

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS



“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES
FOTOVOLTAICOS PARA ABASTECERSE DE ELECTRICIDAD, EN EL PROYECTO
RESIDENCIAL LAS ARBOLEDAS EN EL CANTÓN LOURDES, MUNICIPIO DE COLÓN,
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.”

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

FERNÁNDEZ CASTANEDA, KATYA GERALDINE

MACHADO BRAN, NASSRI FABRICIO

RIVAS MELGAR, JOSÉ EDWAR

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADOS EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

SEPTIEMBRE, 2023

SAN SALVADOR

EL SALVADOR

CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Rector : Msc. Roger Armando Arias Alvarado
Vicerector Académico: PhD. Raúl Ernesto Azcúnaga López
Secretario General: Ing. Francisco Antonio Alarcón Sandoval

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

Decano : Msc. Nixón Rogelio Hernández Vásquez
Vicedecano: Msc Mario Wilfredo Crespín Elías
Secretario: Licda. Vilma Marisol Mejía Trujillo

COORDINADOR GENERAL DE SEMINARIO DE GRADUACIÓN

Msc. Mauricio Ernesto Magaña Menéndez

TRIBUNAL EVALUADOR

Lic. David Mauricio Lima Jaco
Lic. Eduardo Antonio Delgado Ayala
Ing. Roberto Ernesto Rodríguez Santeliz

SEPTIEMBRE, 2023

SAN SALVADOR

EL SALVADOR

CENTROAMERICA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por la bendición de poder culminar mis estudios, los cuales han sido un proceso largo y con mucho esfuerzo y ahora se terminan de manera satisfactoria. A mis amados padres Gladys Castaneda y Mario Fernández por todo el apoyo que siempre obtuve de parte de ellos ya que sé el esfuerzo que eso requirió, a mi hermana Karla Fernández que siempre estuvo para apoyarme cuando lo necesité, a mis compañeros de trabajo de grado José Rivas y mi querido esposo Fabricio Machado por su apoyo y comprensión en cada circunstancia presentada.

KATYA FERNÁNDEZ

Primeramente le doy gracias a Dios por darme la oportunidad de culminar mi carrera satisfactoriamente, a mi madre Rubidia Bran que siempre estuvo alentándome a seguir, dándome todo su apoyo incondicionalmente, aquellas personas que formaron parte de este proceso a los amigos que siempre estuvieron apoyándome, y a todos los maestros que me ayudaron en brindarme sus conocimientos para culminar mi carrera, a mis compañeros de trabajo de grado José Rivas y mi esposa Katya Fernández, este triunfo se lo dedico a mis hijos y mi esposa gracias por siempre creer en mí, recordemos que todo esfuerzo vale la pena.

FABRICIO MACHADO

Es un anhelo poder culminar un proceso tan largo y es muy satisfactorio saber que pude lograr la meta que me propuse cuando decidí estudiar esta profesión. Han sido momentos de mucho sacrificio y por ello agradezco eternamente a mi padre Lorenzo Rivas y a mi madre Irma Melgar; mis dos pilares principales, quienes con mucho sacrificio me dieron su apoyo todo este tiempo. Este triunfo se lo dedico a mi mamita Isidora Rivera, quien ha sido mi segunda madre; a mi esposa e hijo, a mis compañeros de trabajo de grado y a todas aquellas personas que de forma directa o indirecta me brindaron su apoyo para poder superar este desafío.

JOSÉ RIVAS

ÍNDICE

RESUMEN.....	i
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I GENERALIDADES DE LA ENERGÍA RENOVABLE Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	1
A. SECTOR ENERGÉTICO EN EL SALVADOR	1
1. Antecedentes históricos.....	1
2. Generalidades del sector energético.....	3
a. Mercado Mayorista y Minorista	3
b. Demanda de energía.....	8
c. Número de clientes conectados.....	9
d. Subsidios.....	9
e. Tarifas eléctricas	10
3. Matriz energética.....	12
4. Marco regulatorio.....	14
B. ENERGÍAS RENOVABLES	15
1. Situación actual en el mercado regional.....	15
2. Energías renovables y no renovables en El Salvador.....	16
3. Fuentes de energía renovable en El Salvador	18
C. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS	19
1. Energía solar.....	19
a. Potencial de la energía solar	21
2. Fundamentos de la tecnología fotovoltaica.....	22

a.	Paneles solares o módulos fotovoltaicos	23
b.	Inversores.....	25
c.	Baterías	26
d.	Reguladores de carga.....	26
e.	Soportes y accesorios para montaje de paneles	26
f.	Equipo de medición bidireccional	26
3.	Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas	27
a.	Sistemas solares fotovoltaicos aislados o autónomos.....	27
b.	Sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red.....	28
4.	Mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos	30
5.	Ventajas y desventajas de los sistemas solares fotovoltaicos	31
a.	Ventajas	31
b.	Desventajas	31
6.	Situación actual de los sistemas fotovoltaicos en El Salvador.....	32
D.	PROYECTOS DE INVERSIÓN	32
1.	Proyectos	33
2.	Importancia y utilidad de los proyectos	34
3.	Preparación, formulación y evaluación de proyectos	35
a.	Etapas en la preparación, formulación y evaluación de proyectos	35
E.	MUNICIPIO DE COLÓN.....	37
1.	Desarrollo Social.....	38
2.	Desarrollo Económico.....	38
3.	Desarrollo Empresarial.....	39
4.	Desarrollo Habitacional	39

CAPÍTULO II DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA	
COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y DE SISTEMAS	
SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA AUTOCONSUMO INSTALADOS A NIVEL	
RESIDENCIAL.40	
A.	OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN40
B.	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN40
1.	Método40
a.	Analítico.....40
b.	Sintético41
2.	Tipo de investigación41
3.	Diseño de la investigación41
4.	Técnicas e instrumentos de recolección de la información.....41
a.	Entrevista41
b.	Encuesta42
c.	Observación directa42
5.	Universo42
6.	Muestra.....43
C.	RESULTADO DE ENTREVISTA, TABULACIÓN, PROCESAMIENTO E
INTERPRETACIÓN DE DATOS Y OBSERVACIÓN DIRECTA46	
1.	Entrevista.....46
2.	Tabulación, procesamiento e interpretación de datos de la encuesta.....46
3.	Observación directa.....48
D.	ANÁLISIS DE DATOS DE FUENTES PRIMARIAS49
1.	Análisis de demanda49

2.	Análisis de oferta.....	52
3.	Análisis de precios	53
4.	Análisis de comercialización.....	53
E.	ANÁLISIS DE DATOS DE FUENTES SECUNDARIAS	54
1.	Análisis de demanda	54
a.	Demanda histórica	54
a.	Proyección de la demanda	56
2.	Análisis de oferta.....	58
a.	Oferta histórica	58
b.	Proyección de la oferta	59
3.	Análisis de precios	60
4.	Análisis de comercialización.....	62
F.	LIMITACIONES	63
G.	CONCLUSIONES	64
H.	RECOMENDACIONES	65
CAPÍTULO III PROPUESTA PARA LA FACTIBILIDAD DE LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS A NIVEL RESIDENCIAL, PROYECTO RESIDENCIAL LAS ARBOLEDAS, PASATIEMPO Y BOSQUES DE LOURDES; CANTÓN LOURDES, MUNICIPIO DE COLÓN, LA LIBERTAD.		66
A.	OBJETIVO.....	66
B.	RESUMEN EJECUTIVO ESTUDIO DE MERCADO.....	67
C.	ESTUDIO TÉCNICO	68
1.	Objetivo.....	68
2.	Tamaño.....	68

f.	Cantidad a producir.....	68
3.	Proceso	70
a.	Descripción del proceso de instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial, conectado a la red sin banco de baterías.	70
g.	Diagrama de flujo del proceso de instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial, conectado a la red sin banco de baterías.	73
4.	Especificaciones del equipo	77
5.	Determinación de mano de obra	77
6.	Localización óptima del proyecto	78
7.	Distribución en planta	79
8.	Marco legal y factores relevantes para el proyecto.....	80
a.	Permisos para el funcionamiento del proyecto	81
b.	Condiciones no permitidas.....	83
c.	Factores relevantes para el desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos a nivel residencial.	83
D.	ESTUDIO FINANCIERO	84
1.	Objetivo.....	84
2.	Inversión inicial.....	84
3.	Costo del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial.	85
4.	Costo del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial para 8 años.	89
5.	Determinación del precio de venta.....	90
6.	Capital de trabajo	91
7.	Financiamiento	92

8.	Flujo de caja, VAN y TIR.....	94
E.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	96
1.	Objetivo.....	96
2.	Cálculo y Análisis del VAN y TIR	96
3.	Razón costo beneficio	96
4.	Período de recuperación.....	97
<p>GUÍA INFORMATIVA SOBRE LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS SOBRE TECHOS EN LA RESIDENCIAL LAS ARBOLEDAS, CANTÓN LOURDES, MUNICIPIO DE COLÓN, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.</p>		
A.	Objetivo.....	98
B.	Beneficios de instalar sistemas solares sobre techos a nivel residencial.	99
C.	Proceso para usuarios interesados en instalar un sistema solar sobre techo a nivel residencial.	100
D.	Proveedores del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos en el salvador	104
E.	Análisis monetario de la instalación de un sistema solar fotovoltaico sobre techos a nivel residencial para consumo de 100 KWh.....	106
CONCLUSIONES		112
RECOMENDACIONES		113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		114
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....		117
ANEXOS		123

INDICE DE LOS ANEXOS

Anexo 1- 1 Demanda de energía total (GWH)

Anexo 1- 2 Ejemplo de pliego tarifario publicado durante el año 2018, según categoría tarifaria, bloque I, II y III, únicamente distribuidora Delsur. (Precios máximos).

Anexo 1- 3 Empresas generadoras renovables, 2018.

Anexo 1- 4 Mapa de Radiación Solar Promedio Anual, Proyecto SWERA

Anexo 1- 5 Mapa de Radiación Solar Promedio Anual, Observatorio del MARN

Anexo 1- 6 conexión en serie y en paralelo de paneles.

Anexo 1- 7 proyectos de generación solar fotovoltaica para autoconsumo instalados en El Salvador

Anexo 2- 1 estructura de entrevista realizada a ingeniero Oscar Funes Engelhard; propietario y director de la compañía Enersys solar S.A de C.V.

Anexo 2- 2 resultados de la entrevista

Anexo 2- 3 Cuestionario.

Anexo 2- 4 ResResumen de la información recolectada en el cuestionario

Anexo 2- 5 Instrumento utilizado en la observación.

Anexo 2- 6 Análisis de la demanda

Anexo 2- 7 Análisis de la oferta

Anexo 2- 8 Canal de distribución de energía eléctrica.

Anexo 3- 1 Proceso de simulación Pvsyst versión 7.2 Proyecto Las Arboledas.

Anexo 3- 2 Informe de simulación Pvsyst

Anexo 3- 3 Simbología método ASME

Anexo 3- 4 Características de equipos, accesorios e insumos fotovoltaicos

Anexo 3- 5 Viviendas de la Residencial Las Arboledas

Anexo 3- 6 Documentación a presentar para la notificación y solicitud para la instalación de un sistema solar fotovoltaico.

Anexo 3- 7 Descripción y cotización de equipo de trabajo

Anexo 3- 8 Descripción y cotización de software PVsyst versión 7.2

Anexo 3- 9 Descripción y cotización de equipo de oficina.

Anexo 3- 10 Cotización de equipos, accesorios e insumos fotovoltaicos

Anexo 3- 11 Planilla mensual de salarios

Anexo 3- 12 Gastos de administración

Anexo 3- 13 Depreciación de activos

Anexo 3- 14 Tasas y comisiones del Banco Davivienda, S.A.

Anexo 3- 15 Cotización OHM Wire Electric

Anexo 3- 16 Cotización K.O Solar

Anexo 3- 17 Cotización EPC Regional

RESUMEN

El presente trabajo se estableció como localización óptima La Residencial Las Arboledas, municipio de Colón, departamento de La Libertad.

La problemática relacionada con la investigación proviene de la necesidad que tiene el país en diversificar su matriz energética con el objeto de no depender de las fuentes de energía provenientes del petróleo; en ese sentido, se deben aprovechar las diferentes fuentes de energía renovable con potencial de desarrollo en El Salvador y una de ellas es la energía solar, aprovechada a través de los denominados sistemas solares fotovoltaicos, que en la actualidad están siendo altamente demandados por las empresas para abastecer su demanda interna y reducir sus gastos por facturación eléctrica. Por lo anterior, se plantea un estudio técnico-económico para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial para autoconsumo, conectados a la red de distribución.

Se establece como objetivo de la investigación definir el estudio de factibilidad que permita a los residentes del proyecto habitacional Las Arboledas, la posibilidad de invertir en sistemas solares fotovoltaicos y abastecerse de electricidad.

En el desarrollo de la investigación se utilizó la metodología siguiente, el método científico y los métodos auxiliares utilizados fueron analítico y sintético, el tipo de investigación fue correlacional de diseño no experimental y las técnicas usadas para la recolección de información fueron la entrevista, la encuesta y la observación directa; cada una con sus respectivos instrumentos de recolección de información.

Con el diagnóstico se determinó que el 54% de los habitantes de La Residencial Las Arboledas presenta un consumo de energía promedio mensual de más de 100 KWh por lo que no son sujetos de la política gubernamental de subsidios; siendo esta porción del mercado la que representa la demanda efectiva del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial.

Con los resultados de la investigación se concluye que, la implementación de proyectos solares fotovoltaicos a nivel residencial en el cantón Lourdes son factibles a nivel técnico,

legal y financiero; dado que la zona es privilegiada por tener óptimos niveles de radiación solar, las viviendas son nuevas y cuentan con una infraestructura adecuada; asimismo, se demostró que no existen limitantes en las normativas vigentes y los indicadores financieros VAN y TIR dieron como resultado que el proyecto de inversión es rentable para las familias.

Con lo anterior, se recomienda a los habitantes de la residencial Las Arboledas, invertir en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en el techo de sus viviendas para que puedan abastecer su demanda interna de electricidad, reducir el gasto en concepto de su factura eléctrica y no verse afectados por las variaciones en el precio de la electricidad a nivel nacional.

INTRODUCCIÓN

Según datos estadísticos presentados por la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), el país reportó un incremento en la demanda de electricidad durante el año 2018. Adicionalmente y durante el mismo periodo, los generadores locales presentaron una disminución en las inyecciones totales; en consecuencia, el país se vio en la necesidad de incrementar las importaciones de energía eléctrica para poder suplir el nuevo monto de electricidad que la población demandó. De ahí que se toma a bien abordar una investigación sobre la autogeneración de electricidad a partir de sistemas solares fotovoltaicos instalados sobre techos.

La investigación se justifica al conocer que la capacidad total de los generadores locales es insuficiente para suplir la demanda de electricidad en el país. Al observar la oportunidad que tienen los habitantes de la residencial Las Arboledas de generar su propia electricidad y así suplir su demanda interna, se plantea un estudio técnico-económico para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos sobre techos y conectados a la red de distribución. Además, se brinda el marco legal de referencia sobre el cual se rige la autogeneración de electricidad a partir de generadores renovables en el país.

El Capítulo I aborda el marco teórico de referencia relacionado con el sector energético del El Salvador, sus antecedentes y generalidades. Se expone la situación actual de las energías renovables y de los sistemas solares fotovoltaicos en el país. Información sobre la incidencia de este tipo de proyectos a nivel residencial y el marco legal que regula este tipo de tecnología, fundamentos de la tecnología fotovoltaica y sus principales características. Finalmente se explican los aspectos más importantes sobre los proyectos de inversión y de aspectos generales del municipio de Colón.

En el Capítulo II se realizó el diagnóstico de la situación actual del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial, a través de la investigación de campo, la cual incluye recolección de información, tabulación, procesamiento e interpretación de datos y posteriormente el análisis de fuentes primarias y secundarias. Además de sus respectivas conclusiones y recomendaciones.

El capítulo III se plantea la propuesta para la factibilidad de la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial, a partir de los datos obtenidos en el estudio de mercado del cuál se elaboró una ficha técnica para identificar fácilmente la demanda, oferta, canal de comercialización y precios del servicio de instalación de sistemas fotovoltaicos como base para el estudio técnico que incluye, determinación de tamaño, proceso y descripción del servicio de instalación, especificaciones y características del equipo necesario, cuantificación de la mano de obra, localización óptima del proyecto junto con el marco legal para el desarrollo de este tipo de proyectos.

Finalmente se cuantifica el estudio en términos monetarios con el estudio financiero y la evaluación económica. El primero detalla la inversión inicial requerida, costos y gastos por la instalación de sistemas solares fotovoltaicos para 8 años, capital de trabajo y financiamiento necesario para la ejecución del proyecto; el segundo detalla indicadores como el Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno, Razón Costo Beneficio y Período de Recuperación para conocer la viabilidad del proyecto.

CAPÍTULO I GENERALIDADES DE LA ENERGÍA RENOVABLE Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

A. SECTOR ENERGÉTICO EN EL SALVADOR

La energía es un recurso esencial para sostener y mejorar el estilo de vida de las sociedades, para acelerar el desarrollo económico de los países y para mejorar la calidad de vida de los sectores más vulnerables; especialmente en países en vías de desarrollo como El Salvador.

1. Antecedentes históricos

La historia del sector eléctrico se remonta a la creación de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, CEL. Se constituyó el 3 de octubre de 1945, con el objeto de hacer los estudios que determinen las posibilidades y las bases del desarrollo del Río Lempa para realizar la obra de electrificación nacional; asimismo desarrollar, conservar, administrar y utilizar los recursos energéticos y fuentes de energía de El Salvador. (Ley CEL, 1948, pág. 1)

En la **Tabla 1- 1**, Pág.2, se muestran los principales sucesos desde la creación de la CEL hasta la construcción de la primera planta solar del país.

Tabla 1- 1 Sucesos relevantes en la historia del sector energético de El Salvador

AÑOS	PRINCIPALES SUCESOS
1945	Creación de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, CEL
1951	Construcción de las líneas de transmisión de 115 Kv y 69 Kv
1954	Construcción y puesta en marcha de la Central Hidroeléctrica 5 de Noviembre, primer proyecto energético del país.
1964	Construcción de la que sería la segunda central hidroeléctrica del país, El Guajoyo.
1965	Finaliza construcción central térmica de Acajutla Gas
1966	Remodelación de la central térmica Acajutla Gas y con ello la creación de Acajutla Vapor
1968	Perforación del primer pozo para posteriormente crear la primera central geotérmica del país, en Ahuachapán.
1972	Construcción y puesta en funcionamiento de la central térmica Soyapango
1975	Inauguración de la central geotérmica en Ahuachapán
1977	Concluye la construcción de la central hidroeléctrica Cerrón Grande, que para entonces fue la de mayor capacidad del país.
1983	Finaliza la construcción de la central hidroeléctrica 15 de Septiembre
1984	Creación de la central térmica en San Miguel
1984-1985	Ampliación de la capacidad instalada de la central hidroeléctrica 15 de Septiembre
1986	Creación de central térmica Miravalle Motores
1992	Finaliza construcción de central geotérmica en Berlín
1995	Creación de la central térmica Nejapa Power
1996-2000	Procesos de reformas del sector energético
2001	Creación de las centrales térmicas Acajutla Motores y Holcim
2003	Inauguración de planta de generación a partir de biomasa ubicada en el ingenio azucarero de Izalco.
2006	Creación de centrales térmicas Inversiones Energéticas y Textufl
2007	Creación de centrales térmicas Acajutla Flat U-4, Energía Borealis y Geesa. Creación del Consejo Nacional de Energía (CNE)
2008	Creación de centrales de biomasa en los ingenios El Angel y La Cabaña; asimismo, se creó la central térmica Hilcasa
2010	Creación de la Política Energética Nacional (PEN)
2013	Creación de central térmica Termopuerto
2017	Inauguración de la planta solar fotovoltaica Providencia Solar, primera planta solar en el país y la incorporación de la planta de biomasa del ingenio Jiboa al Mercado Mayorista.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Boletín de Estadísticas Eléctricas 2018.

2. Generalidades del sector energético

El sector energético de El Salvador se caracteriza por contar con una participación tanto pública como privada, abasteciendo una demanda en permanente crecimiento, con participación a nivel regional. Cuenta con una planificación energética a corto, mediano y largo plazo; asimismo, cuenta con un marco normativo que promueve la inversión en fuentes de energía renovable no convencional.

El sector energético salvadoreño está conformado por distintas entidades que conjuntamente integran, tanto el Mercado Mayorista como el Mercado Minorista de energía eléctrica. Estas entidades pueden ser de características públicas o privadas y tienen funciones específicas. Todas estas entidades convergen en el mercado en actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.

a. Mercado Mayorista y Minorista

El mercado eléctrico nacional se subdivide en:

1) Mercado Mayorista

El Mercado Mayorista de electricidad en El Salvador está compuesto por diferentes participantes que se clasifican en Generadores, Distribuidores, Comercializadores y Grandes Usuarios de energía eléctrica; asimismo, es operado por la Unidad de Transacciones.

Tabla 1- 2 Participantes del Mercado Mayorista de energía eléctrica con actividad en el 2018.

Participantes de Mercado	Descripción	Cantidad
Generadores	Empresas que poseen centrales de producción de energía eléctrica y la comercializan a través del Mercado Mayorista.	17
Distribuidores	Empresas que tienen como finalidad transformar la energía de un nivel de voltaje mayor a uno adecuado para los usuarios finales en sus redes de suministro; es decir entregan energía eléctrica en redes de media y baja tensión. CAESS se destaca por ser la empresa que cuenta con una mayor proporción de clientes con el 33.19% a nivel nacional. Seguido por AES-CLESA 22.49%, DEL SUR 21.57% y EEO 17.24%. EL resto de clientes se encuentra distribuido entre las empresas DEUSEM, EDESAL, B&D y ABRUZZO.	8
Comercializador	Empresas que comercian con la energía eléctrica, compran a otros operadores y la venden, principalmente, dentro del territorio nacional y en ocasiones a nivel regional.	33
Transmisores	Corresponde a la Empresa Transmisora de El Salvador S.A. de C.V. quien posee instalaciones para el transporte de energía eléctrica en redes de alto voltaje. Posee 41 líneas de transmisión de 115 Kv, 24 subestaciones de potencia y 4 líneas a 230 Kv, dos de ellas para interconectarse con Guatemala y Honduras.	1
Grandes Usuarios	Empresas que demanda una gran cantidad de energía eléctrica para su consumo. Los grandes usuarios corresponden, principalmente, a ANDA y HANESBRANDS, quienes demandaron más del 4% de la demanda total de energía eléctrica para el 2018.	4

Fuente: elaborado por el equipo de investigación, a partir del Boletín Estadístico 2018.

Como se mencionó, el Mercado Mayorista está compuesto por diferentes entidades por lo que en la tabla anterior se presenta una breve descripción de cada una y el número de participantes que lo conforman; cada uno realiza un tipo de actividad específica.

Los generadores del Mercado Mayorista representan el 93.22% de la capacidad instalada total con que cuenta el país; es decir 1,867.81 MW. La capacidad instalada hacia finales

de 2018 se ha incrementado en 1.31% a comparación de la capacidad instalada del año 2017, la cual ascendía a 1,843.66 MW. Dicho incremento se debe a la puesta en operación del ingenio Jiboa con una capacidad de 44.9 MW (Planta de Biomasa). (SIGET, 2018)

Tabla 1- 3 Capacidad instalada total de los años 2017-2018.

Generadores	Capacidad Instalada			
	2018		2017	
	MW	(%)	MW	(%)
Fósil	757.1	41%	763.8	41%
Hidráulica	552.7	30%	552.0	30%
Biomasa	293.6	16%	263.5	14%
Geotérmica	204.4	11%	204.4	11%
Fotovoltaico	60.0	3%	60.0	3%
Total	1,867.81	100%	1,843.7	100%

Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctrica 2018.

En relación con la inyección de electricidad al Mercado Mayorista, esta se divide en la que inyectan los generadores locales y la energía eléctrica que se importa del Mercado Regional (MER).

De conformidad a la información presentada en la **Tabla 1- 4**, pág.6, las inyecciones totales en el Mercado Mayorista experimentaron un incremento 1.14% respecto al volumen registrado durante el año 2017; sin embargo, se observa que las importaciones netas reportan una variación positiva de 11%, en cambio las inyecciones provenientes de los generadores locales reflejan una disminución de 2.1% lo que representa 100.2 GWh menos de lo inyectado en el año 2017.

Tabla 1- 4 Inyecciones totales al Mercado Mayorista de energía eléctrica por tipo de recurso (GWh)

Recurso	2017	2018	Var. %
Hidroeléctrico	1,615.01	1,543.69	-4.4%
Geotérmico	1,459.94	1,437.25	-1.6%
Fósil	1,276.02	1,179.6	-7.6%
Biomasa	432.96	488.7	12.9%
Fotovoltaico	94.78	1,29.25	36.4%
Total Inyecciones Nacionales	4,878.70	4,778.51	-2.1%
Importaciones Netas	1,585.25	1,759.26	11.0%
Total	6,464.0	6,537.8	1.14%

Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctrica 2018.

2) Mercado Minorista

El Mercado Minorista de energía eléctrica está integrado por las pequeñas centrales de generación conectadas directamente al sistema de distribución.

En el Mercado Minorista los generadores se diferencian dado que deben ser proyectos de generación respaldados por fuentes renovables no convencionales. Dichos participantes deben contar con una capacidad instalada de hasta un máximo de 20 MW, no deben de participar del Mercado Mayorista y deben estar conectados directamente a la red de distribución eléctrica. Además, los participantes se clasifican en: Generación Distribuida Renovable (GDR) y Usuarios Auto-Productores (APR).

Hasta diciembre de 2018, como GDR, se tenían 15 generadores fotovoltaicos, 3 de biogás y 7 pequeñas centrales hidroeléctricas, para un total de 25 empresas generadoras que participaron del mercado minorista.

Los generadores del Mercado Minorista representan el 6.78% de la capacidad instalada total con que cuenta el país, siendo estos proyectos de energía renovables no convencionales, dado que se incluye la generación a través del biogás, tecnología fotovoltaica y las pequeñas centrales hidroeléctricas (ver **Tabla 1- 5**,pág.7). El tipo de

generación que presenta una mayor variación es la fotovoltaica con 53.42%, en relación con el volumen presentado en el año 2017. En su mayoría los proyectos corresponden a los GDR, dado que en este tipo de proyectos se comercializa de manera total la energía producida por lo que son más rentables.

Tabla 1- 5 Capacidad instalada de generadores minoristas

Generadores	APR (KW)	GDR (KW)	UPR (KW)	Total general (KW)		Var (%)
Pequeñas Centrales de Biogás		6,850		6,850	6,910	-0.88%
Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH)		22,438		22,438	22,380	0.26%
Pequeñas Centrales Fotovoltaicas	0.053	94,150	12,295	106,499	49,610	53.42%
Total general	0.053	122,988	12,295	135,787	78,940	41.86%

Boletín de Estadísticas Eléctricas, SIGET 2017-2018.

En relación con la inyección de energía al Mercado Minorista (ver **Tabla 1- 6**, pág.7), se destaca la variación en la generación por biogás, debido a que hasta el 2017 el ingenio Jiboa participaba en el Mercado Minorista, pero para el año 2018 pasó a formar parte de los generadores del Mercado Mayorista; por ello la reducción de 219.26%. Asimismo, la generación fotovoltaica, como en el caso de la capacidad instalada, ha incrementado el volumen inyectado con un crecimiento del 55.42%, con lo cual se demuestra que es la tecnología de generación renovable con una mayor proyección de crecimiento en el país.

Tabla 1- 6 Generación total en el Mercado Minorista nacional

Generadores	2017 (MWh)	2018 (MWh)	Variación
PCH	84,933.2	82,900.60	-2.45%
Biogás	87,242.21	27,326.29	-219.26%
Fotovoltaicas	69,156.30	155,128.55	55.42%
Total	156,398.51	265, 355.44	41.06%

b. Demanda de energía

Tabla 1- 7 Demanda de Energía Total (GWh), 2014-2018.

Año	Demanda Total	Variación %
2014	6067	1.1
2015	6310	4.0
2016	6351	0.7
2017	6343	-0.1
2018	6419	1.2

Fuente: Informe Anual del Mercado Eléctrico de El Salvador (2019)

A partir de los datos reflejados en la **Tabla 1- 7**, se puede observar que el país en el año 2018, demandó 1.2% más energía que en el anterior con 6419 GWh, aproximadamente. Además, se destaca la disminución en la generación nacional en 2.1% en el último año; la disminución de lo inyectado por parte de la generación local se debe, principalmente, a que las inyecciones derivadas del recurso hidroeléctrico, fósil y geotermia reflejan variaciones negativas (ver **Tabla 1- 4**, pág.6). Caso contrario, las importaciones netas han tenido un incremento de 11%, lo cual llevó al país a incrementar las importaciones para poder suplir el déficit energético de la generación nacional. Para ampliar en detalles sobre la demanda total y las variaciones en la inyección neta nacional, importaciones y exportaciones, ver **Anexo 1- I**, pág.124.

Tabla 1- 8 Demanda de Energía Residencial (GWh)

Año	>100 KWh	<99 KWh	Total	Variación %	Residencial sobre Demanda Total
2014	1213.4	788.71	2002.11	-	33%
2015	1325.1	820.3	2145.4	7.2	34%
2016	1397.22	825.63	2222.85	3.6	35%
2017	1395.46	824.59	2220.05	-0.1	35%
2018	1476.37	834.47	2310.84	4.1	36%

Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas (2018).

Además de analizar la demanda de energía total del país, es importante para la investigación cuantificar la demanda de energía a nivel residencial. Para lo anterior se

aclara la composición de la estructura de la demanda, la cual está compuesta por Mediana y Gran Demanda, Alumbrado Público, General; Residencial mayores a 100 KWh y menores a 99KWh. De acuerdo con la información presentada en la **Tabla 1- 8**, pág.8; en el último año la demanda se incrementó 4.1%, con relación al año 2017. Del total de energía demandada en el país durante el año 2018, el 36% correspondió a la demanda residencial; es decir, que los hogares consumieron más de un tercio de la energía inyectada en ese año.

c. Número de clientes conectados

Tabla 1- 9 Número de usuarios conectados a la red de distribución, 2014-2019.

Año	Usuarios totales		Usuarios Residenciales			
	Número de usuarios	Variación	>100 KWh	<99 KWh	Total	Variación
2014	1,671,159	-	421,132	1,124,690	1,545,822	-
2015	1,707,428	2.2%	450,761	1,127,244	1,578,005	2.1%
2016	1,746,871	2.3%	396,889	1,137,912	1,534,801	-2.7%
2017	1,786,648	2.3%	459,526	1,191,516	1,651,041	7.6%
2018	1,823,420	2.1%	481,201	1,202,181	1,683,381	2.0%

Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas (2014-2018)

En la **Tabla 1- 9**, se presentan el total de clientes conectados a la red de distribución nacional (medianas y grandes demandas, Alumbrado Público, General; Residencial mayores a 100 KWh y menores a 99KWh). En el año 2018, el número de usuarios se incrementó en 2.1% y en los últimos 5 años, ha crecido en promedio 2.2% anual.

Además, se muestra el número de usuarios residenciales conectados a la red los cuales, en el último año se incrementaron en 2%. Se destaca que los usuarios residenciales representan el 92.3% del total de usuarios conectados, el resto corresponde a medianas y grandes demandas, Alumbrado Público y Consumo General.

d. Subsidios

Otro componente que caracteriza al mercado energético nacional es la política de subsidios, creada para garantizar que la mayor parte de la población no se vea afectada

por las alzas en los precios de la energía eléctrica. Los usuarios residenciales beneficiados por los subsidios deben mostrar, en su factura eléctrica, un consumo de hasta 99 KWh por mes.

Tabla 1- 10 Usuarios subsidiados, 2014-2018

Años	Subsidiados	Variación
2014	1,124,495	-
2015	1,127,153	0.2%
2016	1,131,669	0.4%
2017	1,191,016	5.2%
2018	1,202,627	1.0%

Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas (2014-2018)

De acuerdo con la información presentada en la **Tabla 1- 10**, a diciembre de 2018, se subsidió un total aproximadamente de 1,202,627 usuarios, los que representan el 65.95% de los clientes conectados a la red de distribución y que comprende a los usuarios que consumen hasta 99 KWh. Asimismo, el número de subsidiados se incrementó 1% con relación al año 2017.

e. Tarifas eléctricas

Para finalizar con el apartado del mercado energético, otro elemento del mercado son las tarifas al usuario final. Para la determinación de la facturación, la SIGET elabora cada año, el documento denominado “Términos y Condiciones Generales al Consumidor Final”, dicha normativa establece que el cobro se realizará mensualmente y que, para todas las categorías tarifarias, la factura del usuario final incluirá cargos por comercialización, energía y distribución. El primero es una tarifa fija cobrada por usuario, el segundo y tercero son cargos variables, de acuerdo con el consumo en KWh por mes. Además, incluirá costos de tasas municipales por poste. La sumatoria de dichos cargos, constituyen el total en concepto de factura eléctrica.

Según lo establece el Reglamento de la Ley General de Electricidad, el precio de la energía será ajustado trimestralmente (Reglamento L.G.E., 1996, pág. 19) y le corresponde a la SIGET, publicar los pliegos tarifarios con el precio base techo para el suministro eléctrico.

El ajuste del precio de la energía se aplicará trimestralmente y entrará en vigor el día 15 de los meses enero, abril, julio, octubre, según corresponda. Aprobado el pliego tarifario, los precios y cargos serán ajustados por los distribuidores que actúen como comercializadores; la publicación de las tarifas a los usuarios finales basadas en los nuevos precios ajustados de la energía será publicado por cada distribuidor.

Las categorías tarifarias a las que se hacen referencia en el apartado anterior se dividen y subdividen según la demanda de potencia del usuario final en: pequeñas demandas ($0 < KW \leq 10$), medianas demandas ($10 < KW \leq 50$) y grandes demandas ($> 50 KW$). Las pequeñas demandas se clasifican, además en: Medianas y Grandes demandas, Alumbrado Público, Consumo General, Residencial mayores a 100 KWh y menores a 99 KWh; en baja tensión. La Mediana Demanda se clasifica a su vez en: Baja y Mediana tensión con medición de potencia y Baja y Mediana tensión con medidor horario. Finalmente, la Grandes Demandas se clasifican en: Baja y Media Tensión con medidor horario.

De acuerdo con lo establecido en los apartados anteriores, únicamente, se mostrarán los precios al consumidor final de la clasificación de Pequeñas Demandas ($0 < KW \leq 10$), y entre estas se hará énfasis a las Tarifas Residenciales; las cuales se subdividen en tres bloques, de acuerdo con el consumo en KWh/mes, según lo establecido en el apartado anterior sobre la obligación de SIGET en realizar las publicaciones de los pliegos tarifarios con el precio base techo. Para ampliar en detalle sobre lo mencionado en los apartados anteriores, ver **Anexo 1- 2**, Pág.125, tarifas al consumidor final (precios máximos) Delsur, vigentes durante el año 2018.

En la **Tabla 1- 11**,pág.12 se presentan los precios promedio al consumidor final por cada una de las empresas distribuidoras, se observa que los precios más altos fueron presentados por DEUSEM con \$0.23 centavos por KWh consumido y los más bajos fueron presentados por CAESS, DELSUR y EDESAL con \$0.18 centavos, aproximadamente. En comparación al año 2017, las empresas que presentaron mayores variaciones en los precios fueron B&D y CAESS con 11%, respectivamente.

Tabla 1- 11 Precios promedio históricos por distribuidor

Compañías	2017	2018	Variaciones
CAESS	0.1596	0.1769	11%
DELSUR	0.1698	0.1843	9%
AES-CLESA	0.1882	0.2030	8%
EEO	0.2108	0.2242	6%
DEUSEM	0.2186	0.2342	7%
EDESAL	0.1653	0.1774	7%
B&D	0.1075	0.1990	11%
ABRUZZO	0.0768	N/A	N/A
Promedio	0.1735	0.1897	9%

Fuente: elaborado con información del Boletín de Estadísticas Eléctricas.

La información presentada en la tabla anterior muestra precios promedios al consumidor final sin hacer distinción de categorías, la razón es que se hace un análisis general de precios de entre todas las categorías; por ello, en la **Tabla 1- 12**, pág.13 se muestran los precios promedio a nivel residencial, en categorías con mayor detalle, según el consumo en KWh. Los precios corresponden a la empresa distribuidora DELSUR, ya que es la distribuidora de energía eléctrica en la zona de limitación geográfica de la investigación.

Según la información mostrada en la **Tabla 1- 12**,pág.13 se aprecia que los precios han variado 7% en promedio; asimismo, se observa que a medida que baja el consumo en KWh, la tarifa es mayor.

3. Matriz energética

La matriz energética del país (ver **Gráfico 1- 1**, pág.13) se ha diversificado a partir de la construcción de la primer Central Hidroeléctrica en 1954, posteriormente el país incluiría más centrales hidroeléctricas e invertiría en la construcción de centrales geotérmicas y térmicas. Hasta el año 2000 el país mantendría una matriz energética similar a las últimas

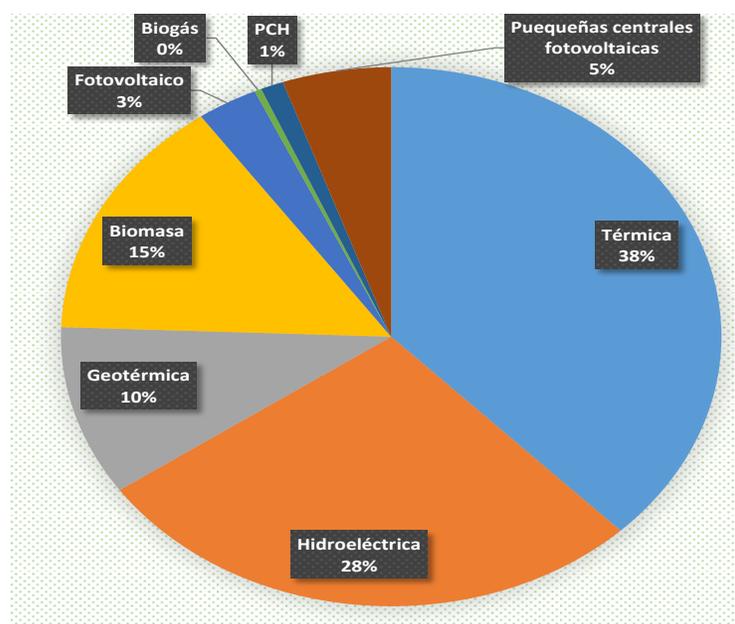
décadas, para el año 2003 se incluiría el primer proyecto de generación por biomasa, posteriormente se desarrollarían tres proyectos adicionales. Entre los años 2000-2015, el país incluyó proyectos de generación renovable no convencional como las pequeñas centrales hidroeléctricas y la generación por biogás, fue hasta el año 2017 que se inauguró la primera central fotovoltaica del país con lo cual la matriz energética se diversificaría de manera que contaría con 8 tipos de generación de energía eléctrica.

Tabla 1- 12 Precio promedio al consumidor final y categoría tarifaria, DELSUR 2018 (US\$/KWh)

Clasificación tarifaria	Años		Variación
	2017	2018	
Residencial Consumo \leq 49 KWh	0.2988	0.3154	6%
Residencial Consumo > 50 y < 99 KWh	0.2195	0.2343	7%
Residencial Consumo > 100 y < 199 KWh	0.2057	0.2209	7%
Residencial Consumo > 200 y < 300 KWh	0.2026	0.2178	8%
Residencial Consumo > 301 KWh	0.2045	0.2195	7%
Promedio Total Residencial	0.2142	0.2292	7%

Fuente: elaborado con información del Boletín de Estadísticas Eléctricas.

Gráfico 1- 1 Composición de la matriz energética de El Salvador 2018.



Fuente: elaborado con información del Boletín de Estadísticas Eléctricas.

4. Marco regulatorio

A continuación, se presenta la legislación principal relacionada al sector energético en El Salvador.

Tabla 1- 13 Legislación principal relacionada al sector energético en El Salvador.

Marco Legal	Función
Ley General de Electricidad (LGE)	Es la Ley fundamental en materia de electricidad. Norma las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. Sus disposiciones son aplicables a todas las entidades que desarrollen todas las actividades mencionadas, sean estas de naturaleza pública, mixta o privada, independientemente de su grado de autonomía y régimen de constitución. (L.G.E, 1996, pág. 2)
Reglamento a la Ley General de Electricidad	Desarrolla los procedimientos necesarios para el cumplimiento de lo dispuesto en la Ley General de Electricidad. (Reglamento L.G.E, 1996, pág. 1)
Norma Técnica de Interconexión Eléctrica y Acceso de Usuarios Finales a la Red de Transmisión	Determina los procedimientos, requisitos y responsabilidades aplicables a las interconexiones eléctricas entre operadores, con el fin de garantizar el principio de libre acceso a las instalaciones de transmisión y distribución, así como la calidad y seguridad del sistema. Además, desarrolla el acceso a las instalaciones de transmisión solicitado por los usuarios finales. (Norma Interconexión Eléctrica, 2011, pág. 6)
Reglamento de Operación del Sistema de Transmisión y del Mercado Mayorista Basado en Costos de Producción	Contiene las normas y procedimientos para la operación del sistema de transmisión y para la administración de las transacciones del Mercado Mayorista de Energía Eléctrica de El Salvador considerando las transacciones con el Mercado Eléctrico Regional. (R.O.B.C.P, 2011, pág. 42)
Normas sobre Procesos de Libre Concurrencia para Contratos de Largo Plazo Respaldados con Generación Distribuida Renovable	Establece los requisitos para ser partícipe del Mercado Minorista y los procesos a seguir. Asimismo, regula el desarrollo de los procesos de libre concurrencia para la contratación de energía eléctrica cuya generación cumpla con las características siguientes: a) conectada a la red de distribución eléctrica, b) Basada en fuentes renovables y c) con una capacidad instalada de hasta un máximo de 20 MW. (Norma P.L.C.L.P, 2013, pág. 2)

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Tabla 1- 14 Legislación principal relacionada al sector energético en El Salvador.

Marco Legal	Función
Norma para Usuarios Finales Productores de Energía Eléctrica con Recursos Renovables	<p>Dicha normativa permite el desarrollo de proyectos renovables que no tengan como fin comercializar la energía, sino más bien, el autoconsumo de esta.</p> <p>Establece los procedimientos, requisitos y responsabilidades aplicables a la conexión, operación, control y comercialización de excedentes de energía, de unidades de generación basadas en recursos renovables, ubicados dentro de las instalaciones de un Usuario Productor Renovable (UPR), quien no participa en el Mercado Mayorista de electricidad, y que instala la unidad de generación con el objeto de abastecer su demanda interna y que bajo una condición temporal y excepcional, por un período corto de tiempo podría inyectar excedentes de energía a la red de distribución eléctrica sin fines comerciales. (Norma U.P.R, 2017, pág. 2)</p>

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

B. ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana; se renuevan continuamente, a diferencia de los combustibles fósiles, de los que existen unas determinadas cantidades o reservas, agotables en un plazo más o menos determinado. (Schallenberg, y otros, 2008)

Es tanta la importancia de las energías renovables que se espera crezca un quinto en los próximos cinco años para alcanzar el 12.4% en 2023, teniendo el crecimiento más rápido en el sector eléctrico, proporcionando casi el 30% de la demanda de energía en 2023. Se pronostica que las energías renovables alcanzarán más del 70% del crecimiento de la generación mundial de electricidad, liderado por la energía solar fotovoltaica y seguida de energía eólica, hidroeléctrica y bioenergía. (Agencia Internacional de Energía, 2019)

1. Situación actual en el mercado regional

Como se mencionó en el apartado sobre el sector energético de El Salvador, el país cuenta con una participación a nivel regional, a través del denominado Mercado Eléctrico Regional (MER), en el cual se realizan transacciones entre países del istmo centroamericano.

En relación con las transacciones en el MER (ver **Gráfico 1- 2**, pág.17), para el año 2017 la capacidad instalada renovable representó un 58.6% y la no renovables un 41.4%. A nivel de producción eléctrica, las fuentes renovables de energía representaron el 73.6% con 41, 840.4 GWh, donde Costa Rica aportó un 27% de energía renovable, Belice 1%, El Salvador 9%, Panamá 19%, Guatemala 19%, Honduras 13%, Nicaragua 5% y Republica dominicana 7%. (CEPAL, 2017)

2. Energías renovables y no renovables en El Salvador

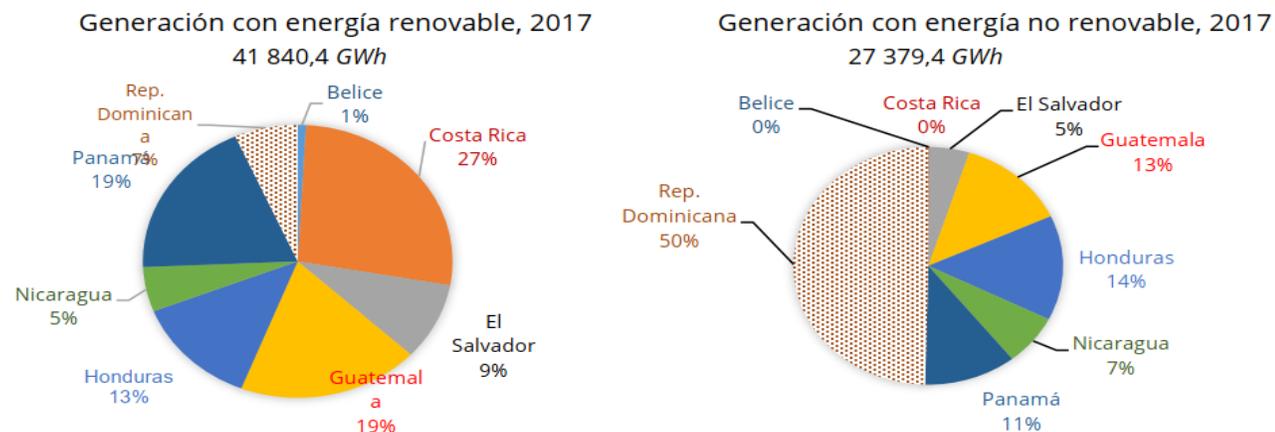
Como se demostró en el apartado anterior sobre el MER, las energías renovables han ganado terreno, lo mismo ha pasado en el mercado energético de El Salvador. Desde sus inicios, el país le apostó al desarrollo de su sector energético al aprovechar el Río Lempa como la única fuente de electricidad para entonces. A partir de ello, se crearon y ampliaron centrales hidroeléctricas y geotérmicas; asimismo, se desarrollaron centrales térmicas, a base de energía fósil.

Para el año de 1975, las energías renovables y no renovables, tenían aproximadamente la misma capacidad instalada. Es a partir del mencionado año y hasta 1990, en que se incrementaría la capacidad instalada renovable 286% más que la presentada en 1975; al contrario, las energías no renovables crecieron 35% durante el mismo período. Fue durante los años de 1990-2000, donde las energías no renovables crecerían 169%, uno de los períodos de mayor crecimiento. Durante el mismo período las energías renovables crecerían apenas un 15%.

A partir del año 2000 y hasta el presente, el país sufrió una serie de cambios con los cuales le han permitido a las energías renovables crecer por encima de las no renovables, dado que desde las políticas gubernamentales les apuestan a las primeras. Es así como se han incluido nuevas formas de generación de energía como biomasa, biogás y fotovoltaica; con la inclusión de dichas fuentes de generación las energías renovables duplicaron su capacidad instalada en los últimos 20 años.

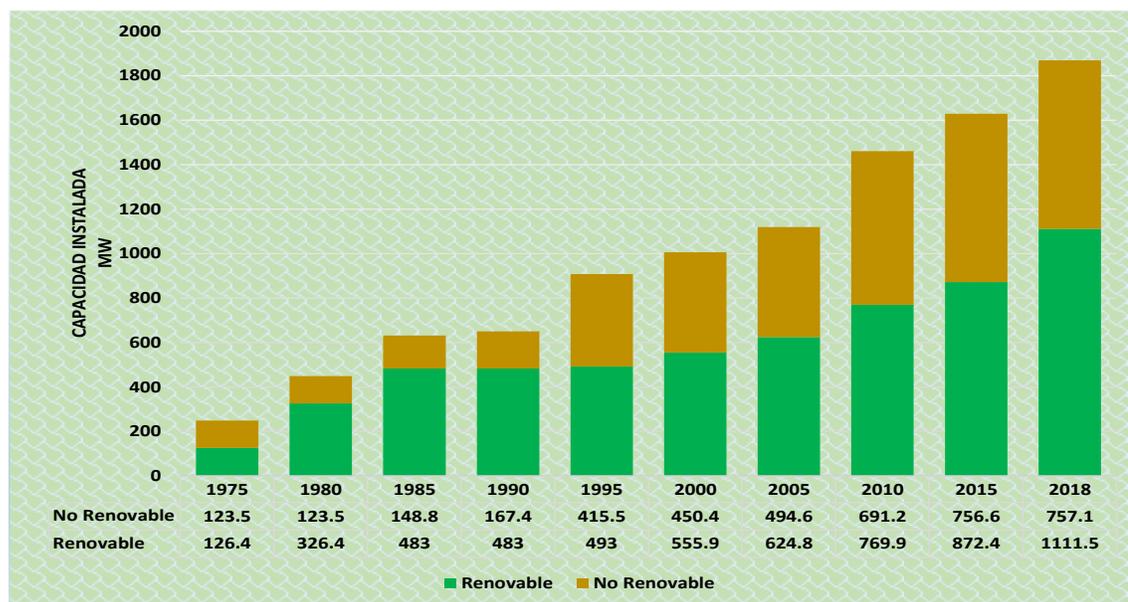
Lo mencionado anteriormente, se observa en el **Gráfico 1- 3**,pág.17 donde se muestra la tendencia de la capacidad instalada de la generación renovable en comparación a la no renovable, desde el año 1975 hasta el presente.

Gráfico 1- 2 Estructura de la generación de energía eléctrica del MER



Fuente: Estadísticas del subsector eléctrico de los países del SICA, CEPAL 2017.

Gráfico 1- 3 Evolución en la capacidad instalada de la generación de energía eléctrica renovable y no renovable en El Salvador.



Fuente: elaboración propia a partir de datos del Boletín de Estadísticas Eléctrica 2018.

3. Fuentes de energía renovable en El Salvador

Las principales formas de energías renovables que existen en el país son: hídrica, geotérmica, biomasa, biogás, solar fotovoltaica y pequeñas centrales hidroeléctricas. En el estudio realizado por Japan International Cooperation Agency (JICA), se determinó que existe potencial para desarrollar proyectos renovables con energía eólica; no obstante, en el país no existe hasta la fecha ningún proyecto que se encuentre inyectando electricidad.

Según el portal de energías renovables del CNE, en el mes de marzo del año 2017, se adjudicó una licitación para la generación de 170 MW de energía renovable en las tecnologías fotovoltaica y eólica; donde la empresa VENTUS S.A. de C.V. logró una adjudicación para la generación de energía eólica por 50 MW, la construcción comenzó en agosto de 2019 y se espera finalice en los últimos meses de 2020. Este será el primer parque eólico del país, se ubicará en Metapán y se instalarán 15 turbinas con 3 arpas eólicas de 67 metros de largo cada una. (CNE, 2019)

En El Salvador existen hacia finales de 2018 un total de 44 generadores de energía renovables entre estos 30 no convencionales (fotovoltaica, biomasa y biogás), los primeros, comenzaron a inyectar energía al Mercado Minorista a partir del año 2014. En el **Gráfico 1- 4**, Pág.20 se observa la evolución que han tenido entre los años 2000-2018 de su capacidad instalada. En el caso de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) y pequeñas centrales fotovoltaicas, se totalizan dado que suman un considerable número. Para ver detalle sobre capacidad instalada de generadores renovables, ver **Anexo 1- 3**, pág.126.

Según la información presentada en el **Gráfico 1- 4**,pág.20 se observa lo siguiente:

- La generación hidroeléctrica para el año 2018, está conformada por las centrales hidroeléctricas 15 de septiembre, 5 de noviembre, Cerrón Grande y Guajoyo.
- Las centrales geotérmicas están conformadas por las centrales Berlín y Ahuachapán.

- La generación por biomasa desde la inauguración (en el año 2003) de la primera central ubicada en el ingenio azucarero de Izalco, han tenido importantes incrementos en su capacidad; este tipo de generación se conforma de las plantas de biomasa ubicadas en los ingenios azucareros El Ángel, La Cabaña, Jíboa, Izalco y Chaparrastique; estos últimos pertenecientes a la Compañía Azucarera Salvadoreña, S.A de C.V. o mejor conocida como CASSA.
- La generación por biogás son las de menor capacidad en el país. Está compuesta por AES-Nejapa Gas, Agrícola Ganadera Onza y AGROSANIA.
- La generación solar fotovoltaica compuesta por La Planta Providencia Solar y las pequeñas centrales fotovoltaicas.

