



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

**PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA ALIMENTAR UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
AUTOMATIZADA DE ENVASADO EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS**

Mario Eduardo Estrada Ochoa
Asesorado por el Carlos Arturo López Miranda

Guatemala, marzo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA ALIMENTAR UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
AUTOMATIZADA DE ENVASADO EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO EDUARDO ESTRADA OCHOA

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ARTURO LÓPEZ MIRANDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Aldo Humberto Ozaeta
EXAMINADORA	Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA ALIMENTAR UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN
AUTOMATIZADA DE ENVASADO EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 23 de septiembre de 2016.


Mario Eduardo Estrada Ochoa

Guatemala, 10 de septiembre de 2018


Ingeniero
Juan José Peralta Dardón
Director de Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Peralta:

Extendiendo un saludo muy cordial de mi parte y deseándole éxitos en su labor como director de la Escuela de Mecánica Industrial.

Me dirijo a usted para comunicarle que he asesorado al estudiante de ingeniería industrial, Mario Eduardo Estrada Ochoa, con número de carné: 2004-13320, con el tema de "Paneles solares Fotovoltaicos para alimentar una línea de producción automatizada de envasado en una embotelladora de bebidas". Luego de revisar el proyecto final, le doy mi visto bueno para que siga su proceso de revisión dentro de la escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

Sin otro Particular, atentamente


Ing. Carlos Arturo López Miranda
Número de Colegiado: 11191

Carlos Arturo López Miranda
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 11.191



REF.REV.EMI.153.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA ALIMENTAR UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA DE ENVASADO EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS**, presentado por el estudiante universitario **Mario Eduardo Estrada Ochoa**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
Colegiado No. 7218

Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.042.019

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 **PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA ALIMENTAR UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA DE ENVASADO EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS**, presentado por el estudiante universitario **Mario Eduardo Estrada Ochoa**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“DID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2019.

/mgp



DTG.116.2019

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: **PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA ALIMENTAR UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA DE ENVASADO EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS**, presentado por el estudiante universitario: **Mario Eduardo Estrada Ochoa**, 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, marzo de 2019

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la bendición de poder ir a la universidad y terminar mi carrera.
- Mis padres** Sandra Ochoa y Osmar Estrada, por apoyarme a lo largo de los años en mi carrera y en todo lo que me propongo; por el sacrificio tan grande que han hecho por mí y por mis hermanos y por instarme a alcanzar mis metas.
- Mi familia** Por formar parte de este logro, ya que son las personas con las que he convivido en mi vida y a quienes quiero inspirar, para que sean mejores personas.
- Mis amigos** Por compartir y apoyarnos mutuamente en las decisiones tomadas a lo largo de la carrera y estar conmigo durante este tiempo de sacrificio y esfuerzo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme los conocimientos para ser un buen profesional.
Facultad de Ingeniería	Por ser una importante influencia en mi carrera.
Mi novia	Karola Martínez, por su cariño incondicional y su apoyo a lo largo de este proceso, porque me motiva y porque quiero hacerla sentir orgullosa de todos mis triunfos.
Catedráticos	De la Facultad de Ingeniería, por su destacada labor como docentes y por compartir sus conocimientos con cada uno de nosotros.
Mi asesor	Ing. Carlos Arturo López Miranda, por su amistad y apoyo, por no desampararme durante la realización de este trabajo de graduación y por compartir sus conocimientos guiándome a concluir mis estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. La empresa.....	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.2. Historia	2
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión.....	3
1.2. Tipo de organización	3
1.2.1. Organigrama.....	3
1.2.2. Descripción de puestos	4
1.3. Planeamiento de la distribución interna y manejo de materiales	6
1.3.1. Eficiencia del equipo.....	6
1.3.2. Tiempo de ocio	6
1.3.3. Horas/hombres requeridas	7
1.3.4. Accidentes laborales.....	7
1.3.5. Programa de mantenimiento	7
1.3.6. Diagrama de operaciones.....	7
1.3.7. Diagrama de flujo.....	8

1.3.8.	Diagrama de recorrido.....	8
1.4.	Distribución de planta de acuerdo con la línea de producción automatizada.....	8
1.4.1.	Distribución de la línea	8
1.4.2.	Distribución de acuerdo con el producto	9
1.5.	Paneles solares fotovoltaicos.....	9
1.5.1.	Definición.....	9
1.5.2.	Características	9
1.5.3.	Tipos de paneles	10
1.5.4.	Eficiencia.....	11
1.5.5.	Funcionamiento.....	11
1.6.	Inversor de corriente	12
1.6.1.	Definición.....	12
1.6.2.	Características	13
1.6.3.	Funcionamiento.....	14
1.7.	Mantenimiento.....	15
1.7.1.	Definición.....	15
1.7.2.	Tipos	15
1.7.2.1.	Correctivo	15
1.7.2.2.	Preventivo	15
1.7.2.3.	Predictivo.....	16
1.7.2.4.	Proactivo	16
1.8.	Energía renovable en Guatemala	16
1.8.1.	Energía hidráulica	16
1.8.2.	Energía eólica	17
1.8.3.	Energía solar	18
1.8.4.	Energía de la biomasa	18
1.9.	Energía solar en Guatemala	18

2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	21
2.1.	Descripción del producto que se fabrica.....	21
2.2.	Materia prima para la fabricación del producto.....	21
2.3.	Descripción del equipo	22
2.3.1.	Descripción del producto que se fabrica.....	22
2.3.2.	Herramientas utilizadas para el funcionamiento de la línea de producción.....	23
2.4.	Descripción del proceso de envasado.....	23
2.4.1.	Recepción de botellas	23
2.4.2.	Inspección de botellas	23
2.4.3.	Lavado de botellas.....	24
2.4.4.	Llenado de botellas.....	24
2.4.5.	Sellado de botellas	24
2.4.6.	Pegado de etiquetas.....	24
2.4.7.	Inspección del producto final	25
2.4.8.	Empacado	25
2.5.	Análisis de desempeño.....	25
2.5.1.	Estándares	25
2.5.2.	Factores que afectan la producción.....	26
2.6.	Jornadas de trabajo.....	26
2.6.1.	Horario de producción en la planta	27
2.6.2.	Horas/hombres requeridas	27
2.7.	Consumo energético estimado de la línea de producción	27
2.7.1.	Tendencia del consumo energético	28
2.7.2.	Precio histórico kilovatio/hora	29
3.	PROPUESTA PARA LA INSTALACIÓN DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	31
3.1.	Departamento de producción línea automatizada	31

3.1.1.	Formato de trabajo diario	31
3.1.2.	Programación	31
3.1.3.	Departamentos involucrados.....	31
3.1.3.1.	Departamento de producción	32
3.1.3.2.	Departamento de planificación	32
3.1.3.3.	Departamento de finanzas	32
3.1.3.4.	Departamento de calidad	33
3.1.3.5.	Departamento de contabilidad.....	33
3.1.3.6.	Departamento de mejora y cambio	33
3.1.3.7.	Departamento de mantenimiento	34
3.2.	Diseño de la nave industrial	34
3.2.1.	Plano eléctrico.....	35
3.2.2.	Orientación de la planta	37
3.2.3.	Conexiones eléctricas actuales	37
3.2.4.	Potencia requerida para alimentar la línea de producción.....	37
3.3.	Planeación de procesos	38
3.3.1.	Diagrama de operaciones	38
3.3.2.	Diagrama de flujo	40
3.3.3.	Diagrama de recorrido y distribución de planta	42
3.4.	Costos de producción.....	44
3.4.1.	Planilla.....	44
3.4.2.	Materia prima o Insumos de producción	45
3.5.	Mantenimiento de los paneles solares fotovoltaicos	46
3.5.1.	Preventivo	46
3.5.2.	Correctivo	47
3.6.	Mantenimiento de los inversores de corriente.....	47
3.6.1.	Preventivo	48
3.6.2.	Correctivo	49

3.6.3.	Ubicación de los paneles en la planta	50
3.6.4.	Selección del equipo por instalar	51
3.6.4.1.	Paneles monocristalinos de celdas de silicio	52
3.6.4.2.	Paneles policristalinos de silicio.....	55
3.6.4.3.	Paneles solares fotovoltaicos de capa fina	56
3.6.4.4.	Inversores de corriente	59
3.6.5.	Cableado para la instalación de los paneles	60
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	63
4.1.	Plan de acción para la implementación de los paneles solares fotovoltaicos	63
4.1.1.	Plan de instalación de los paneles solares	63
4.1.2.	Entidades responsables	64
4.1.2.1.	Gerencia general	64
4.1.2.2.	Departamento de producción.....	64
4.1.2.3.	Área de compras	64
4.2.	Especificaciones de los paneles solares fotovoltaicos	65
4.2.1.	Materiales de fabricación	67
4.2.2.	Eficiencia de los paneles solares.....	70
4.2.3.	Vida útil de los paneles solares	70
4.2.4.	Origen de los paneles solares	71
4.2.5.	Potencia por generar	72
4.3.	Especificaciones de los inversores	74
4.3.1.	Eficiencia	74
4.3.2.	Vida útil	75
4.3.3.	Origen	76
4.3.4.	Capacidad	76

4.4.	Indicaciones de mantenimiento	78
4.5.	Instalación de paneles.....	81
4.5.1.	Ubicación de los paneles	81
4.5.2.	Conexión de los paneles para generar energía.....	83
4.5.3.	Nueva conexión eléctrica al sistema de la planta....	83
4.6.	Instalación de inversores de corriente.....	84
4.6.1.	Ubicación de los inversores de corriente.....	85
4.6.2.	Conexión de los inversores de corriente	85
4.7.	Instalación de cableado.....	86
4.7.1.	Conexión entre paneles	86
4.7.1.1.	Conexión paneles – inversor	87
4.7.1.2.	Conexión inversor - contador	89
4.8.	Puesta en marcha de los paneles solares fotovoltaicos.....	90
4.9.	Pruebas de potencia	90
4.9.1.	Medición de potencia	91
4.9.1.1.	Mañana	92
4.9.1.2.	Mediodía.....	93
4.9.1.3.	Tarde.....	93
4.9.2.	Medición del contador de luz.....	93
4.9.2.1.	Diaria.....	93
4.9.2.2.	Semanal	94
4.9.2.3.	Mensual.....	95
5.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	97
5.1.	Descripción del trabajo.....	97
5.1.1.	Objetivos	100
5.1.2.	Justificación del trabajo técnico.....	100
5.2.	Definición del ámbito de estudio	101
5.3.	Inventario y valoración ambiental.....	101

5.3.1.	Descripción actual del ambiente	101
5.3.2.	Valoración ambiental de la situación actual y de su evolución.....	102
5.3.2.1.	Proceso de evaluación ambiental	102
5.4.	Previsión de impactos.....	103
5.4.1.	Impactos notables.....	104
5.5.	Evaluación de impactos.....	104
5.5.1.	Acciones a partir del trabajo técnico	104
5.5.2.	Factores de medio ambiente susceptibles.....	104
5.5.3.	Causas y efectos	105
5.5.4.	Descripción de los impactos	107
5.5.4.1.	Uso del terreno	107
5.5.4.2.	Uso del agua.....	108
5.5.4.3.	Uso de recursos naturales	108
5.5.4.4.	Materiales peligrosos.....	109
5.5.4.5.	Ciclo de vida las emisiones de calentamiento global.....	109
5.5.4.6.	Impacto visual.....	110
5.6.	Medidas correctoras	111
5.6.1.	Precautorias.....	111
5.6.2.	Correctoras	112
5.6.3.	Compensatorias.....	113
5.6.4.	Impactos residuales.....	114
5.7.	Programa de vigencia y control	115
5.7.1.	Verificación, cumplimiento y efectividad de las medidas del EIA.....	115
5.7.2.	Seguimiento de los impactos residuales.....	116
5.7.3.	Fuente de datos para futuras EIA.....	116
5.8.	Beneficios ambientales.....	116

5.8.1.	Corto plazo	117
5.8.2.	Mediano plazo	117
5.8.3.	Largo plazo.....	117
5.9.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).....	117
5.9.1.	Presentación del trabajo creado	118
5.9.1.1.	Descripción del proyecto	118
5.9.1.2.	Objetivos propuestos.....	118
5.9.1.3.	Resultados obtenidos (hay que esperar para poder hacerlo).....	119
5.9.1.4.	Lineamientos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	120
5.9.1.5.	Base legal por tratar	120
6.	SEGUIMIENTO O MEJORA	123
6.1.	Resultados obtenidos.....	123
6.1.1.	Interpretación	123
6.1.2.	Aplicación	124
6.1.3.	Ventajas de beber agua embotellada	124
6.1.4.	Desventajas de tomar el agua embotellada	125
6.2.	Auditorías	126
6.2.1.	Internas	126
6.2.1.1.	Ciclo de auditoría	127
6.2.2.	Externas	127
6.3.	Beneficio – costo generación de energía mediante recursos renovables.....	128
6.3.1.	Análisis de costos.....	128
6.3.2.	Energía eléctrica frente energía solar renovable ...	129
6.3.3.	Recuperación de la inversión	131
6.4.	Consumo en el contador de energía	136

6.5.	Mantenimiento de prueba en el equipo	136
6.5.1.	Prueba del equipo.....	137
6.5.2.	Mantenimiento del equipo.....	139
6.6.	Acciones correctivas.....	139
CONCLUSIONES		143
RECOMENDACIONES		145
BIBLIOGRAFÍA.....		147

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la planta embotelladora	2
2.	Organigrama	4
3.	Funcionamiento del panel solar	12
4.	Matriz energética.....	19
5.	Consumo energético	29
6.	Diagrama eléctrico	36
7.	Orientación de la planta	37
8.	Diagrama de operaciones	39
9.	Diagrama de flujo	41
10.	Diagrama de recorrido.....	43
11.	Procesos productivos	45
12.	Radiación solar de Guatemala	50
13.	Anclaje de los paneles en la planta.....	51
14.	Paneles monocristalinos de celdas de silicio	53
15.	Panel solar fotovoltaico policristalino.....	55
16.	Panel solar fotovoltaico de capa fina.....	57
17.	Especificaciones de los paneles fotovoltaicos.....	66
18.	Vida útil de los paneles solares	71
19.	Eficiencia de los inversores.....	75
20.	Ejemplo de una instalación de 6 paneles (módulo de 4 + 2).....	82
21.	Ejemplo de una instalación de 12 paneles (3 módulos de 4).....	83
22.	Nueva conexión eléctrica al sistema de la planta.....	84
23.	Conexión de inversores de corriente.....	85

24.	Conexiones paneles inversor.....	87
25.	Conexión de dos paneles solares fotovoltaicos de Voc 22.42V y corriente de cortocircuito I _{sc} 8.45 ^a	88
26.	Conexión - inversor contador.....	89
27.	Contaminación del suelo y del agua subterránea por lixiviados	112
28.	Medidas correctoras	113
29.	Medidas compensatorias	114

TABLAS

I.	Tendencia del consumo energético	28
II.	Costos de producción	44
III.	Costo de la planilla.....	44
IV.	Características del panel solar fotovoltaico de capa fina	58
V.	Especificaciones de los inversores	78
VI.	Costos del proyecto	129
VII.	Análisis financiero del proyecto.....	132
VIII.	Flujos del proyecto.....	133
IX.	Flujo financiero.....	134
X.	Indicadores financieros (A)	135
XI.	Indicadores financieros (B)	135
XII.	Recuperación de la inversión.....	135

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballo de fuerza (<i>horse power</i>)
I	Corriente (amperios)
Gal	Galones
Hz	Hercio
H	Hora
i	Instante
J	Julio (<i>joule</i> , energía)
kW	Kilovatio (mil vatios)
lb	Libra
M	Masa
MW	Megavatio (millones de vatios)
m	Metro (longitud)
min	Minutos
plg	Pulgada
s	Segundos (tiempo)
T	Tiempo
W	Vatio (<i>watt</i> , potencia)
V	Vatio
Vol	Volumen

GLOSARIO

Acometida	Parte del sistema de distribución secundario que, partiendo de la red de distribución –punto de toma– transporta la energía eléctrica hasta el punto de utilización del usuario –punto de entrega–.
Baja tensión	Nivel menor o igual a mil voltios (1 000V) de tensión.
Carga	Medida eléctrica que se expresa generalmente en amperios, kilovatios (kW), o kilovoltio-amperio (kVA).
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
Eficiencia energética de un sistema de suministro eléctrico	Cociente entre la potencia de salida (que es igual a la potencia de entrada menos las pérdidas y la potencia de entrada al sistema).
Energía eléctrica	Se define como un recurso con gran incidencia en los procesos productivos, así mismo, genera el confort en las actividades cotidianas, la cual se relaciona con el confort, la calidad de vida y el desarrollo económico.

Factor de potencia	Es el factor que se aplica a la demanda de potencia en (kW) para convertirla en potencia en kVA.
Generación	Actividad que consiste en producir energía eléctrica.
INDE	Instituto Nacional de Electrificación.
Led	Semiconductor que emite luz al paso de una corriente eléctrica de baja intensidad, sin utilizar ningún filamento o gas y que tiene la propiedad leve de producir la misma cantidad de luz que las bombillas incandescentes tradicionales pero utilizando un 90 % menos de energía.
Mantenimiento	Conjunto de actividades que se realizan para mejorar la vida útil de las instalaciones por medio de reparaciones mínimas, limpieza, diagnóstico de tierras y otras que se planifican a realizarse periódicamente y que transforman en más eficiente y confiable, el proceso de transporte y distribución de energía eléctrica.
Motor eléctrico	Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Sus máquinas eléctricas rotatorias están compuestas por un rotor y un estator.

Sistema de distribución	Conjunto de instalaciones desde 120V hasta tensiones de 34,5kV encargadas de entregar la energía eléctrica a los usuarios, tomándola de los transportistas.
Transporte	Actividad que consiste en transportar la energía eléctrica desde el generador hasta los distribuidores.
Usuario	Persona individual o jurídica que recibe el servicio de energía eléctrica del distribuidor, en alta, media o baja tensión.

RESUMEN

Esta investigación se titula: Paneles solares fotovoltaicos para alimentar una línea de producción automatizada de envasado en una embotelladora de bebidas. Establece como objetivo, implementar paneles solares fotovoltaicos, para alimentar una línea de producción automatizada de envasado, en una embotelladora de bebidas. El proyecto se implementará en una empresa que está ubicada en el km 16,5 carretera Roosevelt 4-81 zona 1 de Mixco, Guatemala C.A.

El complejo de producción cuenta con dos centros de producción, destilería y centro de añejamiento.

Como resultados se establece que la cantidad de paneles solares necesarios para producir el 100 % de la energía necesaria para el funcionamiento de la línea de producción es de 104kW, con una producción individual de 300W y el tiempo estimado en que se recupera el 100 % de la inversión para el proyecto, mediante el ahorro energético será de 3 años, 8 meses y 5 días. La tasa interna de retorno TIR será del 45 %, ya que al final del periodo del proyecto de 25 años, por cada unidad de inversión, se recuperará 145 %.

Para este trabajo de graduación se concluyó que la eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos para una planta embotelladora de agua puede alcanzar valores por encima del 15 % al 21 % dependiendo de la marca.

OBJETIVOS

General

Implementar paneles solares fotovoltaicos, para alimentar una línea de producción automatizada de envasado, en una embotelladora de bebidas.

Específicos

1. Determinar el costo del kilovatio/hora producido por los paneles solares fotovoltaicos.
2. Realizar un análisis de los paneles solares fotovoltaicos para determinar su eficiencia generando energía en la planta embotelladora de bebidas.
3. Determinar la rentabilidad del trabajo de graduación a un máximo de 5 años.
4. Elaborar una comparación de aspectos positivos y negativos de la energía utilizada actualmente y la que será generada por los paneles solares fotovoltaicos en la planta embotelladora de bebidas.
5. Definir las condiciones idóneas para la instalación de los paneles solares fotovoltaicos y determinar si la planta embotelladora de bebidas cumple dichas condiciones.

6. Cumplir con todos los requisitos legales para la instalación y funcionamiento de los paneles solares en la planta de embotellado de bebidas.

7. Establecer el impacto ambiental que tendrá la instalación de los paneles solares fotovoltaicos en la planta embotelladora de bebidas a corto, mediano y largo plazo.

INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como propósito analizar la opción de utilizar paneles fotovoltaicos para generar energía eléctrica y utilizarla en una planta embotelladora de bebidas, para lo cual se estableció como objetivo: implementar paneles solares fotovoltaicos, para alimentar una línea de producción automatizada de envasado, en una embotelladora de bebidas.

La propuesta se plantea ejecutar en una es una fábrica embotelladora de diferentes tipos de bebidas de consumo humano, esta tiene un funcionamiento de más de 90 años, por lo tanto, la alternativa modernizará sus operaciones y generará un impacto positivo en las utilidades.

En el capítulo uno del informe se presenta los antecedentes generales de la planta, especificando su ubicación, la historia y sus aspectos administrativos, como la visión, misión, organización. Entre otros factores, se presenta la estructura organizativa y la forma en que se encuentra la distribución de la planta; seguidamente se realiza la definición de los conceptos del proyecto, como los paneles solares, inversores de corriente, el mantenimiento requerido y los antecedentes del uso de energías renovables en Guatemala.

El segundo capítulo realiza la descripción de la situación actual, la materia prima que se utiliza para la producción de botellas y el equipo que interviene en dicho proceso, se establece la descripción del proceso de envasado, el análisis del desempeño que se establece, los estándares, jornadas de trabajo y el establecimiento del requerimiento energético determinado por el consumo en la línea de producción

El capítulo tres realiza la presentación de la propuesta para la instalación de los paneles solares, estableciendo la implementación en el departamento de producción y línea automatizada, el diseño que se requiere, la planeación de procesos, costos y mantenimientos para garantizar su funcionamiento a largo plazo.

El capítulo cuatro establece las acciones para la implementación de la propuesta, para ello se requiere contar con un plan de acción para la implementación del conjunto de paneles fotovoltaicos, con las especificaciones del tipo de paneles y los responsables a ejecutarlo, requiriéndose un equipo técnico. Así mismo, todos los parámetros técnicos y los requerimientos de pruebas para su inicio de operaciones.

El capítulo cinco es un estudio ambiental, el cual describe el impacto que el proyecto generará al ambiente, lo cual será positivo, ya que se dependerá menos de energía de otras fuentes que muchas veces no son renovables, se define el ámbito de estudio, se prevén los impactos y se proponen medidas correctivas según el caso.

El capítulo seis realiza un aporte para la sostenibilidad del proyecto, ya que se hacen las recomendaciones para el seguimiento y mejora, se proyectan resultados y se establecen mejoras que se podrán ejecutar, el mantenimiento y acciones correctiva

1. ANTECEDENTES GENERALES

Se explica los datos generales de la empresa para conocerla y tener una mejor visión de qué se quiere realizar y el lugar.

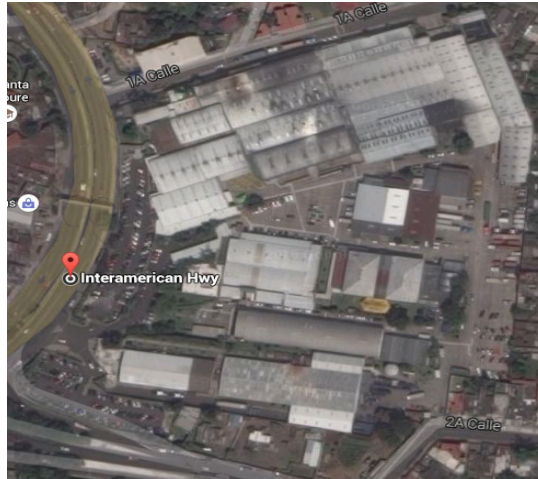
1.1. La empresa

Es una fábrica embotelladora de diferentes tipos de bebidas de consumo humano que son utilizados para la venta local y exportación. Tiene una trayectoria de más de 90 años y una variedad de productos que se venden en distintas presentaciones y cuentan con diferentes nombres para ser reconocidas por su calidad y preparación.

1.1.1. Ubicación

La empresa está ubicada en el km 16,5 carretera Roosevelt 4-81 zona 1 de Mixco, Guatemala C.A. El complejo de producción cuenta con dos centros de producción, destilería y centro de añejamiento.

Figura 1. **Ubicación de la planta embotelladora**



Fuente: www.google.com.gt/maps. Consulta: 28 de febrero 2017.

1.1.2. Historia

Nace en Guatemala a mediados del siglo XX, impulsada por la visión y entusiasmo de varias familias guatemaltecas para distribuir en todo el país. Ante esta iniciativa nacen varias compañías.

Se establecieron individualmente, cada compañía tenía sus propias tierras y embotelladoras, en donde se producían distintos tipos de bebidas. Estas industrias jugaron un importante rol en la economía del país.

Se realizaron inversiones importantes para cumplir con la demanda de los productos. Era necesario seguir a la vanguardia, adquiriendo nueva tecnología e innovar en los procesos y elaborar productos de calidad.

1.1.3. Misión

“Satisfacemos los gustos más exigentes en Guatemala con una alta gama de productos de la más alta calidad y excelencia, innovando constantemente con un equipo comprometido a una rentabilidad y crecimiento sostenido, con responsabilidad social.”¹

1.1.4. Visión

“Ser una de las empresas líderes en la elaboración y distribución de bebidas para un mundo que disfruta de la excelencia.”²

1.2. Tipo de organización

Es una organización centralizada. Las tomas de decisiones se realizan en la junta directiva que está dentro del centro de producción, la gestión de contratación, compras, recepción de materiales, logística y producción se realizan dentro de las instalaciones.

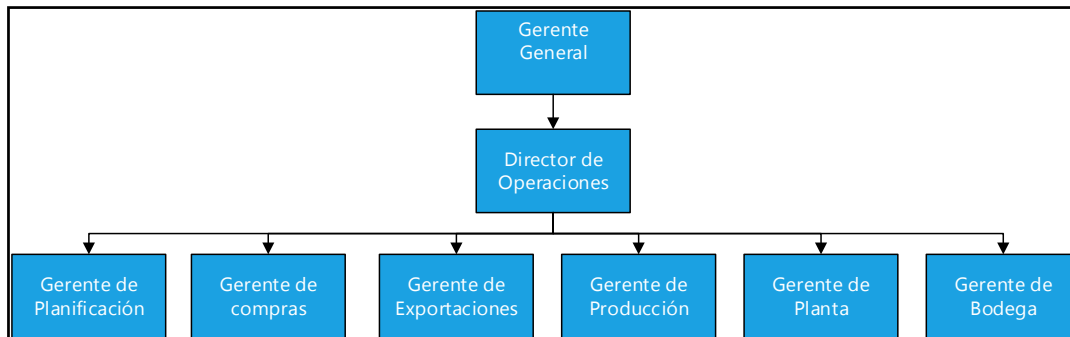
1.2.1. Organigrama

Se encuentra alineado de forma en que se hace referencia a las actividades.

¹ Industria licorera de Guatemala. *Misión*. <http://industriaslicorerasguatemala.com/sobre-ilg/> Consulta: 20 de febrero 2017

² *Ibíd*

Figura 2. **Organigrama**



Fuente: elaboración propia.

1.2.2. Descripción de puestos

Para alcanzar los objetivos planteados por la empresa, es importante definir los puestos clave como estrategia de la entidad. Ya que son la esencia de la productividad en una organización, su ordenamiento y descripción individual son vitales para alcanzar los objetivos empresariales que hacen parte de la estrategia de la entidad.

- Gerente general: es el encargado de obtener los resultados de los diferentes departamentos y tomar decisiones para generar sinergias y alcanzar las metas establecidas por la junta directiva.
- Director de operaciones: coordina y organiza a los diferentes equipos de trabajo para alcanzar las metas establecidas por la gerencia general. Encargado de planificar la óptima utilización de los recursos y liderar a los gerentes para obtener resultados acordes a las proyecciones establecidas de producción, compras, importaciones y exportaciones.

