enfoque de ventas de la empresa

Las ventas de la empresa distribuidora están enfocadas en dos ramas: ventas de sistemas sin instalación y ventas de sistemas con un estudio de área del lugar e instalación; por lo tanto, Enersol cubre la mayor parte de empresas y hogares con sus productos.

1.7.1.2.1. Instalación de sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico está diseñado para aprovechar la energía directa del sol; esta es una fuente natural, gratuita e infinita de energía para ser aprovechada.

Todo sistema fotovoltaico debe poseer ciertos componentes ideales para generar energía. La instalación de estos sistemas puede realizarse en un día o hasta en meses, según el tipo de proyecto; a la instalación que se propone en el trabajo de graduación puede tener una duración de uno o dos días.

Es importante que en cada instalación se haga un estudio previo para establecer un área correcta y firme donde se atornille el sistema, lo más importante los paneles solares, también, que el área tenga un panorama libre de árboles para orientar los paneles hacia el sur para un mejor aprovechamiento de la luz solar.

Toda instalación fotovoltaica tiene tres elementos esenciales los cuales serán utilizados en el diseño para la instalación en la fábrica de mermeladass Yegros; dicha instalación sería realizada por la empresa Enersol. Los elementos que toda instalación fotovoltaica utiliza son:

- Paneles solares de celdas fotovoltaicas.
- Un inversor general para el sistema o microinversores para cada panel solar.
- Contador bidireccional.

Los paneles solares son utilizados para captar la energía del sol por medio de celdas fotovoltaicas que se calienta; guían esa energía o calor hacia un inversor o microinversor (según sea la preferencia del cliente) para transformar esa energía o corriente directa DC en corriente alterna AC; luego, la mandar a toda la casa o fábrica en donde se encuentre la instalación; por último, pasa esa corriente por un contador bidireccional para devolver a la empresa eléctrica parte de la energía que no se utiliza para consumo del hogar, que en vez de ser desperdiciada, se inyecte a la red eléctrica convencional; es decir, el sistema estaría conectado a la red para devolver el exceso de energía producido y que puede utilizarse por otros hogares.

1.7.1.3. Marca del sistema fotovoltaico

En la actualidad, existen varias marcas de paneles solares e inversores para las instalaciones de sistemas fotovoltaicos; la mayoría se instala de una forma igual o parecida para que sea sencillo y fácil de utilizar, según las especificaciones de los fabricantes regidos según normas de calidad.

Todas las marcas, americanas, europeas o asiáticas, tienen manuales de instrucciones y estimaciones de vida útil de sus productos, para ofrecer sistemas de confianza y duraderos.

1.7.1.3.1. Paneles solares

Las marcas de paneles solares utilizadas en Guatemala, por lo general, son importadas; la marca del fabricante chino Chaori es utilizada por la empresa Enersol debido al buen desempeño de sus celdas fotovoltaicas que desarrollan un potencial de 280 *watts*; será la marca utilizada para realizar el estudio de factibilidad para la implementación de un sistema fotovoltaico en la fábrica Casa de Yegros.

El modelo de panel fotovoltaico para el estudio de factibilidad del sistema es el CRM280S, 156P-72 que entrega una capacidad de 280 W si se tiene la eficiencia total del panel solar, una corriente de 8,28 A y una frecuencia de 60 Hz.

1.7.1.3.2. Inversor

Un inversor de corriente en los sistemas solares, sirve para transformar la corriente directa o DC de las células fotovoltaicas al captar la energía del sol en corriente alterna o AC, la que normalmente se utiliza para conectar y hacer que funcionen los aparatos electrónicos.

Las marcas utilizadas para la instalación depende del presupuesto del cliente y también del proyecto.

Las marcas de los inversores distribuidos son:

- *Enphase Energy*
- *Fronius*
- *SMA (SOLAR TECHNOLOGY)*

- *Power-one*

Las tres marcas brindan inversores de alta gama, aunque todo depende de cuanta eficiencia se desea en el sistema fotovoltaico ya que para realizar los cálculos lo mejor es colocar un microinversor para cada panel solar y aprovechar la energía solar a su máximo; si en dado caso hay alguna sombra que cubra una parte de los paneles solares, aunque es más barato y si no los árboles alrededor del área de instalación, colocar un inversor general como los Aurora PVI, marca líder del fabricante estadounidense Power-one.

La marca sugerida por la empresa Enersol si se desea una mayor eficiencia y utilización del recurso natural (sol) son los microinversores *Enphase* M250; son los que se usarían para futuros cálculos del sistema fotovoltaico y dado que son para intemperie, poseen una vida prolongada en términos de rendimiento.

1.7.1.4. Importaciones del sistema solar

La empresa Enersol es la representante en Guatemala de las marcas de inversores y de paneles solares mencionados anteriormente, por lo tanto, importan los productos con distribuidores autorizados por las marcas en Estados Unidos, con pedidos a Miami.

Enersol también es distribuidora autorizada por las marcas para vender paneles solares e inversores en Guatemala y Centroamérica.

2. ESTUDIO TÉCNICO DE INGENIERÍA

2.1. Antecedentes de paneles solares fotovoltaicos

El físico francés Alexandre Becquerel fue el primer físico en descubrir el efecto fotovoltaico en 1839. Sus estudios se basaron en el espectro solar, los rayos UV, la electricidad, el magnetismo y la óptica.

En 1883 el inventor norteamericano Charles Fritts construye la primera celda solar con una eficiencia del 1 %. La primera celda solar fue construida utilizando como semiconductor el selenio con una muy delgada capa de oro. Debido al alto costo de esta celda se utilizó para usos diferentes a la generación de electricidad. Las aplicaciones de la celda de selenio fueron para sensores de luz en la exposición de cámaras fotográficas.

La celda de silicio que hoy día se utiliza proviene de la patente del inventor norteamericano Russell Ohl. Fue construida en 1940 y patentada en 1946.

La época moderna de la celda de silicio llega en 1954 en los Laboratorios Bells. Accidentalmente, experimentando con semiconductores se encontró que el silicio con algunas impurezas era muy sensitivo a la luz.

Los avances logrados con la celda de silicio en 1954 contribuyeron a la producción comercial, lográndose una eficiencia del 6 %.

La URSS lanzó su primer satélite espacial en el año 1957 y los EEUU un año después el 1 de febrero de 1958, en cuyo diseño se usaron células solares

creadas por Peter Iles en un esfuerzo encabezado por la compañía *Hoffman Electronics*.

La primera nave espacial que usó paneles solares fue el satélite norteamericano Explorer 1, lanzado en febrero de 1958. Este evento generó un gran interés en la producción y lanzamiento de satélites geoestacionarios para el desarrollo de las comunicaciones.

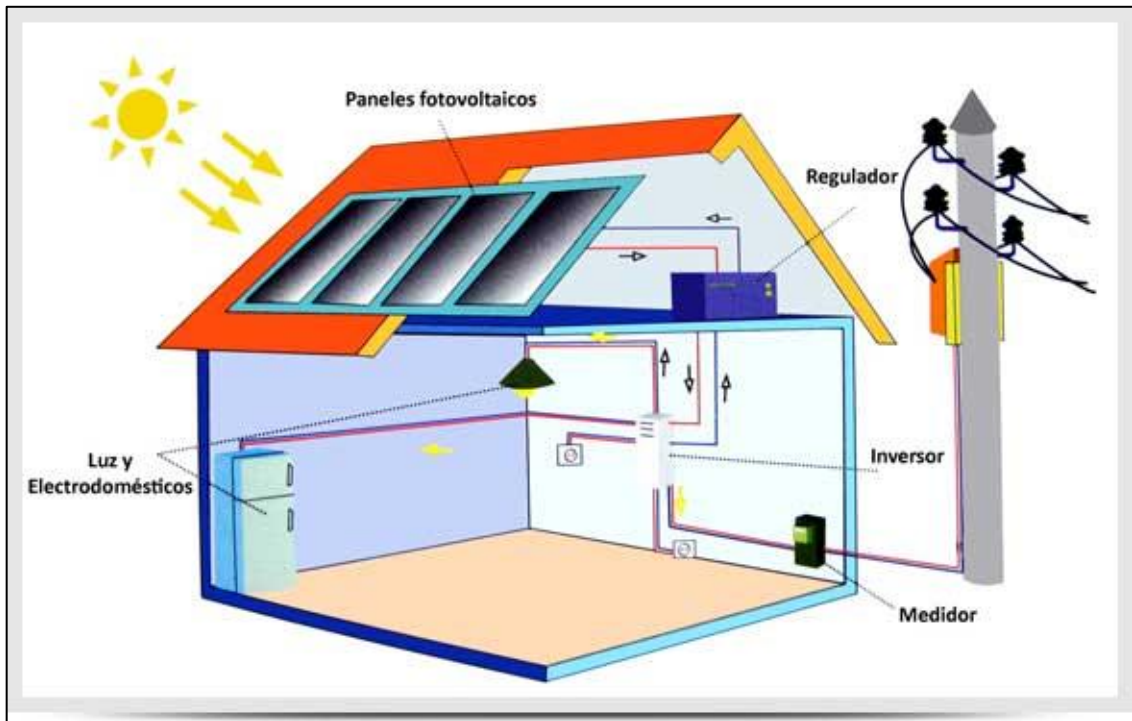
El caso más representativo hoy día del uso de los paneles fotovoltaicos en el sector aeroespacial está en la Estación Espacial Internacional. La energía utilizada viene de 16 estructuras de 72 metros de envergadura por 12 metros de ancho, 864 metros cuadrados de paneles solares en cada una.

2.2. Diseño del sistema solar fotovoltaico

La complejidad del sistema fotovoltaico abarca la determinación de paneles solares e inversor para realizar un diseño específico delimitando el área donde se realiza la instalación.

La importancia de saber cuántos paneles usar, ayuda a la realización del diseño de la estructura del sistema, que parte de cálculos basados en la facturación de la energía eléctrica consumida de forma mensual; así mismo, el cálculo del inversor surge de la cantidad de paneles necesarios para cubrir la necesidad energética de la fábrica.

Figura 2. **Modelo de un sistema fotovoltaico**



Fuente: ANTUSOLAR. *Sistemas conectados a la red.* www.antusolar.cl/solar-fotovoltaico/.

Consulta: 10 de junio de 2014.

2.2.1. **Características del sistema**

El sistema está conformado por paneles solares de una medida estándar de 1 580 x 808 mm; ayuda a que sean de fácil mantenimiento y fácil manipulación para cualquier cambio por daños; está casi siempre disponibles módulos de estas medidas. Los paneles solares a utilizar generan 5 veces al día su capacidad nominal de *watts*; por lo tanto, el cálculo de la cantidad de paneles solares va ligada del consumo de Kw/h al mes de la empresa por la capacidad nominal de generar energía en watts de los paneles solares.

El inversor a utilizar posee una eficiencia de 97 %, ideal para un aproximado de 9 paneles en colocación del sistema; tres entradas para cada MPP y una tipología trifásica real sin necesidad de capacitador electrónico.

El contador deber poseer doble entrada para que pueda estar conectado a la red y devolver los excesos de energía que no son aprovechados por la empresa, pero sí por la empresa eléctrica.

2.2.1.1. Determinación del requerimiento energético

El requerimiento energético consta de la capacidad nominal de cada panel solar utilizado en el sistema. Este requerimiento indica el potencial de energía capaz de generar cada panel dado en *watts*, para cubrir con la diversa demanda de electricidad de la fábrica.

Los paneles solares utilizados para el sistema fotovoltaico brindan 5 veces su capacidad nominal según datos del fabricante y un factor de eficiencia de 0,85, estos son de 280 *watts*. Es importante tomar en cuenta que el consumo de la energía eléctrica se toma en una medida de kWh que a su vez debe ser medida por meses; por lo tanto, debe hacerse una conversión de tiempo y vatios para obtener un rendimiento del sistema que satisfaga al cliente y cubra la demanda.

Tabla I. **Requerimiento energético de paneles solares**

Cálculos para requerimiento de energía	Resultado
$280 \text{ watts} * 5.5$	1,540 Wh
$1,540 \text{ Wh} * 30 \text{ días}$	46,200 Wh
$46\ 200/1\ 000$	46,2 kWh
Dato: 1 kW = 1 000 W	

Fuente: elaboración propia.

La eficiencia del panel para brindar o devolver la energía que capta del sol para la fábrica, se toma como un 85 %, se piensa que se desperdicia un 15 % de energía por razones climáticas ya que no siempre son constantes, sombras que se puedan dar por árboles y nubes, también, por posibles daños en el sistema que no permitan una eficiencia del 100 %.

El requerimiento mensual de energía por panel solar debe ser de 46,2 kWh, de esta forma se puede conocer cuántos paneles solares son necesarios según el consumo energético de la facturación.

2.2.1.2. Determinación del número de paneles solares fotovoltaicos

El cálculo del número de paneles solares a es sencillo de obtener, siempre y cuando se tenga el requerimiento energético para cubrir la demanda, también, es necesario un promedio del consumo mensual de energía de la fábrica. La determinación del número de paneles solares necesaria para que el sistema fotovoltaico sea eficiente se realiza con el promedio de consumo de energía de

los nueve meses de facturación dividido por el requerimiento energético de los paneles solares.

Tabla II. **Determinación de la cantidad de paneles Chaori a usar**

Cálculos para número de paneles	Resultado en unidades
320,22 kWh / 46,2 kWh	6,93
	Aproximado de 7 paneles

Fuente: elaboración propia.

El número de paneles correctos según la cantidad de energía consumida de forma mensual y el requerimiento energético calculado según las especificaciones del fabricante es de nueve paneles fotovoltaicos para que el sistema brinde la electricidad que se consume diariamente en la fabricación de las mermeladas.

La aproximación a nueve paneles y no a ocho es importante para cubrir el porcentaje de pérdida que afecte la capacidad de energía que consume la fábrica para la fabricación de mermeladas; y a su vez el sistema fotovoltaico no logre su máximo funcionamiento.

2.2.1.3. Determinación del tipo de inversor y potencia de su corriente

Para el desarrollo del sistema fotovoltaico se pueden considerar dos tipos de inversores ideales: un inversor central por los nueve paneles o microinversores colocados en cada panel solar. Para saber que inversor utilizar se deben considerar ciertos factores:

- Posibles sombras de construcciones aledañas y árboles.
- Cantidad total de paneles a instalar
- Calidad del inversor, es mejor utilizar un inversor central cuando se posee más de doce paneles y no se posee ningún tipo de sombra que afecte al sistema; o bien utilizar microinversores si se posee menos de doce paneles en el sistema y existen posibles sombras en ciertas horas del día por la ubicación del lugar.

No existe un cálculo detallado para optar a un inversor en específico; se debe verificar la potencia de los paneles (*watts*), el voltaje de cada panel solar, comparado con el voltaje que acepta el inversor, al igual que su amperaje. Dado que se tiene paneles de 280 W se procede a realizar lo siguiente:

Tabla III. **Determinación de los *watts* reales de cada panel**

Cálculos	<i>Watts</i> reales del panel
280 W * 0,85(eficiencia)	238

Fuente: elaboración propia.

El cálculo de los *watts* reales de cada panel se utiliza para compararlo con las fichas técnicas de los posibles inversores a utilizar para adeterminar su rango y utilizar un inversor sin ningún problema de fallos y que se produzcan problemas porque el inversor trabaje a su máximo y no soporte mucho tiempo.

Tabla IV. **Comparación de potencias de panel solar Chaori vs inversor Enphase entrada: corriente directa DC**

Potencia del panel solar	Rango de aceptación de potencia del inversor <i>Enphase M250 (W)</i>
238 W	210 – 300 W

Fuente: elaboración propia.

El rango de potencia aceptado por el inversor mencionado en la tabla anterior indica que la potencia generada por los paneles fotovoltaicos es aceptable y que el inversor puede trabajar sin ningún tipo de problema; logran un mejor aprovechamiento del voltaje y el amperaje ya que los inversores no trabajarían al máximo como indica su límite de 300 W.

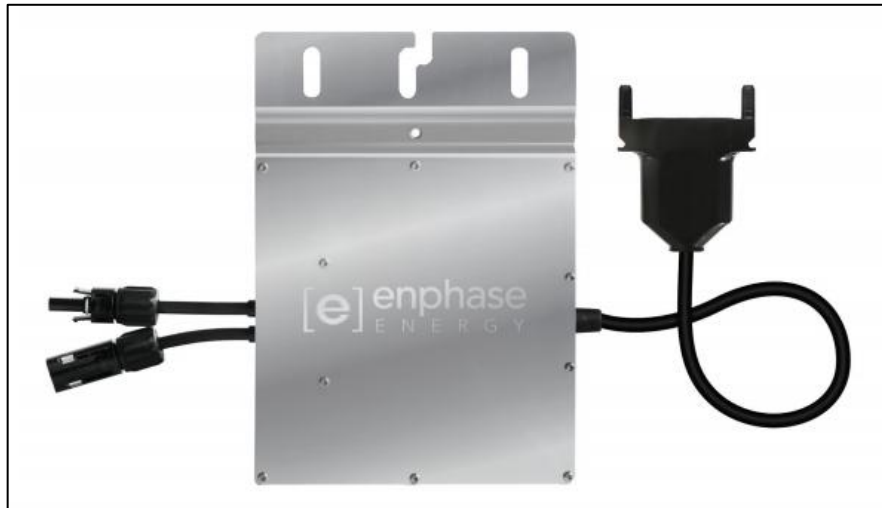
Tabla V. **Máximos de corriente (A) que puede recibir el inversor M250**

Corriente en circuito corto	Máximo de corriente recibida de paneles
15 A	9,8 A

Fuente: elaboración propia.

La corriente directa máxima que recibe el inversor es dada por el fabricante: 15 A en circuito corto y 9,8 A de máximo en entrada al inversor otorgada de los paneles solares.

Figura 3. **Inversor Enphase M250**



Fuente: *Enphase Microinverters, Enphase M250*. https://enphase.com/wpuploads/enphase.com/2013/07/M250_Data_Sheet.pdf. Consulta: 23 de junio de 2014.

2.2.1.4. Cálculo de conductores

El cálculo de conductores se basa en comparaciones de soporte de energía de ciertos calibres de cables o conductores con la potencia en watts, amperaje y voltaje que entrega todo el sistema; por lo tanto, esta comparación se determina mediante el grosor del cable, o sea su calibre, y la cantidad de cables necesarios; por ejemplo, en el caso de una potencia de un máximo de 280 W y un inversor con corrientes de 15 A, se pueden colocar conductores de un calibre AWG12, ya que este es suficiente para soportar y conducir con eficacia la energía obtenido a través de todo el sistema e inyectarlo a la empresa.

Tabla VI. **Conductores utilizados en el sistema fotovoltaico**

Tipo de cable	Calibre del cable
TSJ 3X12	AWG 12

Fuente: elaboración propia.

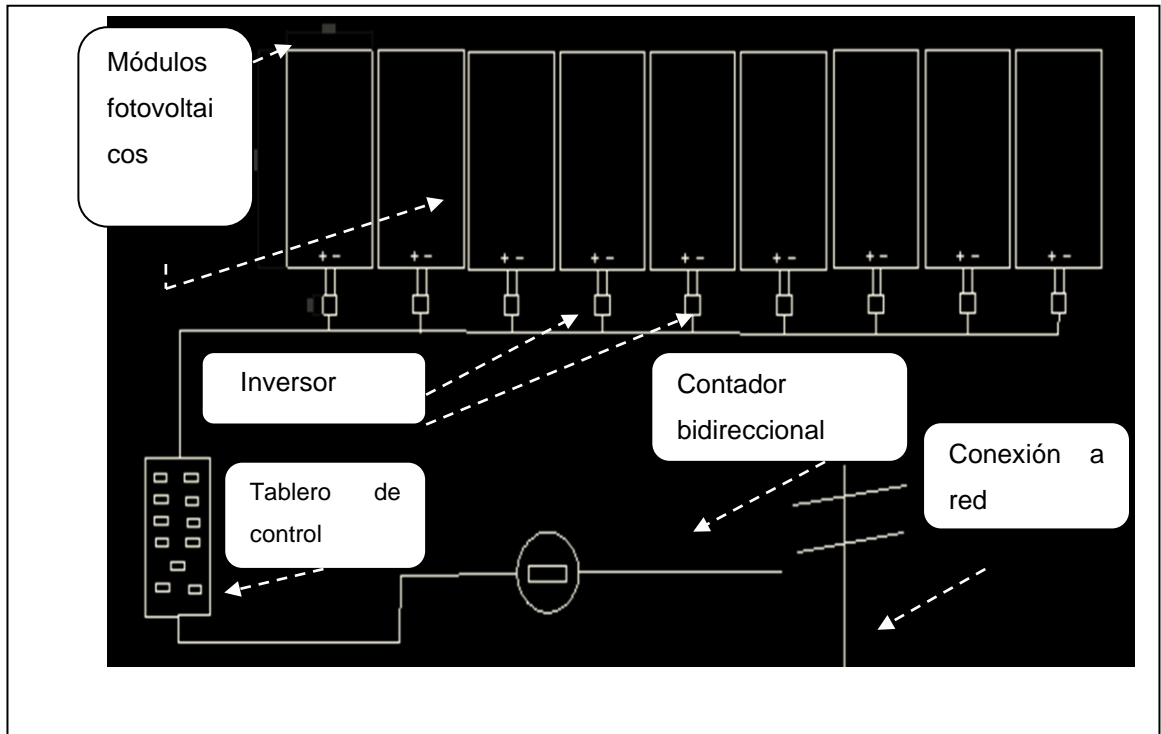
La razón por la cual se utiliza cable TSJ 3X12 es para el soporte de la corriente dado por el grosor del cable de un calibre doce, además, trae tres líneas: positivo (blanco), negativo (negro) y tierra (verde); para las conexiones de entrada al inversor, las de salida y las conexiones a la caja central de control o tablero. También, se debe tener un cable de calibre 12 (AWG 12) como una línea neutra para cuestiones de seguridad del sistema, conectado paralelo a los cables de salida del inversor.