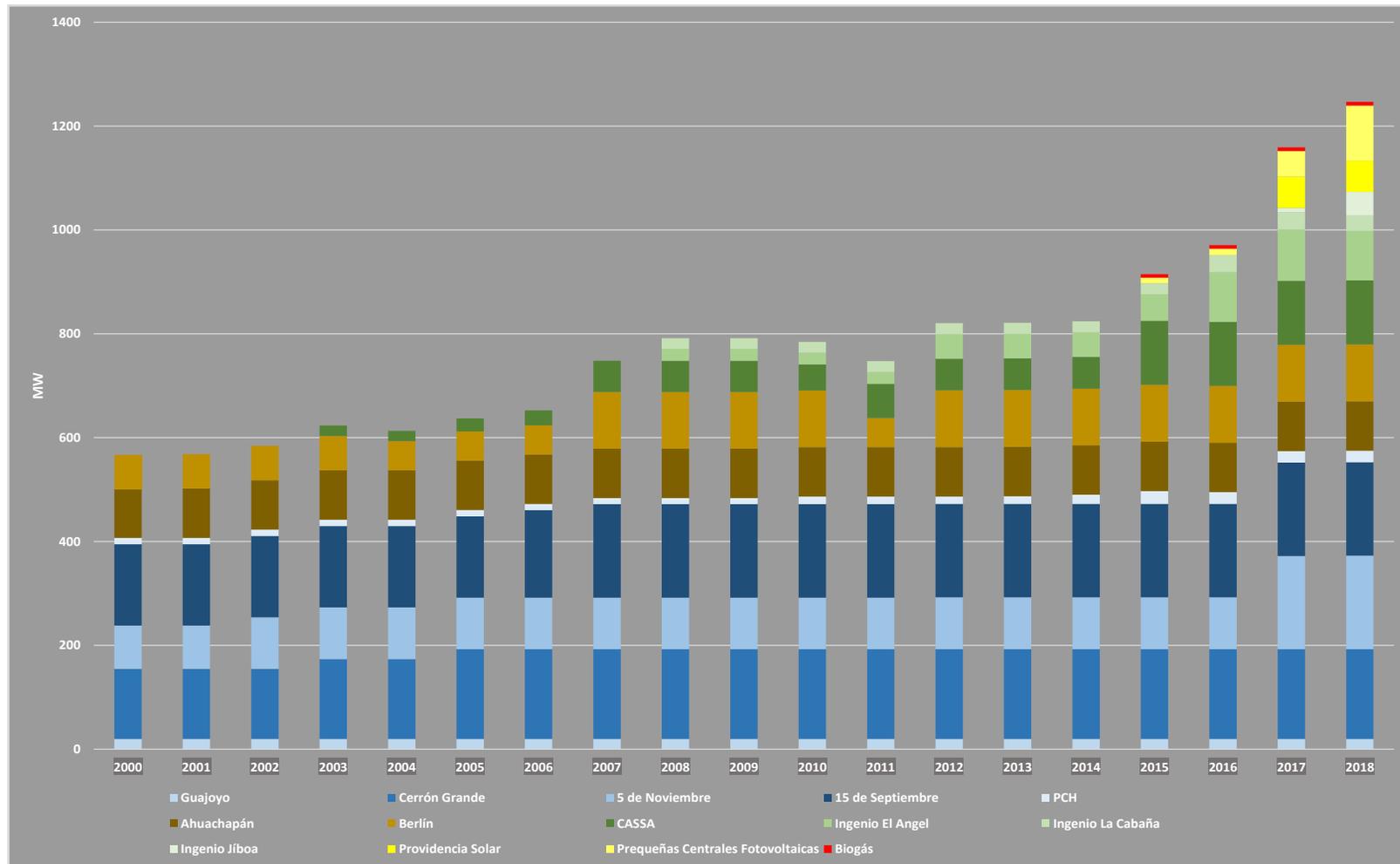
C. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

1. Energía solar

La energía solar es la energía radiante emitida por el sol y recibida en la tierra en forma de ondas electromagnéticas. (CNE, 2013)

La energía solar, captándola en forma adecuada se puede obtener calor y electricidad. El calor se obtiene por medio de colectores o captadores térmicos y la electricidad con los llamados módulos fotovoltaicos. Existen países que tienen una situación privilegiada con respecto al sol, como los que están en las regiones de América Central y del Sur. La energía solar representa una fuente limpia e inagotable, para que en el mediano o largo plazo pueda reducir sensiblemente el uso de combustibles fósiles (Enríquez Harper, 2012); en este momento es una tecnología que aún no es competitiva frente a otras fuentes de generación como la hidráulica o geotérmica.

Gráfico 1- 4 Evolución de la capacidad instalada total de los generadores renovables en El Salvador 2000-2018.



Fuente: elaboración propia a partir de datos del Boletín de Estadísticas Eléctrica 2018.

a. Potencial de la energía solar

La energía solar varía de un lugar a otro, depende de factores geográficos, de la época del año y de las condiciones atmosféricas. Para todo análisis donde se pretenda construir un centro de transformación de algún tipo de energía a energía eléctrica, como primer paso fundamental es conocer el recurso disponible que se considera existente en un punto geográfico. La irradiación solar es la cantidad de energía solar acumulada sobre un área durante un cierto tiempo; este período de tiempo puede ser una hora, un día, un mes o un año. Se expresa comúnmente en unidades de kilowatt-hora por metro cuadrado (KWh/m²). A mayor irradiación hay mayor disponibilidad de energía, la cual varía a lo largo de todo el año. (Enríquez Harper, 2012)

En El Salvador los valores promedios mensuales se pueden obtener de dos fuentes, la primera es del denominado proyecto de Evaluación del potencial de Energía Eólica y Solar (siglas en inglés SWERA), en el cual se muestran los valores promedios de la irradiación solar del país. Bajo este proyecto se creó el mapa de irradiación solar de El Salvador, a partir de los datos obtenidos desde el inicio del proyecto en 1984 hasta su finalización en el 2004. La segunda fuente de donde se pueden tomar valores promedios de la irradiación solar del país es el mapa solar creado por el Observatorio Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Los datos fueron obtenidos a partir de mediciones llevadas a cabo entre los años 2005-2013, cuenta con el acceso a la estación de CEL y dos estaciones limítrofes a El Salvador, presentando valores más actuales que los del proyecto SWERA.

Los dos estudios realizados, muestran que el país es privilegiado por tener altos niveles de radiación en diferentes zonas del territorio nacional. De acuerdo con los mapas, los focos de radiación se localizan en la parte central del país, también la parte noreste de la zona occidental y la mayor parte de la región oriental. Las zonas montañosas presentan baja radiación característica de la zona por la presencia de mayor nubosidad; San Salvador, La Libertad y La Paz son los que en términos anuales presentan la mayor radiación de entre 5 y 5.6 KWh/m². Para mayor detalle ver mapas de radiación solar de El

Salvador (**Anexo 1- 4**, pág.129 y **Anexo 1- 5**, pág.130). (Cortez, Menjivar, & Padilla, 2014)

A partir de la información proporcionada por los mapas, se puede obtener valores promedios de radiación solar en una determinada localidad del país. Es muy útil conocer dichos valores ya que sirven para evaluar la energía que un panel pueda producir diariamente, bajo el concepto del número de horas de sol pico (HSP). El significado de las HSP es el de horas de sol a una intensidad de 1000W/m^2 y puede calcularse con el valor de radiación solar de una determinada región. A partir de este valor, se pueden hacer dimensionamientos de paneles para un sistema fotovoltaico, pudiendo calcular la energía diaria producida por un panel determinado.

2. Fundamentos de la tecnología fotovoltaica

La palabra fotovoltaica es la combinación de dos palabras “foto” palabra de origen griego que significa luz y “voltaica” que viene de *Volt* que representa la unidad para medir el voltaje. Los sistemas fotovoltaicos, usan las celdas para convertir la radiación solar en electricidad. La fotovoltaica es una tecnología basada en semiconductores, que convierte energía proveniente de la luz solar directamente en corriente eléctrica, que se puede usar ya sea en forma inmediata o almacenada en una batería para su uso posterior. (Enríquez Harper, 2012)

Los sistemas fotovoltaicos son un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales: transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica, almacenar la energía eléctrica generada, proveer adecuadamente la energía producida y utilizarla eficientemente. (Biomass Users Network, 2002)

Los componentes de los sistemas fotovoltaicos incluyen equipo para conducir, controlar, convertir, distribuir, almacenar y utilizar la energía producida por el arreglo. Los componentes específicos requeridos dependen de los requerimientos funcional y

operacional del sistema; a continuación, se describen los principales componentes de un sistema fotovoltaico.

a. Paneles solares o módulos fotovoltaicos

La transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un equipo llamado módulo o panel fotovoltaico; los cuales son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado. Asimismo, una celda fotovoltaica es el componente que capta la energía contenida en la radiación solar y la transforma en una corriente eléctrica, basado en el efecto fotovoltaico que produce una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre algunos materiales, pero los que tienen un mejor desempeño en la luz solar son los semiconductores. (Biomass Users Network, 2002)

Las diferentes características que un panel pueda tener dependerán de tipo de material con que esté construido, la potencia y del voltaje requerido. De manera general constan de células fotovoltaicas, soportes de aluminio, caja de conexiones, cables, entre otros.

La potencia nominal de un panel solar se da en watts pico (W_p), lo cual representa la potencia eléctrica que entrega el panel, cuando la irradiancia sobre él es de 1000 w/m^2 y con una temperatura de 25°C ; esto bajo condiciones óptimas, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de irradiación que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas y los niveles de temperatura pueden variar.

La corriente producida es del tipo corriente directa (CD) con una tensión de 12 o 24 voltios y se puede asociar con baterías para su utilización, principalmente por las noches. La utilización de estas baterías aumenta sensiblemente el costo de la instalación, razón por la cual esta solución se destina preferentemente a sitios aislados. En otros casos para evitar el almacenamiento de la energía eléctrica en baterías, se usa la red eléctrica como respaldo.

Un panel solar está constituido por un número determinado de celdas solares y al conjunto de paneles solares se les denomina arreglo fotovoltaico.

Un arreglo fotovoltaico es la unidad generadora completa que consiste en cualquier número de paneles fotovoltaicos; los cuales se conectan eléctricamente en circuitos en serie o/y paralelo para producir mayores niveles de potencia. Un conjunto de arreglos fotovoltaicos forma un sistema solar fotovoltaico. Los dispositivos fotovoltaicos se conectan primero en serie para lograr el voltaje deseado, formando una cadena, estas cadenas en serie se conectan también en paralelo para lograr la corriente y potencia deseada. (Enríquez Harper, 2012)

Dependiendo de la instalación que se vaya a desarrollar, de la aplicación para la que se haya diseñado, de la potencia y corriente que se requiera, los paneles serán agrupados y conectados entre sí eléctricamente, ya sea en serie o en paralelo. La realización de las conexiones en serie y en paralelo, representan un paso importante en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos. Los paneles fotovoltaicos son como las baterías; se pueden conectar en serie, aumentando su voltaje y en paralelo aumentando la corriente del arreglo. El esquema gráfico tanto de la conexión en serie como en paralelo se presenta en anexos. (Ver **Anexo 1- 6**,pág.131)

En el mercado fotovoltaico existen una gran variedad de fabricantes y modelos de paneles solares, dependiendo la tecnología de fabricación, se clasifican en:

- **Módulos de Silicio Monocristalinos:** son los más utilizados debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos.
- **Módulos de Silicio Policristalinos:** son ligeramente más baratos que los módulos de silicio Monocristalinos, aunque su eficiencia es menor.
- **Módulos de Silicio Amorfo:** Tienen menor eficiencia que los dos anteriores y un precio mucho menor. Además son delgados y ligeros, hechos en forma flexible, por lo que se pueden instalar como parte integral de un techo o pared. Su uso se limita a aplicaciones de pequeña potencia.

El rendimiento de un tipo y de otro varía con relación a factores no solo por la tecnología del que estos están fabricados; sino que además del nivel de radiación disponible y de la

temperatura ambiente. En El Salvador la CEL instaló un sistema solar en la azotea de su edificio en el año 2009, este con fines puramente investigativos, en el cual se instalaron tres arreglos diferentes; compuesto cada uno por tecnologías de silicio monocristalino, policristalino y amorfo.

Según los datos proporcionados por los tres sistemas instalados en la azotea de las oficinas administrativas de CEL y recolectados desde su instalación en el año 2009, la tecnología que aparece con mejores resultados en rendimiento promedio en electricidad generada por año fue la tecnología de silicio monocristalino (1,640 KW/h/KWp) por encima de la de silicio policristalino (1,607 KW/h/KWp) y por muy debajo de esta, el arreglo de paneles de silicio amorfo (1,501 KW/h/KWp). (Hernández M., 2011)

b. Inversores

Los inversores, también denominados convertidores y onduladores, son dispositivos electrónicos que permiten convertir la corriente directa (CD) que producen los módulos solares en corriente alterna (CA). En otras palabras, es el sofisticado elemento de unión entre los módulos solares y la red de corriente pública y/o batería. (Salvador Escoda S.A, 2018)

Como se ha explicado en el apartado sobre paneles solares, las celdas fotovoltaicas generan corriente directa (en ocasiones las baterías la almacenan) pero la mayoría de los aparatos electrodomésticos más comunes requieren para su funcionamiento corriente alterna; por ello los inversores se vuelven fundamentales para todo sistema fotovoltaico.

El inversor debe proveer adecuadamente energía eléctrica y esto no solo significa hacerlo en forma eficiente y segura para la instalación y las personas; sino que, también significa proveer energía en cantidad, calidad y tipo que se necesita. Además, el inversor tiene la función de regular la corriente y el voltaje para que el sistema trabaje en el punto de máxima potencia.

c. Baterías

Como definición general, las baterías son dispositivos electroquímicos capaces de transformar la energía potencial de la materia activa, en energía eléctrica. Principalmente las hay de dos tipos: plomo-ácido de coste bajo y Alcalinas (níquel-cadmio) consideradas de coste alto, pero con mejor rendimiento. En general el tiempo de vida útil puede rondar de 2 a 5 años dependiendo de su uso.

d. Reguladores de carga

Controlan el proceso de carga y descarga de la batería evitando sobrecargas y descargas profundas y alargando así la vida útil de las baterías. (Schallenberg, y otros, 2008)

Los reguladores de carga detectan y miden constantemente el voltaje de la batería, mide su estado de carga, actúa cortando el flujo de corriente hacia la batería o bien deja que pase solo una parte para mantenerla en estado de plena carga, sin sobrepasarse.

e. Soportes y accesorios para montaje de paneles

Es el elemento mecánico encargado de soportar los módulos. Están fabricados de aluminio y como mínimo se debe asegurar de que tengan una larga vida útil sin mantenimiento, que soporte su ubicación a la intemperie, una adecuada resistencia mecánica a los esfuerzos provocados por los vientos máximos registrados en la zona y asegurar la rapidez y sencillez del montaje. Debe soportar cargas extremas ya sea por factores climatológicos o por acciones en la edificación. (Salvador Escoda S.A, 2018)

Para el caso particular de los sistemas conectados a red, dependerá del tipo de techo de la edificación donde se pretenda instalar el sistema, así será necesario el uso de los diferentes accesorios que existen en el mercado para el soporte y fijación de paneles solares. Entre los más utilizados están: las abrazaderas para montaje y los rieles acanalados dobles o strut.

f. Equipo de medición bidireccional

Aparato que como mínimo registra el flujo de energía eléctrica en ambas direcciones, consumo e inyección, y es capaz de registrar las diferencias entre consumo e inyección

del sistema que está monitoreando. Estos deberán por ley, cumplir con las Normas Técnicas de Diseño, Seguridad y Operación de las Instalaciones de Distribución Eléctricas, emitidas por la SIGET.

Según Norma para Usuarios Finales Productores de Energía Eléctrica con Recursos Renovables (Norma UPR), el equipo de medición podrá ser provisto por el usuario final o por el distribuidor. Si el equipo lo provee el usuario final, este deberá presentar, la factura de compra de este y constancia de calibración y exactitud, realizado por una empresa calificada o someterlo a calibración del distribuidor.

Además de los equipos mencionados en los apartados anteriores un sistema fotovoltaico también puede requerir de microinversores, cableado y protecciones, fusibles o interruptores, alambres y componentes de interconexión, sistema de monitoreo, entre otros. (Enríquez Harper, 2012)

3. Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas

La clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas se puede realizar en función de la aplicación a la que están destinadas. Así, se distinguen entre aplicaciones autónomas y conectadas a la red.

a. Sistemas solares fotovoltaicos aislados o autónomos

Son aquellos que no tienen conexión a la red eléctrica de la compañía suministradora y están recomendados para sitios aislados en donde la alimentación por red eléctrica convencional resulta muy costosa. (Enríquez Harper, 2012)

Este tipo de sistemas se emplea en lugares con acceso complicado a la red eléctrica y en los que resulta más fácil y económico instalar un sistema fotovoltaico que tender una línea de enganche a la red eléctrica general. Según (Schallenberg, y otros, 2008), este tipo de aplicaciones, generalmente se pueden encontrar en:

- Zonas rurales aisladas
- Áreas de países en vías de desarrollo sin conexión a red

- Iluminación de áreas aisladas y carreteras
- Sistemas de comunicación (repetidores de señal, balizas de señalización, SOS en carreteras y autopistas)
- Sistemas de bombeo de agua
- Pequeños sistemas autónomos como calculadoras, cámaras, ordenadores, teléfonos portátiles, etc.

Generalmente un sistema solar fotovoltaico aislado, suele constar de los siguientes elementos:

- Paneles fotovoltaicos
- Baterías
- Reguladores de carga
- Inversores

A diferencia de un sistema conectado a la red, los aislados cuentan con baterías; estas almacenan energía eléctrica en períodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica, debido a que los paneles muestran picos de generación altos, la energía que no se utiliza se almacena en las baterías para su posterior utilización; de manera que proveen la energía eléctrica necesaria en períodos de baja o nula radiación solar.

Para operar cargas en la noche o durante días con clima nublado, los sistemas fotovoltaicos deben incluir un medio de almacenamiento de la energía eléctrica. En este caso la solución más común son las baterías. Las cargas de un sistema o instalación se pueden alimentar a partir de baterías durante el día o la noche, ya sea en forma continua o intermitente, sin importar el clima.

b. Sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red.

Son sistemas que se instalan en zonas que disponen de red eléctrica, la energía obtenida no se almacena, sino que se provee directamente a la red eléctrica comercial. Las

aplicaciones de estos sistemas son la venta de energía eléctrica o la reducción de la factura mensual (autoconsumo). (Enríquez Harper, 2012)

Usualmente, los sistemas solares interconectados constan de:

- Paneles fotovoltaicos
- Inversores
- Medidor bidireccional
- Cableado y protecciones

Los sistemas fotovoltaicos que están conectados a la red eléctrica no requieren de baterías de almacenamiento en su diseño, debido a que la red de la compañía actúa como respaldo, en lugar de almacenar la reserva que no se emplea durante el día. De esta manera, el propietario de una casa puede vender los excedentes de energía a la compañía eléctrica local a través de un inversor de diseño especial, y cuando los propietarios necesitan más energía de la que puede producir el sistema fotovoltaico, entonces compran a la compañía local.

En el caso de que se presente una interrupción de servicio en la compañía eléctrica suministradora, el inversor automáticamente se desconecta y no alimenta energía solar de regreso al sistema, es por seguridad de las personas que pueda estar trabajando en la red eléctrica. Debido a que los sistemas conectados a la red eléctrica usan la red como respaldo, cuando la red está en falla o se desconecta, no se tiene disponibilidad de energía, por esta razón algunos de estos sistemas están también equipados con baterías para suministrar energía en el caso de falta de alimentación de la red eléctrica, estos sistemas son conocidos como híbridos y su costo resulta más elevado.

Algunas compañías ofrecen medición neta a sus clientes, usando un medidor que puede medir el flujo de potencia en ambas direcciones, dependiendo de si la compañía está alimentando al cliente o el cliente alimenta a la compañía, con los excedentes de su producción.

Según (Schallenberg, y otros, 2008), algunas de las ventajas de los sistemas conectados a la red son:

- Los sistemas pueden ser de pequeño tamaño sin perder efectividad
- La generación de electricidad se produce durante el día, coincidiendo con las horas punta de consumo en muchos edificios
- La generación eléctrica puede darse en el mismo lugar donde se realiza el consumo, evitándose costes y disminuyendo las pérdidas de transporte y distribución de electricidad
- Su instalación no requiere de ocupación de espacio adicional, aprovechando un espacio ya construido.

En las instalaciones fotovoltaicas de casas, los paneles solares pueden ir instalados en el techo, ya sea con inclinación calculada para el mejor aprovechamiento de la luz solar (techos de dos aguas) o bien en las azoteas planas de casas o edificios en donde los módulos o paneles solares se montan sobre bases que proporcionan la inclinación requerida. La interacción con la red eléctrica exterior se da a través de un inversor interactivo.

4. Mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos

El mantenimiento va a depender si el sistema es aislado o conectado a la red; para el caso en particular de un sistema conectado a la red, el mantenimiento es mínimo y de carácter preventivo, no tiene partes móviles sometidas a desgaste, ni requieren de cambio de piezas ni lubricación. Se considera recomendable realizar revisiones periódicas de las instalaciones para asegurar que todos los componentes funcionan correctamente.

Es importante tener en cuenta dos aspectos, por un lado, asegurar que ningún obstáculo les haga sombra a los paneles. Si existen obstáculos que le puedan dar sombra como vegetación, arboles, otros edificios, elementos constructivos e inclusive otros paneles; se debe buscar la manera de evitarlo, debido a que las sombras generan lo que se conoce como puntos calientes. Estos puntos provocan que la temperatura de una celda

fotovoltaica aumente produciendo sobrecalentamiento, esto limita la producción de energía y puede acortar la vida útil de los paneles.

Por otro lado, un sistema fotovoltaico requiere un mantenimiento que asegure su producción de energía y seguridad eléctrica a futuro. Para lo anterior se requiere de forma periódica realizar las siguientes actividades:

- Limpieza de paneles fotovoltaicos (la frecuencia dependerá del nivel de polución de la zona).
- Inspección visual de instalación eléctrica (1 vez al año).

5. Ventajas y desventajas de los sistemas solares fotovoltaicos

Las ventajas y desventajas de la tecnología fotovoltaica en comparación a otras formas de generación renovable como la inversión en pequeñas centrales hidroeléctricas (las cuales podrían ser alternativas válidas). Según (Biomass Users Network, 2002), algunas de sus principales ventajas y desventajas son:

a. Ventajas

- El área de Centroamérica dispone de abundante radiación solar.
- Permite soluciones autónomas.
- Es amigable con el medio ambiente.
- Tienen una vida útil larga (25 años).
- El mantenimiento es sencillo.
- Han experimentado una reducción en sus precios lo que los hace más accesibles a la población.
- La instalación es simple, rápida y solo requiere de herramientas y equipo de medición básico.

b. Desventajas

- La inversión inicial resulta alta en relación con la capacidad de pago de una gran cantidad de familias.

- La cantidad de energía producida es limitada debido a los lineamientos establecidos en las normativas.
- La disponibilidad de energía es variable y depende de las condiciones atmosféricas.

6. Situación actual de los sistemas fotovoltaicos en El Salvador

Según los registros presentados por SIGET a finales de 2018, la capacidad instalada total para los UPR fue 12,295 KWh, en relación con la inyección que estos sistemas realizan, la SIGET establece que no se cuantifican porque toda la energía producida es para autoconsumo. De los APR se tiene que inyectaron un total de 65.57 MWh, aclarando que solo se cuantifican los excedentes de energía que son inyectados a la red de distribución, no así con el porcentaje de autoconsumo; asimismo la capacidad instalada total de estos sistemas era de 0.053 KWh. (SIGET, 2018)

En el portal web del CNE se encuentra el listado de proyectos sobre sistemas fotovoltaicos; sin embargo, no detallan el tipo de sistema fotovoltaico instalado, si es autónomo o conectado a la red, se desconoce la actualización de los proyectos que el portal muestra y el año en el que fueron publicados; se aclara que en la actualidad podrían haberse incrementado. La consulta se realizó el 17 de noviembre de 2019.

En total el portal muestra 134 proyectos de generación renovable no convencional para autoconsumo de energía solar fotovoltaica. El detalle de los 134 proyectos con su respectiva capacidad instalada se muestra en una tabla. (Ver **Anexo 1- 7**, Pág.132)

D. PROYECTOS DE INVERSIÓN

Un proyecto de inversión es una propuesta técnica y económica para resolver un problema de la sociedad utilizando los recursos humanos, materiales y tecnológicos disponibles, mediante un documento escrito que comprende una serie de estudios que permiten al inversionista saber si es viable su realización. (Córdoba Padilla, 2011)

1. Proyectos

Proyecto es una serie de planteamientos encaminados a la producción de un bien o la prestación de un servicio, con el empleo de una cierta metodología y con miras a obtener determinado resultado, desarrollo económico o beneficio social. (Hernández, Suárez, & Villalobos, 2005)

Un proyecto es un plan, al que, si se le asigna un determinado monto de capital y se le proporcionan insumos de varios tipos, podrá producir un bien o servicio útil a la sociedad. Asimismo, constituye un conjunto de acciones, que, una vez implementadas, incrementan la eficiencia y distribución de un bien o servicio. En términos generales, un proyecto es una propuesta de inversión. (Meza Orozco, 2013)

Los proyectos nos permiten primeramente resolver problemas identificados, así como el problema abordado sobre el autoconsumo de electricidad a través de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red, donde un residente de la residencial Las Arboledas estaría interesado en invertir su dinero, con miras de obtener un beneficio a futuro o comparar dichos resultados con la posibilidad de invertir el mismo dinero en otro proyecto. Dicho proyecto de una u otra forma mejoraría las condiciones de vida de los residentes, mostrando los beneficios que se tendría al implementarlo.

Además de ello, los proyectos permiten acceder a diversas fuentes de financiación las cuales basan sus decisiones en diseño de estrategias que concluidos de la forma correcta permiten a los inversionistas recuperar el capital invertido; en el caso del proyecto abordado, los residentes podrán optar a financiamiento en caso de no tener el capital necesario para implementar el proyecto. En cuanto a gestión, los proyectos nos permiten tener una adecuada forma de gestionar y organizar los recursos invertidos en base a los resultados esperados.

Los proyectos también permiten estimar y conocer cuáles serán los requerimientos de recursos. Esto facilita la evaluación y la decisión al permitir la comparación con los

beneficios que se obtendrían y la estimación de si conviene o no invertir en ese proyecto o en otro.

2. Importancia y utilidad de los proyectos

Los proyectos de inversión surgen de las diferentes necesidades individuales y colectivas de las personas y se concretan con la producción de un bien o servicio, ya que son éstas las que deben ser satisfechas, a través de una adecuada asignación de recursos teniendo en cuenta la realidad social, cultural y política. No existe una sola solución a un problema o a una necesidad, por el contrario, casi siempre se logran encontrar numerosas alternativas que pueden contribuir a resolver las dificultades o a modificar las condiciones existentes. Pero, siempre que exista una necesidad humana de un bien o servicio se hace necesaria la asignación de recursos a través de la inversión. (Meza Orozco, 2013)

Para el estudio en particular en el cual se está abordando el proyecto sobre la instalación de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red, vendría a contribuir no solo a los habitantes de la residencial Las Arboledas, sino a todo aquel que esté interesado en instalar un sistema fotovoltaico y desee información que les permite decidir, si invertir en dicho proyecto o llevar a cabo otro tipo de inversión; dado que los proyectos generan la información necesaria con lo cual los inversionista puedan tomar la mejor decisión.

La importancia de los proyectos radica en que se constituyen en un instrumento básico de información para la toma de decisiones de inversión, y por los efectos que puede generar su ejecución y operación en cuanto a la solución de los problemas existentes, al desarrollo económico y social de una región o un país y, en particular, por los beneficios que le puede generar a un inversionista.

Los habitantes de la residencial Las Arboledas, tiene la necesidad de usar los aires acondicionados en sus viviendas, por lo que su factura eléctrica se incrementa considerablemente; es así, como surge la viabilidad que a través de un sistema solar fotovoltaico puedan llegar a reducir total o parcialmente el costo de su factura eléctrica y llegar a convertirse es una inversión rentable en el transcurso del tiempo. Abordar este

problema a través de un proyecto no solo vendría a solventar problemas relacionados con la economía de los residentes, sino que además fomentan el uso de las energías renovables, abonando a la problemática en la que se encuentra el país al depender de las energías fósiles.

3. Preparación, formulación y evaluación de proyectos

La formulación de un proyecto parte de la identificación de un problema, o de una oportunidad de negocio, y permite establecer qué tipos de bienes y/o servicios son necesarios producir e implementar para su solución o aprovechamiento. La etapa de formulación, después de identificado el problema o la oportunidad de negocio, tiene como propósito principal determinar el monto de la inversión inicial, los ingresos y egresos del proyecto mediante una serie de estudios secuenciales como el estudio de mercado, técnico, administrativo y financiero. Esta etapa es importante porque permite determinar con claridad si el proyecto de inversión generará o no los recursos suficientes que justifiquen el sacrificio que hace el inversionista al privarse del consumo en el presente. (Meza Orozco, 2013)

La evaluación es la medición de factores concurrentes y coadyuvantes cuya naturaleza permite definir la factibilidad de ejecución del proyecto. La evaluación de un proyecto se fundamenta en la necesidad de establecer las técnicas para determinar lo que está sucediendo y cómo ha ocurrido y apuntar hacia lo que encierra el futuro si no se interviene. (Córdoba Padilla, 2011)

La factibilidad tiene como objeto velar por la optimización de todos aquellos aspectos que dependen de una decisión de tipo económico y se elabora sobre la base de antecedentes precisos obtenidos de fuentes de información primaria. (Sapag Chain & Sapag C., 2008)

a. Etapas en la preparación, formulación y evaluación de proyectos

La profundidad con que se realicen cada uno de los estudios particulares, previos a una decisión de inversión, dependerá de lo que aconseje cada proyecto en particular; es decir, de las características mismas de cada uno. En términos generales, son varios los estudios

particulares que deben realizarse; por lo regular el estudio de una inversión se centra en el estudio económico o financiero y, toma el resto de los estudios (técnico, legal, organizacional de impacto ambiental) únicamente como referencia. (Sapag Chain & Sapag C., 2008)

El esquema general del proceso que se debe llevar a cabo en la preparación y evaluación de un proyecto es la siguiente:

1) Estudio de Mercado

Es un estudio de demanda, oferta y precios de un bien o servicio, requiere de análisis complejos y se constituye en la parte más crítica de la formulación de un proyecto, porque de su resultado depende el desarrollo del estudio técnico y financiero, puesto que, a menos que este muestre una demanda real o en todo caso la posibilidad de venta del bien o servicio. (Meza Orozco, 2013)

2) Estudio Técnico

Si el estudio de mercado indica que hay demanda suficiente de acuerdo con las características del producto o servicio, tamaño de la demanda y cuantificación del volumen de venta y precio de venta, hay necesidad de definir el producto en el estudio técnico.

Con el estudio técnico se pretende verificar la posibilidad de fabricación del producto o producción del servicio, para lograr los objetivos del proyecto. Determina si es posible lograr producir y vender el producto o servicio con la calidad, cantidad y costo requerido; para ello es necesario identificar tecnologías, maquinarias, equipos, insumos, materias primas, procesos, recursos humanos, etc. (Meza Orozco, 2013)

3) Estudio Financiero

En el estudio financiero se especifican las necesidades de recursos a invertir, con detalles de las cantidades, su forma de financiación y las estimaciones de ingresos y egresos para el período de vida útil del proyecto. Para ello se realiza una sistematización de todos los costos y beneficios; a través de una proyección, se calcula la inversión inicial, capital de trabajo, se elaboran los presupuestos correspondientes, la determinación del punto de

equilibrio, se elaboran los estados financieros y finalmente se construye el flujo de caja con y sin financiamiento. Toda la información anterior es proporcionada por las etapas anteriores al estudio financiero (Estudio de mercado y técnico), los cuales son secuenciales y por ende se deben realizar en ese orden. (Córdoba Padilla, 2011)

4) Evaluación Económica

La evaluación es la medición de factores concurrentes y coadyuvantes cuya naturaleza permite definir la factibilidad de ejecución del proyecto. La evaluación de un proyecto se fundamenta en la necesidad de establecer las técnicas para determinar lo que está sucediendo y cómo ha ocurrido y apuntar hacia lo que encierra el futuro si no se interviene.

Para el proceso de evaluación de proyectos existen diferentes métodos; sin embargo, los que comúnmente se utilizan son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). El primer criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su VAN es igual o superior a cero, en donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en valor presente. El segundo criterio evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por período, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual.

E. MUNICIPIO DE COLÓN

El municipio de Colón cuenta con una extensión territorial de 84.05 km² y con una población de 96,989 habitantes (según el censo de población y vivienda 2007 elaborado por la Dirección General de Estadísticas y Censos). Para su administración, el municipio se divide en el área rural y el área urbana, los cuales poseen caseríos, colonias y lotificaciones, está conformado por 12 cantones, siendo el más poblado y desarrollado de ellos el cantón Lourdes. El municipio tiene su origen en el año 1576, cuando entonces apenas era una aldea; en el año 1886 se erigió como pueblo y obtuvo su título de villa (D.L. No. 421) en 1986. El cantón Lourdes, es el que presenta un mayor desarrollo, debido a su accesibilidad y proximidad a San Salvador; en él se llevan a cabo proyectos urbanísticos, industriales y residenciales. (Alcaldía Municipal de Colón, 2016)

El municipio de Colón es parte del departamento de La Libertad. Está limitado al norte por San Juan Opico; al este, por Santa Tecla; al Sur, por Jayaque, Talnique; al Oeste, por Ciudad Arce y Sacacoyo.

1. Desarrollo Social

El municipio cuenta con atracciones turísticas, entre estas “Los Chorros”, obteniendo numerosas visitas en su mayoría por turistas nacionales durante períodos vacacionales. También cuenta con escuelas públicas y privadas, mercado municipal, centros comerciales, librerías, casa de la cultura, parque central, oficinas gubernamentales, farmacias, sucursales bancarias, empresas comerciales, de igual forma comercio informal en aceras y calles.

En el municipio de Colón se siente la expresión popular de un pueblo donde se manifiesta su fe, las costumbres, y las tradiciones abarcando la música, los bailes y todo tipo de actividades culturales y religiosas.



2. Desarrollo Económico

La Alcaldía Municipal de Colón cuenta con una asignación del Fondo para el Desarrollo Económico y Social de los Municipios (FODES), de \$2,997,319.83 Por las características de la zona, muchas empresas manufactureras han establecido sus plantas de producción principalmente en el Cantón Lourdes, de esta manera la Alcaldía recibe ingresos por Tasas Municipales, que para el año 2018 ascendieron a \$1,117,074.75; del cual, el 36% provino de empresas de servicio, el 35% de empresas comerciales, el 14% del sector industrial y el resto de otro tipo de actividades que le permiten a dicha comuna obtener ingresos para el desarrollo de proyectos municipales. (Alcaldía Municipal de Colón, 2018)

En los análisis del Plan Operativo Anual (POA), de la primera fase de San Andrés, se evidencia que Colón presenta fuertes condicionantes de crecimiento sobre todo en la cabecera municipal.

3. Desarrollo Empresarial

La actividad económica predominante para el municipio de Colón es la comercial, en donde se encuentran los Centros Comerciales como Metrocentro, El Encuentro y El Pasatiempo; varios locales de comida rápida, casas comerciales, restaurantes, cafetines, comedores y el mercado. Otra actividad de importancia es la Industrial, predominado en esta, el sector maquilero, debido a que existen zonas francas de importancia, y otras fábricas de productos diversos. La producción generada por estas es destinada al mercado de exportación. (Comité de Emergencia Municipal; Comisión de Mitigación, 2004)

4. Desarrollo Habitacional

En los últimos años la expansión urbana acelerada que ha ido sufriendo Colón es hacia el centro del municipio, principalmente, hacia los cantones Las Moras, Lourdes y El Limón. Se observa que, en las nuevas colonias, parcelaciones y lotificaciones, las dimensiones de las vías de circulación y dimensiones de parcela han ido disminuyendo. Hacia el oriente (Cantón El Manguito) del municipio se ha frenado el crecimiento habitacional, debido a la amenaza sísmica. (Comité de Emergencia Municipal; Comisión de Mitigación, 2004)

CAPÍTULO II DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA AUTOCONSUMO INSTALADOS A NIVEL RESIDENCIAL.

El presente capítulo explica los pasos y procedimientos realizados durante el proceso de la investigación para la obtención del estudio de mercado que permita a los residentes de los proyectos habitacionales Las Arboledas, Pasatiempo y Bosques de Lourdes; la posibilidad de invertir en sistemas solares fotovoltaicos y abastecerse de electricidad.

A. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Realizar el estudio de mercado para cuantificar la demanda, la oferta, los precios y los aspectos relacionados a la comercialización de sistemas fotovoltaicos.

B. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1. Método

El método que se utilizó para realizar la investigación fue el científico. Permitió que la investigación fuera desarrollada en forma lógica y ordenada. Como métodos auxiliares se definieron los siguientes:

a. Analítico

Se utilizó el método analítico, se observó e indagó cada una de las variables e indicadores; es decir, en términos generales se expresó que el todo de la investigación era la energía fotovoltaica, por lo que fue necesario hacer una diferenciación de las partes involucradas y así, observar y analizar cada uno de los indicadores. Se analizaron precios, comercialización, oferta y demanda a través del estudio de mercado.

b. Sintético

Se empleó para volver a integrar las partes del todo, para ello fue necesario identificar los aspectos básicos y de vital importancia que componen las partes desde el punto de vista de su totalidad. Partiendo del análisis realizado a cada uno de los indicadores de las variables (precios, comercialización, oferta, demanda, importación y distribución) e integrando cada uno se observó, de manera general, que el mercado energético y el de instalación de sistemas fotovoltaicos, son dinámicos y que se han presentado cambios significantes en la última década.

2. Tipo de investigación

Se utilizó el tipo de investigación correlacional dado que se buscó medir el grado de relación que existe entre variables dependientes e independientes. A medida que se desarrolló la investigación, se relacionaron las variables, con lo cual se obtuvo información que permitió establecer el grado de relación entre las mismas.

3. Diseño de la investigación

El diseño que se implementó fue del tipo no experimental porque solo se buscaba la observación de las variables y no se pretendía hacer una manipulación de estas.

4. Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Entre las técnicas utilizadas están:

a. Entrevista

La entrevista fue realizada a Oscar Funes Engelhard, propietario y director de la compañía Enersys Solar S.A de C.V., la cual distribuye accesorios e instala sistemas solares fotovoltaicos, entre otros servicios. La entrevista se realizó con el apoyo de una guía de preguntas, con el fin de conocer aspectos relacionados a demanda, oferta, precios y comercialización de sistemas solares fotovoltaicos; así como también, a la instalación de estos. Ver **Anexo 2- I**, Pág.136

b. Encuesta

La encuesta fue dirigida a jefes de hogar de las Residenciales Las Arboledas, Pasatiempo y Bosques de Lourdes, Cantón Lourdes, Municipio de Colón, departamento de La Libertad. El objeto principal fue conocer el interés de los residentes en instalar un sistema fotovoltaico en el techo de sus viviendas, con el fin de satisfacer la demanda de electricidad de estas. Con relación al contenido, se abordaron los siguientes aspectos: nivel de ingresos promedios por hogar, consumo energético, período de mayor demanda de energía, expectativas con relación a la autogeneración de electricidad, información general del hogar, etc. Para el desarrollo de la encuesta se utilizó el cuestionario como instrumento de recolección de información, implementado de manera virtual a través de los formularios de Google. (Ver **Anexo 2- 3**, Pág.147)

c. Observación directa

Para la observación directa se realizó visita a las instalaciones de Hilcasa Energy S.A. de C.V., Centro de distribución El Ángel, Lotificación El Cerrito, lotes 1, 2, 3 y 4, jurisdicción de Apopa, Apopa, San Salvador. La empresa posee dos sistemas solares fotovoltaicos instalados sobre techo y una granja solar instalada sobre suelo. En la visita se observaron variables de interés para la investigación, tales como: fecha de instalación de los sistemas, tipo de sistema, uso de la energía generada, elementos y accesorios que conforman los sistemas, tipo de paneles e inversores, capacidad instalada de los sistemas, orientación e inclinación de paneles, entre otros aspectos que enriquecieron la investigación en conjunto con las demás herramientas para la recolección de la información. Para su desarrollo se utilizó una ficha de chequeo y otra para complementar, con lo cual, se obtuvo una ficha de observación. (Ver **Anexo 2- 5**, Pág.171)

5. Universo

El universo de estudio está compuesto por los habitantes de las sendas: Los Cedros, Los Cedros II, El Sausalito, Las Jacarandas, Las Jacarandas II, Las Jacarandas III, Villas de Monte Mar, Las Magnolias, Las Magnolias II, Las Magnolias III, Los Laureles, Los Laureles II, Las Avellanas, Las Camelias, Los Cipreses, Las Acacias, Los Sauces, Los

Sauces II y Los Amates; de la Residencial Las Arboledas, cantón Lourdes, municipio de Colón, departamento de La Libertad. Se logró un total de 19 sendas o también conocidas como clúster y 2,829 casas, los cuales se convierten en población para el estudio.

Debido a la emergencia nacional por el virus “Covid-19”, se decidió modificar el universo de estudio; la razón principal radica en que, los habitantes de la residencial Las Arboledas se negaron rotundamente a responder una encuesta de manera física por lo que, se limitó el número de personas a encuestar, dado que no fue posible ingresar a dichas sendas.

Debido a que los habitantes se negaron a responder la encuesta, se dificultó seguir encuestando, por ello se decidió ampliar la zona geográfica delimitada originalmente en la residencial Las Arboledas con 2,829 casas, agregando las residenciales Pasatiempo y Bosques de Lourdes. De esa manera se logró superar el percance y finalizar así con la encuesta, ya que se contó con un número mayor de hogares disponibles para ser encuestados.

6. Muestra

Para el cálculo de la muestra se tomará una población finita de 2,829 casas y jefes de hogar respectivamente; es decir 1 jefe de hogar por casa. Así mismo se utilizará el Muestreo Aleatorio Simple (MAS), debido a que todos tendrán la misma probabilidad de ser encuestados; además se usará el muestreo por estratos dado que la residencial está dividida por sendas o clúster buscando con ello una mayor representatividad en la muestra seleccionada.

La fórmula por utilizar para la determinación de la muestra es la siguiente:

$$n = \frac{(Z)^2 \times (p) \times (q) \times (N)}{(E)^2 \times (N - 1) + (Z)^2 \times (p)(q)}$$

Donde:

Z = Nivel de Confianza 95%

p = Probabilidad de éxito 50%

q = Probabilidad de fracaso 50%

N = Población 2,829

E = Margen de error 5%

n = Tamaño de la muestra?

Sustituyendo los valores en la fórmula:

$$n = ? \quad p = 0.50 \quad Z = 0.95 \quad q = 0.50 \quad N = 2,829 \quad E = 0.05$$

Entonces:

$$n = \frac{(0.95)^2 \times (0.5) \times (0.5) \times (2,829)}{(0.5)^2 \times (2,829 - 1) + (0.95)^2 \times (0.5)(0.5)}$$

$$n = \frac{0.9025 \times 0.5 \times 0.5 \times 2,829}{(0.0025 \times 2,828) + (0.9025 \times 0.5 \times 0.5)}$$

$$n = \frac{638.29}{7.07 + 0.225625}$$

$$n = \frac{638.29}{7.295625}$$

$$n = 87.48$$

n ≈ 87 Jefes de hogar.

Debido a que la residencial Las Arboledas se encuentra seccionada por sendas o clúster, se procede a determinar la muestra estratificada, la cual aumenta la precisión de la muestra e implica el uso deliberado de diferentes tamaños de muestra para cada estrato. Por lo tanto, se procede al cálculo de la submuestra para cada senda.

La fórmula por utilizar es la siguiente: $ksh = \frac{nh}{Nh}$

Donde En donde nh y Nh son muestra y población de cada estrato, y ksh es la desviación estándar de cada elemento en un determinado estrato. Entonces tenemos que la fracción constante es de:

$$ksh = \frac{87}{2829} = 0.0375292$$

De manera que el total de la sub-población se multiplicará por esta fracción constante para obtener el tamaño de la muestra para cada senda. A continuación, se resume en la siguiente tabla.

Tabla 2- 1 Cálculo de la muestra estratificada

No. Estrato	Sendas	No. de casas Sh=0.0375	Muestra
1	Los Cedros	160	5
2	Los Cedros II	150	5
3	El Sausalito	125	4
4	Las Jacarandas	130	4
5	Las Jacarandas II	150	5
6	Las Jacarandas III	150	5
7	Villas de Monte Mar	190	6
8	Las Magnolias	118	4
9	Las Magnolias II	145	4
10	Las Magnolias III	160	5
11	Los Laureles	150	5
12	Los Laureles II	175	5
13	Las Avellanas	155	5
14	Las Camelias	150	5
15	Los Cipreses	190	6
16	Las Acacias	130	4
17	Los Sauces	123	4
18	Los Sauces II	123	4
19	Los Amates	155	5
Total		N=2,829	n=87

Elaborada por el equipo de investigación

C. RESULTADO DE ENTREVISTA, TABULACIÓN, PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE DATOS Y OBSERVACIÓN DIRECTA

1. Entrevista

Se confirmó que la demanda de sistemas fotovoltaicos en los últimos 10 años ha mantenido un crecimiento constante y se estima que incremente a razón de 5% anual durante los próximos 5 años, manteniendo un crecimiento plano a partir del sexto año. Entre los tipos de sistemas fotovoltaicos lo más demandado ha sido las instalaciones a nivel industrial, actualmente se ha disparado su demanda y se estima que siga creciendo en los próximos 4 años; sin embargo, se espera que la tendencia cambie y que las instalaciones solares fotovoltaicas a nivel residencial incrementen su demanda por encima de las industriales. Con relación a la oferta, esta se ha contraído en los últimos 5 años, se espera que varíe poco y que se mantengan los mismos instaladores para los próximos 10 años. Además, se conocieron algunas de las principales empresas que brindan el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos en el país. Asimismo, se determinó que el tipo de panel utilizado con más frecuencia es el monocristalino, debido a su alto grado en eficiencia. (Ver **Anexo 2- 2**, Pág.141)

2. Tabulación, procesamiento e interpretación de datos de la encuesta

La recopilación de datos se presenta en las tablas que fundamentalmente tienen frecuencias absolutas y porcentuales. Se realizaron gráficos utilizando Microsoft Excel, luego se interpretaron los datos. (Ver **Anexo 2- 4**, Pág.151)

Los datos recolectados corresponden a las sendas ubicadas en las residenciales, Las Arboledas, Pasatiempo y Bosques de Lourdes. De las familias encuestadas, tres quintas partes habitan en las sendas ubicadas en la residencial las Arboledas, siendo esta la que cuenta con mayor población. Las familias en su mayoría están conformadas por 3 o 4 personas; entre ellos, más de dos tercios son niños y jóvenes en etapa educativa. Ver preguntas 1,2 y 3, **Anexo 2- 4**, pág.151.

Más de la mitad de las familias son propietarios de las viviendas donde residen. En promedio, más de dos tercios de las familias perciben más de \$1,000 mensuales; siendo estas familias las que demuestran viabilidad económica para invertir sistemas solares fotovoltaicos. De acuerdo con dicho ingreso, más de la mitad de las familias destina parte a invertir o ahorrar, donde la mayoría lo hace con \$100 o menos; expresando que, si tuvieran la posibilidad de invertir, lo harían en un negocio. Ver preguntas 4,5,6 y 7, **Anexo 2- 4**, pág.151.

Entre 5:00 pm y 11:00 pm, es cuando las familias consumen más electricidad de lunes a viernes; sin embargo, de sábado a domingo se da entre 8:00 am y 5:00 pm. La cantidad de electricidad demandada por la mayoría de las familias se encuentra entre 50 y 199 KW/h mes. Con relación al monto que gastan en concepto de su factura eléctrica, este asciende entre \$26 y \$50 en promedio para aproximadamente la mitad de las familias. Ver preguntas 9,10,11 y 12, **Anexo 2- 4**, pág.151.

La mayoría de las familias han escuchado de los beneficios de la generación de energía eléctrica a través de paneles solares instalados a nivel residencial; asimismo, más de la mitad estima que le resultaría completamente útil y la mayoría de las familias se mostraron interesados en invertir. Una quinta parte no mostraron interés alguno y la razón principal radica en que, desconocen del tema; este hecho se explica dado que las empresas instaladoras no están difundiendo el tema porque se están enfocando en las instalaciones a nivel industrial, siendo estas las que actualmente tienen mayor demanda por lo que, las instalaciones a nivel residencial son poco conocidas por la población en general. Ver preguntas 13,14,15 y 16, **Anexo 2- 4**, pág.151.

Los montos por una instalación solar fotovoltaica, varía de acuerdo con factores relacionados con la vivienda. La mayoría de las familias estarían dispuestas a invertir entre \$1,000.00 y \$1,500.00, como montos máximos. En El Salvador, el sistema financiero facilita créditos para instalación de sistemas solares fotovoltaicos; para más de dos tercios de las familias, les interesaría bastante o mucho el hecho de financiar la inversión a través de un crédito. Ver preguntas 17 y 18, **Anexo 2- 4**, pág.151.

En el mercado de instaladores de sistemas solares fotovoltaicos, existen un gran número de oferentes de dicho servicio desde grandes conglomerados hasta pequeñas entidades. En algunos casos empresas como Omnisport, están ampliando su modelo de negocio y han incursionado en el mercado de los instaladores de sistemas solares fotovoltaicos, siendo esta la empresa más reconocida por la familias encuestadas dado que, comúnmente es conocida por comercializar muebles, electrodomésticos, dispositivos electrónicos, entre otros; sin embargo, es de aclarar que, la mayoría de familias expresó que no conocen o no han escuchado sobre las principales empresas que prestan el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos en el país (Energys Solar, S.A. de C.V., Advance Energy, S.A. de C.V., SolarTech Centroamérica). Ver pregunta 19, **Anexo 2- 4**, pág.151.

El servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos no está siendo difundido a través de campañas de marketing. Las empresas para promocionar sus servicios están utilizando los eventos de la industria o notas periodísticas en los principales periódicos del país. Dos tercios de las familias prefieren las redes sociales como medios para recibir información sobre servicios de instalación de sistemas solares fotovoltaicos, sobre otros canales como la televisión, radio o vallas publicitarias. Ver pregunta 20, **Anexo 2- 4**, pág.151.

3. Observación directa

Se constató el funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red sin banco de baterías, el sistema es denominado El Ángel I, se encuentra instalado sobre techo, cuenta con 100 inversores trifásicos de 24 KW, aproximadamente 10,523 paneles policristalinos de 255 KW, los soportes estructurales del sistema son de aluminio galvanizado y cableado AC y DC, el primero subterráneo. EL sistema se encuentra conectado a la red de distribución en media tensión, la finalidad de la electricidad generada es la comercialización del 100% a través de Contratos Bilaterales y Licitación con las distribuidoras CAESS y DelSur. La capacidad del sistema es de 2.6 MW con un factor de planta promedio mensual 14% (el factor de planta es en otras palabras, la eficiencia de cada uno de los paneles en el aprovechamiento de la radiación solar). Además, se

identificó que, en períodos de días nublados, ese sistema en particular registra reducciones en la generación de electricidad de hasta 20% aproximadamente, incluyendo la época de lluvias. Se observó que, con relación al mantenimiento, el sistema cuenta con una red de tuberías de P.V.C. de 2 pulgadas que recorre todo el arreglo, cuenta con orificios de 3/8 y para el mantenimiento rocían los paneles con agua suavizada, el período de mantenimiento depende de la estación; si es en temporada seca, se rocían una vez por semana y en temporada húmeda, una vez al mes. (Ver **Anexo 2- 5**, Pág.171)

D. ANÁLISIS DE DATOS DE FUENTES PRIMARIAS

1. Análisis de demanda

Para analizar la demanda de energía eléctrica de los hogares de las familias que habitan en las residenciales Las Arboledas, Pasatiempo y Bosques de Lourdes, se segmentó el mercado de acuerdo con el consumo promedio mensual en kilowatts hora, que estas realizan.