- Gerente de planificación: encargado de la planificación de los materiales necesarios para producir acorde con los pronósticos de ventas y requisiciones especiales. Vela por la generación de solicitudes de materiales que son necesarios para producir y fechas de entrega de proveedores para coordinar con la planta la producción de las bebidas.
- Gerente de compras: encargado de cumplir con los tiempos de abastecimiento tanto de compras locales como de compras internacionales. Es encargado de mantener procedimientos actualizados y cumplir con los estándares de calidad de los materiales que se compran para la producción de las bebidas.
- Gerente de exportaciones: encargado de obtener los pronósticos de productos que se deben abastecer a los diferentes mercados internacionales. Debe coordinar la logística y mantener las negociaciones con los diferentes proveedores de flete terrestre, marítimo y aéreo. Debe mantener control y seguridad del producto que se traslada a los diferentes países para no tener pérdidas, esto se logra contratando los mejores seguros de traslado de productos y agentes de seguridad para su resguardo.
- Gerente de producción: encargado de distribuir de mejor forma los recursos de la planta para alcanzar las metas de producción establecidas por el departamento de planificación.
- Gerente de planta: encargado de la planta, para que esta se mantenga según los estándares de inocuidad y seguridad adecuados para resguardar a los colaboradores dentro de las instalaciones de producción.

- Gerente de bodega: encargado de recibir mercadería exacta respecto de las órdenes de compra que el departamento de compras emite y de despachar la cantidad exacta de material que el departamento de planificación y producción coordinan para la elaboración de los diferentes productos.

1.3. Planeamiento de la distribución interna y manejo de materiales

Se darán a conocer los elementos internos de la planta, como la eficiencia del equipo con el que se trabaja, el tiempo de ocio que ocupan los colaboradores dentro de la planta y las horas/hombre requeridas para alcanzar las metas de producción planificadas y reducir cualquier riesgo de accidentes mientras se cumplen estas metas. Se detallará el programa de mantenimiento con el que se trabaja actualmente y se describirán los diagramas de operaciones, flujo y recorrido.

1.3.1. Eficiencia del equipo

El equipo de llenado de bebidas se llama “KRONES”, el modelo es el VV 50120 y es una máquina con una eficiencia de llenado de 60 000 botellas en una hora.

1.3.2. Tiempo de ocio

Es el tiempo en el que no se trabaja o la producción es igual a cero en una jornada de producción, esto se puede deber a un mantenimiento programado o no programado que requiera que se detenga la máquina y que el personal que opera la maquinaria apoye en otras áreas.

1.3.3. Horas/hombres requeridas

Es el tiempo requerido para que un hombre realice una determinada tarea, con esto lo que se busca es definir la cantidad de personas que se requieren para el desarrollo de la planificación de la producción y cumplir con las metas establecidas.

1.3.4. Accidentes laborales

Incidentes que ocurren dentro de una planta de producción y que pueden afectar el desempeño de uno o varios colaboradores dependiendo de la intensidad del accidente. Es por esta razón que es necesario tener medidas de seguridad y cumplir con las normas establecidas para resguardar la integridad de cada persona.

1.3.5. Programa de mantenimiento

Es la planificación que se desarrolla con el fin de establecer el tipo de mantenimiento que requiere cada maquinaria respecto del tiempo de uso. Es una buena práctica para extender la vida útil de la maquinaria y evitar tener pérdidas en la producción por desperfectos en la maquinaria. Se puede tener mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y proactivo. Cada uno de estos se utiliza durante un período de tiempo distinto o si la situación lo amerita.

1.3.6. Diagrama de operaciones

Es el diagrama en el que se indican todas las operaciones que lleva una tarea en sí. Se representa mediante figuras geométricas y se indica el tiempo que

tarda cada una de las tareas dentro de la operación. La intención es buscar reducir tareas innecesarias para incrementar la productividad.

1.3.7. Diagrama de flujo

Es muy parecido al diagrama de operaciones, únicamente que con este diagrama se detalla más cada tarea, incluyendo los recorridos que sufre la producción antes de entrar a bodega de producto terminado.

1.3.8. Diagrama de recorrido

Se busca hacer un croquis del recorrido que sufre la materia prima o producto en proceso dentro de una planta de producción con el fin de buscar un flujo más eficiente para reducir movimientos innecesarios e incrementar la producción.

1.4. Distribución de planta de acuerdo con la línea de producción automatizada

Se busca explicar cómo está formada la línea de producción dentro de la planta y la forma óptima para trabajar.

1.4.1. Distribución de la línea

Para cada producto dentro de la planta se utiliza diferente línea de producción, esto se debe a que no todas tienen las mismas funciones y sus capacidades son distintas. Las indicaciones de qué línea de producción se estará utilizando dependen del departamento de planificación, el cual coordina lo que se estará produciendo en cada una de las líneas y qué productos.

1.4.2. Distribución de acuerdo con el producto

Para cada producto dentro de la planta se utiliza diferente materia prima, por lo que se debe contar con el material exacto para alimentar la línea de producción en cada una de las estaciones para obtener el producto final. Sin una correcta organización de los materiales el producto quedaría incompleto y no se cumpliría con la planificación. El material desperdiciado y los productos incompletos se vuelven una merma y aumentan los costos de producción.

1.5. Paneles solares fotovoltaicos

Dispositivos con la capacidad de generar captar la radiación solar y convertirla en energía.

1.5.1. Definición

Los paneles solares fotovoltaicos son dispositivos que captan la energía de la radiación solar para su aprovechamiento en forma de energía eléctrica para accionar dispositivos eléctricos. Están formados por numerosas celdas que al recibir luz directa la convierten en electricidad. Las celdas en ocasiones también son llamadas células fotovoltaicas, debido a que dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía lumínica produce cargas positivas y negativas en dos semiconductores

1.5.2. Características

Los sistemas fotovoltaicos son diseñados a la medida, su costo e implementación dependerá de la cantidad de energía que se desea generar. Se

encuentran formados por un conjunto de células fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la luz.

1.5.3. Tipos de paneles

Los paneles solares fotovoltaicos se pueden dividir según el tipo de célula que los forma.

Cristalinas:

- Monocristalinas: se compone de secciones de un único cristal de silicio (Si) (reconocibles por su forma octogonal o circular).
- Policristalinas: están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.

Amorfos: cuando el silicio no se ha cristalizado, existen dos tipos en que se pueden interconectar los sistemas:

- *On-grid*: sistemas interconectados a la red pública, se componen de un conjunto de paneles, medidor direccional y el inversor, los cuales se conectan a la red eléctrica del lugar donde se instalen.
- *Off-grid*: sistemas utilizados en lugares en los cuales no se cuenta con el servicio eléctrico, se compone de un conjunto de paneles, inversor, controlador de carga y un banco de baterías para almacenar la energía cuando ya no se cuenta con luz solar.

1.5.4. Eficiencia

La eficiencia de los equipos fotovoltaicos puede variar dependiendo del fabricante. En el mercado se pueden conseguir entre 12 % al 25 % de eficiencia que pueden llegar a generar una producción aproximada entre 120 – 300 W/m² en función de la eficiencia del panel.

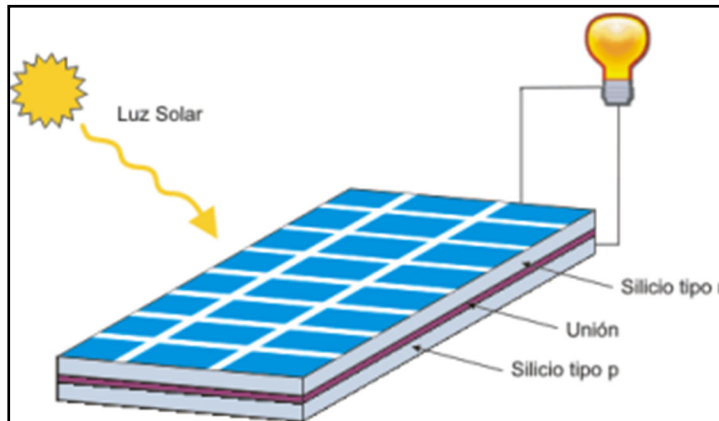
1.5.5. Funcionamiento

El funcionamiento de los paneles se basa en el efecto fotovoltaico, que se produce cuando sobre materiales semiconductores tratados, incide la radiación solar produciendo energía.

Un panel solar fotovoltaico suele estar hecho de silicio cristalino, que por su composición convierte la luz del Sol en electricidad. El panel solar fotovoltaico es una placa grande en la que hay muchas placas compuestas de silicio cristalino juntas, que hacen más eficiente la recolección de energía en comparación de una sola celda. Las celdas son colocadas unas con otras en serie para aumentar la producción de energía recibida por el Sol. Esta energía es la que se puede utilizar para alimentar una casa, oficina o industria.

El silicio monocristalino se mezcla con otros materiales como por ejemplo el fósforo o el boro para darle al silicio una carga positiva o negativa. Una parte de la celda será un semiconductor positivo y la otra parte del semiconductor será del tipo negativo, de esta forma se produce el efecto voltaico, efecto que produce energía eléctrica.

Figura 3. **Funcionamiento del panel solar**



Fuente: RODRÍGUEZ, Ernesto. *Paneles solares*.

<http://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>. Consulta 8 de abril 2017.

1.6. Inversor de corriente

Parte elemental de un sistema de generación de energía por medio de paneles solares fotovoltaicos, su función es convertir corriente continua en corriente alterna para utilizarla dentro de la red eléctrica.

1.6.1. Definición

La función principal del inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario. Su utilización en conjunto con los paneles solares fotovoltaicos es aplicable para convertir la corriente continua en corriente alterna y de esta manera introducir la energía en la red eléctrica o usada en instalaciones eléctricas aisladas.

1.6.2. Características

- Tensión nominal: es la que se debe aplicar a las terminales del inversor. los inversores para uso fotovoltaico se ofrecen con tensiones nominales con las características para su uso en estos sistemas.
- Potencia nominal: potencia que puede suministrar al sistema de forma continua. Se pueden encontrar que oscilan entre los 100 a los 5 000 vatios.
- Capacidad de sobrecarga: es la capacidad que tiene un inversor para suministrar potencia considerablemente superior a la nominal y el tiempo que puede mantenerse trabajando de esta manera.
- Eficiencia: es la relación entre la potencia de entrada del inversor y la potencia de salida.
 - Los inversores modernos para uso fotovoltaico cuentan con una serie de características:
 - Protección contra sobrecargas
 - Protección contra cortocircuitos
 - Protección térmica
 - Protección contra la inversión de polaridad
 - Estabilización de la tensión de salida
 - Arranque automático
 - Señalización de funcionamiento y estado

1.6.3. Funcionamiento

Según su aplicación:

- Inversores autónomos: son los utilizados en los sistemas fotovoltaicos autónomos o aislados de la red eléctrica externa. Existen variantes para este tipo de inversores.
- Entrada de batería: el más común, la entrada del inversor se conecta directamente a la batería. Para este tipo se cuenta con una protección contra la sobrecarga de la batería, constituye una línea no controlada para el regulador.
- Entrada de batería y campo FV: incluye un regulador de carga interno que posibilita la conexión directa del campo FV, por lo que no es necesario el uso de un regulador externo.
- Entradas de batería y generado auxiliar: permite la conexión directa de un grupo electrógeno auxiliar, da la posibilidad de cargar las baterías mediante otra fuente que no sea la solar.
- Salida alterna y continua: en el mercado se pueden conseguir inversores que disponen de doble salida, alterna y continua, se adaptan para los requerimientos en los que se necesitan ambos tipos de alimentación.
- Inversores de conexión a red: son los utilizados en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica externa, que debe cumplir con características y cumplir con requisitos de un reglamento específico.

1.7. Mantenimiento

Es el conjunto de acciones y de programación de actividades para dar mantenimiento a los equipos y perseverar su estado óptimo.

1.7.1. Definición

Se le llama mantenimiento a todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado óptimo para cumplir con una función o un objetivo.

1.7.2. Tipos

Se pueden definir cuatro tipos de mantenimientos:

1.7.2.1. Correctivo

Existen dos tipos, el programado y el no programado. La diferencia entre estos dos tipos es que en el no programado se realiza la reparación de una falla inmediatamente después de que se presentó. En el mantenimiento programado se realiza la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, herramientas, información, repuesto y todo lo necesario para realizar la reparación.

1.7.2.2. Preventivo

La finalidad es encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen una falla que pueda detener la producción o al equipo. Se realiza

para evitar los paros y obtener una alta efectividad. Este mantenimiento se realiza mediante inspecciones y evaluaciones.

1.7.2.3. Predictivo

Se guía mediante técnicas de seguimiento y análisis, permitiendo programar las operaciones de mantenimiento cuando son necesarias. Este tipo de análisis no necesita que la maquinaria se detenga, ya que se conoce el estado real de las máquinas mientras estas trabajan. Se trata de eliminar costos de mantenimiento, sin perder el fin de esta tarea.

1.7.2.4. Proactivo

Se destina a eliminar la pérdida de los equipos con la participación del personal. Se crea un sentido de colaboración y es parte de la cultura organizacional, para que cada colaborador mantenga la eficiencia y eficacia de los equipos productivos.

1.8. Energía renovable en Guatemala

Dentro de los tipos de energía renovable en Guatemala, se pueden encontrar cinco tipos de energía:

1.8.1. Energía hidráulica

La energía hidráulica es la obtenida del agua en movimiento. La fuerza del agua se transforma en energía mecánica al mover las aspas de una turbina en una central hidroeléctrica, donde se transforma en energía eléctrica o energía mecánica. Las ventajas de este método de generación de energía es que

proviene de una fuente renovable y no contamina. Las desventajas es que es un proyecto muy costoso, hay muchos factores climáticos y tiene un impacto ambiental considerable.

Energía geotérmica

Esta forma de energía se encuentra en el interior de la tierra en forma de calor, como resultado de la desintegración de elementos radioactivos y el calor que permanente que se originó en los inicios del planeta. Esta forma de energía se puede encontrar por medio de procesos geológicos como volcanes inactivos. La energía eléctrica viene de la conversión de la energía geotérmica que proviene de la utilización de vapor y agua caliente, que pasa de forma directa o indirecta por un ciclo binario, de una turbina que está conectada a un generador, teniendo como resultado la producción de energía.

Dentro de las ventajas que se pueden mencionar es que no produce residuos, su impacto ambiental es menor. Las desventajas son las emisiones de ácido sulfhídrico que se detecta por olor a azufre, es en grandes cantidades y es letal, contamina las aguas próximas.

1.8.2. Energía eólica

Es la energía producida por el viento, las hélices son capaces de generar energía cuando estas giran por el viento que pasa por ellas. Las ventajas de este tipo de generación de energía es que se vuelve barata y sin producir residuos, la tecnología de instalación es sencilla, crea puestos de trabajo, los espacios ocupados pueden permitir la actividad agrícola y no depende de los mercados internacionales. Dentro de las desventajas encontradas está la generación de ruido a corta distancia, impacto sobre la fauna y flora, impacto visual.

1.8.3. Energía solar

Es la energía que se obtiene a partir de la radiación, calor e iluminación que produce el sol. Para producir energía a partir del sol es necesario un sistema de captación y de concentración, este sistema es intermitente por lo que se necesitan sistemas de almacenamiento. Sus aplicaciones es transformar energía solar en eléctrica a través de células fotovoltaicas. Sus ventajas son que es una fuente de energía inagotable, poco impacto ambiental, no produce residuos para el ambiente, costos reducidos de operación, su mantenimiento es sencillo. Las desventajas es un impacto visual negativo, los paneles están formados por agentes químicos peligrosos.

1.8.4. Energía de la biomasa

Es la energía proveniente de los residuos orgánicos de origen animal y vegetal, como bagazo de caña de azúcar, residuos de café, maíz, arroz y otros. En esta categoría también se incluyen a los biocombustibles. Dentro de sus ventajas se puede destacar que reduce la dependencia de los derivados de petróleo, reduce la producción de CO₂, reducción de la contaminación ambiental.

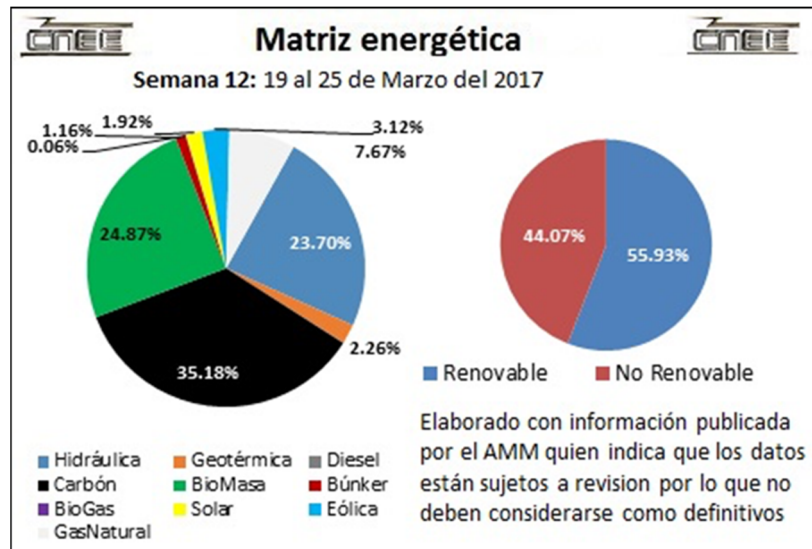
Sus desventajas son que su precio puede ser más elevado que el derivado del petróleo y que es necesario tener grandes extensiones de cultivo. Para este trabajo de graduación se desarrollará el tema de la energía solar.

1.9. Energía solar en Guatemala

La energía solar en Guatemala se encuentra en una fase de inicio, actualmente únicamente el 1,92 % de la producción de energía eléctrica es por

una fuente solar. Un aspecto positivo es que el 55,93 % de la energía proviene de fuentes renovables y el restante 44,07 % es de fuentes no renovables.

Figura 4. **Matriz energética**



Fuente: *Matriz energética en Guatemala*. <http://www.cnee.gob.gt/Slides/MatrizEnergetica.jpg>.
Consulta 16 de abril 2017.

Paneles solares fotovoltaicos en Guatemala

Guatemala cuenta con la planta de energía solar más grande de Centroamérica por el productor Horus Energy, esta planta cuenta con 187 mil módulos solares que generan energía fotovoltaica. Sumando la producción los paneles, pueden llegar a producir 58 megavatios de energía, que con sistemas de última tecnología los paneles se mueven en dirección en la que apunta el sol. Esta energía se reúne en la planta y luego de convertir la energía alterna en continua se distribuye a la red eléctrica de Guatemala. Se estima que este proyecto tenga una vida de 25 años. Esta planta se encuentra ubicada en Chiquimulilla, Santa Rosa.

Se cuenta con otro proyecto grande de producción de energía solar fotovoltaica en Estanzuela, Zacapa. En este proyecto se instalaron 20 mil 320 paneles que producen aproximadamente 50 kilovatios de energía.

2. SITUACIÓN ACTUAL

Se describe cómo funciona actualmente la planta para la elaboración del llenado de botellas con el equipo automatizado que se alimenta por energía de la red eléctrica.

2.1. Descripción del producto que se fabrica

La planta de producción donde se desean instalar los paneles solares fotovoltaicos es una industria embotelladora de bebidas espirituosas, el producto en el que se basa este trabajo de graduación, son las bebidas con la presentación de envase de vidrio, botella de 750 ml y 1 litro, con tapa rosca y medidor para servir el líquido. Dos etiquetas distribuidas de la siguiente forma, una en el frente y la otra en la parte de atrás.

La programación de llenado, depende de la demanda del producto y según la planificación de la producción. El líquido con el que se van a llenar las botellas se prepara de forma separada y se mantiene en tanques que están listos para abastecer la línea de producción y que empiece el llenado.

2.2. Materia prima para la fabricación del producto

Dentro de la materia prima se cuenta el envase de vidrio, de producción local, el cual tiene una capacidad de 750 mililitros y 1 litro de líquido, el líquido es mezclado en el interior de la fábrica con el alcohol proveniente de la planta ubicada en Retalhuleu. Esta planta es encargada de enviar pipas de alcohol con

80 grados de alcohol, se disuelve con agua hasta alcanzar 36 grados de alcohol para consumo humano y se le agrega mezcla para terminar la preparación.

La taparrosca y medidor son importados de España, vienen como una sola pieza por el sello de seguridad que incluyen antes de abrir las botellas. Las etiquetas y sus serigrafías son elaboradas localmente y al igual que el pegamento que hace que se mantengan en su lugar en condiciones extremas.

2.3. Descripción del equipo

Se describe el equipo requerido para la producción de bebidas en la línea automatizada con botellas de vidrio.

2.3.1. Descripción del producto que se fabrica

El equipo de llenado es una llenadora Krones VV 50120, con la capacidad de llenar 60 000 botellas en una hora, con botellas de una capacidad de 350 ml, para las botellas de 750 mililitros y de 1 litro. La producción se estima que está dentro de las 30 000 botellas/hora y 25 000 botellas/hora respectivamente.

Es un equipo modular por lo que se adquieren las diferentes estaciones por separado, por ejemplo, la Krones VV 50120 cuenta con una sección de lavado/secado, pegado de etiquetas, llenado y colocación del tapón. Todas estas secciones las vuelven una línea muy eficiente y automatizada en comparación con las otras líneas de la planta.

2.3.2. Herramientas utilizadas para el funcionamiento de la línea de producción

Por ser una línea automatizada de principio a fin, la línea de producción solo requiere de un “Forklift” o máquina elevadora con una tarima para descargar las botellas vacías de forma manual por un operario y otra máquina elevadora al final de la línea para llenar cajas de producto terminado, estas son las herramientas que se utilizan para la producción en la línea Krones.³

2.4. Descripción del proceso de envasado

A continuación, se detalla el proceso de embotellado dentro de la línea de producción y los pasos que se siguen para obtener el producto final.

2.4.1. Recepción de botellas

Las botellas se reciben del área de materia prima en cajas, doce botellas por caja independientemente de la capacidad (750 ml, 1 litro); estas se reciben ajustando la cantidad exacta de producto acorde con la producción del día.

2.4.2. Inspección de botellas

Se hace una breve inspección en las botellas, cerciorándose de que no tengan ningún desperfecto que pueda rechazar control de calidad, como una rajadura, astillas o quebradura en la boquilla. Este paso es muy importante para que no se tenga merma de producto en caso de que una botella no resista la presión por el llenado.

³ Forklift: *Máquina elevadora para mover tarimas.*

2.4.3. Lavado de botellas

Una vez colocada la botella sin desperfecto en la máquina, esta se encarga de recibirla y transportarla a la sección de lavado, en la que se utiliza una solución a presión que elimina cualquier residuo de polvo que pueda contaminar el producto. Esta solución se evapora de forma rápida para que no afecte el producto final que reciben los clientes.

2.4.4. Llenado de botellas

Terminada la estación de lavado, las botellas son transportadas a la estación de llenado. En esta estación las botellas se llenan con el líquido a presión, vertiendo la cantidad exacta de mililitros dependiendo de la presentación de la botella.

2.4.5. Sellado de botellas

El sellado de las botellas es a presión, por los tapones con medidor que son colocados en una tolva que se encarga de distribuir los tapones de forma y posición correcta para que la máquina pueda colocarlos en cada botella. Estos tapones se reciben como una sola pieza, que al desenroscar el extremo del tapón se suelta un sello de seguridad. Los tapones son colocados a presión por la máquina, para que lo único que pueda salir sea el tapón.

2.4.6. Pegado de etiquetas

En esta sección las botellas pasan una a una y las etiquetas se pegan de forma simétrica con la botella con un pegamento resistente al agua y condiciones extremas de calor, frío y humedad.

2.4.7. Inspección del producto final

Se hace una inspección de la botella, para que no tenga rajaduras y que el tapón se encuentre colocado fijamente en la botella. Si se encuentra cualquier desperfecto el producto es enviado a control de calidad para reclamo al proveedor y respaldo de la pieza que se encuentra dañada.

2.4.8. Empacado

El empackado se realiza manualmente, se colocan 12 botellas en presentación de 750 ml y 1 litro dentro de las cajas debidamente señalizadas, indicando el producto que contiene y la capacidad de cada botella.

2.5. Análisis de desempeño

Se describen los estándares de calidad según los que se trabaja en la planta embotelladora de bebidas.

2.5.1. Estándares

- BPM (buenas prácticas de manufactura): son principios básicos y prácticas generales de higiene que se utilizan dentro de las empresas que manipulan, preparan, elaboran, envasan, almacenan, transportan o distribuyen alimentos para garantizar la inocuidad de los productos que tienen como objetivo final que llegue al consumidor y que este quede satisfecho con el producto que compró y vuelva a consumirlo.
- NSF Internacional: se le conoce por la elaboración de estándares y certificación de normas de salud pública que ayudan a proteger los

alimentos, el agua, productos de consumo y el medioambiente. Esta organización audita y certifica productos y sistemas, además de proporcionar capacitación y gestión de riesgos.

- ISO 9001:2000: se le conoce también como; “sistema de gestión de calidad” esta certificación garantiza que las instalaciones de fabricación tienen altos estándares de calidad. Esta certificación comprende desde el diseño hasta el montaje de los equipos especializados.

2.5.2. Factores que afectan la producción

Problemas de calidad: estos se deben cuando alguno de los de los productos no fue revisado adecuadamente y tiene un desperfecto que puede afectar la producción. Se puede encontrar botellas con desperfectos de fábrica o que han sido golpeados durante el traslado y que se sufren alguna rajadura. Las etiquetas pueden tener problemas de impresión, error en el patrón de colores o una mala adhesión a las botellas.

Mantenimiento de los equipos: esto sucede cuando la programación del departamento de mantenimiento requiere que un equipo se detenga para recibir limpieza, cambio de piezas o revisión, acorde con las horas de funcionamiento que ha tenido la maquinaria. Esto ayuda a prolongar la vida de los equipos y evitar que sea un mantenimiento correctivo, que puede llevar más tiempo por el reemplazo de piezas que no se tenían programadas.

2.6. Jornadas de trabajo

Se describen las jornadas de trabajo dentro de la planta, para determinar los costos de producción.

2.6.1. Horario de producción en la planta

El horario laboral es de lunes a viernes de 7:00 a.m. a 5:00 p.m. y sábados de 8:00 a.m. a 12:00 p.m.

2.6.2. Horas/hombres requeridas

Para el funcionamiento del equipo es necesario que tres personas trabajen a tiempo completo en el equipo, ocho horas/hombre diarias. El equivalente a veinticuatro horas dentro de los tres hombres de tiempo completo. Cada jornada cuenta con un operario, conserje, un mecánico y un supervisor de producción que no se dedica tiempo completo a la línea de producción krones, pero para fines del trabajo de graduación, serán tomados de tiempo completo.

2.7. Consumo energético estimado de la línea de producción

Tomando en cuenta que el tiempo de uso diario promedio es de ocho horas diarias, el consumo energético es de aproximadamente 150 kWh diarios, los mantenimientos no afectan la jornada de trabajo del equipo por la siguiente razón:

Todos los días se realiza una hora de mantenimiento en el equipo al finalizar la jornada de trabajo, para encontrar fallas o algún desperfecto de funcionamiento en los equipos. No se utiliza ningún método de mantenimiento específico, únicamente predictivo, preventivo y correctivo. Se realizan mantenimientos los fines de semana para complementar los mantenimientos de la semana y corregir a mayor detalle cualquier desperfecto que quedó.