El estimado que utiliza la empresa *Enersoll* para saber cuánto cable se necesita en la instalación de un sistema fotovoltaico es un aproximado de seis a siete metros porque se puede trabajar sin ningún problema por faltantes.

2.2.2. Dimensiones del diseño

El diseño del sistema fotovoltaico consiste en la utilización de nueve módulos o paneles solares con su respectivo inversor cada uno conectado a un tablero o caja de control de voltaje; consta de un contador bidireccional; todo el sistema debe estar conectado a la fábrica de mermeladas y a la red eléctrica.

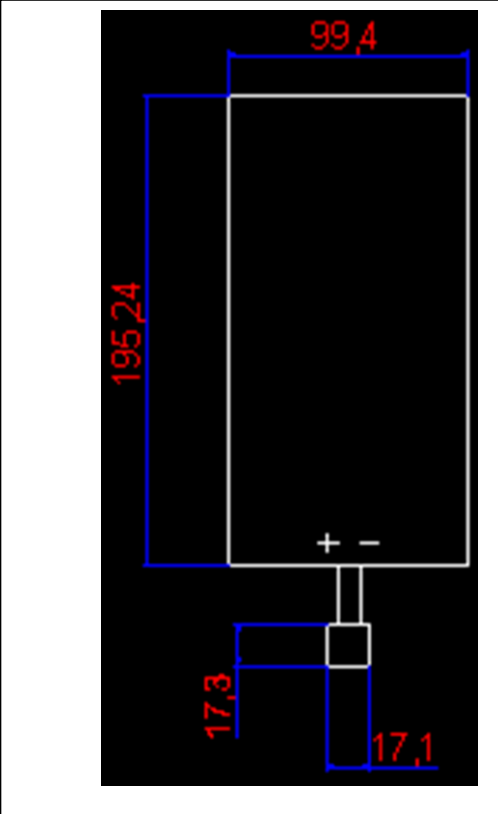
Figura 4. **Diseño del sistema fotovoltaico**



Fuente: elaboración propia.

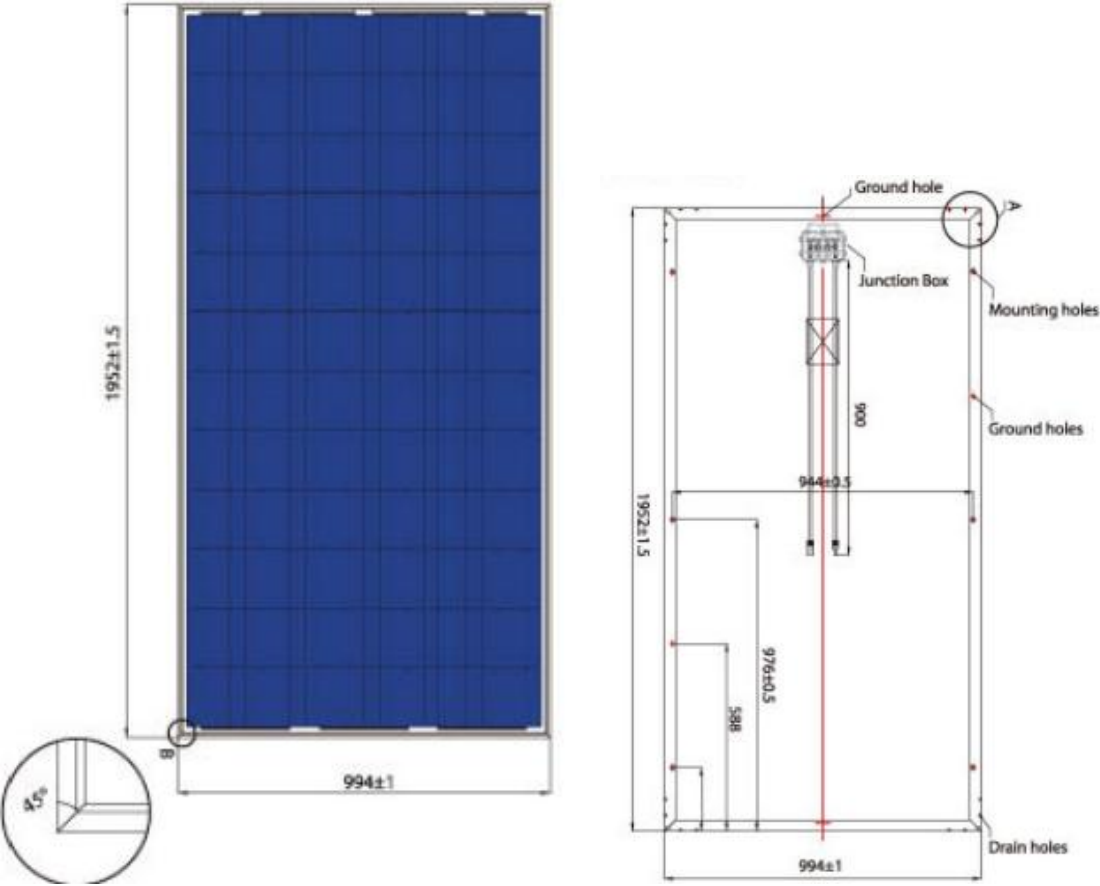
Según especificaciones del fabricante, los paneles solares y el microinversor tienen ciertas medidas las cuales se muestran a continuación.

Figura 5. Dimensiones del panel solar y el microinversor dadas en cm



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Dimensiones del módulo fotovoltaico (panel solar) dado en mm, según fabricante



Fuente: Chaori solar. *Módulo fotovoltaico*. p. 259.

Las dimensiones proporcionadas por el fabricante de módulos fotovoltaicos son dadas en milímetros para una mayor precisión; aunque el diseño fue dado en centímetros para tener una percepción más clara del sistema y sus medidas, así como la proporción en el área destinada para su colocación en la fábrica de mermeladas Casa de Yegros.

2.2.2.1. Planos de la instalación

La ubicación de los paneles se realiza en un techo a dos aguas los cuales tienen una dirección al sur con una inclinación de 15° para el mejor aprovechamiento de la luz solar.

Figura 7. **Ubicación de los paneles solares en la fábrica de mermeladas artesanales Casa de Yegros**



Fuente: elaboración propia.

Para la orientación de un sistema fotovoltaico deben considerarse las coordenadas del lugar, ya que existen regiones en Guatemala donde la luz solar no es la misma, es decir, no llega con la misma intensidad que en otros departamentos del país. El sur es una ubicación cardinal importante para un máximo aprovechamiento de la luz solar y para recibir al menos ocho horas de luz para aprovechar al máximo el sistema fotovoltaico.

2.2.3. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas van ligadas a las que brinda el fabricante en las fichas de los productos de los módulos solares e inversores. Estas especificaciones representan una guía que se ha tomado para construir un sistema fotovoltaico adecuado para las necesidades de consumo de energía en la fábrica de mermeladas.

2.2.3.1. Paneles solares

Las especificaciones técnicas son tomadas de la página de paneles solares Chaori con medidas y potencias para construir un sistema fotovoltaico.

Tabla VII. **Ficha técnica de módulos fotovoltaicos**

Tipo de módulo	CRM 280 S / 156P-72
Potencia máxima de salida (Pmax)	280 W
Voltaje en circuito abierto (Voc)	44,9 V
Corriente en circuito corto (Isc)	8,28 A
Voltaje máximo (Vmp)	36,0 V
Corriente máxima (Imp)	7,77 A
Eficiencia en conversión	14.43 %
Peso	43 Kg
Dimensiones	1952*994*50 mm
Número de celdas	72 pcs de silicon policristalino (12*6)
Tamaño de la celdas	156*156 mm

Fuente: Chaori solar. *Módulo fotovoltaico*. p. 235.

La ficha técnica es utilizada para ver las especificaciones de los paneles solares a utilizar y determinar el tipo de inversor para que soporte la potencia entregada por los módulos.

2.2.3.2. Inversor

Las especificaciones del inversor son de mucha importancia para adecuar el sistema fotovoltaico total con la entrega de potencia de los paneles; por lo tanto, se procede a una comparación de las tablas VIII y IX que se muestra a continuación.

Tabla VIII. **Ficha técnica general de inversor**

Datos de entrada (DC)	M250-60-2LL-S22/S23/S24
Potencia recomendada de entrada STC	210-300 W
Voltaje de entrada máximo	48 V
Pico de voltaje de seguimiento	27V - 39V
Rango de operación	16V - 48V
Inicio de voltaje Min/Max	22V/48V
Máximo DC de corriente en circuito corto	15 A
Máximo de corriente de entrada	9,8 A

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior compara los rangos de potencia que entregará el panel solar y la aceptación de la corriente como su voltaje de entrada otorgado por el módulo.

La función del inversor será la conversión de la corriente directa (DC) que entrega el panel solar a corriente alterna (AC) que inyecta a la fábrica como energía (luz eléctrica) para el funcionamiento de los aparatos electrónicos.

Tabla IX. **Ficha técnica de inversor para entrega de corriente (AC)**

Datos de salida (AC)	240 VAC
Pico de poder de salida	250 W
Intensidad continua de poder de salida	240 W
Corriente nominal de salida	1,0 A (A rms duración nominal)
Rango nominal de voltaje	240 V/ 211- 264 V
Rango nominal de frecuencia	60,0 / 57 -61 Hz
Factor de poder	> 0,95
Máximo de unidades de 20 A por circuitos derivados	16 (fases sencillas)
Máximo de salidas de defectos de corriente	850 mA rms de 6 ciclos

Fuente: elaboración propia.

Los datos de salida del inversor son utilizados para saber si la corriente alterna (AC) será compatible con un voltaje de 110 V, 220 V y una frecuencia de 60 Hz, que es la normal utilizada en los tomacorrientes de los hogares y empresas.

El inversor muestra que un rango de voltaje nominal de 211 a 264 voltios el utilizado para alimentar la fábrica de mermeladas e incluso un hogar ya que la energía es convertida por el mismo inversor en un voltaje de 110V.

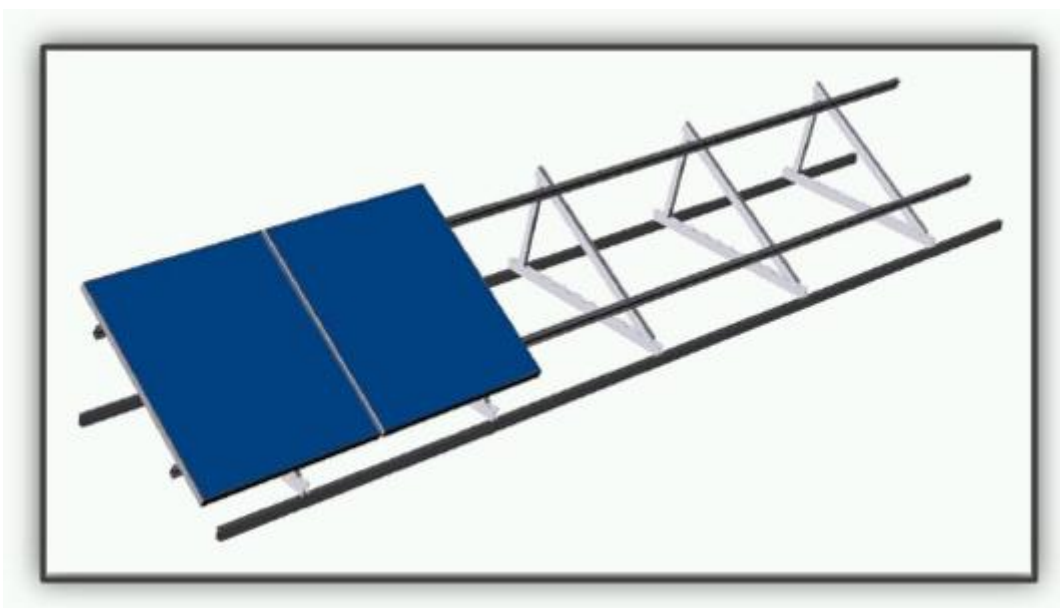
2.2.4. Materiales

Los materiales para el sistema de fijación del sistema fotovoltaico son: tornillos galvanizados, pernos de anclaje, marcos de metal para sujetar los paneles fotovoltaicos al suelo y abrazaderas para sujetar el cableado que sale de los paneles y del inversor hacia el tablero de control.

2.2.4.1. Sistemas de fijación y anclaje

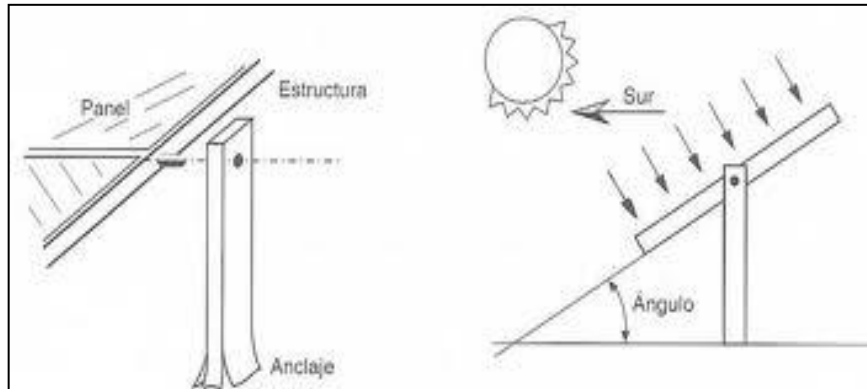
El sistema fotovoltaico debe llevar un sistema de fijación porque se instalará en el techo donde las corrientes de aire son más fuertes. El sistema de fijación está compuesto por marcos de metal que forman una estructura rectangular: dos piezas hembras y dos angulares sujetados al techo con pernos de anclaje para que los paneles solares soporten las condiciones climáticas y los cambios del viento. Los cables y el microinversor, también, son anclados al techo con abrazaderas para los cables y tornillos galvanizados para sujetar los microinversores.

Figura 8. **Sistema de fijación al techo de paneles solares**



Fuente: *Cleanergy Solar*. www.cleanergysolar.com/. Consulta: 26 de febrero de 2015.

Figura 9. **Colocación y montaje de paneles solares**



Fuente: *Cleanergy Solar*. www.cleanergysolar.com/. Consulta: 26 de febrero de 2015.

Los paneles solares deben ir en una inclinación de 15° en dirección al sur para que se pueda aprovechar en un máximo de eficiencia la radiación solar. El propósito de la inclinación a 15° es para que la energía solar abarque todo el panel solar y se aproveche a su máximo; si no fuera con esa inclinación, habría posibilidades de que la luz del sol solo abarcara ciertas áreas del panel en ciertas horas del día, provocando una ineficiencia energética en el sistema.

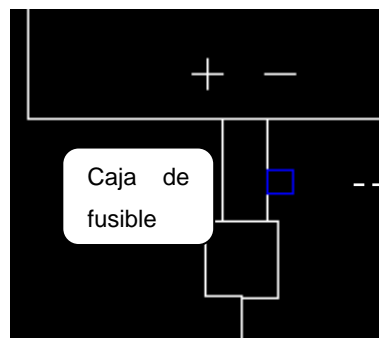
2.2.5. Medidas de seguridad

La seguridad es muy importante para proteger el sistema fotovoltaico y más aún el sistema eléctrico de la casa para evitar cualquier cortocircuito o picos de energía muy altos que puedan dañar los electrodomésticos de la fábrica. La seguridad del sistema puede variar según el ingreso y la salida de la corriente que genera el sistema, por lo tanto, se necesita proteger la corriente directa (DC) que proporciona el panel y la corriente alterna (AC) que es la que ingresa del inversor a los electrodomésticos y computadoras de la fábrica.

2.2.5.1. Protección eléctrica para la corriente alterna (AC)

La protección para la corriente directa, la que sale del módulo solar e ingresa al inversor, puede ser una opción si el cliente desea mantener su sistema más seguro durante los picos de energía; aunque no es tan importante esta protección ya que el inversor está adaptado para soportar la potencia que entregará cada módulo. Si en dado caso, se instalara una protección para la corriente directa, esta sería antes del inversor y después de la salida del cableado del módulo solar, con la instalación de un fusible para cualquier disparo o cortocircuito de energía.

Figura 10. **Fusible protector de corriente directa (DC)**



Fuente: elaboración propia.

2.2.5.2. Protección eléctrica para la corriente directa (DC)

Para tener una buena protección instalada en el cableado de la corriente alterna que es la energía que ya fue convertida y se va a utilizar, es importante tener en cuenta que el tablero de la fábrica debe estar correctamente

aterrizado; es decir, estar conectado a tierra para evitar cualquier inconveniente en el sistema fotovoltaico; también, los inversores deben poseer un cableado neutro para que sirva de seguridad para desviar la energía a tierra en caso de una sobrecarga y/o cortocircuito.

Figura 11. **Tablero protector de corriente alterna (AC)**



Fuente: *Ensinsa*. <http://bricos.com/marcas/federal-pacific/>. Consulta: 26 de febrero de 2015.

El cable TSJ 3 X 12 debe estar conectado a un flipón doble de 220 V que se encuentra en el tablero de control actuando como un interruptor o fusible para cualquier accidente. Este flipón actúa como un sistema de seguridad para la protección de los aparatos electrodomésticos y en la fábrica.

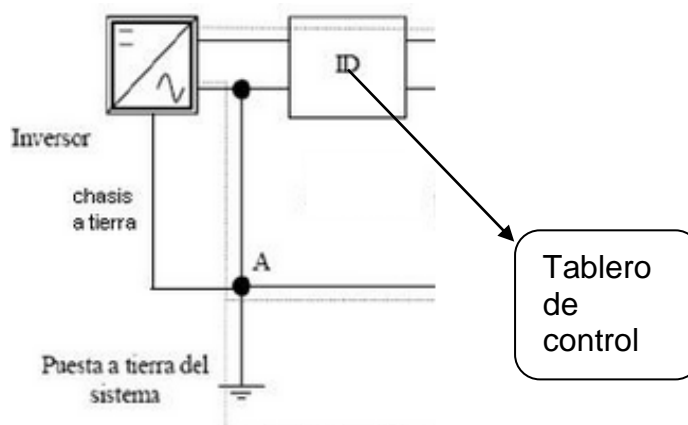
Figura 12. **Flipón o *switch* de control en tablero**



Fuente: Proelca. *Fabricación y soluciones eléctricas*. <http://www.proelca.com/>. Consulta: 26 de febrero de 2015.

Otra protección del sistema fotovoltaico para la fábrica es el cableado a tierra, también llamado conexión a tierra, que consiste en conectar uno de los cables de color verde del TSJ a cualquier parte donde se disipe la corriente y no afecte ningún sistema eléctrico.

Figura 13. **Sistema de seguridad conectado a tierra**



Fuente: Eliseosebastian. *Panel solar fotovoltaico*. <http://eliseosebastian.tumblr.com/>. Consulta: 25 de febrero de 2015.