Según la información recopilada, el 54% de las familias, demandan en promedio más de 100 KW/h mes; dado el consumo energético, son viviendas que no son beneficiadas por el subsidio a la electricidad. Asimismo, el 46% del total de familias, demandan menos de 99 KW/h al mes, lo cual significa que esta proporción de hogares se ven beneficiadas con el subsidio, debido a que se subsidian los consumos de hasta un máximo de 99 KW/h mes. (Ver pregunta 11, **Anexo 2- 4**, Pág.151)

Lo anterior, denota un alto consumo energético de más de la mitad de las viviendas en estudio, con lo cual se determina la necesidad que dicho mercado tiene en reducir el gasto en concepto de factura eléctrica. El alto consumo de energía se da en primera instancia porque el 77% de las familias, está conformada por 3 o más personas; mientras más personas habitan un hogar, el consumo es mayor (Ver pregunta 2, **Anexo 2- 4**). Además, se observó que el 63% del total de familias encuestadas, afirmaron tener niños y jóvenes en etapa educativa; lo cual influye notablemente en el consumo energético de las viviendas, puesto que pasan más tiempo en casa y utilizan dispositivos electrónicos tales

como: consolas de video juegos, computadoras, televisores, celulares, etc. (Ver pregunta 3, **Anexo 2- 4**, Pág.151)

Se determinó que el periodo durante el cual los residentes demandan mayor electricidad es entre las 5:00 pm y 11:00 pm, de lunes a viernes; ese patrón de consumo se debe a que la mayoría de los miembros de la familia laboran durante el día y es a partir del anochecer que toda la familia se encuentra en casa. La información anterior, coincide con el patrón de generación de energía eléctrica de un sistema solar fotovoltaico, dado que estos generan electricidad entre las 6:00 am hasta 6:00 pm, aproximadamente, y dependiendo de la salida del sol o en todo caso, de la ubicación geográfica del sistema. Asimismo, se indagó sobre el consumo energético los días sábado y domingo, encontrando que el patrón se da durante el día, entre las 8:00 am y 5:00 pm; con lo cual, se infiere que el consumo energético se incrementa los fines de semana, debido a que las familias pasan más tiempo en casa. (Ver preguntas 9 y 10, **Anexo 2- 4**, Pág.151)

Se indagó a cerca del ingreso promedio mensual por familia, dando como resultado que aproximadamente el 74% del total de familias encuestadas, promedian un ingreso de más de \$1,001,00 por mes; además, el 69% expresó que parte de sus ingresos los destina al ahorro o inversión, siendo esta porción del mercado con capacidad económica para invertir en un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial. (Ver preguntas 5 y 6, **Anexo 2- 4**, Pág.151)

Para la determinación del mercado potencial del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial en los proyectos habitacionales Las Arboledas, Pasatiempo y Bosques de Lourdes; se indagó a cerca del interés que las familias tenían con relación a la generación de energía a partir de paneles solares, el 94% de las familias consultadas expresó que sería completamente útil o útil; asimismo, se consultó si estarían interesados en invertir en un proyecto fotovoltaico y el 78.2% afirmó que sí, lo harían. El porcentaje anterior, representa el mercado potencial de la población en estudio. (Ver pregunta 14 y 15, **Anexo 2- 4**, Pág.151)

Tabla 2- 2 Demanda efectiva del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos.

Mercado objetivo		Viviendas	Mercado disponible (69%)	Mercado potencial (78.2%)
Demanda energética	Porcentaje			
Menos de 49 KW/h	15%	424	293	229
Entre 50 y 99 KW/h	31.0%	877	605	473
Entre 100 y 199 KW/h	41.4%	1,171	808	632
Entre 200 y 300 KW/h	8.0%	226	156	122
Más de 300 KW/h	4.6%	130	90	70
Total	100%	2,829	1,952	1,526

Fuente: elaborada por el equipo de investigación.

Se estima que 1,526 viviendas, representa el mercado potencial, debido a que son familias que demuestran capacidad económica, dado que perciben más de \$1,001.00 mensuales y, además, ahorran o invierten parte de sus ingresos. El mercado se segmentó de acuerdo con el consumo eléctrico promedio de los últimos 6 meses, según las categorías tarifarias establecidas por SIGET.

En la entrevista, se indagó si el sistema financiero del país concedía créditos para este tipo de proyectos; el ingeniero Oscar Funes, confirmó que la mayoría de las instituciones financieras brindan créditos y en particular, expresó que la empresa Enersys Solar S.A. de C.V., trabaja en convenio con CREDICOMER S.A., institución financiera que afirma financiar el 100% de los equipos y hasta \$50,000.00 de financiamiento. Por lo anterior, se puede inferir que la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial está al alcance de toda la población en estudio. Se segmentó a la población de acuerdo con el patrón de consumo de kilowatts hora mes; posteriormente, se segmentó a la población que ahorra o invierte parte de sus ingresos; finalmente se fijó el mercado potencial en aquellas familias que expresaron interés en el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos.

Para proceder a proyectar la demanda efectiva, se establecen lineamientos, los cuales serán las bases para la estimación. El horizonte del proyecto se establece en 8 años; el mercado potencial se estimó en 1,526 viviendas de las cuales, el 54% representan a las

familias que no cuentan con el beneficio al subsidio otorgado por el gobierno de El Salvador; por lo tanto, la demanda efectiva para el primer año se estima en 824 viviendas. La demanda para los próximos 5 años se espera incremente 20% anual y a partir del sexto año, incremente a razón del 4% anual. Es a partir de este valor que se realizará la proyección de la demanda efectiva del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial del año 2019 al 2026. En los anexos, se presentan los resultados obtenidos en la entrevista, donde se abordan los datos relacionados al crecimiento de la demanda y oferta. Ver preguntas de 8-23, Anexo 2- 2, Pág.141.

Tabla 2- 3 Proyección de la demanda efectiva del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos

Año	1	2	3	4	5	6	7	8
Unidades	824	989	1,187	1,424	1,709	1,778	1,849	1,923

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

2. Análisis de oferta

Las principales empresas que brindan el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos en El Salvador son AES, TecnoSolar, Advance Energy, Solaire y Enersys Solar. A través de la encuesta, se constató que, del total de familias consultadas, el 38% (representando a la mayoría) expresó que no conocen o que no han escuchado a ninguna de las empresas mencionadas, como las principales proveedoras del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos en el país. (Ver **Anexo 2- 2**, Pág.141 y **Anexo 2- 4**, Pág.151)

El ingeniero Oscar Funes, expresó que la oferta de sistemas solares fotovoltaicos en El Salvador se ha contraído en los últimos 10 años, puesto que las empresas grandes importan cantidades enormes de accesorios para que sea rentable y las empresas pequeñas que entran al mercado, deben competir contra estas grandes inversiones y hay empresas que carecen de capital necesario para realizar esas inversiones y es así, que terminan por

quebrar. Asimismo, se espera que la oferta de instaladores se mantenga para los próximos años.

3. Análisis de precios

Según expresó el director de Enersys Solar, S.A. de C.V., los precios han disminuido considerablemente en los últimos 10 años, debido principalmente a la disminución en los precios de los paneles, los cuales cuestan hasta una quinta parte de los que costaban hace 10 años. De acuerdo con lo expresado por el ingeniero Oscar Funes, se espera que los precios sigan disminuyendo a razón de un 5% por año. Ver preguntas de 24-36, **Anexo 2-2**, pág.141.

Las familias expresaron, que los montos máximos que estarían dispuestos a invertir por la instalación de un sistema solar fotovoltaico serían entre \$1,000.00 y \$2,000.00; coincidiendo estas cantidades con los montos aproximados por la instalación de un sistema para viviendas con consumos similares a los hogares de las familias encuestadas. En la entrevista, se sondearon los montos aproximados a invertir por una instalación para viviendas con consumo de 75 y 150 KW/h; de acuerdo con lo expresado por el ingeniero Oscar Funes, los montos a invertir rondarían entre \$1,000 y \$2,000. Dichos montos son aproximados y dependen de una variedad de factores que pueden alterar los montos.

4. Análisis de comercialización

Las empresas que brindan el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos, de acuerdo lo recopilado en la entrevista; utilizan las redes sociales, las páginas web y eventos de la industria para vender el servicio a sus clientes. Los sitios web, proporcionan información general sobre las empresas, números de teléfono, correos electrónicos y la ubicación; asimismo brindan generales sobre las características del servicio.

De acuerdo con la información proporcionada por el ingeniero Oscar Funes, las empresas en su mayoría, solo se dedican a la instalación de los sistemas fotovoltaicos; importan los accesorios principalmente de China y Estados Unidos, realizando pedidos 3 a 4 veces durante el año; si los pedidos vienen de Estados Unidos, se tardan 3 semanas y desde

China, 7. Los pedidos son en grandes cantidades, debido a que es más rentable para las empresas, por ello la frecuencia de las compras son mínimas cada año. Ver preguntas de 37-41, **Anexo 2- 2**, pág.141.

Figura 2- 1 Canal de comercialización del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos.



Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

E. ANÁLISIS DE DATOS DE FUENTES SECUNDARIAS

La información de datos históricos proviene del Boletín de Estadísticas Eléctricas, publicado cada año por SIGET y del informe anual publicado por el CNE.

1. Análisis de demanda

a. Demanda histórica

A continuación, se muestra el comportamiento histórico de la demanda (2014-2018).

Tabla 2- 4 Demanda histórica de energía eléctrica (GWh)

Año	Inyección Nacional	Importación	Exportación	Inyección neta total	Pérdidas en transmisión	Consumo Nacional Aparente
2014	5793	588.50	207.80	6168.70	101.75	6066.95
2015	5522.58	963.44	64.22	6421.80	111.32	6310.48
2016	5481.46	1065.66	77.44	6469.68	118.49	6351.19
2017	4878.70	1674.86	89.61	6463.95	120.05	6343.90
2018	4778.51	1824.10	64.83	6437.77	118.43	6419.34

Fuente: elaborado con información del Boletín de Estadísticas Eléctricas, SIGET 2018.

Para el análisis, se toma a consideración una serie de tiempo constituida por la demanda histórica de energía eléctrica de los últimos 5 años y para su determinación se utilizó el Consumo Nacional Aparente, que es la cantidad de energía eléctrica que el mercado salvadoreño requiere; es decir, la inyección de los generadores nacionales al mercado más las importaciones de energía que las distribuidoras realizan para abastecer el mercado nacional, menos las exportaciones ocasionales de energía que estas realizan hacia el mercado regional. Se observa que, la demanda histórica tiene un patrón de tendencia secular; es decir, que ha tenido poca variación y su representación gráfica es una curva suavizada. Según el análisis realizado en el apartado del Capítulo I sobre “Generalidades del sector energético”, la demanda muestra incrementos en el periodo analizado, con un aumento del 1.2% entre 2018-2017. (Ver **Gráfico 2- 1**, pág.56)

Gráfico 2- 1 Demanda histórica de energía eléctrica



Fuente: elaborado con información del Boletín de Estadísticas Eléctricas, SIGET 2018.

a. Proyección de la demanda

Para realizar la proyección de la demanda se optó por el Método de Regresión Lineal Simple, a partir de los datos históricos mostrados en la **Tabla 2- 3**, pág.52. Al realizar el análisis de regresión se obtuvo la ecuación de regresión estimada, la cual permite proyectar valores de la demanda para el periodo 2019-2023, dicha ecuación puede observarse en el **Gráfico 2- 1**.

El análisis de regresión mostró un coeficiente de determinación de 0.7443, con lo cual se comprueba que el error ronda aproximadamente 25%; es decir, que dicho valor representa el error que se asume al utilizar la ecuación para realizar proyecciones. Según (Anderson, Sweeney, & Williams, 2008), el coeficiente de determinación debe ser de al menos 0.8, con lo que se aceptaría un error máximo de 20%. Partiendo de ese punto, no se recomendaría utilizar dicha ecuación para realizar proyecciones. Para ahondar más sobre el análisis de regresión (Ver **Anexo 2- 6**, Pág.176)

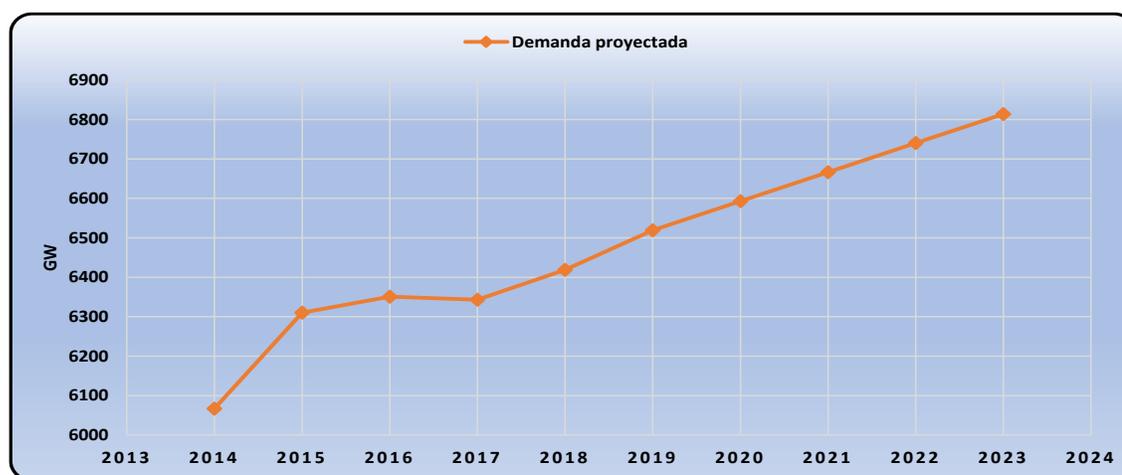
Al proyectar se recomienda utilizar, al menos, los cinco años siguientes a los datos históricos. A continuación, se muestra la proyección de la demanda para el periodo 2019-2023.

Tabla 2- 5 Proyección de la demanda de energía para el período 2019-2023.

Años	Consumo Nacional Aparente (CNA)
2019	6519.1
2020	6592.8
2021	6666.5
2022	6740.2
2023	6813.9

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

El mercado eléctrico nacional es dinámico, en términos del número de clientes conectados, generadores y su variada capacidad instalada, inyecciones al mercado, precios de energía, etc. Son factores que pueden variar año tras año, abonado a eso los proyectos futuros de desarrollo energético; por consiguiente, al realizar la proyección no se consideraron y es por ello por lo que se observa una tendencia alcista y en constante crecimiento, lo cual no refleja realmente lo que pudiera suceder en el futuro.

Gráfico 2- 2 demanda proyectada (2019-2023)

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Con la ecuación obtenida se proyectó la demanda, la cual, se encuentra entre 6,519.1 y - 6,813.9 GW/h. Con el coeficiente de determinación obtenido, se deduce que la ecuación no se ajusta perfectamente a los datos históricos; se recomendaría utilizar el Método de Regresión Lineal Múltiple, así se podrían incluir más de dos variables en el modelo y

obtener un coeficiente de determinación que permitiera un mejor ajuste entre los datos históricos de la demanda de energía eléctrica y variables que pudieran explicar el comportamiento futuro, tales como: el Producto Interno Bruto (PIB), precios de combustibles y energía eléctrica o número de consumidores finales (usuarios conectados).

2. Análisis de oferta

a. Oferta histórica

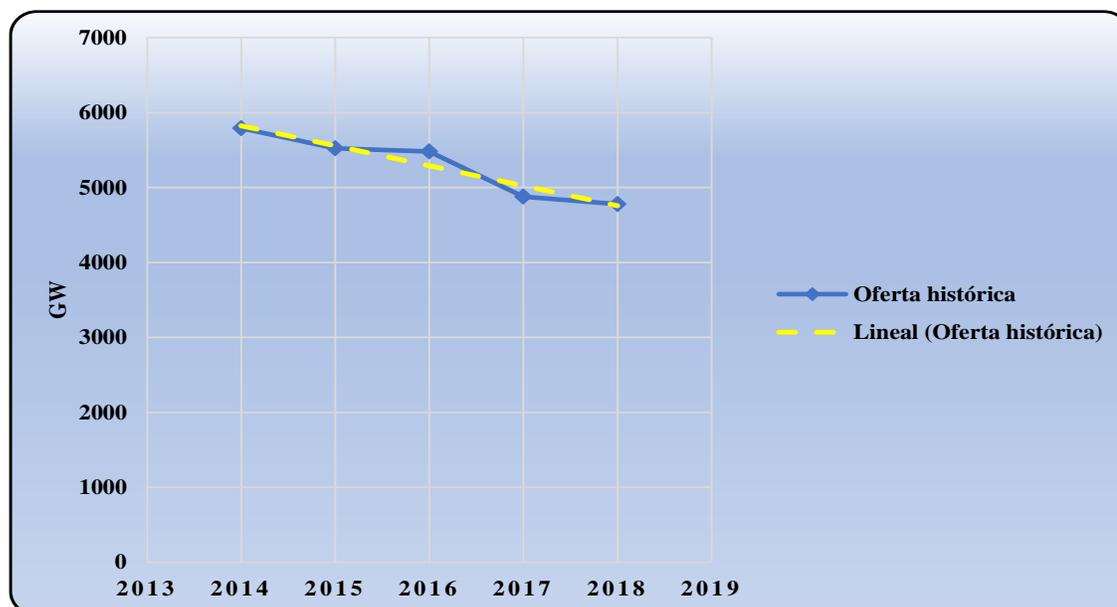
Se presenta el comportamiento histórico de la oferta (2014-2018).

Tabla 2- 6 Oferta histórica de energía

Año	Oferta (GWh)
2014	5,793
2015	5,522.58
2016	5,481.46
2017	4,878.7
2018	4,778.51

Fuente: elaborado con información del Boletín de Estadísticas Eléctricas, SIGET 2018

Gráfico 2- 3 Oferta histórica de energía



Fuente: elaborado con información del Boletín de Estadísticas Eléctricas, SIGET 2018.

Para el análisis, se toma a consideración una serie de tiempo constituida por la oferta histórica de energía eléctrica de los últimos 5 años. Se observa que la oferta histórica tiene un patrón de tendencia negativo. Conforme a la investigación bibliográfica que se realizó, se observaron variaciones negativas del periodo analizado, con un decremento 2.1% en la generación local (oferta de energía) entre 2018-2017. Lo anterior, debido a disminuciones en la generación hidroeléctrica, geotérmica y fósil respectivamente; con lo cual, el incremento en la demanda (1.2%) se compensó con un incremento en las importaciones (8.9%); esta situación se repite durante todo el periodo analizado. (Ver Capítulo I, Generalidades del sector energético, pág.3)

b. Proyección de la oferta

Para realizar la proyección de la oferta, se utilizó la misma metodología implementada para la demanda. La ecuación de regresión estimada obtenida permitirá proyectar valores de la oferta para el periodo 2019-2023, dicha ecuación corresponde a:

“ $y = -267.29x + 6092.7$ ”, con un valor de $R^2 = 0.9224$.

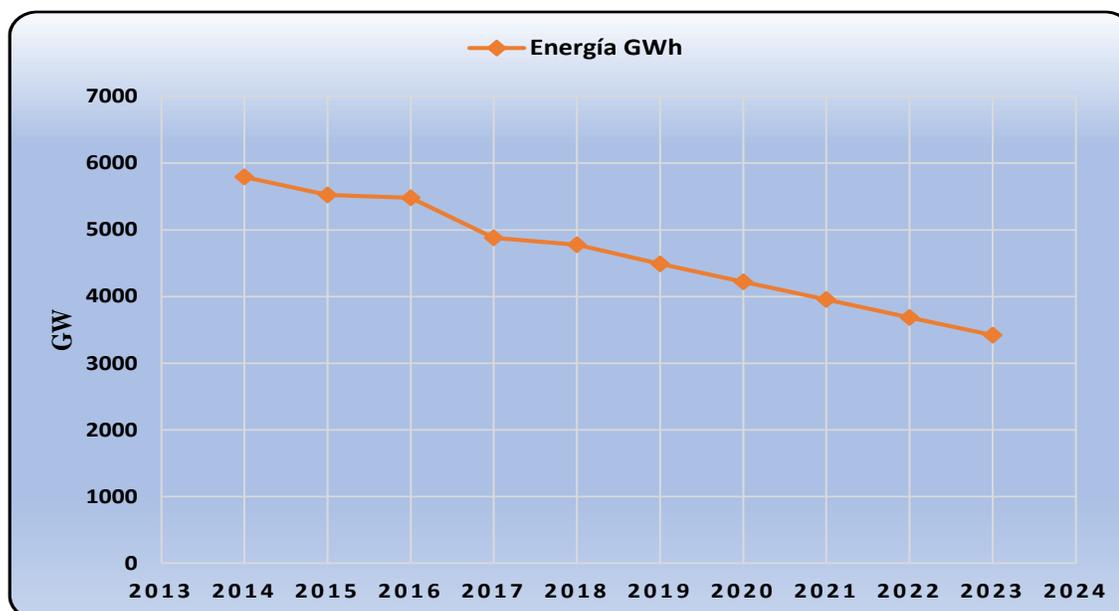
Al realizar el análisis de regresión, resultó que el error es de aproximadamente 8%; con lo cual la ecuación de regresión obtenida puede ser usada para proyecciones de la oferta, debido a que el error que se asume está por debajo del máximo recomendado. Para ahondar más sobre el análisis de regresión ver (**Anexo 2- 7**, Pág.177).

Tabla 2- 7 Proyección de la oferta de energía para el período 2019-2023.

Años	Oferta (GWh)
2019	4488.96
2020	4221.67
2021	3954.38
2022	3687.09
2023	3419.8

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Gráfico 2- 4 Oferta proyectada (2019-2023)



Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Con la ecuación obtenida se proyectó la oferta, la cual, se encuentra entre 4,488.96 y 3,419.8 GWh. Al igual que en el análisis realizado en el apartado de la proyección de la demanda, se recuerda que el mercado eléctrico nacional es dinámico y existen variables que afectan la oferta y su proyección a futuro. Para efectos del estudio se proyecta una oferta en disminución.

3. Análisis de precios

La electricidad a nivel de consumo a usuarios finales tiene un precio establecido por kilowatts hora consumido durante un mes. En la factura eléctrica se tienen tres cargos distintos, cargo de comercialización, por energía consumida y por distribución. Los precios se establecen de acuerdo con categorías tarifarias según consumo, ver detalles en anexo. (Ver **Anexo 1- 2**, Pág.125).

Según entrevista realizada a familia Valencia Rivera y Orellana Hércules, habitantes de la residencial Las Arboledas; la empresa distribuidora de energía de la zona es Delsur, por

tal razón, se hace necesario para efectos del proyecto, mostrar los precios que corresponden, únicamente a dicha empresa.

En la siguiente tabla, se presentan los precios promedios al consumidor final por categoría tarifaria (consumo residencial) de la empresa distribuidora Delsur, para el año 2018.

Tabla 2- 8 Precio promedio por consumo residencial y categoría tarifaria Delsur.

Clasificación tarifaria	Precio
Consumo \leq 49 KWh	\$0.32
Consumo $>$ 50 y $<$ 99 KWh	\$0.23
Consumo $>$ 100 y $<$ 199 KWh	\$0.22
Consumo $>$ 200 y $<$ 300 KWh	\$0.22
Consumo $>$ 301 KWh	\$0.22
Promedio total	\$0.23

Fuente: elaborado con información del Boletín de Estadísticas Eléctricas, SIGET 2018.

Los precios se actualizan de manera trimestral, a través de las tarifas eléctricas presentadas por SIGET, quien funge como la entidad pública encargada de establecer los precios máximos vigentes a partir de los cuales las empresas distribuidoras de energía eléctrica puedan actualizar los valores por categoría.

Los precios por KW/h son dinámicos y varían constantemente durante un año en función de la variación del Índice de Precios al Consumidor. La **Tabla 2- 8**, Pág.61, detalla precios promedios que estuvieron vigentes durante el año 2018. Al analizar la información, se denota que los consumidores que demandan menos de 49 KWh al mes, pagan más por KW/h que las restantes categorías; asimismo, el costo promedio por KWh es de \$0.23 (incluyendo todas las categorías).

4. Análisis de comercialización

En el canal de comercialización de energía eléctrica, intervienen figuras que permiten que la electricidad llegue hasta el usuario final. En los anexos se presenta un esquema que detalla el proceso. (Ver **Anexo 2- 8**, Pág.178)

En la primera etapa, se produce la electricidad a través de los denominados “Generadores”, quienes se encargan de la producción de la energía eléctrica. Para que esta pueda llegar al consumidor final, existe un intermediario conocido como “comercializador”, estas entidades funcionan como compradores y revendedores de energía. Los comercializadores en conjunto con “Distribuidores y Transmisores”, transportan la energía eléctrica a través de las líneas de baja, media y alta tensión que recorren todo el territorio nacional. Los distribuidores y transmisores reciben una retribución por transportar la energía hacia el usuario final, debido a que son los poseedores y operadores de las redes.

En la última etapa, la energía es distribuida para su consumo, a los denominados “Usuarios finales”, quienes compran la energía para uso propio; entre estos están: consumo residencial, alumbrado público, uso general, medianas demandas y altas demandas. Estas últimas, conformadas por empresas y entidades públicas que consumen grandes cantidades de electricidad.

F. LIMITACIONES

Al realizar la investigación de campo se enfrentaron dificultades que afectaron el curso normal de la investigación, a continuación, se explica brevemente.

La recopilación de la información a través de la encuesta se vio afectada por la crisis generada con la llegada del virus “Covid-19”. La Asamblea Legislativa de El Salvador, emitió los Decretos Legislativos 593, 611, 631 y 648, en los cuales se estableció que el país entraría en emergencia nacional; se sometió a la población de todo el país a una cuarentena estricta, entre marzo y junio del año 2020. Lo anterior influyó en las personas que conformaban la población de estudio, dado que se negó el acceso al grupo de investigación a la residencial Las Arboledas por lo que, se llegó en un momento a parar el proceso de encuestar dado que nadie accedía a ser encuestado, por lo tanto, se incluyó en el universo de estudio las residenciales Pasatiempo y Bosques de Lourdes, donde algunos de sus habitantes accedieron a ser encuestados, teniendo así mayor posibilidad de poder recopilar los datos de la encuesta. La decisión se fundamentó en aspectos técnicos, que no influyen en el resultado de la investigación dado que las residenciales en mención se encuentran en los alrededores del área geográfica delimitada en la investigación. Se procedió a encuestar con los amigos de los contactos dentro de las residenciales, a través de una encuesta elaborada e implementada de manera virtual, a través de los formularios de Google; de esta manera evitamos el contacto físico con la población y se logró, finalmente, encuestar a las 87 familias que conformaban la muestra de manera aleatoria.

G. CONCLUSIONES

Al analizar la información obtenida como resultado de la investigación de campo, se obtuvieron las conclusiones pertinentes, las cuales tienen su fundamento en la información recopilada a través de las herramientas utilizadas para ello (encuesta y entrevista) y posteriormente, procesadas. A continuación, se muestran las conclusiones:

1. El consumo energético mensual de los hogares está por encima del límite máximo subsidiado por el gobierno, debido a ello más de un tercio de los hogares gasta entre \$51 y \$100 dólares mensuales en concepto de su factura eléctrica. Ver pregunta 11 y 12 **Anexo 2- 4**, pág.151.
2. Las instalaciones solares fotovoltaicas a nivel residencial están limitadas por la legislación vigente, debido a que la Norma para Usuarios Finales Productores de Energía Eléctrica con Recursos Renovables solo permite que la energía que el sistema solar fotovoltaico genere pueda ser usada, únicamente, para autoconsumo; es decir, que el propietario del sistema no recibirá ningún tipo de pago por los excedentes de energía eléctrica inyectada a la red de distribución, sino más bien, un descuento en la facturación. (Norma UPR, 2017, págs. 2,9)
3. La población desconoce las ventajas de instalar sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial; debido, principalmente, a que las empresas del rubro se están enfocando en las instalaciones a nivel industrial, dado que son más rentables; por lo tanto, no están invirtiendo en publicidad, ni incentivando a la población a que invierta en proyectos a nivel residencial. Ver pregunta 11 y 12 **Anexo 2- 4**, pág.151.
4. Los precios de la electricidad en el país son dinámicos y varían constantemente durante el año, dependen de factores externos que el país no controla, afectando la situación económica de las familias, al incrementarse de manera repentina.

H. RECOMENDACIONES

Posterior a concluir sobre la información recopilada en la investigación de campo, se procede a establecer las siguientes recomendaciones:

1. Dado que, más de un tercio de las familias gasta en concepto de facturación eléctrica entre \$51 y \$100 mensuales; se recomienda invertir en la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial, que les permita ahorrar hasta un 90% del gasto en concepto de su factura eléctrica.
2. Realizar estudios a la Norma para Usuarios Finales Productores de Energía Eléctrica con Recursos Renovables, para incluir un apartado de artículos que permita a los propietarios de sistemas solares fotovoltaicos, obtener una retribución económica por los excedentes de energía inyectados al sistema de distribución y no solo ofrecer la opción de un descuento sobre el gasto en concepto de facturación eléctrica; además, flexibilizar la norma con objeto de permitir que si el propietario de un proyecto fotovoltaico pretende comercializar los excedentes de energía, puedan hacerlo al negociar directamente con el distribuidor, cumpliendo previamente con requisitos técnicos necesarios y sin tener que realizar el proceso de inscripción como comercializador en el mercado mayorista.
3. A las empresas de la industria de instaladores de sistemas solares fotovoltaicos, realizar campañas de mercadeo para dar a conocer los beneficios de instalar sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial.
4. A las familias en el caso de resultar factible la instalación de un sistema solar fotovoltaico, mantener un patrón de consumo constante de energía que permita que, durante la vida útil del sistema, se pueda garantizar el 90% del ahorro en concepto de su factura eléctrica y no verse afectados por los cambios en los precios de la electricidad.

CAPÍTULO III PROPUESTA PARA LA FACTIBILIDAD DE LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS A NIVEL RESIDENCIAL, PROYECTO RESIDENCIAL LAS ARBOLEDAS, PASATIEMPO Y BOSQUES DE LOURDES; CANTÓN LOURDES, MUNICIPIO DE COLÓN, LA LIBERTAD.

Los resultados obtenidos en la investigación de campo permiten plantear las siguientes etapas del proyecto que son: Estudio Técnico, Estudio Financiero y Evaluación Económica, para determinar la factibilidad de la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial, en el proyecto residencial Las Arboledas, Pasatiempo y Bosques de Lourdes; cantón Lourdes, municipio de Colón, La Libertad.

A. OBJETIVO

Definir el estudio de factibilidad que permita a los residentes del proyecto habitacional Las Arboledas, Pasatiempo y Bosques de Lourdes, la posibilidad de invertir en sistemas solares fotovoltaicos y abastecerse de electricidad.

B. RESUMEN EJECUTIVO ESTUDIO DE MERCADO.

<p>OBJETIVO: Realizar el estudio de mercado para cuantificar la demanda, la oferta, los precios y los aspectos relacionados a la comercialización de sistemas fotovoltaicos.</p>
<p>UNIVERSO: 2,829 viviendas.</p>
<p>TAMAÑO DE LA MUESTRA: 87 jefes de hogar.</p>
<p>SISTEMA DE CONSULTA: 87 encuestas, dirigidas a los jefes de hogar de las 19 sendas que conforman las residenciales Las Arboledas, Pasatiempo y Bosques de Lourdes.</p>
<p>LUGARES DE ENCUESTA: Carretera Panamericana km 24 ½ a 100 metros de Metrocentro Lourdes, en dirección al departamento de Santa Ana; en los proyectos residenciales Las Arboledas, Pasatiempo y Bosques de Lourdes, en el Cantón Lourdes, Municipio de Colón, departamento de la Libertad.</p>
<p>FECHA: jueves 22 de octubre de 2020.</p>
<p>INVESTIGADORES RESPONSABLES: José Edwar Rivas Melgar, Katya Geraldine Fernández Castaneda, Nassri Fabricio Machado Bran.</p>
<p>DEMANDA DEL SERVICIO DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS: la demanda se estima en 824 viviendas.</p>
<p>OFERTA DEL SERVICIO DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS: las principales empresas que prestan el servicio son AES El Salvador, S.A. de C.V., TecnoSolar, S.A. de C.V., Advance Energy, S.A. de C.V., Solaire, S.A. de C.V. y Enersys Solar, S.A. de C.V.</p>
<p>PRECIO DEL SERVICIO DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS: en viviendas que consumen en promedio 75 KW/h, el precio se estima en \$1,000.00. Para viviendas que consumen en promedio 150 KW/h mes, el precio asciende a \$2,000.00.</p>
<p>CONCLUSIÓN: El estudio de mercado indica que en la actualidad el consumo energético mensual de los hogares está por encima del límite máximo subsidiado por el gobierno, debido a ello más de un tercio de los hogares gasta entre \$51 y \$100 dólares mensuales en concepto de su factura eléctrica; por lo tanto, la propuesta de instalar sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial es una opción viable para reducir el gasto en concepto de factura eléctrica.</p>

C. ESTUDIO TÉCNICO

1. Objetivo

Efectuar el estudio técnico para analizar el tamaño y las necesidades de equipo para la autogeneración de electricidad por medio de sistemas solares fotovoltaicos.

2. Tamaño

f. Cantidad a producir

Por medio del estudio de mercado, se analizó que la demanda de sistemas solares fotovoltaicos en los últimos 10 años ha mantenido un crecimiento constante, esperando crezcan a razón del 5% anual durante los próximos 5 años. La demanda se estima en 824 viviendas para el primer año.

El sistema solar fotovoltaico por instalar será a nivel residencial conectado a la red sin banco de baterías; las razones son que, actualmente la batería para sistemas fotovoltaicos tiene un costo elevado y una vida útil de aproximadamente dos años, lo cual incrementa sustancialmente la inversión al tener que cambiar cada dos años las baterías; además, será conectado a la red dado que, las viviendas ya cuentan con el servicio de las distribuidoras.

La cantidad de sistemas solares fotovoltaicos a instalar será igual a la demanda; es decir, 824 sistemas fotovoltaicos. Para el cálculo del dimensionamiento de los sistemas, se tomará en cuenta el consumo de energía eléctrica de los últimos 6 meses para cada vivienda; de acuerdo con lo recopilado en el estudio de mercado, los consumos se clasificaron según categorías tarifarias y se encontró que la mayoría consume entre 100 y 199 KW/h. (Ver **Anexo 2- 4**, Pág.151).

Dado que no es viable el diseño de un sistema particular para cada vivienda, debido a que hay consumos energéticos heterogéneos en la residencial, se establece que se diseñará un sistema fotovoltaico para viviendas con consumo promedio mensual de 100 KW/h. Este será utilizado como parámetro para que cada familia en particular conozca a cuánto

asciendo el monto aproximado a invertir de acuerdo con el consumo energético de su vivienda.

La cantidad de sistemas a instalar será de 824, es decir, uno por cada vivienda. Cada sistema contará con dos paneles monocristalinos de 445 Watts pico; inclinación de 8° con respecto al techo, -60° acimut y utilizando un área de 4.4 m² del total del techo. Además, cada sistema tendrá dos microinversores con capacidad de 16-48 voltios, uno por cada panel. Las viviendas poseen techos con un área total utilizable de 49.36 m², techos a dos aguas, con la característica de ser ondulados (el material es duralita).

Para determinar la producción de electricidad, se deberá realizar una simulación en el software PVsyst, el cual es utilizado para el dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos, en los anexos se puede visualizar paso a paso el proceso de simulación (Ver **Anexo 3- 1**, Pág.179). Se introduce la información sobre paneles, inversores, inclinación y acimut; posteriormente, PVsyst arroja datos técnicos con los cuales se conoce la generación anual del sistema, las pérdidas en generación, sus principales causas, bosquejo de la instalación, entre otros. Los resultados de la simulación, se muestra en los anexos. (Ver **Anexo 3- 2**, Pág.186)

De acuerdo con la información anterior, cada sistema fotovoltaico generará 2,132 KWh por año, sin incluir las pérdidas en la generación, las cuales oscilan en 754 KWh por año. Con pérdida, la generación se reduce a 1,378 KWh aproximadamente. Para determinar el cálculo de la producción total de energía que generarán las 824 viviendas para el primer año, se multiplica la generación de un mes determinado de una vivienda por el total de sistemas a instalar, el resultado se muestra en la **Tabla 3- 1**, pág.70

Como se mencionó en el apartado anterior, las pérdidas oscilan en 754 KWh; dichas pérdidas se deben a distintos factores que tienen diferentes grados de afectación. Las pérdidas se dan; principalmente, por la temperatura, la ubicación del lugar, suciedad y sombra. Estos factores están relacionados con los paneles solares, ello dado que, existen pérdidas por factores que influyen en el inversor o en el cableado. El detalle de las pérdidas se muestra en los anexos. (Ver **Anexo 3- 2**, Pág.186)

Según ubicación geográfica de la vivienda tomada como ejemplo, la sombra que se genera está dada por árboles que se encuentran a un costado de la vivienda (Ver **Anexo 3- 2**, Pág.186, Parámetros de sombreados cercanos). La pérdida por sombra oscila en -0.39%. Además, debido a que los paneles estarán instalados en el techo, la pérdida por temperatura oscila en -11.26%. La polución es otro factor que reduce la generación, pero para el caso, es de -2%. Por último, la pérdida por sombra lejana oscila entre -0.7%. Existen otros factores que también reducen la generación, pero no son significativos.

Tabla 3- 1 Generación de energía eléctrica total

Mes	Generación unitaria KWh	Generación Total KWh
Enero	120.8	99,539.2
Febrero	101.4	83,553.6
Marzo	123.9	102,093.6
Abril	111.6	91,958.4
Mayo	117.9	97,149.6
Junio	116.0	95,584
Julio	124.9	102,917.6
Agosto	119.8	98,715.2
Septiembre	111.7	92,040.8
Octubre	112.4	92,617.6
Noviembre	109.5	90,228
Diciembre	108.1	89,074.4
Año	1,377.9	1, 135,472

Fuente: simulación PVsyst

Se estima que, para el primer año un sistema fotovoltaico genere 1,378 KWh y 1, 135,472 KWh en total por los 824 sistemas instalados. Los meses donde se espera una mayor generación son marzo y julio.

3. Proceso

a. Descripción del proceso de instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial, conectado a la red sin banco de baterías.

A continuación, se establece la descripción de las actividades principales para la instalación del sistema solar fotovoltaico.

1. Realizar visita previa al proyecto

Se realiza una visita previa a la instalación del sistema con el fin de evaluar ciertos aspectos técnicos en la vivienda, tales como el estado del techo, sistema eléctrico, ubicación de tablero eléctrico (caja térmica) y posible ubicación de tablero fotovoltaico.

2. Evaluar el estado del techo

Se verifica el tipo de techo y el material de fabricación, determinando si es necesario realizar un refuerzo al mismo.

3. Buscar el punto de interconexión eléctrica

Se verifica la ubicación exacta del tablero eléctrico donde se realizará la interconexión con el sistema solar fotovoltaico.

4. Buscar zona de instalación del tablero fotovoltaico (IQ Envoy)

Posteriormente, a la ubicación del tablero eléctrico, se verifica el lugar donde se instalará el tablero fotovoltaico IQ Envoy.

5. Recibir y realizar inspección de materiales y equipos

Se reciben los materiales y equipos por parte del proveedor

6. Traslado de materiales y equipos hacia la zona de trabajo

Se trasladan los materiales, equipos e insumos desde la bodega en San Salvador, hacia la residencial Las Arboledas; específicamente, hacia la vivienda a instalar.

7. Fijar puntos de apoyo L-Foot

Se procede a fijar los puntos de apoyo de acuerdo con los pines existentes en dicho techo, los cuales sostienen la duralita, sobre estos, se fijarán los puntos de apoyo L-Foot donde a su vez, van montados los rieles. Con ello, se trata de evitar perforaciones extras en la duralita que puedan ocasionar fisuras y futuras fugas.

8. Sellar e impermeabilizar

Una vez fijados los puntos de apoyo L-Foot, se utiliza impermeabilizantes elastoméricos tipo Zika o similar, para evitar escurrimientos de agua al interior de la vivienda.

9. Subir rieles al techo para su instalación

Se procede a subir estructura de rieles utilizando un winche manual, para ello es necesario que los técnicos instaladores cuenten con su equipo de seguridad.

10. Colocación de rieles metálicos SM Light

Se procede a ubicar los rieles sobre los puntos de apoyo L-Foot y fijarlos con la tornillería y el torque especificado por el fabricante.

11. Subir microinversores al techo para su instalación

Se utiliza un winche manual para trasladar los inversores desde el suelo hacia el techado.

12. Montaje de microinversores a estructura

Se fijan los microinversores a la estructura de rieles

13. Conectar microinversores en paralelo

Se realiza una interconexión entre microinversores para potenciar su capacidad.

14. Instalar tablero eléctrico fotovoltaico

Se fija el tablero eléctrico fotovoltaico IQ Envoy en la pared del interior de la vivienda, cerca del tablero eléctrico (caja térmica).

15. Realizar conexión entre microinversores y tablero eléctrico IQ Envoy

Se realiza la conexión desde los microinversores hacia el tablero eléctrico fotovoltaico IQ Envoy, utilizando conectores Q Cable y cable fotovoltaico.

16. Subir módulos fotovoltaicos al techo

Utilizando un winche manual, se suben uno a uno los dos módulos desde el suelo hacia el techado.

17. Montar los módulos fotovoltaicos en estructura

Se fijan cada uno de los módulos a la estructura de rieles, utilizando grapas intermedias GI SM Pro para los puntos entre panel y panel y grapas finales GF SM Pro donde termina la fila de módulos. También, se apoyan de las barras de unión dentadas, para ajustar y adaptar los módulos.

18. Conectar módulos fotovoltaicos con microinversores

Posterior a la fijación, se procede a interconectar los microinversores con los módulos fotovoltaicos, utilizando los conectores MC4, ya incorporados de fábrica.

19. Instalar canalización eléctrica

Se procede a instalar la tubería necesaria siguiendo las normativas técnicas, iniciando desde el techo hacia el gabinete de control, ubicado en el interior de la vivienda.

20. Instalar barra de puesta a tierra

Se realiza la instalación de puesta a tierra, enterrando una barra de cobre en su totalidad, en la parte de afuera de la vivienda.

21. Conectar barra de puesta a tierra

Se realizan las conexiones de la instalación de puesta a tierra con el sistema, utilizando el cable desnudo de cobre AWG.

22. Probar sistema fotovoltaico

Se realiza una primera prueba de aislamiento utilizando un Tester Megger, en la que se evalúa el aislamiento de los conductores; asimismo, se revisan visualmente la conexión de todos los terminales. Finalmente, se procede a encender los equipos y medir los sistemas de voltaje y corriente. Si hay algún inconveniente, se corrige, de lo contrario el sistema está listo para generar electricidad.

g. Diagrama de flujo del proceso de instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial, conectado a la red sin banco de baterías.

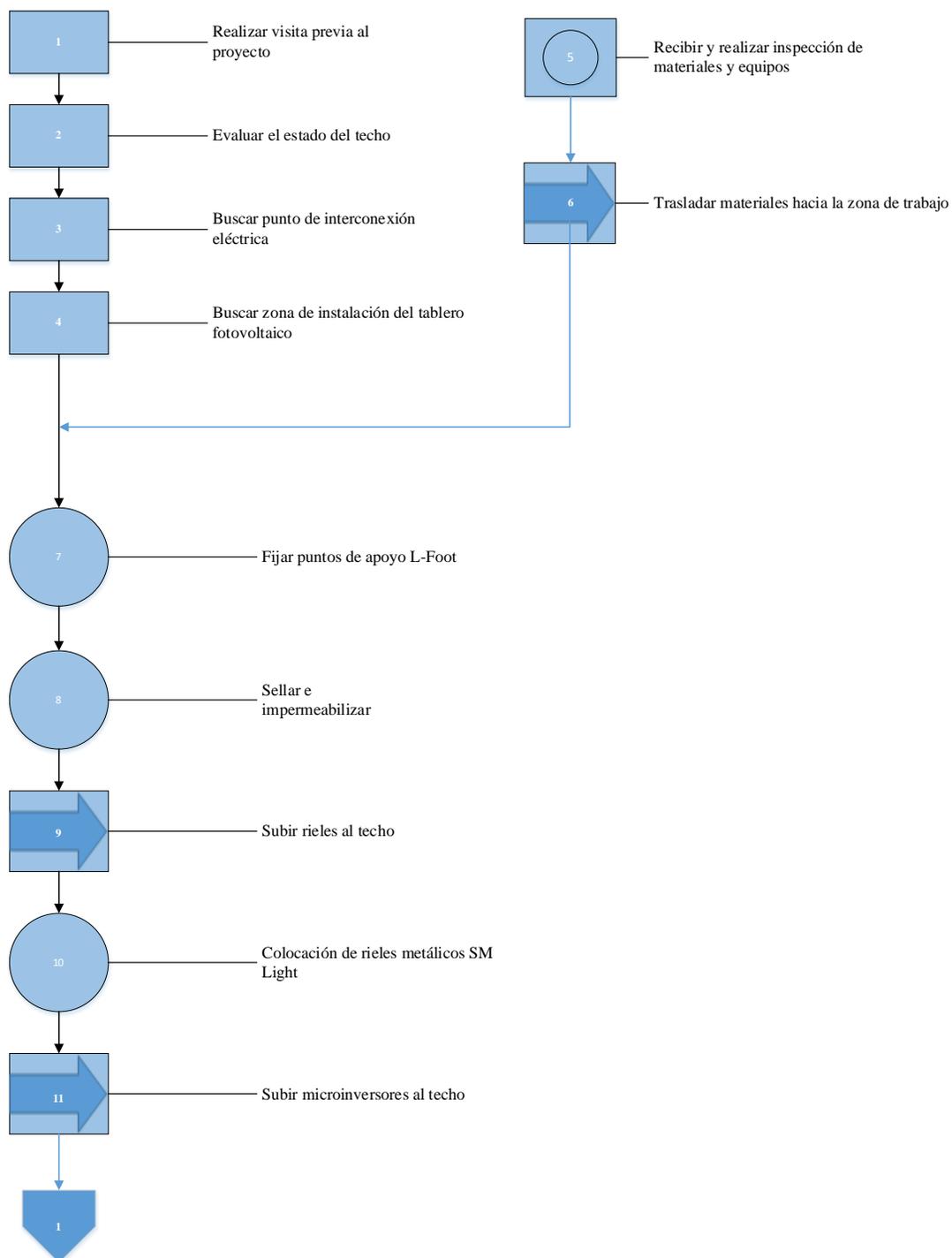
En los anexos se puede visualizar la descripción de la simbología del método de diagrama de flujo de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, más conocida como método ASME, por sus siglas en inglés. Ver **Anexo 3- 3**, Pág.191.

Figura 3- 1 Diagrama del proceso de instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial, conectado a la red sin banco de baterías.

Nombre de la organización:										Ref:						
Nombre de la unidad orgánica:										Hoja: 1 de 1	Página: 1					
Nombre del procedimiento: Instalación de sistema solar fotovoltaico a nivel residencial										Fecha de elaboración: 19/07/202						
Situación actual		Situación propuesta		Simbología						Resumen de acciones						
<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			Operación						Actual	Propuesto	Diferencia			
Unidad orgánica responsable del diseño:					Traslado o transporte											
Nombre del responsable de elaboración: equipo de investigación					Revisión o inspección											
					Demora											
					Archivo o almacenamiento											
Acciones administrativas					Operación combinada											
Paso No.	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Operación	Traslado o transporte	Revisión o inspección	Demora	Archivo o almacenamiento	Operación combinada	Descripción de actividades	Eliminar	Cambiar	Cambio				
												Secuencia	Lugar	Persona	Mejorar	
1									Realizar visita previa al proyecto							
2									Evaluar el estado del techo							
3									Buscar punto de interconexión eléctrica							
4									Buscar zona de instalación del tablero fotovoltaico							
5									Recibir y realizar inspección de materiales y equipos							
6									Trasladar materiales hacia la zona de trabajo							
7									Fijar puntos de apoyo L-Foot							
8									Sellar e impermeabilizar							
9									Subir rieles al techo							
10									Colocación de rieles metálicos SM Light							
11									Subir microinversores al techo							
12									Montaje de microinversores a estructura							
13									Conectar microinversores en paralelo							
14									Instalar tablero eléctrico fotovoltaico							
15									Realizar conexión entre microinversores y tablero eléctrico							
16									Subir módulos fotovoltaicos al techo							
17									Montar módulos fotovoltaicos en estructura							
18									Conectar módulos fotovoltaicos con microinversores							
19									Instalar canalización eléctrica							
20									Instalar barra de puesta a tierra							
21									Conectar barra de puesta a tierra							
22									Probar sistema fotovoltaico							

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Figura 3- 2 Flujograma del proceso de instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial, conectado a la red sin banco de baterías.



Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Figura 3- 2 Flujograma del proceso de instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial, conectado a la red sin banco de baterías.



Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

4. Especificaciones del equipo

La información de las especificaciones técnicas de los equipos, accesorios e insumos, han sido recabados con el apoyo del ingeniero Javier Antonio Castillo Hernández. Los paneles, inversores, estructura y conectores; serán suministrados por la empresa Meico Solar, quienes distribuyen equipos solares en América Latina y el Caribe, empresa con sede en Colombia y Estados Unidos. El cableado utilizado, será proporcionado por CONDUSAL, S.A. DE C.V. Los demás insumos y otro tipo de material necesarios para la instalación, serán suministrados por ferreterías locales. El detalle de los equipos, accesorios e insumos necesarios puede verse en los anexos. (Ver **Anexo 3- 4**, Pág.192)

5. Determinación de mano de obra

Para la determinación de la mano de obra necesaria para llevar a cabo la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial, se contó con la asesoría del Ingeniero Javier Castillo, quien labora en la empresa Advance Energy, empresa instaladora de sistemas solares fotovoltaicos a nivel nacional. La mano de obra necesaria para la instalación de un sistema fotovoltaico consiste en un supervisor, un técnico electricista y dos técnicos instaladores.

El tiempo aproximado para instalar un sistema fotovoltaico es de 16 horas; es decir, dos jornadas de trabajo de 8 horas (2 días); en el caso del supervisor, se demandan 2 horas y media por cada sistema a instalar. Tomando en cuenta que se instalen 3 sistemas por semana, se necesitarían de 48 horas semanales de parte de los técnicos y en el caso del supervisor, sería de 45. Las horas necesarias por mes serían de 180 para el supervisor y 192 para los técnicos. Anualmente, la demanda de horas de mano de obra para el supervisor sería de 2,160 y para los técnicos de 2,304.

Dado que, el número de sistemas a instalar asciende a 824, se necesitan 1 supervisor, 6 técnicos electricistas y 12 instaladores para el primer año. Lo anterior, se detalla en la **Tabla 3- 2**, pág.78.

Tabla 3- 2 Determinación de mano de obra

Mano de obra necesaria	Cantidad	Turno de trabajo	Horas hombre por sistema	Viviendas por instalar	Horas hombre por total
Supervisor	1	Diurno	2.5	824	2,060
Técnico Electricista	6	Diurno	16	824	13,184
Técnico instalador	6	Diurno	16	824	13,184
Técnico Instalador	6	Diurno	16	824	13,184
Total					41,612

Fuente: elaboración propia.

6. Localización óptima del proyecto

La localización óptima se refiere al espacio específico donde estará ubicada la unidad productiva. Existen métodos utilizados para determinar el sitio donde se instalará la planta; entre ellos el más utilizado es el método cualitativo por puntos. Este método indica que se deben comparar cuantitativamente diferentes sitios; a través de una serie de factores, considerados relevantes.

Previamente, se había establecido que La Residencial Las Arboledas, sería el sitio idóneo para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial, debido a factores que favorecen la generación de energía solar. A continuación, se exponen los factores más relevantes que se consideraron.

a. Residencial Las Arboledas

Dirección: carretera a Santa Ana, kilómetro 24 ^{1/2}, a 100 metros de Unicentro Lourdes.

Ubicado en el municipio de Colón, departamento de La Libertad.

Factores relevantes:

- Radiación promedio anual: se estima que la radiación promedio anual del departamento de La Libertad se encuentra entre 5.12 y 5.79 KWh/m²; estos valores

resultan ser los más elevados y por ende, esta zona geográfica es idónea para el desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos.

- Sombras: se observó que, en la residencial Las Arboledas, existe poca vegetación (árboles), a excepción de un número mínimo de viviendas donde los árboles están ubicados a un costado; principalmente, la sombra es generada en horas de la mañana y es porque la residencial está ubicada en las cercanías del Volcán de San Salvador.
- Accesibilidad: la residencial se encuentra ubicada a un costado de la carretera que conduce desde San Salvador a Santa Ana y viceversa, ahondado a ello, es de resaltar el hecho de que se encuentra a pocos minutos de la capital.
- Área y Soporte estructural: las viviendas que conforman la Residencial Las Arboledas son relativamente nuevas, construidas en la última década del presente siglo, lo que garantiza que posean una estructura resistente y un sistema eléctrico en buenas condiciones; además, poseen techos de duralita ondulada y con un área aproximada de 49.36 m², son viviendas idóneas para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos.
- Capacidad económica: las familias que habitan en la Residencial Las Arboledas poseen ingresos promedios mensuales de más de \$1,000; por lo tanto, tienen capacidad para invertir en un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial, ya sea a través financiamiento o por sus propios medios.

7. Distribución en planta

El lugar elegido para desarrollar el proyecto es la Residencial Las Arboledas. La residencial se encuentra dividida por 19 sendas cerradas y aproximadamente, 2,829 casas. Cada senda consta de calles internas, con zonas verdes y de recreación. Algunas de las viviendas se encuentran rodeadas de árboles, estos proyectan sombra, ocasionalmente. La residencial se encuentra ubicada a un costado de la carretera que conduce de San Salvador hacia Santa Ana. Ese factor hace que la residencial sea de rápido acceso.