2.7.1. Tendencia del consumo energético

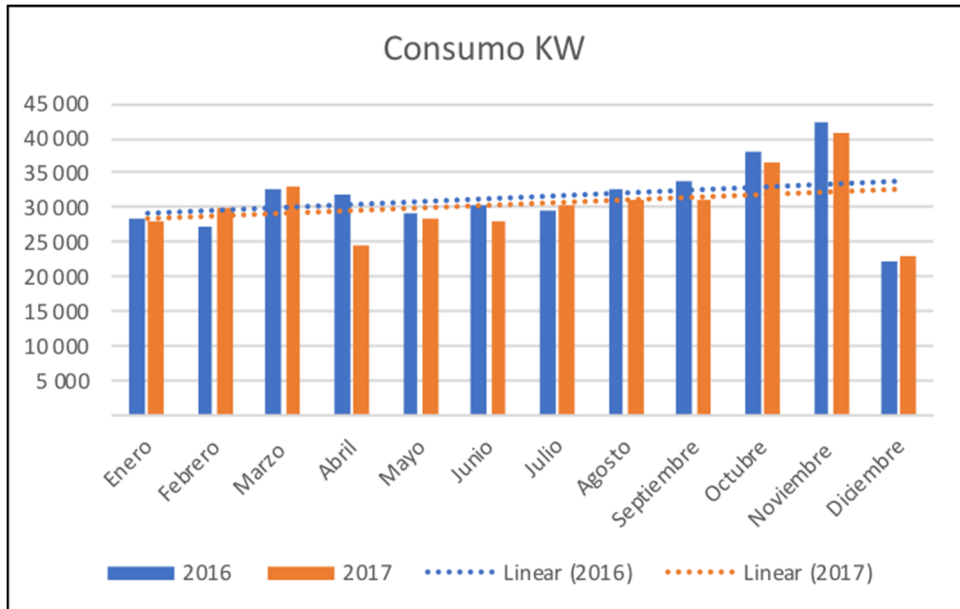
Se detalla el consumo histórico de energía eléctrica de la línea de producción Krones de los últimos dos años.

Tabla I. Tendencia del consumo energético

Consumo kilowatts línea KRONES		
	2016	2017
Enero	28 332	27 898
Febrero	27 342	29 952
Marzo	32 647	33 020
Abril	31 846	24 389
Mayo	29 390	28 440
Junio	30 205	28 139
Julio	29 433	30 527
Agosto	32 487	31 230
Septiembre	33 956	31 129
Octubre	38 214	36 626
Noviembre	42 320	40 655
Diciembre	22 390	23 047

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Consumo energético



Fuente: elaboración propia.

Con esta información se puede determinar que el consumo promedio de energía es de 31 000 kilovatios al mes.

2.7.2. Precio histórico kilovatio/hora

La fábrica tiene un convenio con la Comercializadora Guatemalteca de Energía (COMEGSA) en la que entran varias empresas y el precio que se tiene en el convenio es de Q 0,8325 kWh. Este precio, es una tarifa de mayorista por el consumo que se tiene dentro del complejo. Para el trabajo de graduación se está tomando únicamente el consumo de la línea Krones.

3. PROPUESTA PARA LA INSTALACIÓN DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Se plantea la propuesta de los paneles solares para alimentar la línea automatizada de embotellado.

3.1. Departamento de producción línea automatizada

Descripción de la propuesta de la distribución y cantidad de paneles solares fotovoltaicos para instalar acorde con las especificaciones de la planta.

3.1.1. Formato de trabajo diario

Cómo se inician las labores diariamente, cuáles son los primeros pasos que se realizan para alcanzar los objetivos diarios.

3.1.2. Programación

Determinar cómo se lleva a cabo la programación: diaria, semanal. La lleva a cabo el departamento de planificación.

3.1.3. Departamentos involucrados

Varios departamentos están involucrados en la toma de decisiones de los paneles y de su instalación en la planta de producción. Son responsables de dar indicaciones y especificaciones de todos los equipos y de la nave industrial.

3.1.3.1. Departamento de producción

Es el departamento encargado de suministrar los datos esenciales para llevar a cabo el proyecto, el consumo promedio de kilovatios por mes de la máquina llenadora, los planos del edificio y el espacio para instalar los paneles solares fotovoltaicos en el techo de la nave industrial, así como hacer las conexiones pertinentes para el buen funcionamiento de generación de energía.

3.1.3.2. Departamento de planificación

Debe estimar la cantidad de productos que no se podrá despachar en el período en el que se encuentren trabajando en la colocación de los paneles solares fotovoltaicos y la conexión la máquina llenadora. Se tiene que invertir tiempo efectivo en elaborar productos para mantener en inventario, así ante la demanda, no se quedan sin nada. Debe reorganizar la mano de obra para que sea utilizada en otras líneas de producción y que apoye con cualquier prueba que se requiera.

3.1.3.3. Departamento de finanzas

Debe aprobar el uso de los recursos monetarios para la instalación de los paneles solares fotovoltaicos y debe realizar el análisis para determinar el tiempo en el que se recupera la inversión para determinar la rentabilidad del proyecto. Debe realizar el análisis necesario para maximizar los recursos y obtener el máximo beneficio de la producción de energía mediante energía renovable. Por este departamento pasan todas las inversiones necesarias para la elaboración de productos y costo de la mano de obra para producir una botella.

3.1.3.4. Departamento de calidad

Tiene dos funciones principales, la aprobación de todos los productos nuevos que presentan los diferentes proveedores, acorde con las especificaciones indicadas para cada producto, en las que se encuentran diferentes tolerancias y medidas para tener un rango de aceptaciones definidas por el departamento de mejora y cambio. Su siguiente función es la verificación y aprobación de cada uno de los materiales que ingresan a la bodega. Para uso dentro del departamento de producción, realiza un muestreo de cada una de las entregas que se realizan, para corroborar que lo que se recibe cumple con los estándares pactados.

3.1.3.5. Departamento de contabilidad

Es el encargado de recibir la documentación de cada una de las órdenes de compras emitidas a los proveedores y verificar que la asignación del impuesto sobre valor agregado sea correcta, al igual que los costos de los materiales y/o servicios y el presupuesto asignado para cada compra. En el caso de las importaciones, se encarga de llevar control de los gastos relacionados por cada importación, incluyendo flete marítimo y terrestre, seguro de la mercancía, pago al agente aduanal, pago de impuestos y al proveedor. Encargado de generar los pagos a cada uno de los proveedores y tenerlo listo acorde con el crédito pactado al inicio de la negociación.

3.1.3.6. Departamento de mejora y cambio

Acepta y aprueba todos los diseños y cambios en la presentación de los productos, por cambio de imagen o por lanzamientos de la temporada. Recibe las muestras de nuevos proveedores, para definir si cumplen con las

características y los requisitos establecidos. Tiene a su cargo fijar parámetros de aceptación de los materiales que se reciben en la bodega para mantener los estándares de los productos y mantener la calidad.

3.1.3.7. Departamento de mantenimiento

Es el encargado de mantener en las mejores condiciones de operación y producción los equipos, máquinas y la misma planta de producción. De la buena gestión del departamento de mantenimiento depende el éxito operativo de la planta para la elaboración de los distintos productos. Esto se logra mediante una planificación adecuada de mantenimiento para cada uno de los equipos, logrando que se les prolongue el tiempo de vida y reducción de costos por daños en los equipos. Todos estos esfuerzos son necesarios para que no se vea afectada la planificación de la producción y se cumpla con la demanda de producto.

3.2. Diseño de la nave industrial

Una nave industrial es una construcción propia para resolver los problemas de alojamiento y operación de una industria.

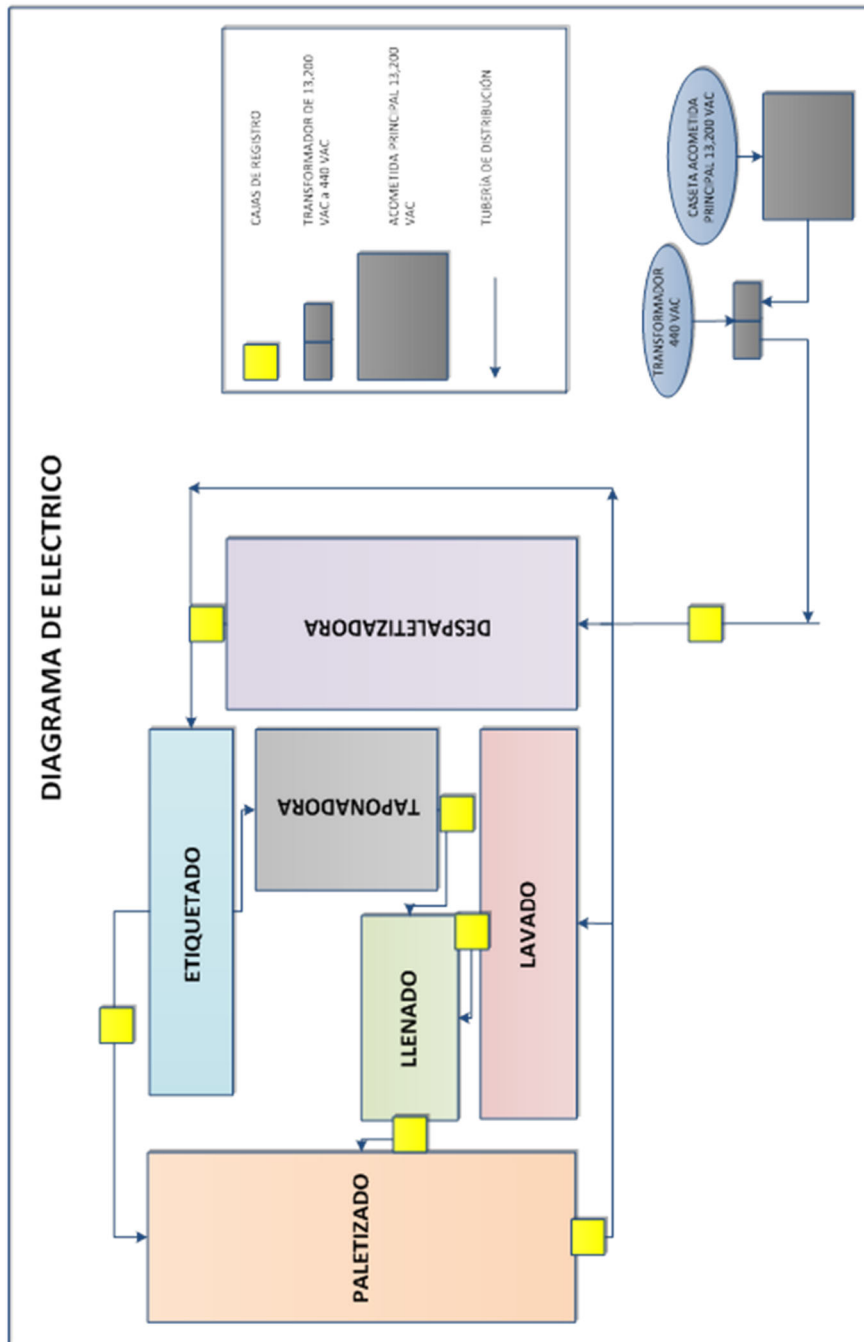
También se define como la instalación física o edificación diseñada y construida para realizar actividades industriales de producción, transformación, manufactura, ensamble, procesos industriales, almacenaje y distribución.

En una nave industrial se necesitan grandes claros, a fin de lograr grandes espacios sin existencia de apoyos inmediatos, de tal suerte que la nave industrial pueda operar sin obstáculos ni restricciones, trabajando así con mucha versatilidad.

3.2.1. Plano eléctrico

Muestra el diagrama de la conexión entre todos los equipos dentro de la planta y los transformadores de energía.

Figura 6. Diagrama eléctrico



Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Orientación de la planta

La planta está orientada de forma que los puntos cardinales coinciden con la trayectoria directa del Sol desde que amanece en este, hasta que se oculta en el oeste.

Figura 7. Orientación de la planta



Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Conexiones eléctricas actuales

Energía trifásica 440 voltios.

3.2.4. Potencia requerida para alimentar la línea de producción

Tiene un máximo de consumo de 600 amperios, 480 amperios promedio durante el uso del equipo.

3.3. Planeación de procesos

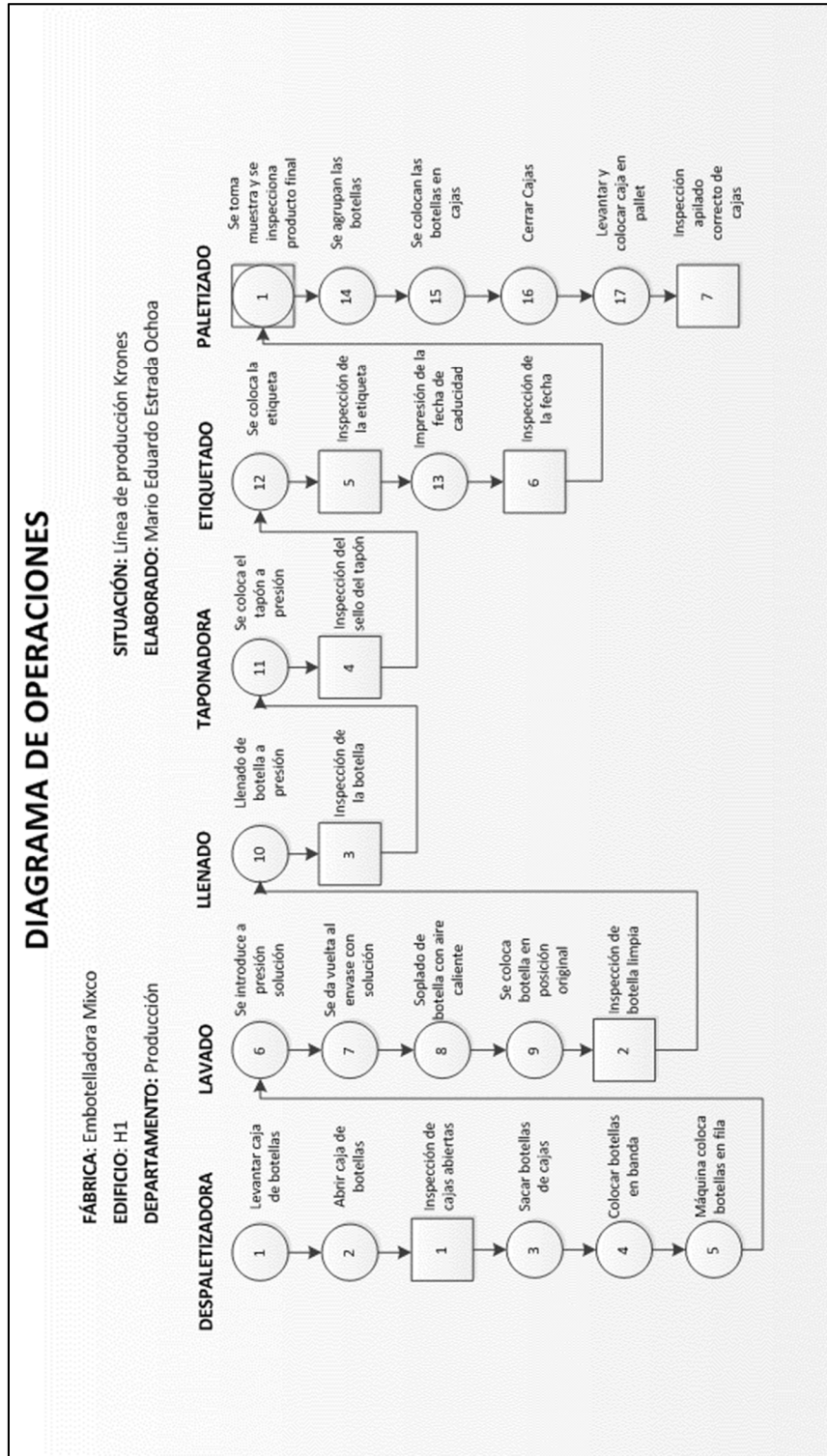
Se detalla mediante diagramas las operaciones, flujo y recorrido que llevan las botellas dentro de la planta de producción para obtener el producto final.

3.3.1. Diagrama de operaciones

Muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones que se utilizan en un proceso de manufactura, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado.

Se utilizan dos símbolos para construir la gráfica del proceso operativo: un pequeño círculo representa una operación y un pequeño cuadrado representa una inspección.

Figura 8. Diagrama de operaciones



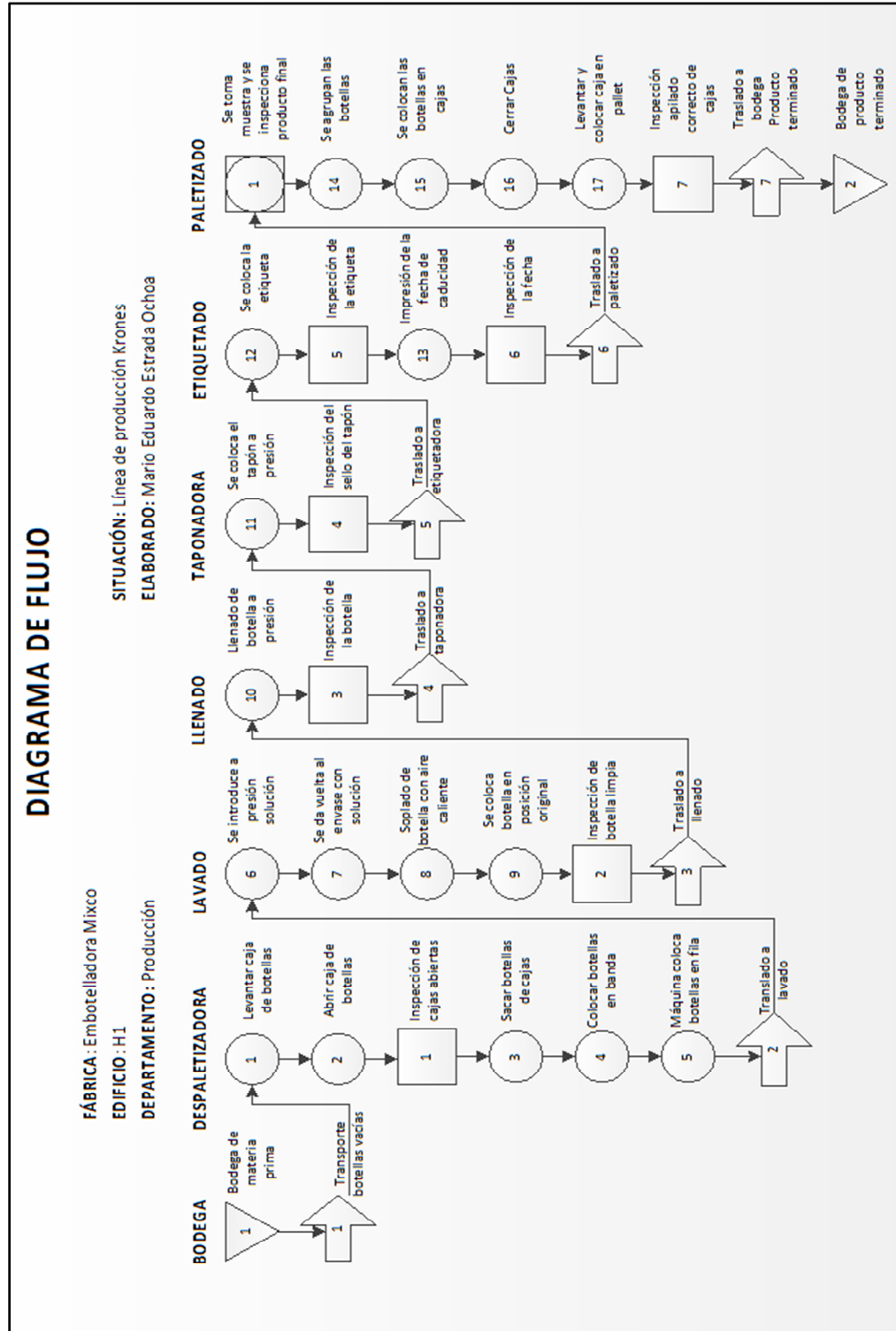
Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Diagrama de flujo

Representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso se representa por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso.

El diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso. Muestra la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, el flujo de la información y los materiales, las ramas en el proceso, la existencia de bucles repetitivos, el número de pasos del proceso y las operaciones interdepartamentales.

Figura 9. Diagrama de flujo



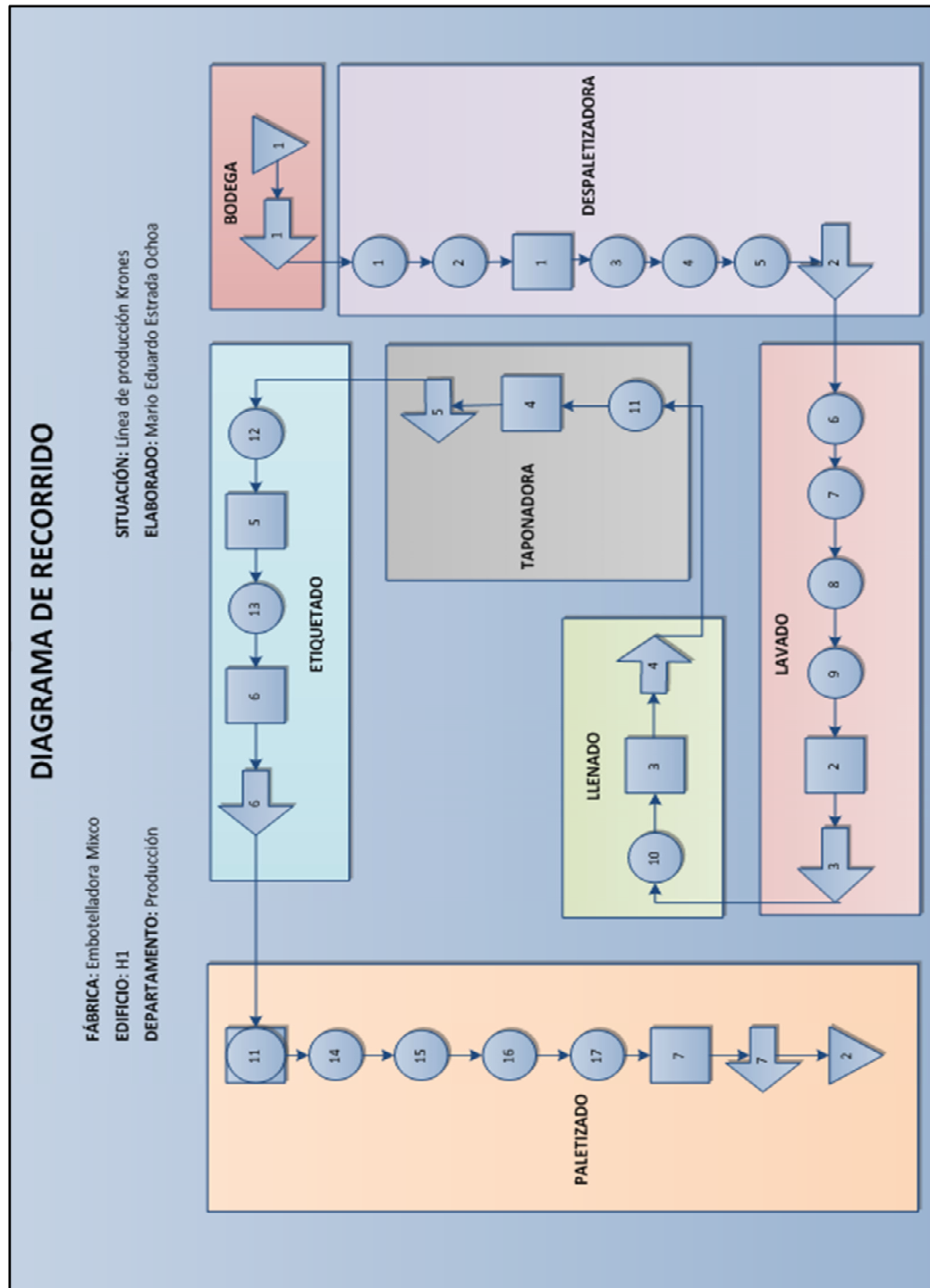
Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Diagrama de recorrido y distribución de planta

Es una representación gráfica de la distribución de la planta y los edificios, que muestra la localización de todas las actividades del diagrama de proceso de recorrido.

Su construcción incluye la identificación de cada actividad con el símbolo que lo representa y número correspondiente al que aparece en el diagrama de proceso. La dirección del flujo se indica con el sentido de las flechas sobre las líneas. Su elaboración ideal es sobre un plano existente de la planta donde se realiza el proceso y sobre él delinear el flujo del proceso.

Figura 10. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia.

3.4. Costos de producción

A continuación, los costos de producción para obtener 165 000 botellas.

Tabla II. **Costos de producción**

Cantidad a producir: 165,000 Unidades		
Fórmula	Q	350 000,00
Envase	Q	80 000,00
Caja	Q	65 000,00
Pegamento	Q	5 000,00
Etiqueta	Q	55 000,00
Tapón	Q	35 000,00
TOTAL	Q	590 000,00
TOTAL UNIDAD	Q	3,58

Fuente: elaboración propia.

3.4.1. Planilla

Muestra los costos de la mano de obra para elaborar 165 000 botellas.

Tabla III. **Costo de la planilla**

DESCRIPCIÓN	OPERARIO	CONSERJE	MECÁNICO	SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN
SALARIO BASE	Q 2 750,00	Q 2 750,00	Q 3 250,00	Q 5 000,00
BONIFICACIÓN DESEMPEÑO	Q 250,00	Q 250,00	Q 250,00	Q 250,00
TOTAL INGRESOS	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 500,00	Q 5 250,00
TOTAL DE PERSONAL	Q 3,00	Q 1,00	Q 1,00	Q 1,00
VALOR TOTAL	Q 9 000,00	Q 3 000,00	Q 3 500,00	Q 5 250,00
TOTAL PLANILLA MENSUAL	Q 20 750,00			

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. Materia prima o Insumos de producción

Para la elaboración del producto se requiere de la siguiente materia prima.

- Agua potable
- Botellas vacías
- Etiquetas
- Pegamento
- Tapones
- Cajas

Figura 11. Procesos productivos



Fuente: *Proceso productivo de ron*. <http://rondeguatemala.com/fermentacion-y-destilacion/>.

Consulta: 9 de octubre 2017.

3.5. Mantenimiento de los paneles solares fotovoltaicos

Se le llama así al proceso de limpieza que llevan los paneles solares para incrementar su vida útil con el tiempo, al igual que todos los equipos que están conectados y sus cables.

3.5.1. Preventivo

La cubierta de frontal de vidrio del panel solar fotovoltaico se debe limpiar al menos una vez al mes, utilizando un paño suave y agua abundante. De ser necesario se puede aplicar detergente para una limpieza más profunda.

Se deben revisar todas las conexiones de los paneles, todas las terminales deben estar apretadas y en buenas condiciones. En caso de encontrar una terminal en mal estado es necesario llamar al proveedor de los paneles solares para que reemplace la conexión mala.

Verificar que la estructura que sostiene los paneles solares se encuentre en buenas condiciones y observar que la estructura cuente con una pintura que le proteja de la intemperie. Una pintura antióxido en la superficie de la estructura es recomendable para evitar sustituirla.

Se debe realizar una inspección periódica para que ningún objeto dé sombra a los paneles solares fotovoltaicos, como árboles, antenas, tanques de agua y cualquier objeto que pueda producir una sombra y que afecte el rendimiento de los paneles.

3.5.2. Correctivo

Esto se puede dar cuando se detecta una avería en el sistema solar fotovoltaico durante el mantenimiento preventivo. Es necesario desmontar el equipo y realizar una inspección más detallada en cuanto a su funcionamiento para determinar si es necesario reparar el panel solar fotovoltaico o si es una conexión.

3.6. Mantenimiento de los inversores de corriente

El mantenimiento de una planta solar no pasa solamente por la limpieza de sus paneles solares; hay muchas otras tareas involucradas y, dentro de ellas, es vital el cuidado de los inversores solares, responsables de transformar la corriente continua, generada por los paneles, en alterna.

