



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

**ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL USO DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR
EN CONSTRUCCIONES CIVILES DE GUATEMALA**

Felix Ricardo Conde Cifuentes

Asesorado por el Ing. José Marcos Mejía Son

Guatemala, julio de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL USO DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR
EN CONSTRUCCIONES CIVILES DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

FELIX RICARDO CONDE CIFUENTES

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MARCOS MEJÍA SON

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO


DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordoñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Claudio César Castañón Contreras
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL USO DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR EN CONSTRUCCIONES CIVILES DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 8 de noviembre de 2016.



Felix Ricardo Conde Cifuentes

Guatemala, 02 de Abril de 2018

Ingeniero
Guillermo Francisco Melini Salguero
Coordinador Área de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero:

Cumpliendo con lo resuelto con la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación: **ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL USO DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR EN CONSTRUCCIONES CIVILES DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante Felix Ricardo Conde Cifuentes, quien se identifica con carné 201020473.

Considero que el trabajo de graduación se ha desarrollado satisfactoriamente y cumple con los objetivos que motivaron la selección de dicho tema, por lo que hago de su conocimiento que apruebo el trabajo realizado. Sin otro particular, atentamente.



José Marcos Mejía Son
Ingeniero Civil Colegiado No. 7401

JOSE MARCOS MEJIA SON
INGENIERO CIVIL COL. 7401
COLEGIO DE INGENIEROS DE GUATEMALA



Guatemala,
17 de mayo de 2018

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

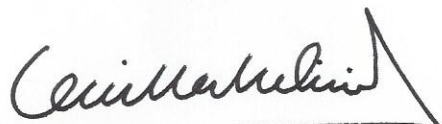
Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL USO DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR EN CONSTRUCCIONES CIVILES DE GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Felix Ricardo Conde Cifuentes, quien contó con la asesoría del Ing. José Marcos Mejía Son.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. civil, Guillermo Francisco Melini Salguero
Jefe Del Departamento de Planeamiento



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
U S A C

/mrrm.



Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. José Marcos Mejía Son y Coordinador del Departamento de Planeamiento Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Felix Ricardo Conde Cifuentes ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL USO DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR EN CONSTRUCCIONES CIVILES DE GUATEMALA da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, julio 2018

/mrm.

Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL USO DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR EN CONSTRUCCIONES CIVILES DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Felix Ricardo Conde Cifuentes**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, julio de 2018

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por todas las bendiciones que me ha dado, llenarme de sabiduría para luchar y alcanzar mis metas; por la vida que me ha regalado al lado de mi familia y mis amigos; en cada momento de felicidad y tristeza siempre ha estado a mi lado.

Mis padres

José Félix Conde Meza y Elena Lucrecia Cifuentes de Conde, por su amor, protección y apoyo en cada paso de mi vida.

Mis hermanas

Marleny Lucrecia y María José Conde Cifuentes, por brindarme su apoyo y amor.

Mis cuñados

Raúl Antonio Guzmán Solares y José Ernesto Aguilar Juárez, por su apoyo y cariño.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser amoroso, sin él nada soy, dándome el valor y la perseverancia para llegar a este momento.
Mis padres	Por su apoyo incondicional y sus sabios consejos.
Mis hermanas	Por brindarme amor y seguir sus consejos.
Toda mi familia	Por creer en mí.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas al profesionalismo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Desarrollo sustentable.....	1
1.1.1. Definición.....	2
1.1.2. Características.....	3
1.2. Proyectos de construcción.....	5
1.2.1. Definición.....	6
1.2.2. Tipos.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Generalidades	9
2.2. Energía.....	9
2.2.1. Definición.....	10
2.2.2. Tipos.....	10
2.2.3. Características.....	11
2.2.4. Marco regulador en Guatemala	12
2.3. Sistemas de energía solar	13
2.3.1. Antecedentes.....	16
2.3.1.1. A nivel internacional.....	17

2.3.1.2.	A nivel nacional	20
2.3.2.	Principios básicos de sistemas eléctricos fotovoltaicos	25
2.3.2.1.	Tipos de proyectos	28
2.3.2.2.	Condiciones climáticas.....	29
2.3.2.3.	Radiación solar.....	30
2.3.2.4.	Instalaciones	32
2.3.3.	Diseño, construcción, operación y mantenimiento ..	35
3.	ESTUDIO EXPERIMENTAL	45
3.1.	Antecedentes	45
3.2.	Metodología	46
3.3.	Actividades de campo	46
3.3.1.	Planificación	46
3.3.2.	Elaboración de instrumentos.....	48
3.3.3.	Evaluación.....	49
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	51
4.1.	Tabulación.....	51
4.2.	Descripción y análisis de resultados	51
4.2.1.	Sector comercial.....	53
4.2.2.	Sector profesional	59
4.2.3.	Sector ONG.....	65
4.3.	Gráficas y tablas	70
	CONCLUSIONES.....	91
	RECOMENDACIONES	93
	BIBLIOGRAFÍA.....	95
	APÉNDICES.....	99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Los tres pilares del desarrollo sustentable	5
2.	Capacidad mundial instalada de potencia fotovoltaica.....	17
3.	Mapa de radiación global solar de Guatemala	22
4.	Planta solar fotovoltaica (PV) 50 MW Horus I, Chiquimulilla, Guatemala.....	24
5.	Esquema de instalación de sistema de energía solar fotovoltaica	27
6.	Desglose de costos de un sistema fotovoltaico.....	29
7.	Mapamundi solar.....	31
8.	Aplicaciones energía solar fotovoltaica	32
9.	Partes de un proyecto tipo conexión a red	34
10.	Tipos de paneles fotovoltaicos	36

TABLAS

I.	Experiencia de países latinoamericanos con energía fotovoltaica	19
II.	Potencial de recursos renovables para Guatemala.....	21
III.	Equipo necesario sistema de energía solar fotovoltaica	28
IV.	Usos de los paneles solares	39
V.	Ubicación de los paneles fotovoltaicos.....	42
VI.	Tejas fotovoltaicas.....	43
VII.	Técnica o herramienta utilizada	47
VIII.	Costos de la implementación de un SESF (calentador de agua) en Guatemala, marzo 2018.....	52

IX.	Resultados SC: tiempo de operar de empresas	70
X.	Resultados SC: número de trabajadores de la empresa	71
XI.	Resultados SC: ¿cuenta la empresa con personal especializado en SESF?	71
XII.	Resultados SC: ¿cuenta la empresa con programa de capacitación?.....	72
XIII.	Resultados SC: ¿sector al que presta servicios?	72
XIV.	Resultados SC: ¿cómo califica el nivel de conocimiento sobre SESF en Guatemala?	73
XV.	Resultados SC: ¿cómo califica el nivel de desarrollo de SESF en Guatemala?	73
XVI.	Resultados SC: ubicación de proyectos	74
XVII.	Resultados SC: ¿cómo califica la oferta de mano de obra en proyectos de SESF en Guatemala?.....	74
XVIII.	Resultados SC: ¿cree que es necesario el establecimiento de normativa local en lo relacionado con proyectos de SESF?	75
XIX.	Resultados SC: ¿conocen los incentivos fiscales relacionados con el uso de SESF?	75
XX.	Resultados SC: ¿en su empresa, trabajan ingenieros civiles?	76
XXI.	Resultados SC: ¿cómo califica la participación de ingenieros civiles en proyectos de SESF en Guatemala?	76
XXII.	Resultados SP: estudios realizados.....	77
XXIII.	Resultados SP: experiencia profesional	77
XXIV.	Resultados SP: actividades relacionadas con SESF	78
XXV.	Resultados SP: sector donde presta sus servicios	78
XXVI.	Resultados SP: tipos de proyectos en los que participa	79
XXVII.	Resultados SP: ¿cómo califica su nivel de conocimiento sobre SESF en Guatemala?	79

XXVIII.	Resultados SP: ¿cómo califica el nivel de desarrollo de SESF en Guatemala?.....	80
XXIX.	Resultados SP: ¿cuál cree que es el principal uso de SESF en Guatemala?.....	80
XXX.	Resultados SP: ¿cómo califica la oferta de mano de obra en proyectos de SESF en Guatemala?	81
XXXI.	Resultados SP: ¿cree que es necesario el establecimiento de normativa local en lo relacionado con proyectos de SESF?	81
XXXII.	Resultados SP: conocen los incentivos fiscales relacionados con el uso de SESF	82
XXXIII.	Resultados SP: ¿cómo califica el desarrollo e interés en los SESF en Guatemala?.....	82
XXXIV.	Resultados SP: ¿ha participado en proyectos de SESF?	83
XXXV.	Resultados SP: ¿cómo califica la participación de ingenieros civiles en proyectos de SESF en Guatemala?	83
XXXVI.	Resultados de ONG: tiempo de operar institución	84
XXXVII.	Resultados ONG: ¿cuenta la institución con personal especializado en SESF?.....	84
XXXVIII.	Resultados de ONG: sector social que apoyan.....	85
XXXIX.	Resultados de ONG: ubicación de proyectos que desarrollan	85
XL.	Resultados de ONG: ¿cómo califica el nivel de conocimiento sobre SESF en Guatemala?	86
XLI.	Resultados de ONG: ¿cómo califica el nivel de desarrollo de SESF en Guatemala?.....	86
XLII.	Resultados de ONG: ¿cómo califica la oferta de mano de obra en proyectos de SESF en Guatemala?	87
XLIII.	Resultados de ONG: ¿cree que es necesario el establecimiento de normativa local en lo relacionado con proyectos de SESF?	87

XLIV.	Resultados de ONG: ¿conocen los incentivos fiscales relacionados con el uso de SESF?	88
XLV.	Resultados de ONG: ¿en su institución trabajan ingenieros civiles?	88
XLVI.	Resultados ONG: ¿cómo califica la participación de ingenieros civiles en proyectos de SESF en Guatemala?	89

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
d	Día
EFV	Energía fotovoltaica
h	Hora
m	Metro
PSF	Paneles solares fotovoltaicos
%	Porcentaje
SC	Sector comercial
SP	Sector profesional
Σ	Sumatoria
T	Tiempo
U	Unidad
UNE	Norma española

GLOSARIO

AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación.
AMM	Administrador del Mercado Mayorista.
ANSI	Instituto Estadounidense de Estándares.
ASTM	Sociedad Americana para el Ensayo y Materiales.
Baterías	Dispositivo que almacena energía eléctrica usando procedimientos electroquímicos y que posteriormente se recarga en su totalidad.
Célula fotovoltaica	Es el elemento más pequeño del SESF, el cual genera electricidad a partir de la luz.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
Conductividad térmica	Es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor.
Cubierta	Conjunto de elementos utilizados para el encerramiento de la última capa, la cual tendrá contacto con el exterior.

Desarrollo sostenible	Es el desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas. Esto sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas.
DIN	Instituto de Normalización Alemán.
Energía solar fotovoltaica	Se denomina energía solar fotovoltaica a una forma de obtención de energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos.
Hora solar	Es la hora del día conforme los desplazamientos angulares del sol respecto al meridiano local. Se mide a razón de una hora solar por cada 15 grados de desplazamiento angular del sol.
IEC	Comisión Electrónica Internacional
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
Impermeabilidad	Propiedad de la unión de dos cuerpos para impedir el paso de líquidos a través de estos.
Inercia térmica	Propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que la cede o absorbe del entorno. Depende de la masa, del calor específico de sus materiales y del coeficiente de conductividad térmica de estos.

MEM	Ministerio de Energía y Minas.
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía.
Proyecto de construcción	Conjunto de cálculos y dibujos que se hacen para planificar y ejecutar lo que ha de ser una obra de arquitectura o de ingeniería.
SESF	Sistema de energía solar fotovoltaica.
SFD	Sistemas fotovoltaicos domésticos.
Urbanización	Es un conjunto de construcciones delimitadas por los servicios básicos como calles de acceso, servicios de agua potable y drenaje y energía eléctrica.

RESUMEN

La energía solar fotovoltaica ha alcanzado gran actualidad a nivel mundial y Guatemala no es la excepción; sin embargo, la mayor parte de la población desconoce los beneficios, los alcances y el costo económico de su uso. La energía fotovoltaica puede tener aplicaciones en la construcción; en proyectos como sistemas de tratamiento de agua potable y aguas residuales, en viviendas, industrias, otros; la participación de ingenieros civiles en estos proyectos cada vez es mayor.

El Congreso de Guatemala emitió la *Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable* (Decreto 52-2003), donde se declara de urgencia nacional el desarrollo racional de los recursos energéticos renovables.

En el presente trabajo de graduación se presentan los diferentes tipos de energía renovable y de manera particular a la energía solar fotovoltaica, así como, su tecnología y las ventajas y desventajas de cada una, los diferentes aprovechamientos de la energía solar.

Se tuvo especial cuidado en cuanto que la información que se presenta tenga una utilidad práctica para el estudiante y el profesional de la ingeniería civil para que pueda ser aplicado en los diferentes proyectos que desarrollen.

OBJETIVOS

General

Analizar y conocer el desarrollo del uso de sistemas de energía solar en construcciones civiles en Guatemala.

Específicos

1. Conocer sobre los sistemas de energía solar y el tipo de infraestructura necesaria para su implementación.
2. Presentar las ventajas y desventajas del uso de sistemas de energía solar en construcciones civiles en Guatemala.
3. Conocer y presentar los principales usos de energía solar en construcciones civiles en Guatemala.
4. Conocer el proceso y los detalles constructivos de los sistemas de energía solar.
5. Impulsar el uso de sistemas de energía solar en construcciones civiles en Guatemala.
6. Conocer y presentar el nivel de planificación y la implementación de un sistema de paneles solares para proveer de energía solar a una vivienda típica en Guatemala.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de energía solar fotovoltaicos posibilitan la transformación de la energía que contiene la radiación solar como energía eléctrica. En el presente trabajo, se desarrolla el tema de las energías renovables y no renovables, de manera particular el uso de sistemas de energía solar fotovoltaicos en construcciones civiles en Guatemala.

En el capítulo uno se incluye generalidades relacionadas con el desarrollo sustentable y los proyectos de construcción, como su definición, características y tipos. El capítulo dos presenta el marco teórico relacionado con el desarrollo del trabajo; incluye aspectos sobre la energía y los sistemas de energía solar, como antecedentes, principios básicos y el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de estos sistemas y proyectos.

En el capítulo tres se aborda la investigación y el estudio experimental de este trabajo, incluye la metodología, las actividades desarrolladas, entre otras. Finalmente en el capítulo cuatro se presenta el análisis de resultados, incluye las gráficas y tablas elaboradas.

1. GENERALIDADES

1.1. Desarrollo sustentable

Este término se aplica al desarrollo socioeconómico, fue enunciado en el Informe Brundtland (1987) de las Naciones Unidas; se divide conceptualmente en tres partes: económica, social y ambiental.

Sustentabilidad es producir lo necesario sin dañar los recursos de la producción; la ingeniería sustentable intenta reducir al mínimo las consecuencias negativas para el medio ambiente de los proyectos; realzando eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, del consumo de energía, del espacio construido manteniendo el confort. “Las expresiones desarrollo sostenible y desarrollo sustentable son similares; aplicadas al campo de la economía, la ecología o el desarrollo y responsabilidad social, el desarrollo sostenible y el desarrollo sustentable son sinónimos, y ambos términos pueden emplearse de forma indiferente.”¹

Un sistema sustentable es aquel que por una parte puede mantener, producir y controlar las energías básicas requeridas para su uso; por otra, es concebida con materiales llamados ecológicos, que puedan considerarse reciclables, recuperables o reutilizables y en sintonía con el entorno donde se desarrolle.