2.2.6. Vida técnica

Todo elemento del sistema fotovoltaico posee una vida útil de aproximadamente unos 15 a 25 años; aunque eso implica, cada tiempo, un cierto mantenimiento para que la vida técnica dure según las especificaciones del fabricante de cada módulo solar e inversor; de lo contrario, esta vida técnica puede ser menor a la estimada.

2.2.6.1. Paneles solares

Según especificaciones del fabricante, la vida técnica está dada por la siguiente tabla:

Tabla X. **Vida técnica de paneles solares CRM280S**

Tiempo de vida de cada panel solar	Garantía
25 años	10 años

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra el tiempo de vida de cada panel solar con una garantía máxima de 10 años por cualquier mal funcionamiento o daños en los módulos.

2.2.6.2. Inversor

Según las especificaciones del fabricante, la vida técnica está dada por la siguiente tabla:

Tabla XI. **Vida técnica del microinversor M250**

Tiempo de vida de cada inversor	Garantía
25 años	10 años

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra el tiempo de vida de cada microinversor con una garantía de 10 años para cambios por cualquier problema.

Los microinversores *Enphase* poseen una duración prolongada de utilidad dado que son para intemperie, contra agua y luz solar.

2.3. Energía eléctrica

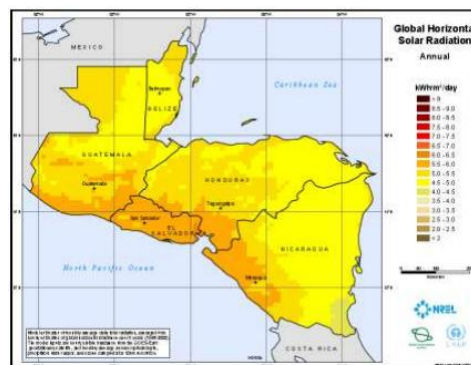
Es una fuente de energía renovable y limpia que no incurre en la generación de dióxido de carbono (CO₂) en el ambiente, por lo tanto, es una fuente infinita de energía proveniente de la radiación electromagnética que produce el Sol.

Esta fuente ha sido aprovechada por el ser humano desde la antigüedad mediante diferentes tecnologías que han evolucionado con el tiempo hasta llegar a convertirse en los sistemas fotovoltaicos que se conocen hoy y que son fuente de energía eléctrica para muchos hogares, empresas, satélites, etc.

2.3.1. Mediciones de la energía eléctrica bajo facturación

La energía solar en Guatemala debe ser medida mediante un mapa que muestra las unidades de radiación solar según la localización del lugar y país, en este caso, la fábrica de mermeladas en la ciudad de Guatemala.

Figura 14. Mapa de radiación horizontal en Guatemala



Fuente: UNEP. *Solar and wind energy resource assessment*. <http://swera.unep.net/>. Consulta:

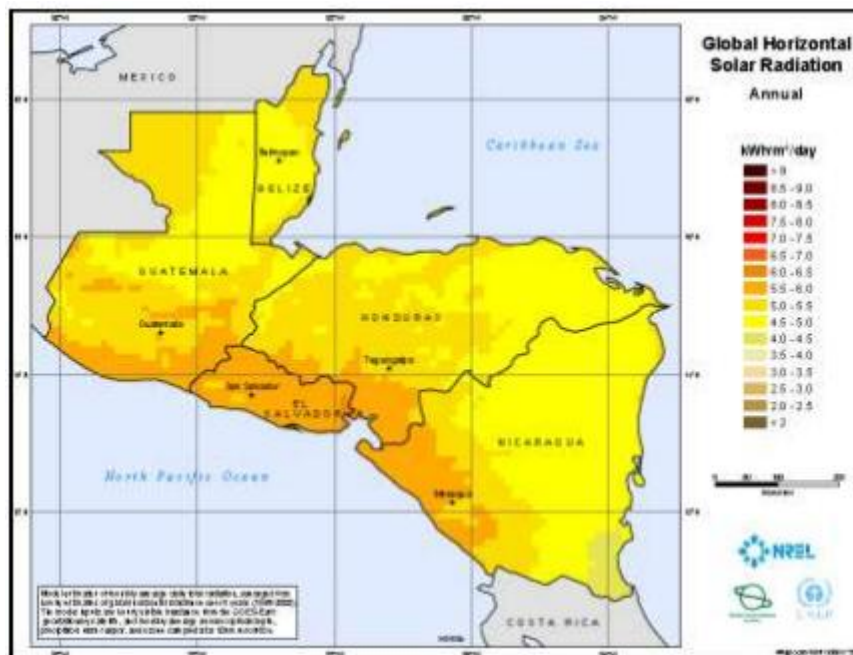
23 de junio de 2014.

2.4. Energía solar

Es una fuente de energía renovable y limpia que no incurre en la generación de dióxido de carbono (CO₂) en el ambiente, por lo tanto, es una fuente infinita de energía proveniente de la radiación electromagnética que produce el sol.

2.4.1. Medición de la energía solar

Figura 15. Mapa de radiación anual horizontal Guatemala



Fuente: UNEP. *Solar and wind energy resource assessment*. <http://swera.unep.net/>. Consulta: 23 de junio de 2014.

2.4.1.1. Contador bidireccional

El contador bidireccional es una parte fundamental del sistema fotovoltaico diseñado para la empresa Casa de Yegros, ayuda a restar el consumo de producción en el momento de la tarifa única que se debe pagar según la empresa eléctrica. Este contador funciona cuando el sistema produzca energía, solo durante el día ya que en la noche la tarifa es mínima de pago por consumo de kWh.

Figura 16. Contador bidireccional



Fuente: Enesol. *Energía solar del pacífico*. energia-solar.com.mx. Consulta: 23 de junio de 2014.

Los contadores bidireccionales son instalados por la empresa Enersol, también, la empresa eléctrica realiza las instalaciones de forma gratuita, únicamente cobra el valor del contador para completar el sistema fotovoltaico con conexión a la red.

3. ESTUDIO ADMINISTRATIVO-LEGAL

3.1. Descripción de la empresa Casa de Yegros

Es una empresa dedicada a la elaboración de jaleas, salsa y chutneys gourmet 100 % naturales y sin preservantes.

3.2. Ubicación

La Casa de Yegros está ubicada en 14 calle 15 - 40 zona 13, ciudad de Guatemala.

Figura 17. Ubicación de la empresa



Fuente: Google Earth. <https://www.google.com/intl/es/earth/> Consulta: 28 de febrero de 2015.

3.3. Misión

La misión genera identidad, define el carácter perdurable de la organización. Es el objetivo supremo y permanente que señala la contribución de la empresa a la comunidad. Es una percepción clara y compartida que explica por qué y para que existe la empresa.

La misión de la empresa es: “ser la marca reconocida a nivel centroamericano en la producción y distribución de jaleas y mermeladas naturales”.¹

3.4. Visión

“Visión es el conjunto de ideas generales que permite definir claramente, a donde quiere llegar la organización en un futuro, mediante proyecciones descriptivas y cuantitativas”.²

La visión de la empresa es: “ser la mejor empresa productora y comercializadora de jaleas y mermeladas en Centroamérica”.³

3.5. Estructura organizacional

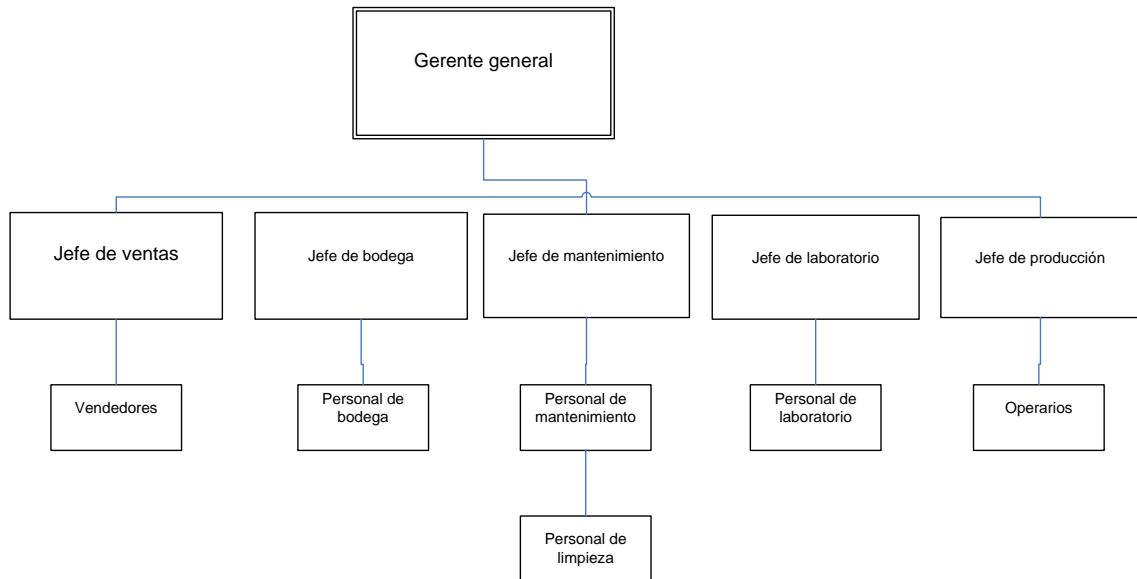
A continuación, se presenta la estructura organizacional de la empresa.

¹ GALINDO RUIZ, Carlos Julio. *Guía de planes de negocios*. https://books.google.com/books/about/Manual_para_la_creación_de_empresas.html?. Consulta: 2 de marzo de 2015.

² Casa de Yegros. *Memoria de labores*. <https://books.google.com.gt/books?isbn=8489492824>. Consulta: 3 de marzo de 2015.

³ *Ibíd.*

Figura 18. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia.

- Gerente general
 - Funciones específicas
 - Establecer la política laboral de la empresa.
 - Impulsar y mejorar permanentemente, en materia organizativa, procesos y normativas, estableciendo la metodología y herramientas necesarias, así como supervisando su implantación.
 - Representar a la empresa ante entidades internas y externas.

- Planificar y organizar la producción.
 - Realizar la requisición de materia prima y material de empaque a bodega. Cumplir con los requerimientos de producción establecidos.
 - Supervisar al personal a su cargo.
- Jefe de ventas
 - Función general: llevar el control y registro de las ventas, coordinar los pedidos, establecer las estrategias, políticas y criterios de venta.
 - Funciones específicas
 - Aprobar y controlar el plan de ventas.
 - Detectar oportunidades de mejora y búsquedas de nuevos negocios.
 - Controlar las actuaciones y estrategias comerciales realizadas por la competencia y adoptar las medidas que procedan.
 - Control y programación de rutas a vendedores.
 - Comunicar al departamento de producción las características que desea el cliente y las características de los productos similares.

- Aumentar el nivel de ventas.
- Jefe de bodega
 - Función general: mantener el control de bodegas de materia prima e insumos y las bodegas de producto terminado.
 - Funciones específicas
 - Crear controles de inventario de todos los productos.
 - Llevar el control y registro de materiales y su salida.
 - Crear un sistema para el movimiento del material de trabajo.
 - Recibir y entregar producto terminado.
 - Llevar el control de inventario de todos los productos.
 - Llevar un control y registro de materiales y su salida.
 - Recibir y entregar producto terminado.
- Jefe de mantenimiento
 - Función general: coordinar las actividades de mantenimiento de maquinaria y equipo.

- Funciones específicas
 - Dar mantenimiento preventivo y correctivo a la maquinaria y equipo.
 - Llevar registros sobre problemas con la maquinaria.
- Jefe de laboratorio
 - Función general: llevar el control de calidad de la materia prima e insumos utilizados para elaborar los productos, así como de la calidad del producto terminado.
 - Funciones específicas
 - Aprobar o rechazar, cuando sea necesario, la recepción de materiales, procesamiento y terminación de producto, así como su empaque.
 - Hacer las especificaciones de calidad de la materia prima e insumos.
 - Asegurar que se cumpla con las distintas concentraciones de sustancias utilizadas.
 - Formulación de químicos necesarios para cada producto a elaborado.

3.6. Ley general de electricidad

La Ley general de electricidad norma el desarrollo del conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad, de acuerdo con los siguientes principios y enunciados:

Es libre la generación de electricidad y no se requiere para ello autorización o condición previa por parte del Estado, más que las reconocidas por la Constitución Política de la República de Guatemala y las leyes del país.

Es libre el transporte de electricidad, cuando para ello no sea necesario utilizar bienes de dominio público; también es libre el servicio de distribución privada de electricidad.

En los términos a que se refiere esta ley, el transporte de electricidad que implique la utilización de bienes de dominio público y el servicio de distribución final de electricidad, estarán sujetos a autorización.

Son libres los precios por la prestación del servicio de electricidad, con la excepción de los servicios de transporte y distribución sujetos a autorización. Las transferencias de energía entre generadores, comercializadores, importadores y exportadores, que resulten de la operación del mercado mayorista, estarán sujetos a regulación en los términos a que se refiere la presente ley.

Comisión Nacional De Energía Eléctrica, artículo 4: se crea la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, en adelante la Comisión, como un órgano técnico del Ministerio. La Comisión tendrá independencia funcional para el ejercicio de sus atribuciones y de las siguientes funciones.

Cumplir y hacer cumplir la presente ley y sus reglamentos, en materia de su competencia, e imponer las sanciones a los infractores.

Velar por el cumplimiento de las obligaciones de los adjudicatarios y concesionarios, proteger los derechos de los usuarios y prevenir conductas atentatorias contra la libre competencia, así como prácticas abusivas o discriminatorias.

Definir las tarifas de transmisión y distribución, sujetas a regulación de acuerdo a la presente ley, así como la metodología para el cálculo de las mismas;

Dirimir las controversias que surjan entre los agentes del subsector eléctrico, actuando como árbitro entre las partes cuando éstas no hayan llegado a un acuerdo.

Emitir las normas técnicas relativas al subsector eléctrico y fiscalizar su cumplimiento en congruencia con prácticas internacionales aceptadas.

Emitir las disposiciones y normativas para garantizar el libre acceso y uso de las líneas de transmisión y redes de distribución, de acuerdo a lo dispuesto en esta ley y su reglamento.

Artículo 5. La Comisión estará integrada por tres (3) miembros que serán nombrados por el Ejecutivo de entre cada una de las ternas uno de cada terna, que serán propuestas por: 1. Los Rectores de las Universidades del país; 2. El Ministerio; 3. Los Agentes del mercado mayorista.

Capítulo III. Definiciones. Artículo 6. Para los efectos de esta ley se establecen las siguientes definiciones que serán aplicables a los servicios, actividades y personas que desarrollen las actividades de producción o generación, transporte o transmisión, distribución y comercialización de electricidad.

Autoprodutor: es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de una central de generación de energía eléctrica, cuya producción destina exclusivamente a su propio consumo.

Adjudicatario: es la persona individual o jurídica a quien el Ministerio otorga una autorización, para el desarrollo de las obras de transporte y distribución de energía eléctrica, y está sujeto al régimen de obligaciones y derechos que establece la presente ley.

Agentes del mercado mayorista: son los generadores, comercializadores, distribuidores, importadores, exportadores y transportistas cuyo tamaño supere el límite establecido en el reglamento de esta ley.

Generador: es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de una central de generación de energía eléctrica, que comercializa total o parcialmente su producción de electricidad.

Distribuidor: es la persona, individual o jurídica, titular o poseedora de instalaciones destinadas a distribuir comercialmente energía eléctrica.

Comercializador: es la persona, individual o jurídica, cuya actividad consiste en comprar y vender bloques de energía eléctrica con carácter de intermediación y sin participación en la generación, transporte, distribución y consumo.

Evaluación de impacto ambiental: procedimiento mediante el cual la autoridad competente se pronuncie sobre el impacto ambiental de un proyecto.

Gran usuario: es aquel cuya demanda de potencia excede al límite estipulado en el reglamento de esta ley.

Mercado mayorista: es el conjunto de operaciones de compra y venta de bloques de potencia y energía que se efectúan a corto y a largo plazo entre agentes del mercado.

Peaje: es el pago que devenga el propietario de las instalaciones de transmisión, transformación o distribución por permitir el uso de dichas instalaciones para la transportación de potencia y energía eléctrica por parte de terceros.

Servicio de distribución privada: es el suministro de energía eléctrica que se presta al consumidor, mediante redes de distribución y en condiciones libremente pactadas, caso por caso, entre el usuario y el distribuidor y que no utilice bienes de dominio público.

Servicio de distribución final: es el suministro de energía eléctrica que se presta a la población, mediante redes de distribución, en condiciones de calidad de servicio y precios aprobados por la Comisión.

Servidumbres: se tendrán como servidumbres legales de utilidad pública todas aquellas que sea necesario constituir teniendo como fin la construcción de obras e instalaciones para la generación, transporte y distribución de energía eléctrica.

Sistema de transmisión: es el conjunto de subestaciones de transformación y líneas de transmisión, entre el punto de entrega del generador y el punto de recepción del distribuidor o de los grandes usuarios y comprende un sistema principal y sistemas secundarios.

Sistema principal: es el sistema de transmisión compartido por los generadores. La Comisión definirá este sistema, de conformidad con el informe que al efecto le presente el administrador del mercado mayorista.

Sistema secundario: es aquel que no forma parte del sistema principal. Los sistemas de distribución privada y final no forman parte del sistema secundario.

Sistemas de distribución: es el conjunto de líneas y subestaciones de transformación de electricidad, destinadas a efectuar la actividad de distribución y que funcionen a los voltajes que especifica que el reglamento.

Sistema eléctrico nacional: es el conjunto de instalaciones, centrales generadoras, líneas de transmisión, subestaciones eléctricas, redes de distribución, equipo eléctrico, centros de carga y en general toda la infraestructura eléctrica destinada a la prestación del servicio, interconectados o no, dentro del cual se efectúan las diferentes transferencias de energía eléctrica entre diversas regiones del país.

Sistema nacional interconectado: es la porción interconectada del sistema eléctrico nacional.

Transmisión: es la actividad que tiene por objeto el transporte de energía eléctrica a través del sistema de transmisión.

Transportista: es la persona, individual o jurídica, poseedora de instalaciones destinadas a realizar la actividad de transmisión y transformación de electricidad.

Usuario: es el titular o poseedor del bien inmueble que recibe el suministro de energía eléctrica.⁴

⁴ Ministerio de Energía y Minas. *Decreto Núm. 93-96. Ley general de electricidad.* www.amm.org.gt/pdfs/AMM-ley-general-electricidad.pdf. Consulta: 6 de marzo de 2015.

3.7. *Reglamento de la ley general de electricidad*

El Acuerdo Gubernativo Número 256-97, según el artículo 2 del reglamento, aplican dentro del marco de la *Ley general de electricidad* las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización, que incluye la importación y exportación, de electricidad que desarrollan tanto las personas individuales o jurídicas con participación privada, mixta o estatal, independientemente de su grado de autonomía y régimen de constitución.

3.8. *Norma técnica para la conexión, operación, control y comercialización de la generación distribuida renovable – NTGDR – y usuarios autoprodutores con excedentes de energía*

La Comisión Nacional De Energía Eléctrica con base en la Resolución CNEE-227-2014 emite la *norma técnica de generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedentes de energía*.

El objeto de esta norma es establecer las disposiciones que deben cumplir los distribuidores, los generadores distribuidos renovables y los usuarios autoprodutores con excedentes de energía, para la conexión, operación, control y comercialización de energía eléctrica producida con fuentes renovables.

A continuación, se expone varios de los artículos de la norma para efectos de conocer los lineamientos para el proceso de usuarios autoprodutores con excedente de energía.

Capítulo IV. Autorización y medición neta de energía eléctrica de usuarios con excedentes de energía en el punto de consumo.

Artículo 36. Autorización para usuarios autoprodutores con excedentes de energía. En el caso de usuarios autoprodutores que cuenten, dentro de sus instalaciones de consumo, con excedentes de energía renovable para inyectarla al sistema de distribución, pero que manifiesten expresamente que no desean participar como vendedores de energía eléctrica, deberán informar al distribuidor involucrado de tal situación, por medio del formulario correspondiente. Cumplido este requisito podrán operar en esta modalidad. Estos usuarios no requerirán de autorización alguna; sin embargo, deberán instalar los medios de protección, control y desconexión automática apropiados que garanticen que no podrán inyectar energía eléctrica al sistema de distribución ante fallas de este o cuando el voltaje de la red de distribución se encuentre fuera de las tolerancias establecidas en las NTSD.