Cuando se habla de mantenimiento de plantas solares, para muchos se refiere a la limpieza de los paneles que, aunque sin duda es importante, deja de lado un aspecto crucial para incrementar la vida útil de todo el sistema; el mantenimiento de los inversores solares y equipos de maniobras asociados o celdas secundarias. Estos equipos representan una mínima parte del costo de una instalación fotovoltaica, pero son el verdadero “corazón” de la planta, pues a través de ellos es que la energía generada en los paneles se convierte de continua en alterna.

Además, son los que realizan toda la regulación de conexión a la red y el sincronismo. Por ello, su mantenimiento es fundamental. En cuanto a las celdas secundarias, si bien son libres de mantención, es vital contar con especialistas locales que garanticen la continuidad operacional y modernización durante el ciclo de vida de estos equipos.

Frente a esto, lo primero es seleccionar un proveedor que cuente con oficinas locales, larga experiencia en el mercado local y que ofrezca el mantenimiento de cada parte asociada a una planta fotovoltaica, con un servicio técnico entrenado y certificado, además de la posibilidad de certificar localmente sus propios recursos y clientes del sector.

3.6.1. Preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel mantenimiento que tiene como primer objetivo evitar o mitigar las consecuencias de los fallos o averías de un sistema del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Este plan de mantenimiento permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir coste de reparaciones o detectar puntos débiles en la instalación, entre una larga lista de ventajas.

El mantenimiento preventivo en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo. Un plan de mantenimiento correctamente planificado puede reducir considerablemente los fallos de una instalación y sus consecuencias acarreadas.

En el sistema de mantenimiento de generación consiste en retirar, una vez al mes, cualquier tipo de objeto, suciedad, que pueda afectar a la correcta producción de los paneles solares, es decir, excrementos de aves o nieve serían un ejemplo. El polvo acumulado o los restos de polución también deben ser eliminados en la medida de lo posible, ya que disminuirá la corriente eléctrica generada.⁴

⁴ Sunfield Europe. (s.f.). SFE-SOLAR. Obtenido de: *Mantenimiento de plantas fotovoltaicas*: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/instalaciones-fotovoltaicas-tipos-de-mantenimiento/>>consulta: marzo 2018.

3.6.2. Correctivo

El mantenimiento correctivo es una forma de mantenimiento del sistema que se realiza después de haber ocurrido un fallo o problema en alguna de sus partes, con el objetivo de restablecer su operatividad. Se utiliza cuando es imposible de predecir o prevenir un fracaso, lo que hace el mantenimiento correctivo la única opción. El proceso de mantenimiento correctivo se inicia con una avería y un diagnóstico para determinar la causa del fallo. Es importante determinar qué es lo causó el problema, a fin de tomar las medidas adecuadas, y evitar así que se vuelva a producir la misma avería.

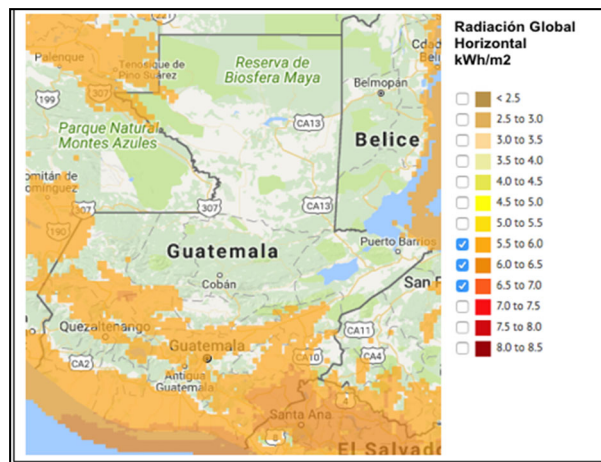
Esta estrategia de mantenimiento puede resultar económica a corto plazo, al no invertir en planes de mantenimiento preventivo, si bien puede ocurrir que a causa de una falta de mantenimiento surja una avería que pueda resultar irreparable y con las graves consecuencias que esto conlleva. Por tanto, no se recomienda este plan de mantenimiento, por estar demostrado que es mucho más costoso que cualquier otro a medio y a largo plazo.⁵

- Diseño del sistema de paneles fotovoltaicos
- Datos requeridos para el trabajo de graduación
 - Consumo diario
 - 150 kWh (aproximado)
 - Potencia panel solar
 - 300 W
 - Eficiencia del sistema
 - 80 %

⁵ CAMPOS & DELGADO, M. *Manual de mantenimiento. Planta solar fotovoltaica de 500kw sobre la cubierta de una nave sobre la cubierta de una nave.* p.33.

- Recurso solar horas pico
 - Promedio de 6 horas al día
- Radiación solar
 - Como se puede apreciar en la imagen, Guatemala se encuentra entre un 6,0 a un 6,5 de radiación solar promedio de kWh/m² que hace una región apta para la instalación de paneles solares fotovoltaicos.

Figura 12. Radiación solar de Guatemala



Fuente: *Radiación solar en Guatemala*. INSIVUMEH. Consulta 23 de octubre 2017.

3.6.3. Ubicación de los paneles en la planta

Los paneles solares serán colocados en el techo de la nave industrial, mediante la estructura de montaje llamada “Flush-Mount” que es la forma más eficiente y fácil de colocar los paneles sobre un techo a 20° de inclinación para aprovechar mejor la luz del sol.

Figura 13. **Anclaje de los paneles en la planta**



Fuente: *Anclaje de los paneles solares fotovoltaicos*. <https://trasnowandsun.com/wp-content/uploads/2015/05/Sloped-roof-solar-mounting-solutions.jpg>. Consulta 25 de octubre de 2017.

Se escoge esta opción por ser la más utilizada para colocar sobre techos de metal y con inclinación del techo como aplica para este trabajo de graduación.

- Potencia por generar
 - Se requiere generar una potencia de 150 kWh diaria

3.6.4. Selección del equipo por instalar

Existen varios paneles solares y en este ítem se expondrá de los distintos tipos de paneles solares fotovoltaicos más comunes para uso que hay

disponibles en el mercado (monocristalinos, policristalinos, y de capa fina) y en qué condiciones resultan idóneos.⁶

Alrededor del 90 % de la tecnología fotovoltaica se basa en el uso de alguna variación del silicio. El porcentaje de estos paneles destinados a uso doméstico es todavía mayor.

El silicio usado en fotovoltaica puede tener varias formas. La mayor diferencia entre ellas es la pureza del silicio usado. Cuánto más puro es el silicio, mejor alineadas están sus moléculas, y mejor convierte la energía solar en electricidad.

Por tanto, la eficiencia de los paneles solares va de la mano de la pureza del silicio, pero los procesos para aumentar la pureza son muy caros. Por ello, a la hora de elegir un buen panel, lo mejor es tener en cuenta la relación coste-eficiencia por m².

El silicio cristalino es la base de las celdas monocristalinas y policristalinas.

3.6.4.1. Paneles monocristalinos de celdas de silicio

Las celdas solares de silicio monocristalinos (mono-Si), son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio, tal como se muestra en la imagen:

⁶ Bandasaltas. (s.f.). *Tipos de paneles fotovoltaicos*. Obtenido de <http://bandasaltas.com.ar/files/Caracteristicas%20Paneles%20Solares.pdf>. Consulta: marzo 2018.

Figura 14. **Paneles monocristalinos de celdas de silicio**



Fuente: Bandasaltas. (s.f.). *Tipos de paneles fotovoltaicos*. Consulta 12 de noviembre 2017.

Las celdas monocristalinas se fabrican con bloques de silicio o ingots, que son de forma cilíndrica. Para optimizar el rendimiento y reducir los costes de cada celda solar monocristalina, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio, y que les da esa apariencia característica.⁷

Una de las formas más sencillas para saber si se tiene un panel solar monocristalino o policristalino, es que en el policristalino las celdas son perfectamente rectangulares y no tienen esquinas redondeadas.

- Ventajas de los paneles solares monocristalinos
 - Los paneles solares monocristalinos tienen las mayores tasas de eficiencia puesto que se fabrican con silicio de alta pureza. La eficiencia en estos paneles está por encima del 15 % y en algunas marcas supera el 21 %.

⁷ Bandasaltas. (s.f.). *Tipos de paneles fotovoltaicos*. Obtenido de <http://bandasaltas.com.ar/files/Caracteristicas%20Paneles%20Solares.pdf>. Consulta: marzo 2018.

- La vida útil de los paneles monocristalinos es más larga. De hecho, muchos fabricantes ofrecen garantías de hasta 25 años.
- Suelen funcionar mejor que paneles policristalinos de similares características en condiciones de poca luz.
- Aunque el rendimiento en todos los paneles se reduce con temperaturas altas, esto ocurre en menor medida en los policristalinos que en los monocristalinos.
- Desventajas de los paneles monocristalinos
 - Son más caros. Desde el punto de vista económico, para uso doméstico resulta más ventajoso usar paneles policristalinos o incluso de capa fina.
 - Si el panel se cubre parcialmente por una sombra, suciedad o nieve, el circuito entero puede averiarse. Si decide poner paneles monocristalinos pero cree que pueden quedar sombreados en algún momento, lo mejor es usar micro inversores solares en vez de inversores en cadena o centrales. Los micros inversores aseguran que no toda la instalación solar se vea afectada por solo un panel afectado.
 - El proceso Czochralski es el usado para la fabricación de silicio monocristalino. Como resultado, se obtienen bloques cilíndricos. Posteriormente, se recortan cuatro lados para hacer las láminas de silicio. Se derrocha una gran cantidad de silicio en el proceso.

3.6.4.2. Paneles policristalinos de silicio

Los primeros paneles solares policristalinos de silicio aparecieron en el mercado en 1981. A diferencia de los paneles monocristalinos, en su fabricación no se emplea el método Czochralski. El silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas.

Figura 15. **Panel solar fotovoltaico policristalino**



Fuente: Bandasaltas. (s.f.). *Tipos de paneles fotovoltaicos*. Consulta 12 de noviembre 2017.

- Ventajas de los paneles policristalinos
 - El proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos policristalinos es más simple, lo que redundaría en menor precio. Se pierde mucho menos silicio en el proceso que en el monocristalino.

- Inconvenientes de los paneles policristalinos
 - Los paneles policristalinos suelen tener menor resistencia al calor que los monocristalinos. Esto significa que en altas temperaturas un panel policristalino funcionará peor que un monocristalino. El calor además puede afectar a su vida útil, acortándola.
 - La eficiencia de un panel policristalino se sitúa típicamente entre el 13 % y el 16 %, debido a que no tiene un silicio tan puro como los monocristalinos.
 - Mayor necesidad de espacio. Se necesita cubrir una superficie mayor con paneles policristalinos que con monocristalinos.

3.6.4.3. Paneles solares fotovoltaicos de capa fina

El fundamento de estos paneles es depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado se pueden encontrar paneles de capa fina de silicio amorfo (a-Si), de telurio de cadmio (CdTe), de cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC)

Dependiendo del tipo, un módulo de capa fina presenta una eficiencia del 7 % y el 13 %. Debido a que tienen un gran potencial para uso doméstico, son cada vez más demandados.

Figura 16. **Panel solar fotovoltaico de capa fina**



Fuente: Bandasaltas. (s.f.). *Tipos de paneles fotovoltaicos*. Consulta 12 de noviembre 2017.

- Ventajas de los paneles fotovoltaicos de capa fina
 - Se pueden fabricar de forma muy sencilla y en grandes remesas. Esto hace que sean más baratos que los paneles cristalinos.
 - Tienen una apariencia muy homogénea.
 - Pueden ser flexibles, lo que permite que se adapten a múltiples superficies.
 - El rendimiento no se ve afectado tanto por las sombras y altas temperaturas.
 - Son una gran alternativa cuando el espacio no es problema.

- Desventajas de los paneles de capa fina
 - Aunque son muy baratos, por su menor eficiencia requieren mucho espacio. Un panel monocristalino puede producir cuatro veces más electricidad que uno de capa fina por cada metro cuadrado utilizado.
 - Al necesitar más paneles, también hay que invertir más en estructura metálica, cableado, y otros.
 - Los paneles de capa fina tienden a degradarse más rápido que los paneles monocristalinos y policristalinos, por ello los fabricantes también ofrecen menor garantía.

- Características

Tabla IV. **Características del panel solar fotovoltaico de capa fina**

Datos Eléctricos	Modelo 150	Explicación
Potencia máxima (P_{mpp})	150W	Es un valor de pico. Corresponde a la máxima potencia que puede entregar el panel en un momento dado . Este valor debe ser superior al de consumo máximo para el que se ha diseñado el sistema fotovoltaico
Tensión de potencia óptima (V_{mpp})	18.99V	Es el valor en voltios de la tensión que proporcionará el panel cuando esté trabajando en el valor de potencia P_{mpp}
Corriente punto de máxima potencia (I_{mpp})	7.90A	Es el valor de la corriente proporcionada por el panel cuando se encuentra en el punto de máxima potencia P_{mpp}
Tensión de circuito abierto (V_{oc})	22.42V	Tensión en los terminales de conexión cuando no hay ninguna carga conectada al panel
Corriente de Ccortocircuito (I_{sc})	8.45A	Intensidad que circula por el panel cuando la salida está cortocircuitada
Eficencia de la Célula ($\pm 3\%$)	17.96%	Rendimiento de la célula solar de silicio
Eficencia del módulo ($\pm 3\%$)	15.12%	Rendimiento del panel solar

Fuente: Bandasaltas. (s.f.). *Tipos de paneles fotovoltaicos*.

3.6.4.4. Inversores de corriente

Estos inversores solares pueden ser conectados directamente a la línea eléctrica casera (CFE). El inversor monitorea el volumen, frecuencia y fase de la línea casera y entonces produce una onda sinusoidal pura cuya frecuencia y fase iguala a la de la CFE pero con mayor volumen. El inversor suministrará energía a la línea CFE cuando esté encendido.⁸

Cuando los paneles solares están conectados a este tipo de inversor, el medidor de luz casero reducirá su velocidad de giro (si se está usando algún aparato eléctrico), o girará en sentido contrario (si no se están usando aparatos eléctricos).

Estos inversores usan paneles solares conectados en paralelo, maximizando así la salida de corriente directa del sistema de energía solar. Si un panel solar está defectuoso o no recibe luz solar la salida en la corriente directa solo se verá afectada al mínimo, resultando todo lo opuesto cuando los paneles solares están conectados en serie.

- Características
 - Limitación de tiempo de funcionamiento: uso permanente.
 - Autonomía: depende de la capacidad de la/s batería/s.
 - Baterías: de corriente continua, conectadas de la siguiente forma:

⁸ Inversores solares. (s.f.). *Funcionamiento, especificaciones y costo*. Obtenido de <http://inversoressolares.net/>. Consulta: mayo de 2018.

- Una sola batería cuando el convertidor se debe alimentar con 12 voltios.
 - En serie para tener más tensión (múltiplos de 12 voltios).
 - En paralelo, sumando su capacidad en amperios-hora (AH).
 - En serie paralelo para tener tensiones múltiplos de 12 voltios y la suma de los AH de las baterías en paralelo.
- Tipos de baterías: de plomo ácido, tipo automóvil abiertas o cerradas sin mantenimiento; tipo electrolito absorbido cerradas, sin desprendimiento de gases.
 - Montaje de las baterías: el borne negativo de la batería puede estar conectado a tierra y hasta 36 voltios totales se puede considerar que es baja tensión. Para mayores tensiones es conveniente una protección para evitar un acceso accidental a los bornes de las baterías.
 - Estas pueden ser colocadas en estanterías, con o sin protección especial, o en un gabinete porta baterías con una gran seguridad y buena estética.

3.6.5. Cableado para la instalación de los paneles

Cables para la conexión de paneles a la red de baja tensión en corriente continua:

- El cable Topsolar (PV) ha sido específicamente diseñado para soportar las condiciones más exigentes entre los paneles y la red de BT en corriente continua de una instalación solar.
 - Estas son sus propiedades
 - Vida útil de 30 años a 90°C.
 - Los cables normales con aislamiento de polietileno reticulado o goma EPR están diseñados para temperaturas máximas de 90°C en el conductor y ambientes sensiblemente inferiores.
 - Su intensidad admisible es superior, a igualdad de sección, a los cables convencionales. El aislamiento de etileno propileno de alta calidad de los cables TOPSOLAR (PV) permite llegar a temperaturas hasta 120°C en el conductor, lo que supone importantes incrementos de intensidades admisibles respecto de secciones similares de los cables convencionales.
 - Aptos para servicio móvil: es frecuente la utilización de seguidores para aprovechar al máximo la radiación solar. En estos casos los cables de conexión entre las estructuras móviles y las partes fijas están sometidos a movimiento, por lo que los cables convencionales no son aptos. Ofrece mayor comodidad para instalar por su flexibilidad y diámetro reducido.

- Además, hay dos familias de cables de media tensión aptos para huertas solares.
 - Los aislados en polietileno: reticulado (XLPE), son los cables X-VOLT RHZ1, se caracterizan por una buena rigidez dieléctrica, bajo factor de pérdidas y altas resistencia de aislamiento.
 - Los aislados con etileno propileno (HEPR), son los cables X-VOLT HEPRZ1, pueden soportar temperaturas de funcionamiento continuo de 105°C, presentan muy buena resistencia al envejecimiento térmico y a las descargas parciales.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Se describen los pasos para implementar la propuesta de paneles solares fotovoltaicos para alimentar una línea de producción.

4.1. Plan de acción para la implementación de los paneles solares fotovoltaicos

El presente plan de trabajo tiene como objetivo proponer la implementación de paneles solares fotovoltaicos para una embotelladora de aguas espirituales y ver la factibilidad de ser una compañía innovadora que sea capaz de dar a la sociedad un producto bien hecho para lo cual no se quiere generar demasiado gasto basado en la utilización de paneles solares.

4.1.1. Plan de instalación de los paneles solares

Las instalaciones de paneles solares carecen de componentes mecánicos que sufren deterioros, además, las características de resistencia del diseño de los componentes evitarán las averías. Normalmente, los componentes sufren rigurosos controles de calidad para asegurar su fiabilidad.

Así los paneles solares son diseñados y sometidos a rigurosas pruebas para soportar más allá de las condiciones térmicas que se espera que puedan sufrir en su normal en cualquier clima de la tierra.

4.1.2. Entidades responsables

Los responsables de tomar la decisión sobre la adquisición de los paneles solares y analizar todos los posibles escenarios son los siguientes departamentos dentro de la fábrica.

4.1.2.1. Gerencia general

Es la encargada de tomar la decisión final sobre la compra, tomando en cuenta las diferentes propuestas, presentación de resultados de la licitación y de asignarle presupuesto para realizar la inversión. Tiene que dar el visto bueno de todo el proyecto, analizando otros factores como el retorno de la inversión, tiempo que durará el proyecto y el análisis de posibles pérdidas durante la instalación de los equipos.

4.1.2.2. Departamento de producción

Se encarga de compartir toda la información respecto de los equipos y de las especificaciones de potencia eléctrica con la que se trabaja, horarios de trabajo y desempeño de la línea de producción, planos eléctricos, planos de la planta y apoyar con toda la gestión de instalación y manejo de los paneles para que el proyecto sea exitoso. La información que provee el departamento de producción es esencial para realizar un cálculo exitoso de la cantidad de paneles solares fotovoltaicos por instalar en la fábrica.

4.1.2.3. Área de compras

Se encarga de realizar la licitación del proyecto acorde con las especificaciones indicadas por el departamento de producción para la selección

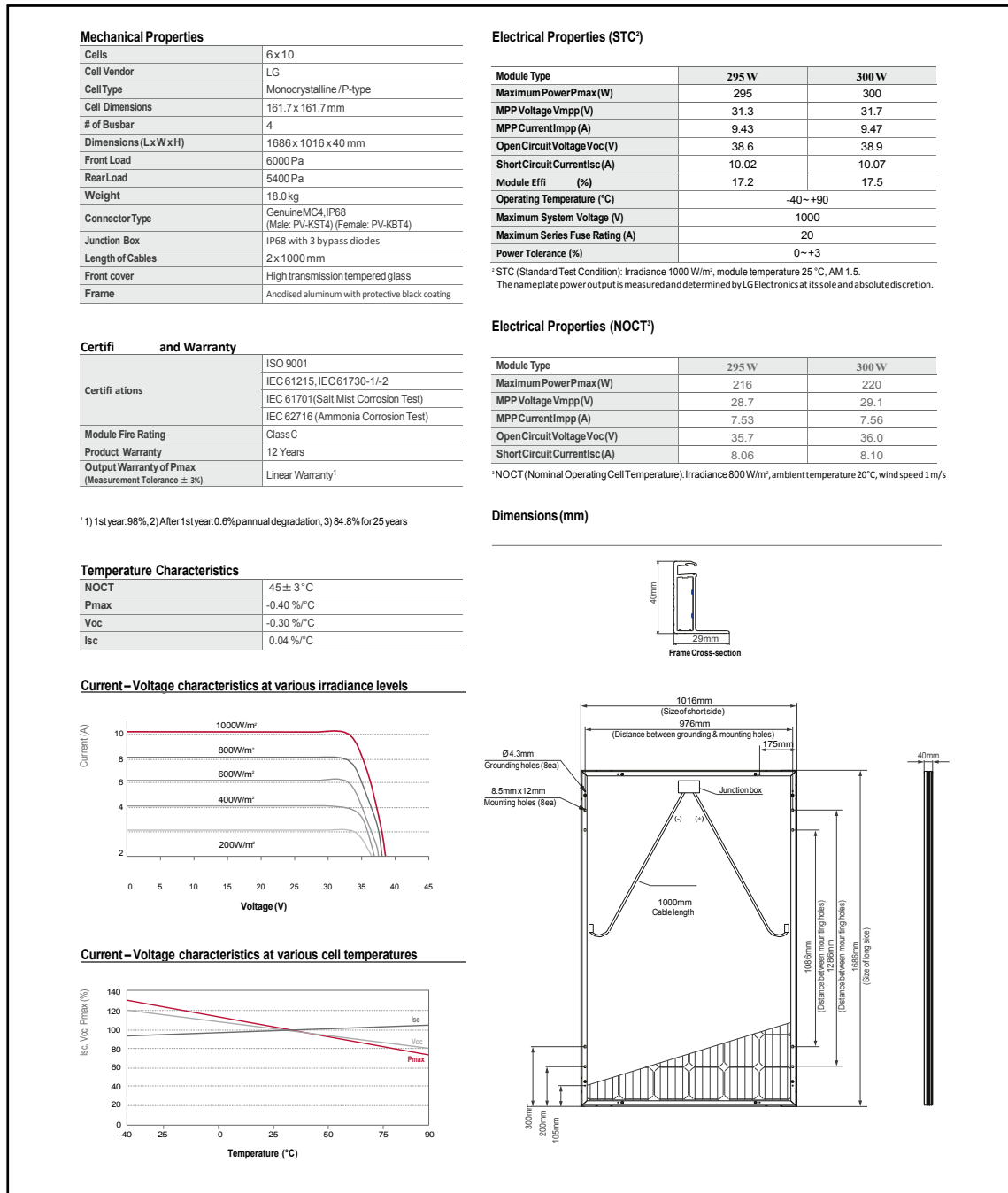
de la mejor propuesta. Debe realizar reuniones con los proveedores para darles a conocer a detalle lo que se busca y que resuelvan dudas junto con el departamento de producción para tener toda la información y dar una cotización que cumpla con los requerimientos y sea una solución óptima para la implementación de paneles solares.

Debe realizar la negociación con el proveedor para cumplir con los términos de pago y crédito, tiempo de iniciación y finalización del proyecto, garantías y servicios posventa de los equipos, así como negociación de los mantenimientos y solución de problemas en caso de presentarse. Al tener el visto bueno de la Gerencia general, es el encargado de enviar el pedido de compra al proveedor en el que se detallen todos los aspectos de la negociación.

4.2. Especificaciones de los paneles solares fotovoltaicos

Se detallan las especificaciones de los paneles solares fotovoltaicos con los que se tiene pensado proponer el proyecto.

Figura 17. Especificaciones de los paneles fotovoltaicos



Fuente: Esco-Tel. *Cómo se fabrican los paneles solares*. Obtenido de http://www.esco-tel.com/como_se_fabrica_un_panel_solar.html. Consulta 5 de enero 2018.

4.2.1. Materiales de fabricación

El silicio es actualmente el material más comúnmente usado para la fabricación de células fotovoltaicas. Se obtiene por reducción de la sílice, compuesto más abundante en la corteza de la tierra, en particular en la arena o el cuarzo.⁹

El primer paso es la producción de silicio metalúrgico, puro al 98 %, obtenido de pedazos de piedras de cuarzo provenientes de un filón mineral (la técnica de producción industrial no parte de la arena).

El silicio se purifica mediante procedimientos químicos (lavado + decapado) empleando con frecuencia destilaciones de compuestos clorados de silicio, hasta que la concentración de impurezas es inferior a 0,2 partes por millón. Así se obtiene el silicio grado semiconductor con un grado de pureza superior al requerido para la generación de energía solar fotovoltaica.

Este ha constituido la base del abastecimiento de materia prima para aplicaciones solares hasta la fecha. En la actualidad representa casi las tres cuartas partes del aprovisionamiento de las industrias.

Sin embargo, para usos específicamente solares, son suficientes (dependiendo del tipo de impureza y de la técnica de cristalización), concentraciones de impurezas del orden de una parte por millón. Al material de esta concentración se le suele denominar silicio de grado solar.

⁹ Esco-Tel.. *Como se fabrican los paneles solares*. Obtenido de http://www.esco-tel.com/como_se_fabrica_un_panel_solar.html. Consulta 5 de enero 2018.

Con el silicio fundido, se realiza un proceso de crecimiento cristalino que consiste en formar capas monomoleculares alrededor de un germen de cristalización o de un cristalito inicial. Nuevas moléculas se adhieren preferentemente en la cara donde su adhesión libera más energía. Las diferencias energéticas suelen ser pequeñas y pueden ser modificadas por la presencia de dichas impurezas o cambiando las condiciones de cristalización.

La semilla o germen de cristalización que provoca este fenómeno es extraída del silicio fundido, que va solidificando de forma cristalina, resultando, si el tiempo es suficiente, un monocristal y si es menor, un policristal. La temperatura a la que se realiza este proceso es superior a los 1 500 °C.

El procedimiento más empleado en la actualidad es el proceso Czochralski, también se pueden emplear técnicas de colado. El silicio cristalino así obtenido tiene forma de lingotes.

Estos lingotes son luego cortados en láminas delgadas cuadradas (si es necesario) de 200 micrómetros de espesor, que se llaman «obleas». Después del tratamiento para la inyección del enriquecido con dopante (P, As, Sb o B) y obtener así los semiconductores de silicio tipo P o N.

Después del corte de las obleas, las mismas presentan irregularidades superficiales y defectos de corte, además de la posibilidad de que estén sucias de polvo o virutas del proceso de fabricación.

Esta situación puede disminuir considerablemente el rendimiento del panel fotovoltaico así que se realiza un conjunto de procesos para mejorar las condiciones superficiales de las obleas, tales como un lavado preliminar, la eliminación de defectos por ultrasonidos, el decapado, el pulido o la limpieza con

productos químicos. Para las celdas con más calidad (monocristal) se realiza un tratado de texturizado para hacer que la oblea absorba con más eficiencia la radiación solar incidente.

Posteriormente, las obleas son «metalizadas», un proceso que consiste en la colocación de unas cintas de metal incrustadas en la superficie conectada a contactos eléctricos que son las que absorben la energía eléctrica que generan las uniones P/N a causa de la irradiación solar y la transmiten.