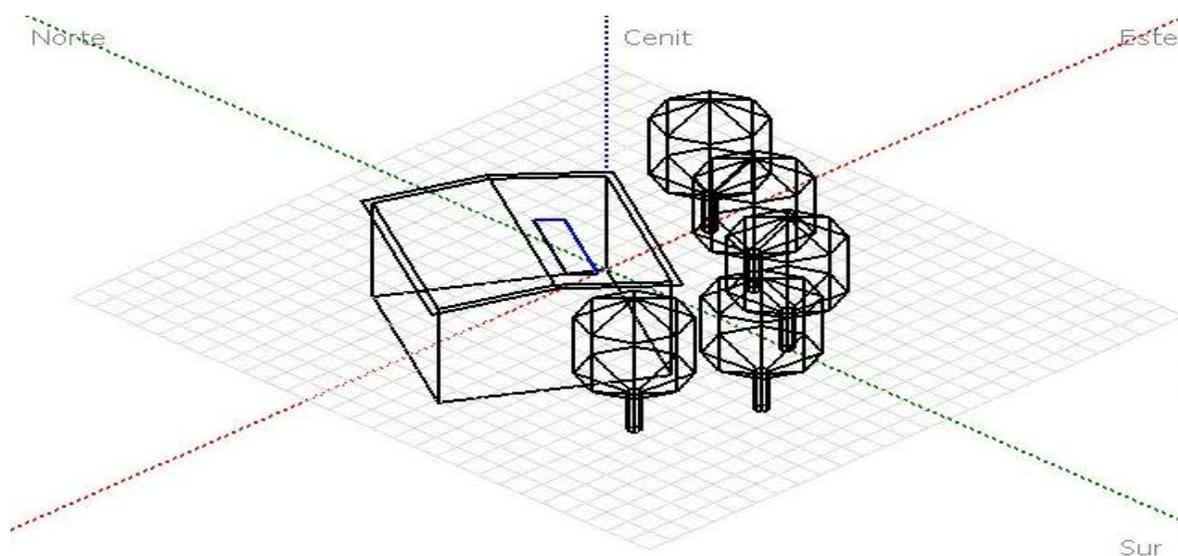
Existen tres modelos de vivienda (Laurel, Santa Bárbara y Santa Cruz), las cuales poseen el mismo techo; todas las viviendas son de dos plantas, el terreno va desde los 69 hasta los 90 m², cuentan con un techo ondulado del tipo duralita y a dos aguas. Los techos poseen un área total utilizable de 49.36 m². Se estima que, con esa área se podrían instalar un máximo de 15 paneles solares. En anexos se muestra fotografías de algunas viviendas. Ver **Anexo 3- 5**, Pág.196

Se instalarán dos paneles, los cuales cubren un área de 4.44 m², separados por 10 cm, uno del otro. Se encuentran orientados hacia el sur y una inclinación de 8 grados, dado que es la misma inclinación del techo, por lo que no requiere de una estructura extra. Ver **Figura 3- 3**, pág.80.

8. Marco legal y factores relevantes para el proyecto

Antes de establecer la factibilidad legal del proyecto se aclara que, son sistemas instalados a nivel residencial, conectados a la red del distribuidor y con el objeto de abastecer su consumo energético; por lo tanto, son clasificados como pequeñas instalaciones fotovoltaicas.

Figura 3- 3 distribución y posicionamiento de paneles



Fuente: PVsyst

a. Permisos para el funcionamiento del proyecto

1) Solicitud de factibilidad a distribuidora Delsur.

Toda persona interesada en instalar un sistema solar fotovoltaico dentro de sus instalaciones, con el fin de abastecer su demanda de energía eléctrica, deberá notificar a la empresa distribuidora su intención de instalar la unidad de generación, y solicitar el cambio del equipo de medición. Por lo anterior, se debe realizar una solicitud a la empresa distribuidora de energía en la zona de Colón, dicha empresa corresponde a Delsur. La notificación debe hacerla el titular del contrato de suministro, personalmente o mediante su representante legal o apoderado. La documentación por presentar a la empresa distribuidora y que constituirá en sí la notificación, puede verse en el **Anexo 3- 6**, Pág.197

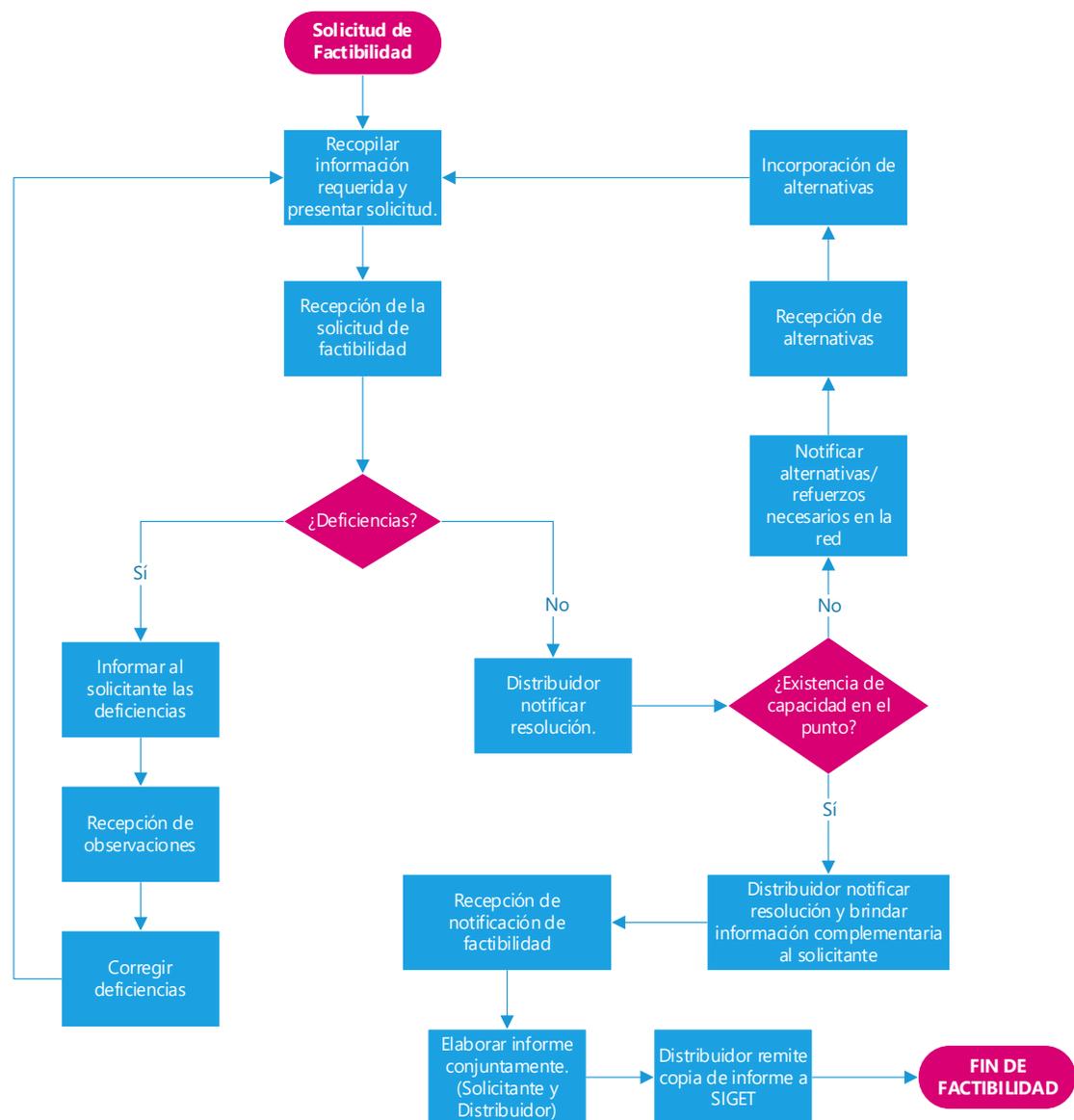
La **Figura 3- 4**, pág.82, resume el proceso paso a paso de solicitud y notificación a la empresa distribuidora Delsur.

2) Permiso ambiental

En El Salvador, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), es la institución responsable en lo referente a la gestión ambiental. En la Ley de Medio Ambiente se establece que, para el desarrollo de proyectos de energía renovable, se requiere realizar un estudio de impacto ambiental y obtener el permiso ambiental, emitido por el MARN; sin embargo, existe una categorización de proyectos de acuerdo con su envergadura y a la naturaleza del impacto potencial; con ello, técnica y jurídicamente podrá determinarse la clase de documentación ambiental que se debe presentar.

El MARN desarrolla el documento “Categorización de actividades, obras o proyectos”. Este instrumento divide las actividades en Grupo A, impacto ambiental bajo; lo que significa que el titular del proyecto no deberá presentar documentación ambiental. Grupo B, Categoría 1: actividades, obras o proyectos con impacto ambiental leve; no requiere presentar estudio de impacto ambiental, y categoría 2: actividades, obras o proyectos con impacto ambiental moderado o alto; requiere presentar estudio de impacto ambiental.

Figura 3- 4 Solicitud de factibilidad con distribuidoras



Fuente: curso intensivo de sistemas solares fotovoltaicos, abril de 2019.

De acuerdo con el enunciado anterior, los sistemas solares fotovoltaicos instalados a nivel residencial se encuentran clasificados dentro del Grupo A; lo que significa que no se debe presentar documentación y por lo tanto no es requisito solicitar permiso ambiental para su desarrollo.

b. Condiciones no permitidas

En las instalaciones de sistemas solares fotovoltaicos existen condiciones que no están permitidas y es prohibido y sancionado de acuerdo con lo dispuesto en la Norma UPR, Ley General de Electricidad y su Reglamento, así como otras normativas emitidas por la Superintendencia General de Electricidad y Comunicaciones (SIGET). A continuación, se resumen las condiciones no permitidas:

- La operación de la unidad de generación sin la previa notificación de aceptación de conexión por parte del distribuidor.
- La extensión de las instalaciones de un usuario final productor más allá de los límites de su propiedad o la interconexión con las instalaciones de otro usuario final, con el fin de proveer de energía eléctrica a este o a terceros.
- Que un usuario final productor, realice medición o cobro por consumo de energía eléctrica a terceros. En caso de que existan terceros dentro de la propiedad del usuario final productor, cada uno de estos deberá tener el medidor adecuado e independiente, para que se registre su consumo y sea facturado por el distribuidor.
- Las ampliaciones de la capacidad de la unidad de generación de un usuario final productor que no sean para abastecer exclusivamente el incremento de su consumo propio.
- Que el usuario final proporcione información de forma incompleta o inexacta o bien de forma distinta a la establecida.
- La venta total de la potencia o su energía asociada de la unidad de generación a otro usuario final o a terceros.

c. Factores relevantes para el desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos a nivel residencial.

Empresas dedicadas a la instalación y venta de equipo para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial.

Se identificaron empresas salvadoreñas que brindan el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial. Las diferencias de una y otras radican en las marcas de los equipos que distribuyen. Por ejemplo, la empresa Enersys Solar, distribuye paneles solares de la marca Jinko e inversores Huawei, mientras que Omnisport, distribuye e instala LG.

La empresa Enersys Solar, proporciona todos los equipos necesarios para realizar proyectos fotovoltaicos. Se encuentra ubicada en Av. Montevideo 9-i, Col. San Mateo, San Salvador, su página web enersys-solar.com; sus formas de contacto son: teléfono 2279-0307, whatsapp 7855-8691 y su correo electrónico info@enersys-solar.com, también se pueden contactar a través de sus redes sociales.

A nivel internacional, se estableció contacto con la empresa Meico Solar, empresa distribuidora de equipos para desarrollo de proyectos fotovoltaicos a nivel regional. Ubicada en 2330 Ponce de Leon BLVD, Coral Gables FL 33134, USA, teléfono +57(1) 235 7544, correo electrónico dramirez@meico.com.co y página web www.meicosolar.com.

D. ESTUDIO FINANCIERO

1. Objetivo

Desarrollar el estudio financiero para expresar en términos monetarios la información resultante de análisis de mercado y del desarrollo de los planteamientos técnicos.

2. Inversión inicial

Para iniciar la inversión del proyecto, es necesario la adquisición de todos los activos fijos y diferidos, con excepción del capital de trabajo. El detalle de la inversión inicial se precisa en la **Tabla 3- 3**, pág.85.

Tabla 3- 3 Presupuesto de inversión inicial

N°	Descripción	Cantidad	P/U	Precio
Vehículos, herramientas y equipos				
1	Vehículo HINO 2.5 toneladas	1	\$ 24,850.00	\$ 24,850.00
	Oficina	1	\$212,000.00	\$212,000.00
2	Escalera extensible	3	\$ 405.00	\$ 1,215.00
3	Lazo	3	\$ 5.95	\$ 17.85
4	Trinquete de fijación	6	\$ 140.00	\$ 840.00
5	Tenaza	6	\$ 13.50	\$ 81.00
6	Tenaza cortadora de cable	6	\$ 9.30	\$ 55.80
7	Navaja de electricista	3	\$ 36.95	\$ 110.85
8	Entalladora	3	\$ 2.85	\$ 8.55
9	Cubos para atornillar	3	\$ 47.95	\$ 143.85
10	Brocas para metal	3	\$ 11.50	\$ 34.50
11	Brocas copas	3	\$ 7.70	\$ 23.10
12	Brocas para concreto	3	\$ 5.60	\$ 16.80
13	Taladro	3	\$ 250.00	\$ 750.00
14	Martillo	6	\$ 4.99	\$ 29.94
15	Torqui metro	3	\$ 149.00	\$ 447.00
16	Broca escalonada	3	\$ 165.00	\$ 495.00
17	Casco de seguridad	6	\$ 10.50	\$ 63.00
18	Chaleco de seguridad	6	\$ 2.95	\$ 17.70
19	Arné de seguridad	6	\$39.00	\$ 234.00
20	Cinta métrica	3	\$ 5.50	\$ 16.50
21	Lentes de seguridad	6	\$ 5.30	\$ 31.80
Insumos Equipo de Oficina				
1	Laptop	1	\$ 799.00	\$ 799.00
2	impresor	1	\$45.00	\$45.00
Insumos Equipo de Oficina				
1	Liciencia PvSyst V7.0	1	\$ 655.00	\$ 655.00
Total				\$242,981.24

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

3. Costo del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial.

Al cuantificar la información del estudio técnico se obtienen los costos de materiales, mano de obra directa y costos indirectos relacionados al servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial.

Tabla 3- 4 Presupuesto de costo de materiales para la instalación de 824 sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Total de Materiales e Insumos
Panel solar	1,648	\$ 129.18	\$212,888.64
Microinversor	1,648	\$ 95.64	\$ 157,614.72
IQ Envoy	824	\$ 301.76	\$ 248,650.24
Q Cable	824	\$ 10.10	\$ 8,322.40
Puesta a tierra	824	\$ 6.23	\$ 5,133.52
Estructura			
Riel Sm	3,296	\$ 129.18	\$70,369.60
Barra de unión dentada	1,648	\$ 95.64	\$ 5,405.44
Anclaje L-Foot dentado	3,296	\$ 301.76	\$ 7,976.32
Grapafinal	1648	\$ 10.10	\$ 4,021.12
Grapa intermedia	1648	\$ 6.23	\$ 3,345.44
Total			\$723,727.44

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Tabla 3- 5 Presupuesto de mano de obra directa anual.

Cargo	#	Salario	Vacaciones (30% quincena)	Aguinaldo (10 días salario)	ISSS Patronal (7.50%)	AFP Patronal (8.75%)	Total
Técnico electricista	6	\$48,960.00	\$ 540.00	\$ 1,200.00	\$ 3,672.00	\$ 4,284.00	\$ 58,656.00
Técnico instalador	12	\$ 81,600.00	\$ 900.00	\$ 2,000.00	\$ 6,120.00	\$ 7,140.00	\$ 97,760.00
Total		\$ 130,560.00	\$ 1,140.00	\$ 3,200.00	\$ 9,792.00	\$ 11,424.00	\$ 156,416.00

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Tabla 3- 6 Presupuesto de Mano de Obra Indirecta anual.

Código	#	Salario	Vacaciones (30% quincena)	Aguinaldo (10 días salario)	ISSS Patronal (7.50%)	AFP Patronal (8.75%)	Total
Supervisor	1	\$ 10,540.00	\$ 127.50	\$ 283.33	\$ 790.50	\$ 922.25	\$ 12,663.58
Total		\$ 10,540.00	\$ 6,240.00	\$ 283.33	\$ 790.50	\$ 922.25	\$ 12,663.58

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

En la sumatoria del salario ya se incluyen las horas extras estimadas para cada equipo, de acuerdo con lo planteado en el apartado de la determinación de la mano de obra, las cuales se calculan según lo estipulado en el Artículo 169 del Código de Trabajo. Asimismo, para el cálculo de las vacaciones se hace sobre el 30% de lo percibido por una quincena y para el aguinaldo, se hace sobre el salario percibido durante 10 días, de acuerdo con lo establecido en los Artículos 177 y 178 de la misma ley. (Villasmil Prieto, Rodríguez Mejía, & Ciudad Reynaud, 2010, págs. 89,93)

El cálculo del aporte patronal se realiza tomando en consideración la nueva tasa establecida en el Artículo 16, de la Ley Integral del Sistema de Pensiones. (Ley Integral del Sistema de Pensiones, 2022, pág. 7) Para más detalles ver **Anexo 3- 11 Planilla mensual de salarios**, pág.206.

Tabla 3- 7 Presupuesto de costos indirectos relacionados al servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial

Concepto	Mensual	Anual
Salarios indirectos	\$ 1,276.10	\$ 12,663.58
Agua	\$ 30.00	\$ 360.00
Costos fijos	\$ 1,306.10	\$ 13,023.58
Combustible	\$ 320.00	\$ 3,840.00
Sellador	\$ 42.60	\$ 511.20
Mantenimiento de vehículo	\$ --	\$ 500.00
Costos variables	\$ 362.60	\$ 4,851.20
Total	\$ 1,668.70	\$ 17,874.78

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

4. Costo del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial para 8 años.

Para evaluar la factibilidad de la instalación de sistemas fotovoltaicos a nivel residencial, es necesario proyectar los costos de instalación del servicio y conocer los costos unitarios para cada uno de los años de vida del proyecto, esto es, considerar las variaciones en la mano de obra directa y los costos indirectos. Además de considerar los márgenes de utilidad para obtener los precios de instalación propuestos.

Las variaciones a partir del año dos, se sustentan en los supuestos siguientes:

- a. Dado que se espera que la demanda del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos crezca a razón del 20% anual y que el auge para el presente año corresponde a las instalaciones industriales; se espera que de ese 20% las instalaciones a nivel residencial crezcan un 5% y a partir del 5 año se revierta y crezcan 2% anual, siendo estas las que presenten un mayor crecimiento por encima de las instalaciones industriales; las cuales, decrecerán anualmente. (Ver **Anexo 2- 1**, Pág.136).
- b. Los precios año con año han ido disminuyendo debido al avance en la fabricación de la tecnología de sistemas fotovoltaicos en el mundo. Los precios por panel han decaído en los últimos años y se espera que siga esa tendencia a razón de un 5% anual. Por lo tanto, se espera que los costos de materiales se reduzcan a razón del 5% anual. (**Anexo 2- 2**, Pág.141).
- c. La capacidad instalada de mano de obra es de 6 sistemas instalados cada dos días y 18 por semana; por lo tanto, se tiene un máximo de 936 sistemas instalados por año. Dado que se espera un incremento en la instalación de sistemas fotovoltaicos durante la vida útil del proyecto, a partir del año 4, será necesario incrementar la capacidad instalada de mano de obra en un 16% anual.

Tabla 3- 8 Costos del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial.

Concepto	Años							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Instalación (viviendas)	824	865	908	954	973	1022	1073	1126
Materia Prima	\$ 723,727.44	\$ 687,541.07	\$ 653,164.01	\$ 620,505.81	\$ 589,480.52	\$ 560,006.50	\$ 532,006.17	\$ 505,405.86
Mano de Obra Directa	\$156,416.00	\$156,416.00	\$156,416.00	\$ 182,537.47	\$ 202,437.18	\$ 202,437.18	\$ 202,437.18	\$ 202,437.18
Costos Indirectos	\$ 17,874.78	\$ 17,874.78	\$ 17,874.78	\$ 17,874.78	\$ 17,874.78	\$ 17,874.78	\$ 17,874.78	\$ 17,874.78
Total costo del Servicio	\$ 898,018.22	\$ 861,831.85	\$827,454.80	\$ 820,918.07	\$ 809,792.49	\$ 780,318.46	\$ 752,318.14	\$ 725,717.83
Costo Unitario del Servicio	\$ 1,089.83	\$ 996.11	\$ 910.83	\$ 860.61	\$ 832.30	\$ 763.81	\$ 701.34	\$ 644.32

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

5. Determinación del precio de venta

Tabla 3- 9 Determinación del precio de venta.

Precio de venta	
Viviendas instaladas año 1	824
Costo unitario del servicio año 1	\$ 1,089.83
Margen de ganancias	30%
Precio de venta año 1	\$1,416.78

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Tabla 3- 10 Proyección de ventas

Años	1	2	3	4	5	6	7	8
Precio de venta	\$1,416.78	\$ 1,345.94	\$ 1,278.64	\$ 1,214.71	\$ 1,153.97	\$ 1,096.27	\$ 1,041.46	\$ 989.39
Instalaciones	824	865	908	954	973	1022	1073	1126
Ventas	\$1,167,423.69	1,164,505.13	1,161,593.87	1,158,689.88	1,122,770.50	1,119,963.57	\$1,117,163.66	\$1,114,370.75

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Para determinar el precio de venta se parte del margen de ganancias, el cual se establece en 30%. El resultado de multiplicar el margen de ganancias y el precio del servicio es el monto que se espera obtener de beneficios por cada sistema solar instalado; el precio de venta se obtiene al sumar este último valor y el costo de venta unitario. Dicho monto representa un precio competitivo dentro del mercado nacional, además de estar arriba de las tasas máximas por depósitos a plazo en el país. Ver **Tabla 3- 9**, pág.90.

Las ventas proyectadas decrecerán debido a que los precios por panel han decaído en los últimos años y se espera que siga esa tendencia a razón de un 5% anual; por lo tanto, a partir del año dos, el precio y, por consiguiente, las ventas disminuirán a razón del 5% anual. Ver **Tabla 3- 10**, pág.90.

6. Capital de trabajo

Para el cálculo, se ha tomado de referencia el Método de Desfase. Con este método se calcula la inversión en Capital de Trabajo como cantidad de recursos para financiar los costos de operación, desde que inician los desembolsos hasta que se recuperan.

Tabla 3- 11 Capital de trabajo para el año cero

Concepto	Mensual	Anual
Sueldo Gerente Comercial	\$ 3,000.00	\$ 37,450.00
Insumos de oficina	\$ 137.00	\$1,644.00
Vacaciones	\$---	\$450.00
Aguinaldo	\$---	\$1,000.00
Aportación Patronal ISSS	\$75.00	\$900.00
Aportación Patronal AFP	\$262.50	\$3,150.00
Servicio energía eléctrica	\$ 125.00	\$ 1,500.00
Servicio de agua	\$ 12.00	\$ 144.00
Servicio de internet	\$ 60.00	\$ 750.00
Total	\$ 3,671.50	\$ 46,958.00

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

El capital de trabajo para el año cero es la suma de dinero necesaria para cubrir gastos durante el periodo previo al inicio de operaciones de servicio. Para el año cero, el capital de trabajo será aportado por la empresa.

En el capital de trabajo para el año 1, se han considerado los gastos que se requieren para instalar un sistema solar fotovoltaico en 72 viviendas. Lo anterior se justifica con la información que proporcionó el Ing. Oscar Funes. (Ver **Anexo 2- 2**, Pág.141).

En la entrevista se planteó que se realizan entre 3 a 4 pedidos anuales; por lo tanto, se establece que para el capital de trabajo del año 1 solo cuantifican los gastos incurridos durante el primer mes de operación, los cuales constituyen los costos de materiales, sueldos, impuestos y gastos de oficina. A partir del 2 mes de operaciones y para el resto de los años que constituyen el proyecto; no se requerirá de capital de trabajo, debido a que los ingresos serán suficientes para seguir operando. Dicho monto será aportado en su totalidad por los socios.

Tabla 3- 12 Capital de trabajo año 1

Concepto	1 mes
Sueldo Gerente Comercial	\$ 3,000.00
Sueldo Asistente	\$ 700.00
Vacaciones	\$--
Aguinaldo	\$--
Aportación Patronal ISSS	\$826.63
Aportación Patronal AFP	\$978.98
Alquiler de Bodega	\$ 5,000.00
Insumos de Oficina	\$137.00
Servicio Energía Eléctrica	\$ 125.00
Servicio de Agua	\$ 12.00
Servicio de Internet	\$ 60.00
Sueldo de Técnicos	\$ 10,880.00
Materiales y Equipos	\$ 60,310.62
Gastos Indirectos	\$ 1,489.57
Total	\$ 84,055.48

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

7. Financiamiento

El monto del financiamiento es el 72% (\$174,504.99) de la inversión inicial reflejado en el flujo de caja, este valor se encuentra por debajo del máximo porcentaje de

financiamiento otorgado por el Banco Davivienda Salvadoreño S.A, a una tasa de 14.05%, a 10 años plazo. Ver **Tabla 3- 13**, pág.93.

Cabe aclarar que, la inversión inicial consta de un vehículo marca HINO, el cual será financiado a través de un crédito de vehículo otorgado por la empresa AutoFácil El Salvador, S.A. representando un 10% de la inversión inicial total (Ver **Tabla 3- 14**, pág.93). El restante 18% (\$43,626.25), será aportado por los socios.

Tabla 3- 13 Amortización de la deuda para inversión inicial

Año	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
				\$174,504.99
1	\$ 33,520.28	\$24,517.95	\$9,002.33	\$165,502.67
2	\$ 33,520.28	\$23,253.12	\$10,267.15	\$155,235.51
3	\$ 33,520.28	\$21,810.59	\$11,709.69	\$143,525.83
4	\$ 33,520.28	\$20,165.38	\$13,354.90	\$130,170.93
5	\$ 33,520.28	\$18,289.02	\$15,231.26	\$114,939.67
6	\$ 33,520.28	\$16,149.02	\$17,371.25	\$97,568.42
7	\$ 33,520.28	\$13,708.36	\$19,811.91	\$77,756.50
8	\$ 33,520.28	\$10,924.79	\$22,595.49	\$55,161.01
9	\$ 33,520.28	\$7,750.12	\$25,770.15	\$29,390.86
10	\$ 33,520.28	\$4,129.42	\$29,390.86	0.00

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Años Plazo	10
Tasa	14.05%
Monto de Financiamiento	\$174,504.99
Cuota	\$ 33,520.28

Tabla 3- 14 Amortización de crédito de vehículo HINO

Año	Cuota	Interés	Amortización	Saldo
				\$ 22,741.00
1	\$ 4,261.11	(\$ 2,271.83)	(\$ 1,989.29)	\$ 20,751.71
2	\$ 4,261.11	(\$ 2,073.10)	(\$2,188.02)	\$ 18,563.70
3	\$ 4,261.11	(\$ 1,854.51)	(\$2,406.60)	\$ 16,157.10
4	\$ 4,261.11	(\$ 1,614.09)	(\$2,467.02)	\$ 13,510.08
5	\$ 4,261.11	(\$ 1,349.66)	(\$ 2,911.46)	\$ 10,598.62
6	\$ 4,261.11	(\$ 1,058.80)	(\$3,202.31)	\$ 7,396.31
7	\$ 4,261.11	(\$ 738.89)	(\$3,522.22)	\$ 3,84.09
8	\$ 4,261.11	(\$ 387.02)	(\$3,874.09)	\$ 0.00

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Prima	\$ 2,109.00
Años Plazo	8
Tasa	9.99%
Monto de Financiamiento	\$24,850.00
cuota	\$ 4,231.11

De acuerdo con las disposiciones para el otorgamiento del crédito, la empresa Auto Fácil El Salvador, S.A., tiene como política que el comprador debe abonar una prima equivalente al 8% del valor del vehículo; por lo tanto, el valor a financiar es por \$22,741.00.

8. Flujo de caja, VAN y TIR

Para ahondar en detalles sobre el cálculo de los montos mostrados en el Flujo de Caja, además de los presupuestos mostrados en los apartados anteriores, se recomienda visualizar los siguientes Anexos: **Anexo 3- 11 Planilla mensual de salarios**, pág.206; **Anexo 3- 12 Gastos de administración**, pág.207; **Anexo 3- 13 Depreciación de activos**, pág. 208 y **Anexo 3- 10 Cotización de equipos, accesorios e insumos fotovoltaicos**, pág.205.

E. EVALUACIÓN ECONÓMICA

1. Objetivo

Realizar la evaluación económica que permita determinar indicadores de rentabilidad, valor presente y el periodo de recuperación entre otros.

2. Cálculo y Análisis del VAN y TIR

El cálculo se realiza utilizando las fórmulas financieras de Microsoft Office Excel (VNA y TIR). La tasa de descuento utilizada se obtuvo por medio del Coste Medio Ponderado de Capital (CMPC) o WACC.

Para el cálculo del VAN, se utilizó la Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR), como costo de oportunidad se eligió la tasa de rendimiento promedio del Fondo de Inversión Abierto Plazo 180, ofrecido por la empresa Servicios Generales Bursátiles, S.A. A la fecha de consulta, la tasa es igual a 5.0389%. Dicha información puede consultarse en el sitio web oficial <https://www.sgbfondosdeinversion.com/>.

El VAN de este proyecto es de \$719,494.19, el cual indica que el proyecto generará ganancias que superan el capital invertido y el financiamiento tomado. La TIR es de 51%, indica que el proyecto es rentable, dado que supera la TMAR de 5.0389%.

3. Razón costo beneficio

Tabla 3- 16 Razón de costo-beneficio

Años	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos	\$ 1,167,423.69	\$ 1,164,505.13	\$ 1,161,593.87	\$ 1,158,689.88	\$ 1,122,770.50	\$ 1,119,963.57	\$ 1,117,163.66	\$ 1,114,370.75
Costo del servicio	\$ (898,018.22)	\$ (861,831.85)	\$ (827,454.80)	\$ (820,918.07)	\$ (809,792.49)	\$ (780,318.46)	\$ (752,318.14)	\$ (725,717.83)
Gasto de administración	\$ (115,611.33)	\$ (117,056.48)	\$ (118,519.68)	\$ (120,001.18)	\$ (121,501.19)	\$ (123,019.96)	\$ (124,557.71)	\$ (126,114.68)
Gastos financieros	(\$26,789.78)	(\$25,326.22)	(\$23,665.10)	(\$21,779.47)	(\$19,638.67)	(\$17,207.83)	(\$14,447.25)	(\$11,311.81)
Costo total	\$ (1,040,419.33)	\$ (1,004,214.55)	\$ (969,639.58)	\$ (962,698.72)	\$ (950,932.35)	\$ (920,546.24)	\$ (891,323.10)	\$ (863,144.31)
Valor actual ingresos	\$7,376,919.11							
Valor actual gastos	(\$6,171,599.54)							
Tasa	5.04%							
Costo-Beneficio	1.20							

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

El resultado obtenido a través de este método de evaluación implica que los beneficios a obtener con el desarrollo del proyecto son suficientes para hacer frente a todos los gastos; por lo tanto, el proyecto debe implementarse, dado que el cociente del valor presente de los ingresos y el valor presente de los costos da como resultado un valor mayor a la unidad.

4. Período de recuperación

Tabla 3- 17 Período de recuperación

Años	Flujo de caja	Flujo Acumulado
0	\$(159,060.50)	\$(159,060.50)
1	\$(3,792.18)	\$(155,268.32)
2	\$106,661.29	\$(48,607.03)
3	\$131,125.34	\$82,518.31
4	\$129,168.97	\$211,687.29
5	\$87,399.04	\$299,086.33
6	\$128,404.64	\$427,490.96
7	\$148,430.74	\$575,921.70
8	\$429,502.89	\$1,005,424.59

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

El tiempo requerido para recuperar la inversión es de 3 años, luego de transcurrir ese período, el proyecto comenzará a generar ganancias a sus propietarios. Posterior a realizar la evaluación económica, se determina que, con la ejecución del proyecto de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial, generará ganancias a sus propietarios.

GUÍA INFORMATIVA SOBRE LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTVOLTAICOS SOBRE TECHOS EN LA RESIDENCIAL LAS ARBOLEDAS, CANTÓN LOURDES, MUNICIPIO DE COLÓN, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.

En El Salvador en el año 2017, se publicó la Norma para usuarios finales productores de energía eléctrica con recursos renovables; esta normativa brinda las herramientas legales para que la población pueda hacer uso de las diferentes tecnologías para la generación de electricidad basada en recursos renovables. La forma más aprovechada en la actualidad es la de los Sistemas Solares Fotovoltaicos instalados sobre techos.

De esta manera la población en general puede generar electricidad para abastecer el consumo mensual de electricidad de su hogar; sin embargo, la misma norma plantea que la generación de electricidad es limitada debido a que tiene un tope máximo de generación, el cual asciende al 90% del consumo promedio del hogar por lo que siempre se deberá realizar un pago determinado a la distribuidora de al menos el 10% de la tarifa eléctrica.

La presente guía consta de una descripción teórica básica sobre los beneficios principales de instalar sistemas solares fotovoltaicos sobre techos para autoconsumo de viviendas residenciales, se describen las características de los elementos que conforman dichos sistemas, se muestran empresas que brindan el servicio, se detalla el proceso a seguir para interesados y finalmente se demuestra a través de un presupuesto los diferentes desembolsos en los que se debe incurrir, así como también del período estimado de recuperación de su inversión.

A. Objetivo

Elaborar una guía informativa del proceso a seguir para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial y para autoconsumo a los habitantes de La Residencial Las Arboledas, cantón Lourdes, Municipio de Colón.

B. Beneficios de instalar sistemas solares sobre techos a nivel residencial.

1. Ahorro de energía

De acuerdo con lo establecido en la Norma para usuarios finales productores de energía eléctrica con recursos renovables, un interesado que instale un sistema solar sobre el techo de su inmueble con el objeto de abastecer su demanda interna de electricidad puede ahorrarse un máximo del 90% del promedio de consumo en kilowatts de los últimos 6 meses. Lo anterior implica que el pago en concepto de la factura de energía será más barato durante al menos 25 años, la cual representa la vida útil de un sistema solar fotovoltaico.

2. Mantenimiento mínimo

El mantenimiento de un sistema solar fotovoltaico es relativamente fácil y no requiere de desembolsos adicionales, consiste en realizar una limpieza del polvo utilizando agua suavizada; es decir, con la menor cantidad de cloro posible. En verano se recomienda regar los paneles al menos una vez por semana y en temporada de lluvia al menos una vez por mes.

3. Aumenta el valor del inmueble

Instalar un sistema solar fotovoltaico en el techo de una vivienda incrementa la plusvalía del inmueble por el valor agregado de generar su propia electricidad y asegurar un ahorro en concepto de la factura de energía.

4. Compatible con otros tipos de energía

La funcionalidad de los sistemas solares fotovoltaicos permite que se cuente con el servicio de energía eléctrica proporcionado por la distribuidora local al mismo tiempo que genera su propia electricidad; con lo cual, se garantiza que cuando no funcione el sistema de autogeneración, la vivienda se abastezca de la red convencional y viceversa. Lo anterior implica contar con ambas instalaciones eléctricas.

5. Fácil instalación

Un sistema solar fotovoltaico instalado sobre techos a nivel residencial es un sistema eléctrico relativamente sencillo debido a que el tiempo máximo de instalación oscila entre dos a tres días. No requiere modificar la vivienda, utiliza poco espacio dado que en la parte interior del inmueble debe ir el inversor y el tablero fotovoltaico, este último de preferencia a un costado del tablero eléctrico. Los paneles van ubicados sobre el techo de la vivienda y no requiere de estructura extra, tienen un peso aproximado de 50 libras y requiere un espacio de 2.1x1.04 metros por panel.

Los elementos que se instalan son paneles, estructura de rieles, inversores o micro inversores (dependiendo del dimensionado), tablero fotovoltaico, barra de cobre para puesta a tierra, el cableado y su respectiva canalización.

C. Proceso para usuarios interesados en instalar un sistema solar sobre techo a nivel residencial.

A continuación, se realiza una descripción de las actividades por seguir para interesados:

1. Cotizar el servicio de instalación

El primer paso es buscar proveedores, se recomienda cotizar al menos con tres empresas diferentes debido a que los precios por el servicio de instalación varían y para lograr la oferta más justa que se adecúe a las necesidades del interesado. Hay empresas que ofrecen facilidades de pago a través de tarjetas de crédito o financiamiento y otras que exigen pago de contado.

Para poder realizar una cotización los proveedores necesitan, únicamente, una foto visible del último recibo de luz de la vivienda donde será instalado el sistema fotovoltaico; lo anterior les permite estimar el consumo promedio en kilowatts de los últimos seis meses con lo cual el proveedor podrá determinar entre otras cosas, la cantidad de energía a generar por el sistema y probablemente sea solicitada la ubicación de la vivienda.

Cuando ya se ha elegido la oferta, el siguiente paso es entablar conversación con el proveedor es en este momento donde el

2. Visita previa de proveedor

Cuando se ha elegido el proveedor y aceptado la oferta, lo siguiente es el proceso de instalación del sistema. El proveedor solicitará realizar una visita previa con el objeto de realizar una inspección general del inmueble donde determinarán la ubicación del tablero eléctrico, las condiciones del sistema eléctrico de la vivienda, la estructura que sostiene el techo y el tipo de techo.

Lo anterior se realiza debido a que dependiendo de la estructura del techo puede ser necesario reforzar para que soporte el peso de los paneles con lo cual se estima que el precio del servicio de instalación podría incrementarse un 20%.

3. Instalación del sistema

Posteriormente a la visita previa a la instalación, el proveedor procede a realizar la instalación de todos los elementos que conforman el sistema solar fotovoltaico.

Generalmente, son tres personas las encargadas de realizar todo el proceso con un tiempo aproximado de 2 días dependiendo de la envergadura del proyecto, pero se estima que para proyectos residenciales es un período de tiempo prudente. La primera etapa de la instalación consiste en montar la estructura que sostienen los paneles debido a que estos no pueden ir directamente sobre el techo porque necesitan ventilación para enfriarse.

Para el montaje se perforan agujeros para colocar pernos y este paso es la única alteración que se realiza a la estructura del techo, se procede a impermeabilizar donde se han realizado las perforaciones con ello se evitan futuras fugas. A partir de esta etapa, se realiza la instalación de los paneles sobre la estructura del techo, se instala el tablero fotovoltaico y también el inversor. El primero tiene la función de apagar y encender el sistema y el segundo, se encarga de transformar la energía de corriente directa a corriente alterna para uso en los diferentes electrodomésticos del hogar.

Asimismo, se realiza el trazado del cableado externo e interno con su respectiva canalización, se realiza la conexión de puesta a tierra como protección del sistema. Finalmente se realizan pruebas al sistema y se verifica que funcione correctamente.

4. Solicitud de factibilidad a distribuidora Del Sur

Con el sistema solar fotovoltaico ya instalado y listo para su funcionamiento, la etapa siguiente consiste en conectar el sistema a la red de distribución eléctrica, para ello es necesario notificar a la empresa distribuidora. La solicitud debe ser firmada por el titular del contrato de suministro, su representante legal o apoderado debidamente acreditados.

Para realizar la notificación se debe visitar una sucursal de la empresa distribuidora y en el área de atención al cliente se consulta sobre conexión para clientes UPR, en ese momento se entrega un Check List de la documentación a presentar. **Ver Anexo 3- 6**, pág. 197.

La documentación por presentar es en otras palabras la Solicitud de Factibilidad por el cual las empresas distribuidoras realizan un cobro de \$28.82 en el caso de DelSur y \$28.46 para CAESS, Deusem y Aes Clesa. Estas realizan un revisión y análisis de la documentación presentada para determinar si cumplen con lo establecido en la Norma UPR, si lo entregado está correcto se pasa a la siguiente etapa, pero si es rechazado la distribuidora deberá explicar claramente y con la debida fundamentación las razones que motivan el rechazo. La empresa tiene un plazo máximo de 10 días hábiles para dar por aceptada o rechazada la solicitud.

5. Visita técnica de la distribuidora

Luego de aceptada la solicitud de factibilidad la distribuidora dentro del plazo de los 10 días hábiles realiza una visita para inspeccionar el sistema y verificar que se cumplan todas las normas técnicas establecidas en Ley General de Electricidad y demás leyes y normativas vigentes establecidas por la Superintendencia General de electricidad y Telecomunicaciones. El procedimiento anterior tiene un costo de \$111.75 para Delsur y

\$128.86 para Caess, Deusem y Aes Clesa; este pago se deberá realizar previo a la visita en cualquiera de las sucursales de las distintas empresas distribuidoras.

6. Solicitud de cambio de medidor

Para finalizar el proceso de solicitud de conexión del sistema solar fotovoltaico a la red de distribución eléctrica, se debe realizar el cambio del medidor con que cuenta la vivienda, este es uno convencional y deberá ser cambiado por un medidor bidireccional.

Este aparato registra el flujo de energía eléctrica en ambas direcciones, consumo e inyección y es capaz de registrar las diferencias entre consumo e inyección del sistema que está monitoreando. (Norma U.P.R, 2017, pág. 2)

Esta etapa forma parte del proceso de solicitud de factibilidad y visita técnica donde es el propietario del contrato del suministro quien firma; posterior a que estos pasos hayan sido aceptados el interesado deberá decidir si la empresa distribuidora será quien le provea el medidor o lo hará por cuenta propia; sin embargo, la realidad es diferente debido a que solo las distribuidoras realizan el cambio.

En caso de que dentro de la documentación presentada (Check List) existan diferencias en la notificación de instalación de una unidad de generación y solicitud de cambio de medidor, el distribuidor dentro del plazo de 10 días comunicará al solicitante las diferencias observadas y este tendrá 5 días hábiles para que subsane. Si el solicitante no presenta las subsanaciones en tiempo y forma la solicitud de cambio de medidor queda sin efecto; sin embargo, si el interesado presenta las observaciones el distribuidor tendrá como máximo 5 días hábiles para dar respuesta.

Una vez aceptada la solicitud de factibilidad y cambio de medidor, la distribuidora tendrá 5 días hábiles para el reemplazo del medidor el cual tiene un costo de \$123.25 para DelSur y \$122.94 para Caess, Deusem y Aes Clesa.

Cabe aclarar que la solicitud de factibilidad y cambio de medidor es un trámite que la mayoría de las empresas ofrecen como valor agregado al servicio de instalación del

sistema solar fotovoltaico, los diferentes desembolsos corren por cuenta del interesado, pero el trámite lo realiza el proveedor.

D. Proveedores del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos en el salvador

Existe una gran cantidad de proveedores que brindan el servicio de instalaciones solares fotovoltaicas tanto a nivel residencial como industrial. Hay proveedores que ofrecen diferentes formas de pago utilizando tarjetas de crédito con el servicio de Tasa Cero, otros proveedores otorgan crédito de acuerdo con un análisis que ellos realizan, mientras que hay también empresas que no otorgan financiamiento directo; sin embargo, trabajan con diferentes instituciones financieras que sí lo hacen.

Dentro de los proveedores se encuentran aquellos que ofrecen los sistemas solares en forma de un solo conjunto o como ellos les denominan “Kits” los cuales suelen incluir todos los materiales e insumos necesarios para que el sistema funcione correctamente, el problema con este tipo de servicio es que difícilmente el conjunto que ofrecen pueda ajustarse perfectamente al consumo de un hogar determinado.

Los precios varían de un proveedor a otro debido a diferentes factores, principalmente comerciales como la calidad de los materiales y el tamaño del proyecto, así como también, del tipo de instalación requerida sí es una conectada a la red, aislada o híbrida.

Tabla 3- 18 Listado de proveedores

Proveedor	Página de Facebook	WhatsApp	Sitio web	Correo	Dirección	Precios	Financiamiento
Angel Guardian, S.A. de C.V.	Angel Guardian SA de CV	6145-7955	N/A	ismael.lin@gmail.com	N/A	Cotizar	N/A
Avanced energy	Advanced energy Solar Projects		ae-energiasolar.com	contacto@ae-energiasolar.com	Calle a Huizucar, Nuevo Cuscatlán, El Salvador.	Cotizar	N/A
BlueSolar	BlueSolar	7748-0817	www.gblu.net	carlos.luna.blue@gmail.com	N/A	Cotizar	N/A
Credisolar	Credisolar - paneles Solares	7140-1156	N/A	julio.torres@epcregional.com.sv	Calle Los 44, Santa Ana	Cotizar	Creditos según análisis, financian hasta 50% del proyecto
Enersys solar	Enersys-Solar	2279-0307	enersys-solar.com	infor@enersys-solar.com	Av. Montivideo, Col. San Mateo 9-i, San Salvador.	Cotizar	Trabajan con bancos que otorgan créditos según análisis
EPC Regional	Paneles Solares El Salvador-EPC Regional	7206-6866	N/A	N/A	Calle Los Bambúes 19 Av. Las Amapolas, Edificio L-22, Col. San Francisco, San Salvador	Cotizar	N/A
Eurosolar	Eurosolar- Sistemas solares e iluminación	7287-2994	N/A	N/A	La Cima 2, Antiguo Cuscatlán, La Libertad	Cotizar	N/A
Greenpower	Greenpower	6062 8449	svgreenpower.com	info@svgreenpower.com	N/A	Cotizar	N/A
IluminArte	IluminArte	7267-0749	iluminarte.com.sv	iluminarte.sv@gmail.com	59 av. Norte #120, San Salvador	Cotizar	N/A
KO.Solar S	KO.Solar	7774-0759	N/A	ko.solar.sv@gmail.com	Montebello Poniente 4E, San Ramón, Mejicanos, San Salvador.	Kit solares desde \$3,317.47 para consumos 280 KWh.	N/A
La Casa de las Baterías	La Casa de las Baterías	7859-4307	casabat.com	asistenteadmin.sal@casabat.com	N/A	Cotizar	N/A
Monta Energy	Monta Energy	7608-2247	N/A	montaenergysalvador@gmail.com	Col. San Francisco, Calle Los Abetos, San Salvador	Cotizar	N/A
Ohm Wire Electric	Ohm Wire Electric	7061-9289	N/A	ohmwireelectric@gmail.com	N/A	Kit solares desde \$2,912.75 para consumos de 100 KWh	N/A
Omnisport	Omnisport	7861-5551	omnisport.com	omnisport.redes@gmail.com	Todas las sucursales	Cotizar	Crédito según análisis hasta de 48 meses
Rafael Steve Solito Guzman	Solito's SOLAR	7875-7655	N/A	solitossolar.godaddy.com	N/A	Kit solar desde \$2,400 para consumos de 305 KWh.	Tasa cero con Tarjetas de Crédito de Banco Agrícola
Solaire	Grupo Solaire - Oficial	2275-2100	solaire.com.sv	info@solaire.com.sv	21 Av. Sur y 4a Calle poniente, San Salvador.	Cotizar	N/A
SOLED	SOLED - Paneles solares e iluminación LED SV	7988-8693	soluciones-led.com	info@soluciones-led.com	2 calle Poniente #15, Santa Tecla, La Libertad.	Kit solar desde \$899.99 para consumos de 80 KWh.	Pago en cuotas sin interes con tarjetas BAC, Cuscatlán y Promérica
Censolar	Censolar - Paneles Solares de Oriente	7168-4095	N/A	N/A	San Miguel, San Miguel	Cotizar	N/A

E. Análisis monetario de la instalación de un sistema solar fotovoltaico sobre techos a nivel residencial para consumo de 100 KWh.

A continuación, se realiza un análisis monetario para determinar a cuánto asciende la inversión real y reflejar los flujos de ahorro reales durante la vida útil del sistema solar fotovoltaico para tener una idea clara del tiempo esperado para recuperar lo invertido.

Tabla 3- 19 Cotizaciones con tres proveedores distintos

Proveedor	Precio
OHM Wire Electric	-\$ 2,701.33
K.O. Solar	-\$ 2,385.88
EPC Regional	-\$ 2,995.00

Elaborado por el equipo de investigación.

Se cotizó con tres proveedores distintos para verificar las variaciones en las ofertas, todas son para viviendas con consumo promedio de 100 KWh, para el análisis se considera la oferta de la empresa OHM Wire Electric, el monto asciende a \$2,701.33 por el costo de instalar el sistema solar fotovoltaico más todos sus materiales y componentes. Ver **Anexo 3- 15 Cotización OHM Wire Electric.**

Tabla 3- 20 Precios de electricidad según pliego tarifario año 2018

Concepto	Del 1-14 ene	Del 15 ene-14 Abr	Del 15 abr-14 Jul	Del 15 Jul-14 Oct	Del 15 oct-31 Dic	Tipo
Cargo de distribución	0.059667	0.059948	0.059948	0.059948	0.059948	Variable
Cargo de comercialización	0.974767	0.951969	0.951969	0.951969	0.951969	Fijo
Cargo energía bloque	0.132766	0.143842	0.149159	0.155129	0.171201	Variable

Elaborado por el equipo de investigación.

En la tabla anterior, se muestran los precios de electricidad para consumos residenciales entre 100 y 199 KWh, presentados en el Pliego Tarifario emitido por la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET) en el año 2018. Para ampliar en detalles ver **Anexo 1- 2 Ejemplo de pliego tarifario publicado durante el año 2018, según categoría tarifaria, bloque I, II y III, únicamente distribuidora Delsur. (Precios máximos).**

Para la determinación del cobro según lo mostrado en un recibo de energía eléctrica se toma en cuenta tres cargos los cuales son por distribución, por energía y por comercialización; los dos primeros son cargos variables de acuerdo con el consumo de las viviendas y el último es un cargo fijo. Con la información de los precios se procede a calcular el desembolso mensual para una vivienda con consumo promedio de 100 KWh.

Tabla 3- 21 Gasto mensual por energía eléctrica para una vivienda con consumo promedio 100 KWh mes

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Pago de energía	\$ 20.22	\$ 21.33	\$ 21.33	\$ 21.33	\$ 21.86	\$ 21.86	\$ 21.86	\$ 22.46	\$ 22.46	\$ 22.46	\$ 24.07	\$ 24.07	\$265.31

Elaborado por el equipo de investigación.

Para el cálculo de la información presentada en la tabla anterior, se multiplica el consumo promedio de la vivienda (100 KWh) por el cargo por distribución y por el cargo por energía bloque, el resultado de esta multiplicación se suma y a esto se le agrega la suma del cargo por comercialización, el cual es fijo. Como resultado se obtiene que para una vivienda con consumo promedio de 100 KWh, el propietario estaría realizando un desembolso en concepto de energía eléctrica de \$265.31 por año.

Pago de energía = (Cargo por distribución*100 KWh) + (Cargo por energía bloque*100 KWh) + cargo por comercialización

Como se ha venido mencionando como etapa final al proceso de instalación de un sistema solar fotovoltaico, se realiza una solicitud de conexión a la distribuidora con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en la Norma UPR, con lo cual legalmente el sistema podrá entrar en funcionamiento; siempre y cuando la solicitud sea aprobada por el distribuidor. En la tabla siguiente se muestran los desembolsos a realizar por dicho trámite según cada distribuidor.

En las **Tabla 3- 23**, pág.108, se establece el resumen de los desembolsos, la inversión y se resalta el ahorro estimado del 90% para una vivienda con consumo promedio de 100 KWh más el pago del 10% correspondiente a la distribuidora. Todo lo anterior para un período de tiempo de 25 años debido a que es la vida útil del sistema solar fotovoltaico.

El ahorro estimado lo obtenemos de multiplicar el pago de energía anual calculado en la **Tabla 3- 21**, pág.107 por el 90%; el resultado es \$238.78 lo cual sería el ahorro que tendría el propietario por año y de la vivienda durante la vida útil del sistema; sin embargo, no corresponde al ahorro real debido a que siempre se estará cancelando un 10% a la distribuidora. Para obtener el monto a cancelar a la distribuidora multiplicamos el pago de la energía mostrado en la **Tabla 3- 21**, pág.107 por el 10% y el resultado es de \$26.53. El monto real de ahorro sería el resultado de restar \$238.78 menos \$26.53 y el resultado corresponde al ahorro neto anual.

En el año cero se resume la inversión total correspondiente a la puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico el cual concierne a la suma del precio de la instalación del sistema más la solicitud de factibilidad, visita técnica y el cambio de medidor; el resultado es \$2,965.15, siendo este monto el desembolso total.

Tabla 3- 24 Período de recuperación de la inversión

Año	Flujo Neto	Flujo acumulado
0	-\$2,701.33	-\$ 2,701.33
1	\$ 212.25	-\$ 2,489.08
2	\$ 212.25	-\$ 2,276.83
3	\$ 212.25	-\$ 2,064.58
4	\$ 212.25	-\$ 1,852.33
5	\$ 212.25	-\$ 1,640.08
6	\$ 212.25	-\$ 1,427.83
7	\$ 212.25	-\$ 1,215.58
8	\$ 212.25	-\$ 1,003.33
9	\$ 212.25	-\$ 791.09
10	\$ 212.25	-\$ 578.84
11	\$ 212.25	-\$ 366.59
12	\$ 212.25	-\$ 154.34

Elaborado por el equipo de investigación.

Tabla 3-24 Período de recuperación de la inversión (continuación).

Año	Flujo Neto	Flujo acumulado
13	\$ 212.25	\$ 57.91
14	\$ 212.25	\$ 270.16
15	\$ 212.25	\$ 482.41
16	\$ 212.25	\$ 694.66
17	\$ 212.25	\$ 906.91
18	\$ 212.25	\$ 1,119.16
19	\$ 212.25	\$ 1,331.41
20	\$ 212.25	\$ 1,543.66
21	\$ 212.25	\$ 1,755.91
22	\$ 212.25	\$ 1,968.16
23	\$ 212.25	\$ 2,180.41
24	\$ 212.25	\$ 2,392.66
25	\$ 212.25	\$ 2,604.90

Elaborado por el equipo de investigación.