¹ *Diferencia entre sustentable y sostenible.* <http://educacion.uncomo.com/articulo/cual-es-la-diferencia-entre-sustentable-y-sostenible-21657.html>. Consulta: 16 de octubre de 2016.

La construcción sustentable es la que utilizan aquellas prácticas constructivas que logran una óptima calidad integral (incluyendo el desempeño económico, social y medioambiental) de una manera muy amplia. Propone una creciente interdisciplinariedad en tres factores decisivos: ambientales, sociales y económicos. El uso de esta nueva visión de la sostenibilidad permite mejorar significativamente la calidad en el desarrollo arquitectónico, a nivel social, económico y medioambiental.

Se debe construir, considerando las condiciones climáticas del lugar, con materiales de bajo contenido energético y minimizando el uso de los de alto contenido energético, reduciendo al mínimo la demanda de energía (calefacción, refrigeración, iluminación, equipamiento, otros) y la que se necesite para hacer funcionar el edificio, obtenerla de fuentes renovables.

En la actualidad, el interés por la reducción de los impactos ambientales asociados con la industria de la construcción, ya sea en la extracción de materias primas, en la etapa de procesamiento y la fabricación de componentes para la construcción, el uso de materiales reciclados e incluso, en su demolición, va en aumento.

1.1.1. Definición

“Desarrollo sustentable: satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades.”²

² BÁRCENA MALDONADO, Adán; BÁRCENA MALDONADO, Sotero. *Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica dentro de un proyecto de vivienda sustentable*. p. 203.

“La edificación sustentable puede definirse como la que comprende aquellas construcciones que tienen los mínimos impactos adversos sobre el entorno natural y edificado, por lo que se refiere a los propios espacios arquitectónicos, a sus entornos inmediatos y, más extensamente, el escenario regional y global.”³

“Construcción sustentable: una manera de la industria de la construcción de actuar hacia el logro del desarrollo sostenible, tomando en cuenta aspectos medio ambientales, socioeconómicos y culturales. Específicamente, implica cuestiones tales como diseño y administración de edificaciones, construcción y rendimiento de materiales y uso de recursos todos, dentro de la órbita más amplia del desarrollo y la gestión urbanos.”⁴

1.1.2. Características

El desarrollo sustentable debe conceder prioridad a los seres humanos, implica asegurar la viabilidad de los ecosistemas del mundo a largo plazo, incluida su biodiversidad. Las principales características del desarrollo sustentable se presentan a continuación:

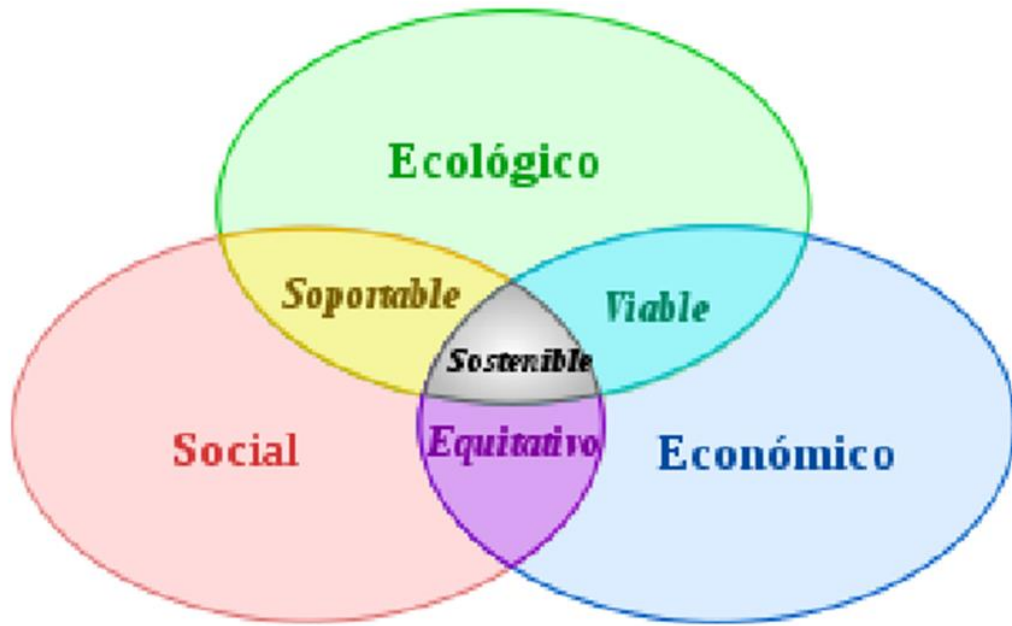
- Uso responsable y eficiente de recursos: se preocupa por el uso eficiente de los recursos, sobre todo cuando se trata de recursos no renovables (como los combustibles fósiles).
- Tecnologías limpias: trata de incorporar tecnologías limpias en sus procesos productivos para tratar de reducir los niveles de contaminación.

³ *Desarrollo sustentable*. <http://www.uv.mx/personal/marisperez/files/2013/08/6-Desarrollo-Sustentable.pdf>. Consulta: 27 de octubre de 2016.

⁴ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). <http://www.holcim.com/ec/desarrollo-sostenible/holcim-foundation-for-sustainable-construction/que-es-la-construccion-sostenible.html>. Consulta: 27 de octubre de 2016.

- Protección de biodiversidad: se preocupa por la conservación de la biodiversidad.
- Reciclaje: promueve el reciclaje y la reutilización de los materiales de uso masivo (algunos ejemplos: envoltorios de papel y cartón, botellas plásticas, tapas de plástico, recipientes de vidrio), acoplado esto a la disposición clasificada de los residuos.
- Reparación de daños al medio ambiente: se preocupa por restaurar los ecosistemas dañados.
- Predicción de impactos medioambientales: el desarrollo sustentable busca mantener una intensa comunicación entre las áreas económica, tecnológica y medioambiental, a fin de predecir los impactos de las medidas que se adopten, sobre todo a mediano y largo plazo.
- Mejora la calidad de vida de la sociedad: tiene presente que el mejoramiento en la calidad de vida debe ser para todos, todos los ciudadanos tiene derecho a vivir en un ambiente sano.
- Protección de ecosistemas: respeta y cuida a todas las comunidades de seres vivos, incluyendo peces, aves e insectos polinizadores, entre otros.
- Cuidado del agua: otorga un gran valor al recurso agua, cuidando muy especialmente sus reservorios.
- Comunidades regionales: el desarrollo sustentable alienta a las comunidades regionales a involucrarse en el cuidado de los recursos naturales que existen en sus áreas de influencia.

Figura 1. **Los tres pilares del desarrollo sustentable**



Fuente: BÁRCENA MALDONADO, Adán; BÁRCENA MALDONADO, Sotero.
Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica dentro de un proyecto de vivienda sustentable.
p. 30.

1.2. **Proyectos de construcción**

Tienen como finalidad la ejecución de un proyecto u obra que incluyen toda la información necesaria. En un proyecto de construcción deben coordinarse aspectos como el plazo de ejecución, el presupuesto, el diseño y los cálculos realizados.

1.2.1. Definición

“Proyecto: es el conjunto de documentos mediante los cuales se define el diseño de una construcción antes de ser realizada. Es el documento base sobre el que se desarrolla el trabajo de los arquitectos, ingenieros y proyectistas de distintas especialidades.”⁵

“Proyecto de construcción: es una célula o parte de un todo que conforma la organización o empresa, en este caso particular sería una parte de la gerencia de operaciones de una empresa constructora. Su característica empresarial es operar con autonomía a base de objetivos y resultados.”⁶

1.2.2. Tipos

La construcción es una industria muy particular, cada proyecto que se diseña y construye es diferente a todos los demás, es singular. Todo proyecto de construcción tiene definidos sus objetivos, sus especificaciones, su plazo de realización y su presupuesto, la mayoría de proyectos tienen en común las siguientes características:

- Tienen un propósito.
- Se resumen en objetivos y metas.
- Se ajustan a un plazo de tiempo limitado.

⁵ *Proyecto de obra*. https://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto_de_obra. Consulta: 27 de octubre de 2016.

⁶ *Tesis construcción*. <https://es.scribd.com/document/97309941/Tesis-Construccion>. Consulta: 27 de octubre de 2016.

- Cuentan con las fases de planificación, de ejecución, de entrega y de operación y mantenimiento.
- Se orientan a la consecución de un resultado.
- Involucran a personas, que actúan con base en distintos roles y responsabilidades.
- Se ven afectados por la incertidumbre.
- Han de sujetarse a un seguimiento y monitorización para garantizar que el resultado es el esperado.
- Cada uno es diferente, incluso los de similares características.

Los proyectos de construcción se clasifican de diferente forma de acuerdo al criterio que se aplique; a continuación, se presentan algunos:

- En función de las construcciones que se realizarán
 - Proyectos de edificación: pueden ser residenciales (unifamiliares o colectivos) y no residenciales.
 - Proyectos de urbanización: son todos aquellos que están destinados a la ejecución de calles y avenidas, redes de abastecimiento y saneamiento y de otras infraestructuras necesarias.
 - Proyectos de demolición o movimiento de tierras.

- Proyectos de ingeniería civil: incluyen proyectos de construcción de carreteras, puentes, canales, viaductos, entre otros.
- Proyectos de naves industriales.
- Proyectos de remodelación, rehabilitación y consolidación.
- Proyectos de decoración de interiores.
- Según el grado de dificultad
 - Proyectos simples
 - Proyectos complejos
- Según la procedencia del capital
 - Proyectos públicos
 - Proyectos privados
 - Proyectos mixtos

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

La energía es un factor fundamental para el desarrollo de las comunidades urbanas y rurales, la ingeniería la emplea como herramienta para mejorar el desarrollo y bienestar del ser humano. Su consumo ha sido muy distinto a lo largo de la historia; en la actualidad, casi toda la energía que se utiliza viene de tres grandes fuentes: el sol, la fisión nuclear y la materia orgánica fósil.

La creciente demanda de energía en Guatemala a corto plazo es de 3,7 % y mediano plazo es de 4,53 % es una necesidad que involucra a todo el país. Las oportunidades de usar energía solar son cada vez mejores y más económicas. La energía solar eléctrica o fotovoltaica es una energía limpia y renovable, de fácil instalación y mantenimiento.

2.2. Energía

La energía permite el desarrollo de la vida en la tierra y sostiene la actividad económica, por esta razón es un tópico de enorme relevancia para la actividad humana. La energía se manifiesta de diferentes maneras; recibe así diferentes denominaciones según las acciones y los cambios que puede provocar.

El concepto de energía se puede definir de distintas maneras, la mayoría de las veces se relaciona con la idea de una capacidad para transformar, poner en movimiento, trabajar u obrar.

2.2.1. Definición

“Energía: es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos.”⁷

2.2.2. Tipos

Pueden detallarse diversos tipos de energía según el campo de estudio, se mencionan los siguientes:

- Energía mecánica
- Energía cinética
- Energía potencial
- Energía interna
- Energía eléctrica
- Energía térmica
- Energía electromagnética
- Energía química
- Energía nuclear
- Energía solar

La energía también puede clasificarse según la fuente:

- Energía no renovable: aquella que proviene de fuentes agotables, como la procedente del petróleo, el carbón o el gas natural.

⁷ *La energía y los recursos energéticos.* http://www.endesaeduca.com/Endesa_educarecursos-interactivos/conceptos-basicos/i.-la-energia-y-los-recursos-energeticos. Consulta: 28 de octubre de 2016.

- Energía renovable es virtualmente infinita, como la eólica (generada por la acción del viento) y la solar.

2.2.3. Características

El ser humano aprovecha la energía de diversas formas; para esto es necesario transformar unas formas de energía en otras de acuerdo a los principios termodinámicos. La energía tiene cuatro propiedades básicas:

- Se transforma: la energía no se crea, sino que se transforma; durante esta transformación es cuando se ponen de manifiesto las diferentes formas de energía.
- Se conserva: al final de cualquier proceso de transformación energética nunca puede haber más o menos energía que la que había al principio, siempre se mantiene. La energía no se destruye.
- Se transfiere: la energía pasa de un cuerpo a otro en forma de calor, ondas o trabajo.
- Se degrada: solo una parte de la energía transformada es capaz de producir trabajo y la otra se pierde en forma de calor o ruido (vibraciones mecánicas no deseadas).

El rendimiento de un sistema energético es la relación entre la energía obtenida y la que se suministra al sistema.

2.2.4. Marco regulador en Guatemala

En la actualidad, el desarrollo de los sistemas de producción de energía con base en fuentes renovables adquiere mayor importancia económica, estratégica, ecológica y social. A continuación, se citan las normas y leyes que rigen en Guatemala sobre el tema.

La situación del sector eléctrico guatemalteco en la actualidad es producto de la reforma que se dio en el año 1996, con la emisión de su marco legal; está conformado por tres entidades: Ministerio de Energía y Minas (MEM); Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) y Administrador del Mercado Mayorista (AMM).

El sector eléctrico en Guatemala se rige por el Decreto No. 93-96 (*Ley general de energía*) que tiene como objetivo desarrollar el perfil de las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de energía eléctrica. El ente rector en el tema es el Ministerio de Energía y Minas (MEM) y el ente regulador es la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

La política general del sector energético de nuestro país es orientar el sector de energía hacia su desarrollo sustentable (social, económico y ambiental) a través de la satisfacción de las necesidades energéticas actuales y futuras (demanda), promoviendo el crecimiento de la oferta.

El Congreso de la República de Guatemala, en noviembre del año 2003 emite el Decreto 52-2003, *Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable* y el Acuerdo Gubernativo No. 211-2005, *Reglamento ley de incentivos*.

- *Ley general de electricidad*: norma el desarrollo del conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad.
- *Reglamento de la ley general de electricidad*: desarrolla los procedimientos necesarios para el cumplimiento de lo dispuesto en la *Ley general de electricidad*.
- *Ley y reglamento de incentivos de energía renovables*: tiene por objeto promover el desarrollo de proyectos de energía renovable y establecer los incentivos fiscales, económicos y administrativos para el efecto.

A partir de esas fechas se han emitido normas técnicas de transmisión y distribución, normas de coordinación comercial y operativa y procedimientos técnicos que complementan el marco regulatorio.

2.3. Sistemas de energía solar

El sol representa la mayor fuente de energía existente en nuestro planeta; la energía solar es una fuente de energía renovable, inagotable y limpia; cumple un rol fundamental en la vida, esto porque sin ella sería imposible. La potencia de la radiación depende del momento del día, las condiciones atmosféricas y la ubicación.

Las tecnologías solares en términos generales se caracterizan como pasivas o activas (usan paneles fotovoltaicos) dependiendo de la forma que se captura, convierte y distribuye la luz solar. Las tecnologías solares activas incrementan el abastecimiento de energía, mientras que las pasivas

reducen la necesidad de usar otros recursos. Existen tres tipos principales de tecnología solar:

- Los paneles fotovoltaicos que se utilizan para transformar directamente la luz solar en electricidad.
- Las tecnologías térmicas solares.
- Las plantas de concentración de energía solar que están conectadas a la red eléctrica.

El uso de los sistemas de energía solar ofrece beneficios de diferentes tipos, los principales son los siguientes.