La producción de células fotovoltaicas requiere energía, y se estima que un módulo fotovoltaico debe trabajar alrededor de 2 a 3 años, 4 según su tecnología para producir la energía que fue necesaria para su producción (módulo de retorno de energía).

Las técnicas de fabricación y características de los principales tipos de células se describen en los siguientes 3 párrafos. Existen otros tipos de células que están en estudio, pero su uso es casi insignificante.

Los materiales y procesos de fabricación son objeto de programas de investigación ambiciosos para reducir el costo y el reciclado de las células fotovoltaicas. Las tecnologías de película delgada sobre sustratos sin marcar recibieron la aceptación de la industria más moderna. En 2006 y 2007, el crecimiento de la producción mundial de paneles solares se ha visto obstaculizada por la falta de células de silicio y los precios no han caído tanto como se esperaba. La industria busca reducir la cantidad de silicio utilizado.

Las células monocristalinas han pasado de 300 micras de espesor a 200 y se piensa que llegarán rápidamente a las 180 y 150 micras, reduciendo la cantidad de silicio y la energía requerida, así como también el precio.

4.2.2. Eficiencia de los paneles solares

La eficiencia de los paneles fotovoltaicos, también conocida como rendimiento, es proporcional a la relación entre vatios entregados y la superficie ocupada con las mismas otras condiciones (irradiación, radiación solar, temperatura, espectro luz del sol, de respuesta espectral). Una vez dicho esto, es natural pensar que, con la misma energía producida por un panel fotovoltaico más eficiente, va a ocupar una superficie más pequeña.¹⁰

El rendimiento de un panel fotovoltaico está estrechamente relacionado con la temperatura y a los materiales utilizados. Por ejemplo, figura, como la temperatura de 25 °C de una célula solar, de acuerdo con los materiales utilizados que proporcionará diferentes rendimientos y diferentes pérdidas en relación con un aumento de temperatura.

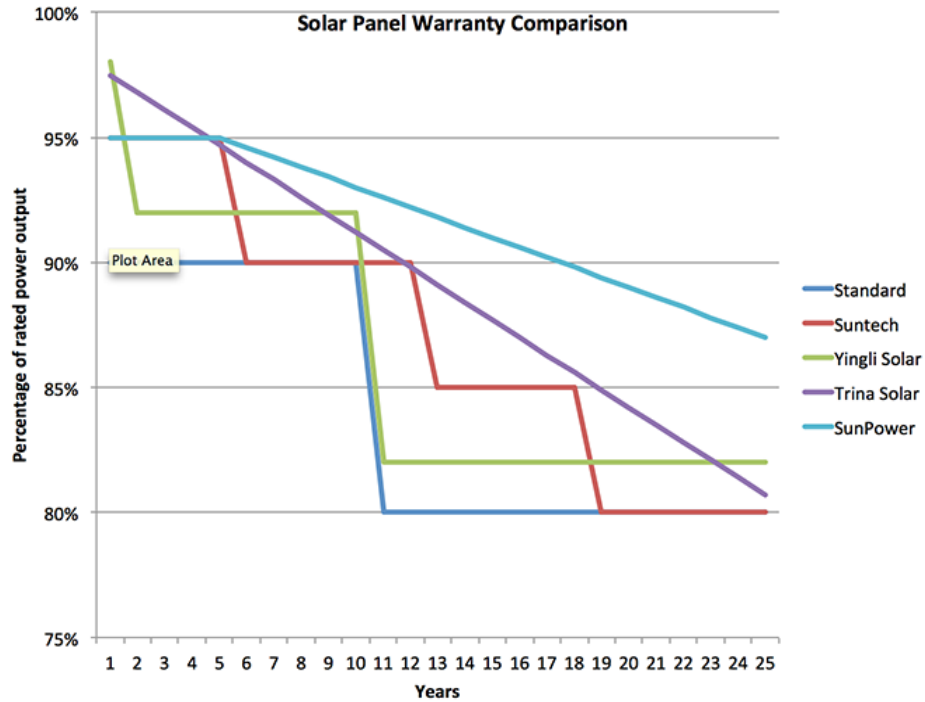
4.2.3. Vida útil de los paneles solares

Teniendo en cuenta que el panel carece de partes móviles y que las células y los contactos van encapsulados en una robusta resina sintética, se consigue una muy buena fiabilidad junto con una larga vida útil, del orden de 30 años o más. Además, si una de las células falla, esto no afecta al funcionamiento de las demás, y la intensidad y voltaje producidos pueden ser fácilmente ajustados añadiendo o suprimiendo células.¹¹

¹⁰ *Paneles solares fotovoltaicos*. Obtenido de *El mundo de los paneles solares*: <https://panelessolaresfotovoltaicosgratis.com/los-paneles-solares/la-eficiencia-energetica-los-paneles-fotovoltaicos/>. consulta: mayo 2018.

¹¹ ENERSAC *Energías renovables*. Obtenido de <http://www.enersac.com/energia-solar-faq-cual-es-la-vida-util-de-un-panel-fotovoltaico.php>. consulta: marzo 2018.

Figura 18. Vida útil de los paneles solares



Fuente: ENERSAC . *Energías renovables*. Consulta 8 de enero 2018.

4.2.4. Origen de los paneles solares

Los primeros paneles solares útiles fueron inventados en los laboratorios Bell en 1954. Primero utilizados mayormente para naves espaciales y satélites, los paneles solares, ahora se utilizan para muchas aplicaciones, incluyendo alimentado de hogares. Los avances en la producción de la silicón, el material utilizado para "dopar" al semiconductor, aumentando la absorción y las técnicas antirreflexivas y demás, han llevado a aumentar su eficiencia.

El termino energía solar se refiere a la producción de energía térmica y eléctrica obtenida mediante el uso de los rayos del sol. El sol irradia el planeta en una potencia de alrededor de 180 billones de kilovatios. Una parte de la luz del sol es reflejada por la atmósfera hacia el espacio exterior.

En 1885 el profesor W. Grylls Adams experimentó con el selenio (elemento semiconductor) como reaccionaba con la luz y descubrió que se generaba un flujo de electricidad conocida como "fotoeléctrica".

Charles Fritts en 1893, fue quien inventó la primera célula solar, conformada de láminas de revestimiento de selenio con una fina capa de oro, estas células se utilizaron para sensores de luz en la exposición de cámaras fotográficas.

Albert Einstein investigó más a fondo sobre el efecto fotoeléctrico y descubrió que al iluminar con luz violeta (que es de alta frecuencia) los fotones pueden arrancar los electrones de un metal y producir corriente eléctrica. Esta investigación le permitió ganar el Premio Nobel de Física en 1921.¹²

El inventor estadounidense Russel Ohl, creó y patentó las primeras células solares de silicio en 1946, pero Gerald Pearson de laboratorios Bells, por accidente, experimentando en la electrónica, creó una célula fotovoltaica más eficiente con silicio, gracias a esto Daryl Chaplin y Calvin Fuller mejoraron estas células solares para un uso más práctico. Empezaron la primera producción de paneles solares en 1954, que se utilizaron en su mayoría en satélites espaciales. En la década de 1970 el primer uso general para el público, de los paneles solares fue con calculadoras que se siguen utilizando actualmente.¹³

4.2.5. Potencia por generar

Los paneles solares producen energía eléctrica según su tamaño, eficiencia y cuánta luz solar reciban. Para los particulares y negocios pequeños, los paneles para techo son una opción típica. Los paneles solares de 100 a 200 vatios cubren

¹² Esco-Tel. (2011). *Como se fabrican los paneles solares*. Obtenido de http://www.esco-tel.com/como_se_fabrica_un_panel_solar.html. Consulta: mayo 2017

¹³ *Ibíd*

unos 10 pies cuadrados (1 metro cuadrado). La potencia que se obtiene de un panel solar de 100 vatios depende de cuánta luz solar reciba y diariamente la potencia total es mucho menos que la potencia medida.

La potencia que puede alcanzar un panel solar y la potencia que entrega son dos temas diferentes. Si un determinado panel está calificado como de 180 vatios, entonces rendirá hasta ese nivel en la luz solar más brillantes (1 000 vatios por metro cuadrado). Sin embargo, a no ser que se viva en el ecuador, el panel solar no recibirá esa cantidad de luz solar. La cantidad de luz solar que alcanza la tierra en la región (llamada "insolación" se promedia en vatios por metro cuadrado) dividida en el brillo de la luz solar estándar de la industria (1 000 vatios por metro cuadrado) dará la fracción de la potencia que producirá el panel.

Un método más simple es encontrar el número de "horas pico de sol" que recibe tu zona en cada día. Cualquier vendedor respetable tendrá esta información. Una hora pico de sol es una hora de 1 000 vatios por metro cuadrado de luz solar.¹⁴

La mayoría de las zonas de Estados Unidos reciben menos de seis horas pico de sol por día. Se puede predecir cuánta potencia puede generar determinado panel solar multiplicando el rango de vatios de un panel solar por la cantidad de horas pico de sol para zona. Nótese que las horas de sol variarán con las estaciones y que durante el invierno son menores.¹⁵

¹⁴ Sandia National Laboratories. *Paneles fotovoltaicos*. p. 45.

¹⁵ muy fitness. (s.f.). *Cuanta potencia genera un panel solar*. https://muyfitness.com/cuanta-potencia-genera-un-panel-solar_13093793/. Consulta octubre 2018.

4.3. Especificaciones de los inversores

Se describen las especificaciones y características de los inversores, elemento fundamental del proyecto.

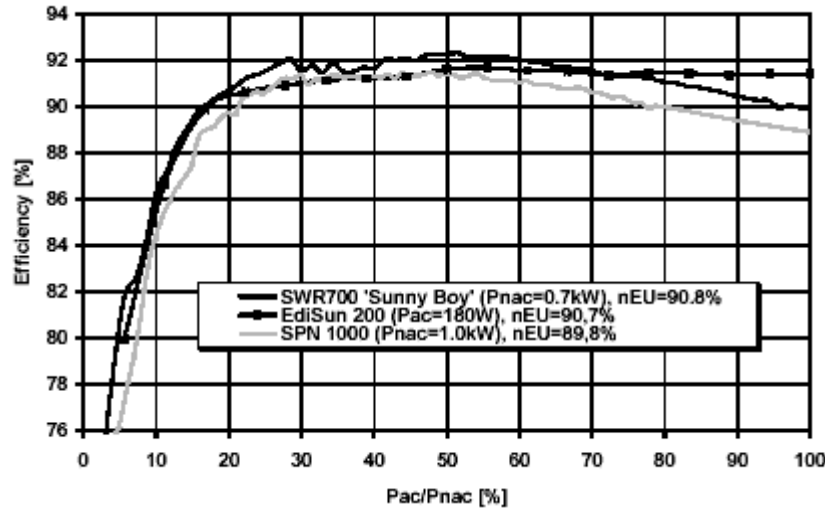
4.3.1. Eficiencia

Es la relación, expresada en tanto por ciento, entre las potencias presentes a la salida y a la entrada del inversor. Su valor depende de las condiciones de carga, es decir de la potencia total de los aparatos de consumo alimentados por el inversor en relación con su potencia nominal.

La eficiencia de todos los inversores se ve afectada no solo por las pérdidas producidas por la conmutación, sino también por las pérdidas debidas a elementos pasivos, como son los transformadores, filtros o condensadores. Así la eficiencia de la conversión del sistema completo, el cual incluye filtros de entrada, dispositivos de conmutación, filtros de salida y transformador es más apropiada que únicamente la eficiencia del inversor.

Los inversores fuente de tensión generalmente tienen una eficiencia a plena carga de entre el 90 % y el 94 % para sistemas de baja tensión de entrada (400 V).

Figura 19. **Eficiencia de los inversores**



Fuente: muy fitness. *Cuánta potencia genera un panel solar*. https://muyfitness.com/cuanta-potencia-genera-un-panel-solar_13093793/. Consulta: octubre 2018.

En general la eficiencia de un inversor es mayor en los inversores con bajas pérdidas en vacío, y la eficiencia crece si la tensión continua de entrada de las placas solares crece.

4.3.2. **Vida útil**

Teniendo en cuenta que el panel carece de partes móviles y que las células y los contactos van encapsulados en una robusta resina sintética, se consigue una muy buena fiabilidad junto con una larga vida útil, del orden de 30 años o más. Además, si una de las células falla, esto no afecta al funcionamiento de las demás, y la intensidad y voltaje producidos pueden ser fácilmente ajustados añadiendo o suprimiendo células.

Otro factor que afecta la vida útil del sistema es la temperatura, relacionándose con las baterías, ya que influye en la capacidad, en la temperatura de la batería y la de su ambiente. El comportamiento de una batería

se cataloga a una temperatura de 27 grados. Temperaturas más bajas reducen su capacidad significativamente. Temperaturas más altas producen un ligero aumento de su capacidad, pero esto puede incrementar la pérdida de agua y disminuir el número de ciclos de vida de la batería.

4.3.3. Origen

Los inversores solares que actualmente existen han evolucionado en el tiempo, gracias a diferentes métodos de construcción. Principalmente, estos mejoran su eficiencia, reducen las pérdidas y mejoran la duración de los componentes, como también reducen el costo del aparato. A continuación, se muestra un resumen de la historia del diseño, particularmente referente a la empresa SMA, la cual se constituye en 1985.

El primer inversor comercial fue lanzado en el año 1991, el cual, con una eficiencia no superior al 90 %, posee un pequeño rango de voltaje de entrada, una baja potencia de conversión y, por lo tanto, capacidad solo para unos pocos paneles solares.

Los más grandes avances en la tecnología de inversores se basan en el costo, eficiencia y confiabilidad. La evolución de estos parámetros y las expectativas para el futuro.

4.3.4. Capacidad

Se refiere a la capacidad del inversor para suministrar una potencia considerablemente superior a la nominal, así como el tiempo que puede mantener esta situación.

Los inversores deben dimensionarse de dos formas. La primera es considerando los vatios de potencia eléctrica que el inversor puede suministrar durante su funcionamiento normal de forma continua.

Los inversores son menos eficientes cuando se utilizan a un porcentaje bajo de su capacidad. Por esta razón no es conveniente sobredimensionarlos, deben ser elegidos con una potencia lo más cercana posible a la de la carga de consumo.

La segunda forma de dimensionar el inversor es mediante la potencia de arranque. Algunos inversores pueden suministrar más de su capacidad nominal durante períodos cortos de tiempo. Esta capacidad es importante cuando se utilizan motores u otras cargas que requieren de 2 a 7 veces más potencia para arrancar que para permanecer en marcha una vez que han arrancado (motores de inducción, lámparas de gran potencia).

Tabla V. Especificaciones de los inversores

Technical Data							Sunny Boy 3000TL		Sunny Boy 3600TL	
Input (DC)										
Max.	DC power (at cos ϕ = 1)						3200	W	3880	W
Max.	input voltage						750	V	750	V
MPP	voltage range / voltage						175	V to 500 V / 400 V	175	V to 500 V / 400 V
Min.	input voltage						125	V / 150 V	125	V / 150 V
Max.	input current / input B						15	A / 15 A	15	A / 15 A
Max.	input current / input						15	A / 15 A	15	A / 15 A
Number	of strings						2	/ A:2; B:2	2	/ A:2; B:2

Fuente: muy fitness. (s.f.). *Cuánta potencia genera un panel solar.* https://muyfitness.com/cuanta-potencia-genera-un-panel-solar_13093793. Consulta: 5 de febrero 2018.

4.4. Indicaciones de mantenimiento

Los inversores solares son uno de los equipos más delicados de la planta fotovoltaica, por lo que requieren un mantenimiento fotovoltaico más exhaustivo. Las pautas de mantenimiento que a continuación se enumeran son válidas para el emplazamiento en el interior de un inmueble sometido a rangos de temperatura normales (0-40°C a la sombra).

Los trabajos de mantenimiento para los inversores solares son los siguientes:

- Por realizar al menos una vez al mes
 - Lectura de los datos archivados y de la memoria de fallos

- Por realizar al menos una vez 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

- A realizar al menos una vez al año
 - 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, 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.
- Intervalos de sustitución preventiva de componentes (ventiladores, calefacción).
- Verificar el envejecimiento de los descargadores de sobretensión y, dado el caso, cambiarlos.
- Revisión de funcionamiento de la monitorización de aislamiento / GFDI Comprobar el funcionamiento y la señalización.
- Inspección visual de los fusibles y seccionadores existentes y, dado el caso, engrase de los contactos.
- Revisión de funcionamiento de los dispositivos de protección.
 - Interruptores de protección de la corriente de defecto.

- Interruptores automáticos.
 - Interruptores de potencia.
 - Interruptores de protección de motores por accionamiento manual o mediante la tecla de control (si existe).
- Revisión de las tensiones de mando y auxiliares de 230 V y 24 V.
 - Comprobación de funcionamiento de la parada de emergencia.
 - Control de la función de sobre temperatura y revisar el funcionamiento del circuito de seguridad de esta función.

4.5. Instalación de paneles

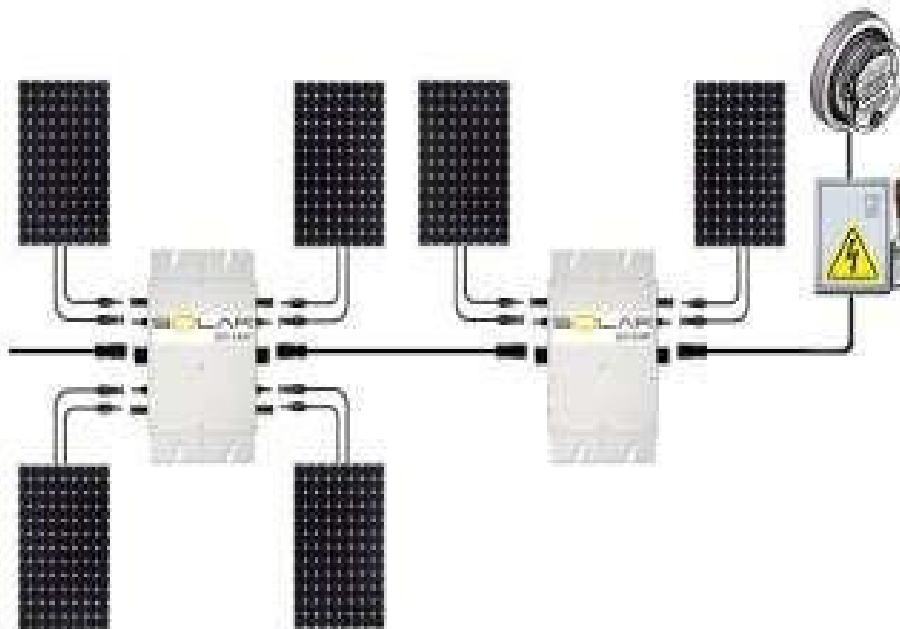
Los paneles fotovoltaicos deben estar instalados en un lugar adecuado en donde la luz solar pueda irradiarlos. Conecte los cables de los paneles solares (conexión en paralelo) a una caja de conexiones y de esta caja saque un cable único que llegue a las terminales del inversor solar. Conecte el inversor al enchufe eléctrico dentro de la casa. Después de realizadas estas acciones, cuando los paneles solares reciban la luz directa del sol, el sistema fotovoltaico convertirá la energía solar a energía eléctrica utilizable en la casa.

4.5.1. Ubicación de los paneles

El sistema está diseñado para instalarse por módulos de 1, 2, 3 o 4 paneles. Cada módulo tiene su propio inversor de acuerdo con la potencia y cantidad de paneles por instalar. Luego, las salidas de cada inversor se conectan entre sí

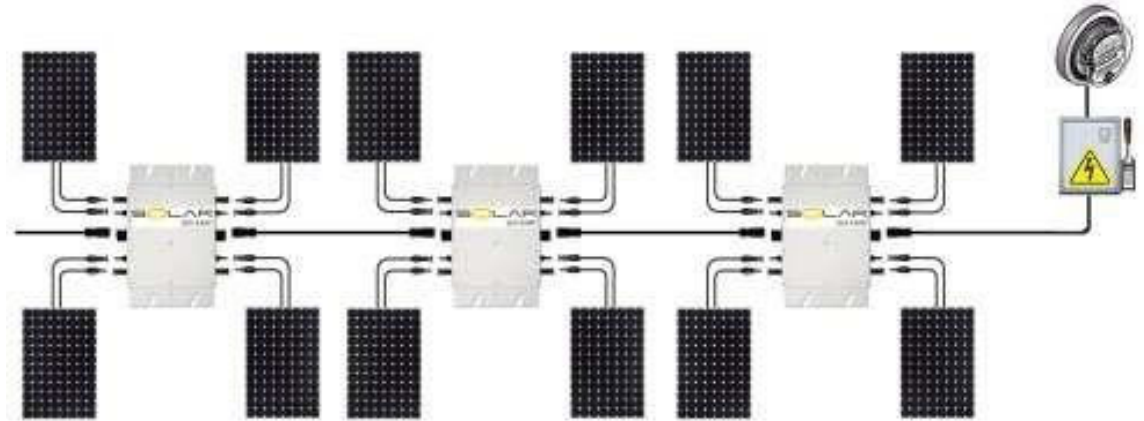
para obtener una corriente única y esta se entrega en el tablero central de interruptores de la planta. No existe un límite particular de la cantidad de inversores que se pueden instalar en una misma instalación, por lo que, para instalaciones industriales, no existe problema en cuanto al tamaño del sistema. Puede instalarse desde un panel hasta varios cientos.

Figura 20. **Ejemplo de una instalación de 6 paneles (módulo de 4 + 2)**



Fuente: RF Torrent Solar. (s.f.). *Convertidores o inversores de corriente*. Consulta 20 de febrero 2018.

Figura 21. **Ejemplo de una instalación de 12 paneles (3 módulos de 4)**



Fuente: RF Torrent Solar. (s.f.). *Convertidores o inversores de corriente*. Consulta 20 de febrero 2018.

4.5.2. Conexión de los paneles para generar energía

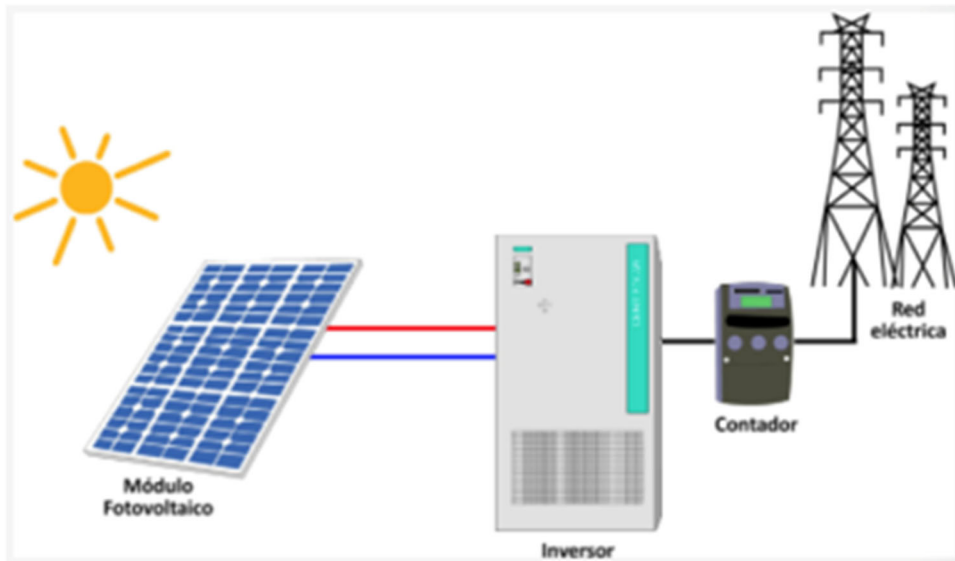
Todos los módulos fotovoltaicos disponen de los polos positivo (+) y negativo (-) por la parte trasera para su conexión y cableado. Hay que recordar que los paneles solares fotovoltaicos están preparados para generar corriente continua, que se transformará en corriente alterna, mediante inversores.

Las conexiones que se pueden realizar en una instalación fotovoltaica son dos: conectado en serie o en paralelo.

4.5.3. Nueva conexión eléctrica al sistema de la planta

La nueva conexión eléctrica proviene del sistema de paneles solares fotovoltaicos que generan corriente directa, que serán instalados de forma mixta, incluyendo colocación en serie y en paralelo para generar la potencia y amperaje requerido para alimentar el equipo de producción.

Figura 22. **Nueva conexión eléctrica al sistema de la planta**



Fuente: RF Torrent Solar. (s.f.). *Convertidores o inversores de corriente*. Consulta 20 de febrero 2018.

4.6. Instalación de inversores de corriente

La ubicación de los inversores es al final de la conexión de los paneles solares en la caseta de acometida, desde donde se centralizan todas las conexiones actuales de energía y de donde saldrá la conexión para alimentar la línea de producción y la que conectará directamente al contador para distribuirla en la red eléctrica. De esta forma, cuando se utilice el equipo será alimentado directamente por los paneles solares y cuando no se alimenten los paneles solares el contador estará dando marcha atrás, lo que se convierte en un ahorro energético por kW de potencia producido.

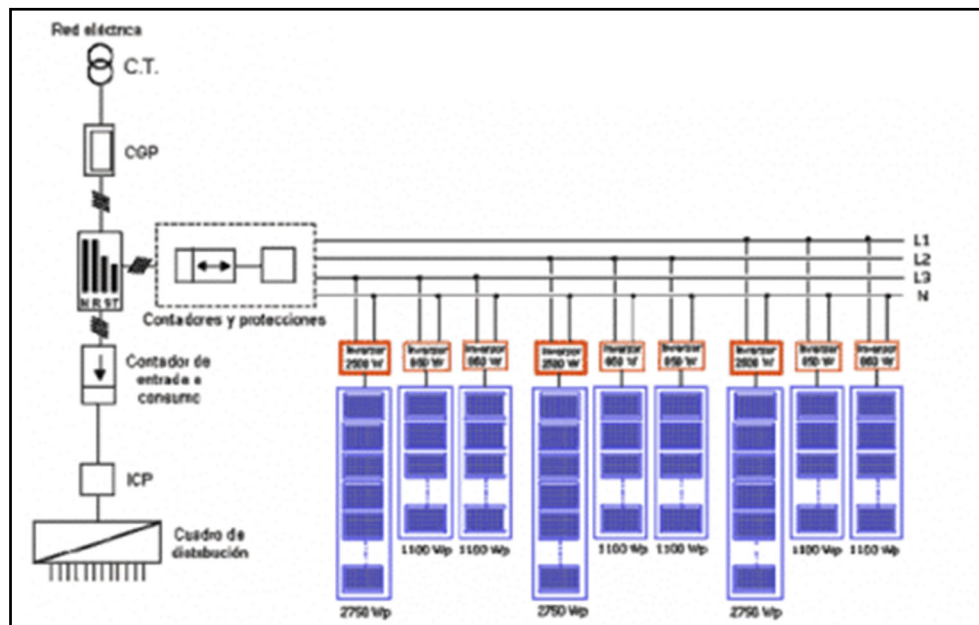
4.6.1. Ubicación de los inversores de corriente

Antes de afrontar el diseño de una instalación fotovoltaica de autoconsumo, se debe tener en cuenta que en el mercado se pueden encontrar, fundamentalmente, dos tipos de inversores solares. Hay inversores fotovoltaicos para instalaciones aisladas (es decir, con baterías) e inversores para conexión a red o autoconsumo.

4.6.2. Conexión de los inversores de corriente

Una de los requisitos mínimos y fundamentales para todo inversor es que, sabiendo que el flujo de energía eléctrica normalmente siempre va en el sentido de las cargas, cuando se produce un corte en la red eléctrica, el inversor se tiene que parar y dejar de inyectar a la red eléctrica.

Figura 23. Conexión de inversores de corriente



Fuente: RF Torrent Solar. *Convertidores o inversores de corriente*. Consulta 20 de febrero 2018.