En la **Tabla 3- 24**, *pág.110*, se determina que sí la inversión total corresponde a \$2,965.15 y se estima un ahorro neto real de \$212.25 durante 25 años; la inversión se recuperaría en el año 13 y es a partir de este período donde el propietario de la vivienda obtendría sus beneficios como resultado de invertir en un sistema solar fotovoltaico para autoconsumo instalado a nivel residencial y conectado a la red.

CONCLUSIONES

Al finalizar el estudio de factibilidad para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial; se obtienen las siguientes conclusiones:

1. La implementación de proyectos solares fotovoltaicos a nivel residencial en el cantón Lourdes son factibles a nivel técnico; dado que la zona es privilegiada por tener óptimos niveles de radiación solar, las viviendas son nuevas y cuentan con una infraestructura adecuada, la generación de sombras se limita a la generada por el Volcán de San Salvador, lo que potencia la generación de electricidad a un coste razonable desde una perspectiva económica para las familias.
2. El desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos en la residencial Las Arboledas es rentable y generan beneficios a los habitantes, debido a que la inversión necesaria se estima en \$1,221.75, desembolso que se recupera al reducir el costo mensual en concepto de la factura eléctrica durante los años de vida útil del sistema fotovoltaico instalado.
3. El desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos a nivel residencial en el cantón Lourdes son viables a nivel legal debido a que no se requiere de permisos medioambientales para su implementación por encontrarse dentro de una categorización de impacto ambiental bajo, requiriendo previo a su ejecución una solicitud a la distribuidora Delsur.
4. No es factible técnica y legalmente la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial para aquellas viviendas con consumo menor a 100 KW/h mes, debido a las restricciones establecidas en la normativa UPR y a las especificaciones técnicas de los paneles e inversores solares que actualmente se están comercializando.
5. Los sistemas solares fotovoltaicos por instalar solo pueden abastecer la demanda interna de la vivienda al recibir un descuento por la electricidad promedio inyectada a la red y en ningún momento se podrá comercializar, a menos que se participe del mercado mayorista como APR o GDR.

RECOMENDACIONES

Al finalizar el estudio de factibilidad para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial; se obtienen las siguientes recomendaciones:

1. A los habitantes de la residencial Las Arboledas, a invertir en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en el techo de sus viviendas para que puedan abastecer su demanda interna de electricidad, reducir el gasto en concepto de su factura eléctrica y no verse afectados por las variaciones en el precio de la electricidad a nivel nacional.
2. A las instituciones del gobierno central en el ramo de electricidad y telecomunicaciones y demás poderes del Estado, a unificar esfuerzos para promover la ejecución de proyectos solares fotovoltaicos en las viviendas residenciales, asesorando y proporcionando líneas de crédito en el Banco de Desarrollo de El Salvador (BANDESAL).
3. A las empresas instaladoras de sistemas solares fotovoltaicos en el país, a facilitar planes de pago a los clientes interesados en el servicio de manera que se dinamice la demanda por este servicio.
4. A las empresas distribuidoras de energía eléctrica en el país, a facilitar el proceso de solicitud para la aprobación e interconexión entre sus redes y los sistemas solares fotovoltaicos a instalar por un interesado.
5. A los interesados de manera general en instalar un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial, a utilizar la línea de crédito que las diferentes instituciones financieras en el país otorgan para el financiamiento de este tipo de proyectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Internacional de Energía. (2019). *Agencia Internacional de Energía*. Obtenido de Electricidad: <https://www.iea.org/weo2018/electricity/>
- Alcaldía Municipal de Colón. (2016). *Alcaldía Municipal de Colón*. Obtenido de Historia del Municipio de Colón: https://www.colon.gob.sv/?page_id=176
- Alcaldía Municipal de Colón. (2018). *Ejecución Presupuestaria de Ingresos*. Colón: s.e.
- Anderson, D., Sweeney, D., & Williams, T. (2008). *Estadística para Administración y Economía*. México D.F.: CENGAGE Learning.
- Asamblea Legislativa de El Salvador. (1948, 27 de septiembre). *Ley de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Rio Lempa*. Sitio Web Asamblea Legislativa de El Salvador. Obtenido de <https://www.asamblea.gob.sv/leyes-y-decretos/busqueda-decretos>
- Asamblea Legislativa de El Salvador. (1996, 10 de Octubre). *Ley General de Electricidad*. Sitio web Asamblea Legislativa. Obtenido de <https://www.asamblea.gob.sv/leyes-y-decretos/busqueda-decretos>
- Asamblea Legislativa de El Salvador. (1996, 10 de Octubre). *Reglamento de la Ley General de Electricidad*. Sitio web Asamblea Legislativa. Obtenido de <https://www.asamblea.gob.sv/leyes-y-decretos/busqueda-decretos>
- Asamblea Legislativa de El Salvador. (2022, 21 de Diciembre). *Ley Integral del Sistema de Pensiones*. Sitio web Asamblea Legislativa. Obtenido de <https://www.asamblea.gob.sv/leyes-y-decretos/busqueda-decretos>
- Biomass Users Network. (2002). *Manuales sobre energía renovable: solar fotovoltaica*. San José: BUN-CA.

- CEPAL. (2017). *Estadísticas del Subsector Eléctrico de los países del Sistema de la Integración Centroamericana*. Ciudad de México: Naciones Unidas.
- CNE. (2013). *Instalación de sistemas solares sobre techos*. Sana Salvador: Equipo Maíz.
- CNE. (2019). *Portal para proyectos con energías renovables*. Obtenido de CNE: http://energiasrenovables.cne.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=78%3A2019-09-06-15-17-19&catid=7%3Anoticias&fbclid=IwAR2264o_k7iCospaulBNH2Ii0kq1yjMtuPhMpRS_bGeQy5MHZwvi3Q7x-gA
- Comité de Emergencia Municipal; Comisión de Mitigación. (2004). *Plan de Mitigación y Uso de Tierras en Colón*. Colón.
- Córdoba Padilla, M. (2011). *Formulación y evaluación de proyectos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Cortez, C., Menjivar, E., & Padilla, L. (2014). *Actualización del Mapa de Radiación Solar de El Salvador*. San Salvador: s.e.
- Enríquez Harper, G. (2012). *Instalaciones eléctricas domésticas convencionales y solares fotovoltaicas*. México: Limusa S.A. de C.V.
- Hernández M., F. (2011). *Estudio comparativo de los sistemas fotovoltaicos con inyección a la red monocristalino, policristalino y amorfo instalados en CEL*. San Salvador.
- Hernández, A., Suárez, A., & Villalobos, A. (2005). *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. México: International Thonsom Editores.
- Meza Orozco, J. d. (2013). *Evaluación financiera de proyectos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Salvador Escoda S.A. (2018). *Libro blanco de las energías renovables*. Barcelona: s.e.
- Sapag Chain, N., & Sapag C., R. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Bogotá: McGraw-Hill.

Schallenberg, J., Piernavieja, G., Hernández, C., Unamunzaga, P., García, R., Díaz, M., . . . Subiela, V. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Energética*. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.

SIGET. (2018). *Boletín de Estadísticas Eléctricas*. San Salvador.

Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET). (2011, 13 de Enero). *Norma Técnica de Interconexión Eléctrica y Acceso a usuarios Finales a la Red de Transmisión*. Sitio web SIGET. Obtenido de <https://www.siget.gob.sv/descargas/>

Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones. (2011, 22 de Julio). *Reglamento de Operación del Sistema de Transmisión y del Mercado Mayorista Basado en Costos de Producción*. Sitio web SIGET. Obtenido de <https://www.siget.gob.sv/descargas/>

Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones. (2013, 18 de Febrero). *Normas Sobre Procesos de Libre Concurrencia para Contratos de Largo Plazo Respaldados con Generación Distribuida Renovable*. Sitio Web SIGET. Obtenido de <https://www.siget.gob.sv/descargas/>

Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones. (2017, 11 de Octubre). *Norma Para Usuarios Finales Productores de Energía Eléctrica con Recursos Renovables*. Sitio web SIGET. Obtenido de <https://www.siget.gob.sv/descargas/>

Villasmil Prieto, H., Rodríguez Mejía, G., & Ciudad Reynaud, A. (2010). *Código de Trabajo de la República de El Salvador*. San José, Costa Rica: Sitio web OIT. Obtenido de https://www.ilo.org/dyn/travail/docs/1742/Cod_Trab_ElSalv%5B1%5D.pdf

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Agencia Internacional de Energía: es una organización internacional, creada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que busca coordinar las políticas energéticas de sus Estados miembros, con la finalidad de asegurar energía confiable, adquirible y limpia a sus respectivos habitantes.

Alta tensión: tensiones superiores a 36 Kv y es la energía que va de las centrales generadoras hasta las subestaciones.

Amperio: Es la medida de la intensidad de corriente eléctrica (intensidad eléctrica) que circula por un conductor. Los amperios sirven para saber la cantidad de energía, la cantidad de electrones, que circulan por ese conductor.

Auto-productor Renovable: son usuarios finales que producen energía para su propio consumo a partir de unidades de generación de energía basada en una fuente renovable no convencional ubicada en sus instalaciones y que eventualmente inyecta excedentes de energía a la red de distribución con la que se encuentra conectado, percibiendo una remuneración por kilovatio-hora de inyección neta.

Baja tensión: se emplea para consumir electricidad en los hogares para ello se debe transformar la media tensión a baja, a través de los transformadores.

Biogás: es la misma fuente que la biomasa, pero se diferencia en que la materia orgánica se convierte en otro energético (comúnmente gas metano) para ser utilizado como fuente de energía.

Biomasa: utiliza como fuente de energía, la materia orgánica no fosilizada, de origen vegetal o animal, producida durante un proceso biológico, espontáneo o provocado, la cual puede usarse directamente como combustible.

Capacidad Firme: es aquella potencia que una central o unidad generadora puede garantizar en condiciones críticas de abastecimiento y se determina con la metodología que se indica en el ROBCP.

Comisión Económica para América Latina (CEPAL): es una de las cinco comisiones regionales de las Naciones Unidas y su sede está en Santiago de Chile. Se fundó para contribuir al desarrollo económico de América Latina, coordinar las acciones encaminadas a su promoción y reforzar las relaciones económicas de los países entre sí y con las demás naciones del mundo.

Consejo Nacional de Energía (CNE): es la autoridad superior, rectora y normativa en materia de política energética. Tiene por finalidad el establecimiento de la política y estrategia que promueva el desarrollo eficiente del sector energético.

Consejo Mundial de la Energía: es un foro global para ideas innovadoras y compromisos tangibles con sede en Londres, Reino Unido. Su misión es la de promover el suministro y la utilización sostenible de la energía en beneficio de todos los pueblos.

Contratos de libre competencia o contratos de largo plazo: son aquellos que se adjudican y suscriben a través de procesos de libre competencia o procedimientos licitatorios supervisados por la SIGET mediante el cual una distribuidora efectúa una convocatoria pública, transparente y no discriminatoria a todo oferente interesado en que se le adjudique el suministro de potencia y energía. La curva de suministro de estos contratos es estandarizada e implican un compromiso de capacidad firme, excepto en el caso de los contratos de libre competencia respaldados con recursos renovables no convencionales.

Contratos de libre competencia respaldados con recursos renovables no convencionales: son una variante de contratos de libre competencia, cuya curva de suministro no es estandarizada, y no tienen el compromiso comercial de capacidad firme. Las unidades de generación renovable no convencional que respalden este tipo de contratos estarán comprometidas en su totalidad en los mismos, y las transacciones contractuales serán físicas; en consecuencia, toda la energía inyectada por las unidades generadoras comprometidas, será considerada vendida bajo los contratos que se suscriban con los PM Distribuidores como resultado de un proceso de licitación de contratos de libre

conurrencia, por lo que no se producirán desviaciones de inyección respecto a los compromisos contractuales.

Energía Geotérmica: utiliza el calor existente bajo la superficie terrestre, el cual puede ser transferido mediante convección, conducción y/o radiación.

Energía Hidráulica: energía que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinéticas y potencial existentes en los recursos hídricos de la corriente de los ríos, saltos de agua o mareas de los océanos.

Energías no renovables: son aquellas que se pueden agotar porque proceden de depósitos limitados como lo son las fuentes fósiles (petróleo, carbón, gas natural).

Energías renovables no convencionales: generación renovable cuya fuente de energía primaria es eólica, solar o biomasa.

Energía Solar fotovoltaica: Es la tecnología que usa la energía del sol para producir electricidad que alimenta aparatos eléctricos y alumbrado usando la luz del sol.

Generación Distribuida Renovable (GDR): aquellos que producen energía eléctrica por medio de unidades de generación de fuente renovable, conectadas directamente en la red de distribución eléctrica y con una capacidad instalada de hasta un máximo de 20 MW.

Japan International Cooperation Agency (JICA): es una institución independiente del Gobierno de Japón, responsable de la agenda de cooperación internacional y desarrollo del país.

Ley General de Electricidad (LGE): norma las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. Aplica para todas las entidades que desarrollen las actividades mencionadas, sean estas de naturaleza, pública, mixta o privada.

Media Tensión (MT): tensiones entre 1 y 36 Kv y es el transporte de la energía desde las subestaciones hasta las centrales transformadoras cercanas al centro de consumo.

Mercado de Contratos: A partir del 1 de agosto de 2011 se activaron los contratos de largo plazo suscritos por obligación legal por las empresas distribuidoras por medio de procesos de libre competencia, bajo la supervisión de SIGET.

Mercado Regulador del Sistema (MRS): basado en costos de producción, surge al mismo tiempo que el mercado de contratos, pero con características distintas. Permite comercializar la energía a precios variables, los que dependen de factores propios del sector como: demanda nacional, tasas de indisponibilidad, potencias máximas de cada central, entre otros.

Mercado Eléctrico Regional (MER): fue creado dentro del ámbito del Sistema de Integración Centroamericana (SICA), específicamente por medio del Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central, con la idea que un mercado eléctrico regional, sustentado en la interconexión de los sistemas eléctricos de los países, promueve el desarrollo de la industria eléctrica en beneficio de todos sus habitantes.

Participante del Mercado (PM): operador o usuario final que cumpliendo con los requisitos de Ley realiza transacciones comerciales a través de la Unidad de Transacciones del Mercado Mayorista.

Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH): son instalaciones de agua fluyente, lo que quiere decir que generan electricidad mientras tienen un caudal superior a un mínimo técnico (según instalación) y se paran cuando el caudal baja ese nivel.

Plan Maestro para el Desarrollo de Energías Renovables: Estudio que dio inicio en marzo del año 2010, de acuerdo con una solicitud hecha por el gobierno de El Salvador al gobierno de Japón para la formulación de un plan maestro de energías renovables en El Salvador, que incluyera la determinación de los potenciales de cada fuente de energía y la preparación de los lineamientos necesarios para la promoción de las energías renovables.

PM Comercializador: entidad que compra la energía eléctrica a otros operadores con el objeto de venderla. También, hacen transacciones de compraventa de energía a nivel regional.

PM Distribuidor: entidad poseedora y operadora de instalaciones cuya finalidad es la entrega de energía eléctrica en redes de baja y media tensión.

PM Generador: poseen centrales de producción de energía eléctrica y la comercializan en forma total o parcial.

PM Transmisor: entidad poseedora de instalaciones destinadas al transporte de energía eléctrica en redes de alta tensión, que comercializa sus servicios.

Política Energética Nacional (PEN): se enfoca en realizar una serie de acciones que buscan reducir el consumo de energía mediante la aplicación de medidas de eficiencia energética y reducir el consumo de productos derivados del petróleo.

Proceso de Libre Concurrencia: procedimiento licitatorio mediante el cual una distribuidora efectúa una convocatoria pública, transparente y no discriminatoria, a todo oferente interesado en que se le adjudique el suministro de energía eléctrica con forme a la magnitud, oportunidad y plazos establecidos en las bases de licitación.

Red de Distribución: es el conjunto integrado de equipos de transporte de energía eléctrica en bajo voltaje.

Red de Transmisión: es el conjunto integrado de equipos de transporte de energía eléctrica en alto voltaje.

Reglamento de Operación Basado en Costos de Producción: reglamento que contiene las normas y procedimientos para la operación del sistema de transmisión y para la administración de las transacciones del Mercado Mayorista de energía eléctrica de El Salvador considerando las transacciones con el Mercado Eléctrico Regional.

Sistema de Integración Centroamericana: tiene como propósito la integración de Centroamérica, para constituirlo en una región de paz, libertad, democracia y desarrollo. Lo integran Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Belice y República dominicana.

SWERA: proyecto de evaluación del potencial de energía eólica y solar coordinado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y apoyado financieramente por el Fondo Para el Medio Ambiente Mundial. En el documento se presentan las estimaciones de mapas de radiación solar, brillo solar (horas de luz solar) y de potencial eólico para El Salvador.

Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET): es la entidad competente para aplicar las normas sobre electricidad y telecomunicaciones y sus reglamentos, así como para conocer del incumplimiento de estas.

Términos y Condiciones Generales al Consumidor Final: establece los procedimientos a seguir tanto por los distribuidores como por los usuarios finales, en lo referente a contratos de suministro, categorías tarifarias, garantías, requerimientos de instalación, medición y facturación del servicio del suministro de energía eléctrica en EL Salvador.

Unidades generadoras renovables no convencionales: unidades generadoras renovables cuya fuente de energía primaria es eólica, solar, biomasa o mareomotriz.

Usuario Final: es quien compra la energía eléctrica para uso propio.

Usuario Final Productor Renovable (UPR): es aquel usuario final que instala una unidad de producción de energía eléctrica basada en una fuente renovable con el único objeto de abastecer su demanda interna, y que, bajo una condición temporal y excepcional, por un periodo corto de tiempo podría inyectar excedente de energía a la red de distribución eléctrica sin fines comerciales.

Voltio (V): son la unidad de medida de la tensión de un circuito eléctrico, es decir, la variación de potencial.

Watts (W): designan potencia, es decir, la energía liberada o absorbida por unidad de tiempo.

1000 W/m² = corresponde con el valor de irradiancia estándar empleado para definir la capacidad de un panel fotovoltaico.

ANEXOS

Anexo 1- 1 Demanda de energía total (GWH)

Año	Inyección Nacional	Var. %	Exportación	Var. %	Importación	Var. %	Importación Neta	Var. %	Inyección Neta Nacional	Var. %	Pérdidas en Transmisión	Demanda Total	Var. %
2014	5793		207.8		588.5		380.7		6168.7		101.74	6067	1.1
2015	5522.58	-4.7	64.22	-69.1	963.44	63.7	899.22	136.2	6421.8	4.1	111.32	6310	4.0
2016	5481.46	-0.7	77.44	20.6	1065.66	10.6	988.22	9.9	6469.68	0.7	118.49	6351	0.7
2017	4878.7	-11.0	89.61	15.7	1674.86	57.2	1585.25	60.4	6463.95	-0.1	120.04	6343	-0.1
2018	4778.51	-2.1	64.83	-27.7	1824.1	8.9	1759.26	11.0	6537.77	1.1	118.42	6419	1.2

Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas (2018).

Anexo 1- 2 Ejemplo de pliego tarifario publicado durante el año 2018, según categoría tarifaria, bloque I, II y III, únicamente distribuidora Delsur. (Precios máximos).

Cargos	Del 1 al 14 de enero	15 enero – 14 abril	15 abril – 14 julio	15 julio – 14 octubre	15 octubre – 31 diciembre
Consumos \leq 99 KWh/mes					
Cargo de comercialización (cargo fijo)	0.974767	0.951969	0.951969	0.951969	0.951969
Cargo de Energía (cargo variable)	0.133479	0.144254	0.149586	0.155554	0.171673
Cargo de distribución (cargo variable)	0.049806	0.050040	0.050040	0.050040	0.050040
Consumos \geq 100 y \leq 199 KWh/mes					
Cargo de comercialización (cargo fijo)	0.974767	0.951969	0.951969	0.951969	0.951969
Cargo de Energía (cargo variable)	0.132766	0.143842	0.149159	0.155129	0.171201
Cargo de distribución (cargo variable)	0.059667	0.059948	0.059948	0.059948	0.059948
Consumos \geq 200 KWh/mes					
Cargo de comercialización (cargo fijo)	0.974767	0.951969	0.956919	0.951969	0.951969
Cargo de Energía (cargo variable)	0.132556	0.143435	0.148695	0.154722	0.170759
Cargo de distribución (cargo variable)	0.069997	0.070325	0.070325	0.070325	0.070325

Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas (2018)

Anexo 1- 3 Empresas generadoras renovables, 2018.

Generador	Tipo	Capacidad Instalada	
		MW	%
Guajoyo	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	19.8	3.4%
Cerrón Grande		172.8	30%
5 de Noviembre		180.09	31%
15 de Septiembre		180	31%
De Matheu	PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	1.45	3.9%
Juayua		2.47	
Papaloate		2	
Sesunapán		2.8	
Venecia y Prusia		0.7	
CECSA		12.9	
SABES (Miracapa, Junquillo y El Calambre)		0.1	
Total Hidráulicas		575.1	100%
Ahuachapán	CENTRALES GEOTÉRMICAS	95	46%
Berlín		109.4	54%
Total Geotérmicas		204.4	100%
CASSA	PLANTAS DE BIOMASA	123.4	7%
Ingenio El Angel		95.3	5%
Ingenio La Cabaña		30	2%
Ingenio Jiboa		44.9	2%
Total Biomasa		293.6	100%

Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas (2018)

Anexo 1-3 Empresas generadoras renovables, 2018.

Generador	Tipo	Capacidad Instalada	
		MW	%
Providencia Solar	CENTRAL FOTOVOLTAICA	60	36%
Asocio Grupo Arquero-Delfos	PEQUEÑAS CENTRALES FOTOVOLTAICAS	1.2	64%
Bósforo		30	
Central American Energy Group		3.9	
Ectropa		0.1	
Hasbun Hasbun		0.1	
Hilcasa Energy		7.5	
Inversiones y Desarrollos Energéticos		2.9	
Parque solar Cangrejera		1.2	
Potenza		10	
Solar Internacional		1.2	
Solaris Energy		0.8	
Zona Franca San Bartolo		0.3	
Helios Energys		0.3	
Castella		0.01	
MAG		0.25	
F. Peña Moreno		0.4	
Indufoam		2.6	
Saram		0.1	
AES Nejapa (Moncagua)		2.5	
Providencia Solar (Spica)		19.8	
Three Energy Copr.	0.4		
Proyecto La Trinidad	8.6		
Otros	12.3		
Total Fotovoltaico		166.5	100%

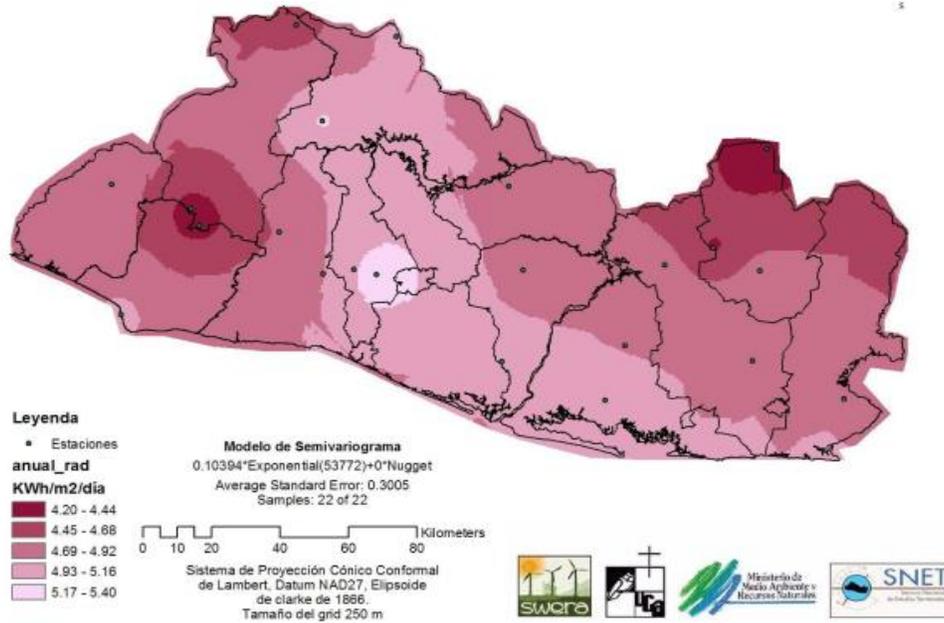
Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas (2018)

Anexo 1-3 Empresas generadoras renovables, 2018.

Generador	Tipo	Capacidad Instalada	
		MW	%
Agrosania	PEQUEÑAS CENTRALES DE BIOGÁS	0.15	2%
AES-Nejapa Gas		6.4	93%
ONZA - Biodigestor San Ramón		0.3	4%
Total Biogás		22.4	100%

Fuente: Boletín de Estadísticas Eléctricas (2018)

Anexo 1- 4 Mapa de Radiación Solar Promedio Anual, Proyecto SWERA



Fuente: Proyecto SWERA, octubre 2005.

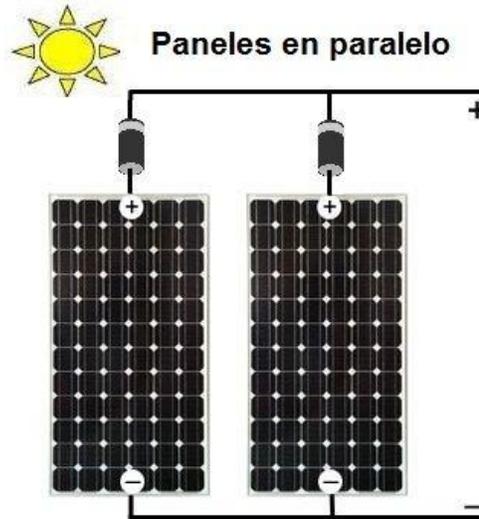
Anexo 1- 5 Mapa de Radiación Solar Promedio Anual, Observatorio del MARN



Fuente: Actualización del mapa de radiación solar de El Salvador, noviembre 2014.

Anexo 1- 6 conexión en serie y en paralelo de paneles.

- **Conexión en paralelo:** la conexión en paralelo implica conectar las terminales positivas, ya sea de un módulo o de una cadena de módulos; y lo mismo se hace con las terminales negativas que se deben conectar entre sí. La conexión en paralelo aumenta la corriente del arreglo.



Fuente: obtenido de <https://eliseosebastian.com/conexion-entre-paneles-solares-fotovoltaicos/>

- **Conexión en serie:** los módulos están conectados en serie con otros módulos conectando los conductores entre la terminal negativa de un módulo a la terminal positiva del otro y así sucesivamente dependiendo el tamaño del arreglo fotovoltaico. La conexión en serie aumenta el voltaje del arreglo.



Fuente: obtenido de <https://eliseosebastian.com/conexion-entre-paneles-solares-fotovoltaicos/>

Anexo 1- 7 proyectos de generación solar fotovoltaica para autoconsumo instalados en El Salvador

Se aclara que se desconoce la fecha en que se actualizó el sitio web del CNE donde aparecen publicados los proyectos mostrados a continuación; sin embargo, la consulta por parte del equipo de investigación se llevó a cabo el día 17 de noviembre de 2019.

Solar Fotovoltaica	Ubicación	Capacidad (kW)
Sistemas aislados domésticos		270
DISZASA	Santa Tecla	88.6
DISZASA segunda fase	Santa Tecla	300
Campamento base de EE. UU.	La paz	91 + 9
Mónica Herrera (Escuela de comunicaciones)	San Salvador	60
Asamblea Legislativa	San Salvador	7.92
Asamblea Legislativa Eficicio Comisiones	San Salvador	90.2
Planta UNITAPE	Sonsonate	90
Showroom UNITAPE	Sonsonate	30
Súper de Todos	Usulután	12.96
Oficinas de TECNOSOLAR	San Salvador	5.16
Teatro de Sushitoto	Suchitoto	13
Edificio Administrativo CEL	San Salvador	24.57
Escuela Alemana, San Salvador	San Salvador	20
Ministerio de Hacienda	San Salvador	24
Defensoría del Consumidor	San Salvador	6
INTRADESA	Soyapango	683.2
Centro Comercial Las Palmas Fase I	La Libertad	100
Centro Comercial Las Palmas-Viseras	La Libertad	11
Sitio Recreativo Lago de Coatepeque	Santa Ana	1.63
Granja ecológica Santo Domingo	San Salvador	2.48
Oficinas Administrativas de FUNDE	San Salvador	1.63
Oficinas administrativas de SEESA	San Salvador	2.17
La Hacienda San Jose Villanueva	La Libertad	2.02
Universidad de El Salvador	San Salvador	2.1
Supertienda San Carlos	San Rafael Cedros	6
Universidad Politécnica	San Salvador	0.7
FUSADES	San Salvador	98
Asociación Salvadoreña de Industriales	San Salvador	4.14
Fabricas Expor Salva	Santa Ana	106
ILEA	La Libertad	98.8
Bodega Impresa Repuestos	Apopa	108
ITCA-FEPADE	La Libertad	2.7
Ferretería Vidrí Santa Ana 1	Santa Ana	151.2
Ferretería Vidrí Santa Ana 2	Santa Ana	21.6
Ferretería Vidrí Venezuela	San Salvador	79.2
AVX El Salvador	San Salvador	358.8
Bordados VIDES	San Salvador	4.41

**Anexo 1-7 proyectos de generación solar fotovoltaica para autoconsumo instalados en
El Salvador**

Solar Fotovoltaica	Ubicación	Capacidad (kW)
Hotel Montaña Perkin Lenca	Morazan	9
Hilcasa Bodega de Hilos	San Salvador	888
Inquisalva	San Salvador	125.47
Super Selectos Santa Elena	San Salvador	100
Impressa San Miguel	San Miguel	22.2
Impressa Oficinas Administrativas	San Salvador	22.2
Impressa Gerardo Barrios	San Salvador	29.6
Ciudadela Don Bosco	San Salvador	56
Laboratorio Universidad Don Bosco	San Salvador	3
Hotel Sheraton Presidente	San Salvador	443.3
ASFALCA	Armenia	15
Restaurante La Pradera	San Miguel	23
Super Selectos La Sultana	San Salvador	195.30
Super Selectos San Luis	San Salvador	234.36
Super Selectos Miralvalle	San Salvador	133.92
Super Selectos Masferrer	San Salvador	200.88
Super Selectos La Mega	San Salvador	267.84
Industrias Gigante	Santa tecla	64
Industrias Plasticas IPSA	San Salvador	40
AES el Jalacatal	San Miguel	50
AES División Técnica	San Salvador	150
Avícola Campestre	San Miguel	260
Sykes 1	San Salvador	80.90
Sykes 2	San Salvador	61.74
Sykes 3	San Salvador	60.48
Arrocera San Francisco	San Salvador	20
Casa Parroquial El Rosario	Chalatenango	2.48
Frutaleta Grupo HASGAL	San Salvador	50
Ingenio El Angel	San Salvador	1071
Hotel Playa El Sunzal	La Libertad	2
HOLCIM	San Salvador	12
Grupo Samix	San Salvador	40
Centro Comercial El Paseo	San Salvador	469
SEESA sala de ventas	San Salvador	3
Techno Screen	San Salvador	117
Colegio Salesiano San Jose	Santa Ana	30
Universidad Francisco Gavidia	San Salvador	784.4
Centro Comercial Las Palmas Fase II	La Libertad	102.6

**Anexo 1-7 proyectos de generación solar fotovoltaica para autoconsumo instalados en
El Salvador**

Solar Fotovoltaica	Ubicación	Capacidad (kW)
Banco Centroamericano de Integración Económica	San Salvador	42.84
Avicola Campestre fase 3	San Miguel	1,000
Grupo Miguel	San Juan Opico	1,000
Museo Tin Marín	San Salvador	60
Gasolinera Alba Bernal	San Salvador	14.88
Gasolinera Alba Masferrer	San Salvador	20
Plaza Mundo	Soyapango	450
Banco Agrícola - Centro de Operaciones	San Salvador	84
American Industrial Park 1	Ciudad Arce	3,900
Multiplaza	Antiguo Cuscatlan	796
Sivar Brewing Company	Antiguo Cuscatlan	58.5
Dizucar	San Salvador	100
Hotel Real Intercontinental	San Salvador	360
Inversiones Servygran S.A. de C.V.	Acajutla	40
Gasolinera Alba 25 Av. Norte	San Salvador	6
Embajada de Francia	San Salvador	6
Gasolinera UNO Santa Elena	La Libertad	10
Drogueria Americana S.A. de C.V.	La Libertad	20
Publimovil	San Salvador	30
Distribuidora Morazán	San Salvador	72
Gasolinera TEXACO El Angel	San Salvador	20
Frontera La Hachadura	Ahuachapán	54
Frontera El Amatillo	La Unión	30
ASPESCU	San Miguel	20
Gasolinera UNO Las Arboledas	La Libertad	10
D'Empaque Santa Tecla	La Libertad	27
SISCO Santa Tecla	La Libertad	72
TOTO S.A. de C.V.	La Libertad	390

**Anexo 1-7 proyectos de generación solar fotovoltaica para autoconsumo instalados en
El Salvador**

Solar Fotovoltaica	Ubicación	Capacidad (kW)
Industria de Hilos, S.A. de C.V.	San Salvador	750
Ferretería Vidrí Merliot	La Libertad	100
Ferretería Vidrí San Benito	San Salvador	100
Ferretería Vidrí Constitución	San Salvador	90
Ferretería Vidrí San Miguel	San Miguel	72
Pettenati	La Libertad	1,000
Industrias Lácteas San José	San Salvador	30
Intradesa Oficinas	Soyapango	100
Escuela Hossana	Santa Ana	5
Aeropuerto Internacional (Parqueo VIP)	La Paz	500
Flexibodegas, .S.A de C.V.	San Salvador	20
Ferretería Vidrí Soyapango	San Salvador	15
Inversiones San Bart	San Salvador	12
Textufl San Jorge	San Salvador	300
Textufl Oerlikon	San Salvador	250
TEXSAL, S.A. de C.V.	San Salvador	5
Banco de America Central 1	San Salvador	25
Banco de America Central 2	San Salvador	25
Banco de America Central 3	San Salvador	25
MARQUI, S.A. DE C.V.	San Salvador	9
MOREA, S.A. DE C.V.	San Salvador	10
RICARDO HERNANDEZ, S.A. DE C.V.	San Salvador	10
TRAKAI, S.A. DE C.V.	San Salvador	5
Talpa Solar - Aeropuerto de El Salvador	La Paz	4,500
Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer	San Salvador	380
Texaco Chalchuapa - Grupo NSV	Chalchuapa	10
Texaco San Nicolas Lempa - Grupo NSV	Tecoluca	20
Texaco La Skina - Grupo NSV	Santa Tecla	10
TIGO Campus Corporativo	Santa Tecla	360
Almacena	Colón	480

Fuente: obtenido de

http://energiasrenovables.cne.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=37&Itemid=65&fbclid=IwAR1lh21jbbpZMCqCJt_vqJZRIeM7jL4-iTokFSGhguFi8u0ICsMSjIhiFc.

Anexo 2- 1 estructura de entrevista realizada a ingeniero Oscar Funes Engelhard; propietario y director de la compañía Enersys solar S.A de C.V.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS



Objetivo de entrevista: recopilar información de la demanda, oferta, precios, comercialización y aspectos técnicos sobre los sistemas solares fotovoltaicos para uso residencial.

I. Información general sobre Enersys Solar S.A. de C.V.

Objetivo: conocer el año de inicio de operaciones de Enersys Solar

1. ¿Cuándo inició operaciones Enersys Solar?

Objetivo: conocer el tiempo que tiene Enersys Solar instalando sistemas solares fotovoltaicos

2. ¿Cuántos años tiene la empresa instalando sistemas solares fotovoltaicos?

Objetivo: determinar el mercado objetivo de Enersys Solar

3. ¿Cuál es el mercado objetivo de Enersys Solar?

Objetivo: conocer el servicio que brinda el entrevistado

4. ¿En qué consiste el servicio que brinda?

Objetivo: conocer si el entrevistado concede garantías a sus clientes

5. ¿Ofrece garantías a sus clientes?

Objetivo: determinar el mercado que cubre Enersys Solar

6. ¿Las operaciones de Enersys Solar cubren el mercado nacional o también opera a nivel regional?

Objetivo: determinar el medio de comunicación utilizado por Enersys Solar para dar a conocer sus servicios a los clientes

7. ¿Cuál es el medio que utiliza con mayor frecuencia para dar a conocer sus servicios a los clientes?

II. Información relacionada a la demanda

Objetivo: conocer si se ha incrementado la demanda en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos para autoconsumo a nivel residencial en El Salvador en los últimos 10 años

8. ¿Considera que ha incrementado la demanda en la instalación de sistemas fotovoltaicos para autoconsumo a nivel residencial en El Salvador, en los últimos 10 años?

Objetivo: conocer la tendencia de la demanda para los próximos 10 años

9. Con relación a la pregunta anterior ¿Cómo considera la tendencia de la demanda para los próximos 10 años?

Objetivo: determinar la proporción de aumento o disminución para la demanda en los próximos 10 años

10. ¿Cuál es el porcentaje de aumento o disminución que estima para la demanda en los próximos 10 años (proyectos residenciales e industriales)?

Objetivo: conocer el tipo de instalación que ha sido mayormente demandada en los últimos 10 años

11. ¿Qué tipo de instalación ha representado mayor demanda entre los sistemas fotovoltaicos residenciales e industriales en los últimos 10 años?

Objetivo: conocer el tipo de instalación que será mayormente demandada en los próximos 10 años

12. Con relación a la pregunta anterior, ¿Qué tipo de instalación estima que representará mayor demanda para los próximos 10 años?

Objetivo: determinar la cantidad de sistemas fotovoltaicos instalados en los últimos 10 años

13. ¿Cuántos sistemas fotovoltaicos a nivel residencial e industrial ha instalado en los últimos 10 años?

Objetivo: conocer los departamentos del país donde el entrevistado a instalado sistemas solares fotovoltaicos

14. ¿En qué departamentos del país ha instalado sistemas solares fotovoltaicos?

Objetivo: conocer el departamento donde se han instalado más sistemas fotovoltaicos a nivel residencial e industrial

15. Tomando en cuenta los últimos 10 años, ¿En qué departamento ha instalado el mayor número de sistemas fotovoltaicos conectados a la red a nivel residencial e industrial?

III. Información relacionada a la oferta

Objetivo: determinar las empresas que el entrevistado conoce que brindan el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial e industrial en El Salvador

16. ¿Conoce las empresas que brindan el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial e industrial en El Salvador? Sí es así, ¿Cuáles son las empresas que conoce o ha escuchado?

Objetivo: determinar las empresas que el entrevistado conoce que brindan el servicio de distribución de componentes y accesorios para sistemas solares fotovoltaicos en El Salvador

17. ¿Conoce las empresas que brindan el servicio de distribución de componentes y accesorios para sistemas solares fotovoltaicos en El Salvador? Si es así, ¿Cuáles son las empresas que conoce o ha escuchado?

Objetivos: determinar en cuánto se ha incrementado la oferta del servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos en los últimos 10 años, en El Salvador

18. ¿Considera que se ha incrementado el número de empresas que ofertan el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos en los últimos 10 años? Si es así, ¿En cuánto estima el incremento de la oferta?

Objetivo: conocer los tipos de paneles que instala y comercializa el entrevistado

19. Según el material de fabricación, un panel puede diferenciarse entre monocristalino, policristalino y de silicio amorfo. De acuerdo con lo anterior, ¿Qué tipo de paneles utiliza y distribuye en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos?

Objetivo: determinar el tipo de panel que ha comercializado con mayor frecuencia en los últimos 10 años, el entrevistado y los motivos para dicha decisión

20. De acuerdo con la pregunta anterior, ¿Cuál es el tipo que ha utilizado con más frecuencia en los últimos 10 años y cuál ha sido el motivo que lo ha llevado a utilizar ese tipo de panel y no otro?

Objetivo: conocer el tipo de panel que ha sido más utilizado en las instalaciones de sistemas solares fotovoltaicos en El Salvador, en los últimos 10 años

21. Según su experiencia ¿Cuál considera que ha sido el tipo de panel que más se ha utilizado en las instalaciones de sistemas solares fotovoltaicas en El Salvador, en los últimos 10 años?

Objetivo: conocer las marcas de paneles e inversores que ha distribuido el entrevistado, en los últimos 10 años

22. ¿Cuál es la marca de paneles e inversores que ha distribuido en los últimos 10 años?

Objetivo determinar las marcas de paneles e inversores que se comercializan en el mercado salvadoreño

23. Según su experiencia ¿Cuáles son las marcas de paneles e inversores que se comercializan en el mercado salvadoreño?

IV. Información relacionada al precio

Objetivo: determinar el costo aproximado para una instalación fotovoltaica de una vivienda, con un consumo promedio de 75 KW/h en los últimos 6 meses, ubicada en el municipio de Colón, la distribuidora de electricidad es DelSur y para una vivienda ubicada en el mismo lugar y con los mismos datos, pero con un consumo promedio de 150 KW/h en los últimos 6 meses.

24. ¿Cuál es el costo aproximado para una instalación fotovoltaica de una vivienda, con un consumo promedio de 75 KW/h en los últimos 6 meses, ubicada en el municipio de Colón, la distribuidora de electricidad es DelSur, y para una vivienda ubicada en el mismo lugar y con los mismos datos, pero con un consumo promedio de 150 KW/h en los últimos 6 meses?

Objetivo: conocer si se ha disminuido la inversión total en la instalación de sistemas fotovoltaicos, en los últimos 10 años en el país y en qué proporción

25. ¿Considera que se ha disminuido la inversión total necesaria para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en el país, en los últimos 10 años? Si es así, ¿En qué proporción estima que se ha disminuido?

Objetivo: conocer la tendencia de los precios para los próximos 10 años

26. ¿Considera que los precios seguirán disminuyendo en los próximos 10 años? Si es así, ¿En qué proporción estima la disminución?

Objetivo: conocer los desembolsos en los que se incurre para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red, a nivel residencial y para autoconsumo

27. ¿Cuáles son los costos en los que se incurre para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red, a nivel residencial y para autoconsumo?

Objetivo: determinar las variables que pudieran incrementar la inversión en la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial

28. De acuerdo con la pregunta anterior, ¿Cuáles son las variables que pudieran causar un incremento en la inversión?

Objetivo: conocer el tipo de mano de obra necesaria en la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial

29. ¿Con qué tipo de experiencia o formación debe de contar la mano de obra necesaria para la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial y para autoconsumo?

Objetivo: determinar el costo por hora/día de la mano de obra necesaria para la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial

30. Con relación a la pregunta anterior ¿Cuál es el costo por hora/día aproximado de la mano de obra? Y, ¿Qué proporción representa con relación a la inversión total?

Objetivo: conocer el precio unitario aproximado para un panel monocristalino en El Salvador

31. ¿Cuál es el precio aproximado para un panel monocristalino en El Salvador?

Objetivo: conocer el precio unitario aproximado para un panel policristalino en El Salvador

32. ¿Cuál es el precio aproximado para un panel policristalino en El Salvador?

Objetivo: conocer el precio unitario aproximado para un panel de silicio amorfo en El Salvador

33. ¿Cuál es el precio aproximado para un panel de silicio amorfo en El Salvador?

Objetivo: conocer el precio unitario aproximado de un inversor en El Salvador

34. ¿Cuál es el precio aproximado de un inversor en El Salvador?

Objetivo: conocer el precio unitario aproximado de un medidor bidireccional en El Salvador

35. ¿Cuál es el precio aproximado de un medidor bidireccional en El Salvador?

Objetivo: conocer el precio unitario aproximado de una batería fotovoltaica en El Salvador

36. ¿Cuál es el precio aproximado de una batería para sistemas solares fotovoltaicos en El Salvador?

V. Información relacionada a la comercialización

Objetivo: determinar la frecuencia con que el entrevistado realiza pedidos a sus proveedores

37. ¿Con qué frecuencia realiza pedidos a sus proveedores de los diferentes accesorios e insumos utilizados para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos

Objetivo: conocer el tiempo que tardan los accesorios importados en llegar al país

38. ¿Cuál es el tiempo aproximado de llegada al país de un pedido de paneles, inversores o demás accesorios importados? Y, ¿De qué país provienen?

Objetivo: conocer la proporción de los proveedores nacionales e internacionales del entrevistado

39. De los proveedores, ¿Qué proporción representan los nacionales y que los internacionales?

Objetivo: conocer si el entrevistado concede crédito a sus clientes

40. De acuerdo con el servicio que brinda, ¿les facilita crédito a sus clientes?

Objetivo: determinar si en El Salvador el sistema bancario proporciona crédito para proyectos solares fotovoltaicos a nivel residencial y las instituciones que lo hacen

41. ¿Conoce si el sistema bancario del país concede créditos para proyectos solares fotovoltaicos a nivel residencial? Si es así ¿Cuáles son las instituciones financieras que usted conoce?

VI. Información técnica

Objetivo: determinar los requisitos necesarios para la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial

42. ¿Cuáles son los requisitos para la instalación de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red a nivel residencial?

Objetivo: conocer el proceso para la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial

43. ¿Cuál es el proceso que se lleva a cabo para instalar un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial? Detalle paso a paso.

Objetivo: conocer el tiempo aproximado para la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial

44. ¿Cuál es el tiempo aproximado de duración para la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial?

Objetivo: conocer el proceso de ahorro energético de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red y para autoconsumo a nivel residencial y el porcentaje de ahorro mensual aproximado

45. Desde el marco regulatorio, ¿Cómo funciona el proceso de ahorro energético? Y ¿A cuánto asciende el porcentaje de ahorro mensual aproximado para la instalación de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red y para autoconsumo a nivel residencial?

Anexo 2- 2 resultados de la entrevista

La información que se presenta en las siguientes tablas, obedece a los apuntes del grupo de investigación, con la ayuda de una guía de entrevista que ha sido expuesta en el Anexo 2-1.

I. Información general sobre Enersys Solar	
Pregunta	Respuesta
1. ¿Cuándo inició operaciones Enersys Solar?	Legalmente en diciembre del año 2014
2. ¿Cuántos años tiene la empresa instalando sistemas solares fotovoltaicos?	5 años
3. ¿Cuál es el mercado objetivo de Enersys Solar?	Son las empresas y los individuos que quieren ahorrar en su factura eléctrica
4. ¿En qué consiste el servicio que brinda?	Diagnosticar los perfiles de consumo de las empresas y con base a eso, diseñar e implementar soluciones de eficiencia energética y energía renovable, que les permita tener ahorros significativos en su consumo eléctrico.
5. ¿Ofrece garantías a sus clientes?	Garantías hay de dos tipos, la primera es por los equipos que se instalan y la segunda por la generación eléctrica que los equipos instalados dan.
6. ¿Las operaciones de Enersys Solar cubren el mercado nacional o también opera a nivel regional?	La base de operaciones es El Salvador, pero se tienen empresas formadas en Guatemala y se puede operar en cualquier otro país de la región y se está a punto de abrir en Costa Rica.
7. ¿Cuál es el medio que utiliza con mayor frecuencia para dar a conocer sus servicios a los clientes?	Normalmente se utilizan las redes sociales, revistas y eventos de la industria, pero de manera particular se utiliza Facebook.
II. Información relacionada a la demanda	
Pregunta	Respuesta
8. ¿Considera que ha incrementado la demanda en la instalación de sistemas fotovoltaicos para autoconsumo a nivel residencial en El Salvador, en los últimos 10 años?	Si, se ha incrementado la demanda
9. Con relación a la pregunta anterior ¿Cómo considera la tendencia de la demanda para los próximos 10 años?	La demanda va a seguir incrementándose para los próximos 10 años
10. ¿Cuál es el porcentaje de aumento o disminución que estima para la demanda en los próximos 10 años (proyectos residenciales e industriales)?	La demanda se incrementará en 20% anual los primeros 5 años y después, el crecimiento se volverá más plano, el crecimiento bajará a 4% anual.
11. ¿Qué tipo de instalación ha representado mayor demanda entre los sistemas fotovoltaicos residenciales e industriales en los últimos 10 años?	La instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel industrial ha representado mayor demanda y actualmente se ha disparado su crecimiento.

Anexo 2-2 resultados de la entrevista

II. Información relacionada a la demanda	
Pregunta	Respuesta
12. Con relación a la pregunta anterior, ¿Qué tipo de instalación estima que representará mayor demanda para los próximos 10 años?	Habrà un cambio. Se espera que para los próximos 4 años siga creciendo la demanda en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel industrial. Los residenciales, se espera comiencen a crecer a partir del presente año y dentro de 4 años va a ser el cambio en la tendencia. Bajarà la demanda en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel industrial y se incrementarán las instalaciones a nivel residencial.
13. ¿Cuántos sistemas fotovoltaicos a nivel residencial e industrial ha instalado en los últimos 10 años?	Un aproximado de entre 60-70 sistemas solares fotovoltaicos, principalmente, a nivel industrial.
14. ¿En qué departamentos del país ha instalado sistemas solares fotovoltaicos?	Se han instalado en Santa Ana, Sonsonate, La Libertad, San Salvador y La Paz.
15. Tomando en cuenta los últimos 10 años, ¿En qué departamento ha instalado el mayor número de sistemas fotovoltaicos conectados a la red a nivel residencial e industrial?	El mayor número de instalaciones se han hecho en el departamento de La Libertad.
III. Información relacionada a la oferta	
Pregunta	Respuesta
16. ¿Conoce las empresas que brindan el servicio de <i>instalación</i> de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial e industrial en El Salvador? Sí es así, ¿Cuáles son las empresas que conoce o ha escuchado?	Sí. Las empresas que conoce son AES, Solaire, Omnisport, TecnoSolar y Anvance Energy, son las más grandes.
17. ¿Conoce las empresas que brindan el servicio de distribución de componentes y accesorios para sistemas solares fotovoltaicos en El Salvador? Si es así, ¿Cuáles son las empresas que conoce o ha escuchado?	En ese sentido, solo Enersys Solar distribuye componentes y accesorios, de ahí ninguna otra empresa.

Anexo 2-2 resultados de la entrevista

III. Información relacionada a la oferta	
Pregunta	Respuesta
18. ¿Considera que se ha incrementado el número de empresas que ofertan el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos en los últimos 10 años? Si es así, ¿En cuánto estima el incremento de la oferta?	No. Lejos de eso se ha contraído la oferta, debido a la economía de escala, que mata a la competencia porque para traer paneles solares hay que hacerlo en grandes cantidades para que sea rentable y hay empresas que no tienen esa capacidad, no cuentan con el capital necesario y cuando quieren competir con las empresas que, si tienen la capacidad, es cuando quiebran. Este negocio es de pocos en el país, los que estamos nos vamos a quedar y posiblemente entren un par de empresas más pero no va a ser un gran crecimiento de instaladores.
19. Según el material de fabricación, un panel puede diferenciarse entre monocristalino, policristalino y de silicio amorfo. De acuerdo con lo anterior, ¿Qué tipo de paneles utiliza y distribuye en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos?	Se distribuyen solo paneles monocristalinos.
20. De acuerdo con la pregunta anterior, ¿Cuál es el tipo que ha utilizado con más frecuencia en los últimos 10 años y cuál ha sido el motivo que lo ha llevado a utilizar ese tipo de panel y no otro?	Distribuía policristalinos, pero hace un año la mayoría de las empresas nos hemos pasado a monocristalinos, debido a que la diferencia en precios disminuyó, antes era una gran diferencia entre los precios para un panel monocristalino y para uno policristalino. La razón de preferencia es que los paneles monocristalinos son los de mayor eficiencia.
21. Según su experiencia ¿Cuál considera que ha sido el tipo de panel que más se ha utilizado en las instalaciones de sistemas solares fotovoltaicas en El Salvador, en los últimos 10 años?	En los últimos 10 años todos usábamos los policristalinos dada la diferencia en precios, entre un panel policristalino y uno monocristalino.
22. ¿Cuál es la marca de paneles e inversores que ha distribuido en los últimos 10 años?	He ocupado Jinko para paneles solares, en un 90% y además he ocupado Risen y JA solar Para inversores he ocupado Huawei y Solis.
23. Según su experiencia ¿Cuáles son las marcas de paneles e inversores que se comercializan en el mercado salvadoreño?	Paneles, se comercializan Canadian solar, LG, kessel, Solarworld, entre otros. Inversores se comercializan Delta, SMA, Solar Tech, entre otros.