- Beneficios económicos
 - Incentivos y ahorros fiscales.
 - Ahorros económicos para el usuario final.
 - Es confiable a largo plazo. Sin partes móviles, los sistemas fotovoltaicos fijos duran más que otras fuentes de energía, requieren menos mantenimiento.
 - Aumenta la plusvalía de la propiedad.

- Beneficios sociales
 - Creación de nuevos empleos por crecimiento de la industria local y de la industria solar.
 - Crea energía limpia y renovable que ayudará a la salud y desarrollo de las futuras generaciones.
 - Se elimina una parte de la dependencia energética.

- Beneficios ambientales
 - Es energía renovable y con la característica de ser casi inagotable.
 - Clima: la generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero.
 - Salud: se reducen las emisiones de gases dañinos para la salud humana y el medio ambiente.
 - No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo ni por contaminación por residuos o vertidos.
 - Por lo general, los sistemas fotovoltaicos son absolutamente silenciosos.

La energía solar, que incluye a la fotovoltaica, tiene múltiples aplicaciones en la vida diaria; con el desarrollo de nuevas tecnologías, el costo de la energía solar fotovoltaica se ha reducido.

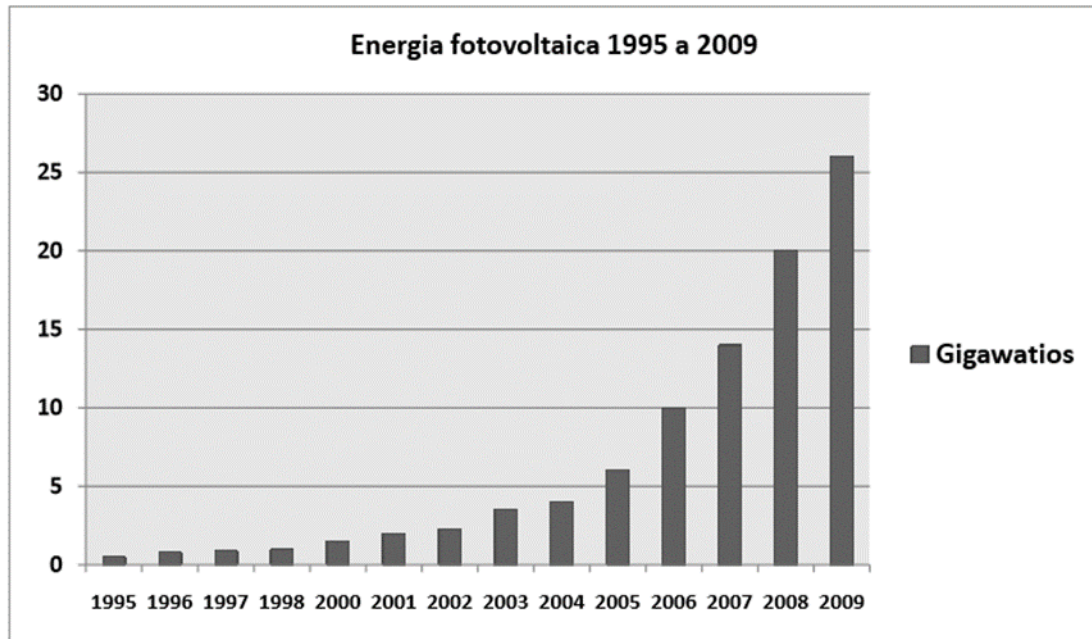
2.3.1. Antecedentes

A través de la historia se registra un aumento de la cantidad de energía empleada por los seres humanos; sin embargo, últimamente se utilizan nuevos patrones de producción y consumo.

El interés y desarrollo de la energía solar tiene sus comienzos en la crisis energética de las décadas de los setenta y de los ochenta, cuando se presenta una recesión mundial en la economía y el aumento del precio del petróleo; lo cual coincide con la crisis económica de las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica, crisis reflejada en la inflación, los costos de administración, la operación y el mantenimiento de los sistemas, lo cual detuvo los proyectos de electrificación rural.

De acuerdo con las tendencias internacionales, en Latinoamérica en la década de los noventa; el Estado entra en el proceso de privatización de los servicios públicos que incluye la electricidad. Durante este período se presenta una gran difusión de los sistemas solares fotovoltaicos.

Figura 2. **Capacidad mundial instalada de potencia fotovoltaica**



Fuente: LADINO PERALTA, Rafael Eduardo. *La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Caso: Vereda Carupana, municipio de Tauramena, Departamento de Casanare.* p. 25.

2.3.1.1. A nivel internacional

En el mundo “Los sistemas solares fotovoltaicos para la generación de electricidad presentan un desarrollo en capacidad instalada; en el año 1995 la capacidad instalada fue de 0,5 GW, aumentando progresivamente a partir del año 2005 para llegar a 26 GW en el año 2009.”⁸ Dentro de los países que aportan a este desarrollo se encuentran China, la Unión Europea, Japón, Israel y la India principalmente.

⁸ *Desarrollo Sustentable.* <http://www.uv.mx/personal/marisperez/files/2013/08/6-Desarrollo-Sustentable.pdf>. Consulta: 28 de octubre de 2016.

La mayoría de los países desarrollados cuentan con su propio marco normativo para la instalación de sistemas de energía solar fotovoltaica; a continuación, se presentan algunos casos:

- En Europa normas AENOR, IEC, UNE, DIN
- En Estados Unidos, normas IEEE, ANSI, ASTM
- En Latinoamérica, normas chilenas, mexicanas, colombianas, entre otras

Para establecer una norma relativa al aprovechamiento de la energía solar se deben tener en cuenta los siguientes objetivos:

- Fomentar la puesta en marcha de sistemas de aprovechamiento de la energía solar.
- Promover la implantación de sistemas de aprovechamiento de la energía solar para la producción de electricidad (paneles fotovoltaicos) en el mayor número de edificios e instalaciones posibles.
- Definir un conjunto de parámetros aplicables a este tipo de instalaciones, de forma que se logre una integración con el paisaje (tanto urbano como natural).

A continuación, se presentan varios proyectos ejecutados en Latinoamérica para el aprovechamiento de la energía solar.

Tabla I. **Experiencia de países latinoamericanos con energía fotovoltaica**

País	Documento	Año	Comentario
México	Estudio de caso: selección de opciones de aprovechamiento energético para la comunidad rural de Tepisuac, Jalisco.	1997	Proyecto con 50 viviendas y una población de 300 personas. Viven en la pobreza, con prácticas de subsistencia.
Colombia	Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas rurales en el departamento de Casanare.	1999	Proyecto dirigido a la población rural de Casanare (40 escuelas y 2 000 viviendas), aislada de las zonas interconectadas de los corredores eléctricos.
Cuba	Estudio de caso: selección de alternativas energéticas un proyecto de comunidad rural provincia de Cienfuegos.	1999	Proyecto para 30 viviendas, con una población de 200 personas. Conclusión: energía fotovoltaica para demanda eléctrica, bombeo de agua, iluminación. Energía solar térmica para la cocción de alimentos.
Colombia	Energía fotovoltaica para San Sebastián, Tumaco Nariño.	1999	Electrificación fotovoltaica de unidades caseras, para población en el Pacífico colombiano. Ayuda humanitaria y cooperación de Fundación Luna Roja.
Honduras	La energía solar cierra la brecha digital.	2000	Aldea de San Ramón, primera comunidad de Honduras conectada a internet, con energía fotovoltaica. Otras aplicaciones: televisión, videograbadoras y computadores.
El Salvador	Energía fotovoltaica en la educación a distancia. Estudio de caso telesecundaria El Buen Porvenir que se encuentra en una zona rural del país.	2001	Diseño de un sistema fotovoltaico que contempla una videocasetera para 5 horas, un televisor 25", 3 luminarias de 15 W cada una, para dos horas de uso. El diseño se realizó para el mes de junio con la mínima irradiación; se obtuvieron dos paneles de 362 W. Se prevé el uso de computadores, y con el tiempo, acceso a internet.
Chile	Tecnologías renovables en electrificación rural.	2003	La energía solar se utiliza para el calentamiento de agua y generación eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos en viviendas aisladas de la red eléctrica, en la zona norte del país.

Continuación de la tabla I.

Perú	Electrificación rural a base de energía fotovoltaica (PNUD).	2006	Es una alternativa energética para sistemas fotovoltaicos, cuando la demanda es pequeña, ayudando al poblador rural de áreas aisladas a disminuir los índices de pobreza. Dentro de los objetivos del proyecto se encuentra la disminución de los gases tipo invernadero que se generan por la utilización de combustibles fósiles en las zonas rurales.
Colombia	Implementación de sistemas de energía para comunidades no interconectadas.	2008	Energía para 12 escuelas rurales y 75 viviendas y 8 000 solicitudes en comunidades dispersas del área rural de Casanare.
Colombia	Central de producción energía fotovoltaica para 17 000 habitantes de Santander.	2009	Central a construirse con apoyo de las EPM (Empresas Públicas de Medellín), Fundación por una Colombia Futura. Electrificadora de Santander. Proyecto piloto para generar 15 Mw en Bucaramanga.

Fuente: LADINO PERALTA, Rafael Eduardo. *La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Caso: Vereda Carupana, municipio de Tauramena, Departamento de Casanare.* p. 23.

2.3.1.2. A nivel nacional

En Guatemala en los últimos años, la demanda energética ha crecido a un ritmo acelerado; el abastecimiento de energía eléctrica se torna indispensable para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y para la modernización de la economía; por esta razón, se está promoviendo el uso de energías renovables, a través de incentivos como exoneración de impuestos, a las empresas generadoras de energía eléctrica y a industrias que generen energía eléctrica para su consumo.

Tabla II. **Potencial de recursos renovables para Guatemala**

Recurso	Estimado	Aprovechamiento
Petróleo	Recurso de 195 146 605 barriles	Producción de 10,5 barriles/día
Gas natural	No contabilizado	Sin aprovechar
Potencial hidroeléctrico	6 900 MW	Aprovechado un 15 %
Potencial geotérmico	1 000 MW	Aprovechado un 5 %
Potencial eólico	280 MW	Sin aprovechar
Potencial solar	5,3 kW/m ² /día	Utilizado en sistemas aislados
Potencial biomásico	No contabilizado	306,5 MW aprovechados

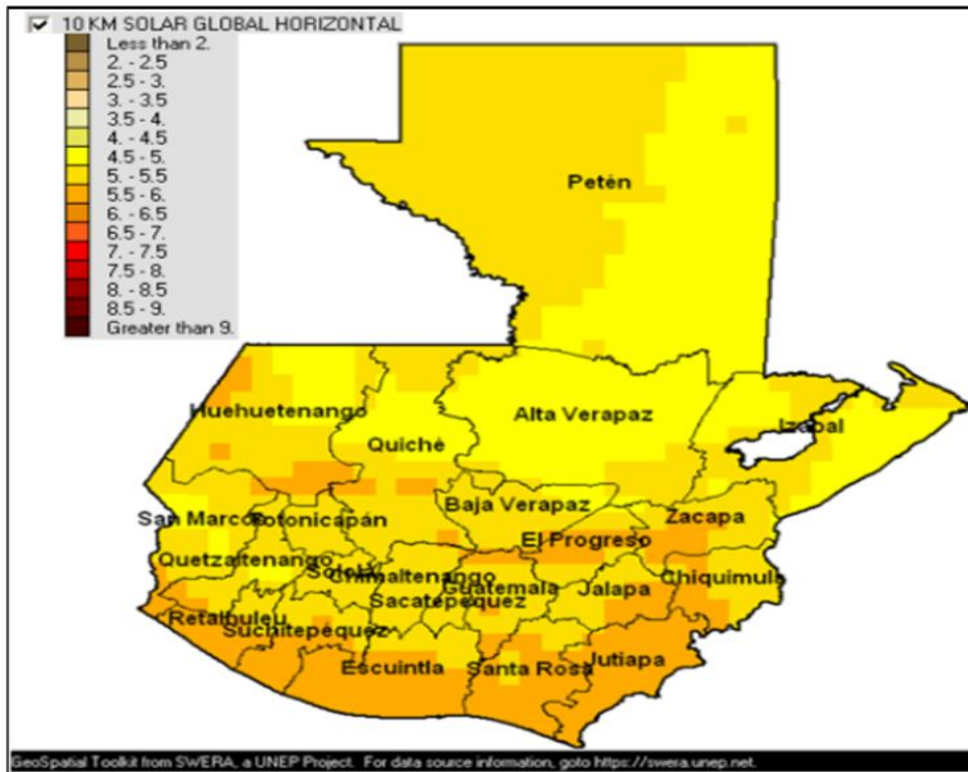
Fuente: TREJO ROLDÁN, José Rodrigo. *Factibilidad técnico – económica del uso de paneles solares fotovoltaicos en una granja porcina*. p. 25.

A pesar de que la energía solar fotovoltaica es una tecnología relativamente nueva en Guatemala, ya existen proyectos puestos en marcha a grande, mediana y pequeña escala tanto en el área pública como privada, en lo residencial y en lo industrial.

Para esto hay que considerar la ubicación geográfica de Guatemala y sus departamentos para identificar las posibilidades que se tienen de lograr la implementación de proyectos de esta índole. “Al menos 700 usuarios de electricidad se han inscrito como auto productores, por medio de la generación con paneles solares.”⁹

⁹MIRANDA BROLO, Karla Anneliz. *Implementación de energía solar en la vivienda guatemalteca*. p. 201.

Figura 3. Mapa de radiación global solar de Guatemala



Fuente: MERCAR CHONAY, Jaime Eduardo. *Documentación de manuales de operación y mantenimiento para el sistema de energía solar de la comunidad Santa Clara Chajul, ejecutado para ADECOM: Asociación para el Desarrollo de Comunidades Mayas.* p. 34.

En los últimos años, las células fotovoltaicas han experimentado un continuo descenso en su costo junto con una ligera mejora de su eficiencia. A nivel fotovoltaico se han realizado estudios sobre celdas solares con el fin de convertir la energía solar en eléctrica y emplearla en iluminación, en aplicaciones residenciales e industriales, sistema de bombeo para irrigación, transporte de agua, movimiento de motores para diferentes aplicaciones.

A continuación, se presentan varios proyectos e investigaciones desarrollados recientemente en Guatemala en relación al tema de la energía solar fotovoltaica:

- Proyecto sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en comunidades de San Marcos, Guatemala.
- Parque fotovoltaico SIBO, ubicado en Estanzuela, Zacapa; instalación de 20 320 paneles con la capacidad de generar 5 MW (una sexta parte de lo que produce la hidroeléctrica Chixoy).
- Proyecto Colegio Evelyn Rogers, consta de 345 paneles solares y posee una producción de 85,5 kW/hora.
- Proyecto instalación de 28 paneles solares con fines académicos en la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) junto con la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), producen 17 527 kW/h al año.
- Otros proyectos importantes son: San Jerónimo, Tacuilula, Río Hondo I, II y III en el este del país, Horus I, los 9 proyectos piloto que la CNEE administra y el primer sistema de electrificación solar aislado en Uaxactún, Petén por parte del INDE.

Figura 4. **Planta solar fotovoltaica (PV) 50 MW Horus I, Chiquimulilla, Guatemala**



Fuente: *Planta solar*. <http://www.grupoortiz.com/es/internacional/guatemala/proyecto-id-1471/>.
Consulta: 28 de octubre de 2016.