Artículo 37. Plazo para inspección técnica. El distribuidor luego de recibida la notificación por parte del interesado, tendrá un plazo de quince (15) días para realizar una inspección técnica de las instalaciones del UAEE con el objetivo de verificar que cumple con lo requerido en esta norma. Si los resultados de la inspección son positivos, el distribuidor emitirá una constancia al interesado donde conste que las instalaciones han sido revisadas, y procederá a la instalación –cuando corresponda- del medidor correspondiente, en un plazo no mayor a 28 días de recibida la notificación por parte del interesado.

Artículo 38. Informe de nuevos UAEE. El distribuidor deberá informar a la CNEE trimestralmente los nuevos UAEE conectados a su red, de conformidad con el formulario habilitado por la CNEE en su sitio web.

Artículo 39. Sistema de medición para usuarios autoprodutores con excedentes de energía. El sistema de medición de energía eléctrica de las instalaciones de un usuario autoprodutor con excedentes de energía deberá tener la característica de medición, registro y lectura en forma bidireccional. En el caso de usuarios regulados, el suministro e instalación del medidor respectivo lo cubrirá el distribuidor; mientras que los grandes usuarios son responsables de su sistema de medición.

Artículo 40. Lectura y crédito por energía inyectada al sistema de distribución por parte de usuarios autoprodutores con excedentes de energía (*net metering*). Los usuarios autoprodutores con excedentes de energía no recibirán ningún tipo de pago por la energía eléctrica inyectada al sistema de distribución. Para efectos de la facturación mensual del usuario, el distribuidor leerá cada mes los registros del medidor correspondiente; si la medición neta del mes corresponde a un consumo de energía, cobrará dicho consumo al usuario, de conformidad con la tarifa que le corresponda; por el contrario, si la medición neta corresponde a una inyección de energía del usuario hacia el sistema de distribución.

El distribuidor se la reconocerá como crédito de energía a favor del usuario hasta que dicho crédito sea agotado contra el consumo del UAEE; no obstante, el distribuidor cobrará el cargo fijo y los cargos por potencia que le sean aplicables a cada usuario, según la tarifa correspondiente. Para el caso de tarifas sin medición de potencia, el distribuidor podrá cobrar los cargos por distribución

correspondientes en función de la energía que entregue al usuario. Todos los cargos deben ser detallados en la factura.⁵

3.8.1. Comisión Nacional de Energía Eléctrica

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica fue creada por la *Ley general de electricidad* contenida en el Decreto No. 93-96 del Congreso de la República de Guatemala, publicada en el *Diario Oficial* el 21 de noviembre de 1996 como órgano técnico del Ministerio de Energía y Minas, con independencia funcional para el ejercicio de sus funciones.

- Integración del directorio: está integrado por tres directores que son nombrados, de acuerdo al procedimiento establecido en el artículo 5 de la *Ley general de electricidad*, por el Ejecutivo de ternas propuestas por: El Ministerio de Energía y Minas, los rectores de las universidades del país. los agentes del mercado mayorista desde el 28 de mayo de 2012, el directorio está integrado por la licenciada Carmen Urizar Hernández, quien ocupa el cargo de presidente, el licenciado Jorge Guillermo Aráuz Aguilar y la licenciada Silvia Ruth Alvarado Silva de Córdova en el cargo de directores.
- Para el cumplimiento de sus funciones la Comisión emite resoluciones, las cuales son adoptadas por la mayoría de sus miembros, los que desempeñan sus funciones con absoluta independencia de criterio y bajo su exclusiva responsabilidad.

⁵ Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica de distribuidora renovable y usuarios autoprodutores con excedentes de energía*. www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=1746. Consulta: 10 de marzo de 2015.

- Funciones de la Comisión Nacional De Energía Eléctrica: sus funciones se establecen en el artículo 4 de la *Ley general de electricidad*, siendo las siguientes:
 - Cumplir y hacer cumplir la ley y sus reglamentos, en materia de su competencia, e imponer sanciones a los infractores.
 - Velar por el cumplimiento de las obligaciones de los adjudicatarios y concesionarios, proteger los derechos de los usuarios y prevenir conductas atentatorias contra la libre competencia, así como prácticas abusivas o discriminatorias.
 - Definir las tarifas de transmisión y distribución sujetas a regulación, de acuerdo a la presente ley, así como la metodología para el cálculo de las mismas.
 - Dirimir las controversias que surjan entre los agentes del Subsector eléctrico, actuando como árbitro entre las partes cuando éstas no hayan llegado a ningún acuerdo.
 - Emitir las normas técnicas relativas al subsector eléctrico y fiscalizar su cumplimiento en congruencia con prácticas internacionales aceptadas.
 - Emitir las disposiciones y normativas para garantizar el libre acceso y uso de las líneas de transmisión y redes de distribución de acuerdo a lo dispuesto en la ley y su reglamento.

Adicionalmente, la Comisión ejecuta las siguientes funciones establecidas en el *Reglamento del administrador del mercado mayorista* (reformado mediante Acuerdo Gubernativo núm. 69-2007 publicado en el *Diario de Centroamérica* el 5 de marzo de 2007).

- Responsable del mecanismo de verificación. Velar por el cumplimiento de las obligaciones de los participantes, ejerciendo la vigilancia del mercado mayorista y del administrador del mercado mayorista, determinando incumplimientos, así como necesidades de cambios en la estructura o reglas del mercado mayorista a través del ministerio.
- Acciones de verificación. (Reformado por el artículo 5, Acuerdo Gubernativo núm. 69-2007). Para cumplir con las funciones contenidas en la *Ley general de electricidad*, el reglamento de la ley y el presente reglamento, la Comisión Nacional de Energía Eléctrica deberá ejecutar las siguientes acciones:
 - Investigar las quejas que presenten los participantes del mercado mayorista, respecto del funcionamiento del administrador del mercado mayorista, y de la aplicación de este reglamento y las normas de coordinación.
 - Auditar los costos variables de los generadores e investigar las posibles causas de precios inusualmente altos o bajos.
 - Investigar acciones o circunstancias inusuales de comercialización o declaración de costos que indiquen una posible condición de colusión o abuso de posición dominante u otro tipo de actividad anticompetitiva, y contraria a la ley y sus reglamentos.

- Investigar las acciones o hechos que indiquen una posible restricción o discriminación al libre acceso a la red de transporte y de distribución.
- Investigar situaciones inusuales en que existe generación disponible que no se ofrece al mercado mayorista o falta de oferta en el mercado.
- Analizar actividades o circunstancias inusuales en la importación o exportación.
- Investigar el mal uso o uso inapropiado de información confidencial o trato discriminatorio a agentes del mercado mayorista, grandes usuarios e integrantes en el acceso a la información del administrador del mercado mayorista.
- Investigar cualquier otro acto o comportamiento del administrador del mercado mayorista, o de los participantes que sean contrarios a los principios o disposiciones de la ley, sus reglamentos y las normas técnicas y de coordinación.
- Proponer al Ministerio de Energía y Minas mejoras o adiciones para completar vacíos regulatorios de la ley y sus reglamentos, con el fin de corregir problemas detectados, justificando los cambios.
- Aprobar o improbar las normas de coordinación propuestas por el administrador del mercado mayorista, así como sus modificaciones.

3.8.1.1. Resolución CNEE No. 171-2008

Norma técnica para la conexión, operación, control y comercialización de la generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedentes de energía (NTGDR), resolución CNEE 171-2008; esta norma tiene por objeto la regulación de las pequeñas centrales hidroeléctricas o también llamadas generación distribuida renovable o GDR así como la regulación de los agentes distribuidores en relación a la conexión, operación y control de la energía producida por estas centrales, también, regula a los usuarios autoprodutores de energía que cuentan con excedentes de energía renovable para ser inyectada al sistema de distribución.

3.8.2. Autorización y conexión

Para la autorización y conexión de proyectos de energía renovable se debe tomar en cuenta las disposiciones de la *Norma técnica de generación distribuida renovable y usuarios autoprodutores con excedentes de energía*.

3.8.2.1. Título II, capítulo I

El título II determina los lineamientos para para la autorización y conexión. El capítulo I es referente al dictamen de capacidad y conexión.

Artículo 9. Del procedimiento para el dictamen de capacidad y conexión. el procedimiento que debe seguir todo interesado para obtener el dictamen de capacidad y conexión de parte del distribuidor, para conectar generación distribuida renovable a un sistema de distribución, es el siguiente:

El interesado presentará al distribuidor la solicitud de dictamen de capacidad y conexión, según el contenido indicado en el artículo 10 de esta norma. El distribuidor deberá registrar con el sello de su entidad, la fecha de recepción de la solicitud, la cual servirá para dar inicio a los plazos para resolver.

Dentro del plazo de cinco (5) días siguientes de recibida la solicitud, el distribuidor podrá requerir ampliaciones o aclaraciones al Interesado.

El Interesado tendrá un plazo de cinco (5) días para ampliar y/o aclarar lo solicitado por el Distribuidor.

Dentro del plazo de cinco (5) días siguientes de recibida la solicitud, las ampliaciones o aclaraciones, el distribuidor enviará a la CNEE una copia de la solicitud del Interesado, con el debido registro de recepción, conjuntamente con todos los documentos requeridos en el artículo 10 de esta norma.

El distribuidor tiene un plazo total de cuarenta y cinco (45) días, contados a partir del día siguiente a la fecha en que recibió la solicitud del Interesado, para elaborar el dictamen de capacidad y conexión, de conformidad con lo establecido en los artículos 11 y 12 de esta norma y trasladarlo a la CNEE para su revisión y autorización.

La CNEE procederá a revisar el dictamen de capacidad y conexión para la autorización de conexión del GDR y si es necesario, podrá requerir información adicional al distribuidor o al Interesado, los que responderán dentro del plazo de cinco (5) días.

La CNEE tiene un plazo total de treinta (30) días, contados a partir del día siguiente a la fecha de recepción del dictamen de capacidad y conexión emitido por el distribuidor, para revisarlo y emitir la resolución correspondiente.

Artículo 10. De la solicitud del dictamen de capacidad y conexión. La solicitud del dictamen de capacidad y conexión será entregada por el interesado al distribuidor, en el formulario correspondiente. Dicho formulario debe incluir la información siguiente:

Información general del proyecto, incluyendo nombre del proyecto y su dirección (comunidad, caserío, aldea o dirección catastral, municipio y departamento), nombre de la persona o entidad interesada (la que comparecerá por medio de su representante legal, acreditando su personería), dirección para recibir notificaciones (en el municipio de Guatemala o en alguna cabecera municipal), teléfono y correo electrónico.

Ubicación geográfica del proyecto en mapa cartográfico, a escala uno cincuenta mil (1:50,000), incluyendo el lugar de la planta o central generadora, la trayectoria de la línea de conexión y el punto de conexión sugerido, con toda la información que sea necesaria, incluyendo coordenadas universal transversal de mercator – UTM- y geodésicas. Para proyectos hidroeléctricos, se deben identificar en el mapa cartográfico las cotas registradas en el MEM.

Datos generales del proyecto, entre otros: fuente de energía renovable, número de unidades generadoras, potencia máxima, en kilovatios (kW), tensión de

generación, en kilovoltios (kV), longitud, calibre y tensión de la línea de conexión, en kilómetros (km), AWG o MCM, y en kilovoltios (kV), respectivamente, diagrama unifilar del proyecto incluyendo dispositivos de protección previstos y cronograma de ejecución, debiendo indicar la fecha prevista para conectarse al sistema eléctrico nacional.

Información de parámetros eléctricos de los elementos de la central generadora, transformador, línea de conexión y otros que sean necesarios para que el distribuidor y la CNEE puedan realizar los estudios eléctricos.

Para proyectos hidroeléctricos, constancia de registro de cotas en el MEM.

Resolución de autorización ambiental del proyecto, emitida por la entidad ambiental competente, en la que se describan las características técnicas del proyecto aprobado, así como la vigencia de la aprobación ambiental. Si el interesado aún no cuenta con la resolución de autorización respectiva, podrá presentar constancia que su estudio se encuentra en proceso de autorización en la entidad ambiental correspondiente.

Los planos de la línea de conexión al sistema eléctrico nacional y el diagrama unifilar, los cuales deben presentarse en formato A4 o doble carta y deberá contener la firma y sello del ingeniero electricista o mecánico electricista responsable de su diseño. El ingeniero deberá estar colegiado y activo.⁶

⁶ Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Norma técnica de distribuidora renovable y usuarios autoproducidos con excedentes de energía*. www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=1746. Consulta: 10 de marzo de 2015.

Figura 19. **Formulario para la solicitud de dictamen de capacidad y conexión, generador distribuido renovable, 1**

**FORMULARIO PARA LA SOLICITUD DE DICTAMEN DE CAPACIDAD Y CONEXIÓN
GENERADOR DISTRIBUIDO RENOVABLE**

1. Datos generales del solicitante:
 Nombre del propietario o representante legal: _____
 Razón social de la entidad: _____
 Dirección: _____
 Municipio: _____ Departamento: _____
 Teléfono: _____ Fax: _____ Correo Electrónico: _____

2. Información general del proyecto:
 Nombre del proyecto: _____
 Dirección: _____
 Municipio: _____ Departamento: _____
 Coordenadas punto de generación: _____
 Coordenadas punto de conexión: _____

3. Datos generales del proyecto:
3.1 Fuente de energía renovable:
 Hidráulica Eólica Biomasa
 Solar Geotérmica Otra _____

3.2 Especificaciones técnicas:
 Número de unidades Generadoras: _____ Potencia total de la central generadora _____ KW
 Voltaje de generación: _____ KV Longitud de la línea de conexión _____ km
 Voltaje de la línea de conexión _____ KV Punto de conexión sugerido _____
 Número de matrícula (paste) más cercano al punto de conexión: _____

4. Documentos que debe adjuntar:
 4.1 Acreditación de Representación legal;
 4.2 Mapa cartográfico a escala 1:50,000, o la que defina con más precisión la ubicación del proyecto, incluyendo el lugar de la planta o central generadora, trayectoria de la línea de conexión, punto de conexión sugerido, con toda la información que sea necesaria, incluyendo coordenadas UTM o Geodésicas;
 4.3 Diagrama unifilar del proyecto incluyendo dispositivos de protección previstos;
 4.4 Cronograma de ejecución del proyecto;
 4.5 Información de parámetros eléctricos de los elementos de la central generadora, transformador, línea de conexión y otros que sean necesarios para realizar estudios eléctricos;
 4.6 Copia de haber presentado el estudio ambiental en la entidad ambiental correspondiente. (Previo a la aprobación de la solicitud por parte de la Comisión, el interesado deberá presentar a ésta copia de la Resolución de la aprobación de los estudios ambientales respectivos que pudieran corresponder, emitida por la entidad ambiental correspondiente).

Lugar y Fecha: _____
 Firma del solicitante: _____

Fuente: CNEE. *Oficina de atención al usuario.* www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=310. Consulta:

15 de marzo de 2015.


3.8.2.2. Título III

El título III se refiere a los lineamientos para la conexión el formulario de conexión que se debe presentar ante CNEE, construcción de línea y equipo de conexión, pruebas de la puesta en servicio entre otras que se exponen a continuación.

- Artículo 18. Formulario de conexión. El distribuidor y el GDR realizarán la conexión con base en el formulario aprobado por la CNEE y que estará a disposición de los interesados tanto en el sitio web de la CNEE como en los lugares que cada uno de los distribuidores decida.
- Artículo 19. Construcción de línea y equipos de conexión. El suministro de materiales y equipos, así como la construcción de las instalaciones necesarias para llegar de las instalaciones del GDR hasta el punto de conexión, incluyendo el último elemento de maniobras entre las instalaciones del GDR y las existentes del distribuidor, estarán a cargo del GDR, debiendo cumplirse con lo establecido en normas técnicas del servicio de distribución (NTSD) y las normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID), las cuales fueron emitidas por la CNEE.
- Artículo 20. Pruebas de la puesta en servicio y evaluación. El GDR efectuará las pruebas de las instalaciones de generación que correspondan antes de la conexión con el sistema de distribución y le proveerá al distribuidor un informe por escrito del cumplimiento de los requerimientos de esta norma y otras normas aplicables, así como de las especificaciones de los equipos y materiales utilizados.

- Si las instalaciones del GDR no cumplen con los requerimientos de esta norma o con lo acordado en la resolución de conexión, el distribuidor podrá negarse a la conexión del GDR mientras no se hagan las correcciones o adecuaciones que se hayan fundamentado debidamente, de lo cual deberá ser informada la CNEE.
- Artículo 21. Fecha de conexión. Una vez realizadas las pruebas de puesta en servicio establecidas en el artículo anterior y habiéndose determinado por parte del distribuidor que no se provocarán situaciones de peligro ni se tendrán efectos negativos en sus instalaciones a las cuales se conecta el GDR, el distribuidor y el interesado informarán a la CNEE, en el plazo de por lo menos cinco (5) días de anticipación, la fecha que de común acuerdo fijen para el inicio de la operación comercial. La CNEE tomará como fecha de conexión del GDR, la reportada por las partes en cumplimiento a este artículo a través del formulario de conexión.

Figura 20. Formulario para la solicitud de dictamen de capacidad y conexión, generador distribuido renovable, 2



Departamento de Atención al Cliente

**FORMULARIO PARA LA SOLICITUD DE DICTAMEN DE CAPACIDAD Y CONEXIÓN
GENERADOR DISTRIBUIDO RENOVABLE**

1. Datos generales del solicitante:

Nombre del propietario o representante legal: _____

Razón social de la empresa o entidad: _____

Dirección: _____

Municipio: _____ Departamento: _____

Teléfono: _____ Fax: _____

Correo electrónico: _____

2. Información general de proyecto:

Nombre del proyecto: _____

Dirección: _____

Municipio: _____ Departamento: _____

Coordenadas punto de generación: _____

Coordenadas punto de conexión: _____

3. Datos generales del proyecto:

3.1 Fuente de energía renovable:

Hidráulica Eólica Biomasa
 Solar Geotérmica Otra _____

3.2 Especificaciones técnicas:

Número de unidades generadoras: _____ Potencia total de la central generadora: _____ kW

Voltaje de generación: _____ kv Longitud de la línea de conexión: _____ km

Voltaje de la línea de conexión: _____ kv Punto de conexión sugerido: _____

Número de matrícula (poste) más cercano al punto de conexión: _____

4. Documentos que debe adjuntar:

- 4.1 Acreditación de representación legal;
- 4.2 Mapa cartográfico a escala 1:50,000 o la que defina con más precisión la ubicación del proyecto, incluyendo el lugar de la planta o central generadora, trayectoria de la línea de conexión, punto de conexión sugerido, con toda la información que sea necesaria, incluyendo coordenadas UTM o geodésicas;
- 4.3 Diagrama unifilar del proyecto incluyendo dispositivos de protección previstos;
- 4.4 Cronograma de ejecución del proyecto;
- 4.5 Información de parámetros eléctricos de los elementos de la central generadora, transformador, línea de conexión y otros que sean necesarios para realizar estudios eléctricos;
- 4.6 Copia de haber presentado el estudio ambiental en la entidad ambiental correspondiente. (Prelvio a la aprobación de la solicitud por parte de la Comisión, el interesado deberá presentar a ésta, copia de la Resolución de la aprobación de los estudios ambientales respectivos que pudieran corresponder, emitida por la entidad ambiental correspondiente)

Lugar y fecha: _____

Distribución gratuita

Formulario autorizado por CNEE según Resolución CNEE No. 171-2008

Fuente: Empresa Eléctrica de Guatemala. *Departamento de atención al cliente.*

<https://eegsa.com/centros-de-servicio/>. Consulta: 24 de marzo de 2015.

3.9. Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable

La ley tiene por objeto promover el desarrollo de proyectos de energía renovable y establecer los incentivos fiscales, económicos y administrativos para el efecto.

3.9.1. Decreto Número 52-2003

El funcionamiento de este decreto recae en el Ministerio de Energía y Minas quien debe realizar lo siguiente con base en el artículo 2.

- Promover la localización e inventario de los recursos energéticos renovables, que sirvan para la generación de energía.
- Impulsar los estudios para estimar el potencial técnico utilizable.
- Fomentar y facilitar las inversiones para el desarrollo de generación de electricidad a través del uso racional de recursos energéticos renovables.
- Propiciar la oferta energética nacional a través de recursos renovables contribuyendo con esto a una mayor independencia nacional con relación a los combustibles importados.
- Contribuir y facilitar los procesos de certificación establecidos en el país, en materia energética, mediante el uso de recursos renovables.