Anexo 2-2 resultados de la entrevista

IV. Información relacionada al precio	
Pregunta	Respuesta
24. ¿Cuál es el costo aproximado para una instalación fotovoltaica de una vivienda, con un consumo promedio de 75 KW/h en los últimos 6 meses, ubicada en el municipio de Colón, la distribuidora de electricidad es DelSur, y para una vivienda ubicada en el mismo lugar y con los mismos datos, pero con un consumo promedio de 150 KW/h en los últimos 6 meses?	Una vivienda con un consumo de 75 KW/h es lo más mínimo que hay, la inversión ronda los \$1,000.00, lo cual incluye desde la instalación hasta los trámites con la distribuidora. Para una vivienda con un consumo de 150KW/h es el doble.
25. ¿Considera que se ha disminuido la inversión total necesaria para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en el país, en los últimos 10 años? Si es así, ¿En qué proporción estima que se ha disminuido?	El costo por unidad si, ha disminuido. Actualmente cuestan una quinta parte de los que costaban hace 10 años.
26. ¿Considera que los precios seguirán disminuyendo en los próximos 10 años? Si es así, ¿En qué proporción estima la disminución?	Si, seguirán disminuyendo, pero ya no en esa magnitud. Actualmente se tiene una tendencia plana y se espera que bajen a razón de 5% por año.
27. ¿Cuáles son los costos en los que se incurre para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red, a nivel residencial y para autoconsumo?	La importación de todos los equipos, cables, balance del sistema y pagos a distribuidoras.
28. De acuerdo con la pregunta anterior, ¿Cuáles son las variables que pudieran causar un incremento en la inversión?	Sí, pero en una vivienda es difícil que existe algo que pudiera alterar el costo; a no ser que se trate de una vivienda en el área rural y se determine que no esté bien construida, tenga mala instalación eléctrica o que el techo no sea el adecuado, pero una vivienda del área urbana construida en los últimos 30 años no tendría por qué presentar problemas.
29. ¿Con qué tipo de experiencia o formación debe de contar la mano de obra necesaria para la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial y para autoconsumo?	Para la instalación de un sistema solar fotovoltaico en una vivienda, solo es necesario contar con electricistas certificados.
30. Con relación a la pregunta anterior ¿Cuál es el costo por hora/día aproximado de la mano de obra? Y, ¿Qué proporción representa con relación a la inversión total?	El costo por hora para un electricista es de \$5.15, ya con prestaciones.
31. ¿Cuál es el precio aproximado para un panel monocristalino en El Salvador?	Un panel monocristalino de 350 Watts ronda los \$210.
32. ¿Cuál es el precio aproximado para un panel policristalino en El Salvador?	Un panel policristalino ronda los \$175
33. ¿Cuál es el precio aproximado para un panel de silicio amorfo en El Salvador?	Paneles de silicio amorfo ya no se comercializan, al menos, no en el país.

Anexo 2-2 resultados de la entrevista

IV. Información relacionada al precio	
Pregunta	Respuesta
34. ¿Cuál es el precio aproximado de un inversor en El Salvador?	Un inversor para una instalación residencial tiene un costo aproximado de \$400
35. ¿Cuál es el precio aproximado de un medidor bidireccional en El Salvador?	En este sentido, no se paga por el medidor, sino que es un pago total de \$217 a la distribuidora donde ya se incluye el medidor bidireccional y otras erogaciones que se deben pagar para que el sistema pueda funcionar interconectado a la red. Cabe aclarar que según la norma UPR, el medidor puede ser cambiado por la distribuidora o por el interesado, pero es mentira, en la práctica solo la distribuidora puede hacer el cambio, si es que es necesario hacerlo, sino el pago a la distribuidora correspondería a \$130.
36. ¿Cuál es el precio aproximado de una batería para sistemas solares fotovoltaicos en El Salvador?	El costo para una batería ronda los \$350 a \$400, para instalaciones residenciales.
V. Información relacionada a la comercialización	
37. ¿Con qué frecuencia realiza pedidos a sus proveedores de los diferentes accesorios e insumos utilizados para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos?	Alrededor de 3 o 4 veces al año.
38. ¿Cuál es el tiempo aproximado de llegada al país de un pedido de paneles, inversores o demás accesorios importados? Y, ¿De qué país provienen?	Proviene de China y Estados Unidos. Las importaciones desde Estados Unidos tardan 3 semanas y desde China 7 semanas.
39. De los proveedores, ¿Qué proporción representan los nacionales y que los internacionales?	El 20% de los proveedores son nacionales y el 80% son internacionales.
40. De acuerdo con el servicio que brinda, ¿les facilita crédito a sus clientes?	No. Ellos deben de conseguir el crédito por su cuenta.
41. ¿Conoce si el sistema bancario del país concede créditos para proyectos solares fotovoltaicos a nivel residencial? Si es así ¿Cuáles son las instituciones financieras que usted conoce?	Sí. Todos los bancos dan crédito. Enersys Solar trabaja con todos los bancos; Azul, Credicomer, Davivienda, Hipotecario, Agrícola, América Central, etc.

Anexo 2-2 resultados de la entrevista

VI. Información técnica	
Pregunta	Respuesta
42. ¿Cuáles son los requisitos para la instalación de un sistema fotovoltaico conectado a la red a nivel residencial?	Lo único que se verifica es que se tenga una instalación eléctrica bien instalada y un techo que tenga capacidad de carga. La instalación se puede llevar a cabo en cualquier tipo de techo.
43. ¿Cuál es el proceso que se lleva a cabo para instalar un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial? Detalle paso a paso.	Primero, hacer los trámites con la distribuidora; posterior a la aprobación de los trámites, se procede a la instalación del sistema solar fotovoltaico.
44. ¿Cuál es el tiempo aproximado de duración para la instalación de un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial?	El tiempo aproximado para una instalación a nivel residencial es de 3 horas y se utilizan solo dos personas.
45. Desde el marco regulatorio, ¿Cómo funciona el proceso de ahorro energético? Y ¿A cuánto asciende el porcentaje de ahorro mensual aproximado para la instalación de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red y para autoconsumo a nivel residencial?	Lo que no se consume durante el día se va a la red y eso queda como un crédito, como interesado no recibiré remuneración por lo inyectado, sino que se me restará de mi factura eléctrica, lo cual sería siempre que se de dicha situación. El ahorro ronda entre 40% y un máximo de 90%, pero todo depende del diseño de la planta y así será el ahorro que se tendrá. No se puede ahorrar el 100% debido a lo establecido en la normativa (Norma UPR), siempre hay que pagarle a la distribuidora a menos que la instalación fuera aislada.

Anexo 2- 3 Cuestionario.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS



Encuesta dirigida a jefes de hogar de las residenciales Las Arboledas, Pasatiempo y Bosques de Lourdes, ubicadas en cantón Lourdes, municipio de Colón.

Objetivo: cuantificar demanda, oferta, precios y aspectos relacionados a la comercialización de sistemas solares fotovoltaicos para uso residencial.

“En El Salvador se aprobó en el año 2017, una ley que permite que cualquier persona que se encuentre interesada en instalar paneles solares en el techo de su hogar, pueda generar su propia electricidad y ahorrar hasta un 90% en el pago de su factura eléctrica durante un período aproximado de 20 a 25 años” (*Norma para Usuarios Finales Productores de Energía Eléctrica con Recursos Renovables, Acuerdo 367-E-2017, publicado 11/10/2017, D.O. No.189, Tomo No.417*)

Objetivo: precisar la ubicación de la residencia del encuestado para numerar la cantidad de familias entrevistadas por cada residencial.

1. Nombre de la residencial donde vive

Las Arboledas

Pasatiempo

Bosques de Lourdes

Objetivo: numerar la cantidad de personas por cada familia encuestada como un factor de incidencia en el consumo energético del hogar.

2. Número de personas que residen en la vivienda

1 persona

2 personas

3 personas

Más de 4 personas

Objetivo: conocer si entre los miembros de las familias encuestadas, residen niños y jóvenes en etapa educativa, que puedan incidir en la demanda energética del hogar.

3. Entre los miembros de su familia ¿residen niños y jóvenes en etapa educativa?

Si

No

Objetivo: definir si el encuestado es propietario de la vivienda donde reside, con el fin de conocer su interés en invertir en sistemas solares fotovoltaicos para uso residencial.

4. La vivienda donde vive actualmente es

Propia

Alquilada

Familiar

Objetivo: conocer el promedio de ingresos mensuales de las familias encuestadas para determinar la porción del mercado que tiene la capacidad económica de instalar un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial.

5. ¿Cuál es el promedio mensual de ingresos en su **hogar**?

Menos de \$1,000.00

Entre \$1,001.00 y \$1,500.00

Entre \$1,501.00 y \$2,000.00

Más de \$2,001.00

Objetivo: definir si las familias encuestadas, destinan parte de sus ingresos mensuales al ahorro o inversión.

6. ¿Destina recursos mensuales al ahorro o inversión?

Si

No

Objetivo: conocer el rango de ahorro e inversión mensual por familia

7. En caso de que la respuesta anterior sea afirmativa, ¿Cuál es el rango que destina al ahorro e inversión?

Menor a \$100.00

Entre \$101.00 y \$200.00

Entre \$201.00 y \$300.00

Mayor a \$301.00

Objetivo: indagar las opciones donde las familias invertirían su dinero para conocer la orientación de los fondos destinados al ahorro e inversión como alternativas financieras.

8. Si tuviera la posibilidad de invertir su dinero ¿en qué preferiría hacerlo?

Negocio

Depósito a plazo

Inversión bursátil

Otro.

Objetivo: indagar las horas en que los residentes demandan mayor electricidad durante un día de semana para conocer el hábito de consumo energético del hogar.

9. ¿En qué hora del día considera que su hogar demanda mayor electricidad, de lunes a viernes?

Entre 4:00-8:00 am

Entre 8:00 am y 5:00 pm

Entre 5:00 y 11:00 pm

Objetivo: indagar las horas en que los residentes demandan mayor electricidad durante un fin de semana para conocer el hábito de consumo energético del hogar.

10. ¿En qué hora del día considera que su hogar demanda mayor electricidad, de sábado a domingo?

Entre 4:00-8:00 am

Entre 8:00 am y 5:00 pm

Entre 5:00 y 11:00 pm

Objetivo: determinar el consumo promedio mensual de electricidad de los hogares para cuantificar la demanda energética y estimar el dimensionado del sistema fotovoltaico a instalar.

11. ¿Cuál es el consumo promedio mensual de energía eléctrica demandado por su hogar? (*ver factura eléctrica, gráfica de consumo*)

Menos de 49 KW/h

Entre 50 y 99 KW/h

Entre 100 y 199 KW/h

Entre 200 y 300 KW/h

Más de 300 KW/h

Objetivo: cuantificar el monto que se gasta en concepto de factura eléctrica por hogar para estimar el ahorro promedio que generará el sistema solar fotovoltaico.

12. ¿Cuál es el monto promedio que ha cancelado en concepto de su factura eléctrica (incluyendo pago de alcaldía) en los últimos 6 meses?

Menos de \$25

Entre \$26 y \$50

Entre \$51 y \$75

Entre \$76 y \$100

Más de \$100

Objetivo: determinar si la población encuestada, conoce sobre los beneficios de la generación de energía eléctrica a partir de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial.

13. ¿Ha escuchado de los beneficios de la generación de energía eléctrica a través de paneles solares instalados a nivel residencial?

Si
No

Objetivo: determinar el interés del residente en autogenerar la energía que demanda su hogar al exponer los beneficios que genera un sistema solar fotovoltaico instalado en techos a nivel residencial en El Salvador.

En El Salvador existen empresas que prestan el servicio de instalación de paneles solares en el techo de viviendas residenciales, con el beneficio de reducir el costo en concepto de energía, dependiendo del consumo promedio mensual. Viviendas ubicadas en Lourdes y lugares aledaños, que consumen en promedio 150 KWh, pagan aproximadamente entre \$30 y \$35 a la empresa proveedora de energía Delsur (sin contabilizar el pago a alcaldía); de acuerdo con las normas vigentes en el país y si instalará un sistema solar en el techo de su hogar, se ahorraría un 90%; es decir entre \$31 y \$27 mensuales.

14. De acuerdo con el enunciado anterior ¿Le resultaría útil generar electricidad a través de paneles solares?

Completamente útil
Útil
Poco útil
No es útil

Objetivo: determinar el porcentaje de hogares que estarían interesados en invertir en la instalación de un sistema solar fotovoltaico para estimar el mercado potencial en la zona de estudio.

15. ¿Estaría interesado en instalar paneles solares en el techo de su hogar?

Si
No

Si su respuesta fue positiva, pase a la pregunta 17.

Objetivo: indagar el motivo por el cual el residente no estaría interesado en instalar un sistema fotovoltaico.

16. Si la respuesta fue negativa, ¿A qué se debe su decisión?

Desconoce del tema
Falta de recursos
No posee vivienda propia
Otros

**Si su respuesta fue negativa, en la pregunta 16, finaliza su participación. ¡Gracias!*

Objetivo: conocer el monto máximo que el residente estaría dispuesto a invertir por la instalación de un sistema fotovoltaico para comparar con los precios de mercado (reales).

17. De acuerdo con la pregunta 15, ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir por la instalación de paneles solares?

Entre \$1,000.00 y \$1,500.00
Entre \$1,501.00 y \$2,000.00
Entre \$2,001.00 y \$2,500.00
Entre \$2,501.00 y \$3,000.00

Anexo 2- 4 Resumen de la información recolectada en el cuestionario

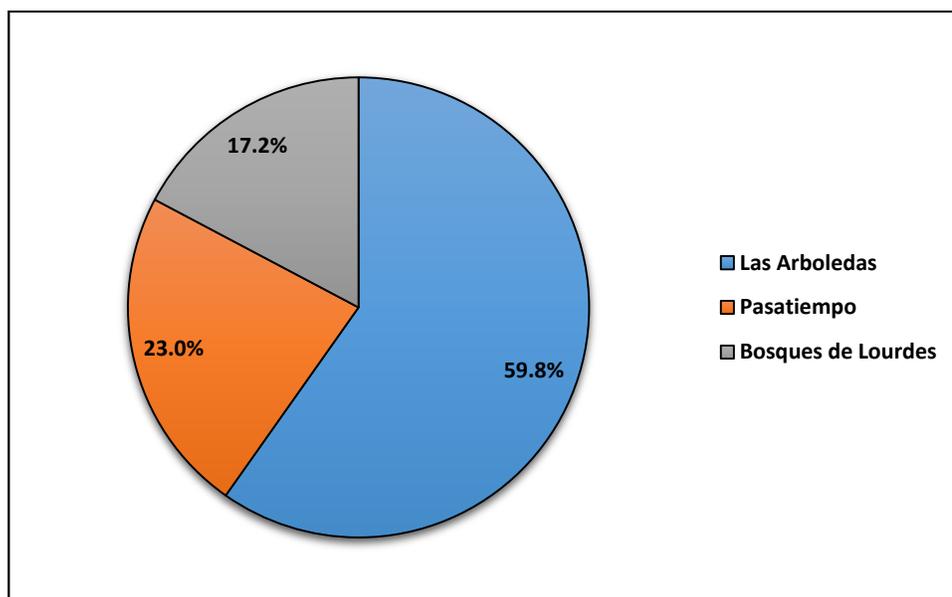
Pregunta N°1: nombre de la residencial donde vive.

Objetivo: precisar la ubicación de la residencia del encuestado para numerar la cantidad de familias entrevistadas por cada residencial.

Tabla Anexo 2-4. 1

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Las Arboledas	52	59.8%
Pasatiempo	20	23.0%
Bosques de Lourdes	15	17.2%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 1



Interpretación: la mayoría de las familias encuestadas manifestaron residir en Las Arboledas; una minoría afirmó residir en Pasatiempo y Bosques de Lourdes.

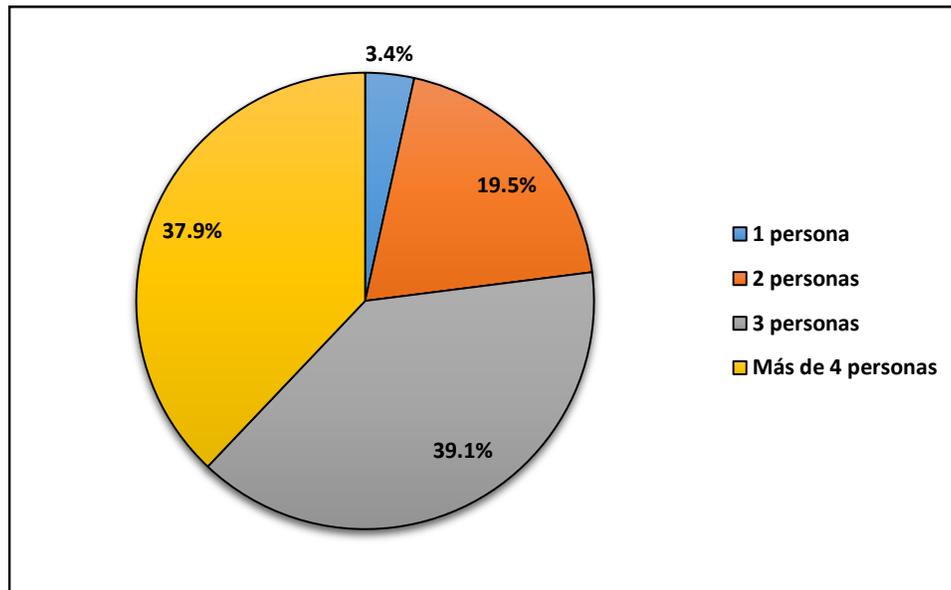
Pregunta N°2: número de personas que residen en la vivienda.

Objetivo: numerar la cantidad de personas por cada familia encuestada como un factor de incidencia en el consumo energético del hogar.

Tabla Anexo 2-4. 2

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
1 persona	3	3.4%
2 personas	17	19.5%
3 personas	34	39.1%
Más de 4 personas	33	37.9%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 2



Interpretación: en su mayoría, las familias encuestadas manifestaron que su hogar está conformado por 3 o por más de 4 personas. La minoría expresó estar conformadas por 2 personas o una.

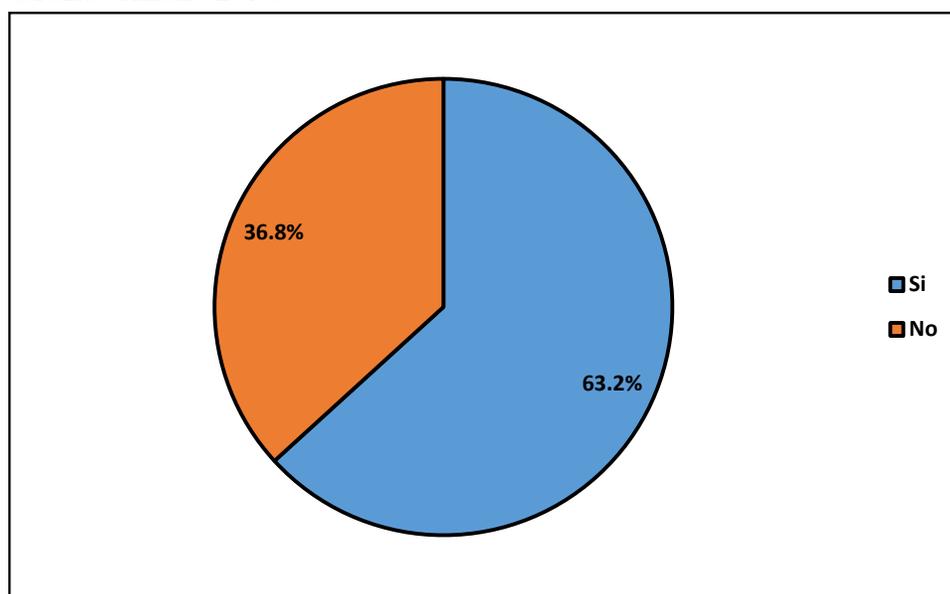
Pregunta N°3: Entre los miembros de su familia ¿residen niños y jóvenes en etapa educativa?

Objetivo: conocer si entre los miembros de las familias encuestadas, residen niños y jóvenes en etapa educativa, que puedan incidir en la demanda energética del hogar.

Tabla Anexo 2-4. 3

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Si	55	63.2%
No	32	36.8%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 3



Interpretación: más de la mitad de las familias encuestadas, afirmaron tener niños y jóvenes en etapa educativa; la minoría expresó lo contrario, es decir, que las personas que habitan el hogar son adultos o recién nacidos o en todo caso, de temprana edad.

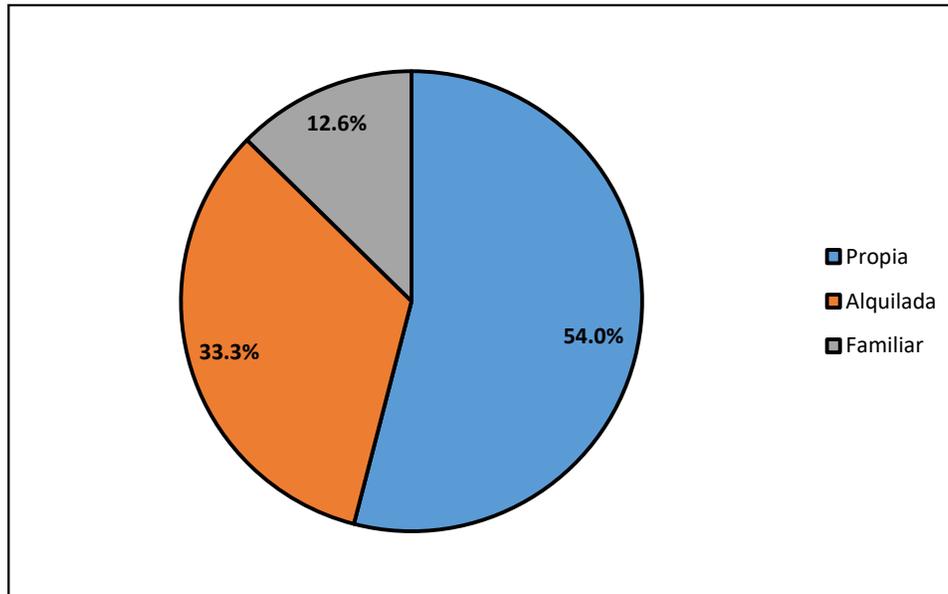
Pregunta N°4: la vivienda donde vive actualmente es:

Objetivo: definir si el encuestado es propietario de la vivienda donde reside, con el fin de conocer su interés en invertir en sistemas solares fotovoltaicos para uso residencial.

Tabla Anexo 2-4. 4

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Propia	47	54.0%
Alquilada	29	33.3%
Familiar	11	12.6%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 4



Interpretación: un poco más de la mitad de las familias, afirmaron que la casa donde habitan es propia; la otra mitad, expresaron no ser los propietarios; lo anterior, podría derivar a que no se interesen en la instalación de un sistema solar fotovoltaico.

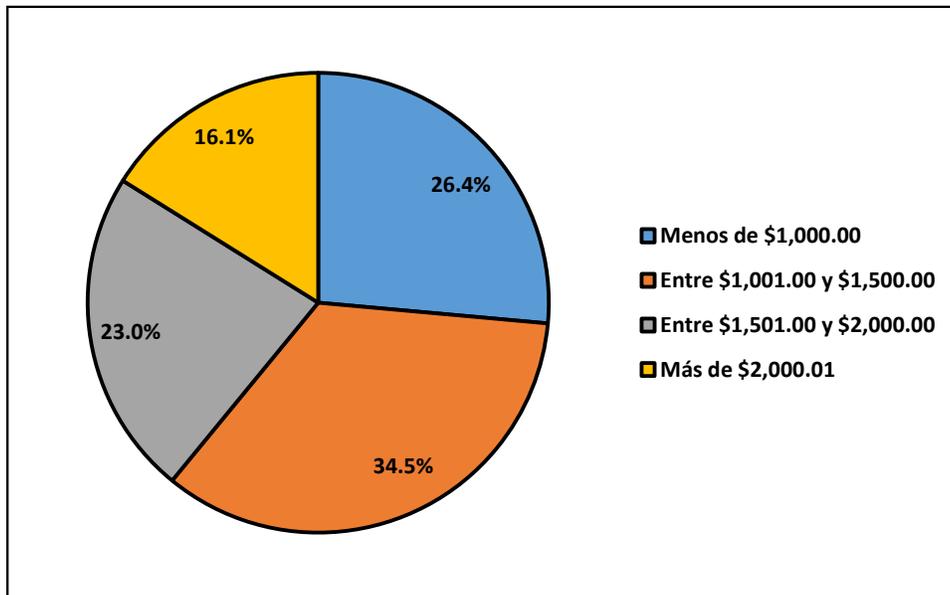
Pregunta N°5: ¿Cuál es el promedio mensual de ingresos en su hogar?

Objetivo: conocer el promedio de ingresos mensuales de las familias encuestadas para determinar la porción del mercado que tiene la capacidad económica de instalar un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial.

Tabla Anexo 2-4. 5

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Menos de \$1,000.00	23	26.4%
Entre \$1,001.00 y \$1,500.00	30	34.5%
Entre \$1,501.00 y \$2,000.00	20	23.0%
Más de \$2,001.00	14	16.1%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 5



Interpretación: la mayoría de las familias expresó tener un promedio de ingresos de más de \$1,001.00; este porcentaje de familias representa la porción del mercado con capacidad económica para instalar un sistema solar fotovoltaico a nivel residencial. La minoría afirmó percibir en promedio menos de \$1,000.00 mensuales, con lo cual, se les dificultaría invertir.

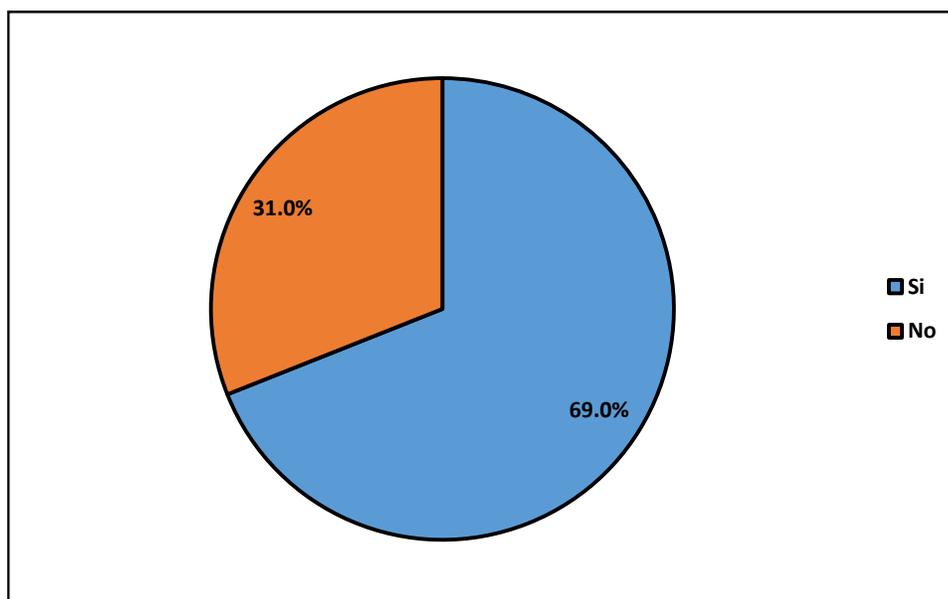
Pregunta N°6: ¿Destina recursos mensuales al ahorro o inversión?

Objetivo: definir si las familias encuestadas, destinan parte de sus ingresos mensuales al ahorro o inversión.

Tabla Anexo 2-4. 6

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Si	60	69.0%
No	27	31.0%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 6



Interpretación: la mayoría de las familias, expresaron ahorrar o invertir parte de sus ingresos mensuales; una minoría afirmó no hacerlo.

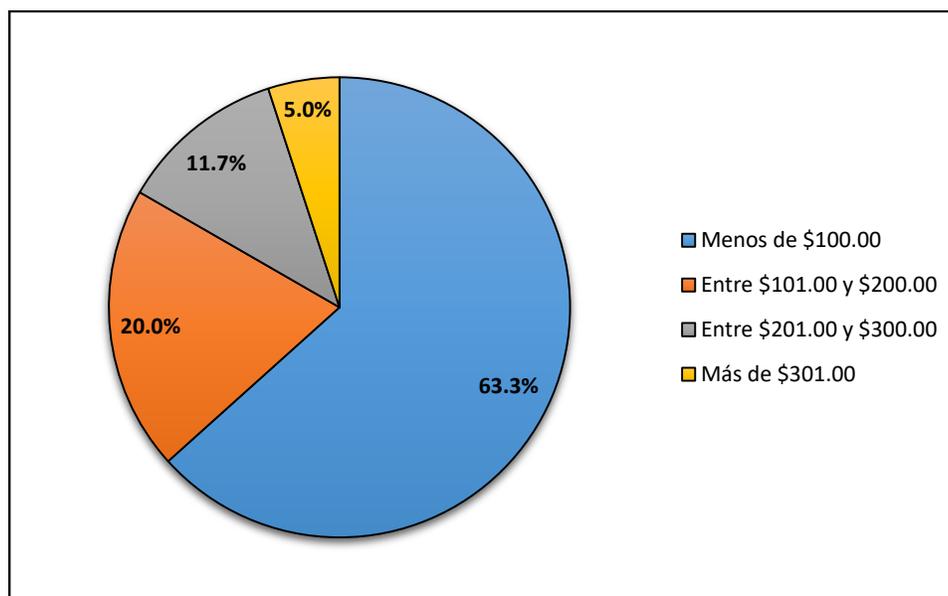
Pregunta N°7: en caso de que la respuesta anterior sea afirmativa, ¿Cuál es el rango que destina al ahorro e inversión?

Objetivo: conocer el rango de ahorro e inversión mensual por familia.

Tabla Anexo 2-4. 7

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Menos de \$100.00	38	63.3%
Entre \$101.00 y \$200.00	12	20.0%
Entre \$201.00 y \$300.00	7	11.7%
Más de \$301.00	3	5.0%
Total	60	100%

Gráfico Anexo 2-4. 7



Interpretación: el ahorro o inversión por mes de la mayoría de las familias asciende a un monto menor a \$100; muy por debajo se encuentran las familias que ahorran o invierten entre \$101 y \$200; una minoría lo hace entre \$201 y \$300 y otros, que invierten o ahorran más de \$300.

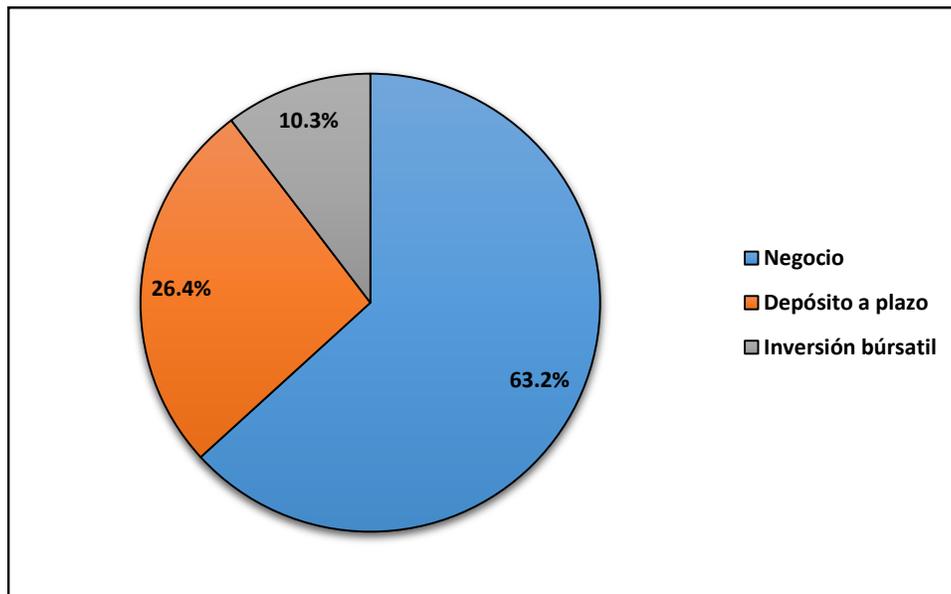
Pregunta N°8: si tuviera la posibilidad de invertir su dinero ¿en qué preferiría hacerlo?

Objetivo: indagar las opciones donde las familias invertirían su dinero para conocer la orientación de los fondos destinados al ahorro e inversión como alternativas financieras.

Tabla Anexo 2-4. 8

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Negocio	55	63.2%
Depósito a plazo	23	26.4%
Inversión bursátil	9	10.3%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 8



Interpretación: la mayoría de las familias expresaron que invertirían su dinero en un negocio; la otra parte afirmó que preferirían invertir en un depósito a plazo y solo un pequeño porcentaje, en una inversión bursátil.

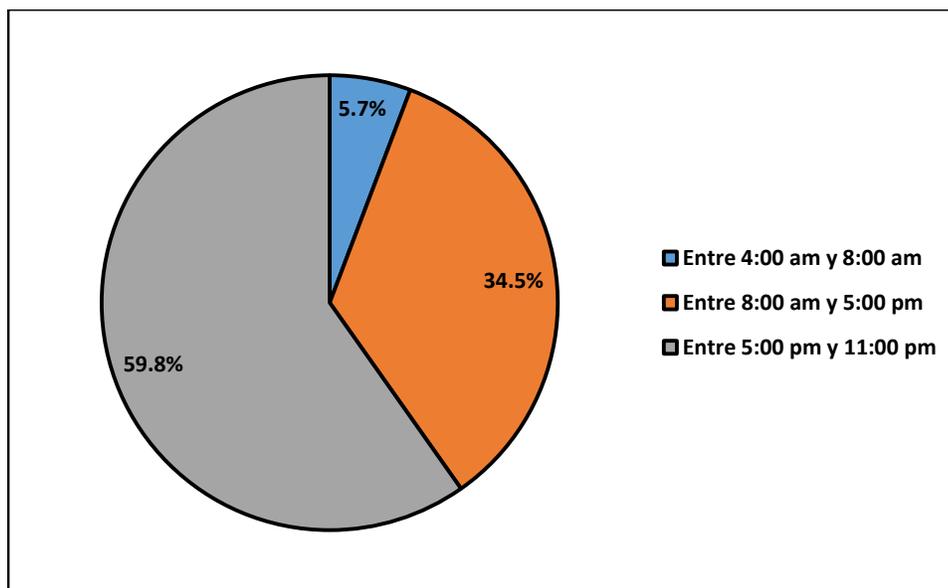
Pregunta N°9: ¿En qué hora del día considera que su hogar demanda mayor electricidad, de lunes a viernes?

Objetivo: indagar las horas en que los residentes demandan mayor electricidad durante un día de semana para conocer el hábito de consumo energético del hogar.

Tabla Anexo 2-4. 9

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Entre 4:00-8:00 am	5	5.7%
Entre 8:00 am y 5:00 pm	30	34.5%
Entre 5:00 pm y 11:00 pm	52	59.8%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 9



Interpretación: más de la mitad de las familias encuestadas expresaron demandar mayor electricidad entre las 5:00 pm y 11:00 pm; otra parte de las familias encuestadas afirmaron que entre las 8:00 am y 5:00 pm y una minoría, entre las 4:00 am y 8:00 am.

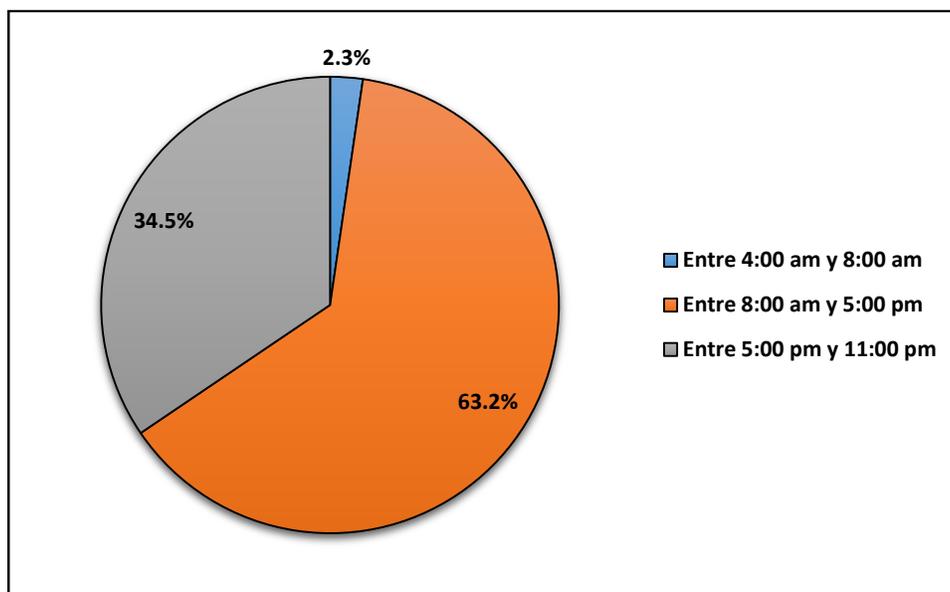
Pregunta N°10: ¿En qué hora del día considera que su hogar demanda mayor electricidad, de sábado a domingo?

Objetivo: indagar las horas en que los residentes demandan mayor electricidad durante un fin de semana para conocer el hábito de consumo energético del hogar.

Tabla Anexo 2-4. 10

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Entre 4:00-8:00 am	2	2.3%
Entre 8:00 am y 5:00 pm	55	63.2%
Entre 5:00 pm y 11:00 pm	30	34.5%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 10



Interpretación: la mayoría de las familias afirmaron demandar mayor electricidad entre 8:00 am y 5:00 pm el sábado y domingo; aproximadamente, un tercio de las familias entre 5:00 pm y 11:00 pm y un pequeño porcentaje, entre 4:00 am y 8:00 am.

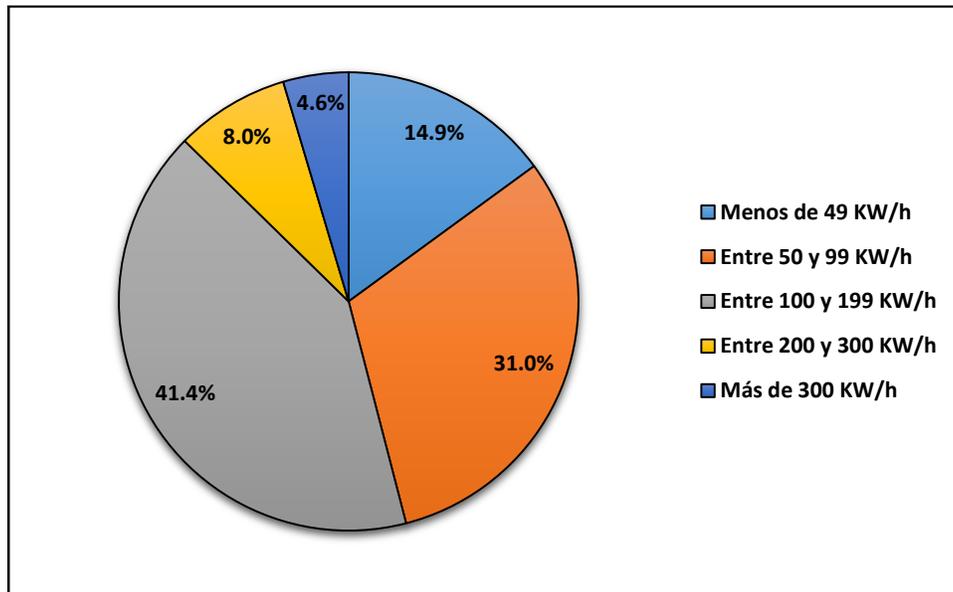
Pregunta N°11: ¿Cuál es el consumo promedio mensual de energía eléctrica demandado por su hogar? (ver factura eléctrica, gráfica de consumo)

Objetivo: determinar el consumo promedio mensual de electricidad de los hogares para cuantificar la demanda energética y estimar el dimensionado del sistema fotovoltaico a instalar.

Tabla Anexo 2-4. 11

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Menos de 49 KW/h	13	14.9%
Entre 50 y 99 KW/h	27	31.0%
Entre 100 y 199 KW/h	36	41.4%
Entre 200 y 300 KW/h	7	8.0%
Más de 300 KW/h	4	4.6%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 11



Interpretación: el consumo promedio mensual de electricidad de la mayoría de las familias encuestadas, ronda entre 100 y 199 KW/h; existen familias que demandan entre 50 y 99 KW/h, siendo estos un tercio del total; muy por debajo están las que demandan menos de 49 KW/h y el resto, entre 200 y 300 KW/h y muy pocos afirmaron demandar más de 300 KW/h.

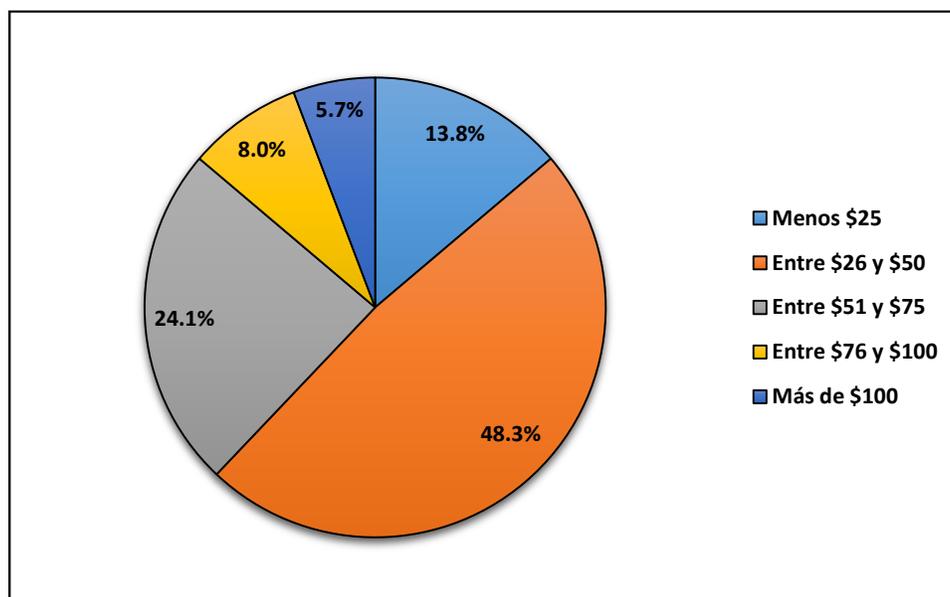
Pregunta N°12: ¿Cuál es el monto promedio que ha cancelado en concepto de su factura eléctrica (incluyendo pago de alcaldía) en los últimos 6 meses?

Objetivo: cuantificar el monto que se gasta en concepto de factura eléctrica por hogar para estimar el ahorro promedio que generará el sistema solar fotovoltaico.

Tabla Anexo 2-4. 12

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Menos de \$25	12	13.8%
Entre \$26 y \$50	42	48.3%
Entre \$51 y \$75	21	24.1%
Entre \$76 y \$100	7	8.0%
Más de \$100	5	5.7%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 12



Interpretación: aproximadamente la mitad de las familias encuestadas, afirmaron gastar en promedio entre \$26 y \$50 en concepto de su factura eléctrica; seguido de este \$51 y \$75; el resto expresó cancelar menos \$25, un poco menos de este último, \$76 y \$100 y una minoría estima que han gastado más de \$100.

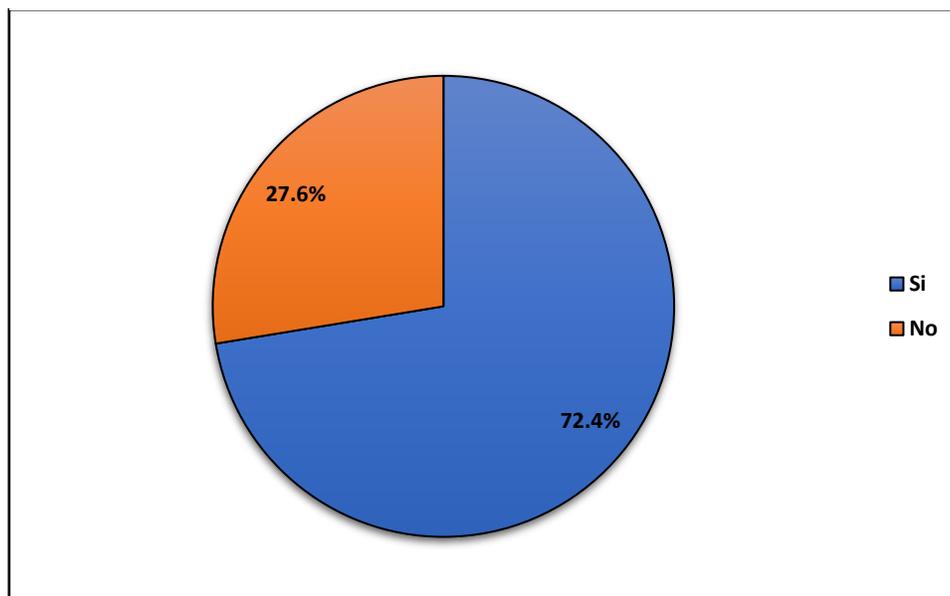
Pregunta N°13: ¿Ha escuchado de los beneficios de la generación de energía eléctrica a través de paneles solares instalados a nivel residencial?

Objetivo: determinar si la población encuestada, conoce sobre los beneficios de la generación de energía eléctrica a partir de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial.

Tabla Anexo 2-4. 13

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Si	63	72.4%
No	24	27.6%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 13



Interpretación: la mayoría de las familias encuestadas, afirmaron haber escuchado sobre los beneficios de la generación de energía eléctrica a través de paneles solares instalados a nivel residencial; la minoría expresaron no conocer sobre el tema.

En El Salvador existen empresas que prestan el servicio de instalación de paneles solares en el techo de viviendas residenciales, con el beneficio de reducir el costo en concepto de energía, dependiendo del consumo promedio mensual. Viviendas ubicadas en Lourdes y lugares aledaños, que consumen en promedio 150 KWh, pagan aproximadamente entre \$30 y \$35 a la empresa proveedora de energía Delsur (sin contabilizar el pago a alcaldía); de acuerdo con las normas vigentes en el país y si instalará un sistema solar en el techo de su hogar, se ahorraría un 90%; es decir entre \$31 y \$27 mensuales.

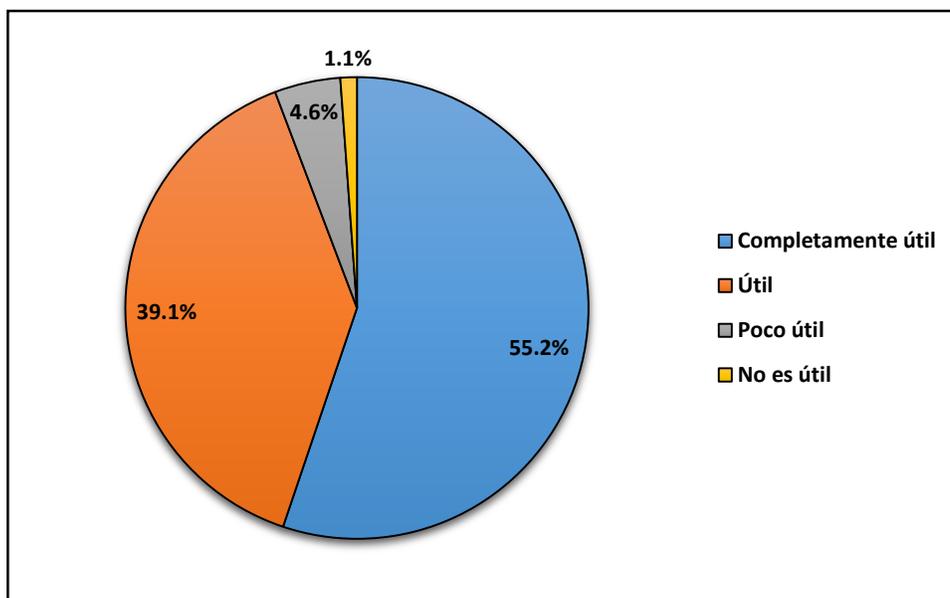
Pregunta N°14: de acuerdo con el enunciado anterior ¿Le resultaría útil generar electricidad a través de paneles solares?

Objetivo: determinar el interés del residente en autogenerar la energía que demanda su hogar al exponer los beneficios que genera un sistema solar fotovoltaico instalado en techos a nivel residencial en El Salvador.

Tabla Anexo 2-4. 14

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Completamente útil	48	55.2%
Útil	34	39.1%
Poco útil	4	4.6%
No es útil	1	1.1%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 14



Interpretación: más de la mitad de las familias expresaron que les resultaría completamente útil generar electricidad a través de paneles solares; más de un tercio, que les resultaría útil y por muy debajo de ambos, familias afirmaron que les sería poco útil y solamente una, que no es útil.

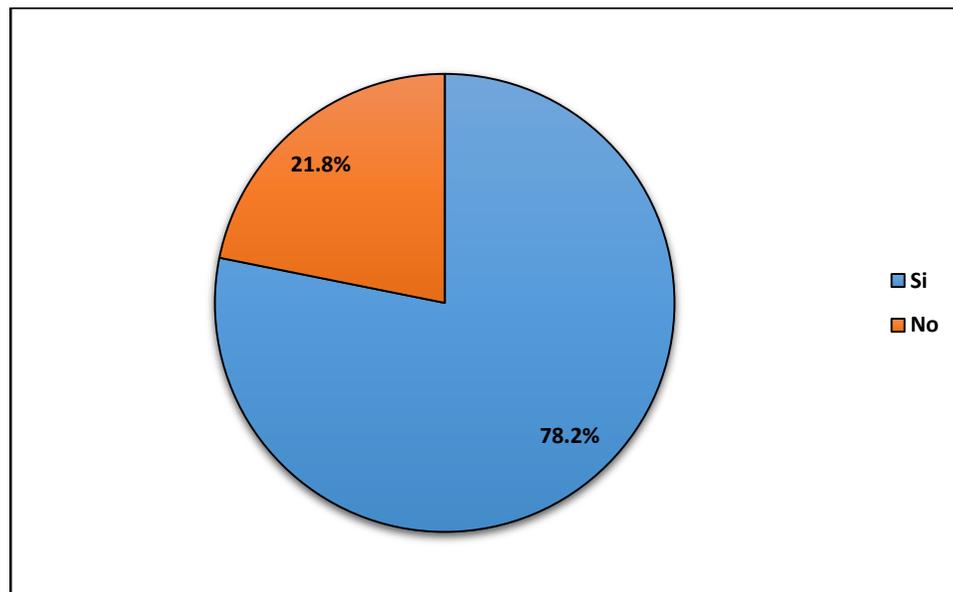
Pregunta N°15: ¿Estaría interesado en instalar paneles solares en el techo de su hogar?

Objetivo: determinar el porcentaje de hogares que estarían interesados en invertir en la instalación de un sistema solar fotovoltaico para estimar el mercado potencial en la zona de estudio.

Tabla Anexo 2-4. 15

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Si	68	78.2%
No	19	21.8%
Total	87	100%

Gráfico Anexo 2-4. 15



Interpretación: la mayoría de las familias encuestadas mostraron una alta perspectiva afirmando estar interesados en instalar paneles solares en el techo de su hogar; el resto, expresó su negativa.

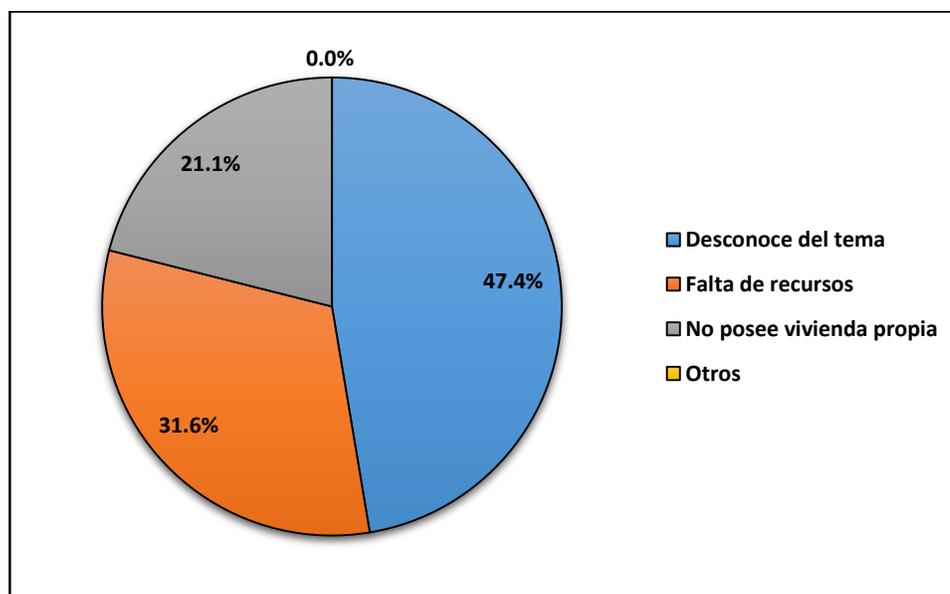
Pregunta N°16: Si la respuesta fue negativa, ¿A qué se debe su decisión?

Objetivo: indagar el motivo por el cual el residente no estaría interesado en instalar un sistema fotovoltaico.

Tabla Anexo 2-4. 16

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Desconoce del tema	9	47.4%
Falta de recursos	6	31.6%
No posee vivienda propia	4	21.1%
Otros	0	0.0%
Total	19	100%

Gráfico Anexo 2-4. 16



Interpretación: de las familias que no están interesadas en instalar paneles solares en el techo de su hogar, aproximadamente, la mitad expresó que desconocen del tema, otras familias afirmaron no tener los recursos económicos suficientes para realizar dicha inversión y el resto, no posee vivienda propia.