A continuación, se mencionan varios trabajos de graduación e investigaciones realizadas en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala en los últimos diez años:

- Diseño de un sistema fotovoltaico residencial con capacidad para venta de energía a la red de distribución, Oscar Marcelo Díaz Castillo.
- Generación eléctrica fotovoltaica en la Facultad de Ingeniería, Usac y estudio del aprovechamiento, Víctor Herbert de León Morales.

- Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado, para el suministro de energía a la comunidad rural buena vista, San Marcos, Carmencita de Los Ángeles Joachín Barrios.
- Paneles solares como fuente de energía eléctrica para sistemas de miniriego en producción de hortalizas en el departamento de Quiché, Eddie Alberth Maldonado Rodas.
- Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar la red eléctrica instalada en área comercial, Gabriel Ernesto Maltéz Romillo.
- Diseño de la investigación de un diseño y análisis de un sistema fotovoltaico complementario para el suministro de energía eléctrica de la biblioteca central Usac, Saira Rosmery Agustin Palacios.

2.3.2. Principios básicos de sistemas eléctricos fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de dispositivos cuya función es transformar la energía solar directamente en energía eléctrica, acondicionando esta última a los requerimientos de una aplicación determinada. “Las celdas fotovoltaicas son dispositivos electrónicos que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotoeléctrico.”¹⁰

La energía solar fotovoltaica se usa para la generación eléctrica en el lugar de la demanda, cubriendo pequeños consumos y en lugares aislados en

¹⁰ *Proyecto Simec Chile*. [https://www.unglobalcompact.org/system/ attachments/8146/original /Proyecto_Simec_Chile. pdf?1287789602](https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto_Simec_Chile.pdf?1287789602). Consulta: 28 de octubre de 2016.

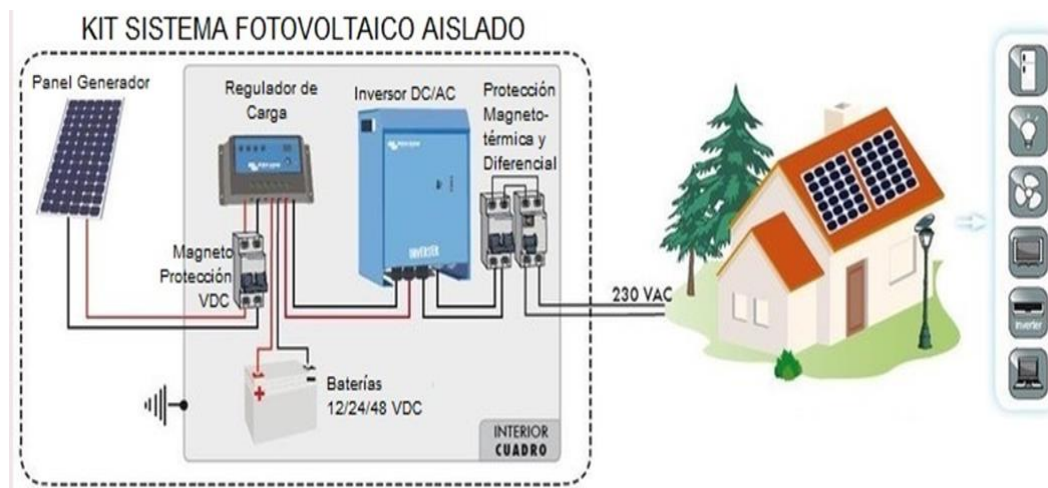
los que no se puede acceder a la red de distribución eléctrica; la unión de celdas fotovoltaicas da origen a un panel fotovoltaico.

Las principales características de los sistemas de energía solar fotovoltaica son las siguientes:

- Utilizan una fuente de energía renovable (la radiación solar) que es inagotable a escala humana.
- Son livianos y pequeños. Sus dimensiones son muy reducidas y se pueden instalar fácilmente sobre el tejado de las viviendas, entre otros lugares.
- Ausencia de partes móviles, por lo que apenas requieren mantenimiento.
- Tienen una vida útil más larga que los grupos electrógenos.
- Inversión inicial elevada.
- Resistentes a las condiciones climatológicas más adversas: lluvia, nieve, viento, entre otras.
- No requieren consumo de combustible.
- Durante su uso, no producen desechos, residuos, olores, ruidos o vapores que contaminen el medio ambiente.
- Produce un pequeño, pero considerado impacto medioambiental en la etapa de su producción.

- Rendimiento de la transformación energética es bajo.
- La electricidad que se obtiene es en forma de corriente continua y generalmente a bajo voltaje, con lo que se evitan los accidentes tan peligrosos que ocurren actualmente con las líneas eléctricas.
- No necesitan radiación solar directa (funcionan también en días nublados).
- La electricidad se produce en el mismo lugar donde se consume; elimina la necesidad de instalar tendidos eléctricos y transformadores, que suponen no solo un importante coste económico también un impacto sobre el paisaje.

Figura 5. **Esquema de instalación de sistema de energía solar fotovoltaica**



Fuente: *Instalación solar fotovoltaica para vivienda*. <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>. Consulta: 21 de marzo de 2017.

2.3.2.1. Tipos de proyectos

Las energías renovables constituyen una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos que genera la necesidad de proyectos y servicios en el área.

La industria o sector fotovoltaico lo constituyen compañías industriales y de servicios que proporcionan diferentes alternativas, como obra civil, equipos industriales, mantenimiento, gestión ambiental, entre otras. A continuación, se presentan los equipos necesarios para un sistema de energía solar fotovoltaica; no se han considerado los materiales para soporte de los paneles, cables eléctricos, protecciones adicionales, mano de obra, varios.

Tabla III. **Equipo necesario sistema de energía solar fotovoltaica**

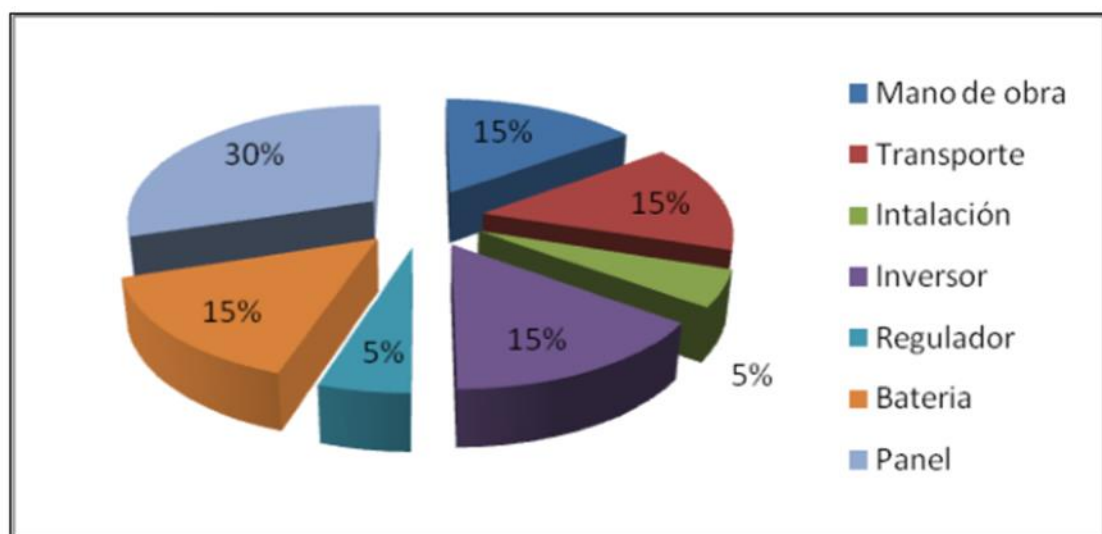
Ítem	Equipo	Descripción
1	Baterías	Banco de baterías.
2	Paneles FV	De acuerdo a las condiciones del diseño del sistema.
3	Regulador	
4	Inversor	
5	Conmutador	Sistema conmutador de circuito, red eléctrica a sistema fotovoltaico.
6	Contador de energía eléctrica	Para medir la inyección de energía a instalaciones híbridas.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a sus características (tamaño o complejidad), la obra civil en un proyecto de energía solar fotovoltaica, incluye lo siguiente:

- Estudio de campo
- Estudio topográfico
- Trabajo de diseño
- Trabajo de obra civil

Figura 6. **Desglose de costos de un sistema fotovoltaico**



Fuente: TREJO ROLDÁN, José Rodrigo. *Factibilidad técnico – económica del uso de paneles solares fotovoltaicos en una granja porcina*. p. 28.

2.3.2.2. Condiciones climáticas

La ubicación del proyecto determina las condiciones climáticas (macro y microclimáticas), incluyen las temperaturas (máxima, media y mínima anual), pluviometría, radiación solar incidente y dirección del viento dominante. Entre los factores relacionados con el clima que se deben considerar en los sistemas de energía solar fotovoltaica están los siguientes:

- La fuerza del viento más que el peso de los paneles es un factor que puede afectar la estructura.
- Los paneles solares fotovoltaicos así como el material eléctrico están preparados para soportar temperaturas muy altas sin que sufran daño alguno. El único inconveniente que existe con el calor extremo es que los paneles solares fotovoltaicos pierden eficacia progresivamente cuanto más alta de 25° C es su temperatura.
- El frío extremo por lo regular no afecta a los paneles y el equipo eléctrico asociado, no así las baterías que pueden llegar a congelarse y arruinarse.
- La presencia de sombras sobre los paneles solares afecta notoriamente su rendimiento; al momento de diseñar una instalación fotovoltaica, ubicar los paneles en lugares donde no sufran esta situación.

Las condiciones atmosféricas, el clima, las características geográficas, son, entre otros, los parámetros más importantes que determinan la cantidad de radiación solar que se recibe en un punto determinado de la superficie terrestre.

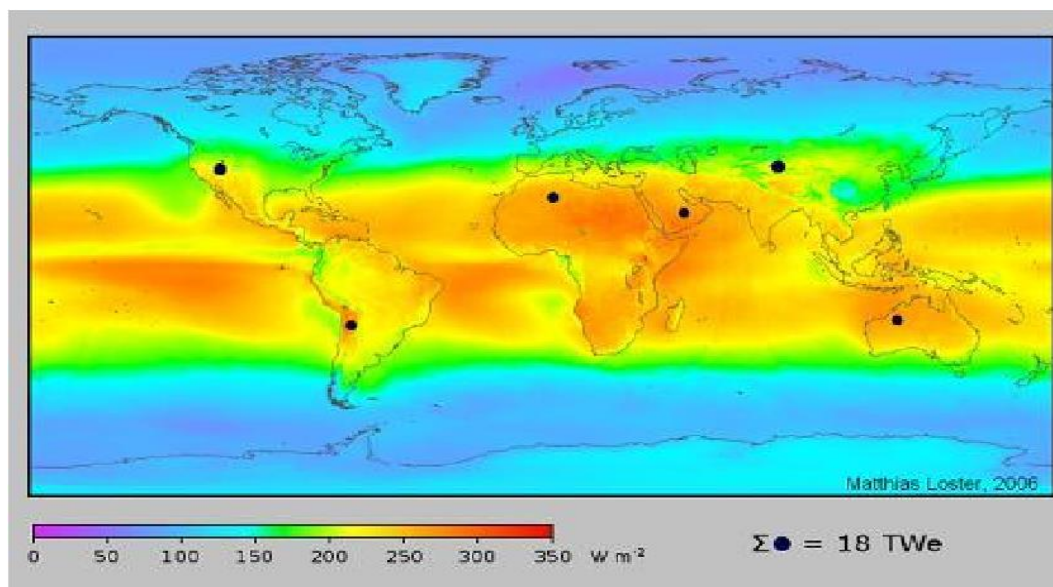
2.3.2.3. Radiación solar

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol; puede ser directa, difusa y reflejada; la suma de las tres es la radiación total incidente. La energía solar fotovoltaica utiliza la radiación directa y la radiación difusa, para la generación eléctrica.

La distribución temporal de la energía solar que alcanza la superficie es muy irregular, por esta razón cuando se evalúan, diseñan o se hacen análisis económicos de los sistemas de energía solar, se requiere de información precisa y detallada de la radiación solar (en término medio sólo el 47 % de la radiación incidente sobre la atmósfera terrestre alcanza la superficie del planeta).

La posición del sol queda determinada mediante dos ángulos que son la altura y el azimut; la radiación solar que incide sobre una placa variará con el ángulo que forme la misma con la radiación.

Figura 7. **Mapamundi solar**



Fuente: BÁRCENA MALDONADO, Adán; BÁRCENA MALDONADO, Sotero. *Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica dentro de un proyecto de vivienda sustentable*. p. 22.

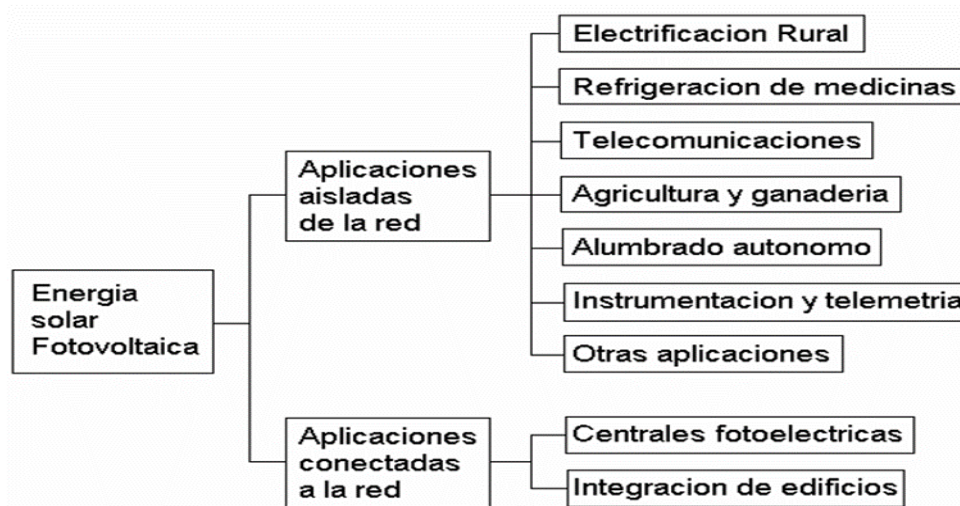
Conocer las características de la radiación solar no es un asunto sencillo, ya que varía a cada instante. La tasa de radiación depende en cada instante del

ángulo que forman la normal a la superficie en el punto considerado y la dirección de incidencia de los rayos solares. La captación de energía solar será máxima cuando la posición de la placa solar sea perpendicular a la radiación.

2.3.2.4. Instalaciones

De forma general, se pueden considerar instalaciones sobre el suelo, sobre edificaciones, entre otras. Los principales tipos de proyectos y aplicaciones de esta tecnología se muestran en el siguiente esquema.

Figura 8. **Aplicaciones energía solar fotovoltaica**



Fuente: MUÑOZ ANTICONA, Delfor Flavio. *Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país.* p. 40.