- Artículo 5. Incentivos. Las municipalidades, el Instituto Nacional de Electrificación - INDE-, empresas mixtas y las personas individuales y jurídicas que realicen proyectos de energía con recursos energéticos renovables gozarán de los siguientes incentivos:
 - Exención de derechos arancelarios para las importaciones, incluyendo el impuesto al valor agregado -IVA-, cargas y derechos consulares sobre la importación de maquinaria y equipo, utilizados exclusivamente para la generación de energía en el área donde se ubiquen los proyectos de energía renovable. Previamente a la importación de la maquinaria y equipo que sean necesarios para desarrollar los proyectos de energía renovable, en cada caso las personas individuales y jurídicas que los realicen deberán solicitar la aplicación de la exención a la Superintendencia de Administración Tributaria -SAT, quien se encargará de calificar y autorizar la importación. Este incentivo tendrá vigencia exclusiva durante el período de preinversión y el período de construcción, el cual no excederá de diez (10) años.
 - Exención del pago del impuesto sobre la renta. Este incentivo tendrá vigencia exclusiva a partir de la FIE, por un período de diez (10) años. Esta exención únicamente se otorga a las personas individuales y jurídicas que desarrollen directamente los proyectos y solamente por la parte que corresponda a dicho proyecto, ya que la exención no aplica a las demás actividades que realicen.

- Exención del impuesto a las empresas mercantiles y agropecuarias -IEMA-. Este incentivo tendrá vigencia exclusiva a partir de la FIE, por un período de diez (10) años. Para aprovechar los incentivos indicados en los literales de la a) a la c) anteriores, el interesado deberá presentar al órgano competente la siguiente información:
 - La solicitud deberá ser dirigida al Ministerio de Energía y Minas. Durante los períodos de preinversión y de construcción podrán presentarse ampliaciones a la misma, siguiendo el mismo procedimiento.
 - La documentación general del proyecto donde se indique claramente el cronograma de realización del período de preinversión, del período de construcción y del período de operación.
 - Declaración que ha cumplido con lo consignado en la *Ley general de electricidad*, en lo que sea aplicable.
 - Listado total o parcial de los materiales, equipos y otros asociados a estos períodos, y el tipo del o los incentivos solicitados, especificando el período a que corresponden.

El órgano competente estudiará la solicitud; si es necesario, solicitará ampliación de la información y extenderá una certificación que acredite que se desarrolla un proyecto de fuentes renovables de energía y la lista de los insumos, totales o parciales, que efectivamente serán sujetos de exoneración, en los casos que proceda.

El interesado presentará dicha certificación a la Superintendencia de Administración Tributaria -SAT- para que la citada dependencia emita la resolución de exención en un plazo no mayor de treinta (30) días, contados a partir de la fecha de presentación de la solicitud. La SAT otorgará las exenciones con base en la resolución del órgano competente. Si la solicitud no fuera resuelta y notificada dentro del plazo fijado, la misma se tendrá por resuelta favorablemente.

3.10. *Reglamento de la ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable*

El reglamento tiene por objeto desarrollar los preceptos normativos de la ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable y asegurar las condiciones adecuadas para la calificación y aplicación concreta de los incentivos establecidos en la indicada ley.

3.10.1. Acuerdo Gubernativo No. 211-2005

El acuerdo establece que el reglamento permita la calificación y aplicación concreta de los incentivos relacionados.

- Artículo 3. Solicitud. La persona interesada en el desarrollo de un proyecto de energía renovable, deberá presentar ante el Ministerio, una solicitud escrita en original y copia simple con firma legalizada, conteniendo la siguiente información: a) para las personas individuales: nombres y apellidos del solicitante, edad, estado civil, nacionalidad, profesión u oficio, domicilio, número de cédula de vecindad o pasaporte en caso de ser extranjero, NIT y lugar para recibir notificaciones. Si el presentado actúa en representación de otra persona individual, deberá

adjuntar fotocopia legalizada del testimonio de la escritura pública de mandato respectivo. b) Para las personas jurídicas y empresas mixtas: nombre, razón o denominación social de la entidad solicitante, domicilio, lugar para recibir notificaciones y NIT. Datos de identificación personal del representante legal y NIT de éste. A la solicitud deberá acompañar fotocopia legalizada del nombramiento del representante legal, de las patentes de comercio de sociedad y de empresa y del testimonio de la escritura pública de constitución de la sociedad con sus modificaciones si las hubiere, inscritas en el Registro Mercantil. c) para las municipalidades y el Instituto Nacional de Electrificación -INDE- los datos de identificación del representante legal, NIT de la institución y de su representante legal. Los interesados, además de los requisitos anteriores, deberán acompañar a su solicitud el documento conteniendo el proyecto de producción de energía desarrollado a nivel de estudio de prefactibilidad, a nivel técnico y financiero; la descripción de los incentivos que solicita por período; descripción de la maquinaria y equipo, materiales (fungibles y de construcción) y otros asociados (accesorios, instrumentos de medición, repuestos), que necesita importar, detallando cantidad, costo, partida arancelaria y destino o utilización de los mismos, en el área del proyecto y declaración jurada en acta notarial en la que declare que ha cumplido, en lo que le fuere aplicable, la *Ley general de electricidad y su reglamento*.

3.11. Requerimientos EEGSA de instalación

Para el servicio y contrataciones de instalación la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A.-EEGSA, requiere:

- Notificación de la instalación eléctrica interna: la cual es extendida por un electricista autorizado por EEGSA.
- Lista verificable para conexiones nuevas: en la cual se detalla el nombre de la persona que requiere el servicio, tipo de instalación solicitada, tipo de caja para contador, distancia en metros de la acometida al poste más cercano, entre otros detalles.

Figura 21. **Notificación de la instalación eléctrica interna**

Guatemala, ____ de _____ 200

NOTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA INTERNA

Señores
Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.

Por este medio se informa que las instalaciones eléctricas internas del inmueble propiedad de: _____ y ubicado en la siguiente dirección: _____, cumple con las recomendaciones técnicas de construcción de acometidas residenciales, puesto que como técnico electricista realicé dichas instalaciones.


Nombre: _____

No. de Cédula: _____

Firma: _____

Fuente: Empresa Eléctrica de Guatemala. *Departamento de atención al cliente.*
<https://eegsa.com/centros-de-servicio/>. Consulta: 24 de marzo de 2015.

Figura 22. Lista verificable para conexiones nuevas



Departamento de Atención al Cliente
LISTA VERIFICABLE PARA CONEXIONES NUEVAS

Aprobable Solicitante de Servicio de Energía Eléctrica: Para garantizar que su solicitud de servicio de energía eléctrica cumple con las Normas de Acometidas vigentes y minimizar el tiempo de conexión, le agradeceremos llenar este formulario. Su solicitud será atendida adecuadamente si se cuenta con toda la información requerida.

Nombre completo de quien solicita el servicio: _____

1. Dirección del lugar en el que necesita el servicio de energía eléctrica: _____

2. Dirección de cobro y/o correspondencia: _____

3. Teléfono/Fax: _____ Correo Electrónico: _____ Nit: _____

4. Tipo de instalación solicitada:

<input type="checkbox"/> Residencial	<input type="checkbox"/> Municipal	<input type="checkbox"/> Comercial	<input type="checkbox"/> Industrial	<input type="checkbox"/> Traslado
<input type="checkbox"/> Gobierno	<input type="checkbox"/> Acoplado	<input type="checkbox"/> Permanente	<input type="checkbox"/> Temporal	

Si la solicitud es un Traslado, Aumento de Voltaje y/o Retiro de Precinto Indicar:

No. correlativo: _____ No. de Contador: _____ No. de Precinto: _____

5. No. de Contador Anterior: _____ No. de Contador Posterior: _____

6. Voltaje de Servicio:

<input type="checkbox"/> 120 V.	<input type="checkbox"/> 120/208 V.	<input type="checkbox"/> 120/240 V.	<input type="checkbox"/> 240/480 V.	<input type="checkbox"/> Otros V.
---------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

7. Anote el número de Poste del cual supone se conectará el servicio: _____

8. Tipo de Caja para Contador:

<input type="checkbox"/> 100 AMP	<input type="checkbox"/> 200 AMP	<input type="checkbox"/> Tablero Múltiple	<input type="checkbox"/> Caja Tipo II	<input type="checkbox"/> Caja Tipo III
<input type="checkbox"/> Caja Tipo IV	<input type="checkbox"/> Medición Primaria	<input type="checkbox"/> Otros		

9. ¿ A cuántos metros está su acometida del poste más cercano de la Empresa?

<input type="checkbox"/> 1 a 10 metros	<input type="checkbox"/> 11 a 20 metros	<input type="checkbox"/> 21 a 30 mts.	<input type="checkbox"/> Acople
<input type="checkbox"/> 31 a 40 metros	<input type="checkbox"/> Menos de 200 metros	<input type="checkbox"/> Más de 200 mts.	<input type="checkbox"/> Tablero Múltiple

10. La ubicación de la Acometida es:

<input type="checkbox"/> Subterránea	<input type="checkbox"/> Aérea
--------------------------------------	--------------------------------

11. Cuando se instale el servicio, el cable de la acometida quedará:

<input type="checkbox"/> No atraviesa la calle (4.5 mts)	<input type="checkbox"/> Si atraviesa la calle (5.5 mts)	<input type="checkbox"/> Si Atraviesa Boulevard (7.5 mts)	<input type="checkbox"/> Otros
--	--	---	--------------------------------

12. El lugar donde se instalará el servicio ¿ está plenamente identificado con números formales?

<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No
-----------------------------	-----------------------------

13. Considera que al momento de instalar el servicio, ¿el cable pasará sobre un terreno ajeno?

<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No
-----------------------------	-----------------------------


14. El lugar en el que se instalará el servicio, ¿ está en un callejón y la acometida a la orilla de la calle?

<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No
-----------------------------	-----------------------------

15. No. Poste del Bco. de Transformadores: _____ Cantidad de Transformadores: _____

Capacidad Bco. Existente de Transformadores: _____ Compañía No.: _____

Continuación de la figura 22.

<p>16. Detalle de carga a conectar: 1 FASE</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td style="width: 15%;">KW</td> <td style="width: 15%;">Iluminación</td> <td style="width: 15%; border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td style="width: 10%;">V</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>KW</td> <td>Fuerza</td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>KW</td> <td>Motores</td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>KW</td> <td>Calefacción</td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>KW</td> <td>Total</td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>V</td> </tr> </table>	_____	KW	Iluminación	_____	V	_____	KW	Fuerza	_____	V	_____	KW	Motores	_____	V	_____	KW	Calefacción	_____	V	_____	KW	Total	_____	V	<p>17. Detalle de carga a conectar: 3 FASES</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td style="width: 15%;">KW</td> <td style="width: 15%;">Fuerza</td> <td style="width: 15%; border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td style="width: 10%;">V</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>KW</td> <td>Calefacción</td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>KW</td> <td>Motores</td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td></td> <td>Total</td> <td style="border-bottom: 1px solid black;">_____</td> <td>V</td> </tr> </table>	_____	KW	Fuerza	_____	V	_____	KW	Calefacción	_____	V	_____	KW	Motores	_____	V	_____		Total	_____	V
_____	KW	Iluminación	_____	V																																										
_____	KW	Fuerza	_____	V																																										
_____	KW	Motores	_____	V																																										
_____	KW	Calefacción	_____	V																																										
_____	KW	Total	_____	V																																										
_____	KW	Fuerza	_____	V																																										
_____	KW	Calefacción	_____	V																																										
_____	KW	Motores	_____	V																																										
_____		Total	_____	V																																										
<p>18. Carga Declarada: _____ Potencia Contratada: _____</p>																																														
<p>OBSERVACIONES: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																																														
<p>Yo _____ con Cédula de Vecindad No. de Orden _____ y No. de Registro _____, he verificado que la información anterior es verdadera por lo que, al momento que Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A. verifique lo contrato, libero a EEGGA de todo compromiso adquirido con relación a la instalación del servicio solicitado y consignado en el Depósito No. _____, comprometiéndome a realizar las gestiones necesarias para cumplir con las normas y los gastos ocasionados por el envío del personal técnico.</p> <p>Firma del Solicitante _____, Guatemala _____ de _____ de _____</p>																																														
<p>AREA DE VERIFICACION</p>																																														
<p>a. El contador anterior y el posterior corresponden a la misma población del servicio SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></p> <p>b. La instalación es con modificación a la red SI <input type="checkbox"/> Estado No. _____ No. de Oficiantes _____</p> <p>Firma del Oficiante _____ No. de Oficiante _____</p>																																														
<p>Croquis de Ubicación del Lugar en donde se instalará el Servicio de Energía Eléctrica (Indicar en el diagrama, la ubicación del transformador)</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <p>NORTE</p>  </div>																																														

Fuente: Empresa Eléctrica de Guatemala. *Departamento de atención al cliente.*
<https://eegsa.com/centros-de-servicio/>. Consulta: 24 de marzo de 2015.

3.11.1. Requisitos para solicitar conexiones nuevas

Par las conexiones nuevas, la Empresa Eléctrica de Guatemala determina varios escenarios que se pueden presentar, los cuales se describen a continuación.

3.11.1.1. Servicio solicitado a nombre del propietario del inmueble

Si el servicio de conexión es realizado por el propietario del inmueble debe realizar los siguientes requerimientos:

- Informe del electricista que avala técnicamente la instalación de su servicio y la verificación de su acometida de acuerdo a las normas vigentes.
- Hoja verificable, para la consignación de los datos.
- Constancia de propiedad.
 - Escritura con dirección catastral, si dicha escritura no tuviera la dirección, deberá agregar la carta del Departamento de Catastro de la municipalidad que le corresponde relacionando los datos de la escritura con la dirección catastral.
 - Si aún no tiene escritura porque el terreno está en proceso de compra a una urbanizadora o lotificadora, deberá entregar la carta de la lotificadora dirigida a la Empresa Eléctrica informando quien es el propietario y la dirección.

- Fotocopia de DPI de la persona que se constituirá como cliente de EEGSA.
- Número de NIT.
- Dirección de cobro si en caso fuera diferente a la de la instalación.

3.11.1.2. Si el servicio no lo contratara la persona que se ha de constituir como cliente

Si la persona que se va a constituir como cliente no puede presentarse a las instalaciones de la EEGSA, deberá incluir los requisitos expuestos en el inciso 3.11.1.1 y adjuntar los siguientes documentos:

- Carta de la persona que se constituirá como cliente, autorizando a otra persona mayor de edad para que firme el contrato en su nombre.
- Fotocopia del DPI de la persona que firma el contrato.

3.11.1.3. Si el contrato se genera a nombre de una persona diferente al propietario

Si el contrato se genera a nombre de una persona diferente al propietario, como por ejemplo un inquilino, deberá cumplir con los siguientes requisitos.

- Informe del electricista que avala técnicamente la instalación de su servicio y la verificación de su acometida de acuerdo a las normas vigentes.

- Hoja verificable, para la consignación de los datos.
- Fotocopia de DPI de la persona que se constituirá como cliente de EEGSA.
- NIT.
- Dirección de cobro si en caso fuera diferente a la de la instalación.
- Teléfono.
- Carta de la persona que se constituirá como cliente, autorizando a otra persona mayor de edad para que firme el contrato en su nombre.
- Fotocopia del DPI de la persona que firma el contrato.
- Carta del propietario del terreno constituyéndose como fiador del inquilino.
- Constancia de arrendamiento.

3.11.1.4. Si el servicio se solicita a nombre de una empresa o razón social específica

Si el servicio se solicita a nombre de una empresa o razón social debe de presentar:

- Fotocopia del nombramiento del representante legal.

- Fotocopia del DPI del representante legal.
- Carta del representante legal autorizando a otra persona para que firme el contrato, en caso de que no pudiera personalmente el representante firmarlo.
- Fotocopia de DPI de las personas que firman el contrato.

3.11.1.5. Otros requisitos

Otros requisitos que solicita EEGSA para la adjudicación de contratos nuevos de conexiones está pagar el valor del depósito correspondiente (este valor es proporcionado por la EEGSA al interesado).

4. ESTUDIO DE MEDIO AMBIENTE

4.1. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN

El MARN es la entidad del sector público especializada en materia ambiental y de bienes y servicios naturales del sector público, al cual le corresponde proteger los sistemas naturales que desarrollan y dan sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones; fomentado una cultura de respeto y armonía con la naturaleza y protege, preserva y utiliza racionalmente los recursos naturales, con el fin de lograr un desarrollo transgeneracional, articulando el quehacer institucional, económico, social y ambiental, con el propósito de forjar una Guatemala competitiva, solidaria, equitativa, inclusiva y participativa

4.1.1. Acuerdo Gubernativo, Número 431-2007. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*

El *Acuerdo Gubernativo 431-2007. Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental* contiene los lineamientos, la estructura y los procedimientos necesarios para propiciar el desarrollo sostenible del país en el tema ambiental, mediante el uso de instrumentos que facilitan la evaluación, control y seguimiento ambiental de las actividades, obras, industrias o proyectos que se desarrollan y los que se pretenden desarrollar en el país; lo que facilitará la determinación de las características y los posibles impactos ambientales, para orientar su desarrollo en armonía con la protección del ambiente y los recursos naturales.

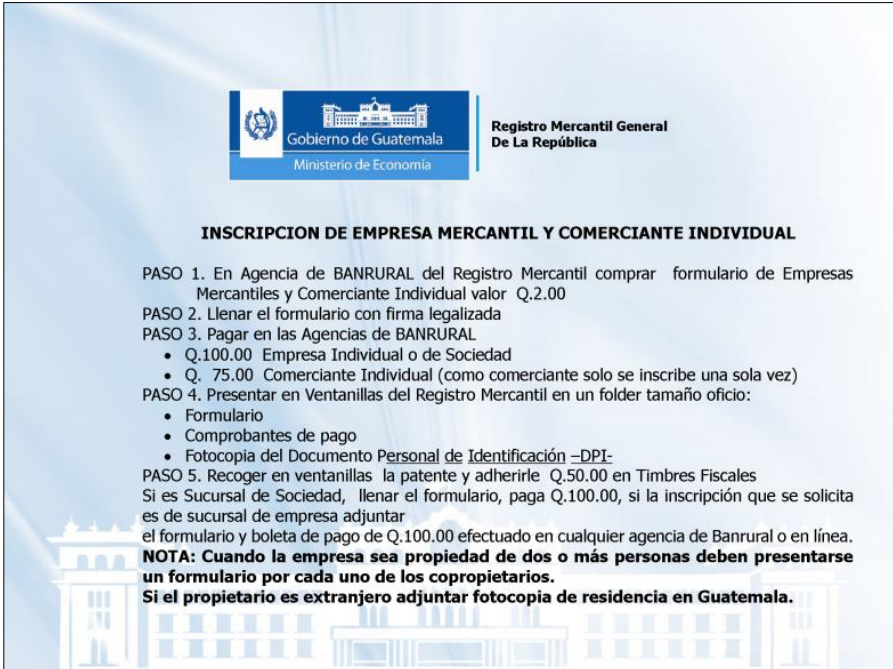
4.2. Información legal

La empresa distribuidora de paneles solares cuenta con todo el respaldo por parte del Registro Mercantil.

4.2.1. Patentes de comercio de la empresa distribuidora de paneles solares

Para la patente de comercio toda empresa que distribuya equipo debe de cumplir con los siguientes requisitos.

Figura 23. Requisitos de inscripción de una empresa



Logo del Gobierno de Guatemala, Ministerio de Economía, y del Registro Mercantil General De La República.

INSCRIPCION DE EMPRESA MERCANTIL Y COMERCIANTE INDIVIDUAL

PASO 1. En Agencia de BANRURAL del Registro Mercantil comprar formulario de Empresas Mercantiles y Comerciante Individual valor Q.2.00

PASO 2. Llenar el formulario con firma legalizada

PASO 3. Pagar en las Agencias de BANRURAL

- Q.100.00 Empresa Individual o de Sociedad
- Q. 75.00 Comerciante Individual (como comerciante solo se inscribe una sola vez)

PASO 4. Presentar en Ventanillas del Registro Mercantil en un folder tamaño oficio:

- Formulario
- Comprobantes de pago
- Fotocopia del Documento Personal de Identificación –DPI-

PASO 5. Recoger en ventanillas la patente y adherirle Q.50.00 en Timbres Fiscales

Si es Sucursal de Sociedad, llenar el formulario, paga Q.100.00, si la inscripción que se solicita es de sucursal de empresa adjuntar el formulario y boleta de pago de Q.100.00 efectuado en cualquier agencia de Banrural o en línea.