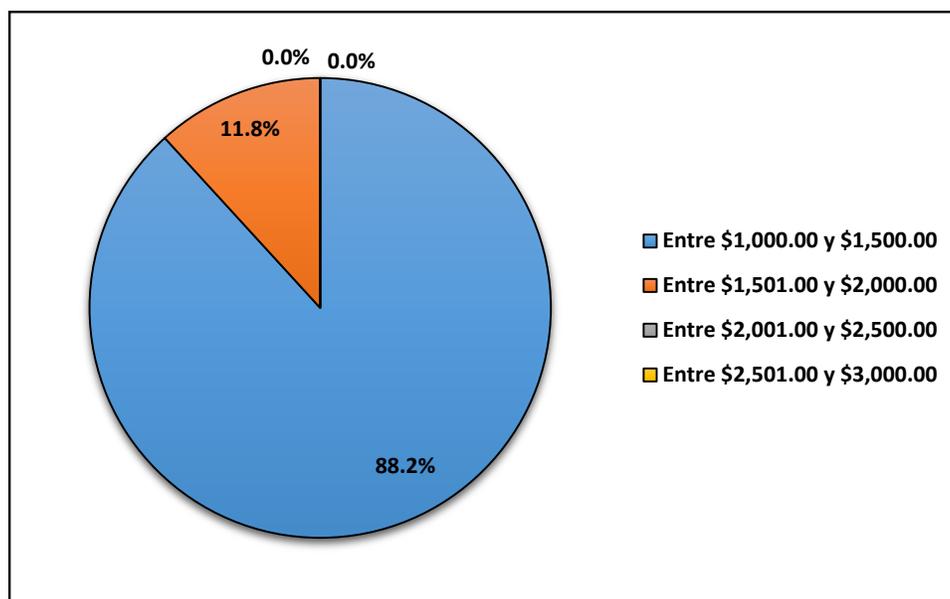
Pregunta N°17: de acuerdo con la pregunta 15, ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir por la instalación de paneles solares?

Objetivo: conocer el monto máximo que el residente estaría dispuesto a invertir por la instalación de un sistema fotovoltaico para comparar con los precios de mercado (reales).

Tabla Anexo 2-4. 17

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Entre \$1,000.00 y \$1,500.00	60	88.2%
Entre \$1,501.00 y \$2,000.00	8	11.8%
Entre \$2,001.00 y \$2,500.00	0	0.0%
Entre \$2,501.00 y \$3,000.00	0	0.0%
Total	68	100%

Gráfico Anexo 2-4. 17



Interpretación: la mayoría de las familias encuestadas establecieron como monto máximo a invertir entre \$1,000.00 y \$1,500.00; el resto, afirmaron estar dispuestos a invertir entre \$1,501.00 y \$2,000.00. Ninguna familia se ve es la disposición de invertir más de \$2,001.00.

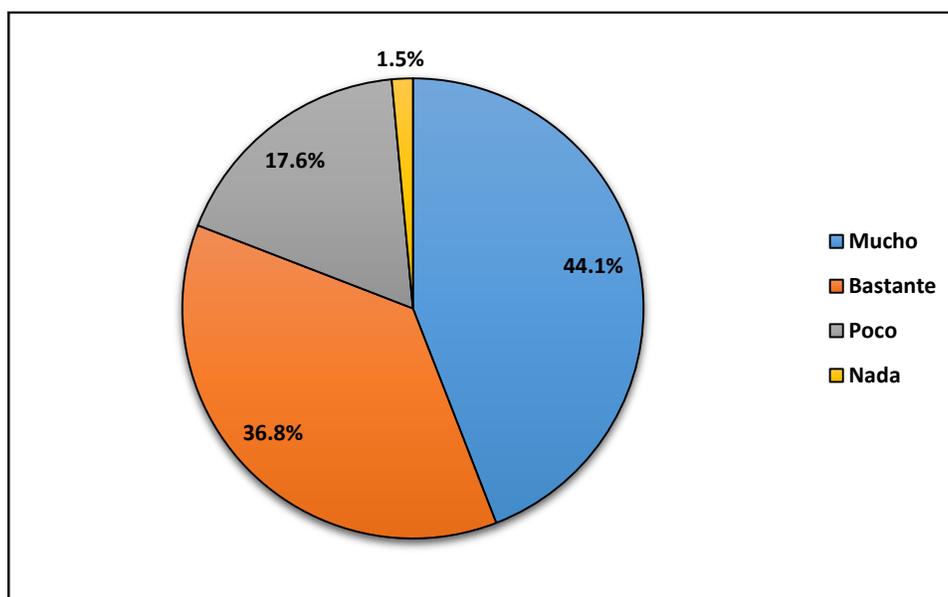
Pregunta N°18: En el caso que el sistema financiero de El Salvador facilitara crédito para instalación de sistemas solares fotovoltaicos ¿En qué medida se interesaría?

Objetivo: determinar el interés del encuestado en instalar un sistema solar fotovoltaico, en el caso que el sistema financiero de El Salvador facilitara crédito.

Tabla Anexo 2-4. 18

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Mucho	30	44.1%
Bastante	25	36.8%
Poco	12	17.6%
Nada	1	1.5%
Total	68	100%

Gráfico Anexo 2-4. 18



Interpretación: en su mayoría, las familias expresaron que se interesarían mucho, si el sistema financiero facilitara créditos para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos a nivel residencial; otra parte de las familias dijo que se interesarían bastante y al resto, les interesa poco o nada.

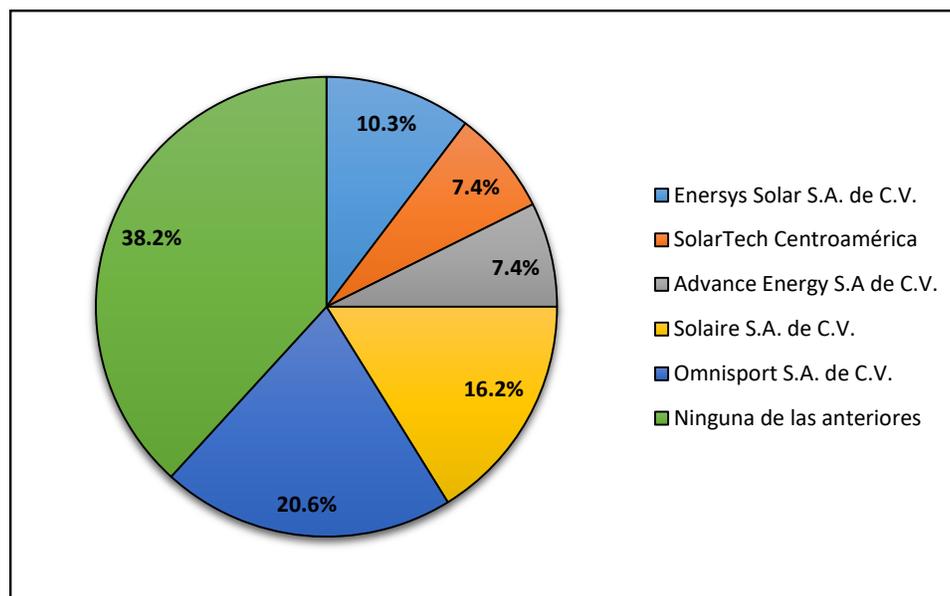
Pregunta N°19: de las siguientes empresas que brindan el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos ¿Cuáles ha escuchado?

Objetivo: determinar si el encuestado conoce empresas que brinden el servicio de instalación y/o distribución de accesorios para sistemas solares fotovoltaicos.

Tabla Anexo 2-4. 19

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Enersys Solar S.A de C.V	7	10.3%
SolarTech Centroamérica	5	7.4%
Advance Energy S.A de C.V	5	7.4%
Solaire S.A de C.V	11	16.2%
Omnisport S.A de C.V	14	20.6%
Ninguna de las anteriores	26	38.2%
Total	68	100%

Gráfico Anexo 2-4. 19



Interpretación: la mayoría de las familias encuestadas expresaron que no conocen o no han escuchado de ninguna de las empresas mencionadas, debido a que las principales empresas que brindan el servicio de instalación de sistemas solares se concentran en el mercado de la instalación a nivel industrial; las empresas más conocidas son Omnisport S.A de C.V. y Solaire S.A de C.V. El resto de empresas son poco conocidas pero son las que principalmente se dedican al rubro de instalación y venta de accesorios para sistemas fotovoltaicos.

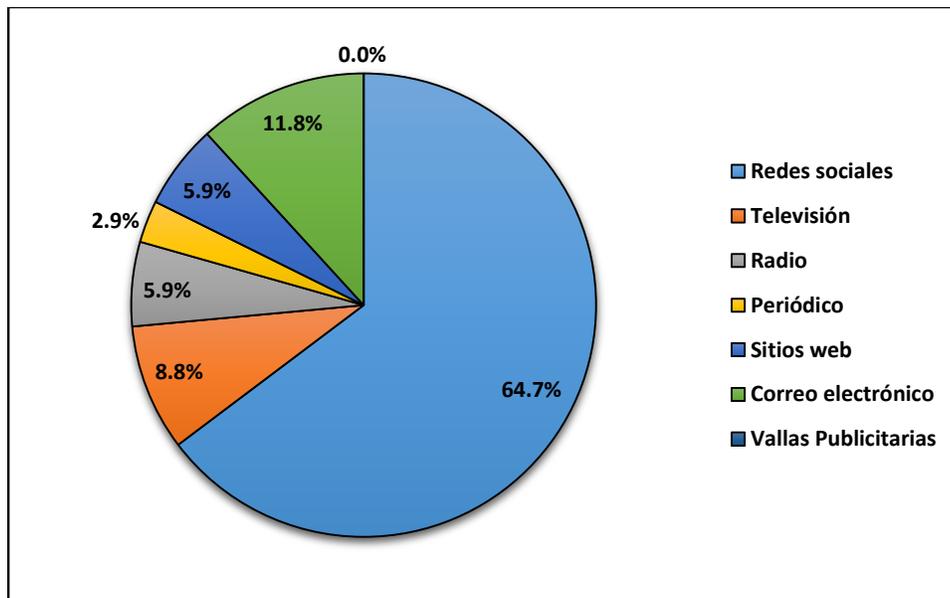
Pregunta N°20: ¿A través de qué medios le resulta más conveniente recibir información sobre este servicio?

Objetivo: conocer el canal de preferencia del encuestado para recibir información sobre el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaicos.

Tabla Anexo 2-4. 20

Alternativa	Frecuencias	
	Absoluto	%
Redes sociales	44	64.7%
Televisión	6	8.8%
Radio	4	5.9%
Periódico	2	2.9%
Sitios web	4	5.9%
Correo electrónico	8	11.8%
Vallas publicitarias	0	0.0%
Total	68	100%

Gráfico Anexo 2-4. 20



Interpretación: las redes sociales, son el canal preferido por las familias encuestadas para recibir información sobre el servicio de instalación de sistemas solares fotovoltaico, dado que actualmente son la tendencia y muchas empresas de diferentes rubros se están abocando a este canal; otras familias prefieren el correo electrónico y la televisión; el resto expresó que preferiría a través de la radio o sitios web.

Anexo 2- 5 Instrumento utilizado en la observación.

Ficha de Observación del sistema solar fotovoltaico ubicado en Hilcasa Energy.

Observador: _____

Fecha: 03-03-2020

Dirección del sistema solar fotovoltaico: _____

Fecha de instalación: _____

I. Lista de chequeo

Información por observar	Opciones	✓	Otras observaciones
Tipo de sistema fotovoltaico	Conectado a la red sin banco de baterías	✓	Dentro del plantel el Ángel se encuentran 3 Plantas: El Ángel Etapa 1, El Ángel Etapa 2 y una Granja Solar.
	Conectado a la red con banco de baterías		
	Aislado		
	Híbrido		
Finalidad de la electricidad generada	Autoconsumo		
	Autoconsumo y comercialización		
	Comercialización	✓	Toda la energía es comercializada, a través de un Contrato bilateral y bajo licitación, esta última es con la empresa DELSUR y CLESA.

Anexo 2-5 Instrumento utilizado en la observación.

Información por observar	Opciones	✓	Otras observaciones
Elementos y accesorios que conforman el sistema fotovoltaico	Paneles solares	✓	<ul style="list-style-type: none"> • 10,523 en El Ángel 1, de 255 W cada uno. • 6,400 en El Ángel 2, de 390 W cada uno. • 12,132 en La Granja Solar, de 310 y 330 W.
	Inversores Trifásicos	✓	<ul style="list-style-type: none"> • 100 inversores en El Ángel 1, de 24 KW cada uno. • 29 inversores en el Ángel 2, de 62 KW. • 4 inversores en la Granja Solar, de 630 KW.
	Micro inversores		
	Baterías		
	Medidores	✓	
	Soportes	✓	
	Cableado	✓	<p>Éste se encuentra en DC (ese está en el techo, línea recta) y en AC (subterránea, líneas curvas) ya que hay unas plantas que son de autoconsumo.</p> <p>En el caso de una instalación residencial no es necesario el cableado ya que el Inversor tiene que estar lo más cerca posible del Tablero y el AC llevarlo directamente al tablero y así habrá una distribución, óptima.</p>
Ubicación de paneles	Techo	✓	El Ángel 1 y 2.
	Plafón		
	Suelo	✓	Granja Solar

Anexo 2-5 Instrumento utilizado en la observación.

Información por observar	Opciones	✓	Otras observaciones
Tipo de paneles	Monocristalinos		
	Policristalinos	✓	
	Silicio amorfo		
Tipo de medidor bidireccional	Electrónico	✓	<ul style="list-style-type: none"> • Tienen medidores instalados por la Distribuidora. • Tienen medidores propios.
	Electromecánico		
El equipo de medición fue suministrado por	Distribuidora	✓	
	Usuario final	✓	
Tipo de soporte estructural del sistema fotovoltaico	Acero		
	Aluminio Galvanizado	✓	Empaque Impermeabilizante

Anexo 2-5 Instrumento utilizado en la observación.

II. Listado para complementar

Pregunta	Respuesta
¿Cuál es la capacidad instalada del sistema fotovoltaico?	<ul style="list-style-type: none">• El Ángel Etapa 1, 2.6 MW• El Ángel Etapa 2, 2.5 MW.• La Granja Solar, 3.8 MW
Rendimiento promedio mensual del sistema fotovoltaico	<ul style="list-style-type: none">• El Ángel Etapa 1, 14% promedio mensual.• El Ángel Etapa 2, en proceso de construcción.• Granja Solar, 23.5% promedio mensual. <p>Nota: El ingeniero encargado de supervisar los sistemas solares de Hilcasa, recomendó colocar el factor de planta, en vez del rendimiento.</p> <p>El factor de planta es el porcentaje de irradiación que el panel convierte en energía, es decir, que del 100% de la luz solar que le llega al panel, hay un porcentaje que el panel la convierte en energía.</p> <p>Una planta súper efectiva anda cerca del 18%</p>
¿En qué consiste el mantenimiento realizado?	<p>Los paneles Solo con agua suavizada la cual disminuye el cloro</p> <p>Los paneles se rocían con agua suavizada, es decir, sin cloro.</p>
¿Con qué frecuencia realizan el mantenimiento?	<p>En temporada seca, 1 vez a la semana</p> <p>En temporada húmeda, 1 vez al mes</p>
¿Cuál es la orientación de los paneles?	Hacia el Sur

Anexo 2-5 Instrumento utilizado en la observación.

Pregunta	Respuesta
Angulo de inclinación o azimut de los paneles	13°
¿Qué fuente técnica utilizaron para definir la orientación e inclinación de los paneles?	Latitud Óptima del país.
Número de conexiones en serie	Las conexiones están por cadenas o strings (cadena de paneles) <ul style="list-style-type: none">• 22 paneles El Ángel 1• 18 paneles por cada cadena o String en el Ángel 2
Número de conexiones en paralelo	No se puede dar ese dato ya que no se han podido contar
¿En qué proporción se reduce la generación de electricidad por un día nublado?	En temporada de lluvia cerca del 20%. En día nublado es muy variado y lo que generan las nubes son “picos”
Tipo de cableado utilizado para la conexión entre paneles e inversores	<ul style="list-style-type: none">• Cableado AC que se utiliza es THHN tipo de aislamiento y el tamaño del conductor depende de la potencia que se va a instalar, puede ser de 300 mcm en un diámetro considerable o de 500 mcm.• Cable fotovoltaico, especial y es bien genérico, se tiene una operación a 600 voltios para el Ángel 1, 1,000 voltios para la Granja Solar y 1,500 voltios el Ángel 2.• Cableado Calibre 12 con revestimiento para intemperies.

Anexo 2- 6 Análisis de la demanda

Tabla Anexo 2-6. 1 Análisis de regresión para datos históricos

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.862711443
Coeficiente de determinación r^2	0.744271033
Error típico	78.87352746
Observaciones	5

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Tabla Anexo 2-6. 2 Análisis de regresión para demanda proyectada

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.979804644
Coeficiente de determinación r^2	0.960017141
Error típico	48.29997412
Observaciones	5

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Anexo 2- 7 Análisis de la oferta

Tabla Anexo 2-7. 1 Análisis de regresión de la oferta histórica de energía

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.96040132
Coeficiente de determinación r^2	0.922370695
Error típico	141.5714515
Observaciones	5

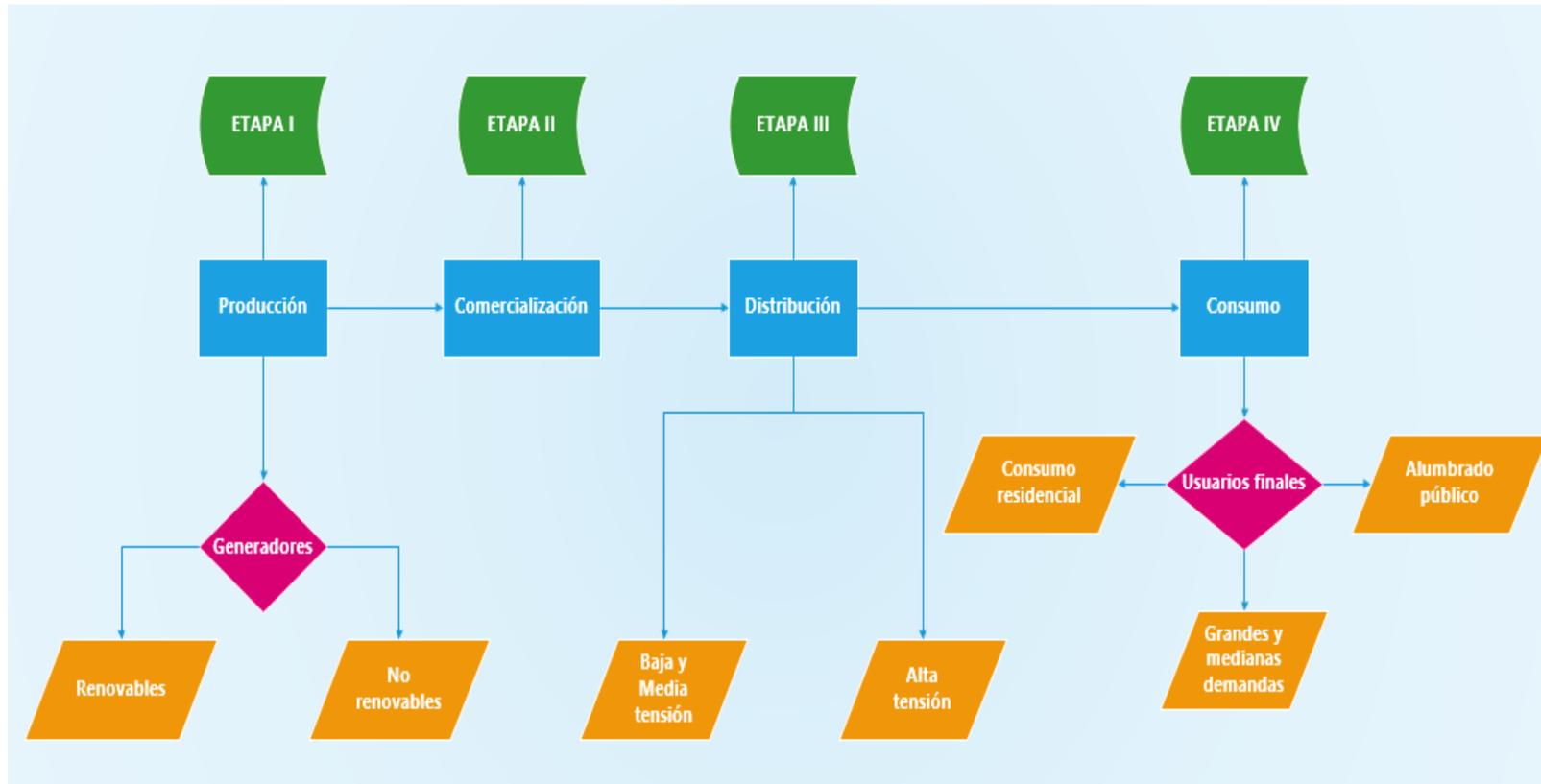
Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Tabla Anexo 2-7. 2 Análisis de regresión de la oferta proyectada de energía

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.994938168
Coeficiente de determinación r^2	0.989901958
Error típico	86.69445503
Observaciones	10

Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Anexo 2- 8 Canal de distribución de energía eléctrica.

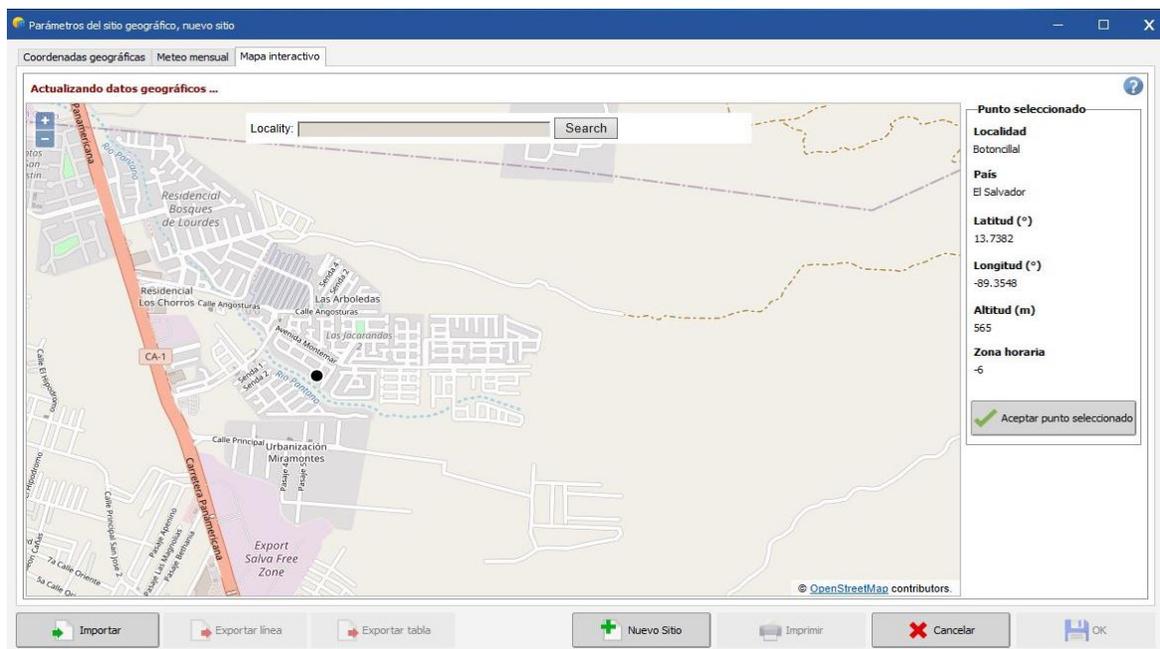
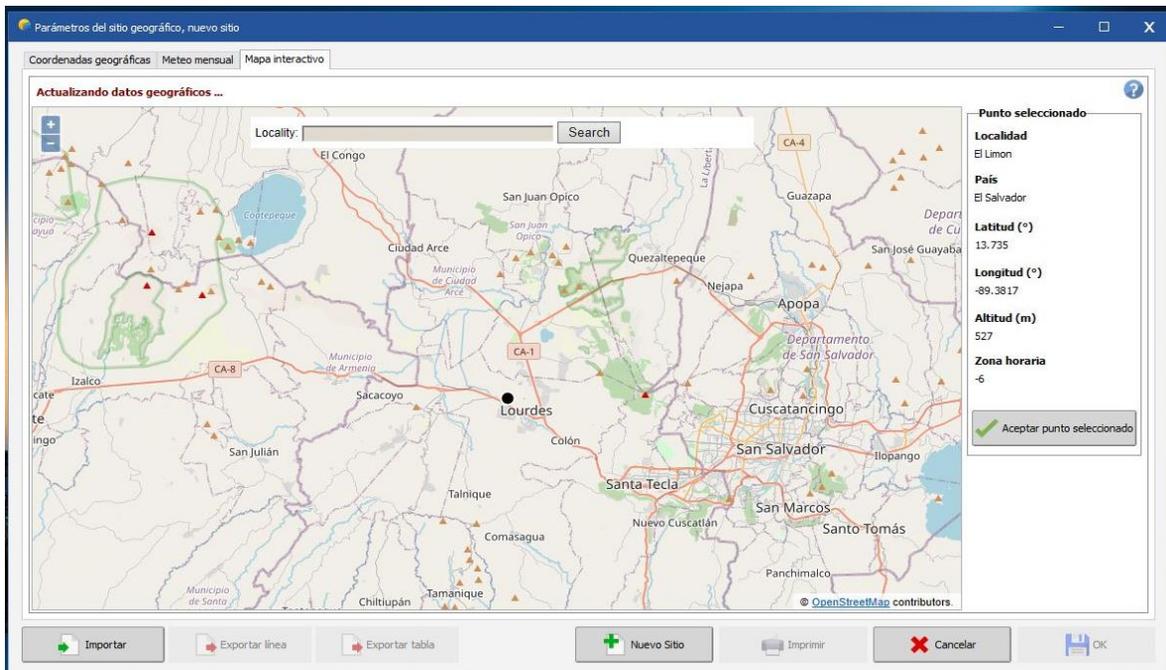


Fuente: elaborado por el equipo de investigación.

Anexo 3- 1 Proceso de simulación Pvsyst versión 7.2 Proyecto Las Arboledas.

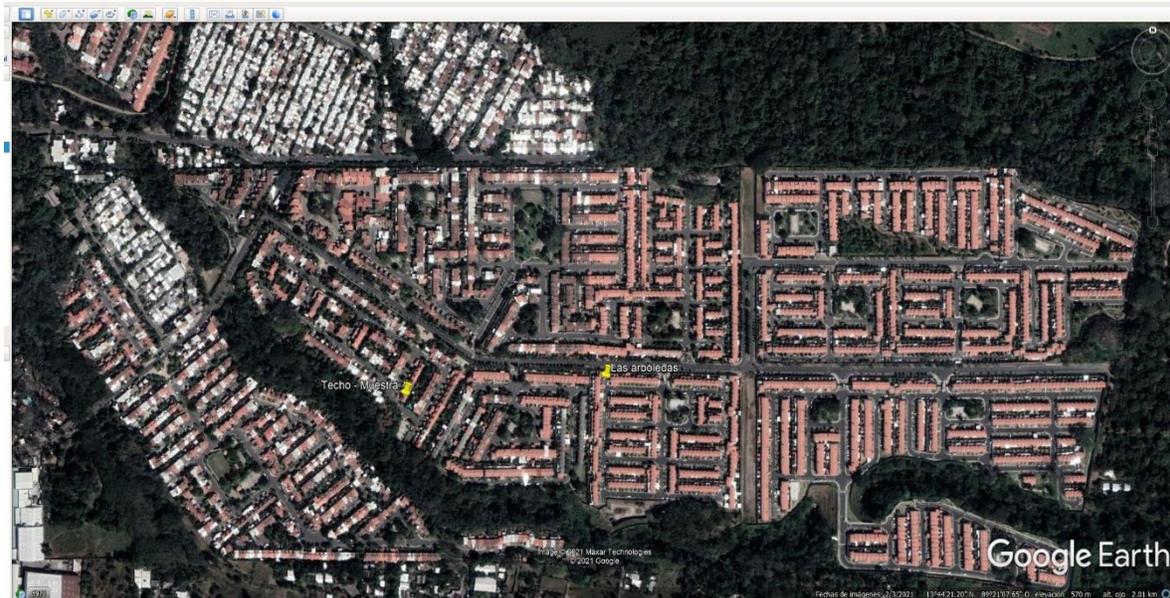
Paso 1: parámetros del sitio geográfico

El primer paso consiste en determinar la ubicación donde se instalará el sistema solar fotovoltaico. Pvsyst, ofrece una ventana con un mapa donde se puede elegir de manera manual la ubicación, pero también, si se conoce la latitud y longitud, se introducen y automáticamente nos muestra la ubicación exacta.



Paso 2: elegir una vivienda modelo

Cuando ya se ha determinado la zona geográfica, el siguiente paso es elegir una casa modelo para realizar las estimaciones pertinentes.



Paso 3: información sobre irradiancia y temperatura de la zona geográfica

Posteriormente a haber elegido una casa modelo, se introducen los valores correspondientes a la irradiación solar de la zona y la temperatura ambiente. Dichos factores son proporcionados por bases de datos que contiene el software PVsyst. Se elige la base de datos de Meteonorm 8.0.

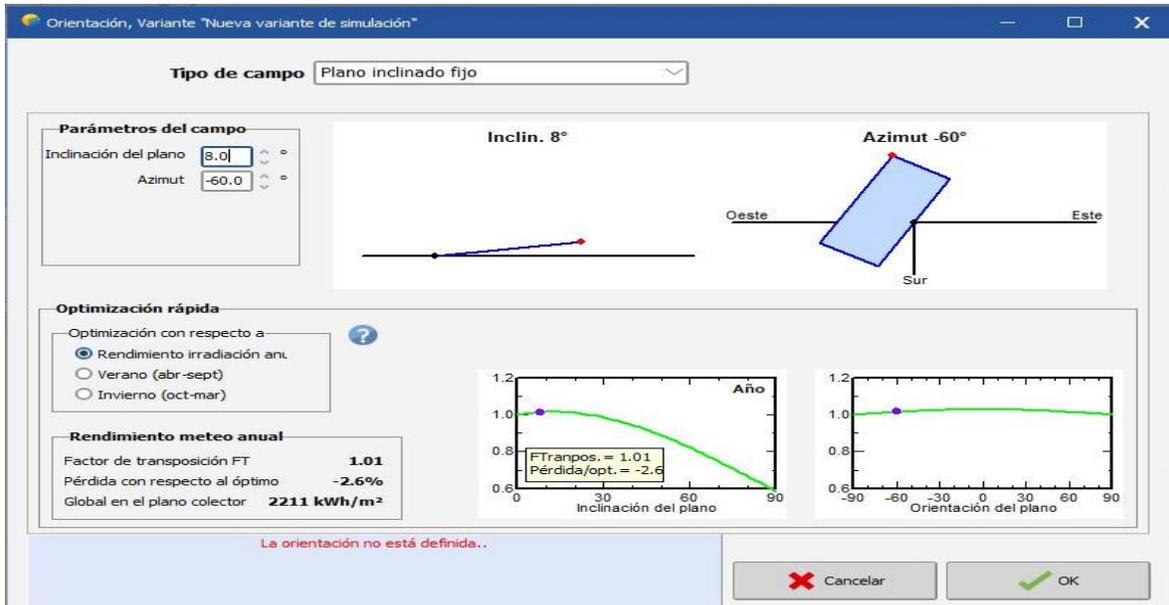
The screenshot shows the 'Parámetros del sitio geográfico, nuevo sitio' window in PVsyst. The site is identified as 'Botoncillal (El Salvador)' and the data source is 'Meteonorm 8.0 (2000-2009), Sat=100%'. The main table displays monthly and annual meteorological data for various parameters. The 'Datos requeridos' section is checked for 'Irradiación horizontal global', 'Temperatura ext. promedio', 'Irradiación difusa horizontal', 'Velocidad del viento', 'Turbidez Linke', and 'Humedad relativa'. The 'Unidades de irradiación' section is set to 'kWh/m²/día'.

	Irradiación horizontal global kWh/m²/mes	Irradiación difusa horizontal kWh/m²/mes	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s	Turbidez Linke []	Humedad relativa %
Enero	178.9	42.0	24.7	3.99	3.094	68.0
Febrero	169.7	49.9	25.7	3.30	3.286	66.8
Marzo	206.2	58.5	26.4	3.29	3.557	66.0
Abril	193.0	71.4	26.5	3.00	4.672	72.0
Mayo	185.8	79.4	26.1	2.40	5.065	79.4
Junio	182.8	73.4	25.1	2.20	3.860	84.2
Julio	203.3	68.3	25.9	2.29	4.043	79.8
Agosto	187.1	79.8	25.6	2.21	3.723	82.2
Septiembre	178.7	62.7	24.6	2.09	3.532	87.1
Octubre	166.7	74.3	24.8	2.30	3.259	83.9
Noviembre	163.7	47.5	24.3	3.19	3.156	78.4
Diciembre	165.6	43.5	24.8	3.29	3.064	71.8
Año	2181.6	750.8	25.4	2.8	3.693	76.6

Irradiación horizontal global variabilidad año a año 1.7%

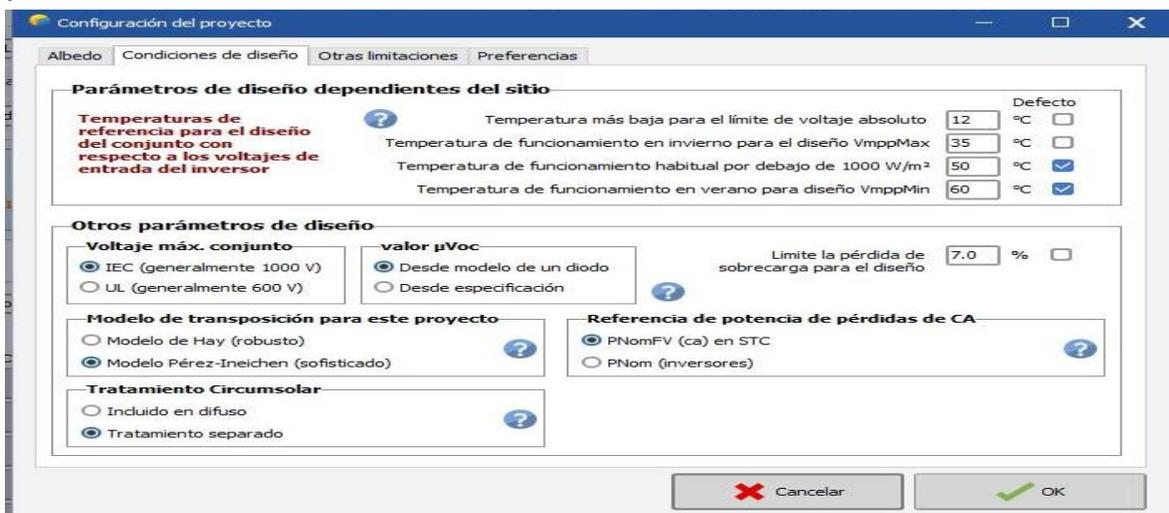
Paso 4: orientación de paneles

El siguiente paso consiste en indicar la orientación que tendrán los paneles. Lo anterior, depende de la orientación misma de la vivienda y de la inclinación del techo. Para la vivienda que se tomó como modelo, tiene una ubicación sureste; por lo tanto, PVsyst indica -60° de azimut, el techo posee una inclinación de 8° , con lo cual, la orientación de los paneles sería hacia el sureste con 8° de inclinación y -60° de azimut.



Paso 5: configuración del proyecto

El siguiente paso consiste en indicar a PVsyst, valores que servirán para las estimaciones que realiza. Se introducen valores de temperatura esperados durante el año, temperatura máxima y mínima, entre otros.



Paso 6: definición del sistema

Lo siguiente es indicar el tipo y marca de panel e inversor a utilizar. Para el caso, el software nos abastece con una base de datos que contiene una vasta cantidad de marcas, tipos y modelos de diferentes proveedores de todo el mundo; incluyendo modelos recientes. Para esta simulación, se utilizarán dos paneles fotovoltaicos monocristalinos de 445 watts pico, marca Trinasolar, modelo Tallmax TSM-DE17M (II) y dos microinversor marca Enphase, modelo IQ7+, potencia de salida de 295 watt.

Definición del sistema de red, Variante VCO: "Las Arboledas - SE"

Subconjunto

Nombre y orientación del subconjunto
Nombre:
Orientación: **Plano inclinado fijo** Inclinación: **8°** Azimut: **-60°**

Ayuda de pre-dimensionamiento
 Sin dimensionamiento Ingrese potencia planeada: kWp
... o área disponible (módulos): m²

Seleccione el módulo FV
Disponibles ahora:
Trina Solar 445 Wp 34V Si-mono TSM-445DEG17M.20(II) Desde 2019 TS 2019 10(LUL)

Usar optimizador
Voltajes de dimensionamiento: Vmpp (60°C) **35.7 V**
Voc (-10°C) **54.2 V**

Seleccione el inversor
Disponibles ahora: Voltaje de salida 240 V Mono 60Hz 50 Hz 60 Hz
Enphase Desde 2018

Núm. de inversores: Voltaje de funcionamiento: **30-64 V** Poder global inversor: **0.6 kWca**
Voltaje máximo de entrada: **80 V**

Diseñe el conjunto
Núm. de módulos y cadenas
Mód. en serie: única posibilidad 1
Núm. de cadenas:

Perdida sobrecarga: **2.4 %**
Proporción Pnom: **1.41**

Condiciones de operación:
Vmpp (60°C): 36 V
Vmpp (20°C): 42 V
Voc (-10°C): 54 V

Irradia. plano: **1000 W/m²**
Imp (STC): 21.8 A
Isc (STC): 22.9 A
Isc (en STC): 22.9 A

La potencia del inversor es ligeramente inferior.
 Máx. en datos STC
Potencia de funcionamiento máx. (en 1000 W/m² y 50°C): **0.8 kW**
Potencia nom. conjunto (STC) 0.9 kWp

Lista de subconjuntos

Nombre	#Mód #Inv.	#Cadena #MPPT
Conjunto FV		
Trina Solar - TSM-445DEG17M.20(II)	1	2
Enphase - IQ7X-96-x-240	2	1

Resumen sistema global

Núm. de módulos	2
Área del módulo	4 m ²
Núm. de inversores	2
Potencia FV nominal	0.9 kWp
Potencia FV máxima	0.9 kWCC
Potencia de CA nominal	0.6 kWCA
Proporción Pnom	1.413

Paso 7: parámetros de pérdidas

Lo que sigue es introducir los valores de pérdida, relacionados con distintos factores como el viento, temperatura, polución, cableado, envejecimiento, etc. Dicha información, es proporcionada por los proveedores de los equipos, las fichas técnicas.

Parámetros detallados de pérdidas del campo FV

Envejecimiento Indisponibilidad Corrección espectral

Parámetro técnico Pérdidas óhmicas Calidad del módulo - LID - Desajuste Pérdida de suciedad Pérdidas IAM Auxiliares

Puede definir el factor de pérdida térmica de campo o el coeficiente TNCO estándar (el programa da la equivalencia)

Factor de pérdidas térmicas del campo

Factor de pérdida térmica $U = U_c + U_v * \text{Vel. viento}$

Factor de pérdida constante U_c : W/m²K

Factor de pérdida del viento U_v : W/m²K m/s

Valor predeterminado según montaje

Módulos montados "libres" con circulación de aire

Semi-integrado con conducto de aire detrás

Integración con respaldo totalmente aislado

Factor TNCO equivalente

TNCO (Temperatura Nominal de Célula Operativa) está especificada a menudo por los fabricantes para el módulo mismo. Esta es una información alternativa a la definición del valor U que no tiene sentido cuando se aplica al conjunto operativo.

No use el enfoque TNCO. Esto es bastante confuso cuando se aplica a un conjunto!

Parámetros detallados de pérdidas del campo FV

Envejecimiento Indisponibilidad Corrección espectral

Parámetro técnico Pérdidas óhmicas Calidad del módulo - LID - Desajuste Pérdida de suciedad Pérdidas IAM Auxiliares

Circuito CC: pérdidas óhmicas en el conjunto

Especificado por

Res. de cableado global mΩ Calculada

Fracción pérdida en STC % Defecto

Caída de voltaje a través del diodo en serie V Defecto

Pérdidas CA después del inversor

Circuito CA: inversor al punto de inyección (por inversor)

Utiliza pérdida óhmica del circuito CA

Longitud del inversor a inyección m Sección cables

Fracción pérdida en STC %

STC: P_{ca} = 0.43 kW, V_{ca} = 240 V Mono, I = 1.80 A

Caída de voltaje en STC V (0.04%)

Cobre

Alu

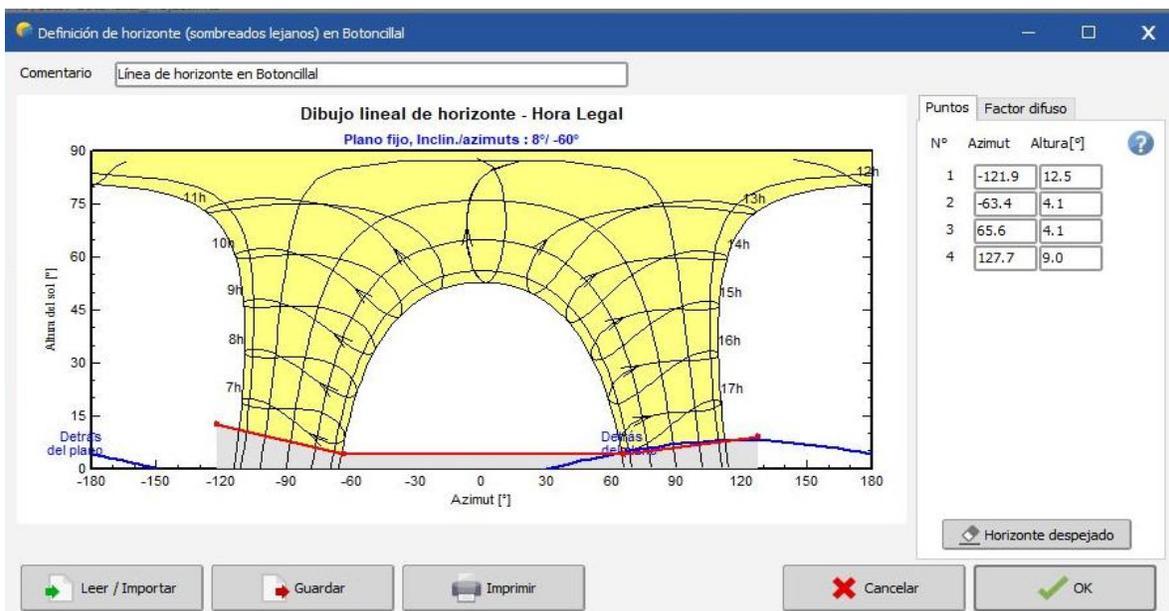
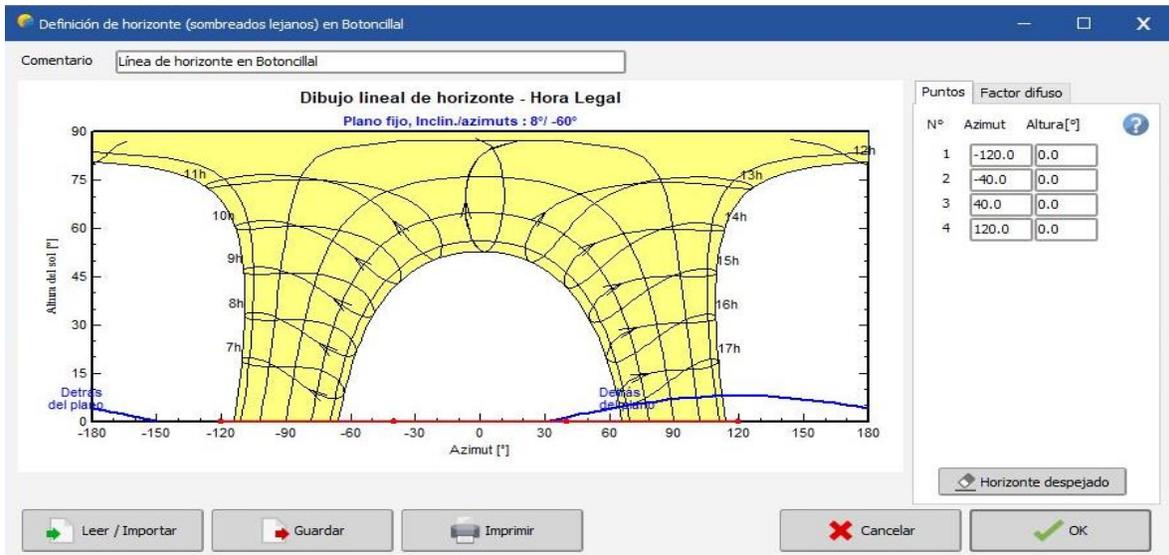
Utiliza uno o varios transformadores MV

Utiliza un transformador de AT

Esta sección de cable está subdimensionada para esta corriente, con respecto a las normas IEC

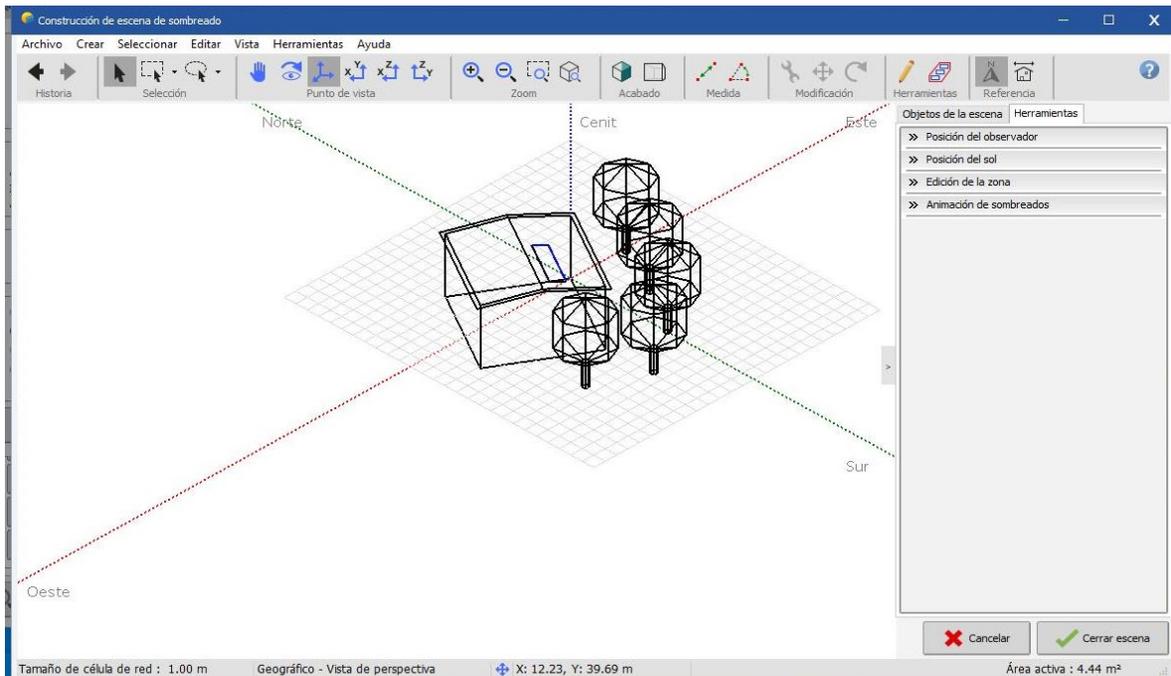
Paso 8: definición de sombrados

El siguiente paso consiste en indicar al software, las áreas de sombreado tanto cercano como lejano. Para la casa que se tomó como modelo, aparece como sombra lejana la que proyecta el volcán de San Salvador en horas de la mañana; así mismo, se establece como sombra cercana la que proyectan los árboles que se encuentran a un costado de la vivienda.



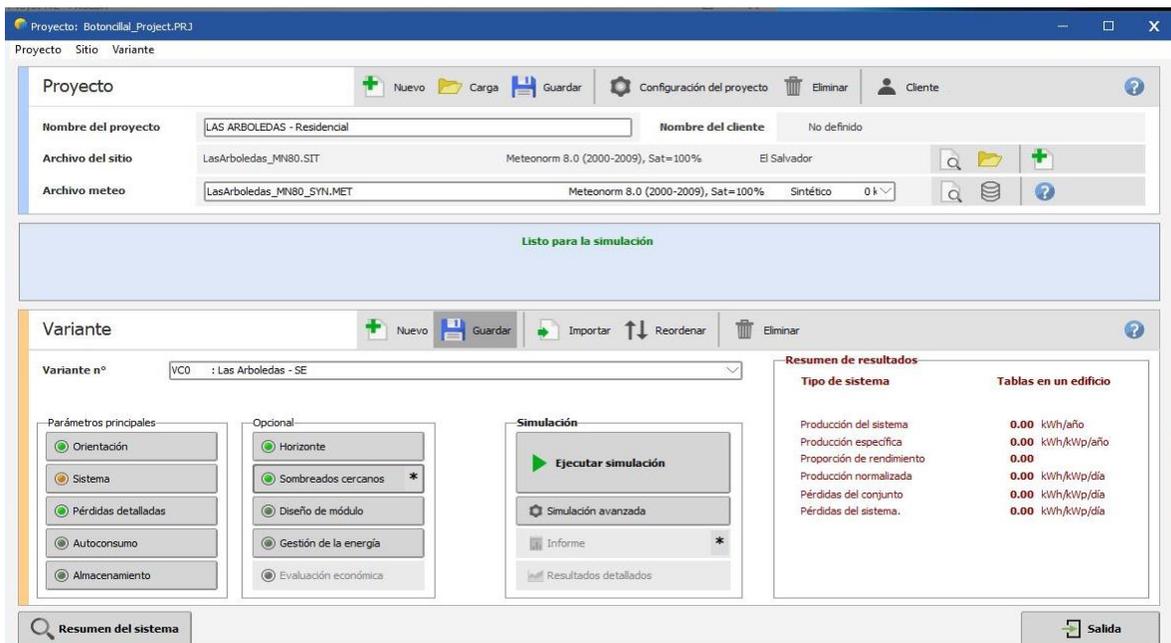
Paso 9: recrear modelo ilustrativo de vivienda

Para finalizar, se elabora un modelo a escala, de la vivienda elegida; tomando en cuenta el tipo de techo, la orientación de la casa, los grados de inclinación del techo, los objetos cercanos que proyectan sombra, etc.



Paso 10: ejecutar

Dado que, toda la información ha sido insertada, se ejecuta la simulación y PVsyst, arroja un informe detallado con datos relacionados a productividad, generación, pérdidas, entre otras.



Anexo 3- 2 Informe de simulación Pvsyst



PVsyst V7.2.3
 VCO, Fecha de simulación:
 12/05/21 20:58
 con v7.2.3

Proyecto: LAS ARBOLEDAS - Residencial

Variante: Las Arboledas - SE

Resumen del proyecto

Sitio geográfico	Situación	Configuración del proyecto
Botoncital	Latitud 13.74 °N	Albedo 0.20
El Salvador	Longitud -89.35 °W	
	Altitud 565 m	
	Zona horaria UTC-6	
Datos meteo		
Botoncital		
Meteonorm 8.0 (2000-2009), Sat=100% - Sintético		

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red	Tablas en un edificio	Necesidades del usuario
Orientación campo FV	Sombreados cercanos	Carga ilimitada (red)
Plano fijo	Sombreados lineales	
Inclinación/Azmut 8 / -60 °		
Información del sistema		
Conjunto FV	Inversores	
Núm. de módulos 2 unidades	Núm. de unidades 2 unidades	
Pnom total 890 Wp	Pnom total 630 W	
	Proporción Pnom 1,413	

Resumen de resultados

Energía producida	1378 kWh/año	Producción específica	1548 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	70.20 %
--------------------------	--------------	------------------------------	------------------	----------------------------	---------

Anexo 3-2: Simulación Pvsyst

Parámetros generales		
Sistema conectado a la red	Tablas en un edificio	
Orientación campo FV	Configuración de cobertizos	Modelos usados
Orientación		Transposición Perez
Plano fijo		Diffuso Perez, Meteorom
Inclinación/Azmut	8 / -60 *	Circunsolar separado
Horizonte	Sombreados cercanos	Necesidades del usuario
Altura promedio	Sombreados lineales	Carga limitada (red)

Características del conjunto FV			
Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	TSM-445DEG17M.20(II)	Modelo	IQ7X-96-x-240
(Base de datos Pvsyst original)		(Base de datos Pvsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	445 Wp	Unidad Nom. Potencia	0.315 kWca
Número de módulos FV	2 unidades	Número de Inversores	2 unidad
Nominal (STC)	890 Wp	Potencia total	0.63 kWca
Módulos	2 Cadenas x 1 En series	Voltaje de funcionamiento	30-64 V
En cond. de funcionam. (60°C)		Potencia máx. (↔60°C)	0.320 kWca
Pmpp	811 Wp	Proporción Pnom (CC:CA)	1.41
U mpp	37 V		
I mpp	22 A		
Potencia FV total		Potencia total del inversor	
Nominal (STC)	1 kWp	Potencia total	0.6 kWca
Total	2 módulos	Núm. de Inversores	2 unidades
Área del módulo	4.4 m ²	Proporción Pnom	1.41
Área celular	3.9 m ²		

Características del conjunto FV			
Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	TSM-445DEG17M.20(II)	Modelo	IQ7X-96-x-240
(Base de datos Pvsyst original)		(Base de datos Pvsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	445 Wp	Unidad Nom. Potencia	0.315 kWca
Número de módulos FV	2 unidades	Número de Inversores	2 unidad
Nominal (STC)	890 Wp	Potencia total	0.63 kWca
Módulos	2 Cadenas x 1 En series	Voltaje de funcionamiento	30-64 V
En cond. de funcionam. (60°C)		Potencia máx. (↔60°C)	0.320 kWca
Pmpp	811 Wp	Proporción Pnom (CC:CA)	1.41
U mpp	37 V		
I mpp	22 A		
Potencia FV total		Potencia total del inversor	
Nominal (STC)	1 kWp	Potencia total	0.6 kWca
Total	2 módulos	Núm. de Inversores	2 unidades
Área del módulo	4.4 m ²	Proporción Pnom	1.41
Área celular	3.9 m ²		

Pérdidas del conjunto								
Pérdidas de suciedad del conjunto	Factor de pérdida térmica	Pérdidas de cableado CC						
Fracción de pérdida	Temperatura módulo según irradiancia	Res. conjunto global						
2.0 %	Uc (const)	28 mΩ						
	Uv (viento)	Fracción de pérdida						
	18.0 W/m ² K	1.5 % en STC						
	0.0 W/m ² K/m/s							
Pérdida diodos serie	Pérdida de calidad módulo	Pérdidas de desajuste de módulo						
Caída de voltaje	Fracción de pérdida	Fracción de pérdida						
0.7 V	-0.8 %	2.0 % en MPP						
Fracción de pérdida								
1.7 % en STC								
Pérdidas de desajuste de cadenas								
Fracción de pérdida								
0.1 %								
Factor de pérdida IAM								
Efecto de Incidencia (IAM): Perfil definido por el usuario								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	1.000	0.999	0.992	0.975	0.915	0.710	0.000

Anexo 3-2: Simulación Pvsyst

Pérdidas del sistema.