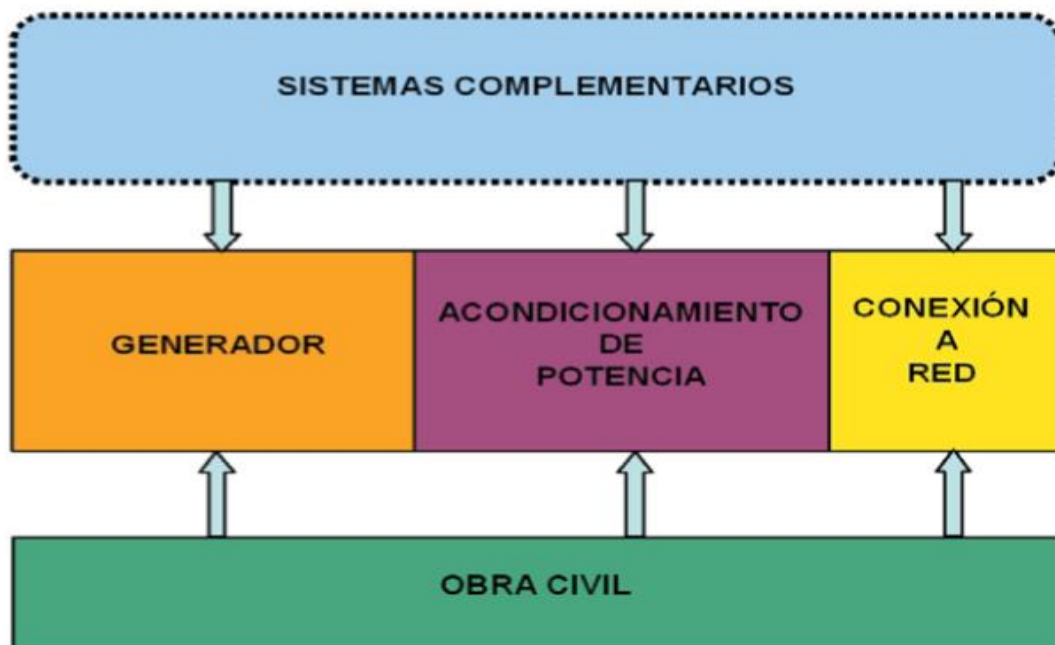
Las instalaciones fotovoltaicas se pueden dividir en tres tipos, según el objetivo que se les designe:

- Instalaciones aisladas de la red eléctrica: satisfacen total o parcialmente los requerimientos de energía eléctrica de viviendas o localidades que no cuentan con este servicio eléctrico.
 - Instalaciones centralizadas: son las que cubren la necesidad de un conjunto de viviendas y cuya justificación está en la reducción del impacto ambiental y en motivos económicos.
 - Instalaciones descentralizadas: corresponden a las que cubren la necesidad de un solo usuario.
- Instalaciones conectadas a la red eléctrica: tienen por objetivo reducir el consumo de energía eléctrica convencional (de la red), opta por satisfacer la demanda por medio del sistema fotovoltaico y, si es posible, entregar a la red eléctrica parte de la energía generada y que no es ocupada en el lugar de la instalación.
- Se puede considerar un tercer tipo, las instalaciones híbridas que combinan los sistemas fotovoltaicos con una o más fuentes de energía renovable o no renovable.

La instalación eléctrica incluye canalizaciones, estructuras, conductores, accesorios y dispositivos que permiten el suministro de energía eléctrica; para que se consideren seguras y eficientes, en su diseño se deben cumplir una serie de normas, este debe ser realizado considerando el uso que se dará a la instalación y el medio ambiente de trabajo.

En instalaciones sencillas los paneles se instalan sobre una estructura de perfiles de hierro, en forma de costanera y angulares, unidos por medio de pernos galvanizados y pernos de anclaje a la base de concreto. La estructura debe permitir una aireación constante del panel solar para que mantenga una temperatura acorde a su eficiencia, ya que al calentarse el panel solar, pierde eficiencia.

Figura 9. Partes de un proyecto tipo conexión a red



Fuente: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. *Energía solar fotovoltaica. Grupo de nuevas actividades profesionales.* p. 55.

En la estructura de soporte y anclaje, el bastidor que sujeta el panel, su estructura soporte, y el sistema de sujeción son tan importantes como el propio panel, pues una falla de estos elementos conlleva la inmediata paralización de

la instalación. Por esta razón, se debe prestar especial atención a los puntos de apoyo de la estructura.

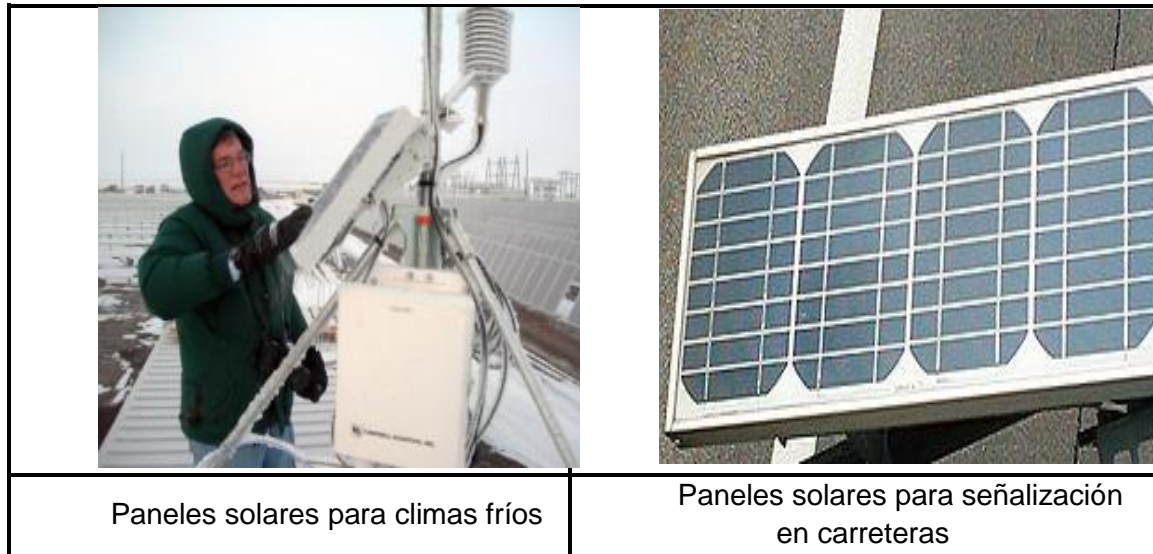
Generalmente, los fabricantes de paneles suministran los elementos necesarios, sueltos o en kits; en caso contrario se hará uso de perfiles normalizados. Si es necesario se debe considerar construir una bodega cercana al sitio donde están instalados los paneles solares para colocar las baterías, inversor y el regulador.

2.3.3. Diseño, construcción, operación y mantenimiento

Las instalaciones de los sistemas de energía solar fotovoltaica (SESF) se pueden adaptar a diferentes situaciones; deben ser realizadas por empresas instaladoras con experiencia. Todas las instalaciones y estructuras deben ser diseñadas y construidas para que soporten todas las acciones que la puedan solicitar durante la construcción y el período de vida útil previsto en el proyecto así como la agresividad del medio, considerando que el diseño del sistema puede definir su ciclo de vida total

Los requisitos para su instalación deben ser claros y proporcionar especificaciones suficientes para lograr la rentabilidad deseada para el sistema. También, se debe elaborar un plan de mantenimiento en la etapa de diseño, aunque sea revisado en una etapa posterior y adaptado a las necesidades específicas de la instalación.

Figura 10. Tipos de paneles fotovoltaicos



Fuente: *Paneles solares para climas fríos*. <http://www.dforcesolar.com/energia-solar/paneles-solares-para-climas-frios/>. Consulta: 27 de octubre de 2016.

La aplicación de las tecnologías fotovoltaicas requiere técnicos altamente cualificados para su instalación, reparación y mantenimiento; la escasez demando de obra cualificada puede resultar una amenaza para la industria fotovoltaica.

- Fase de diseño: algunos de los factores que se deben tomar en cuenta en los proyectos de energía solar fotovoltaica son la ubicación, el área disponible para la colocación de los paneles y el espacio físico; estos pueden influir de manera muy significativa, ya que las sombras por objetos o edificios aledaños a la instalación no permitirían generar la energía esperada.

- Fase de ejecución: de manera general la fase de ejecución incluye las siguientes actividades necesarias para el desarrollo del proyecto y el montaje de la instalación:
 - Licencia de obra (si es necesario).
 - Replanteo.
 - Cimentación (si es necesario), incluye estudios geotécnico y topográfico.
 - Montaje de la estructura.
 - Colocación de los módulos.
 - Instalación eléctrica.
 - Operación y mantenimiento.

Algunos de los aspectos a tener en cuenta para la construcción del SESF son los siguientes:

- Para la instalación de los colectores solares se deben considerar tres puntos básicos:
 - Integración arquitectónica: se tenderá a emplear los colectores solares y elementos de sujeción más adecuados para conseguir la mejor integración en el entorno.
 - Orientación e inclinación: los colectores se orientarán al sur en el hemisferio norte y al norte en el hemisferio sur, teniendo en cuenta que no se proyecten sombras sobre ellos, lo que repercutiría en el rendimiento. La inclinación respecto al sol depende de lo siguiente:

- El valor de la longitud geográfica del lugar para instalaciones de utilización en todas las estaciones del año.
- +10° respecto de lo anterior, si la utilización principal se produce solo durante el invierno.
- -10° si la utilización principal es sólo durante el verano.
- Energía calorífica necesaria: la superficie de captación y el rendimiento energético de los colectores elegidos para la instalación debe corresponder con la demanda energética prevista.
- Fase de instalación: de acuerdo con los requisitos de diseño y debe cumplir con las normas y los reglamentos aplicables para obtener del sistema la máxima producción de electricidad posible y reducir las pérdidas en la inyección de energía a la red. La calidad de la instalación del sistema tiene una fuerte influencia sobre el funcionamiento del sistema y en el cumplimiento de su vida útil y los niveles de producción esperados.

El personal que trabaje en un proyecto de SESF debe tener experiencia y formación en estos sistemas; es recomendable una actualización continua de sus conocimientos y capacidades técnicas, nuevos productos, legislación, entre otros.

Tabla IV. Usos de los paneles solares

	Viviendas, granjas	Sector comercial, industrial	Zonas de uso público	Edificios, colegios, oficinas	Apoyo a compañía eléctrica o gas	Comunicación repetidoras	Transporte, tren, carretera
Uso directo de los paneles solares, sin batería							
Bombeo a depósitos	X	X	X		X		X
Purificación de agua	X		X				
Enfriamiento por evaporación	X	X	X	X	X	X	
Ventilación	X	X	X	X	X	X	
Aireación de fosas sépticas	X	X	X				
Conexión directa a red	X	X	X	X	X		
Uso directo de los paneles solares, con baterías							
Iluminación	X	X	X	X	X	X	X
Señalización de alarmas	X	X	X	X	X	X	X
Recogida y envío de datos	X	X	X	X	X	X	X
Recarga de baterías	X					X	
Protección catódica		X	X		X		
Automatismo de riegos	X		X				
Antenas y repetidoras	X		X			X	
Ventilación	X	X		X	X	X	

Continuación de la tabla IV.

Uso directo de los paneles solares junto con generadores eléctricos convencionales							
Seguridad en hospitales, otros		X					
Zonas aisladas	X	X		X			
Ventilación	X	X	X	X	X	X	
Bombeo de agua	X		X				X

Fuente: *Energía solar para nuestra vida cotidiana.*

file:///E:/tesis%20felix/energia%20solar/hoy/profesor.pdf. Consulta: 22 de octubre de 2016.

- Fase mantenimiento de la instalación: el mantenimiento constante de las instalaciones fotovoltaicas y una limpieza periódica de los paneles, aseguran una generación ininterrumpida y una eficiencia de la radiación recibida de los paneles. Se recomienda implementar el registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en una bitácora.
 - El mantenimiento preventivo incluirá al menos una visita anual para las instalaciones o dos semestrales; incluye la revisión de rutina para ver cómo funciona el sistema.
 - El propietario deberá realizar mantenimiento al panel solar una vez al mes (limpieza y revisión de instalaciones). El cableado del sistema se debe mantener en perfectas condiciones, a fin de evitar sobrecalentamiento de los conductores, para lo cual es recomendable realizar inspecciones periódicas.

- Tareas de mantenimiento: incluyen las siguientes actividades:
 - Limpieza de los módulos fotovoltaicos.
 - Inspección y mediciones.
 - Estado general de los equipos: módulos, cables, cajas de conexiones, inversores y electrodos de puesta a tierra.
 - Posición de paneles: orientaciones e inclinaciones, sombreado, distancias.
 - Estructura y anclaje: la consistencia y la oxidación (con mayor frecuencia en áreas salinas o ambientes corrosivos).
 - Mediciones ambientales.
 - Mediciones eléctricas.



Tabla V. **Ubicación de los paneles fotovoltaicos**

Tipo de instalación de panel	Descripción	Figura
Suelo	Es la forma más usual de instalación de grupos de paneles y presenta grandes ventajas en cuanto al área opuesta al viento, accesibilidad y facilidad de montaje. Sin embargo, es más susceptible de quedar enterrada por la nieve, se inunde o ser objeto de rotura por animales o personas.	
Poste	Es usual en instalaciones de pequeña dimensión, donde se disponga previamente de un mástil. Es el tipo de montaje típico en alimentaciones fotovoltaicas de equipos de comunicación aisladas.	
Pared	Presenta ventajas cuando se dispone de buenos puntos de anclaje sobre una edificación construida. Sin embargo, es obligado instalarlo en una fachada al sur y la accesibilidad puede presentar algunos problemas.	
Tejado	Como forma de instalación es una de las más usuales, al disponer de suficiente espacio. Sin embargo, presenta problemas por cubrimiento de nieve, menor facilidad de orientación al sur, e impermeabilizado de las sujeciones del techo.	

Fuente: *Componentes*. <http://edii.uclm.es/~arodenas/Solar/componentes.htm>. Consulta: 23 de octubre de 2016.

En el año 2009 fue presentado el proyecto Tejas Solares en la Universidad de Minho y la Universidad Nova de Lisboa; exploró la posibilidad del aprovechamiento de la energía solar a través de tejas fotovoltaicas. Otro sistema que se utiliza en los tejados es el Sol Tech Energy, un sistema único de calefacción con tejas fabricadas con vidrio transparente. “Las tejas fotovoltaicas pueden ser el futuro por la posibilidad de hacer independiente de la red eléctrica comercial a nuestras casas, pueden producir electricidad mediante la energía solar fotovoltaica fácilmente, y esta tecnología ya se puede instalar en la construcción de viviendas nuevas.”¹¹

Tabla VI. **Tejas fotovoltaicas**

	
<p>Tejas solares fotovoltaicas</p>	<p>Tejas fabricadas con vidrio transparente</p>

Fuente: *Energía solar en viviendas*. <http://www.guatemalagbc.org/el-futuro-de-la-energia-solar-en-viviendas/>. Consulta: 24 de octubre de 2016.

¹¹ *Historia de la energía solar*. <http://www.sitiosolar.com/la-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>. Consulta: 24 de octubre de 2016.

3. ESTUDIO EXPERIMENTAL

3.1. Antecedentes

La necesidad de reducir las emisiones de carbono ha impulsado el desarrollo de las tecnologías de energías renovables; estas desempeñan un importante papel en la transición a una economía baja en carbono. “En 2010 se estima que 1 400 millones de pobladores del mundo no tienen acceso al servicio eléctrico. Dicha población vive en su gran mayoría en los países en desarrollo y especialmente en las zonas rurales aisladas.”¹²

La energía fotovoltaica consiste en transformar directamente la energía lumínica del sol en energía eléctrica por medio de las celdas fotovoltaicas. Guatemala se encuentra en una posición estratégica, ya que cuenta con luz solar casi todo el año; el valor anual de la radiación global solar para todo el país, en promedio es de 5,3 kilo vatios hora por metro cuadrado.