4.7. Instalación de cableado

El cable eléctrico de conexión representa el componente indispensable para el transporte de la energía eléctrica entre los diferentes bloques que integran un sistema fotovoltaico. Resulta inevitable que parte de esta energía se pierda en forma de calor, ya que la resistencia eléctrica de un conductor nunca es nula.¹⁶

Los cables eléctricos utilizados en un sistema fotovoltaico están cuidadosamente diseñados. Como el voltaje en un sistema fotovoltaico es voltaje CC bajo, 12 o 24 V, las corrientes que fluirán a través de los cables son mucho más altas que las de los sistemas con voltaje AC de 110 o 220 V.

La cantidad de potencia en vatios producida por la batería o panel fotovoltaico está dada por la siguiente fórmula: $P = V \times I$

V = tensión en voltios

I = corriente en amperios

4.7.1. Conexión entre paneles

Todos los módulos fotovoltaicos disponen de los polos positivo (+) y negativo (-) por la parte trasera para su conexión y cableado. Hay que recordar que los paneles solares fotovoltaicos, están preparados para generar corriente continua, que se transformará en corriente alterna, mediante inversores.

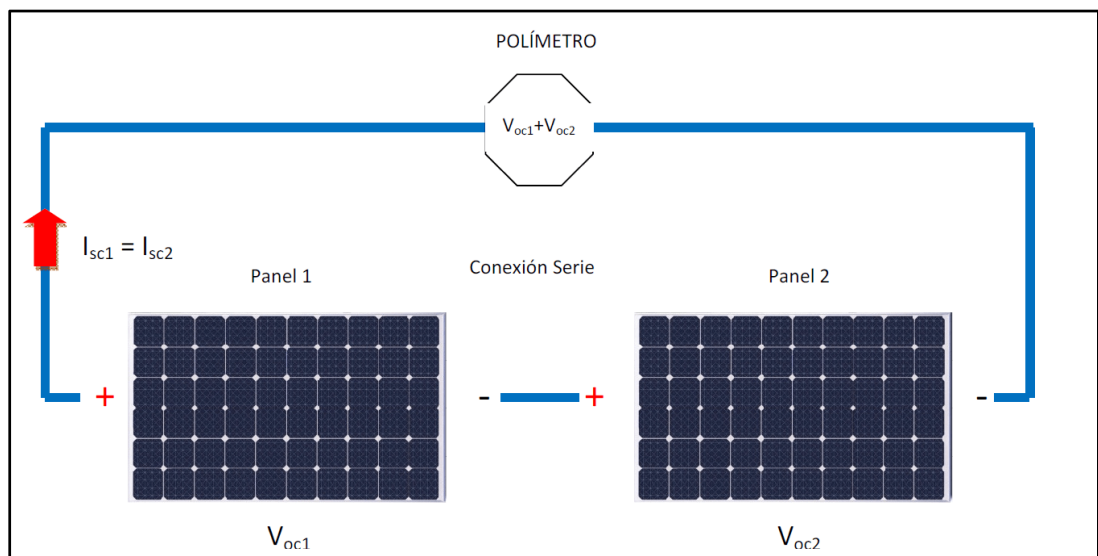
¹⁶ Electricidad gratuita. (s.f.). *Dimensionamiento de los cables eléctricos para paneles solares*. Obtenido de <http://www.electricidad-gratuita.com/inversor-fv8.htm>. consulta septiembre 2018.

Las conexiones que se pueden realizar en una instalación fotovoltaica son dos: conexas en serie o en paralelo. Véase con unos ejemplos cuáles son sus características:

4.7.1.1. Conexión paneles – inversor

Conexión de dos paneles solares fotovoltaicos de V_{oc} 22.42V y corriente de cortocircuito I_{sc} 8.45^a.

Figura 24. Conexiones paneles inversor



Fuente: Electricidad gratuita. *Dimensionamiento de los cables eléctricos para paneles solares.*
Consulta 20 de febrero 2018.

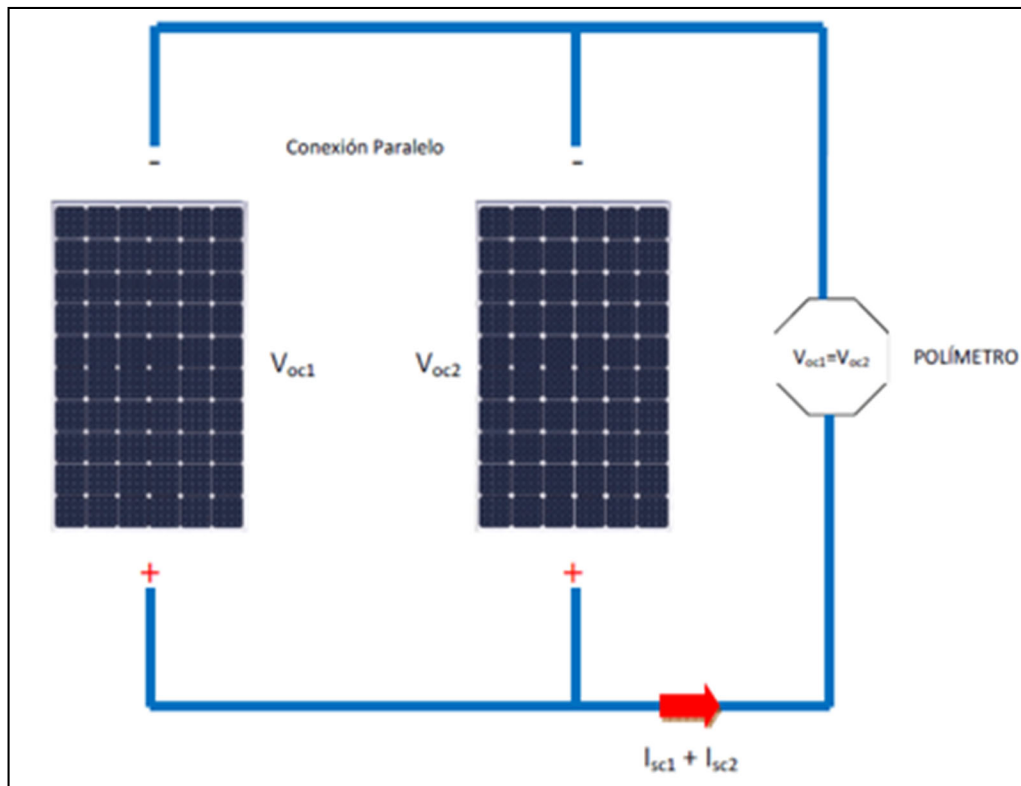
Como se ve en la imagen, se ha conectado el polo negativo del panel número 1 con el polo positivo del panel número 2. Si se conecta un polímetro a la salida, se obtendría lo siguiente:

Tensión total: $V_{oc}=V_{oc1}+V_{oc2} = 22,42V + 22,42V = 44,84$ voltios

Intensidad de cortocircuito: $I_{sc}=I_{sc1}=I_{sc2}=8,45$ amperios.

Por lo tanto, en una conexión en serie, las tensiones se suman y la intensidad resultante es la de uno de los paneles (deben ser de las mismas características)

Figura 25. **Conexión de dos paneles solares fotovoltaicos de V_{oc} 22.42V y corriente de cortocircuito I_{sc} 8.45^a**



Fuente: Electricidad gratuita. *Dimensionamiento de los cables eléctricos para paneles solares.*
Consulta 20 de febrero 2018.

Como se ve en la imagen, se ha conectado el polo negativo con el panel número 1 y con el polo negativo del panel número 2, así como el positivo con el positivo. Si se conecta un polímetro a la salida, se obtendría lo siguiente:

Tensión total: $V_{oc}=V_{oc1}=V_{oc2} = 22,42$ voltios

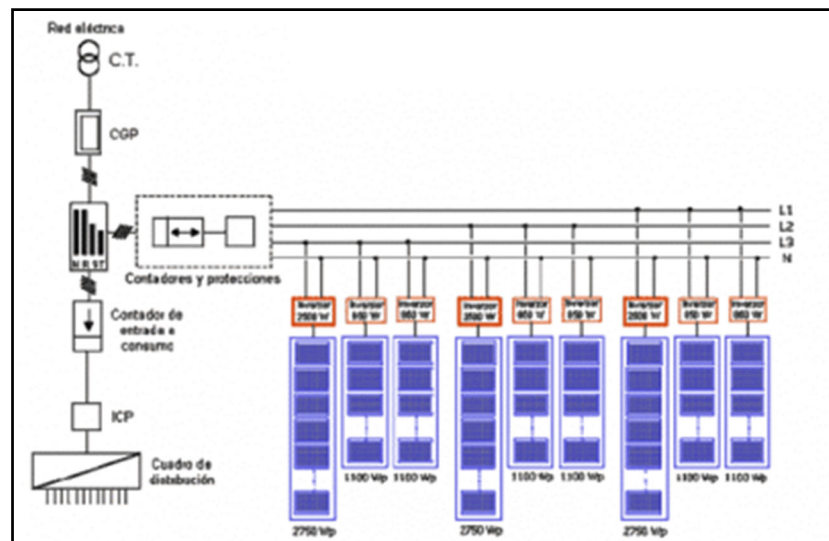
Intensidad de cortocircuito: $I_{sc}=I_{sc1}+I_{sc2}=8,45A+8,45A=16,9$ A

Por lo tanto, en una conexión en paralelo, las intensidades se suman y la tensión resultante es la de uno los paneles (deben ser de las mismas características).

4.7.1.2. Conexión inversor - contador

Esta imagen muestra cómo es la conexión de un inversor con un contador, para realizar la mejor instalación posible.

Figura 26. Conexión - inversor contador



Fuente: Electricidad gratuita. *Dimensionamiento de los cables eléctricos para paneles solares.*

Consulta 20 de febrero 2018.

4.8. Puesta en marcha de los paneles solares fotovoltaicos

Para iniciar el sistema de paneles solares es necesario tomar las siguientes consideraciones, considerando diversas pruebas en las cuales se establece:

- Ubicación del recinto donde se instalará el sistema fotovoltaico - Espacio (m²).
- Orientación e Inclinación de los paneles fotovoltaicos.
- Radiación solar del lugar.
- Demanda de instalación de consumo.
- Sombra.

4.9. Pruebas de potencia

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) estos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas por realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.

- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.

Determinación de la potencia instalada, de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Se define la potencia instalada en corriente alterna (CA) de una central fotovoltaica (FV) conectada a la red, como la potencia de corriente alterna a la entrada de la red eléctrica para un campo fotovoltaico con todos sus módulos en un mismo plano y que opera, sin sombras, a las condiciones estándar de medida (CEM).
- La potencia instalada en CA de una central fotovoltaica puede obtenerse utilizando instrumentos de medida y procedimientos adecuados de corrección de unas condiciones de operación bajo unos determinados valores de irradiancia solar y temperatura a otras condiciones de operación diferentes. Cuando esto no es posible, puede estimarse la potencia instalada utilizando datos de catálogo y de la instalación, y realizando algunas medidas sencillas con una célula solar calibrada, un termómetro, un voltímetro y una pinza amperimétrica. Si tampoco se dispone de esta instrumentación, puede usarse el propio contador de energía. En este mismo orden, el error de la estimación de la potencia instalada será cada vez mayor.

4.9.1. Medición de potencia

Se describe a continuación el equipo mínimo necesario para calcular la potencia instalada:

- 1 célula solar calibrada de tecnología equivalente
- 1 termómetro de temperatura ambiente
- 1 multímetro de corriente continua (CC) y corriente alterna (CA)
- 1 pinza amperimétrica de CC y CA

El propio inversor actuará de carga del campo fotovoltaico en el punto de máxima potencia.

Las medidas se realizarán en un día despejado, en un margen de ± 2 horas alrededor del mediodía solar.

Se realizará la medida con el inversor encendido para que el punto de operación sea el punto de máxima potencia.

Se medirá con la pinza amperimétrica la intensidad de CC de entrada al inversor y con un multímetro la tensión de CC en el mismo punto. Su producto es $P_{cc, inv}$.

La temperatura ambiente se mide con un termómetro situado a la sombra, en una zona próxima a los módulos FV. La irradiación se mide con la célula (CTE) situada junto a los módulos y en su mismo plano.

4.9.1.1. Mañana

En lugares en que existe asimetría de radiación solar en las mañanas y en las tardes, por ejemplo, por el aumento de nubosidad en las tardes, provoca que el máximo de captación, no se logre con $\text{azimutal} = 0^\circ$, sino con una orientación ligeramente hacia el este.

4.9.1.2. Mediodía

Es cuando se obtiene la mayor potencia y es entendido como el pico de producción de un panel. Es la potencia de salida, en vatios, que produce un panel fotovoltaico en condiciones de máxima iluminación solar, con una radiación de aproximadamente 1 kW/m² (la que se produce en un día soleado al mediodía solar).

4.9.1.3. Tarde

En la tarde se conoce como puntos muertos, que al igual que en la mañana, la producción se reduce, ya que en casos normales se puede alcanzar al mediodía 1 kW/m², en la tarde se reduce a 700 W/m².

4.9.2. Medición del contador de luz

Este ejercicio se realiza para determinar el funcionamiento de los paneles y cómo ingresa la corriente eléctrica al sistema.

4.9.2.1. Diaria

El autoconsumo de energía solar y la exportación ocurren durante el día. Durante la noche se utiliza la energía de la AEE. Utiliza un contador bidireccional que registra de manera separada la energía consumida y exportada por el sistema solar. Al final de cada periodo de facturación, la AEE calcula el consumo neto del cliente en kilovatios- horas (KWh) restando la cantidad exportada de la cantidad de energía consumida.

Es importante entender que los sistemas solares solo producen energía del sol durante el día, por ende, el diseño debe producir suficiente exceso de energía exportada para cubrir el equivalente al consumo de la noche. El diseño del sistema solar generalmente contempla la cantidad de KWh que producirá el sistema solar para compensar la cantidad de KWh que consume regularmente el cliente en su ciclo de facturación. Otra forma de analizarlo es que durante el día debe producir la cantidad necesaria promedio de KWh para cubrir el promedio de día y noche en el mes de facturación.

El parámetro por utilizar como punto de partida para el diseño de un sistema fotovoltaico es la energía requerida, entendida como:

$$\text{Energía} = \text{Potencia} * \text{tiempo de utilización}$$

Los consumos de los usuarios aislados o conectados a red que hay que alimentar con el sistema fotovoltaico tienen que ser considerados en términos de energía diaria requerida. Por ejemplo:

- 1 TV color 60W, utilizado 3 horas/día
- 2 lámparas de 15 W, a alimentar durante 5 horas/día

$$\text{Energía diaria total necesaria} = 2 * 15W * 5 \text{ horas/día} + 1 * 60W * 3 \text{ horas/día} = 330 \text{ Wh/día}$$

4.9.2.2. Semanal

Para la medición de la energía de modo semanal es posible utilizar los registros diarios, sumándolos por este periodo, o bien promediar las horas pico y horas bajas por día para obtener un estimado semanal. Así mismo, se puede

contar con relojes digitales que brindan más información con historiales semanales. Monitoreando el estado de cada uno de estos equipos que conforman un sistema de energía solar. Paneles solares, controladores de carga, inversores y baterías. Con la medición periódica de mediano plazo como semanal, así se logrará saber el estado en que trabajan, si necesitan algún mantenimiento, su vida útil o si se requiere cambiarlo.

Gracias a la información de energía de los paneles solares por medio de los contadores con más opciones de registro es posible tener acceso a información. Esto permite saber si necesitan limpieza o identificar si hay sombras por hojas, basura o polvo que interfieren en la cantidad de luz que reciben los paneles solares. También monitoreando cada uno de los paneles solares se puede predecir o corregir fallas de una forma más fácil y barata. Ya que se identifica puntualmente una posible falla.

Una de las cosas más importantes de medir en tiempo real los sistemas de energía solar, es el estado de las baterías: si están cargadas, tiempos de carga, tiempo de descarga o si ya necesitan ser remplazadas. Además de ello se utilizan contadores de generación y contadores de consumo.

4.9.2.3. Mensual

El índice de producción además de representar la producción mensual en KW-H por cada KW de módulo fotovoltaico que la planta posee, representa la cantidad de horas que la planta genera a plena capacidad durante un mes. Si este valor se divide entre el número de días del mes, se obtiene la cantidad de horas, que la planta generó a plena capacidad por día, en régimen de promedio (h/30).

La ecuación $Y_f = KW-H / KW \text{ pico}$, se aplicó para obtener los valores de las plantas evaluadas, en base mensual, para ello los datos recopilados se anualizaron. Los índices Y_f son proporcionales a la irradiancia y esta es proporcional al ángulo de incidencia respecto de la normal del lugar. Por lo tanto, se establece que $Y_f = K * \text{irradiancia}$, $Y_{f1} = K1 * \text{Irradiancia} * \cos$. Donde K y $K1$ son constantes de proporcionalidad. Por correspondencia, analogía y síntesis: $Y_{f1} = Y_f * \cos$. Donde Y_{f1} es el índice de producción para un plano en el ángulo de inclinación y acimut u orientación deseado y \cos es el ángulo de incidencia respecto de la normal del lugar.¹⁷

¹⁷ *Energías renovables*. <http://www.enersac.com/energias-renovables-solar.php>. Consulta julio 2017.

5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Se describe el impacto que puede tener un proyecto de energía solar fotovoltaica en el ambiente.

5.1. Descripción del trabajo

La energía fotovoltaica que se genera a través de paneles solares se contempla como una energía benigna con el ambiente, sin ruido ni contaminación química e ideal para ambientes urbanos, sustituyendo los materiales de fachadas y tejados utilizados en parques, lagos y ríos.

Ventajas:

- **Clima:** la generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo tanto, no se produce contaminación térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero.
- **Geología:** las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la naturaleza sin requerirse 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 contaminarse, ni vertidos, ni movimientos de tierra, la incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosionabilidad es nula.
- Aguas superficiales y subterráneas: no se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.
- Flora y fauna: la repercusión sobre la vegetación es nula, y, al eliminarse los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.
- Paisaje: los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual.
- Ruidos: el sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los aerogeneradores.
- 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.

Desventajas:

- A pesar de que la energía solar es más limpia que el combustible fósil, la fabricación de paneles solares puede tener un impacto negativo en el ambiente, de acuerdo con los siguientes puntos:

- Producción: se requiere una gran cantidad de energía para fabricar paneles solares. Los combustibles fósiles producen gases de efecto invernadero que son emitidos hacia la atmosfera. Sin embargo, durante el proceso de su fabricación se producen emisiones por el gasto de combustibles fósiles. Se estima que cada Kwh producido ha originado de 15 a 70 gramos de CO2 en el proceso de su fabricación.
- Materiales peligrosos: los paneles solares están hechos con muchos materiales peligrosos, incluyendo muchos que son cancerígenos. La fabricación de paneles solares requiere de arsénico y cadmio, además necesitan de una sustancia llamada polysilicio, se producen cuatro toneladas de desechos líquidos que pueden transformarse en varios ácidos y gases venenosos.
- Tierra: los paneles solares tendrían que cubrir una gran parte del paisaje para generar energía suficiente como para satisfacer nuestras necesidades energéticas. Se necesita de un kilómetro cuadrado de paneles solares para producir de 20 a 60 megavatios de electricidad. Debido a esto, un uso incrementado de energía solar podría representar una amenaza hacia la preservación del ambiente y la protección de la vida salvaje.¹⁸

¹⁸ PREZI. *Impacto ambiental de la energía fotovoltaica. Paneles solares*. Obtenido de efecto de los paneles solares en el medio ambiente: <https://prezi.com/zy8ic5awdb7c/impacto-ambiental-de-la-energia-fotovoltaica-paneles-solares/>. Consulta: mayo 2018.

5.1.1. Objetivos

General:

Comprender que el estudio de impacto ambiental es un estudio técnico, objetivo, de carácter pluridisciplinar, que está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir mediante una metodología rigurosa e imparcial, las consecuencias o efectos que la energía fotovoltaica pueda determinar para la realización de acciones, proyectos o decisiones políticas que puedan causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno.

Específicos:

- Dar a conocer las ventajas que tiene la energía solar para el ambiente.
- Describir la función de los paneles solares y su uso adecuado en la actualidad.

5.1.2. Justificación del trabajo técnico

En los últimos años, el uso de los paneles solares ha aumentado considerablemente. Son una fuente de energía solar fotovoltaica. No solo reducen los costos de energía, sino también las emisiones de dióxido de carbono.

El aumento de las demandas de energía y las transmisiones hacia las fuentes de energía de baja emisión de carbono han provocado un rápido incremento del número de parques solares en todo el mundo. En otras palabras, el uso significativo de tierras ha cambiado a escala global y ha producido que miles de preguntas sobre el uso y el impacto de los paneles solares se originen.

5.2. Definición del ámbito de estudio

Según la información obtenida la realización del ámbito de estudio será en la empresa que está ubicada en el km 16,5 carretera Roosevelt 4-81 zona 1 de Mixco, Guatemala C.A. para la obtención de resultados positivos y así tener la información para la implementación de los paneles solares fotovoltaicos.

5.3. Inventario y valoración ambiental

Se busca conocer las condiciones actuales del entorno en el que se realiza el proyecto.

5.3.1. Descripción actual del ambiente

El entorno está cambiando constantemente, esto es algo que no se puede negar. Sin embargo, a medida que cambia el entorno, también lo hace la necesidad de ser cada vez más conscientes de los problemas del ambiente. Con una aparición cada vez más masiva de desastres naturales, períodos de calentamiento y enfriamiento y diferentes tipos de patrones meteorológicos, la sociedad necesita ser consciente de a qué tipos de problemas ambientales se enfrenta el planeta Tierra.

El calentamiento global se ha convertido en un hecho indiscutible sobre los medios de subsistencia actuales; el planeta se está calentando y definitivamente todos son parte del problema. En todo el mundo, la gente se enfrenta a una gran cantidad de nuevos y desafiantes problemas ambientales todos los días. Algunos de ellos son pequeños y solo afectan a unos pocos ecosistemas, pero otros están cambiando drásticamente el paisaje conocido hasta hoy.

El ambiente depende de la existencia y conservación de un delicado equilibrio que puede ser fácilmente roto de muchas maneras. Hay muchas formas naturales que pueden afectarlo, como son la erosión del viento y el agua, los cataclismos o los fenómenos climáticos y a ellas se les suman las artificiales, fruto de la acción directa o indirecta del ser humano.¹⁹

5.3.2. Valoración ambiental de la situación actual y de su evolución

La valoración ambiental tiene por objetivo verificar el cumplimiento de la normativa y los parámetros ambientales actualmente vigentes. Estas evaluaciones ambientales dan a conocer el estado de los componentes del entorno, posibilitando la planificación de las acciones por tomar a fin de mantener o mejorar las características del ambiente.

A lo largo que pasan los años el ambiente va evolucionando de tal forma que se va deteriorando, pero existen algunas formas para determinar su evolución a través de un proceso que es el siguiente:

5.3.2.1. Proceso de evaluación ambiental

Establecer el marco ambiental estratégico: establecer las bases del EAE y del contenido del documento marco ambiental estratégico.

Definir los alcances: considerar el alcance de la EAE, elaboración síntesis documento marco de la EAE. Realización de consultas a los agentes, consensuar el documento y comunicación.

¹⁹ ECOTICIAS.COM. . *Medio ambiente*. <http://www.ecoticias.com/medio-Ambiente>. consulta: mayo 2018.

Elaborar un modelo de evaluación: definición del modelo de EAE y elaboración de las herramientas de evaluación y análisis y sistema de información de la EAE.

Análisis y diagnóstico ambiental: establecimiento de las bases de la EAE del plan y del contenido del documento marco ambiental estratégico de análisis y diagnóstico ambiental de la situación actual. Realización de consultas a los agentes y comunicación. Definición de objetivos ambientales operativos.

Evaluación ambiental de alternativas: evaluación ambiental de opciones a nivel de objetivos, de opciones estratégicas y operativas. Consultas a los agentes y comunicación. Evaluación de las recomendaciones de la EAE.

Prevención de seguimiento: identificación de instrumentos de gestión ambiental directa y elaboración de medidas de seguimiento ambiental del plan.

Elaboración y consultas de informes finales: elaboración del informe de la EAE que da cuenta del trabajo realizado para incorporar la dimensión ambiental. Consultas a los agentes y comunicación. Elaboración del informe resumen del proceso de EAE.

5.4. Previsión de impactos

Se busca anteponerse a cualquier impacto negativo que tenga la puesta en marcha del proyecto.

5.4.1. Impactos notables

Los impactos notables en 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 ambiente, evitando los efectos de uso directo (contaminación atmosférica, residuos), y los derivados de su generación (excavaciones, minas, canteras).

5.5. Evaluación de impactos

Definición de la metodología que se estará aplicando para la realización del proyecto y de los impactos que este puede tener en el ambiente.

5.5.1. Acciones a partir del trabajo técnico

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

5.5.2. Factores de medio ambiente susceptibles

Se consideran actividades y/o factores susceptibles de degradar el ambiente, cuando excedan los límites permisibles por establecerse en reglamentación expresa, los que a continuación se indican:

- Los que contaminan el aire, las aguas en todos sus estados, el suelo y el subsuelo.

- Los que producen alteraciones nocivas de las condiciones hidrológicas, edafológicas, geomorfológicas y climáticas.
- Los que alteran el patrimonio cultural, el paisaje y los bienes colectivos o individuales, protegidos por ley.
- Los que alteran el patrimonio natural constituido por la diversidad biológica, genética y ecológica, sus interpelaciones y procesos.
- Las acciones directas o indirectas que producen o pueden producir el deterioro ambiental en forma temporal o permanente, incidiendo sobre la salud de la población.

Es deber de todas las personas que desarrollen actividades susceptibles de degradar el ambiente, tomar las medidas preventivas correspondientes, informar a la autoridad competente y a los posibles afectados, con el fin de evitar daños a la salud de la población, al ambiente y a los bienes.²⁰

5.5.3. Causas y efectos

Estas son algunas de las causas por las que el ambiente sufre de contaminación:

- Desechos sólidos domésticos
- Desechos sólidos industriales
- Exceso de fertilizante y productos químicos

²⁰ Proyecto ambiente. (s.f.). *Factores que afectan el medio ambiente*. Obtenido de <http://proyectoambiente.webcindario.com/factores%20que%20afectan.html>. mayo 2018.

- Tala
- Quema
- Basura
- El monóxido de carbono de los vehículos
- Desagües de aguas negras o contaminadas al mar o ríos

El efecto persistente de la contaminación del aire respirado, en un proceso silencioso de años, conduce finalmente al desarrollo de afecciones cardiovasculares agudas, como el infarto. Al inspirar partículas ambientales con un diámetro menor de 2,5 micrómetros, ingresan en las vías respiratorias más pequeñas y luego irritan las paredes arteriales.

Los investigadores hallaron que, por cada aumento de 10 microgramos por metro cúbico de esas partículas, la alteración de la pared íntima media de las arterias aumenta un 5,9 %. El humo del tabaco y el que en general proviene del sistema de escape de los autos producen la misma cantidad de esas partículas. Normas estrictas de aire limpio contribuirían a una mejor salud con efectos en gran escala.

Otro de los efectos son el debilitamiento de la capa de ozono, que protege a los seres vivos de la radiación ultravioleta del Sol, debido a la destrucción del ozono estratosférico por Cl y Br procedentes de la contaminación; o el calentamiento global provocado por el aumento de la concentración de CO₂ atmosférico que acompaña a la combustión masiva de materiales fósiles.