NOTA: Cuando la empresa sea propiedad de dos o más personas deben presentarse un formulario por cada uno de los copropietarios.

Si el propietario es extranjero adjuntar fotocopia de residencia en Guatemala.

Fuente: Registro mercantil. *Inscripción de empresa mercantil y comerciante individual*. www.registromercantil.gob.gt. Consulta: 30 de marzo de 2015.

4.3. Información general

La elaboración de un proyecto se divide en fases; la etapa de instalaciones el comienzo del proyecto de los paneles solares, seguidamente de su etapa de operación, cierre.

4.3.1. Etapa de instalación

En la etapa de instalación de paneles solares, se determinará el tipo de panel a utilizar según la cantidad de *watts* del proyecto, así como las especificaciones técnicas de los equipos a utilizar.

4.3.2. Etapa de operación

La etapa de operación se realizará con la instalación de los paneles solares y la conexión a la red de distribución.

4.3.3. Etapa de cierre o abandono

En cierre o abandono del proyecto se realizan las labores de limpieza, dejar el lugar donde se instalaron los paneles solares como se encontró en la etapa de instalación. Sin alterar el medio ambiente.

4.3.4. Área de instalación

El área de instalación debe estar libre, estar asegurada para que no se produzca ningún accidente en el momento de la instalación de los equipos.

4.3.5. Actividades desarrolladas en las colindancias

En las colindancias al proyecto se debe retirar cualquier objeto, material que interrumpa el paso de los trabajadores, el traslado de los equipos, y mantener un área de trabajo libre de desechos sólidos que pudieran generar una contaminación cruzada.

4.4. Identificación y evaluación del impacto ambiental en el uso de paneles fotovoltaicos

La principal ventaja de la energía solar está relacionada con la reducción de emisiones de CO₂; en la mayoría de los casos, a la no existencia de emisiones tóxicas en el aire o desechos durante su operación.

4.4.1. Impacto positivo

Los impactos positivos que conlleva el uso de paneles fotovoltaicos son:

- La tecnología fotovoltaica permite soluciones modulares y autónomas.
- La operación de los sistemas fotovoltaicos es amigable con el medio ambiente.
- Los sistemas tienen una vida útil larga (más de 20 años). El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es sencillo y tiene costos muy bajos.
- Los sistemas fotovoltaicos han experimentado una reducción de precios que los hace más accesibles.

4.4.1.1. Etapa de operación

La energía solar fotovoltaica, al igual que otras energías renovables, constituye, frente a los combustibles fósiles, una fuente inagotable; contribuye al autoabastecimiento energético nacional y es menos perjudicial para el medio ambiente, evita los efectos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc.) y los derivados de su generación (excavaciones, minas, canteras, etc.).

La fabricación de un panel solar requiere también la utilización de materiales como aluminio (para los marcos), vidrio (como encapsulante), acero (para estructuras) etc.; estos componentes son comunes en la industria convencional. El progresivo desarrollo de la tecnología de fabricación de estructuras y paneles solares supondrá una reducción del impacto ambiental debido a estos conceptos.

En la producción del panel solar se produce un gasto energético que genera residuos, como partículas de NO_x, SO₂, CO₂, etc. Esto se debe a que la energía utilizada en la fabricación del panel solar tiene su origen en la mezcla de fuentes energéticas convencionales del país de fabricación. Sin embargo, se puede afirmar que la emisión de estas sustancias debida a la fabricación de paneles solares es reducida, en comparación con la disminución en la emisión de sustancias de este tipo que supone la producción de electricidad por medios fotovoltaicos, en vez de fuentes convencionales de energía.

4.4.1.2. Reducción de emisiones de CO₂ en la atmósfera

Generar energía eléctrica sin que exista un proceso de combustión supone, desde el punto de vista medioambiental, un procedimiento muy favorable por ser limpio y no producir contaminación.

Los efectos de la energía solar fotovoltaica sobre los principales factores ambientales son los siguientes:

- **Clima:** la generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero. En cuanto a la toma de radiación solar por parte de los paneles al medio ambiente circundante que, en teoría podría modificar el microclima local, es necesario recordar que aproximadamente sólo el 10 % de la energía solar incidente por unidad de tiempo sobre la superficie del campo fotovoltaico es transformada y transferida a otro lugar en forma de energía eléctrica; el 90 % restante es reflejada o transferida a través de los módulos.
- **Geología:** las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles fotovoltaicos no se producen alteraciones en las características litológicas, topográficas o estructurales del terreno.

- Suelo: al no producirse ni contaminantes ni vertidos ni movimientos de tierra, la incidencia sobre las características físico-químicas del suelo o su erosión es nula.

4.4.2. Impacto negativo

Dentro de los proyectos de energía renovable, en caso del uso de paneles fotovoltaicos, se deben considerar los impactos negativos que pudieran ocasionar al medio ambiente. Pero relativamente, no generan impacto dado que son colocados sobre el techo de las edificaciones, a diferencia de los parques solares crea un poco de impacto visual pero no representa daños al ecosistema.

4.4.2.1. Impacto visual

El impacto visual está relacionado con la orientación de estas superficies respecto a los posibles puntos de observación y puede minimizarse respetando unas distancias oportunas respecto a los centros habitados, las carreteras, etc., o utilizando elementos como árboles o setos entre los paneles y los puntos de observación, respetando, en todo caso, la exigencia de evitar sombras indeseadas en el campo fotovoltaico.

En algunos casos, los sistemas fotovoltaicos pueden rechazarse por cuestiones estéticas. En general, el impacto visual depende sobre todo del tamaño del sistema. El tamaño no representa un problema en el caso de su utilización descentralizada ya que los sistemas pueden estar bien integrados sobre los tejados o en las fachadas de los edificios.

Los sistemas fotovoltaicos de tamaño medio o grande pueden, en cambio, tener un impacto visual no evitable, que depende sensiblemente del tipo de paisaje (de su valor). A continuación, se presentan otros factores a consideración.

- Ruidos: el sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los generadores de motor en viviendas aisladas.
- Medio social: el suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media, no representa una cantidad significativa como para producir un grave impacto. Además, en gran parte de los casos, se pueden integrar en los tejados de las viviendas.

4.4.2.2. Etapa de cierre o abandono

Durante la etapa de abandono se realizará el retiro de todas las estructuras que se construyan en el presente proyecto. Entregando un área libre de cualquier tipo de residuo y estructura. El hecho de que el proyecto se haya construido sobre el techo de la planta, asegura que el recurso suelo no se vea afectado.

4.5. Manejo de impacto ambiental

El manejo ambiental es un instrumento de gestión destinado a proveer de una guía de programas, procedimientos, prácticas y acciones, orientados a prevenir, eliminar, mitigar y controlar los impactos negativos que las operaciones de los paneles fotovoltaicos puedan ocasionar al entorno. Así mismo, permite maximizar los aspectos positivos o ventajas que posee la

tecnología de generación eléctrica a aplicarse, en vista de ser energía limpia, con ausencia de emisiones al aire o de creación de desechos peligrosos.

4.5.1. Plan de mitigación

El plan de mitigación tiene como objetivo analizar todas las posibles acciones que se puedan dar en cada fase del proyecto desde su fase de instalación hasta la fase de abandono.

El plan se realizará para resguardar la seguridad física e integral de todos los colaboradores del proyecto y la población cercana al mismo.

4.5.1.1. Etapa de instalación

En la etapa de instalación, se deben tomar las medidas en el resguardo de los equipos, que estos no generen un impacto en la locomoción de los demás trabajadores y personal de la empresa; los equipos deben estar protegidos para resguardar su integridad dado que si un panel es dañado se deberá reemplazarlo, esto genera costo adicional al presupuesto asignado para el proyecto.

También, ninguna persona ajena al proyecto tenga acceso a las instalaciones del área de operaciones. Para evitar robos, daños, destrucción de equipos o que alguien salga lastimado por el mal manejo de los equipos.

4.5.1.1.1. Manejo de desechos y residuos de instalación

Existe la posibilidad de que un determinado número de paneles presentan fallos operacionales o que experimenten un accidente durante el manipuleo o limpieza que los vuelva inservibles para su fin.

Las estimaciones basadas en experiencias con instalaciones solares fotovoltaicas similares indican un bajo número de paneles defectuosos para un amplio período de operación.

Por tanto, serán aplicables las siguientes medidas con base en la Dirección de Energía del Ministerio de Energía y Minas.

- Prohibición de arrojar o desechar cualquier elemento fotovoltaico en quebradas, cauces naturales o terrenos en el sitio o en la región.
- Toda pieza del panel defectuoso deberá ser llevado a la bodega de la empresa distribuidora, en espera de la medida de tratamiento y/o disposición final que aplicará.
- La medida de tratamiento para todo panel defectuoso, será su empaque y remisión al fabricante, a fin de que sea este quien realice la recuperación de materiales todavía útiles o la disposición final del panel.

4.5.1.2. Etapa de operación

En la etapa de operación, se debe tener un inventario de cada equipo, herramientas, insumo que se usan para la instalación de los paneles fotovoltaicos.

De igual forma se debe llevar un cronograma de las operaciones como del avance de la obra para determinar si se cumplirá con el tiempo estipulado para la instalación y operación de los paneles fotovoltaicos, así como los períodos de prueba.

4.5.1.2.1. Sistema de monitoreo

El monitoreo se debe realizar por parte de la empresa que realizará las instalaciones de los paneles fotovoltaicos, dado que cuentan con el personal técnico para efectuar esta actividad.

4.5.1.2.2. Mantenimiento anual


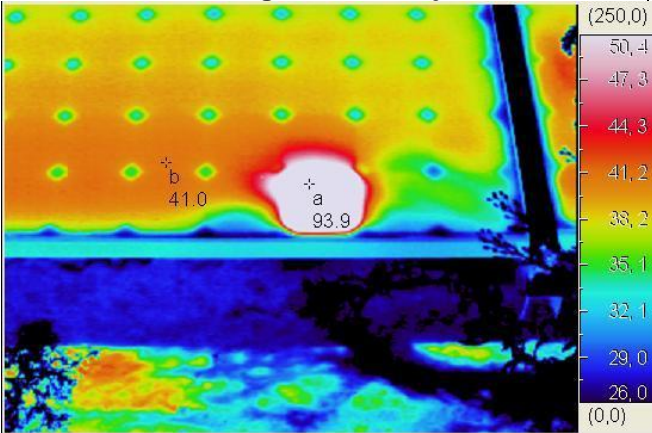
El plan de mantenimiento se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales para verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

- Campo de paneles
 - Limpieza: debido a la sedimentación normal de la suciedad sobre la cubierta o cristal de los módulos, se deberá realizar una limpieza de estos elementos con agua, preferiblemente destilada,

en horas de baja insolación (amanecer o atardecer). Esta operación es especialmente importante en aquellas áreas donde la cantidad o tipo de contaminación lo requieran.

- Inversores: se trata de una inspección visual del estado de leds de los inversores para comprobar el correcto funcionamiento de la instalación. En caso de que esté encendido el led de error, se procederá a la medida y chequeo de los puntos de control oportunos dependiendo del tipo de error. Reparación si procede y emisión de la factura por el coste de la reparación si dicho equipo ya no estuviera en garantía.
- Mantenimiento preventivo: son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. Deben realizarse por personal técnico especializado, que conozca la tecnología solar fotovoltaica y las instalaciones eléctricas en general. El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento o sustitución necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil. A continuación, se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en las instalaciones de energía solar fotovoltaicas conectadas a la red, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

Tabla XII. **Mantenimiento del panel fotovoltaico**

<p>Limpieza periódica del panel</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La suciedad que pueda acumular el panel puede reducir su rendimiento, las capas de polvo que reducen la intensidad del sol no son peligrosas y la reducción de potencia no suele ser significativa. • Las labores de limpieza de los paneles se realizarán mensualmente o bien después de una lluvia de barro, nevada u otros fenómenos meteorológicos similares. • La limpieza se realizará con agua (sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos). Preferiblemente se hará fuera de las horas centrales del día, para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel (sobre todo en verano). 
<p>Control de temperatura del panel</p>	<p>Se controlará mediante termografía infrarroja, que ningún punto del panel esté fuera del rango de temperatura permitido por el fabricante, sobre todo en los meses de verano.</p> <p>Termografía infrarroja</p> 

Continuación de la tabla XII.

Control de las características eléctricas del panel	<ul style="list-style-type: none">• Ausencia de sulfatación de contactos.• Ausencia de oxidaciones en los circuitos y soldadura de las células, normalmente debido a la entrada de humedad.• Comprobación de estado y adherencia de los cables a los terminales de los paneles.• Comprobación de la estanqueidad de la caja de terminales o del estado de los capuchones de seguridad. Si procede, se sustituirán las piezas en mal estado y/o se limpiarán los terminales.• Comprobar la toma a tierra y la resistencia de paso al potencial de tierra.• Temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60 °C, se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. Si es necesario, sustituir dicha conexión.
---	---

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Mantenimiento del inversor**

Frecuencia	Acciones
Cada mes	Lectura de los datos archivados y de la memoria de fallos.
Cada seis meses	Limpieza o recambio de las esteras de los filtros de entrada de aire. Limpieza de las rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.
Cada año	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza del disipador de calor del componente de potencia. • Comprobar cubiertas y funcionamiento de bloqueos. • Inspección de polvo, suciedad, humedad y filtraciones de agua en el interior del armario de distribución y del resistor EVR. • Si es necesario, limpiar el inversor y tomar las medidas pertinentes. • Revisar la firmeza de todas las conexiones del cableado eléctrico y, dado el caso, apretarlas. • Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan descoloración o alteraciones de otro tipo. En caso necesario cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de conexión oxidados. • Comprobar la temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60 °C, se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. Si es necesario, sustituir dicha conexión. • Inspeccionar y, dado el caso, reponer las etiquetas de indicación de advertencia. • Comprobar el funcionamiento de los ventiladores y atender a ruidos. Los ventiladores pueden ser encendidos si se ajustan los termostatos o durante el funcionamiento.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Mantenimiento de puesta a tierra**

<p>Es imprescindible mantener la puesta a tierra tanto de la instalación solar fotovoltaica como la de las instalaciones auxiliares de las distintas casetas ya que de esta depende el correcto funcionamiento de las protecciones que dependen de ella. Las operaciones de mantenimiento a realizar son:</p>	
Cada año	<p>En la época en que el terreno esté más seco y después de cada descarga eléctrica, comprobación de la continuidad eléctrica y reparación de los defectos encontrados en los distintos puntos de puesta a tierra (masas metálicas, enchufes, neutros de los equipos, etc.).</p>
Cada dos años	<p>Comprobación de la línea principal y derivadas de tierra, mediante inspección visual de todas las conexiones y su estado frente a la corrosión, así como la continuidad de las líneas. Reparación de los defectos encontrados.</p> <p>Comprobación de que el valor de la resistencia de tierra sigue siendo inferior a 20Ω. En caso de que los valores obtenidos de resistencia a tierra fueran superiores al indicado, se suplementarán electrodos en contacto con el terreno hasta restablecer los valores de resistencia a tierra de proyecto.</p>
Cada cinco años	<p>Comprobación del aislamiento de la instalación interior (entre cada conductor y tierra y entre cada dos conductores no deberá ser inferior a 250 000 Ohm). Se reparan los defectos encontrados.</p>

Fuente: elaboración propia.

4.5.1.2.3. **Inspección y repuestos**

Para prestar un servicio eficiente y garantizar la confiabilidad del suministro, se considera conveniente tener un *stock* de repuestos como regulador de carga o inversores. Es importante anotar que las baterías deberán

mantenerse en bodega plenamente cargadas. Los porcentajes de *stock* es lo normal en este tipo de proyectos es del 5 % del total del equipo.

4.5.1.3. Etapa de cierre o abandono

En esta etapa los desechos a generarse serán, mayoritariamente, los paneles fotovoltaicos, los cuales habrán cumplido su vida útil prevista (25 años). En términos de masa se lo designa como desecho especial, dado que se producirá 180 kg en paneles (9 paneles por 20 kg cada uno). Por lo expuesto, los paneles fotovoltaicos representan un aspecto ambiental significativo que requiere de medidas de manejo especiales

La principal medida, a priorizar, consiste en embarcar todos los paneles con destino al fabricante de los mismos. Debido a que están elaborados de vidrio y sílice semiconductor, la importante cantidad de paneles constituirá una fuente de estos materiales reciclables a nivel internacional.

4.5.1.3.1. Manejo en el desecho del sistema

Para minimizar los desechos producidos durante la construcción, la operación y el retiro del proyecto solar fotovoltaico se deberán aplicar las siguientes medidas generales:

- Incorporación de una filosofía de producción mínima de desechos y reciclaje para reducir el volumen de desechos producidos.

- Asegurarse de que todo el material de desecho siempre esté almacenado, confinado y marcado adecuadamente (esto es coordinado por el jefe del proyecto).
- Deshacerse de todo material de desecho de tal modo que ni el aire, suelo y agua de superficie o subterránea se contaminen.
- Mantener limpias y ordenadas todas las áreas de trabajo.
- Evitar el uso de utensilios desechables especialmente para llevar los alimentos al lugar de trabajo.
- Asegurarse que el almacenamiento de material de desecho y su eliminación final no creen un riesgo a la seguridad o molestia pública.
- Mantener una base de datos respecto a la producción y disposición de desechos.

4.5.1.3.2. Reciclaje de los desechos

Para la implementación y ejecución del reciclaje de desechos deben adoptarse los siguientes elementos:

- Identificación de todos los desechos sólidos, líquidos y gaseosos generados en las diferentes actividades.
- Cuantificación mensual de cada desecho producido.

- Identificación del destino y la eliminación final de cada desecho.
- Identificación de todas las medidas de protección destinadas a la seguridad del trabajador durante el manejo de desechos.
- Separación de desechos peligrosos de los desechos normales: se deberá proceder con la separación de todos los desechos peligrosos (envases vacíos con combustibles o aceite o grasas lubricantes, aceite dieléctrico), a fin de que estos reciban una disposición final independiente del resto de desechos sólidos normales que genera (papeles, cartones, plásticos, envolturas de componentes de equipo eléctrico o electrónico, maderos o retazos de madera, chatarra o fierros no contaminados con lubricantes). Estos se detallan a continuación.
- Desechos peligrosos: son los que requieren de tratamiento y de disposición final especial debido a que pueden producir contaminación de los suelos, aguas lluvias y aguas superficiales. Todos los desechos peligrosos, serán segregados y empacados adecuadamente para luego transportarse a empresas especializadas en el tratamiento de los mismos. Los restantes desechos no peligrosos (cartones, papeles, plásticos) recibirán disposición final, para su reuso o se formen nuevos materiales reciclados.

5. ESTUDIO ECONÓMICO

5.1. Presupuesto de instalación

Para la propuesta de instalación se deben analizar cada uno de los factores que intervienen, desde el estudio de mercado, el estudio técnico de ingeniería, el análisis administrativo legal, estudio de medio ambiente, entre otros.

5.2. Análisis de costos

Se realiza una descripción de cada uno de los costos en los que se incurre en la realización de la propuesta para el uso de paneles fotovoltaicos

5.2.1. Estudio de mercado

El estudio de mercado está enfocado para reducir los costos de la factura por concepto de energía eléctrica.

La fábrica de mermeladas Casa de Yegros incurre en un consumo alto de electricidad, puesto que poseen cierta cantidad de electrodomésticos tales como: refrigeradores, congeladores, estufas y demás electrodomésticos, los cuales se mantiene conectadas a la red 24 horas al día los 7 días a la semana.

- Oferta: en Guatemala hay varias empresas dedicados a la comercialización de productos para producir energía eléctrica con sistemas solares. En dichas compañías varían las marcas y precios de los productos que distribuyen.
- Demanda: la demanda para el uso de energía renovable en Guatemala, según estadísticas de la Dirección de Energía del Ministerio de Energía y Minas es del 80 %.

5.2.1.1. Costo de realización

El estudio de mercado con base en los datos proporcionados con la empresa y una entrevista no estructurada con el gerente general es estimado en Q 3 000,00.

5.2.2. Estudio técnico de ingeniería

Permite identificar cada uno de los equipos y componentes que se utilizarán en el uso de paneles fotovoltaicos en la empresa en estudio, para lo cual se determinan los costos generales de instalación, en los cuales están el valor de los paneles fotovoltaicos, así como el inversor, contador bidireccional, entre otros.