En la década de los 90, el mercado fotovoltaico comenzó a crecer de manera significativa a nivel mundial; en Guatemala, es escasa la información sobre el desarrollo y uso de los sistemas de energía solar en construcciones civiles, así como la participación del ingeniero civil en el desarrollo, construcción e instalación en estos proyectos. Por esta razón, se plantea este trabajo como una alternativa para reducir esta situación, para esto se realizaron actividades de campo y gabinete.

¹²FALTA AUTOR. *Guía metodológica para el desarrollo de proyectos de electrificación rural mediante sistemas fotovoltaicos aislados.* p. 19.

3.2. Metodología

La metodología aplicada se divide básicamente en las etapas siguientes: recopilación y revisión de información documental. trabajo de campo y diseño de muestra, instrumentos y recopilación de información y el procesamiento y análisis de la información.

No se busca realizar un análisis estadístico de la información, sino presentar un marco general que permita conocer de manera preliminar sobre el tema evaluado. Para el procesamiento de la información y el análisis de los resultados, se elaboraron hojas electrónicas de Excel, gráficas y tablas, de acuerdo a cada caso.

3.3. Actividades de campo

De acuerdo a los objetivos se realizaron diferentes actividades de campo, las que fortalecen el desarrollo y análisis del trabajo; para esto se utilizaron técnicas de recolección de datos.

Durante la fase de recolección de datos se visitaron empresas y proyectos, donde se realizaron entrevistas a expertos, profesionales y trabajadores del sector.

3.3.1. Planificación

Para la realización del trabajo de campo se utilizó el marco teórico elaborado, así como las opiniones de expertos, profesionales y trabajadores relacionados con el tema. Se realizaron las siguientes actividades:

- Elaboración de listado de empresas que ofrecen materiales y servicios de instalación, construcción y mantenimiento relacionados con los sistemas de energía solar fotovoltaica.
- Elaboración de listado de organizaciones involucradas en la organización y financiamiento de sistemas solares fotovoltaicos.
- Evaluación de la participación de ingenieros civiles en el desarrollo de sistemas de energía solar en construcciones civiles en Guatemala.
- Elaboración y aplicación de encuesta a los diferentes sectores involucrados en el desarrollo de sistemas de energía solar en construcciones civiles en Guatemala.

Tabla VII. **Técnica o herramienta utilizada**

Técnica / herramienta	Objetivo
Visitas	Conocer a empresas y personal.
Observación	Tener percepción de la realidad en cada caso.
Entrevistas	Profundizar en el conocimiento de grupos de interés (organizaciones, empresas e ingenieros civiles).
Encuesta	Analizar la situación con la finalidad de identificar características de interés.

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Elaboración de instrumentos

Para realizar el trabajo de campo se utilizaron las siguientes técnicas o herramientas: visitas, observación directa, entrevistas, encuestas, cuestionarios entre otros; al final se obtuvo información cuantitativa y cualitativa del tema evaluado.

Se elaboró un cuestionario para cada sector evaluado (comercial, oenegés e ingenieros civiles), para aprovechar el tiempo del participante y facilitar su análisis y tabulación; casi todas las preguntas son de opción múltiple, en las que para responder solo se requiere marcar una de las opciones presentadas. En las preguntas directas se incluye el espacio para escribir la respuesta (ver anexo 1).

A continuación, se presenta el contenido de cada uno de los cuestionarios elaborados de acuerdo al sector:

- Sector comercial
 - Información empresa.
 - Información sistemas de energía solar fotovoltaica.
 - Participación ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala.

- Sector de energía
 - Información institución.
 - Información sistemas de energía solar fotovoltaica.
 - Participación ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala.

- Sector de ingenieros civiles (colegiados activos CIG)
 - Información de entrevistado.
 - Información de conocimiento y experiencia en sistemas de energía solar fotovoltaica.
 - Información de participación ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala.

3.3.3. Evaluación

Esta fase consistió en la aplicación y el uso de los instrumentos elaborados, con el objetivo de generar la información necesaria para el análisis realizado (información cuantitativa y cualitativa); para esto se identificaron tres sectores de interés:

- Sector comercial (SC)

- Sector profesional de ingenieros civiles (SP)

- Sector oenegés relacionado con sistemas de energía solar fotovoltaica (financiamiento, capacitación, desarrollo de proyectos, transferencia de tecnología, otras).

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Tabulación

Para facilitar el análisis de la información, se generó una base de datos con los resultados de los cuestionarios; también, se elaboraron hojas electrónicas con los resultados de cada sector.

Adicionalmente, se utilizó la información cualitativa de las visitas y entrevistas realizadas con funcionarios, expertos e ingenieros civiles relacionados con el tema.

4.2. Descripción y análisis de resultados

En la actualidad, los sistemas de energía solar fotovoltaica están en desarrollo en todo el mundo, se disminuyeron los costos relacionados y mejoraron los materiales utilizados. En Guatemala, el impacto que produce la posibilidad de utilizar la energía solar en forma controlada ha permitido el desarrollo de sistemas completos para su transformación, almacenamiento y distribución en construcciones civiles.

A continuación, se presentan los costos de la implementación de un SESF en una vivienda en Guatemala.

Tabla VIII. **Costos de la implementación de un SESF (calentador de agua) en Guatemala, marzo 2018**

Equipo	Cantidad	Precio unitario (Q)	Total	
			(Q)	%
Panel fotovoltaico de 320W marca Jinko Solar	6	2 100,00	12 600,00	40,0
Micro inversores marca APSystems	3	2 350,00	7 050,00	22,3
Sistema de monitoreo remoto vía wifi	1	850,00	850,00	3,0
Calentador solar de 60 gal. (hasta 6 personas) para sistemas presurizados marca E-Solar	1	8 000,00	8 000,00	25,4
Instalación: incluye mano de obra, cableado AC (hasta 15 m lineales), Cableado DC (hasta 15m lineales), <i>circuitbreakers</i> para protección eléctrica del sistema fotovoltaico, estructura de aluminio para montaje, inscripción como usuario autoprodutor con excedentes de energía, cambio a contador bidireccional, accesorios PVC y CPVC de ½" , ¾"o 1", monitor/controlador automático de temperatura, resistencia eléctrica de respaldo (1,5kW)	Global	3 000,00	3 000,00	9,3
Total			Q 31 500,00	100 %

Fuente: elaboración propia.

El objetivo de la encuesta es conocer el uso de la energía solar fotovoltaica en construcciones civiles en Guatemala e identificar la participación del ingeniero civil en el sector.

4.2.1. Sector comercial

Se utilizaron diferentes medios para obtener la información de este sector (correo electrónico, personal, entre otros); a continuación, se presentan los resultados de la encuesta y su análisis.

- Información empresa
 - Cargo de la persona entrevistada: la información permite conocer la responsabilidad y experiencia en el tema del entrevistado, lo que se relaciona con su participación en este tipo de proyectos.

De acuerdo a los resultados, los entrevistados ocupan cargos en las áreas de gerencia, direcciones, asesores técnicos y de ventas; de acuerdo al cargo que ocupan, son los responsables de gestionar los diferentes proyectos en las empresas.

- Tiempo de operar: para conocer la experiencia de la empresa evaluada en el sector de energía solar fotovoltaica, la información se relaciona con la participación y el desarrollo de la empresa en este tipo de proyectos.

De acuerdo a los resultados, las empresas cuentan con tiempo de operar variado, la mayoría (71 %) se encuentra en el rango entre 1 – 5 años, el resto en el rango + 20 años (29 %). Esto refleja el interés de las empresas de participar en este sector comercial.

- Principales actividades que realiza (relacionadas con sistemas de energía solar fotovoltaica): la información permite identificar los

servicios y actividades que realiza la empresa evaluada en el tema; la información se relaciona con el desarrollo de este tipo de proyectos.

De acuerdo con los resultados, la mayoría de las empresas (86 %) realiza actividades en las áreas de ventas y servicios, el 14 % restante indica realizar otras actividades en el sector (diseño, construcción, otras).

- Número de trabajadores de la empresa (administrativos y campo): la información solicitada permite conocer de manera preliminar el tamaño y la capacidad de servicios que ofrece la empresa evaluada.

De acuerdo a los resultados, los rangos entre 1 – 10 y 10 – 20 trabajadores tienen el 42 % c/u; el resto se encuentra en el rango entre 21 – 30 trabajadores (16 %); estas empresas se pueden clasificar como pequeñas y medianas.

- Cuenta su empresa con personal especializado en sistemas de energía solar fotovoltaica: la información permite conocer si la empresa evaluada cuenta con personal especializado en el tema, esto fortalece las actividades y servicios que ofrece.

De acuerdo con los resultados, todas las empresas cuentan con personal especializado en el tema, lo que refleja la importancia de contar con este tipo de recurso humano para operar y competir en el sector.

- Cuentan con programa de capacitación para el personal: esta es una actividad importante en cualquier área; permite conocer si la empresa evaluada realiza actividades de capacitación en el tema.

De acuerdo a los resultados, el 72 % de las empresas cuenta con un programa de capacitación y el 28 % no cuenta con este instrumento. Los datos reflejan el interés de las empresas por fortalecer y capacitar a su personal, como estrategia de desarrollo.

- Sector al que presta servicios (%): para conocer el sector donde se desarrolla la empresa evaluada, la información se relaciona con la participación y el desarrollo de este tipo de proyectos, así como identificar el tipo de usuarios de los SESF.

De acuerdo con los resultados, todas las empresas prestan sus servicios en el sector privado, esto refleja el poco interés del sector público en impulsar los SESF.

- Tipo de cliente (%): para conocer el tipo de clientes de la empresa evaluada, la información se relaciona con los sectores interesados que participan e invierten en el desarrollo de este tipo de proyectos.

De acuerdo a los resultados, las alternativas de respuestas quemás fueron seleccionadasson el área comercial, industrial, residencial y agrícola en ese orden.

- Información sistemas de energía solar fotovoltaica
 - Como califica el nivel de conocimiento sobre los sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: la información permite conocer el desarrollo de esta tecnología en el país así como la opinión del entrevistado en el tema, lo que es importante por su experiencia en este tipo de proyectos.

De acuerdo con los resultados, la mayoría indica un nivel bajo (56 %) de conocimiento sobre los SESF en Guatemala, un 30 % indica el nivel medio y un 14 % refiere un nivel alto de conocimiento en el tema.

- Como califica el desarrollo de los sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: permite conocer la opinión del entrevistado de acuerdo con su experiencia y conocimiento en el tema, así como la participación de la empresa en este tipo de proyectos.

De acuerdo con los resultados, la mayoría de los entrevistados (72 %) califica como bajo el nivel de desarrollo de los SESF en Guatemala, seguidos por los niveles medio y alto con un 14 % c/u. La tendencia mundial es el aumento del número de proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica.

- Ubicación de proyectos: permite obtener información sobre la localización de este tipo de proyectos así como identificar la región con más desarrollo en el sector.

De acuerdo con los resultados, la mayoría de los proyectos se ubica en el área urbana (56 %), el resto se ubica en el área rural (44 %). Debe de

estimularse la inversión y el uso de este tipo de tecnología en las áreas urbana y rural.

- Cuál cree que es el principal uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: la información permite conocer los principales usos de los SESF de acuerdo con la experiencia y conocimiento del tema del entrevistado, así como la participación de la empresa en este tipo de proyectos.

De acuerdo con los resultados, los entrevistados consideran que el principal uso de los SESF en Guatemala se da en los sectores comercial y residencial.

- Como califica la oferta de mano de obra dedicada a esta actividad: para las empresas es importante contar con mano de obra calificada.

De acuerdo con los resultados, la mayoría de los entrevistados (75 %) califica la oferta de mano de obra dedicada a esta actividad como baja, el resto (25 %) la califica como media. Esto refleja la necesidad de formar y capacitar mano de obra competente en el sector; esto amplia y garantiza la calidad de los trabajos que se realicen.

- Cree que es necesario el establecimiento de normativa local para lo relacionado con los sistemas de energía solar fotovoltaica: en Guatemala ya existe algún tipo de normativa local; para las empresas es importante contar normas que regulen lo relacionado con procesos, materiales, personal, entre otros.

De acuerdo con los resultados, la mayoría responde que si (72 %), el resto 28 % considera que no. Los resultados reflejan el interés en el uso de normas de las empresas evaluadas; estas contribuyen al mejoramiento de los procesos, los materiales y la mano de obra de los proyectos, fortaleciendo la calidad de los proyectos ejecutados.

- Conocen los incentivos fiscales relacionados con el uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: para las empresas el componente económico es importante en el desarrollo de este tipo de proyectos, sobre todo lo relacionado con beneficios para el que invierte.

De acuerdo con los resultados, la mayoría de los entrevistados indica que no (72 %), el resto 28 % responde que si conocen los incentivos. Es necesario que se den a conocer estos beneficios a los sectores involucrados en el tema.

- Información participación de ingenieros civiles en proyectos de energía solar fotovoltaica.
 - En su empresa trabajan ingenieros civiles: permite conocer la participación del ingeniero civil en este sector.

De acuerdo con los resultados, la mayoría de las empresas indican que si (72 %), mientras que el 28 % restante indica que no. Es necesario que aumente la participación del ingeniero civil en el desarrollo de este tipo de proyectos, por lo debe darse la información y capacitación en el tema de los SESF a los ingenieros recién graduados e interesados para que se capaciten en el tema.

- Como califica la participación de ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: la información solicitada permite conocer el grado de participación de ingenieros civiles en este tipo de proyectos.

De acuerdo con los resultados, la mayoría de los entrevistados la califica como baja (72 %), el 28 % restante la califica como media. Es necesario que aumente la participación del ingeniero civil en el desarrollo en estos proyectos, aprovechando que es un mercado en crecimiento.

- En qué áreas cree que tienen más participación los ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: la información permite conocer la opinión del entrevistado sobre el desarrollo profesional del ingeniero civil en este tipo de proyectos.

De acuerdo con los resultados, la mayoría considera que es el área de ejecución de proyectos, seguidos por el diseño y la asesoría técnica.

4.2.2. Sector profesional

Se utilizaron diferentes medios para obtener la información de este sector (correo electrónico, personal y actividades de capacitación). A continuación, se presentan los resultados de la encuesta y su análisis.

- Información entrevistado.
 - Número de colegiado: permite conocer el tiempo de estar colegiado del entrevistado; esta condición da la oportunidad de

participar en los diferentes cursos de educación y capacitación que organizan el Colegio de Ingenieros de Guatemala, las universidades, entre otros.

De acuerdo a los resultados, la distribución del número de colegiado de los entrevistados es la siguiente: la mayoría se encuentra en el rango de 5 001 al 10 000 (60 %), en el rango entre 10 001 al 15 000 el 27 % y el rango hasta el 5 000 (13 %) respectivamente.

Se observa el crecimiento del número de ingenieros civiles colegiados en los últimos cinco años, lo que aumenta la participación y capacitación en diferentes áreas.

- Estudios realizados: el objetivo fue conocer la formación académica de los entrevistados: de acuerdo a los resultados, la mayoría de los entrevistados (74 %) únicamente realizaron estudios de licenciatura en ingeniería civil, el resto tienen estudios de posgrado en diferentes áreas (26 %).

Se evidencia el aumento del número de ingenieros civiles que realizan estudios de posgrado. Los resultados tienen incidencia en la formación y experiencia de los entrevistados en el tema de interés.