Lastimosamente los empresarios y sus gobiernos no se consideran parte de la naturaleza ni del ambiente que les rodea, ni toman ninguna conciencia de los daños que hacen al planeta, e indirectamente a sí mismos, al mismos.²¹

5.5.4. Descripción de los impactos

Los principales impactos ambientales de la energía solar están asociados con:

- El uso de la tierra
- El uso del agua
- El uso de los recursos naturales
- El uso de materiales peligrosos
- Las emisiones de calentamiento global de ciclo de vida
- El impacto visual

La escala y la tecnología de la instalación fotovoltaica tienen un efecto directo sobre el nivel de cada impacto ya mencionado. Por ejemplo, sistemas fotovoltaicos integrados en edificios pueden requerir el uso del terreno nulo o casi nulo, pero pueden afectar negativamente a la estética del sitio.

5.5.4.1. Uso del terreno

Plantas de generación de electricidad fotovoltaica escala más grandes inquietudes sobre degradación de los terrenos, pérdida de terreno cultivable, incluso el de la pérdida de hábitat. Dependiendo de la tecnología, topografía del sitio y ubicación, las estimaciones indican que la generación de utilidad escala

²¹ Benitez, L. *Medio ambiente*. Obtenido de <http://lucila-benites.blogspot.com/p/causas-y-efectos-de-la-contaminacion.html>

PV sistemas requiere 12 000 m² hasta 40 000 m² por MW. Turbinas de viento requieren semejantemente grandes áreas, pero hay mayor oportunidad de compartir terreno con otros servicios, como para uso agrícola.

5.5.4.2. Uso del agua

El uso del agua se convierte en una cuestión problemática con las plantas termo solares de concentración que, como cualquier planta de generación de energía térmica, requiere agua de enfriamiento. Como los sitios que tienen el mayor potencial para este tipo de plantas suelen ser aquellos con climas secos, es esencial una cuidadosa evaluación de las ventajas y desventajas.

5.5.4.3. Uso de recursos naturales

Aparte de la producción de los paneles fotovoltaicos actuales, siendo un proceso intensivo de energía, también requiere grandes cantidades de materiales a granel. Cantidades muy grandes de minerales comunes son necesarias para la producción de paneles fotovoltaicos, tales como hierro, cobre y aluminio.

Minerales de cobre y aluminio no son utilizados por carbón, petróleo o estaciones de generación de energía alimentadas con solo gas, o se utilizan en cantidades insignificantes.

El hierro se utiliza en cantidades relativamente grandes para todas las estaciones de energía convencional pero todavía se estima que los sistemas fotovoltaicos requieren cantidades mucho mayores por kWh producido, frente a todas las formas convencionales de energía, incluyendo incluso instalaciones de carbón.

5.5.4.4. Materiales peligrosos

El proceso de fabricación de paneles fotovoltaicos y sus componentes asociados (por ejemplo, inversores) contiene un número de materiales peligrosos. La liberación de estos materiales peligrosos para el ambiente con frecuencia se considera el más importante impacto ambiental negativo de los grandes y pequeños sistemas fotovoltaicos.

La mayoría se utiliza para limpiar y purificar la superficie de semiconductores de células fotovoltaicas. Estos productos químicos son similares a los utilizados en la industria de semiconductores general y generalmente incluyen:

- Ácido clorhídrico
- Ácido sulfúrico
- Ácido nítrico
- Fluoruro de hidrógeno
- 1, 1,1-tricloroetano
- Acetona

5.5.4.5. Ciclo de vida las emisiones de calentamiento global

Sin duda, hay casi cero emisiones de calentamiento global durante la operación de los sistemas fotovoltaicos. Sin embargo, las emisiones se generan a través de casi cada otra etapa del ciclo de vida fotovoltaico.

Algunas de estas etapas incluyen la fabricación de los paneles fotovoltaicos y otras partes asociadas, su transporte, la instalación y procedimientos de

alteración del sitio, procesos de mantenimiento, incluso el reciclaje y desmantelamiento de las instalaciones de reintegro.

5.5.4.6. Impacto visual

Otro importante efecto ambiental es el impacto visual que pueden tener sistemas fotovoltaicos en edificios y zonas. La intrusión visual de una instalación fotovoltaica integrada en edificios puede ser muy alta, pero también puede ser abordada con relativa facilidad. Cuidado de materiales y diseño arquitectónico pueden introducir los paneles fotovoltaicos como elementos arquitectónicos, complementando el aspecto del edificio en lugar de lo degradante.

No es necesario que el arquitecto oculte los paneles y componentes totalmente, solo para implementarlos como parte del diseño general del edificio. Desde el lado de los fabricantes de panel PV, diseños modernos se pueden desarrollar específicamente para su instalación en zonas pobladas y en edificios con versiones de colores y ya hay en el mercado por varios años.

Color paneles fotovoltaicos se utilizan con frecuencia para simular la apariencia de tejas de cerámica o vidrio típico. Retroadaptación de sistemas fotovoltaicos en cubiertas y superficies de los edificios más antiguos generalmente es una solución viable, con la excepción de edificios que no se puede modificar visualmente, es decir, aquellos que son de importancia histórica o cultural.

Además, los paneles de película delgada podrían sustituir fácilmente los espejos y superficies de vidrio de grandes edificios. Como paneles de lámina fina tienen una transmisión solar menor que el vidrio, se puede también utilizar como un medio para reducir la carga de enfriamiento de edificios, ofreciendo

sombreado o incluso la extracción de calor. Sin embargo, el arquitecto siempre debe considerar los efectos del deslumbramiento.

La sustitución de superficies de vidrio puede ser el único método aplicable a edificios históricos y edificios con alto valor cultural, donde las modificaciones visuales de la estructura son imposibles.

5.6. Medidas correctoras

Definición de las formas en que se busca mitigar cualquier exposición de contaminación en el ambiente.

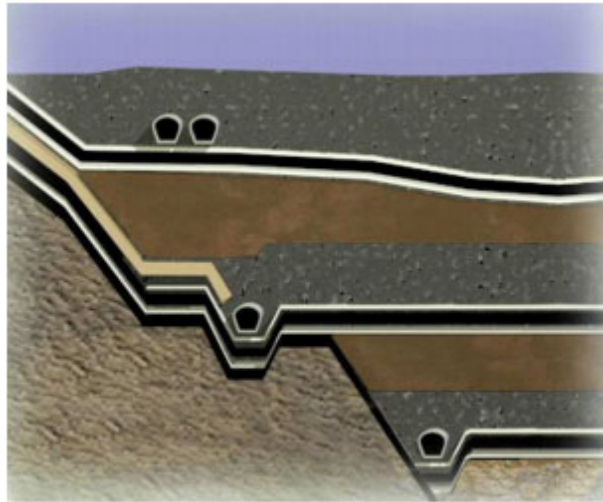
5.6.1. Precautorias

El modelo precautorio al que se ha hecho alusión tiene un radio de aplicación bastante amplio, pues el principio aludido no es exclusivo de las actuaciones administrativas por medio de las cuales se desarrollan las políticas públicas tendentes a lograr la protección del ambiente. Irradia todas las actuaciones de autoridades públicas y de particulares que puedan afectar los recursos naturales.²²

Ejemplos: evitar excavación por voladuras en período de cría de fauna (impacto sobre fauna por abandonos); impermeabilización y drenaje de la cubeta de un vertedero.

²² Arcila Salazar, B. *Las medidas cautelares en el proceso ambiental*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ojum/v12n23/v12n23a03.pdf>. Consulta: mayo 2018.

Figura 27. **Contaminación del suelo y del agua subterránea por lixiviados**



Fuente: Arcila Salazar, B. *Las medidas cautelares en el proceso ambiental*. Consulta 5 de marzo 2018.

5.6.2. Correctoras

En el ámbito del cuidado del ambiente se denominan medidas correctoras o medidas de atenuación a una serie de acciones las cuales han sido concebidas para corregir aquellos impactos o efectos ambientales negativos producto de la implementación de diversos proyectos o práctica de actividades. En general estas medidas suelen abarcar también a aquellas que han sido concebidas para prevenir o minimizar los impactos ambientales negativos producto de la ejecución de obras.

Las regulaciones y legislaciones sobre el ambiente, de cada país o región, por lo general, exigen que si durante las etapas de establecimiento u operación de una determinada actividad (por ejemplo: una fábrica, una carretera, un aeropuerto) pueden producir efectos ambientales con consecuencias negativas

(como por ejemplo: perturbación de hábitats, generación de polvo, liberación de residuos sólidos, líquidos o gaseosos, degradación del paisaje).

El estudio de impacto ambiental debe identificar las diversas medidas y planes que deben ser implementadas para mitigar estos efectos negativos. Las medidas correctoras dependen del tipo de obra o de la acción que se tenga planificado llevar a cabo.

Ejemplos: pantallas antiruido (molestias a la población por ruidos); tratamiento de los lixiviados para reducir su carga contaminante (contaminación del agua por lixiviados).

Figura 28. **Medidas correctoras**



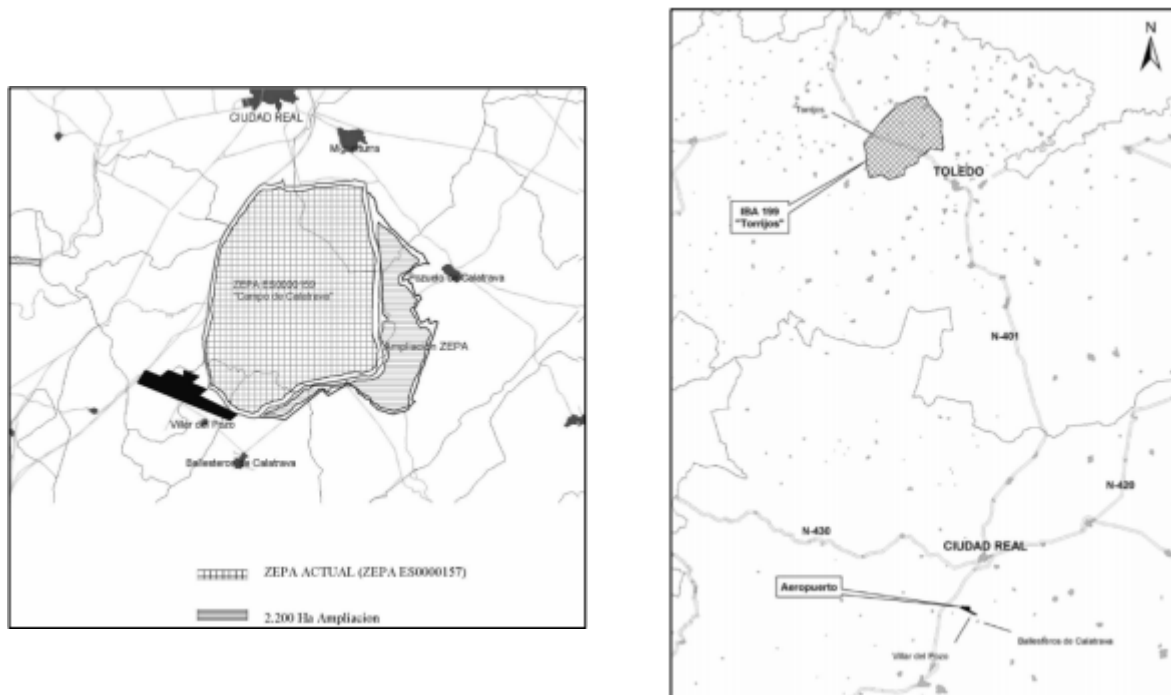
Fuente: Arcila Salazar, B. *Las medidas cautelares en el proceso ambiental*. Consulta 5 de marzo 2018.

5.6.3. **Compensatorias**

Producen un beneficio ambiental para compensar un impacto negativo de difícil solución.

Ejemplos: creación de una zona protegida por afección de otra (impacto sobre las relaciones ecológicas); replantación de árboles en una zona distinta de la afectada (impacto sobre la vegetación).

Figura 29. **Medidas compensatorias**



Fuente: Arcila Salazar, B. *Las medidas cautelares en el proceso ambiental*. Consulta 5 de marzo 2018.

5.6.4. Impactos residuales

El cálculo del impacto final previsto puede llevarse a cabo calculando el impacto final del proyecto, a través de la suma algebraica del impacto total, consecuencia de la ejecución del proyecto. Sin contemplar la introducción de las medidas correctoras, y del impacto positivo total, consecuencia de los efectos causados por las acciones beneficiosas debidas a las medidas correctoras.

5.7. Programa de vigencia y control

Es parte fundamental encontrar un programa sostenible que mantenga vigente el estudio y llevar controles.

5.7.1. Verificación, cumplimiento y efectividad de las medidas del EIA

Independientemente de que la evaluación de impacto ambiental se establezca como la principal herramienta preventiva para paliar el deterioro de los recursos, este procedimiento debe adecuarse progresivamente y adaptarse a los distintos avances incorporando en su filosofía la progresiva implicación de una sociedad preocupada porque todos los efectos ambientales derivados de la actividad proyectada sean tenidos en cuenta.

El objetivo común a las recientes revisiones de la legislación estatal en materia de evaluación de impacto ambiental ha sido la búsqueda de un marco temporal adecuado que permita a este instrumento de protección de los recursos y defensa del ambiente. Según ese planteamiento, se entiende la evaluación de impacto ambiental en el contexto del procedimiento que actúa como elemento integrador de factores de estudio en relación con los posibles efectos de determinados proyectos.

El resultado es la posibilidad de definir una metodología que, bajo un prisma preventivo, permite establecer con anterioridad las posibles medidas correctoras por desarrollar en las fases de construcción y explotación de cada proyecto.²³

²³ COMUNIDAD ISM. *Seguimiento y vigilancia ambiental*. Obtenido de <http://www.comunidadism.es/blogs/seguimiento-y-vigilancia-ambiental-y-su-papel-en-la-eia>>consulta: marzo 2018.

5.7.2. Seguimiento de los impactos residuales

Para realizar el seguimiento sobre los impactos residuales se va a utilizar la metodología para la evaluación del impacto ambiental (EIA).

Se elaborarán, por lo tanto, las matrices de impacto donde se pueda analizar la situación del ambiente con la instalación de los paneles, una vez se hayan aplicado las medidas oportunas para paliar los impactos detectados.

5.7.3. Fuente de datos para futuras EIA

Todos los actores implicados en la toma de decisiones relativas a las actividades que afectan al ambiente deben enfrentarse, en algún momento, a un problema que puede resultar complejo: la localización a acceso a las fuentes de información apropiadas para estudiar un problema. Buscar una solución técnica para el mismo o tomar decisiones políticas o bien para conocer los efectos que una actividad puede tener sobre la población.

Estos actores son los estudiantes, científicos e ingenieros, técnicos y empresarios, administradores y políticos y los ciudadanos en general, y aunque para todos ellos la información es fundamental, su función y características son diferentes en cada caso, ya que sus necesidades informativas son distintas.

5.8. Beneficios ambientales

La energía solar tiene grandes beneficios, tanto para el planeta como para la sociedad. Es cada vez parte de la vida cotidiana, sin embargo, poco se sabe de cuáles son sus beneficios.

5.8.1. Corto plazo

La energía solar es amigable con el ambiente. En comparación con los combustibles fósiles que emiten gases de efecto invernadero, sustancias cancerígenas y dióxido de carbono, las células solares no sueltan nada en el aire.

5.8.2. Mediano plazo

Además de reducir la cantidad de gases de invernadero, al convertirte al uso de energía solar se tendrá un gran impacto en el ambiente ya que se estará reduciendo la cantidad de combustibles fósiles utilizados. Los combustibles fósiles son los peores contaminantes y contribuyen directamente a una mala calidad del aire y otros problemas ambientales.

5.8.3. Largo plazo

A largo plazo, la electricidad solar es más barata que comprarla de la compañía eléctrica. Hay un costo de arranque, pero luego empieza a pagarse por sí misma. Una vez que se llega al punto de equilibrio, después todo es ganancia. Compárese esto con el pago de una factura mensual y no se obtiene ningún retorno sobre la inversión.

5.9. 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 desarrollen y dan sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones. Se busca fomentar una cultura de respeto y armonía con la naturaleza, así como proteger, preservar y utilizar

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.

5.9.1. Presentación del trabajo creado

Definición del proyecto que se desea presentar para que sea aprobado.

5.9.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto actual de la implementación de los paneles solares es para contar con una fábrica embotelladora de diferentes tipos de bebidas de consumo humano que son utilizados para la venta local e importación. Tiene una trayectoria de más de 90 años y una variedad de productos que se venden en distintas presentaciones y cuentan con diferentes nombres para ser reconocidas por su calidad y preparación.

Al mismo trabajo de investigación se han detallado los tipos de paneles que pueden ser utilizados, así como la instalación, el funcionamiento, la capacidad que cada uno tiene para la empresa y así minimizar gastos para la misma.

5.9.1.2. Objetivos propuestos

General:

Comprender que el estudio de impacto ambiental es un estudio técnico, objetivo, de carácter pluridisciplinar, que está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir mediante una metodología rigurosa e imparcial, las

consecuencias o efectos que la energía fotovoltaica pueda determinar para la realización de acciones, proyectos o decisiones políticas que puedan causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno.

Específicos:

- Dar a conocer las ventajas que tiene la energía solar para el ambiente.
- Describir la función de los paneles solares y su uso adecuado en la actualidad.

5.9.1.3. Resultados obtenidos (hay que esperar para poder hacerlo)

La instalación proyectada, que cuenta con los módulos solares fotovoltaicos colocados en seguidores, es la que proporciona la máxima irradiación posible, debido a que la orientación e inclinación de los módulos cambiará a lo largo del día siguiendo la radiación solar para obtener el máximo aprovechamiento posible.

Se prevé que se supervise la correcta adopción de buenas prácticas en obra, se encargue de los controles que sean necesarios, así como de asesorar a la dirección de obra ante cualquier imprevisto que pueda surgir dentro del campo medioambiental mientras dure la construcción del proyecto.

Las buenas prácticas en obra que serán vigiladas serán:

- Control de los límites de ocupación de la obra
- Control de los residuos producidos
- Control de buenas prácticas en caso de contaminación

- Control de buenas prácticas en caso de otras molestias: polvo, ruido

La metodología seguida será la elaboración en cada una de las visitas de registros o “*check lists*”, que contemplarán los aspectos señalados con anterioridad así como aquellos otros que se considere en ese momento interesantes para el correcto desarrollo del proyecto. Mediante los registros elaborados, se efectuará el seguimiento de la obra mientras dure, o de la explotación de la instalación durante la fase de funcionamiento.

Del análisis de los registros se extraerán las medidas preventivas o correctoras que sean precisas para garantizar el óptimo estado del entorno.

5.9.1.4. Lineamientos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Los lineamientos que tiene el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para proyectos de energía renovable, como son las plantas de paneles solares, son dependientes de las resoluciones que tome el Ministerio de Energía y Minas, las cuales se refieren a un estudio de impacto ambiental previo a realizar el proyecto y estudios periódicos para el monitoreo. Por el tamaño del proyecto para la granja y por ser solamente para consumo personal, se realiza un estudio de impacto ambiental previo y periódico que no aplican.

5.9.1.5. Base legal por tratar

Constitución Política de la república de Guatemala.

Artículo 97. Medio ambiente y equilibrio ecológico.

El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga

la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y el agua se realicen racionalmente, evitando su depredación.

Existen también varias leyes, políticas, guías, normativas para la protección del medio ambiente, siendo estas:

- Guía para el desarrollo de normativa local en la lucha contra el cambio climático.
- Política de conservación, protección y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales.

6. SEGUIMIENTO O MEJORA

Se busca la reingeniería si hay puntos por corregir y el seguimiento del funcionamiento del equipo después de instalado.

6.1. Resultados obtenidos

En base a lo indicado en los capítulos anteriores se definen los resultados finales del trabajo de graduación.

6.1.1. Interpretación

La empresa y su actividad relacionada al envasado de diferentes tipos de bebidas es asegurar que las personas que ejecutan actividades que pueden causar impactos ambientales significativos, tengan la competencia para asumir su responsabilidad, producto de capacitación y experiencia.

La capacitación iniciará con una sensibilización, debe estar orientada a que el personal conozca la importancia del cumplimiento de la política ambiental y los objetivos del SGA. Además, deben conocer los aspectos e impactos ambientales reales o potenciales que se generan desde su puesto de trabajo, esto logra un aumento de la conciencia ambiental desde lo individual apuntando a la organización en general.

Es importante resaltar los beneficios para el personal y la organización según el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 14 001, ya que la cultura

ambiental se ve reflejada en el mejoramiento de la imagen y opinión de la empresa, frente a la comunidad.

6.1.2. Aplicación

Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red son una de las últimas aplicaciones y más novedosas de los sistemas fotovoltaicos. Esta aplicación consiste en la instalación de un campo fotovoltaico y un inversor capaz de transformar la energía que suministran los paneles solares fotovoltaicos e inyectarla a la red eléctrica.

El inversor en este tipo de instalación es el núcleo central. El inversor debe disponer de ciertas protecciones, ante situaciones que se pueden dar en la red eléctrica (por ejemplo, desfase en la red, corte en la red, tensión fuera de rango).

El costo por kWh generado suele ser mayor que la energía generada mediante otros sistemas de generación de energía. Por este motivo, para conseguir la viabilidad económica de estos sistemas, el país debe disponer de una normativa legal y unas líneas de ayudas económicas, que compensen el mayor costo por kWh generado.

6.1.3. Ventajas de beber agua embotellada

Las aguas que consumimos en botella tienen un grado de mineralización mayor o menor que depende del sedimento seco que aporten al organismo. Es precisamente ese contenido en determinados minerales lo que supone una ventaja, aunque no para todo el mundo. Algunos ejemplos:

- El agua de mineralización débil ayuda a eliminar toxinas (al igual que el agua corriente) pero suele ver incrementado sus efectos diuréticos y depurativos. Por tanto, es un “pro” si se quiere evitar la retención de líquidos y seguir una dieta de adelgazamiento.
- Las aguas embotelladas que presentan mayores cantidades de calcio, esencial en la formación de huesos y articulaciones, son especialmente recomendables para niños que están creciendo y para personas mayores.
- Como ventaja adicional del agua mineral natural embotellada hay que recordar que puede considerarse un alimento natural, lleno de buenas propiedades.

6.1.4. Desventajas de tomar el agua embotellada

La crítica principal a la que se ve sometida este tipo de agua es que muchos de los envases contienen bisfenol A, una sustancia utilizada principalmente para endurecer el plástico. Algunos estudios apuntan a que este elemento, con el tiempo, puede pasar al agua contenida en la botella y así al organismo. Se considera que este elemento químico puede influir en la aparición de determinadas enfermedades relacionadas con el sistema nervioso, reproductivo e incluso con alteraciones del tiroides.

También es importante conocer la composición en sodio de un agua determinada, ya que, si es elevada puede ser un inconveniente para las personas con hipertensión que requieran de una dieta hiposódica.

Los minerales esenciales y beneficiosos que aportan las aguas embotelladas pueden resultar poco aconsejables en determinadas situaciones,

por ejemplo, cuando existen deficiencias renales. Un agua de alta mineralización exigirá un mayor trabajo de filtrado a los riñones.

Además, otro de los inconvenientes que hay que señalar es precisamente el hecho de la enorme cantidad de envases, la mayoría no reciclables, que el consumo de agua embotellada genera. Un problema ambiental cada vez más importante.

6.2. Auditorías

Las auditorías tienen el objetivo ayudar a asegurar la apropiada implementación y mantenimiento del SGA, al verificar que las actividades se realizan en conformidad a los procedimientos debidamente documentados y que las acciones correctivas sean llevadas a cabo.

Se mantendrán registros de las auditorías del SGA, que incluyan: la lista de los auditores, la calendarización de las auditorías y los informes. Se planificarán de forma tal que todas las áreas de relacionadas al manejo de acumuladores sean auditadas, por lo menos, una vez al año.

6.2.1. Internas

La auditoría se realizará con base en la norma ISO 14 001 según los parámetros para que las empresas auditen sus sistemas de gestión ambiental de forma periódica para así verificar su conformidad con los requisitos que establecen las normas. A continuación, se describe la forma en la que se deben realizar las auditorías internas.

6.2.1.1. Ciclo de auditoría

Una auditoría interna tiene que generar pruebas objetivas de que el sistema se encuentra implementado satisfaciendo todos los requisitos de la norma ISO - 14001 y todos los requisitos que la empresa haya impuesto. El ciclo de auditoría se realizará en cuatros grupos de actividades que garantizan la recopilación de la información necesaria para realizar la evaluación de la eficacia del sistema implementado:

- Planificación de la auditoría
- Ejecución de la auditoría
- Informe
- Seguimiento

6.2.2. Externas

Las auditorias del sistema de gestión ambiental se clasifican en dos grupos según los interesados en su ejecución:

- Es realizada por las partes que tienen un interés en la organización, como los clientes, o por otras personas en su nombre. Su objetivo es evaluar el cumplimiento de las obligaciones contractuales y puede ser utilizada para evaluar y seleccionar proveedores, así como para mantener relaciones cordiales, respetuosas y beneficiosas para las partes.
- Es una auditoría externa que hacen organizaciones auditoras independientes, como aquellas que ofrecen registro o certificaciones de conformidad de acuerdo con los requisitos de las normas NTCGP: ISO 14 001, que en este caso es la de importancia para la empresa y es la

opción para obtener la certificación correspondiente y su propósito es la certificación o reconocimiento por un tercero.

Con el fin de cumplir con lo establecido en el sistema de gestión ambiental, la empresa debe realizar considerando los siguientes aspectos:

- Los auditores externos no deben tener ninguna afiliación con la empresa, con el fin de realizar una auditoría imparcial.

6.3. Beneficio – costo generación de energía mediante recursos renovables

Se detallan la información económica y financiera del proyecto, incluyendo toda la información actual de la empresa y lo que se desea implementar para determinar la factibilidad del proyecto.

6.3.1. Análisis de costos

En este estudio se pretende analizar las decisiones fundamentales que tiene que hacer la empresa en condiciones de competencia perfecta, para lograr el objetivo de producir con la máxima eficacia económica posible, la máxima eficacia económica y la máxima ganancia.

Hay que tomar en consideración que la ganancia total de la empresa depende de la relación entre los costos de producción y el ingreso total alcanzado. El precio de venta del producto determinará los ingresos de la empresa. Por lo tanto, los costos e ingresos resultan ser dos elementos fundamentales para decidir el nivel de producción de máxima ganancia.

Por otra parte, la organización de una empresa para lograr producir tiene necesariamente que incurrir en una serie de gastos, directa o indirectamente, relacionados con el proceso productivo, en cuanto a la movilización de los factores de producción tierra, capital y trabajo. La planta, el equipo de producción, la materia prima y los empleados de todos los tipos (asalariados y ejecutivos), componen los elementos fundamentales del costo de producción de una empresa.

De esta manera, el nivel de producción de máxima eficacia económica que es en última instancia el fin que persigue todo empresario, dependerá del uso de los factores de producción dentro de los límites de la capacidad productiva de la empresa.²⁴

Tabla VI. **Costos del proyecto**

EQUIPO PRODUCTO	DETALLE	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Panel solar LG mono X	300W Mono, Cristalino	104	Q 3 663,00	Q 380 952,00
Inversor SMA Sunny Boy	7 000W	4	Q 38 295,00	Q 153 180,00
Estructura montaje de paneles	Llave en mano	1	Q 39 220,00	Q 39 220,00
Materiales eléctricos y protección	Llave en mano	1	Q 39 960,00	Q 39 960,00
Mano de obra	Paneles + estructura + conexión	1	Q 25 900,00	Q 25 900,00
TOTAL				Q 639 212,00

Fuente: elaboración propia.

6.3.2. Energía eléctrica frente energía solar renovable

Comparación entre energía solar y energía eléctrica:

²⁴ GESTIOPOLIS. *Análisis de los costos de producción en la empresa*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/analisis-de-los-costos-de-produccion-en-la-empresa>. Consulta marzo 2018.