5.2.2.1. Costo general de instalación

El costo de instalación se determina por el total de los costos unitarios de cada uno de los equipos a utilizar y de la mano de obra de la instalación.

5.2.2.1.1. Paneles fotovoltaicos

El valor del panel fotovoltaico a utilizar según datos de la empresa Enersol es Q 4 455,00 para 9 paneles solares.

5.2.2.1.2. Inversor

El valor del inversor a utilizar según datos de la empresa Enersol es Q. 2 470,00.

5.2.2.1.3. Contador bidireccional

El valor del contador a utilizar según datos de la empresa Enersol es Q. 250,00.

5.2.2.1.4. Sistema de fijación y anclaje

Para el sistema de fijación y anclaje se utilizará un conductor RV-0.6/1KV 1x 4 mm conductor RV-K 0,6/1KV 1x 16 mm.

Además de un pequeño material de obra, tornillos, tacos de presión, bridas, arandelas, rollos de cinta, remache.

5.2.2.1.5. Mano de obra para instalación

Para instalación de los paneles solares, la empresa en estudio determina con base en sus costos de operación que el valor de realizar un armado de equipo tiene un costo estimado de Q 1 630,00.

5.2.2.2. Costos del diseño e impresión de planos

Para el diseño e impresión de planos, la empresa Enersol no proporcionó el dato, dado que el diseño de cada proyecto varía según las condiciones del terreno, el techo, la distancia del proyecto; por lo tanto, se cuenta con ese dato.

Se tiene un juego de 11 planos donde se describe el diagrama de líneas (2 planos), diagrama de fuerzas (2 planos), vista isométrica (3 planos), vista en planta de la instalación (2 planos) y conexión de los paneles solares (2 planos).

5.2.3. Estudio administrativo-legal

El estudio administrativo legal por parte de la empresa Enersol Q3 000,00.

El estudio administrativo legal incurre en la solicitud de dictamen de capacidad y conexión del generador de distribución renovable, trámite de autorización para conexiones aisladas a la red. Solicitud de calificación y autorización del proyecto ante el Ministerio de Energía y Minas en la Dirección General de Energía.

También las gestiones ante la Empresa Eléctrica de Guatemala-EEGSA, para las conexiones nuevas.

5.2.3.1. Costo de impresión de documentos

El costo de impresión de documento es de Q 385,00 para la realización del proyecto, dato proporcionado por Enersol.

El costo incurre en la impresión de planos, formularios, dictámenes, resoluciones y todo documento necesario que se deba presentar ante el Ministerio de Energía y Minas y la Empresa Eléctrica de Guatemala.

5.2.4. Estudio de medio ambiente

El estudio de medio ambiente ya está contemplado por parte de la empresa Enersol, el valor proporcionado es de Q4 000,00, esto incurre en las gestiones ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN.

5.2.5. Estudio económico

El estudio económico para el proyecto con base en los datos brindados por Enersol es Q 3 000,00.

5.2.5.1. Costos de transporte para realización del trabajo de graduación

El transporte para la realización del trabajo de graduación es estimado en un valor de Q 978,30 de combustible.

Tabla XV. Precio de gasolina, octubre de 2015

DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROCARBUROS
DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS ECONÓMICO

COMPARACIÓN PRECIOS PROMEDIO ACTUALES CON PRECIOS PROMEDIO SEMANA ANTERIOR
ÁREA METROPOLITANA

MODALIDAD: AUTOSERVICIO

FECHA DE INSPECCIÓN: 05 de octubre 2015

Producto	Monitoreo Anterior 28 septiembre de 2015	Monitoreo Actual 05 octubre de 2015	Diferencia
Superior 90	23.74	22.70	0.94
Superior 95	20.27	21.24	0.94
Diesel	17.12	18.01	0.89

MODALIDAD: SERVICIO COMPLETO

Producto	Monitoreo Anterior 28 septiembre de 2015	Monitoreo Actual 05 octubre de 2015	Diferencia
Superior 90	22.59	22.52	0.07
Superior 95	24.11	22.03	0.92
Diesel	17.99	18.88	0.89
Gasolina	20.95	20.95	0.00

Tipo de cambio del día: 7.71780 Quetzales/US Dólar

Fuente: Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Hidrocarburos, Departamento de Análisis Económico. www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/.../4.-Numero-4-Publicacion-15022007.pdf. Consulta: 2 de abril de 2015.

- Kilómetros recorridos = 46 km
- Precio de galón de combustible superior= Q 21,74
- Costo de transporte= 46 km * Q 21,74 = Q 1 000,04

5.2.6. Estudio financiero

A continuación, se presenta el desglose de los costos del proyecto.

Tabla XVI. Costos del proyecto, 1

Material solar		Precio	
9 paneles solares		Costo de panel solar Q 495 Q95*9 paneles= Q 4 455,00	
Estructura Schüco con carril base y perfil 1 incluido conjunto de grapas y tornillos		Q 1,161,60	
Inversor SMA Sunny Boy 5000 TL		Q 2,470,00	
Estudio administrativo legal		Q 3 000,00	
Estudio de medio ambiente		Q4 000,00	
Impresión de documentos		Q 385,00	
Estudio económico		Q 3 000,00	
Transporte		Q 1 000,00	
Instalación eléctrica	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Cableado instalación			
Conductor RV-0.6/1KV 1x 4 mm	Q 0.48	120	Q58,00
Conductor RV-K 0.6/1KV 1x 16mm	Q1.26	200	Q252,00
Bandeja	Q 12,40	150	Q 1 860,00
Tornillos, tacos de presión, bridas, arandelas, rollos de cinta, remaches ...	Q1.500,00	1	Q1 500,00
	Protección CC/CA	Cantidad	
Fusibles 16 A	Q 0,77	4	Q3,08
Portafusibles de 16 A	Q 4,77	4	Q 19,08
Varistor 1000V	Q 59,28	2	Q 118,56
Caja para protecciones	Q 367,20	1	Q 367,20
Diferencial 2x40 30mA	Q 46,35	1	Q 46,35
Magnet. 2P 25 A	Q 19,51	1	Q 19,51
	Puesta a tierra	Cantidad	
Pica de acero/cobre /UNE 1500x14.2	Q 13,62	3	Q 40,86
Brida Lat/Cu P/Pica 14 mm	Q 1,80	6	Q 10,80
Cable desnudo 35mm (Kg)	Q 7,40	10	Q 74,00
Contador ARMARIO CPMVM UF	Q 250,00	1	Q 250,00
Sistema de monitorización Sunny boy Control Plus	1 339,00	1	1 339,00
Instalación y puesta en marcha de la instalación	Q 250,00	1	Q1 630,00
TOTAL	1 339,00		Q 27 060,84

Fuente: elaboración propia.

5.2.7. Análisis de sensibilidad y riesgos

En finanzas existe una relación directa entre el riesgo de una inversión y los beneficios; de manera general, se puede decir que entre mayores sean los beneficios más riesgos implica la inversión. Un aspecto importante para disminuir los riesgos es la diversificación de inversiones: mientras más amplia es la gama de elecciones, se disminuye el riesgo de una manera en particular. Otra variable que se debe considerar es el tiempo de riesgo que se desea mantener en la inversión ya que existe una relación directa entre estos.

El análisis de sensibilidad permite determinar la viabilidad de un proyecto con base en los flujos de efectivo que producirá durante su vida, el presupuesto de capital que se necesitará para llevar a cabo tal proyecto, el tiempo en que se recuperará la inversión, además, establecer el riesgo que implica desarrollarlo.

En la formulación de proyectos es frecuente encontrar que los resultados económicos previsible son dependientes de los valores asignables a las variables de los mercados de materias primas y productos, a la eficiencia de los procesos y a otras variables de diversa índole. En tales casos, la supeditación de los resultados económicos previsible de la operación de la empresa a valores preestablecidos de dichas variables que actúan como parámetros, da lugar a que el estudio carezca de flexibilidad, ya que no quedan incluidos los efectos que se derivarían de cambios en los parámetros y condiciones considerados al inicio.

El análisis de sensibilidad es una de las técnicas más empleadas para afrontar los proyectos, ya que mide cómo los valores esperados en un modelo financiero o de mercado serían afectados por cambios en la base de datos para su formulación. El beneficio máximo de ese análisis es que provee de inmediato

una medida financiera sobre las consecuencias de posibles errores de predicción. Asimismo, ayuda a enfocarlos puntos o variables que son más sensibles.

En el capítulo seis se realiza un análisis de la evaluación financiera del proyecto.

6. ESTUDIO FINANCIERO

6.1. Inversión

Para la inversión del proyecto se tomaron como base los datos proporcionados por la empresa Enersol. Seguidamente, se procede a realizar el flujo de efectivo del estudio financiero.

Tabla XVII. **Costos del proyecto, 2**

Material solar	Precio
9 paneles solares	Q 4 455,00
Estructura Schüco con carril base y perfil 1 incluido conjunto de grapas y tornillos	Q 1 161,60
Inversor SMA Sunny Boy 5000 TL	Q 2 470,00
Estudio administrativo legal	Q 3 000,00
Estudio de medio ambiente	Q 4 000,00
Impresión de documentos	Q 385,00
Estudio económico	Q 3 000,00
Transporte	Q 1 000,00

Instalación eléctrica	Cantidad	Precio total
Cableado instalación		
Conductor RV-0,6/1KV 1x 4 mm	120	Q58,00
Conductor RV-K 0,6/1KV 1x 16mm	200	Q252,00
Bandeja	150	Q 1 860,00
Material de obra		
Tornillos, tacos de presión, bridas, arandelas, rollos de cinta, remaches.	1	Q1 500,00

Continuación de la tabla XVII.

Protección CC/CA		
Fusibles 16 A	4	Q3,08
Portafusibles de 16 A	4	Q 19,08
Varistor 1000V	2	Q 118,56
Caja para protecciones	1	Q 367,20
Diferencial 2x40 30mA	1	Q 46,35
Magnet. 2P 25 A	1	Q 19,51
Puesta a tierra		
Pica de acero/cobre /UNE 1500x14.2	3	Q 40,86
Brida Lat/Cu P/Pica 14 mm	6	Q 10,80
Cable desnudo 35mm (Kg)	10	Q 74,00
Contador ARMARIO CPMVM UF	1	Q 250,00
Sistema de monitorización Sunny boy Control Plus	1	1 339,00
Instalación y puesta en marcha de la instalación	1	Q1 630,00
TOTAL		Q 27 060,84

Fuente: elaboración propia.

En la sección 6.1.2 se describen los estados de flujo de efectivo. la evaluación de la rentabilidad con base en el valor presente neto, tasa interna de retorno, costo/beneficio se describe en la sección 6.1.3.

6.1.1. Flujos de efectivo

A continuación, se presenta el flujo de efectivo del estudio financiero.

Tabla XVIII. **Proyección**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Inversión inicial	Q 27 060,84						
Inversión propia	20 %						
Inversión a deuda	80 %						
Importe de capital inicial	Q 5 412,17						
Importe inicial de la deuda	Q 21 648,67						
Plazo	6 años						
Principal a amortizar		Q 3 608,11	Q 3 608,11	Q 3 608,11	Q 3 608,11	Q 3 608,11	Q 3 608,11
Importe inicial de la deuda	Q 21 648,67	Q 18 040,56	Q 14 432,45	Q 10 824,34	Q 7 216,22	Q 3 608,11	
Importe de la deuda							
Interés	4,86 %						
Interés de la deuda		Q 1 052,99	Q 877,49	Q 701,99	Q 526,50	Q 351,00	Q 175,50
Servicio a deuda anual		Q 4 661,10	Q 4 485,60	Q 4 310,11	Q 4 134,61	Q 3 951,11	Q 3 786,61

Fuente: elaboración propia.

6.1.2. **Financiamiento**

Para el financiamiento del proyecto la empresa en estudio cuenta con la opción de dar un importe de capital inicial de Q 5 412,17, un adelanto del proyecto. La diferencia que corresponde a Q21 648,67 se financiará a un plazo de seis años para cubrir el total del proyecto.

El financiamiento se realizará por medio de un crédito a través de uno de los bancos más reconocidos en Guatemala.

6.1.2.1. **Indicadores financieros**

El flujo de efectivo es un cuadro sinóptico que muestra las entradas y salidas de efectivo de un período determinado. Se realiza con el fin de conocer la cantidad de efectivo que requiere la empresa para operar durante un tiempo determinado (semana, mes, trimestre, semestre, año). Un problema frecuente en las pequeñas empresas es la falta de liquidez para cubrir necesidades

inmediatas, por lo que se recurre frecuentemente a entidades financieras con el fin de solicitar préstamos a corto plazo y con costos altos. Una forma sencilla de planear y controlar a corto y mediano plazo las necesidades de recursos, consiste en planificar las necesidades de efectivo de un negocio en un tiempo determinado.

- El análisis de los estados financieros permite determinar la situación financiera de un negocio en cuanto a la capacidad que tiene la empresa de generar liquidez, solvencia y mejores rendimientos a los accionistas.

El análisis de los estados financieros es el conjunto de técnicas que servirán de ayuda y soporte en el proceso de toma de decisiones.

El concepto así definido es sumamente amplio y engloba, por un lado, distintas técnicas o tipos de análisis y, por otro lado, diferentes tipos de decisiones.

- Las razones financieras constituyen una parte de los índices financieros de una empresa y consisten en analizar hechos relevantes acerca de las operaciones y la situación financiera de un negocio. Para que el método sea efectivo, las razones financieras deben ser evaluadas conjuntamente y no en forma individual. Asimismo, deberá tomarse en cuenta la tendencia que han mostrado en el tiempo.

Analizar las razones financieras es de vital importancia en el conocimiento de la situación financiera real de una empresa, ya que miden la interdependencia que existe entre diferentes partidas del balance de situación y del estado de resultados.

A continuación, se presenta un análisis de los indicadores financieros de la empresa en estudio, se procedió a determinar el estado de flujo de efectivos para calcular los indicadores financieros.

Lo datos para el análisis fueron proporcionados por la gerencia general con base en la memoria de labores 2015. Fábrica de Mermeladas Artesanales Casa De Yegros.

Tabla XIX. Estado de flujo de efectivo

Estado de flujo de efectivo	2012	2013	2014
Ganancias de las actividades de operación	Q 3 070,00	-Q 270,00	Q 2 300,00
Ajustes por:			
Provisión de cuentas incobrables	Q 400,00	-Q 200,00	Q 1 100,00
Depreciaciones y amortizaciones	Q 4 850,00	Q 6 700,00	Q 6 170,00
Ganancia antes de cambios en el capital de Incrementos/decrementos en flujos de operación	Q 8 320,00	Q 6 230,00	Q 9 570,00
(Aumento) disminución en cuentas por cobrar	-Q 2 100,00	-Q 12 900,00	Q 14 400,00
(Aumento) disminución en inventarios	-Q 2 805,70	Q 1 320,00	-Q 2 505,00
Aumento (disminución) cuentas por pagar	Q 4 559,00	-Q 7 749,00	-Q 2 750,00
(Aumento) disminución en otros activos	Q 1 690,00	-Q 20,00	-Q 20,00
subtotales	Q 1 343,30	-Q 19 349,00	-Q 1 675,00
Flujos netos de efectivo de actividades de operación	Q 9 663,30	-Q 13 119,00	Q 10 105,00
Flujos de efectivo por actividades de inversión			
Compra de acciones		-Q 161,00	
Compra de activos fijos	-Q 3 681,00	-Q 555,00	-Q 9 200,00
Flujo neto de efectivo usado en actividades de inversión	-Q 3 681,00	-Q 716,00	-Q 9 200,00
Flujos de Efectivo por actividades de financiamiento			
Pago de dividendos			
Devolución pagos en exceso de capital	-Q 1 000,00		
Préstamos bancarios neto	-Q 7 382,30		
Flujo neto de efectivo usado en actividades de financiamiento	-Q 8 382,30	Q 15 235,00	Q 18 805,00
Incremento neto de efectivo y equivalentes al efectivo	-Q 2,400.00	Q 1,400.00	Q 500.00
Efectivo y equivalentes al efectivo al principio del período	Q 4,500.00	Q 2,100.00	Q 3,500.00
Efectivo y equivalentes de efectivo al final del período	Q 2,100.00	Q 3,500.00	Q 3,000.00

Fuente: elaboración propia.

Análisis de variaciones importantes que afectan la generación de flujos de efectivo

- Variación de cuentas por cobrar: durante los tres años analizados, las cuentas por cobrar presentan una variación negativa, esto implica que los saldos han ido aumentando; además, afecta la generación de flujos de efectivo debido a que para efectos de análisis se considera como capital de trabajo no recuperado. El efecto en la recuperación se debe a que las ventas han incrementado cada año y hace que las cuentas por cobrar aumenten; es un fenómeno lineal, a mayores ventas, mayores cuentas por cobrar. Es importante analizar las razones del incremento en las cuentas por cobrar, ya que la empresa depende mucho de su generación de flujos de efectivo, a mayor tiempo de recuperación de efectivo mayor será el capital de trabajo que la empresa necesite para financiar la operación. Es aquí donde las compañías acuden a financiamientos externos debido a que la generación de flujos de efectivo no es suficiente para cubrir los eventos operacionales y no cuentan con la suficiente liquidez.
- Variaciones de inventarios: las variaciones negativas significan que los saldos de inventarios han subido en relación al año anterior, e implica que se necesitó mayores flujos de efectivo para financiar la compra de estos excedentes de inventarios. Cuando la variación es positiva significa que los saldos de inventarios disminuyeron en relación al año anterior que para efectos de flujos de efectivo se considera una mejora ya que se está optimizando la utilización del efectivo. El hecho de optimizar la utilización de los inventarios no significa que la empresa se quede expuesta a problemas de suministros de materias primas en sus procesos de producción. Es evidente que la compañía, bajo el análisis

actual, si vende más, necesita incrementar sus inventarios, este evento para efectos de flujos de efectivo se puede contrarrestar al apoyar la operación con los proveedores.

- Variación en cuentas por pagar: cuando la variación es positiva, significa que el saldo de cuentas por pagar se incrementó, que es favorable para efectos de flujos de efectivo, ya que indica que se está obteniendo más días de crédito con los proveedores. Cuando la variación es negativa, significa que el saldo de cuentas por pagar está disminuyendo y que los proveedores están dando menos días de crédito o bien se están efectuando pagos anticipados. Aquí es importante evaluar los riesgos del negocio. Para el caso específico de esta empresa, están expuestos a situaciones climáticas, e implica que el gerente de compras tiene que efectuar compras a futuro con lo cual se firman convenios de pago. En estas firmas de convenios siempre se requieren pagos anticipados o bien depósitos en garantía que afectan las salidas de flujos de efectivo.

Tabla XX. Indicadores financieros

Liquidez	Fórmula	Año			Indicador empresa
		2012	2013	2014	
Circulante	Activo circulante	1,2	1,5	1,7	1,5
	Pasivo circulante				
Prueba del ácido	Activo circulante-inventario	0,8	1	1,1	1
	Pasivo circulante				
Administración de activos					
Rotación de inventarios	Costo de ventas	2,3	2,8	2,5	4,5
	inventarios				
Rotación cuentas por cobrar	$\frac{\text{Cuentas por cobrar}}{\text{Ventas anuales} / 360}$	139	152	137	90
Administración de deudas					
Razón de endeudamiento	Deudas totales	58 %	41 %	45 %	40 %
	Activos totales				
Días pendientes pago proveedores	Saldo proveedores	137	83	57	90
	Costo de ventas/360				
Razón de interés	Utilidad antes de impuestos	2,16	1,16	1,86	3
	Cargos por intereses				
Costo financiero promedio	Cargo por intereses	9,10 %	8 %	6 %	
	Total de préstamos				

Fuente: elaboración propia.

Las razones financieras se utilizan para conocer hechos relevantes de los estados financieros; para este análisis se están considerando aquellas que tienen relación con el área financiera de la empresa.