Indisponibilidad del sistema

Frac. de tiempo 2.0 %
7.3 días,
3 períodos

Pérdidas de cableado CA

Línea de salida del Inv. hasta el punto de Inyección

Voltaje Inversor 240 Vca mono
Fracción de pérdida 0.04 % en STC
Inversor: IQ7X-96-x-240
Sección cables (2 Inv.) Cobre 2 x 2 x 2 mm²
Longitud media de los cables 2 m

Definición del horizonte

Altura promedio 5.7 * Factor Albedo 0.73
Factor difuso 0.99 Fracción de albedo 100 %

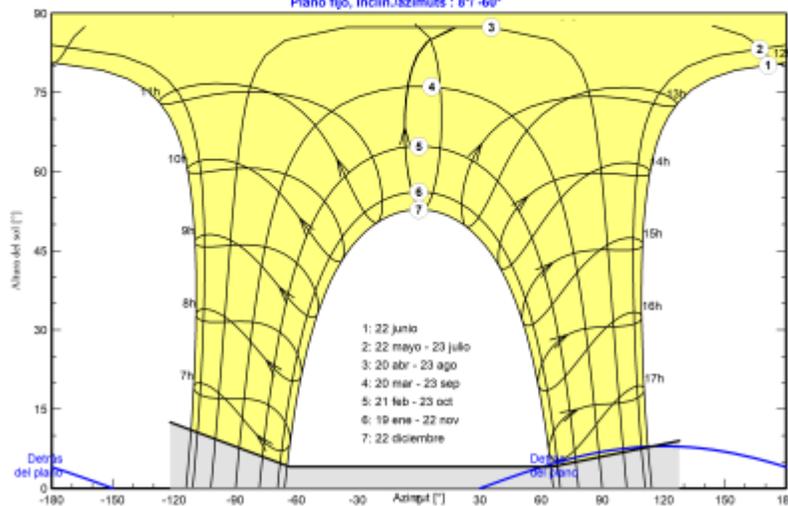
Perfil del horizonte

Azmut [°]	-122	-63	66	128
Altura [°]	12.5	4.1	4.1	9.0

Recorridos solares (diagrama de altura / azimut)

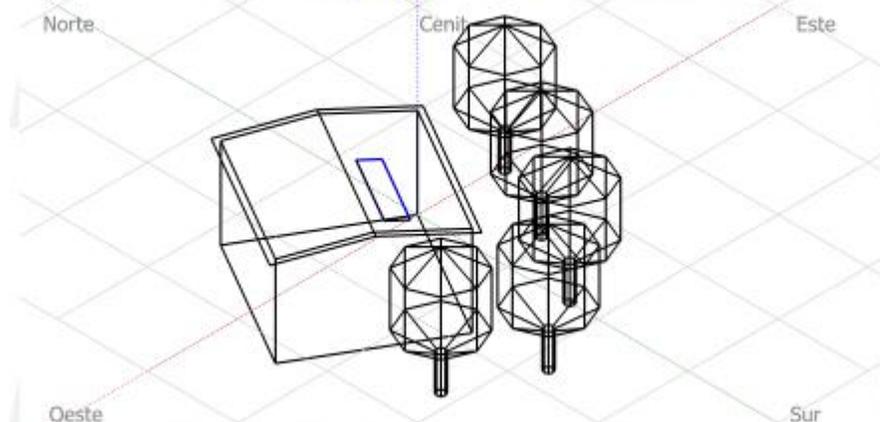
Línea de horizonte en Botocillar

Piano fijo, Inclín, Azimuts : 8° / -66°

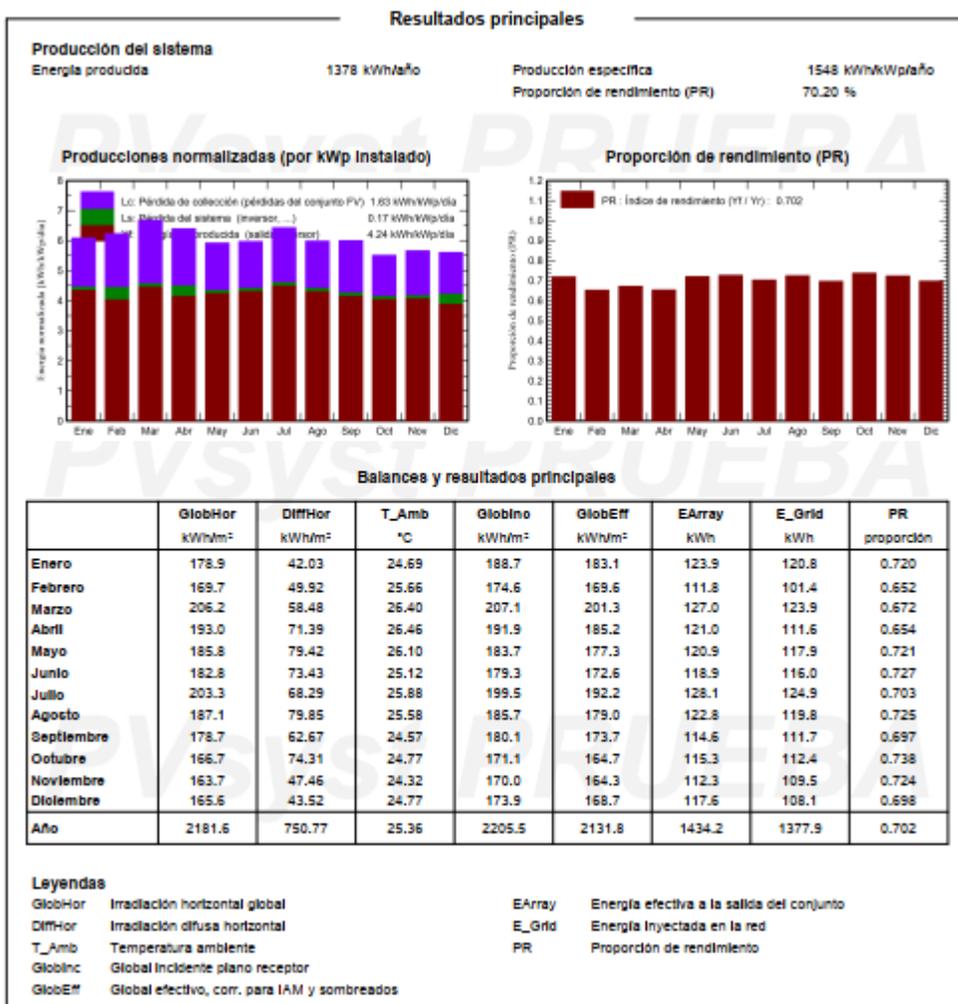
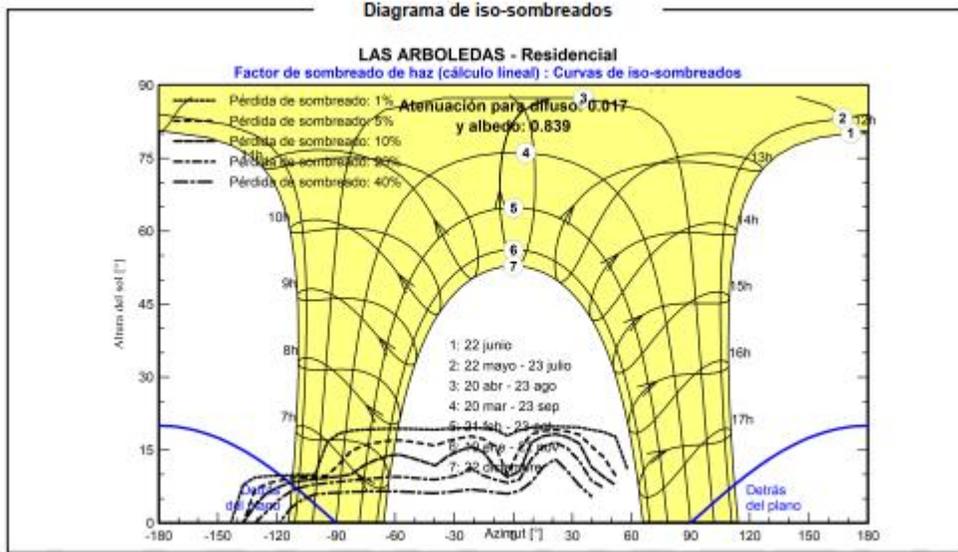


Parámetro de sombreados cercanos

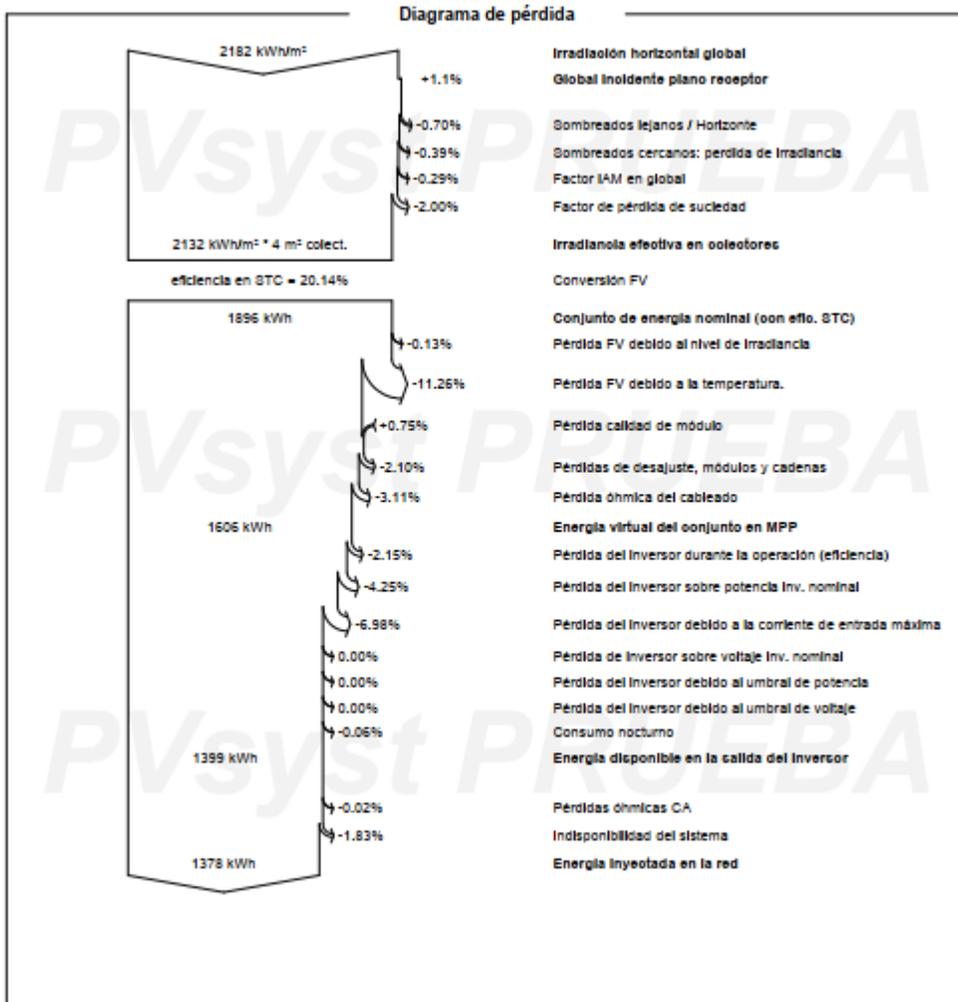
Perspectiva del campo FV y la escena de sombreado circundante



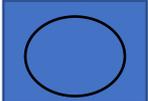
Anexo 3-2: Simulación Pvsyst



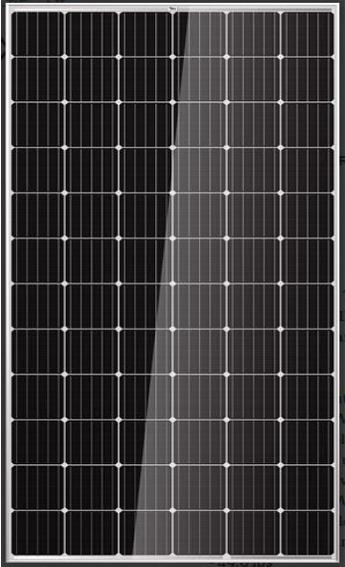
Anexo 3-2: Simulación Pvsyst



Anexo 3- 3 Simbología método ASME

Simbología	Descripción
Operación	 <p>Se utiliza cuando se operativizan acciones administrativas para obtener resultados.</p>
Traslado o Transporte	 <p>Se utiliza cuando se moviliza o envía información o documentos, de un lugar a otro.</p>
Revisión o Inspección	 <p>Se utiliza cuando se verifica información, documentos, etc...</p>
Demora	 <p>Se utiliza cuando se presentan situaciones en las cuales se tiene que detener la fluidez de la información.</p>
Archivo o almacenamiento	 <p>Se utiliza cuando se guarda información o documentación.</p>
Operación combinada	 <p>Se utiliza cuando se efectúa una operación e inspección de manera secuencial.</p>
Flujo de información	 <p>Se utiliza por lo general de arriba hacia abajo, para identificar la sistematización de las acciones ejecutadas.</p>

Anexo 3- 4 Características de equipos, accesorios e insumos fotovoltaicos

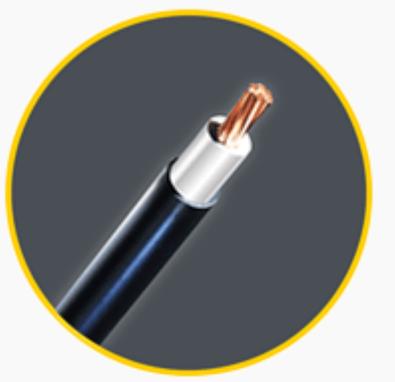
Equipo/Accesorio/ Insumo	Características	Ilustración
Microinversor	<p>Marca Enphase, modelo IQ7+. Potencia de salida de 295 watts, con una resistencia a las temperaturas de entre -40 a 65 °C. El tipo de conector que adopta es MC4, resistente a la humedad y con un peso de 1.08 kg.</p>	
Panel solar	<p>Marca Trinasolar, modelo Tallmax TSM-DE17M (II), monocristalino de 144 celdas (6x24), con una potencia nominal de 445 Watts y eficiencia de 20.4%. Dimensión de 210x104x3.5 cm, peso 26 kg, marco de vidrio anodizado, conector MC4 y caja de conexiones IP68¹. Resistencia al polvo y arena.</p>	

¹ Norma para el índice de protección IP. Proporcionada por las envolturas de los equipos. El primer dígito, indica el nivel de protección al polvo, y la segunda a la penetración del agua. IP68, es la máxima protección contra polvo y agua.

Anexo 3-4: Características de equipos, accesorios e insumos fotovoltaicos

Equipo/Accesorio Insumo	Características	Ilustración
Conectores MC4.	Tensión nominal 600 voltios, corriente nominal 22-30 amperios, material de la terminal de aleación de cobre, estañado. Clase de protección IP68. Temperatura límite superior +105°C. Este tipo de conectores se sirven por parejas, macho y hembra. Conecta los paneles con los microinversores.	
Conector Q cable	Marca Enphase, 0.25 cm ² , utilizado para interconectar los microinversores IQ7+ al IQ Envoy.	
Enphase IQ Envoy	Marca Enphase, peso 498 gramos, índice de protección IP30, para instalación en interiores. Une la potencia de los inversores, al mismo tiempo que mide la producción solar.	

Anexo 3-4: Características de equipos, accesorios e insumos fotovoltaicos

Equipo/Accesorio Insumo	Características	Ilustración
Estructura	<p>Marca UNIRAC Solarmount. Posee abrazaderas universales, certificación UL 2703, garantía de 25 años. Contiene rieles, empalmes, tornillos autorroscantes, pernos, tuercas, abrazaderas y anclaje L-foot. Este último, facilita la instalación en techos ondulados (duralita).</p>	
Cableado PV	<p>Conductor de cobre cableado concéntrico regular aislado y con chaqueta de 600 a 2000 voltios. Resistente contra químicos, humedad, aceites, y alta temperatura. No propaga flama. Se usa para conectar el Q cable con el IQ Envoy. Se conoce como cableado exterior.</p>	
Cableado AC	<p>Modelo THHN AWG calibre 14, conecta el IQ Envoy con la caja térmica. Se conoce como cableado interior, con la característica que no resiste tanto a la intemperie.</p>	

Anexo 3-4: Características de equipos, accesorios e insumos fotovoltaicos

Equipo/Accesorio /Insumo	Características	Ilustración
Cableado GND	Cable desnudo de cobre AWG calibre 8 de puesta a tierra. Conecta los elementos del sistema a las barras de cobre.	
Canalización eléctrica	Tubería EMT de aluminio para protección de cableado. Contiene codos y protege el cableado PV y AC.	
Sellador	Marca Zikaflex 1A. Se coloca en anclas para evitar filtraciones en techo.	
Barra de cobre	Barra de media pulgada de diámetro y un metro de largo. Para protección de los elementos del sistema.	

Anexo 3- 5 Viviendas de la Residencial Las Arboledas



Anexo 3- 6 Documentación a presentar para la notificación y solicitud para la instalación de un sistema solar fotovoltaico.

- a. Copia del documento de cobro más reciente (factura) emitido por el distribuidor o comercializador, previamente cancelado.
- b. Tecnología de generación a instalar.
- c. Localización específica de la unidad de generación dentro del inmueble.
- d. Diagrama unifilar de la unidad de generación que incluya el punto de conexión de la unidad con las instalaciones eléctricas del usuario final.
- e. Capacidad a instalar o instalada en KW de la unidad y su energía mensual asociada.
- f. Descripción de cálculo de la capacidad a instalar o instalada y la producción mensual estimada de energía de la unidad de generación. Según lo dispuesto en el artículo 9 de la Norma UPR.
- g. Tensión nominal de la unidad de generación.
- h. Características técnicas de los equipos que conforman la unidad de generación.
- i. Copia de documento de identidad de la persona natural o jurídica responsable del diseño y montaje de las unidades de generación.
- j. Declaración de responsabilidad por parte de la persona que realizó el diseño y montaje de las unidades de generación, de que las mismas cumplen con las disposiciones consideradas en las normativas nacionales vigentes que sean aplicables.
- k. Fecha estimada de la entrada en operación de la unidad de generación.
- l. Lugar, número telefónico, correo electrónico o cualquier otro medio para recibir notificaciones; así como la designación de personas autorizadas para tal efecto, si las hubiere.
- m. Copia de los certificados de cumplimiento de las normas de fabricación de equipos eléctricos para cada uno de los componentes principales de las unidades de generación (UL, TUV, CSA, etc.)
- n. Copia de DUI o carné de residente del solicitante.
- o. En caso de que el medidor sea provisto por el usuario final, copia de factura de compra de medidor y constancia de calibración y exactitud, realizada por una empresa calificada.
- p. Autorización del propietario del inmueble, en caso de que el titular del servicio sea una persona distinta.

Anexo 3- 7 Descripción y cotización de equipo de trabajo

Equipo	Características y Cotización	Ilustración
Vehículo	<p>Marca HINO, modelo 300, 2.5 toneladas, 98 HP, diésel 4 cilindros y transmisión mecánica 5 velocidades más reversa.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.toyota.com.sv/vehiculo/hino/</p>	
Escalera extensible	<p>Escalera de aluminio, altura total 11 metros, capacidad 102 Kg, uso profesional, 36 peldaños, sistema de enganche Quick Latch y tacones anti deslizantes.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/5882/escalera-aluminio-de-extension-tipo-ii-36-pies.html</p>	
Lazo	<p>Polipropileno, diámetro 10 mm, 10 metros de largo, cuerda sintética para todo tipo de uso.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/121883/CORD-EL-ANKLA-10-MM-X-10-MTS.html</p>	
Trinquete de fijación	<p>Trinquete compacto de 14x18 mm.</p> <p>Cotizado en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.freundferreteria.com/Productos/Detalle/1dee30a7-271b-43bf-82da-730e4443fea3?producto=sopORTE%20fijacion%20central%20bandeja%20cablofil%20200mm%20techO</p>	
Tenaza	<p>Tenaza para electricista, aislamiento 1000 voltios, 8 pulgadas de acero CR-V.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/95440/tenaza-para-electricista-8-pulg-1000v.html</p>	

Anexo 3-7: Descripción y cotización de equipo de trabajo

Equipo	Características y Cotización	Ilustración
Tenaza cortadora de cable	<p>Marca Stanley, corte diagonal 7 pulgadas, acero CR-N con mango antideslizante.</p> <p>Cotizado al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/19600/tenaza-corte-diagonal-7-pulg.html</p>	
Navaja para electricista	<p>Navaja de bolsillo con hoja extraíble adecuada para retirar forro termoplástico de conductores.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/118700/navaja-para-electricista.html</p>	
Tenaza para entallar	<p>Material de acero forjado, calibres 6-4 AWG con mango antideslizante.</p> <p>Cotizado en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/116031/tenaza-para-entallar-terminales-6-4-0awg.html</p>	
Juego de cubos para atornillar	<p>Set de 14 piezas, acople ½ pulgada, medidas SAE, cubos de 3/8, 7/16, 9/16, 5/8, 11/16, ¾, 13/16, 7/8 y 1 pulgada.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/4727/juego-de-cubos-pulg-mando-1-2-pulg-6-puntos-14-piezas.html</p>	
Set de brocas para metal	<p>Set de brocas fabricadas en acero HSS de alta resistencia para todo tipo de material metálico, hierro y plásticos.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/121968/SET-DE-BROCAS-HSS-4---10-MM-PARA-METAL-5-PIEZAS.html</p>	

Anexo 3-7: Descripción y cotización de equipo de trabajo

Equipo	Características y Cotización	Ilustración
Brocas copas	<p>Sierra de copa de ¾ de pulgada de diámetro, construcción Bi-Metal con 8% de cobalto.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/101275/SIERRA-COPA-3-4-PULG-BI-METAL.html</p>	
Set de brocas para concreto	<p>Para ladrillo, bloque y hormigón, punta de carburo, 8 piezas.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/127709/set-de-brocas-para-concreto-3-10-mm-8-piezas.html</p>	
Taladro	<p>Marca Bosch, inalámbrico media pulgada, 18 voltios, torque máximo 54 NM, velocidad de 500-1,900 RPM.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/161867/taladro-inalambrico-1-2-pulg-18v-gsb-li-23-accesorios.html</p>	
Martillo	<p>Martillo oreja de 16 onzas con mango de fibra de vidrio.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.freundferreteria.com/Productos/Detalle/0afaa559-887d-45f8-b11f-d989b219ef6b?producto=martillo%20oreja%2016%20onzas</p>	
Torquímetro	<p>½ pulgada, 30-150 libras, encaje cuadrado, sistema reversible dos sentidos y mecanismo de bloqueo con anillo.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.freundferreteria.com/Productos/Detalle/d0c34bd5-41ef-4ede-9697-f82c9485e635?producto=torqu%C3%ADmetro%20micr%C3%B3metrico%201%2F2%20pulgada%2030-150%20lb</p>	

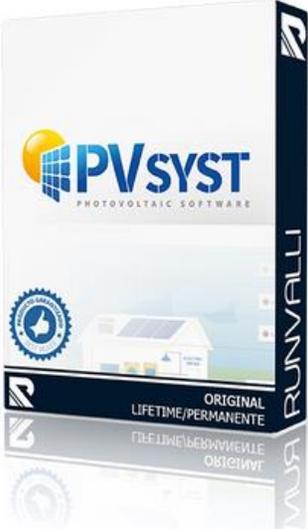
Anexo 3-7: Descripción y cotización de equipo de trabajo

Equipo	Características y Cotización	Ilustración
Set de Broca Escalonada	<p>Juego de tres brocas escalonadas, ideal para perforaciones en múltiples materiales como metal y plásticos.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/400994/set-de-broca-escalonada-hss-48-89-9257-3-piezas.html</p>	
Casco de seguridad	<p>Suspensión en cuatro puntos, ajuste mediante Ratch, alta resistencia a impactos.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/107220/casco-de-seguridad-amarillo.html</p>	
Chaleco de seguridad	<p>Maya de poliéster, color de alta visibilidad con franjas reflectivas.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/86078/chaleco-de-seguridad-amarillo-con-cinta-reflectiva.html</p>	
Arne de seguridad con cuerda de vida	<p>Para trabajos en altura con franjas bicolor, de poliéster, anillo en forma de D en la espalda, incluye cuerda de vida y gancho grande.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.freundferreteria.com/Productos/Detalle/02f9883d-de09-4f71-99f5-1a9d027d6bff?producto=arnes%20seguridad%20completo%20con%20cuerda%20vida</p>	

Anexo 3-7: Descripción y cotización de equipo de trabajo

Equipo	Características y Cotización	Ilustración
Lentes de seguridad	<p>Protección UV en 99.9% con resistencia a impactos.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.vidri.com.sv/producto/101447/LENTE-S-DE-SEGURIDAD-ANTIEMPA%C3%91ANTE-TRANSPARENTE.html</p>	
Cinta métrica profesional	<p>Con botón de traba y doble gancho de 5 metros.</p> <p>Cotizado en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.freundferreteria.com/Productos/Detalle/2449f318-ce39-49ed-8d0b-b2e7cd08da8a?producto=cinta%20m%C3%A9trica%20profesional%205%20metros</p>	

Anexo 3- 8 Descripción y cotización de software PVsyst versión 7.2

Software	Características y Cotización	Ilustración
<p>PVsyst versión 7.2</p>	<p>Tipo de licencia: Producto completo.</p> <p>Idioma: Multi idioma.</p> <p>Cantidad de equipos: Ilimitados.</p> <p>Duración: Permanente.</p> <p>Compatibilidad: Windows.</p> <p>Soporte: Asistencia técnica incluida.</p> <p>Garantía: 2 años (cubre actualizaciones y corrección de errores debido al uso del cliente).</p> <p>PVsyst es una aplicación diseñada para el estudio, dimensionamiento y análisis de datos de los sistemas fotovoltaicos (PV) integrales. Se trata de sistemas PV conectados a la red, independientes, de bombeo y de red DC, e incluye las bases de datos de los componentes de los sistemas extensivos meteo y PV, así como en general las herramientas de la energía solar.</p> <p>Cotizado en tienda en línea de página oficial del software al 26/09/2021.</p> <p>https://www.pvsyst.com/shop-prices/</p>	 <p>The image shows the retail box for PVsyst software. The box is white with a blue and yellow logo at the top. Below the logo, it says 'PHOTOVOLTAIC SOFTWARE'. There is a small circular seal on the left side. The bottom of the box features the text 'ORIGINAL LIFETIME/PERMANENTE' and 'RUNVALLI' on the side.</p>

Anexo 3- 9 Descripción y cotización de equipo de oficina.

Equipo	Características y Cotización	Ilustración
Laptop	<p>Laptop Dell Inspiron 15 3511, Intel Core i5, RAM 8GB, Almacenamiento SSD 256 GB, Window 10 Home, pantalla FHD.</p> <p>Cotizada en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.zonadigitalsv.com/product/laptop-dell-inspiron-15-3511-intel-core-i51135g7-ram-8gb-almacenamiento-ssd-256gb-win10h-pantalla-fhd-156-bk-884116406600</p>	
Impresor multifuncional	<p>Impresor multifuncional inalámbrico Canon Pixma E471.</p> <p>Cotizada en tienda en línea al 26/09/2021.</p> <p>https://www.zonadigitalsv.com/product/impresor-multifuncional-inalambrico-canon-pixma-e471-013803275858.</p>	

Anexo 3- 10 Cotización de equipos, accesorios e insumos fotovoltaicos



MEICO USA, LLC
2330 Ponce de Leon BLVD
Coral Gables, FL, USA
Tel: +57 (1) 2357544

COTIZACIÓN # 5341692440
NÚMERO DE CLIENTE
FECHA 24/5/2021
VALIDEZ OFERTA 15 DÍAS

CLIENTE: Financial Developments
CONTACTO: Javier Castillo
E-MAIL: javier_castillo@hotmail.com
TEL: +503 78458774
DIRECCIÓN: El Salvador

CÓDIGO MEICO	REF.	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MONEDA	PRECIO POR VATIO	PRECIO UNITARIO	TOTAL
T-17	TSM DE17M(N)	1,364	PANEL SOLAR TRINA SOLAR 445W MONO PERC 144 CELLS	USD	USD 0.290	USD 129.18	USD 176,199.04
E-1	IQ7PLUS-72-2-US	1,364	Enphase IQ 7+ microinverter 72-cell modules 295VA	USD	USD 0.324	USD 99.64	USD 130,456.11
E-2	ENV-IQ-AM1-240	243	Enphase IQ Envoy, single phase, metered	USD	USD 0.000	USD 301.76	USD 73,326.81
E-4	Q-12-10-240	1,364	Q Cable for 6Q/72 cell 1.0m portrait module pitch	USD	USD 0.000	USD 10.10	USD 13,779.90
U-11	315168M	682	Riel SM Light 4,2 metros 315168M	USD	USD 0.000	USD 21.345	USD 14,557.194
U-5	8008002S	682	Puesta a tierra #1 - 008002S	USD	USD 0.000	USD 6.226	USD 4,246.209
U-6	303019M	150	Barra de Unión Dentada BND PRO MILL	USD	USD 0.000	USD 3.277	USD 491.612
U-2	8304001C	1,820	Andaje L-Foot dentado W/ T-BOLT CLR - 304001C	USD	USD 0.000	USD 2.418	USD 4,401.083
U-4	8302035M	2,728	Grapa final SM PRO con taps - 302035M	USD	USD 0.000	USD 2.436	USD 6,646.240
U-3	8302030M	1,380	Grapa intermedia SM PRO 302030M	USD	USD 0.000	USD 2.030	USD 2,801.751
		1	Envío Internacional a El Salvador.	USD		USD 931	USD 931

TOTAL USD 427,837.00

Condiciones de Entrega y Pago

Tiempo de Entrega

Aprox.14-16 semanas después de la recepción de la orden escrita y firmada, pago de contado y aclaración de todos los detalles técnicos y comerciales. Tiempos dependen de la fabricación por parte de los proveedores

Condiciones de Entrega

CIF El Salvador

Entrega: Contra el pago del 100% de la orden.

Validez

15 días calendario

Terminos de Pago

Anticipo 100%

Garantía

Las garantías legales expedidas por nuestros proveedores.

Anexo 3- 11 Planilla mensual de salarios y prestaciones

PLANILLA MENSUAL DE SALARIOS

N°	NOMBRE	DIAS	BASE	SALARIO	Otros			TOTAL	REIENCIONES			TOTAL REIENCIONES	DEDUCCIONES		TOTAL DEDUCCIONES	TOTAL A RECIBIR
					Comisiones y Bonos	Vacaciones	Horas Extras		ISSS 3%	AFP 7.25%	RENTA		Anticipos	Prestamos		
1	Asistente	30	700.00	700.00	0.00	0.00	0.00	700.00	21.00	50.75	33.29	105.04	0.00	0.00	0.00	594.96
2	Gerente comercial	30	3,000.00	3,000.00	0.00	0.00	0.00	3,000.00	30.00	217.50	502.89	750.39	0.00	0.00	0.00	2,249.61
3	Técnico electricista 1	30	600.00	600.00	0.00	0.00	80.00	680.00	20.40	49.30	31.50	101.20	0.00	0.00	0.00	578.80
4	Técnico electricista 2	30	600.00	600.00	0.00	0.00	80.00	680.00	20.40	49.30	31.50	101.20	0.00	0.00	0.00	578.80
5	Técnico electricista 3	30	600.00	600.00	0.00	0.00	80.00	680.00	20.40	49.30	31.50	101.20	0.00	0.00	0.00	578.80
6	Técnico electricista 4	30	600.00	600.00	0.00	0.00	80.00	680.00	20.40	49.30	31.50	101.20	0.00	0.00	0.00	578.80
7	Técnico electricista 5	30	600.00	600.00	0.00	0.00	80.00	680.00	20.40	49.30	31.50	101.20	0.00	0.00	0.00	578.80
8	Técnico electricista 6	30	600.00	600.00	0.00	0.00	80.00	680.00	20.40	49.30	31.50	101.20	0.00	0.00	0.00	578.80
9	Técnico instalador 1	30	500.00	500.00	0.00	0.00	66.67	566.67	17.00	41.08	21.33	79.41	0.00	0.00	0.00	487.26
10	Técnico instalador 2	30	500.00	500.00	0.00	0.00	66.67	566.67	17.00	41.08	21.33	79.41	0.00	0.00	0.00	487.26
11	Técnico instalador 3	30	500.00	500.00	0.00	0.00	66.67	566.67	17.00	41.08	21.33	79.41	0.00	0.00	0.00	487.26
12	Técnico instalador 4	30	500.00	500.00	0.00	0.00	66.67	566.67	17.00	41.08	21.33	79.41	0.00	0.00	0.00	487.26
13	Técnico instalador 5	30	500.00	500.00	0.00	0.00	66.67	566.67	17.00	41.08	21.33	79.41	0.00	0.00	0.00	487.26
14	Técnico instalador 6	30	500.00	500.00	0.00	0.00	66.67	566.67	17.00	41.08	21.33	79.41	0.00	0.00	0.00	487.26
15	Técnico instalador 7	30	500.00	500.00	0.00	0.00	66.67	566.67	17.00	41.08	21.33	79.41	0.00	0.00	0.00	487.26
16	Técnico instalador 8	30	500.00	500.00	0.00	0.00	66.67	566.67	17.00	41.08	21.33	79.41	0.00	0.00	0.00	487.26
17	Técnico instalador 9	30	500.00	500.00	0.00	0.00	66.67	566.67	17.00	41.08	21.33	79.41	0.00	0.00	0.00	487.26
18	Técnico instalador 10	30	500.00	500.00	0.00	0.00	66.67	566.67	17.00	41.08	21.33	79.41	0.00	0.00	0.00	487.26
19	Técnico instalador 11	30	500.00	500.00	0.00	0.00	66.67	566.67	17.00	41.08	21.33	79.41	0.00	0.00	0.00	487.26
20	Técnico instalador 12	30	500.00	500.00	0.00	0.00	66.67	566.67	17.00	41.08	21.33	79.41	0.00	0.00	0.00	487.26
21	Supervisor	30	850.00	850.00	0.00	0.00	28.33	878.33	26.35	63.68	49.30	139.33	0.00	0.00	0.00	739.00
Total				14,150.00	0.00	0.00	1,308.33	15,458.33	403.75	1,120.73	1,030.41	2,554.88	0.00	0.00	0.00	12,903.45

EMPLEADOR		TOTAL GASTOS
ISSS 7.5%	AFP 8.75%	
52.50	61.25	113.75
75.00	262.50	337.50
51.00	59.50	110.50
51.00	59.50	110.50
51.00	59.50	110.50
51.00	59.50	110.50
51.00	59.50	110.50
51.00	59.50	110.50
42.50	49.58	92.08
42.50	49.58	92.08
42.50	49.58	92.08
42.50	49.58	92.08
42.50	49.58	92.08
42.50	49.58	92.08
42.50	49.58	92.08
42.50	49.58	92.08
42.50	49.58	92.08
42.50	49.58	92.08
42.50	49.58	92.08
42.50	49.58	92.08
65.88	76.85	142.73
1009.38	1352.60	2361.98

N°	NOMBRE	DIAS	BASE	Vacaciones	REIENCIONES			TOTAL REIENCIONES	Neto vacación	Aguinaldo	Total prestaciones
					ISSS 3%	AFP 7.25%	RENTA				
1	Asistente	30	700.00	105.00	3.15	7.61	0.00	10.76	94.24	233.33	327.57
2	Gerente comercial	30	3,000.00	450.00	13.50	32.63	0.00	46.13	403.88	1,000.00	1,403.88
3	Técnico electricista 1	30	600.00	90.00	2.70	6.53	0.00	9.23	80.78	200.00	280.78
4	Técnico electricista 2	30	600.00	90.00	2.70	6.53	0.00	9.23	80.78	200.00	280.78
5	Técnico electricista 3	30	600.00	90.00	2.70	6.53	0.00	9.23	80.78	200.00	280.78
6	Técnico electricista 4	30	600.00	90.00	2.70	6.53	0.00	9.23	80.78	200.00	280.78
7	Técnico electricista 5	30	600.00	90.00	2.70	6.53	0.00	9.23	80.78	200.00	280.78
8	Técnico electricista 6	30	600.00	90.00	2.70	6.53	0.00	9.23	80.78	200.00	280.78
9	Técnico instalador 1	30	500.00	75.00	2.25	5.44	0.00	7.69	67.31	166.67	233.98
10	Técnico instalador 2	30	500.00	75.00	2.25	5.44	0.00	7.69	67.31	166.67	233.98
11	Técnico instalador 3	30	500.00	75.00	2.25	5.44	0.00	7.69	67.31	166.67	233.98
12	Técnico instalador 4	30	500.00	75.00	2.25	5.44	0.00	7.69	67.31	166.67	233.98
13	Técnico instalador 5	30	500.00	75.00	2.25	5.44	0.00	7.69	67.31	166.67	233.98
14	Técnico instalador 6	30	500.00	75.00	2.25	5.44	0.00	7.69	67.31	166.67	233.98
15	Técnico instalador 7	30	500.00	75.00	2.25	5.44	0.00	7.69	67.31	166.67	233.98
16	Técnico instalador 8	30	500.00	75.00	2.25	5.44	0.00	7.69	67.31	166.67	233.98
17	Técnico instalador 9	30	500.00	75.00	2.25	5.44	0.00	7.69	67.31	166.67	233.98
18	Técnico instalador 10	30	500.00	75.00	2.25	5.44	0.00	7.69	67.31	166.67	233.98
19	Técnico instalador 11	30	500.00	75.00	2.25	5.44	0.00	7.69	67.31	166.67	233.98
20	Técnico instalador 12	30	500.00	75.00	2.25	5.44	0.00	7.69	67.31	166.67	233.98
21	Supervisor	30	850.00	127.50	3.83	9.24	0.00	13.07	114.43	283.33	397.76
Total				2,122.50	63.68	153.88	0.00	217.56	1,904.94	4,716.67	6,621.61

Anexo 3- 12 Gastos de administración

Concepto	Mes	Año
Alquiler de bodega	\$5,000.00	\$13,560.00
Salarios	\$3,700.00	\$16,800.00
Vacaciones	\$--	\$555.00
Aguinaldo	\$--	\$1,233.33
ISSS Patronal	\$127.50	\$1,530.00
AFP Patronal	\$323.75	\$3,885.00
Insumos de Oficina	\$137.00	\$1,644.00
Servicio de energía eléctrica	\$125.00	\$1,500.00
Servicio de agua	\$12.00	\$144.00
Servicio de internet	\$60.00	\$720.00
Total	\$9,485.25	\$115,611.33

Anexo 3- 13 Depreciación de activos

Activos	Años							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Oficina	\$10,600.00	\$10,600.00	\$10,600.00	\$10,600.00	\$10,600.00	\$10,600.00	\$10,600.00	\$10,600.00
Vehículo 1	\$4,970.00	\$4,970.00	\$4,970.00	\$4,970.00	\$4,970.00			
Vehículo 2						\$4,970.00	\$4,970.00	\$4,970.00
Escalera 1	\$243.00	\$243.00	\$243.00	\$243.00	\$243.00			
Escalera 2						\$243.00	\$243.00	\$243.00
Laptop 1	\$159.80	\$159.80	\$159.80	\$159.80	\$159.80			
Laptop 2						\$159.80	\$159.80	\$159.80

Depreciación Acumulada de Oficina			
Años	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor en libros
0			\$212,000.00
1	\$10,600.00	\$10,600.00	\$201,400.00
2	\$10,600.00	\$21,200.00	\$190,800.00
3	\$10,600.00	\$31,800.00	\$180,200.00
4	\$10,600.00	\$42,400.00	\$169,600.00
5	\$10,600.00	\$53,000.00	\$159,000.00
6	\$10,600.00	\$63,600.00	\$148,400.00
7	\$10,600.00	\$74,200.00	\$137,800.00
8	\$10,600.00	\$84,800.00	\$127,200.00
9	\$10,600.00	\$95,400.00	\$116,600.00
10	\$10,600.00	\$106,000.00	\$106,000.00
11	\$10,600.00	\$116,600.00	\$95,400.00
12	\$10,600.00	\$127,200.00	\$84,800.00
13	\$10,600.00	\$137,800.00	\$74,200.00
14	\$10,600.00	\$148,400.00	\$63,600.00
15	\$10,600.00	\$159,000.00	\$53,000.00
16	\$10,600.00	\$169,600.00	\$42,400.00
17	\$10,600.00	\$180,200.00	\$31,800.00
18	\$10,600.00	\$190,800.00	\$21,200.00
19	\$10,600.00	\$201,400.00	\$10,600.00
20	\$10,600.00	\$212,000.00	\$0.00

Depreciación Acumulada de Vehículo HINO			
Años	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor en libros
0			\$24,850.00
1	\$4,970.00	\$4,970.00	\$19,880.00
2	\$4,970.00	\$9,940.00	\$14,910.00
3	\$4,970.00	\$14,910.00	\$9,940.00
4	\$4,970.00	\$19,880.00	\$4,970.00
5	\$4,970.00	\$24,850.00	\$0.00

Anexo 3-13: Depreciación de activos

Depreciación Acumulada de Escaleras extensibles			
Años	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor en libros
0			\$1,215.00
1	\$243.00	\$243.00	\$972.00
2	\$243.00	\$486.00	\$729.00
3	\$243.00	\$729.00	\$486.00
4	\$243.00	\$972.00	\$243.00
5	\$243.00	\$1,215.00	\$0.00

Depreciación Acumulada de Laptop Dell Inspiron			
Años	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor en libros
0			\$799.00
1	\$159.80	\$159.80	\$639.20
2	\$159.80	\$319.60	\$479.40
3	\$159.80	\$479.40	\$319.60
4	\$159.80	\$639.20	\$159.80
5	\$159.80	\$799.00	\$0.00

Anexo 3- 14 Tasas y comisiones del Banco Davivienda, S.A.

Financiamiento Corto Plazo

			Sin Garantía / Firma Solidaria / Programa			Garantía Hipotecaria con Cobertura del 80%		
	Mín	Máx	Normal	Plus	Super Plus	Normal	Plus	Súper Plus
Tasa de Interés Nominal	36	120	15.35%	14.35%	13.35%	10.25%	9.75%	9.25%
	120	250	14.35%	13.35%	12.35%	9.95%	9.45%	8.95%
	250	500	13.35%	12.35%	11.35%	9.45%	8.95%	8.45%
	500	750	12.10%	11.10%	10.10%	9.30%	8.80%	8.30%
	750	1,000	11.10%	10.10%	9.10%	9.20%	8.70%	8.20%
Comisión otorgamiento, reestructuración o factibilidad	36	120	2.30%	2.05%	1.55%	1.65%	1.40%	0.90%
	120	250	2.30%	2.05%	1.55%	1.65%	1.40%	0.90%
	250	500	1.95%	1.70%	1.20%	1.50%	1.25%	0.75%
	500	750	1.95%	1.70%	1.20%	1.50%	1.25%	0.75%
	750	1,000	1.95%	1.70%	1.20%	1.50%	1.25%	0.75%

Financiamiento Largo Plazo

			Compra de Activo Fijo			Consolidación/Traslado de Deuda			Hipotecas Mayores a USDK100		
	Mín	Máx	Normal	Plus	Súper Plus	Normal	Plus	Súper Plus	Normal	Plus	Súper Plus
Tasa de Interés Nominal	36	120	14.05%	13.05%	12.05%	12.05%	11.05%	10.05%	10.80%	9.80%	8.80%
	120	250	13.05%	12.05%	11.05%	11.05%	10.05%	9.05%	10.30%	9.30%	8.30%
	250	500	11.80%	10.80%	9.80%	10.55%	9.55%	8.55%	9.80%	8.80%	8.20%
	500	750	10.30%	9.30%	8.30%	10.55%	9.55%	8.55%	9.55%	8.80%	8.20%
	750	1,000	10.30%	9.30%	8.30%	10.55%	9.55%	7.75	9.30%	8.55%	8.05%
Comisión otorgamiento, reestructuración o factibilidad	36	120	2.15%	1.90%	1.40%	2.15%	1.90%	1.40%	1.65%	1.40%	1.10%
	120	250	2.15%	1.90%	1.40%	2.15%	1.90%	1.40%	1.65%	1.40%	1.10%
	250	500	2.00%	1.75%	1.25%	2.00%	1.75%	1.25%	1.65%	1.40%	1.10%
	500	750	1.75%	1.50%	1.00%	1.75%	1.50%	1.00%	1.50%	1.25%	0.95%
	750	1,000	1.75%	1.50%	1.00%	1.75%	1.50%	1.00%	1.50%	1.25%	0.95%

Anexo 3- 15 Cotización OHM Wire Electric



OHM WIRE ELECTRIC.
ESTD. 23

COTIZACIÓN SISTEMA ON GRID 1.5KWP

FECHA: 26/09/23
N.º COTIZACIÓN: 56
ID DEL CLIENTE: OHM0056

CANT	PRODUCTO	PRECIO UNI.	DESCT.	TOTAL
3	PANEL SOLAR MONO 500W LONGI	298.32		\$ 894.96
1	INVERSOR INYECCION GROWATT 3.0K	1005		\$ 1,005.00
1	TUBO 1X1 GALVANIZADO C14	12.5		\$ 12.50
4	GRAPA MEDIA 40MM MID CLAMP	5.72		\$ 22.88
4	GRAPA FINAL 40MM END CLAMP	5.72		\$ 22.88
1	PROTECCION SPD 1000V DC 2'	70		\$ 70.00
1	AUTOMATO 500VAC 32A 2P	25		\$ 25.00
1	AUTOMATO 500V DC 32A 2P	38		\$ 38.00
1	RIEL DIN PARA BORNES Y AUTOMATOS	8.44		\$ 8.44
1	CAJA DE REGISTRO 28X28CM AUTOMTS	39.18		\$ 39.18
3	CONECTOR MC4	1.9		\$ 5.70
30	CABLE 2X10	3.05		\$ 91.50
4	CABLE 3X10	4.1		\$ 16.40
1	CANALETA PLASTICA 60X20	8.66		\$ 8.66
3	CONECTORES 3/4 PARA CABLE	2.29		\$ 6.87
3	TUBO EMT ALUMINIO 3/4	8.17		\$ 24.51
4	TUERCA CONDUIT 3/4 EMT	0.25		\$ 1.00
4	CONECTOR RECTO 3/4 EMT	0.7		\$ 2.80
1	BUSHING CONDUIT 3/4	0.4		\$ 0.40
3	UNION TUBO EMT 3/4	0.45		\$ 1.35
1	CUERPO TERMINAL 3/4	2.45		\$ 2.45
20	ANCLA TACO 3/4	0.06		\$ 1.20
20	TORNILLO ANCLA 3/4	0.06		\$ 1.20
15	TONILLO PUNTA BROCA 5/16X2	0.15		\$ 2.25
4	TAP PVC 1 PULGADA	0.3		\$ 1.20
1	INSTALACION FOTOVOLTAICA	395		\$ 395.00
				\$ -
				\$ -
	PRECIO TOTAL			\$ 2,701.33

Anexo 3- 16 Cotización K.O Solar

COTIZACION

Montebello Poniente, Calle Nueva Valencia Casa 4E, Mejicanos San Salvador
Sobre 75 Av. Norte

Llamadas y Whatsapp Tel. 6141-8921 . 7774-0759



COTIZACIÓN No. : 776

Fecha 22/09/2023

Cliente: (637
, Teléfono:

Vendedor : 2
Enviar a:

Cantidad	Clave	Descripción	% Desc	P/U	Importe
3	PA460	PANEL 460W	0.00	295.00	885.00
1	IN2KIN	INVERSOR 2KW INYECCION A RED	0.00	730.00	730.00
1	CAJ002	CAJA DE REGISTRO METALICA	0.00	8.60	8.60
1	AUTOM01	AUTOMATO DOBLE DE 25 A AC	0.00	22.50	22.50
2	AUTOM02	AUTOMATO DC 32A	0.00	28.10	56.20
2	SDC001	SUPRESORES DC	0.00	71.84	143.68
40	CF01	CABLE FOTOVOLTAICO 2.5MM DUPLEX	0.00	3.45	138.00
5	CABLE02	CABLE TSJ 3X10	0.00	4.98	24.90
2	TUB1X1	RIEL SOPORTE GALVANIZADO 1X1	0.00	14.75	29.50
12	PLACA R1	PLATINA SOPORTE PARA PANELES	0.00	2.10	25.20
20	TRB3/4	TORNILLO PUNTA DE BROCA 3/4	0.00	0.08	1.60
30	TRL1	TORNILLO PARA LAMINA 5/16 DE 1 PULG,	0.00	0.25	7.50
25	TRA1/4	TORNILLO PARA ANCLA DE 1/4	0.00	0.07	1.75
25	ANC1/4	ANCLAS PLASTICAS DE 1/4	0.00	0.06	1.50
1	SICA	SIKAFLEX	0.00	9.95	9.95
1	CP80X40	CANAleta PLASTICA 80X40MMX2MTS	0.00	24.00	24.00
1	INS01	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.00	276.00	276.00

Subtotal	2,385.88
Descuento	0.00
I.V.A.	0.00
Total	2,385.88

Validez de Oferta: 15 DIAS

Cristina Giron

Ejecutivo de Ventas

E-mail: ko.solar.sv@gmail.com

SI CUENTA CON OTRA COTIZACION CON MENOR PRECIO Y EL MISMO SISTEMA NOS LA ENVIA Y SE LA MEJORAMOS CON GUSTO

Anexo 3- 17 Cotización EPC Regional

Presente.

Reciba un cordial saludo agradecemos su tiempo y nuestro deseo de éxito en sus actividades.

EPC REGIONAL S.A. DE C.V. Es una compañía que nace con la visión de diseminar y masificar el uso de energía limpia en proyectos industriales, comerciales y residenciales, basados en la energía solar como forma alterna de resolver las necesidades energéticas y la reducción de costos operativos, industriales y administrativos.

PROPUESTA PARA EL AHORRO DE ENTRE UN 70% A UN 85% ANUAL EN SU FACTURA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO
PANEL SOLAR 570W MONCRISTALINO	3	\$ 1,020.00
MICRO INVERSOR de 2,0 Kw	1	\$ 1,000.00
ACCESORIOS: TUBERÍA, CAMISAS, BUSHINGS DE EMT DE ALUMINIO Y CONECTORES, CANALETAS Y PIEZAS, TAPADERAS, ABRAZADERAS, CAJAS DE REGISTRO, CABLE FOTOVOLTAICO, THHN Y TSJ ACORDE AL AMPERAJE, AUTÓMATAS, BARRAS COOPER, TORNILLOS, RIELES, PROTECCIONES	S/G	\$ 780.00
INSTALACION, DISEÑO Y TRANSPORTE	1	\$ 195.00
TOTAL, con IVA incluido		\$ 2,995.00

G R A T I S

GASTOS Y TRAMITES POR CAMBIO DE MEDIDOR

FORMA DE PAGO:

Primer pago 70% \$ 2,100.00 al contratar

Pago final 30% \$ 895.00 a la entrega del sistema instalado

Nota 3: OFERTA VÁLIDA POR 15 DÍAS HÁBILES, APARTIR DE LA FECHA (PAG. #1)


Lic. Julio Torres


Ing. Cecilia Grande