- La energía solar no contamina, cuida del ambiente, ya que proviene de una fuente natural como es el sol. La energía eléctrica también es una energía que cuida del ambiente, aunque en menor medida que la solar.
- La energía solar es un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde no llega el tendido eléctrico, como en zonas rurales o campos. Hay sitios a los que no llega la energía eléctrica hay zonas de campo que, a veces, se ven exentos de electricidad por lo que tienen que recurrir a la solar como energía alternativa.
- Ambas energías tienen un sistema de fácil mantenimiento.
- La energía solar requiere un gran coste inicial para el montaje del sistema de placas solares, mientras que la energía eléctrica no necesita grandes costes iniciales, eso sí, la energía solar es rentable a larga, mientras la eléctrica siempre hay que estar pagándola.
- La energía solar está cada vez más en alza, aunque se puede decir que la energía eléctrica es hoy en día la reina de las energías gracias a su versatilidad y su fácil transporte a través del cableado.

Ya se ve que ambas energías son buenas y tienen grandes ventajas, ya que la persona es quien decide qué tipo de energía quiere poner en su casa.²⁵

²⁵ BAENA SOLAR. *Energía solar vrs energía eléctrica*. Obtenido de <https://www.baenasolar.es/noticias/261-energia-solar-vs-energia-electrica>. Consulta marzo 2018.

6.3.3. Recuperación de la inversión

La recuperación o retorno de la inversión, se obtiene a partir de dos perspectivas. La primera consta de la parte operativa y estratégica y a segunda, de la liquidación teórica del plan de negocios.

La parte operativa y estratégica está compuesta en primer lugar por las operaciones del proyecto, por ejemplo: los bienes de capital de trabajo apoyan directamente los flujos del siguiente año, en calidad de efectivo, para pagar gastos o inventarios. En segundo lugar, las inversiones fijas se aplican como un gasto en la producción de los bienes o servicios en los siguientes períodos con las cuales se libera una parte del flujo de caja. En tercer lugar, las inversiones fijas también a través de las operaciones se aplican en calidad de gasto, las cuales liberan una cantidad igual de flujo de caja el cual después de apoyar los nuevos requerimientos de capital de trabajo e inversiones, se convierte en el flujo de caja libre, que muestra la forma general de recuperación de la inversión.

Para calcular la liquidación teórica de rescate o salvamento de la inversión, se parte del concepto de la liquidación de un negocio, para lo cual se propone el siguiente procedimiento sin que ello implique que debe realizarse:

- Se aplica el concepto de realización de todos los activos por un precio acorde a la fecha de liquidación con los cuales se pagan todos los pasivos pendientes y se determina un primer valor neto.
- Si se ha planteado una política fuerte de dividendos y todos los valores recuperados se distribuyen, el valor anterior sería de rescate.

- Aunque esto no sucede por la capitalización de parte de las utilidades en el patrimonio, se debe descontar al valor de rescate del punto uno, los valores pagados en dividendos y el excedente de cada período llevarlo a valores del foco de liquidación a precios de mercado y restarlo de la liquidación de los activos y pasivos, lo cual daría como resultado el valor de salvamento de rescate o residual de la inversión como suele llamarse.
- Este valor residual debe hacer parte del flujo de evaluación financiera, en el período final como parte de la recuperación de las inversiones. En muchos proyectos este valor es muy importante cuando los negocios han acumulado grandes activos para el desarrollo de su objeto social y han terminado acumulando todas las recuperaciones en nuevas inversiones.²⁶
- Para la estimación de la recuperación se realiza el siguiente análisis.

Tabla VII. **Análisis financiero del proyecto**

Descripción	Unidad	Cantidad
Inversión inicial	Quetzales	Q 639 212,00
IVA	%	12 %
Base imponible IVA	%	100 %
Pérdida anual de eficiencia	%	0,70 %
kW/h generación anual	KW/h	431 300
Precio base kW/h	Quetzales	Q 0,83
Costo mantenimiento anual	Quetzales	Q 3 700,00
Inflación	%	3 %
ISR	%	5 %

Fuente: elaboración propia.

²⁶ Contabilidad y Finanzas. *Recuperación de la Inversión*. Obtenido de <http://www.contabilidadyfinanzas.com/recuperacion-de-la-inversion-en-proyecto-de-inversion.html>. Consulta: marzo 2018.

Tabla VIII. Flujos del proyecto

Año	Inversión Inicial	Generación	Precio Venta por kW/h	Venta de Energía Generada	Costo de Mantenimiento	Flujos del Proyecto
A	B	C	D	E	G	H
0	Q 639 212,00	0	Q -	Q -	Q -	-Q 639 212,00
1	Q -	0,00	Q 0,8325	Q 359 057,25	-Q 3 700,00	Q 355 358,08
2	Q -	-3 019,10	Q 0,8325	Q 356 543,85	-Q 3 811,00	Q 352 733,68
3	Q -	-6 038,20	Q 0,8325	Q 354 030,45	-Q 3 925,33	Q 350 105,95
4	Q -	-9 057,30	Q 0,8325	Q 351 517,05	-Q 4 043,09	Q 347 474,79
5	Q -	-12 076,40	Q 0,8325	Q 349 003,65	-Q 4 164,38	Q 344 840,10
6	Q -	-15 095,50	Q 0,8325	Q 346 490,25	-Q 4 289,31	Q 342 201,76
7	Q -	-18 114,60	Q 0,8325	Q 343 976,85	-Q 4 417,99	Q 339 559,68
8	Q -	-21 133,70	Q 0,8325	Q 341 463,44	-Q 4 550,53	Q 336 913,74
9	Q -	-24 152,80	Q 0,8325	Q 338 950,04	-Q 4 687,05	Q 334 263,83
10	Q -	-27 171,90	Q 0,8325	Q 336 436,64	-Q 4 827,66	Q 331 609,81
11	Q -	-30 191,00	Q 0,8325	Q 333 923,24	-Q 4 972,49	Q 328 951,58
12	Q -	-33 210,10	Q 0,8325	Q 331 409,84	-Q 5 121,67	Q 326 289,01
13	Q -	-36 229,20	Q 0,8325	Q 328 896,44	-Q 5 275,32	Q 323 621,96
14	Q -	-39 248,30	Q 0,8325	Q 326 383,04	-Q 5 433,57	Q 320 950,30
15	Q -	-42 267,40	Q 0,8325	Q 323 869,64	-Q 5 596,58	Q 318 273,89
16	Q -	-45 286,50	Q 0,8325	Q 321 356,24	-Q 5 764,48	Q 315 592,59
17	Q -	-48 305,60	Q 0,8325	Q 318 842,84	-Q 5 937,41	Q 312 906,26
18	Q -	-51 324,70	Q 0,8325	Q 316 329,44	-Q 6 115,54	Q 310 214,73
19	Q -	-54 343,80	Q 0,8325	Q 313 816,04	-Q 6 299,00	Q 307 517,87
20	Q -	-57 362,90	Q 0,8325	Q 311 302,64	-Q 6 487,97	Q 304 815,50
21	Q -	-60 382,00	Q 0,8325	Q 308 789,24	-Q 6 682,61	Q 302 107,46
22	Q -	-63 401,10	Q 0,8325	Q 306 275,83	-Q 6 883,09	Q 299 393,58
23	Q -	-66 420,20	Q 0,8325	Q 303 762,43	-Q 7 089,58	Q 296 673,68
24	Q -	-69 439,30	Q 0,8325	Q 301 249,03	-Q 7 302,27	Q 293 947,60
25	Q -	-72 458,40	Q 0,8325	Q 298 735,63	-Q 7 521,34	Q 291 215,13

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Flujo financiero

Año	INGRESOS	Gastos	utilidades antes de impuestos	Impuesto Sobre la Renta	Utilidades después de impuestos	Depreciaciones	Flujo de efectivo	Valores Actuales Individuales
0		Q 639 212,00	-Q 639 212,00		-Q 639 212,00		-Q 639 212,00	-Q 639 212,00
1	Q 359 057,25	Q 3 700,00	Q 355 357,25	Q 88 839,31	Q 266 517,94	Q 25 568,48	Q 292 086,42	Q 262 573,19
2	Q 356 543,85	Q 3 811,00	Q 352 732,85	Q 88 183,21	Q 264 549,64	Q 25 568,48	Q 290 118,12	Q 234 451,43
3	Q 354 030,45	Q 3 925,33	Q 350 105,12	Q 87 526,28	Q 262 578,84	Q 25 568,48	Q 288 147,32	Q 209 330,08
4	Q 351 517,05	Q 4 043,09	Q 347 473,96	Q 86 868,49	Q 260 605,47	Q 25 568,48	Q 286 173,95	Q 186 890,05
5	Q 349 003,65	Q 4 164,38	Q 344 839,26	Q 86 209,82	Q 258 629,45	Q 25 568,48	Q 284 197,93	Q 166 846,08
6	Q 346 490,25	Q 4 289,31	Q 342 200,93	Q 85 550,23	Q 256 650,70	Q 25 568,48	Q 282 219,18	Q 148 943,19
7	Q 343 976,85	Q 4 417,99	Q 339 558,85	Q 84 889,71	Q 254 669,14	Q 25 568,48	Q 280 237,62	Q 132 953,44
8	Q 341 463,44	Q 4 550,53	Q 336 912,91	Q 84 228,23	Q 252 684,68	Q 25 568,48	Q 278 253,16	Q 118 673,10
9	Q 338 950,04	Q 4 687,05	Q 334 262,99	Q 83 565,75	Q 250 697,25	Q 25 568,48	Q 276 265,73	Q 10 920,05
10	Q 336 436,64	Q 4 827,66	Q 331 608,98	Q 82 902,25	Q 248 706,74	Q 25 568,48	Q 274 275,22	Q 94 531,55
11	Q 333 923,24	Q 4 972,49	Q 328 950,75	Q 82 237,69	Q 246 713,06	Q 25 568,48	Q 272 281,54	Q 75 837,93
12	Q 331 409,84	Q 5 121,67	Q 326 288,18	Q 81 572,04	Q 244 716,13	Q 25 568,48	Q 270 284,61	Q 75 281,72
13	Q 328 896,44	Q 5 275,32	Q 323 621,13	Q 80 905,28	Q 242 715,84	Q 25 568,48	Q 268 284,32	Q 67 174,21
14	Q 326 383,04	Q 5 433,57	Q 320 949,47	Q 80 237,37	Q 240 712,10	Q 25 568,48	Q 266 280,58	Q 59 935,73
15	Q 323 869,64	Q 5 596,58	Q 318 273,06	Q 79 568,26	Q 238 704,79	Q 25 568,48	Q 264 273,27	Q 53 473,49
16	Q 321 356,24	Q 5 764,48	Q 315 591,76	Q 78 897,94	Q 236 693,82	Q 25 568,48	Q 262 262,30	Q 47 704,59
17	Q 318 842,84	Q 5 937,41	Q 312 905,42	Q 78 226,36	Q 234 679,07	Q 25 568,48	Q 260 247,55	Q 42 554,94
18	Q 316 329,44	Q 6 115,54	Q 310 213,90	Q 77 553,48	Q 232 660,43	Q 25 568,48	Q 258 228,91	Q 37 958,34
19	Q 313 816,04	Q 6 299,00	Q 307 517,03	Q 76 879,26	Q 230 637,78	Q 25 568,48	Q 256 206,26	Q 33 855,65
20	Q 311 302,64	Q 6 487,97	Q 304 814,66	Q 76 203,67	Q 228 611,00	Q 25 568,48	Q 254 179,48	Q 30 194,02
21	Q 308 789,24	Q 6 682,61	Q 302 106,62	Q 75 526,66	Q 226 579,97	Q 25 568,48	Q 252 148,45	Q 26 926,24
22	Q 306 275,83	Q 6 883,09	Q 299 392,74	Q 74 848,19	Q 224 544,56	Q 25 568,48	Q 250 113,04	Q 24 010,14
23	Q 303 762,43	Q 7 089,58	Q 296 672,85	Q 74 168,21	Q 222 504,64	Q 25 568,48	Q 248 073,12	Q 21 408,05
24	Q 301 249,03	Q 7 302,27	Q 293 946,76	Q 73 486,69	Q 220 460,07	Q 25 568,48	Q 246 028,55	Q 19 086,31
25	Q 298 735,63	Q 7 521,34	Q 291 214,29	Q 72 803,57	Q 218 410,72	Q 25 568,48	Q 243 979,20	Q 17 014,86

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Indicadores financieros (A)**

VAN	TIR
Q 1 654 316,36	45 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Indicadores financieros (B)**

Determinación de la TREMA		
Inflación	f =	3,0 %
Premio al riesgo	i =	8,0 %
	f*i =	0,2 %
	TREMA =	11,2 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Recuperación de la inversión**

Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Valores actuales individuales	-Q 639 212,00	Q 262 573,19	Q 234 451,43	Q 209 330,08	Q -	Q -
Costo recuperado no recuperado		-Q 376 638,81				
Costo recuperado no recuperado			-Q 142 187,38			
Costo recuperado				Q 67 142,70		
Costo recuperado					Q 67 142,70	
Costo recuperado						Q 67 142,70

Años	Meses	Días
3	8	5

Fuente: elaboración propia.

6.4. Consumo en el contador de energía

El contador de electricidad mide la cantidad de electricidad que se consume en kilovatios-hora (kW/h). Por ejemplo, un foco de 100 vatios encendido durante 10 horas consume un kilovatio-hora.

La lectura frecuente de su contado le puede ayudar a controlar el consumo de energía y a evaluar la eficacia de sus aparatos electrodomésticos. Tomando nota de los consumos altos de la vivienda, tales como el aire acondicionado en el verano, podrá determinar cómo se distribuye el dinero que usted paga por la electricidad. También es la mejor forma de saber exactamente cuánta electricidad está consumiendo y si las medidas de ahorro de energía que se aplican están reduciendo su consumo de electricidad.

Existen para uso doméstico, dos tipos de contadores de electricidad: mecánicos y electrónicos.²⁷

6.5. Mantenimiento de prueba en el equipo

Para un sistema de gran importancia, como uno de votación electrónica, es conveniente que una autoridad independiente lleve a cabo las pruebas de verificación. Para unos de menor importancia, la verificación puede realizarse internamente.

- Las pruebas de verificación de los equipos (también conocidas como pruebas de calidad) pueden comprender lo siguiente:

²⁷ *Tomar y entender la lectura del contador de electricidad.* Obtenido de <http://www.comparatarifasenergia.es/info-energia/mi-factura/electricidad/lectura-del-contador-de-electricidad>. Consulta marzo 2018.

- Prueba de los equipos en condiciones que simulen las esperadas en la vida real, incluyendo almacenamiento, transportación, operación y mantenimiento.
- Asegurarse que el equipo se ajuste a los requerimientos ambientales locales, incluyendo resguardo, espacio, suministro de energía eléctrica, temperatura, humedad y contaminación.
- Asegurarse que la documentación sea adecuada y esté completa.
- Verificar que el equipo sea capaz de funcionar en las condiciones normales esperadas y potenciales condiciones adversas.
- Garantizar que se cuenta con medidas de seguridad y que estas se ajustan a los estándares establecidos.
- Asegurarse de contar con las debidas medidas de control de calidad.

6.5.1. Prueba del equipo

La prueba del equipo es normalmente más detallada y rigurosa que la verificación. Se requiere para asegurar que cada componente de un sistema esté operando como debe y que el sistema esté funcionando de acuerdo con los requerimientos locales específicos.

Un programa de prueba integral y bien estructurado es aquel que asegura que todos los componentes del sistema sean probados. Esto es especialmente importante para sistemas clave como los de votación electrónica. Entre las medidas de prueba que se pueden considerar figuran las siguientes:

- Desarrollar un conjunto de criterios para la prueba.
- Aplicar pruebas "no operativas" para asegurar que el equipo puede tolerar los niveles de manejo físico esperado.
- Verificar la existencia de un código 'integrado' en el equipo de cómputo (este código algunas veces es mejor conocido como '*firmware*') para asegurar la conexión lógica y para asegurar que se están siguiendo los estándares apropiados.
- Aplicar pruebas funcionales para determinar si se han satisfecho los criterios de prueba.
- Aplicar evaluaciones de calidad para determinar si se han satisfecho los criterios de prueba.
- Conducir pruebas en condiciones de "laboratorio" y en una variedad de condiciones "reales".
- Conducir pruebas durante un periodo prolongado, para cerciorarse que los sistemas pueden funcionar de manera consistente.
- Conducir "pruebas de carga", simulando tanto como sea posible una variedad de condiciones reales utilizando o excediendo los volúmenes de información que se pueden esperar en una situación concreta.
- Verificar que lo que entra es lo que sale, introduciendo información conocida y verificando que el resultado sea consecuente con ella.

6.5.2. Mantenimiento del equipo

Después de que los sistemas han sido verificados, probados e implantados, se les debe seguir dando mantenimiento. Las rutinas de mantenimiento variarán de acuerdo con el tipo y complejidad de la tecnología. Los fabricantes o proveedores suelen indicar en muchos productos el programa o calendario de mantenimiento requerido. El mantenimiento también puede ser realizado por el fabricante o el proveedor como parte del acuerdo de compra.

A los sistemas se les debe dar mantenimiento para asegurar que continúen operando en el nivel mostrado durante la etapa de prueba, el monitoreo permanente de los sistemas necesita ser sistematizado para asegurar que las necesidades de mantenimiento sean identificadas y satisfechas cuando resulte necesario. Cuando los sistemas son de uso prolongado, se puede establecer un mecanismo para recibir retroalimentación de los usuarios como otra forma de determinar las necesidades de mantenimiento y modificación.

Cuando se realicen modificaciones al equipo, programa o comunicaciones como resultado de programas de mantenimiento o actualización, puede ser necesario promover rondas adicionales de verificación y prueba del sistema para asegurarse que sigue cumpliendo las normas exigidas.²⁸

6.6. Acciones correctivas

Las acciones correctivas de la propuesta se enfocan en el mantenimiento de las instalaciones, realizando acciones correctivas de los paneles solares, los cuales si las instalaciones han sido correctas debe ser mínimo, además si se le

²⁸ *Verificación, prueba y mantenimiento de equipos.* Obtenido de <http://aceproject.org/main/espanol/et/ete05b.html>. Consulta: marzo de 2018.

proporciona el mantenimiento predictivo correcto no debería haber problemas. Si en caso algún equipo o alguna instalación presentara alguna falla y la solución se encuentra fuera de las acciones predictivas descritas anteriormente, se debe contactar inmediatamente al personal especializado.

Las labores de mantenimiento correctivo serán delegadas en una empresa externa, especialista en el sector, encargada de realizar todas las reparaciones pertinentes, así como suministrar los repuestos necesarios. Dicha empresa estará autorizada por los distintos fabricantes de los equipos suministrados, en caso contrario puede dar lugar a la anulación de la garantía legal de dichos equipos, por negligencias en las labores de mantenimiento.

La empresa externa encargada de realizar las labores de mantenimiento correctivo deberá:

- Garantizar la visita a la instalación en los plazos establecidos y cada vez que el usuario lo requiera debido a cualquier incidencia en la misma.
- Analizar y realizar un presupuesto adecuado de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto y normal funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica.
- Subsanan correctamente cualquier incidencia en un tiempo máximo de 48 horas, excepto cuando se trate de causas de fuerza mayor debidamente justificadas.

Además de las mencionadas acciones correctivas, se llevará el control del cumplimiento de lo establecido en el estudio de impacto ambiental, cubriendo lo

establecido por el ministerio de ambiente, buscando no incurrir en faltas que generen multas y mucho menos deterioros del ambiente.

CONCLUSIONES

1. Se acepta la hipótesis de investigación indicando que con paneles solares fotovoltaicos se puede reducir el costo de energía eléctrica en un 20 % de lo que se consume actualmente en la planta, por ende, se puede volver una inversión rentable a largo plazo, ya que según lo analizado el proyecto reduce el costo de la energía que necesita la planta y un mantenimiento adecuado es una inversión rentable.
2. El costo del kilovatio/hora producido por los paneles solares fotovoltaicos es de Q 0,83, lo cual convierte el proyecto en una alternativa para aplicar en la planta.
3. El análisis para determinar la eficiencia generando energía de los paneles solares fotovoltaicos en la planta embotelladora de bebidas, determinó que pueden alcanzar valores por encima del 15 % y en algunas marcas supera el 21 %.
4. La rentabilidad de la instalación de los paneles fotovoltaicos en la planta embotelladora se estimó en 45 %, por lo cual lo hace un proyecto atractivo y factible para realizar.
5. La comparación de aspectos positivos y negativos de la energía utilizada actualmente y la que será generada por los paneles solares fotovoltaicos en la planta embotelladora de bebidas, permite establecer, que aunque se requiera una inversión considerable al inicio, con el desarrollo del

proyecto se recuperará y se podrá realizar una operación ambientalmente responsable.

6. Las condiciones idóneas para la instalación de los paneles solares fotovoltaicos fueron establecidas en el estudio, determinando que la planta embotelladora de bebidas cumple con la mayoría de dichas condiciones y únicamente se deben realizar determinadas modificaciones para su cumplimiento a cabalidad.
7. Los requisitos legales para la instalación y funcionamiento de los paneles solares en la planta de embotellado de bebidas, están referidas en la Constitución Política de la Republica, y otro conjunto de leyes específicas, que se cumplirán y no afectará el desarrollo del proyecto
8. El impacto ambiental que tendrá la instalación de los paneles solares fotovoltaicos en la planta embotelladora de bebidas a corto, mediano y largo plazo es positivo, ya que disminuirá el requerimiento de energía de otras fuentes no renovables, además a largo plazo se tendrá una disminución en costos.

RECOMENDACIONES

1. Se debe justificar a la planta embotelladora la implementación del proyecto, ya que utilizando paneles solares fotovoltaicos se puede reducir el costo de energía eléctrica un porcentaje superior al 20 %, siendo una inversión rentable a largo plazo.
2. Implementar el proyecto en base a lo establecido en el presente informe, como elementos de planificación, buscando alcanzar el costo del kilovatio/hora y así garantizar su rentabilidad.
3. A la gerencia de la planta embotelladora debe realizar la inversión en paneles solares, ya que proyectan una recuperación del gasto en 3 años, 8 meses y 5 días, además del indicador financiero de la tasa interna de retorno, TIR es del 45 %.
4. Es necesario que se mantenga la instalación del servicio de energía eléctrica estatal con un consumo mínimo y aprovechar la potencia que el conjunto de paneles solares brinde, los cuales se calculan en un 90 % de eficiencia, estando en 149 kWh / 1.44 kWh.
5. Se han identificado muchos aspectos positivos, por lo que se debe ejecutar el proyecto, los aspectos que resalta son, su rentabilidad y un efecto positivo hacia el ambiente.
6. Para mantener las condiciones idóneas de funcionamiento del proyecto, es ideal mantener un plan de mantenimiento permanente para aumentar

el ciclo de vida útil esperado para los 104 paneles solares los cuales son necesarios para producir el 100 % de la energía necesaria para el funcionamiento de la línea de producción.

7. Es necesario que la gerencia se mantenga actualizada sobre las regulaciones legales sobre la instalación y uso de paneles fotovoltaicos, así como la generación de energía renovable, con el fin de gozar de los beneficios y no incurrir en ilegalidades.
8. Al ejecutar el proyecto de paneles solares, puede promover la imagen de la planta, colocándola como una empresa ambientalmente responsable, lo que beneficiará su imagen y la favorecerá en conjunto.

BIBLIOGRAFÍA

1. A C E. *Verificación, pruebas y mantenimiento de equipos*. [en línea]. <<http://aceproject.org/main/espanol/et/ete05b.htm>.> [Consulta: 20 de julio de 2017].
2. ARCILA SALAZAR. *Las medidas cautelares en el proceso ambiental*. [en línea]. <<http://aceproject.org/main/espanol/et/ete05b.htm>.> [Consulta: 20 de julio de 2017].
3. Baena solar. *Energía solar contra energía eléctrica*. [en línea]. <<https://www.baenasolar.es/noticias/261-energia-solar-vs-energia-electrica>.> [Consulta: 25 de julio de 2017].
4. BANDASALTAS. *Tipos de paneles fotovoltaicos*. [en línea]. <<http://bandasaltas.com.ar/files/Caracteristicas%20Paneles%20Solares.pdf>.> [Consulta: 26 de julio de 2017].
5. BENITEZ, L. *Medio ambiente*. [en línea]. <<http://lucila-benites.blogspot.com/p/causas-y-efectos-de-la-contaminacion.html>.> [Consulta: 30 de julio de 2017].
6. Comparta tarifas energía. *Tomar y entender la lectura del contador de electricidad*. [en línea]. <<http://www.comparatarifasenergia.es/info-energia/mi-factura/electricidad/lectura-del-contador-de-electricidad>.> [Consulta: 5 de agosto 2017].

7. COMUNIDAD ISM. *Seguimiento y vigilancia ambiental y su papel en la EIA*. [en línea]. <<http://www.comunidadism.es/blogs/seguimiento-y-vigilancia-ambiental-y-su-papel-en-la-eia>> [Consulta: 20 Enero 2018].
8. Contabilidad y finanzas. *Recuperación de la inversión*. [en línea]. <<http://www.contabilidadyfinanzas.com/recuperacion-de-la-inversion-en-proyecto-de-inversion.html>> [Consulta: 25 septiembre 2017].
9. Econoticias.com. *Medio ambiente*. [en línea]. <<http://www.ecoticias.com/medio-ambiente>> [Consulta: 5 de agosto 2017].
10. Electricidad gratuita. *Dimensionamiento de los cables eléctricos para paneles solares*. [en línea]. <<http://www.electricidad-gratuita.com/inversor-fv8.html>> [Consulta: 15 de septiembre 2017].
11. ENERSAC. *Energías renovables*. [en línea]. <<http://www.enersac.com/energia-solar-faq-cual-es-la-vida-util-de-un-panel-fotovoltaico.php>> [Consulta: 26 de julio 2017].
12. Esco Tel. *Cómo se fabrican los paneles solares*. [en línea]. <http://www.esco-tel.com/como_se_fabrica_un_panel_solar.html> [Consulta 16 de mayo de 2017].
13. Gestipolis. *Análisis de los costos de producción en la empresa*. [en línea]. <<https://www.gestipolis.com/analisis-de-los-costos-de-produccion-en-la-empresa/>> [Consulta: 8 de febrero 2017].

14. Inversores solares. *Funcionamiento, especificaciones y costo*. [en línea]. <<http://inversoressolares.net/>> [Consulta: 26 de julio de 2017].
15. Muy fitness. *Cuánta potencia genera un panel solar*. [en línea]. <https://muyfitness.com/cuanta-potencia-genera-un-panel-solar_13093793/> [Consulta: 26 de julio 2017].
16. Paneles solares fotovoltaicos. *El mundo de los paneles solares*. [en línea]. <<https://panelessolaresfotovoltaicosgratis.com/los-paneles-solares/la-eficiencia-energetica-los-paneles-fotovoltaicos/>> [Consulta: 27 de julio 2017].
17. PREZI. *Impacto ambiental de la energía fotovoltaica*. [en línea]. <<https://prezi.com/zy8ic5awdb7c/impacto-ambiental-de-la-energia-fotovoltaica-paneles-solares/>> [Consulta: 8 de enero 2018].
18. Proyecto ambiente. *Factores que afectan el medio ambiente*. [en línea]. <<http://proyectoambiente.webcindario.com/factores%20que%20afectan.html>> [Consulta: 10 de enero 2018].
19. Rf torrente solar. *Convertidores o inversores de corriente*. [en línea]. <<http://www.rftorrent.com/inversores-fotovoltaicos.htm>> [Consulta: 4 de septiembre 2017].
20. Sunfield Europe. *Obtenido de mantenimiento de plantas fotovoltaicas*. [en línea]. <<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/instalaciones-fotovoltaicas-tipos-de-mantenimiento/>> [Consulta: 10 de junio 2017].