- Experiencia profesional: se evalúa la participación del entrevistado en el estudio, diseño y ejecución de proyectos en el área de ingeniería civil. De acuerdo a los resultados, la mayoría tiene experiencia en los rangos entre 6 y 10 años (47 %) y + 10 años (47 %), respectivamente; el resto tiene una experiencia en el rango entre 1 y 5 años (6 %).

- Principales actividades que realiza el entrevistado, relacionadas con sistemas de energía solar: se evalúa la participación del entrevistado en el diseño, construcción, supervisión, operación y mantenimiento de este tipo de proyectos. De acuerdo a los resultados, la mayoría no realiza ninguna actividad relacionada con el tema de interés (79 %), el resto ha participado en diseño (7 %), construcción (7 %) y supervisión (7 %), respectivamente.

Se observa la poca participación del ingeniero civil en actividades relacionados con proyectos de sistemas de energía solar, situación que es necesario cambiar debido al interés y el crecimiento de este sector.

- Sector en el que presta sus servicios: identifica el tipo de actividades que realiza y el sector en el que se desempeña el entrevistado. De acuerdo a los resultados, la mayoría trabaja en el sector público (53 %), el resto en el sector privado (47 %).
- Tipos de proyectos en los que participa: permite conocer el principal campo de desempeño profesional del entrevistado. De acuerdo a los resultados, la mayoría no identifica el tipo de proyectos que desarrolla (47 %), proyectos comerciales (20 %) y proyectos industriales (20 %) cada uno, el resto proyectos residenciales (13 %).
- Información de conocimiento y experiencia en sistemas de energía solar fotovoltaica.
 - Como califica su nivel de conocimiento sobre los sistemas de energía solar fotovoltaica: permite conocer el estado de

conocimiento del entrevistado en el tema. De acuerdo a los resultados, la mayoría refiere un nivel bajo (53 %), el resto responde un nivel medio (47 %); ninguno de los entrevistados refiere tener un nivel alto de conocimiento del tema.

Esta situación evidencia la falta de capacitación en el tema de los ingenieros civiles, situación que afecta la participación en el desarrollo de proyectos de SESF.

- Como califica el desarrollo de los sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: permite conocer la información que el entrevistado tiene del tema. De acuerdo a los resultados la mayoría refiere un nivel bajo de desarrollo (53 %), el resto responde un nivel medio (47 %); ninguno de los entrevistados refiere un nivel alto de desarrollo.

La tendencia mundial es el aumento del número de proyectos de SESF; se observa que los proyectos de energía solar en Guatemala pueden tener un desarrollo alto en los próximos años, situación que tienen que aprovechar los ingenieros civiles.

- Cuál cree que es el principal uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: refleja el conocimiento de los entrevistados sobre el tema. De acuerdo a los resultados, la mayoría indica que los sectores industrial y residencial con el 47 % cada uno, son los principales usuarios, el resto indica el sector comercial (6 %).

De acuerdo con lo anterior, es importante que los ingenieros civiles cuenten con la información necesaria, que les permita participar en el desarrollo de este tipo de proyectos.

- Como califica la oferta de mano de obra dedicada a esta actividad: permite conocer la opinión del entrevistado, ya que la mano de obra es importante en el desarrollo de cualquier proyecto. De acuerdo a los resultados, la mayoría indica que la mano de obra es poca (60 %), el resto refiere un nivel medio (40 %). Es necesario que se forme y capacite mano de obra competente en SESF, esto garantiza la calidad de los trabajos que se realicen.
- Cree que es necesario el establecimiento de normativa local para lo relacionado con los sistemas de energía solar fotovoltaica: para conocer la opinión del entrevistado, ya que la normativa generalmente contribuye al mejoramiento de los procesos, materiales y mano de obra de los proyectos. De acuerdo a los resultados de la encuesta, la mayoría (93 %) considera que es necesario establecimiento de normativa local en lo relacionado con SESF, el resto considera que no (7 %).
- Conocen los incentivos fiscales relacionados con el uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: la parte económica siempre es importante en el desarrollo de proyectos, sobre todo lo relacionado con beneficios para el que invierte. De acuerdo a los resultados, la mayoría (74%) indica no conocer los incentivos fiscales relacionados con el uso de SESF en Guatemala, el resto refiere que si (26%).

- Información participación ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala.
 - Como califica el desarrollo e interés en los sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: permite conocer la opinión del entrevistado en el tema. De acuerdo a los resultados, la mayoría responde que los niveles bajo y medio con 47 % cada uno, el resto lo califica como alto (6 %).
 - Ha participado en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica: permite conocer la participación de ingenieros civiles en este tipo de proyectos. De acuerdo a los resultados de la encuesta, la mayoría responde que no (74 %), el resto indica que si ha participado (26 %).
 - Si la respuesta anterior fue sí, indique:
 - Ubicación de proyectos: área urbana 100 %
 - Tipo de proyectos: residencial 100 %
 - Tipo de participación: ejecución 100 %
 - Como califica la participación de ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: permite conocer la participación de ingenieros civiles en este tipo de proyectos. De acuerdo a los resultados, la mayoría responde que es baja (80 %), el resto la califica como media (20 %). Es necesario que aumente la participación del ingeniero civil en el desarrollo de estos proyectos.

- En qué áreas cree que tienen más participación: permite conocer el criterio de los entrevistados sobre el tema. De acuerdo a los resultados, la mayoría responde que en la ejecución (47 %), el 21 % responde que en operación y mantenimiento, el 12 % responde que en administración, el resto indica que en el diseño y asesoría técnica (10 % cada uno).

4.2.3. Sector ONG

Se utilizaron diferentes medios para obtener la información de este sector (correo electrónico, personal, entre otros); a continuación, se presentan los resultados de la encuesta y su análisis.

- Información institución
 - Cargo persona entrevistada: para conocer la experiencia y responsabilidad del entrevistado.

De acuerdo a los resultados, los entrevistados ocupan cargos de supervisores, coordinadores y diseñadores de proyectos. El cargo ayuda a definir el perfil y conocimiento de la persona entrevistada, así como su participación en proyectos en SESF.

- Tiempo de operar: esta información es importante para conocer la experiencia de la institución evaluada, así como su participación en proyectos en el sector de energía solar fotovoltaica.

De acuerdo a los resultados, los tiempos de operar de las instituciones se distribuyen de la siguiente manera: los rangos entre (1 – 5 años) y (6 – 10 años)

cuentan con el 40 % c/u, el resto (20 %) se encuentra en el rango (+10 años). La experiencia es importante en el desarrollo de proyectos, sobre todo en el tema de los SESF.

- Principales actividades que realiza (relacionadas con sistemas de energía solar fotovoltaica): para identificar el tipo de actividades que realiza la institución en el sector; así como el tipo de proyectos que desarrollan. De acuerdo con los resultados, la mayoría de las instituciones (80 %), realiza actividades en el área de apoyo en el desarrollo de proyectos, el 20 % restante indica realizar otras actividades en las áreas de transferencia de tecnología y capacitación.
- Cuenta su institución con personal especializado en sistemas de energía solar fotovoltaica: para conocer si la institución cuenta con personal especializado en el tema, esto fortalece las actividades que realiza en el sector. De acuerdo con los resultados, todas las instituciones cuentan con personal especializado en el tema, lo que refleja la importancia y necesidad de contar con recurso humano calificado para para desarrollar sus actividades.
- Sector social que apoyan (%): para conocer el sector donde la institución desarrolla sus proyectos así como la población beneficiada.

De acuerdo a los resultados, la mayoría (60 %) indica que es sector económico bajo, el resto (40 %) responde que no importa el sector económico. Estos resultados reflejan que el sector que más se beneficia con los proyectos de SESF es el de menos recursos económicos.

- Tipo de proyectos que desarrollan (%): para conocer el tipo de proyectos que desarrolla la institución de acuerdo a la población beneficiada. De acuerdo a los resultados, las alternativas de respuestas que más fueron seleccionadas son el área residencial, comercial e industrial, en ese orden.
- Ubicación de proyectos que desarrollan (%): para conocer el área donde desarrolla sus actividades la institución, de acuerdo a la población beneficiada. De acuerdo con los resultados, la mayoría de los entrevistados (60 %), indica que desarrolla proyectos en las áreas urbana y rural; el resto se ubica en el ara rural (40 %).
- Información sistemas de energía solar fotovoltaica
 - Como califica el nivel de conocimiento sobre los sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: de acuerdo con las actividades y experiencia de la institución en el sector. De acuerdo con los resultados, la mayoría indica un nivel alto (60 %) de conocimiento, el resto (40 %) refiere un nivel medio de conocimiento sobre los SESF en Guatemala.
 - Como califica el desarrollo de los sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: permite conocer la opinión del entrevistado en el tema así como la participación de la institución en el sector. De acuerdo con los resultados, la mayoría de los entrevistados (60 %) califica como alto el nivel de desarrollo de los SESF en Guatemala, el resto responde un nivel medio (40 %).

- Cuál cree que es el principal uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: refleja el conocimiento específico en el tema de los entrevistados y la participación de la institución en este tipo de proyectos. De acuerdo con los resultados, los entrevistados consideran que el principal uso de los SESF en Guatemala se da en el sector industrial, seguido por los sectores comercial y residencial.

- Como califica la oferta de mano de obra dedicada a esta actividad: es necesario formar y capacitar mano de obra calificada en SESF, se deben apoyar e implementar programas de actualización en el tema a diferentes niveles. De acuerdo con los resultados, la mayoría de los entrevistados (80 %) califica la oferta de mano de obra como alta, el resto (20 %) la califica como media. La calidad de la mano de obra garantiza la calidad de los trabajos que se realicen.

- Cree que es necesario el establecimiento de normativa local para lo relacionado con los sistemas de energía solar fotovoltaica: aunque ya existe algún tipo de normativa local en el tema, es importante contar con normas que regulen lo relacionado con sus actividades. De acuerdo con los resultados, la mayoría responde que si (72 %), el resto 28 % considera que no. El uso de normas técnicas contribuye a mejorar los procesos, materiales y mano de obra de los proyectos.

- Conocen los incentivos fiscales relacionados con el uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: para las instituciones es importante conocer los incentivos que existen para

el desarrollo de proyectos en el sector. De acuerdo con los resultados, la mayoría de los entrevistados indica que sí (60 %), el resto 40 % responde que no conocen los incentivos. Es necesario que se den a conocer estos beneficios a los sectores involucrados en el tema.

- Participación de ingenieros civiles en proyectos de energía solar fotovoltaica
 - En su institución trabajan ingenieros civiles: la información permite conocer la participación del ingeniero civil en este sector. De acuerdo con los resultados, en todas las instituciones trabajan ingenieros civiles; esto refleja la importancia que el tema tiene como área de desarrollo profesional.
 - Como califica la participación de ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala: la información solicitada permite conocer el grado de participación de ingenieros civiles en este tipo de proyectos. De acuerdo con los resultados, la mayoría de los entrevistados la califica como alta (80 %), el resto (20 %), la califica como media. Es necesario que aumente la participación del ingeniero civil en el desarrollo de este tipo de proyectos, aprovechando que es un mercado en crecimiento.
 - En qué áreas tiene más participación los ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala que tienen más participación: para identificar las áreas de mayor participación del ingeniero civil en el sector. De acuerdo con los

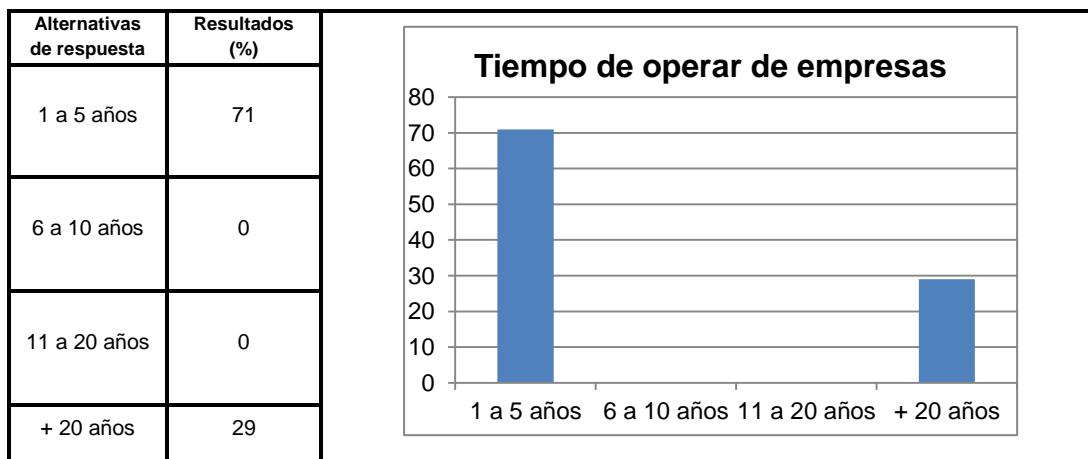
resultados, la mayoría considera que es el área de ejecución de proyectos, seguidos por el diseño y la operación y mantenimiento.

4.3. Gráficas y tablas

A continuación, se presentan las gráficas y tablas elaboradas, las que permiten una mejor apreciación de los resultados que se obtuvieron así como de su análisis.

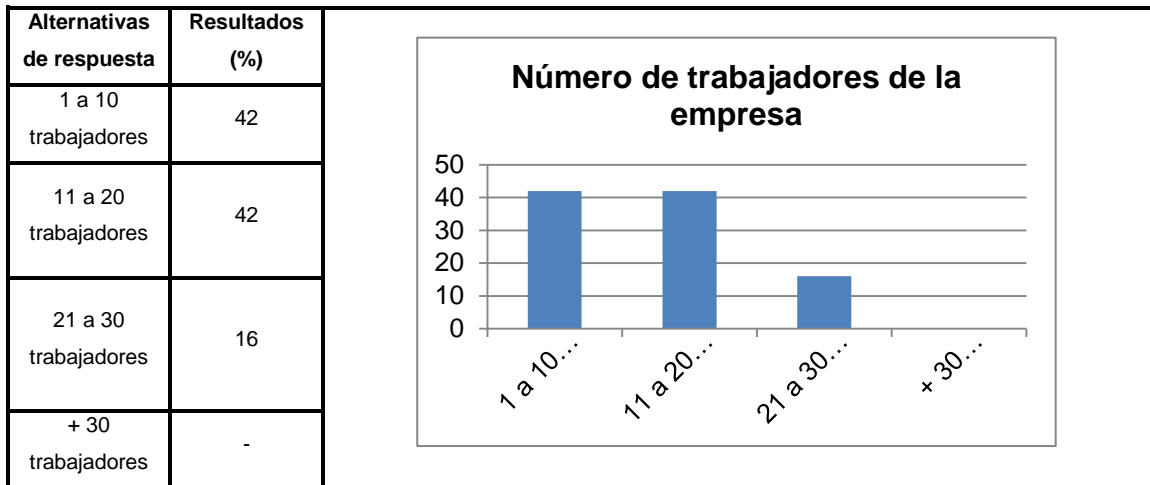
- Sector comercial: las tablas y gráficas se presentan de acuerdo al orden de las preguntas en la boleta.