- Razones de liquidez: las razones de liquidez miden la capacidad de pago de la empresa de sus pasivos corrientes, la prueba circulante de la empresa oscila entre 1,2 y 1,7, y significa que para cada quetzal (Q1.0) de deuda, se cuenta con (Q1,2 y Q1,7) de activos de rápida realización para cumplir con esta obligación. La prueba de ácido mide la capacidad de pago que tiene la empresa para cubrir los pasivos corrientes sin

considerar sus inventarios. Como se observa, la razón indica que la empresa tiene entre Q0.8 y Q1.1 de activos corrientes de fácil realización para cubrir Q1.0 de pasivos corrientes. Si se observa el balance general, el rubro de pasivos corrientes considera los saldos de préstamos bancarios por pagar a corto plazo; parte de estos préstamos están garantizados con propiedad planta y equipo, pero para efectos de análisis de esta razón financiera, no se segrega, ya que las razones son indicadores de medición financiera como evaluación de riesgo de negocio. Las razones financieras reales que maneja la empresa se consideran razonables en función de las políticas establecidas por la empresa.

- Administración de activos: estas razones miden la capacidad que tiene la empresa en la generación de flujo de efectivo al optimizar sus recursos.
 - Rotación de inventarios: la razón de rotación de inventarios para la empresa oscila en 2,2 y 2,8 veces al año, si la rotación de inventarios se convierte a días ($360/2,2$, $360/2,8$), se puede decir que la empresa maneja inventarios en sus bodegas entre 164 y 128 días. La política de la empresa indica que los inventarios deben rotar 4,5 veces al año lo que, convertido en días, equivale a 80 días ($360/4,5$).
 - Esta razón está muy desviada de lo que pretende la empresa y se están invirtiendo flujos de efectivo en capital de trabajo estancado.
 - Rotación de cuentas por cobrar: esta razón mide la eficiencia que tiene la empresa en la recuperación de sus cuentas por cobrar: a mayor recuperación de cuentas por cobrar, mayor generación de

flujos de efectivo. Si la empresa genera mayores flujos de efectivo, este lo puede utilizar para disminuir la deuda financiera, o bien para convertir más eficiente la utilización del efectivo en las actividades de operación.

En este caso se observa que la empresa recupera sus cuentas por cobrar entre 139 y 154 días, que contrasta con la política de créditos de la empresa e indica que las cuentas por cobrar deben recuperarse en un máximo de 90 días, dependiendo del tipo de cliente al cual se le otorga crédito. Esta es un área de oportunidad para generar flujos de efectivo para la empresa, ya que sus indicadores reales están muy por encima de los estipulados en las políticas, tal como lo indica la gerencia.

- Administración de deuda: estas razones miden la eficiencia de la administración de las deudas.
 - Razón de endeudamiento: este factor mide el porcentaje de endeudamiento de una entidad económica, en este caso se observa que el endeudamiento de la empresa oscila entre el 40 % y 60 %. Para el caso de la empresa, de acuerdo con las políticas, la razón de endeudamiento se mantiene dentro de los parámetros establecidos.

6.1.3. Evaluación financiera del proyecto

Para la evaluación financiera del proyecto se utiliza el valor anual neto, el cual es una alternativa para la toma de decisiones de inversión, lo cual permite determinar de antemano si una inversión es factible realizarla; cuando el valor

es menor que cero (0) determina que el proyecto no es rentable a diferencias cuando da un valor mayor a cero (0), lo cual es factible el proyecto.

La tasa interna de retorno es la tasa máxima de utilidad que puede pagarse u obtenerse en la evaluación de una alternativa.

La relación costo beneficio es un método que evalúa la eficiencia con que se utilizan los recursos de un proyecto determinado, si los ingresos superan a los costos el proyecto es aceptable; en caso contrario, el proyecto debe ser rechazado.

6.1.3.1. Valor actual neto (VAN)

Con el monto de la inversión inicial de Q 27 060,84, con unos ingresos esperados de Q 75 000,00 unos gastos de Q 350 00,00. Se determina el valor actual neto de la propuesta.

$$\begin{aligned}
 VPN &= -27060,84 - 35\ 000 \left[\frac{(1 + 0,10)^6 - 1}{0,10(1 + 0,10)^6} \right] \\
 &+ 75\ 000 \left[\frac{(1 + 0,10)^6 - 1}{0,10(1 + 0,10)^6} \right] \\
 &= 147135,8 \\
 \\
 VPN &= -27060,84 - 35\ 000 \left[\frac{(1 + 0,20)^6 - 1}{0,20(1 + 0,20)^6} \right] \\
 &+ 75\ 000 \left[\frac{(1 + 0,20)^6 - 1}{0,20(1 + 0,20)^6} \right] =
 \end{aligned}$$

$$= 105921,30$$

6.1.3.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Para calcular la tasa interna de retorno se utiliza la siguiente fórmula.

$$TIR = \left[\frac{(tasa1 - tasa2) - (0 - VPN(-))}{(VPN +) - (VPN(-))} \right] + tasa2$$

$$TIR = \left[\frac{(10-20) - (0 - 105921,30)}{(147135,80) - (105921,30)} \right] + 20$$

$$= 22,56 \%$$

La tasa interna de retorno para la inversión es de 22,56 %. Esto indica que es la tasa máxima de pago para obtener una alternativa económica.

6.1.3.3. Costo/beneficio

El costo beneficio del proyecto se determina entre el resultado de dividir los ingresos/egresos del proyecto.

Para el estudio de la empresa se determinan en base al VPN los siguientes valores:

	VPN egresos	VPN ingresos	Ratio
Propuesta 1	Q 179 482,34	Q 326 617,50	1,82
Propuesta 2	Q 143 453,34	Q 249 412,50	1,73

Considerando que ambas opciones son rentables porque son mayores que uno (1), la primera propuesta da un mayor beneficio.

Al conocer la relación de beneficio costo a obtener en proyecto, este indica que se tiene para cubrir cada quetzal de gastos Q 1,82 de ingresos, lo cual determina que el proyecto de inversión logrará solventar sus egresos inmediatos.

CONCLUSIONES

1. Para sustituir la energía eléctrica utilizada en la fábrica se necesitan 9 paneles de 280 w para el sistema, ya que la demanda es de 39,27 kWh.
2. En el mercado se estima que la utilización de paneles solares a diferencia de diez años atrás, era muy poco conocida y aplicada; hoy en día, se cuenta con varias empresas que brindan el servicio de diseño, instalación y mantenimiento para el uso de paneles fotovoltaicos conectados a la red o no. La mayoría de hoteles cuentan con este sistema dado que los costos de energía eléctrica son elevados para las empresas representa un ahorro en sus costos de operación.
3. La empresa cuenta con un techo plano, la instalación de los paneles es factible, dado que se colocaran a un 15 grados de inclinación con base en recomendaciones del fabricante, por la posición geográfica que se encuentra Guatemala.
4. Para la factibilidad de la propuesta se realizó un presupuesto para la instalación y compra del equipo; con el fin de analizar si es rentable la inversión, se efectuó un análisis financiero a través del valor presente neto y costobeneficio. Para la inversión se determinó un monto de Q 27 060,84, de la cual se financiará un 80 %, la empresa dará el 20 % como pago inicial, para un periodo de 6 años en el cual se recuperará la inversión. El factor del costo beneficio es de 1,82, lo cual representa que por cada quetzal invertido la empresa gana Q 0,82. La prueba de ácido mide la capacidad de pago que tiene la empresa para cubrir los pasivos

corrientes sin considerar sus inventarios. Como se observa, la razón indica que la empresa tiene entre Q0,8 y Q1,1 de activos corrientes de fácil realización para cubrir Q1,0 de pasivos corrientes.

5. Los paneles fotovoltaicos no generan impacto ambiental, al contrario, benefician en la reducción de CO₂, ya que la energía eléctrica no se genera por medio de combustibles fósiles como lo es el carbón, bunker.
6. El estudio administrativo determinó que el financiamiento para la instalación de los paneles solares no tiene ningún riesgo, dado que la inversión se recupera en un 90 % y la factura por concepto de energía eléctrica disminuye en un 40 %.
7. El análisis costo/beneficio da como relación que se tiene para cubrir cada quetzal de gastos Q 1,82 de ingresos, lo cual determina que el proyecto de inversión logrará solventar sus egresos inmediatos. Dado que por cada quetzal invertido la empresa genera Q0,82.

RECOMENDACIONES

1. Para el mantenimiento del panel fotovoltaico se deben tomar las siguientes acciones.
 - Limpiar la cubierta del panel solar fotovoltaico, el tiempo entre una limpieza y otra se realice teniendo en cuenta el nivel de suciedad ambiental. Se aconseja cada dos meses. La limpieza debe efectuarse con agua y un paño suave; de ser necesario, emplear detergente.
 - Verificar que no haya terminales flojos ni rotos, que las conexiones estén bien apretadas y que los conductores se hallen en buenas condiciones. En caso de detectar anomalías, se debe contactar con el proveedor el panel.
 - Verificar que la estructura de soporte esté en buenas condiciones. En caso de que esta no se encuentre protegida contra la intemperie, dar tratamiento con pintura vinílica.
 - Podar los árboles que puedan provocar sombra en el panel solar fotovoltaico.
2. Mantenimiento de la batería de acumulación: esto es el elemento de los sistemas solares fotovoltaicos de pequeña potencia que representa mayor peligro para cualquier persona.

- Verificar que el local de ubicación de las baterías de acumulación esté bien ventilado y que las baterías se encuentren protegidas de los rayos solares.
 - Mantener el nivel de electrolito en los límites adecuados (adicione solamente agua destilada cuando sea necesario para reponer las pérdidas ocasionadas durante el gaseo). Se recomienda, en la práctica, que siempre el electrolito cubra totalmente las placas, entre 10 y 12 mm por encima del borde superior.
 - Verificar que los bornes de conexión estén bien apretados.
 - No utilizar, en sustitución del agua destilada para rellenar la batería de acumulación, agua de río, hervida u otro tipo que no sea la recomendada, ya que esto daña la vida útil de la batería de acumulación.
3. Mantenimiento del inversor o convertidor CD/CA.
- Verificar que el área de ubicación del inversor se mantenga limpia, seca y bien ventilada.
 - Verificar que el inversor esté protegido de los rayos solares.
 - Comprobar que el inversor funciona adecuadamente y que no se producen ruidos extraños dentro de este. En caso de que la operación sea defectuosa o no funcione, se debe contactar al personal especializado (proveedor).

4. Desconectar los equipos en los días de tormentas eléctricas fuertes y ciclones para evitar que una descarga atmosférica pueda averiarlos.
5. No conectar al sistema equipos electrodomésticos o de otro tipo que no hayan sido considerados en el diseño, sin consultar a los especialistas (personal técnico de la empresa distribuidora), ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar su mal funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. COHEN DETLEFSEN, Eduardo. *Uso y diseño de la energía solar en ingeniería*. Trabajo de graduación de Ing. En Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. 127 p.
2. FUNES AGUIRRE, Fernando Antonio. *Modelo de sistema energético descentralizado basado en tecnología fotovoltaica para electrificación de poblaciones rurales aisladas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998. 122 p.
3. GÁLVEZ BERRÍOS, Manuel Antonio. *Factibilidad de utilizar la energía solar para el precalentamiento de agua para caldera*. Trabajo de graduación de Ing. En Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1978. 127 p.
4. OVALLE SAENZ, Flavio Francisco. *Aplicaciones de energía solar y control de panel fotovoltaico*. Trabajo de graduación de Ing. En Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1993. 127 p.
5. SAGASTUME GARCÍA, Carlos Humberto. *Estudio de prefactibilidad para una pequeña empresa productora de calentadores de agua*

mediante paneles solares. Trabajo de graduación de Ing. Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1993. 82 p.

6. SÚCHITE FRANCO, Jorge Antonio. *Aplicación de la energía solar en las aldeas de Huite, Zacapa.* Trabajo de graduación. de Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1997. 136 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **La celda fotovoltaica**

La celda fotovoltaica, es una fuente de energía, cuyo voltaje de salida varía en relación con la intensidad luminosa sobre su superficie. Una celda fotovoltaica es un dispositivo pasivo, que no es capaz de producir energía, su resistencia varia en la relación con la intensidad luminosa de su superficie.⁷

- **Funcionamiento**
 - La luz se refleja sobre la zona que está cargada de electrones, estos con la energía solar, se excitan y saltan a la zona que está compuesta por huecos (cargas positivas). En esta zona los electrones que han saltado se recombinan con los huecos y producen energía eléctrica, que es la que se aprovecha para su suministro a aparatos de energía eléctrica.

Los módulos fotovoltaicos generalmente suelen estar compuestos por unas 36 células solares cuyos tamaños, grosor y peso oscilan entre (0,5m²-1m², grosor 3,5cm-5cm, y peso de 5- 12Kg).

⁷ MALOY, Timothy J. *Electrónica industrial moderna*. p. 417.

Continuación del apéndice 1.

Los módulos solares fotovoltaicos consisten, por lo tanto, en células individuales que se conectan en serie y en paralelo para producir el voltaje y la corriente deseada. Las células generalmente están encapsuladas en un material protector transparente y alojadas en un bastidor de aluminio. Los paneles

de FV son de larga duración con garantías que abarcan hasta 20 años.

Las células se pueden combinar de diferentes formas dentro de los módulos solares, para así aumentar su tensión o intensidad:

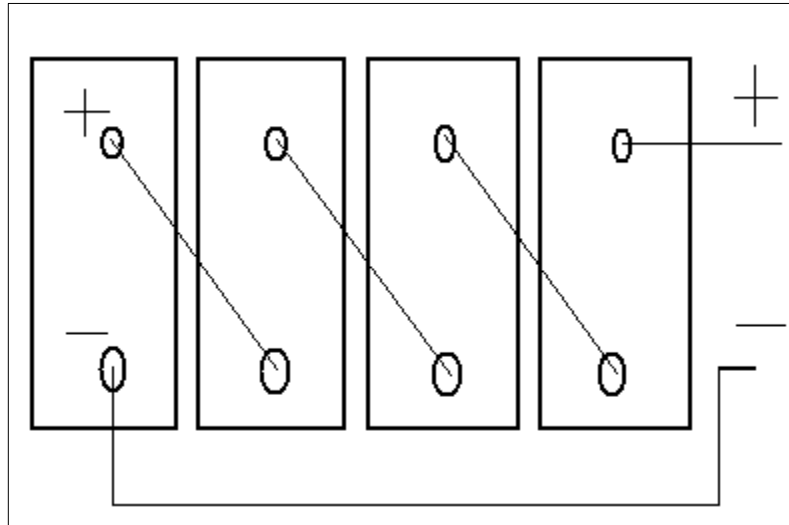
- Puestas en serie: se incrementa la tensión y se mantiene la intensidad.

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$$

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Configuración de paneles fotovoltaicos en serie**



Fuente: elaboración propia.

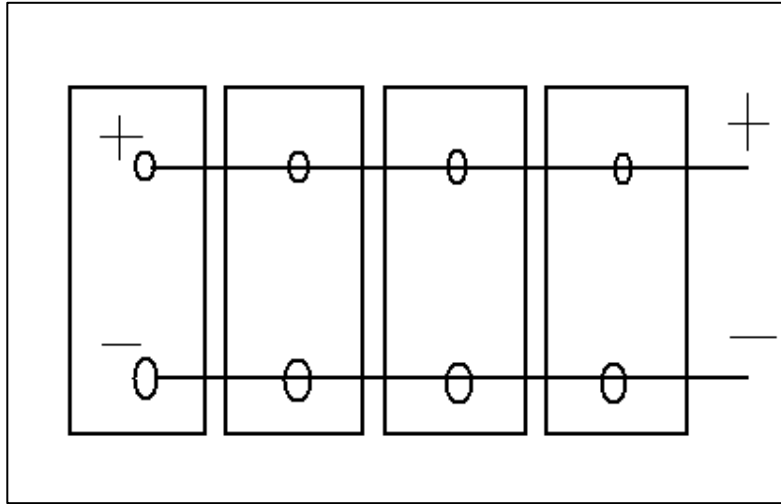
Apéndice 3. **Puestas en paralelo: se mantiene la tensión, pero se suman las intensidades**

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = V_4$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

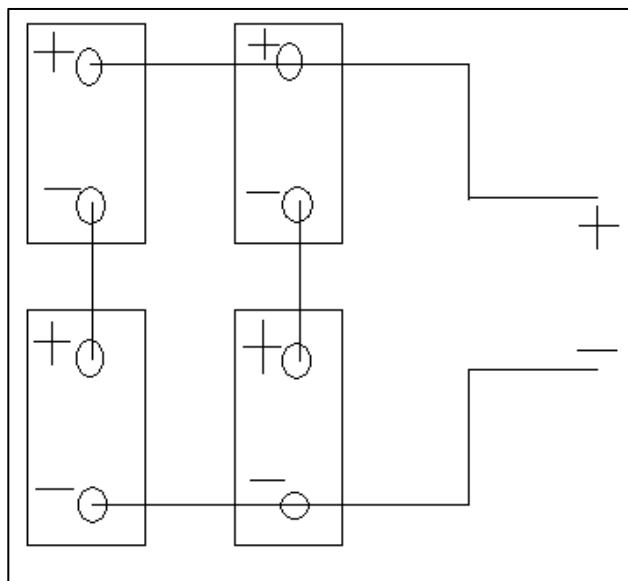
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Configuración de paneles fotovoltaicos en paralelo**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Configuración de paneles solares fotovoltaicos mixtos**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Conexión con diodos**

El punto caliente en un módulo solar fotovoltaico se origina cuando una de las células está averiada o bajo sombra. Esta situación puede dañar el módulo por completo, ya que se producen picos de corriente elevados y el panel se calienta mucho. Para evitar esto, existe una solución que ya viene de fábrica en todos los módulos, consistente en instalar diodos.

Los diodos son componentes electrónicos que permiten el paso de corriente en una única dirección. En los sistemas fotovoltaicos generalmente se utilizan de dos formas: como diodos de bloqueo y como diodos de *by-pass*¹.

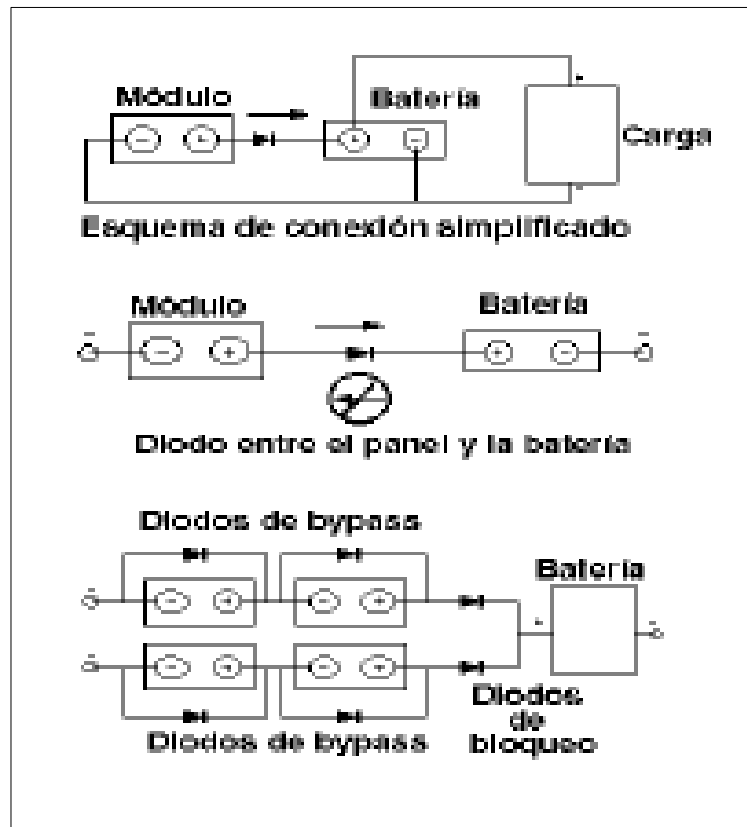
Los diodos de bloqueo impiden que la batería se descargue a través de los paneles fotovoltaicos en ausencia de luz solar. Evitan también que el flujo de corriente se invierta entre bloques de paneles conectados en paralelo, cuando en uno o más de ellos se produce una sombra.

Los diodos de *by-pass* protegen individualmente a cada panel de posibles daños ocasionados por sombras parciales. Deben ser utilizados en disposiciones en las que los módulos están conectados en serie. Generalmente no son necesarios en sistemas que funcionan a 24 V o menos.

Mientras que los diodos de bloqueo evitan que un grupo de paneles en serie absorba flujo de corriente de otro grupo conectado a él en paralelo, los diodos de *by-pass* impiden que cada módulo individualmente absorba corriente de otro de los módulos del grupo, si en uno o más módulos del mismo se produce una sombra.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Esquema de conexión con diodos



Fuente: elaboración propia.