Tabla IX. **Resultados SC: tiempo de operar de empresas**



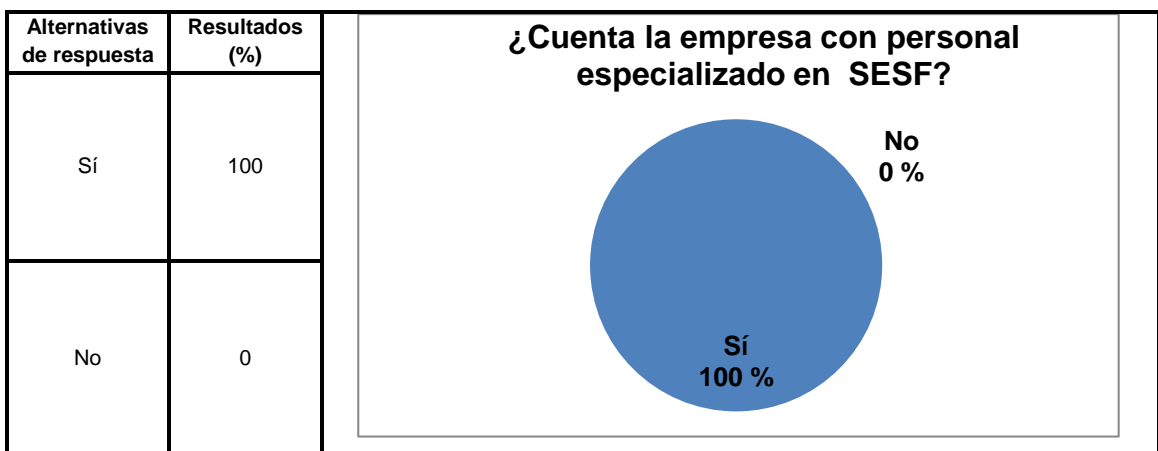
Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Resultados SC: número de trabajadores de la empresa**



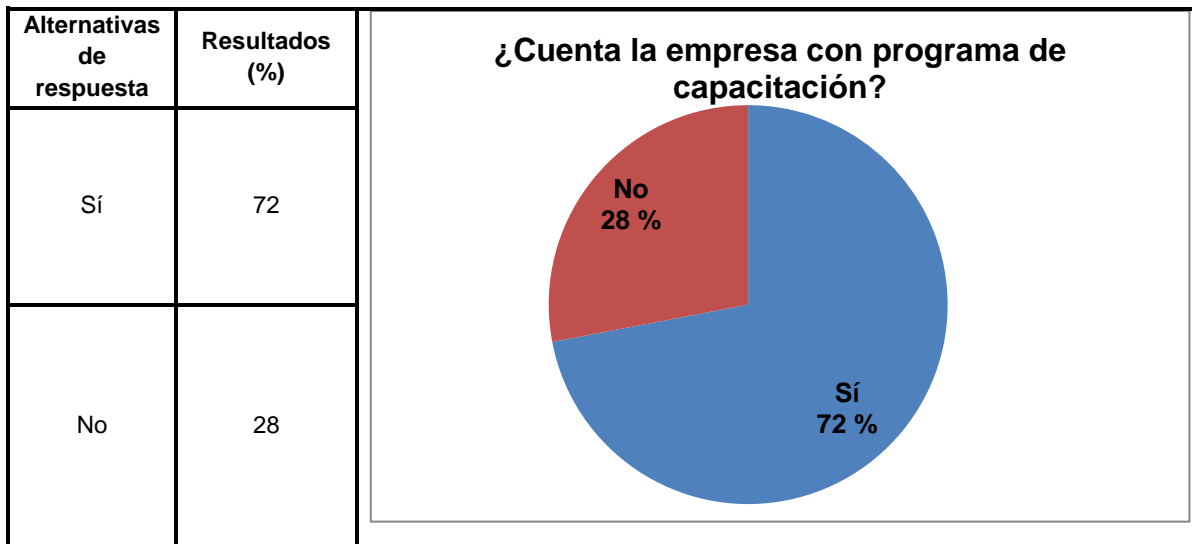
Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Resultados SC: ¿cuenta la empresa con personal especializado en SESF?**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Resultados SC: ¿cuenta la empresa con programa de capacitación?**



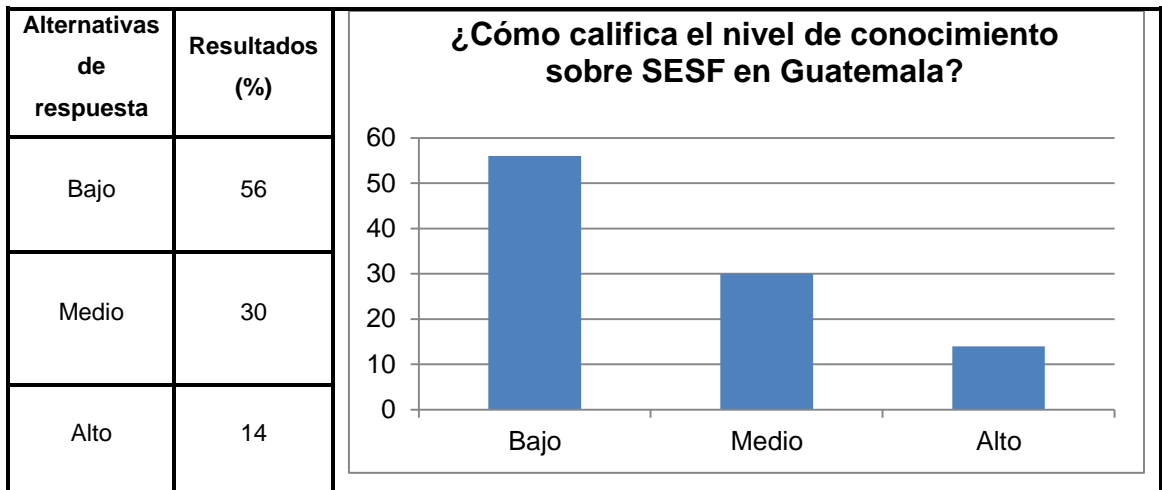
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Resultados SC: ¿sector al que presta servicios?**



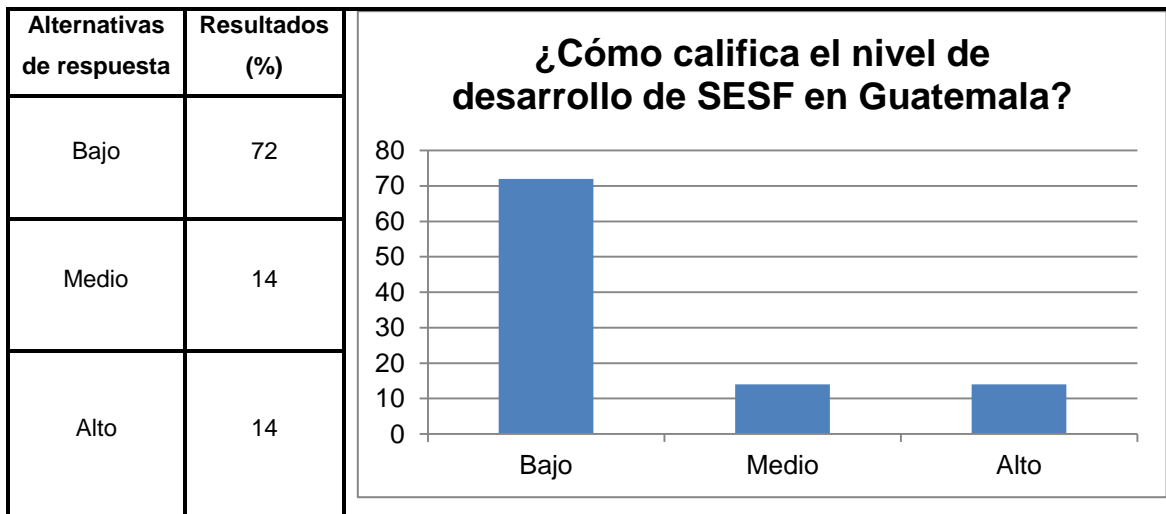
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Resultados SC: ¿cómo califica el nivel de conocimiento sobre SESF en Guatemala?**



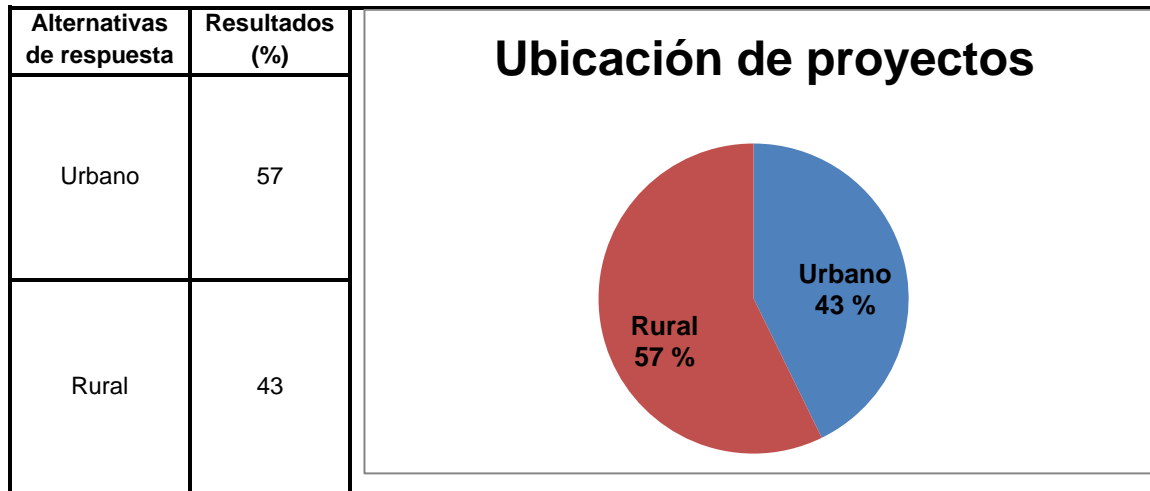
Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Resultados SC: ¿cómo califica el nivel de desarrollo de SESF en Guatemala?**



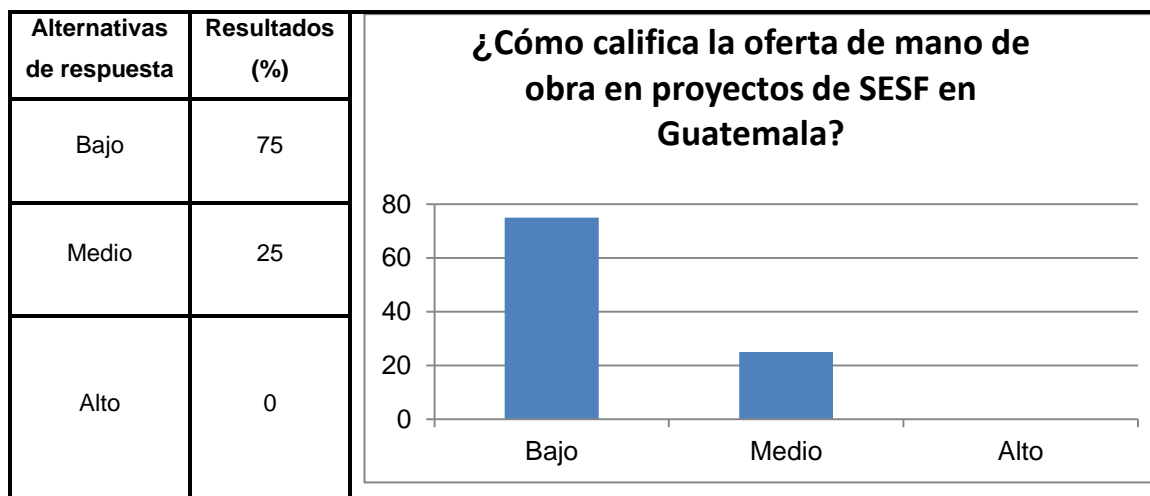
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Resultados SC: ubicación de proyectos**



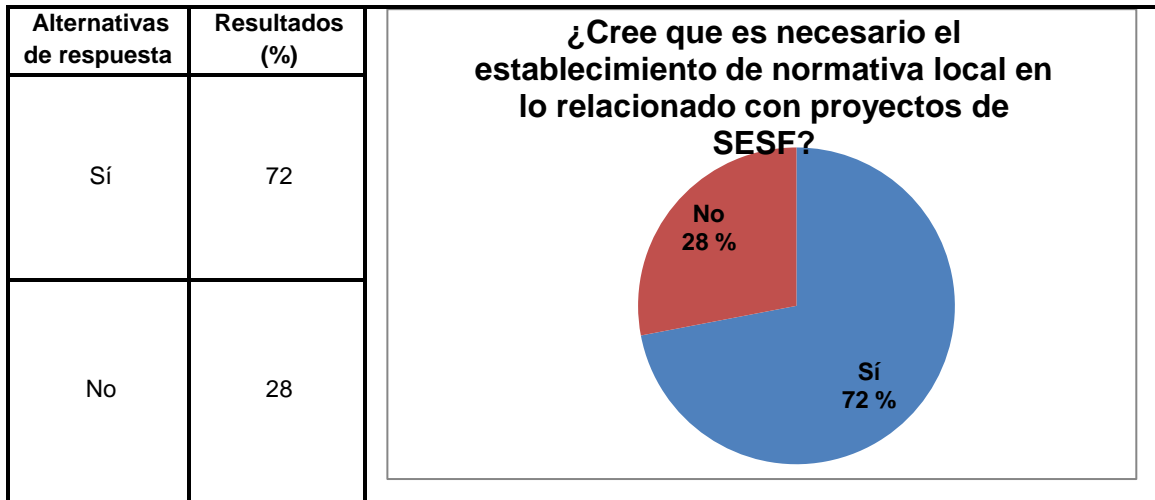
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Resultados SC: ¿cómo califica la oferta de mano de obra en proyectos de SESF en Guatemala?**



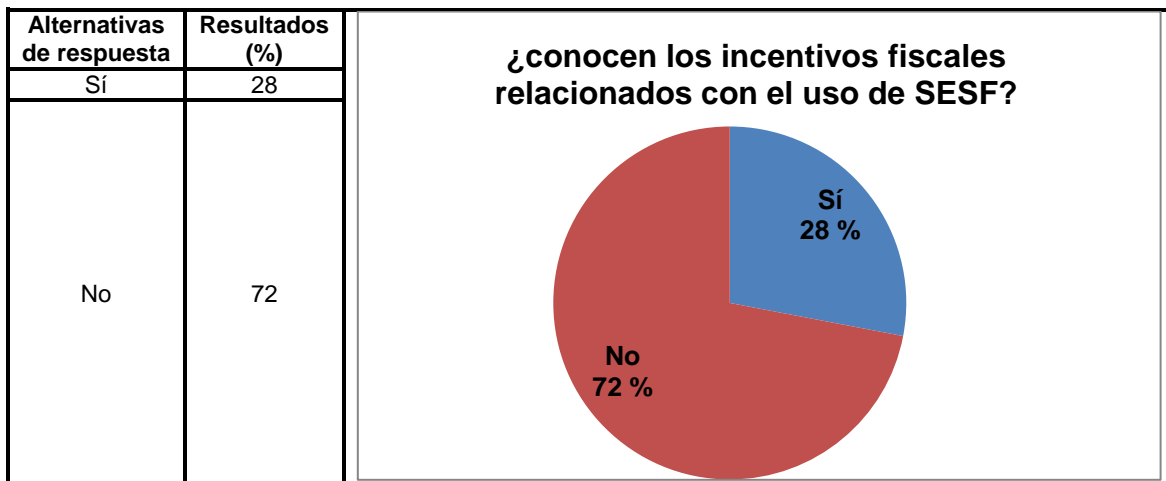
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Resultados SC: ¿cree que es necesario el establecimiento de normativa local en lo relacionado con proyectos de SESF?**



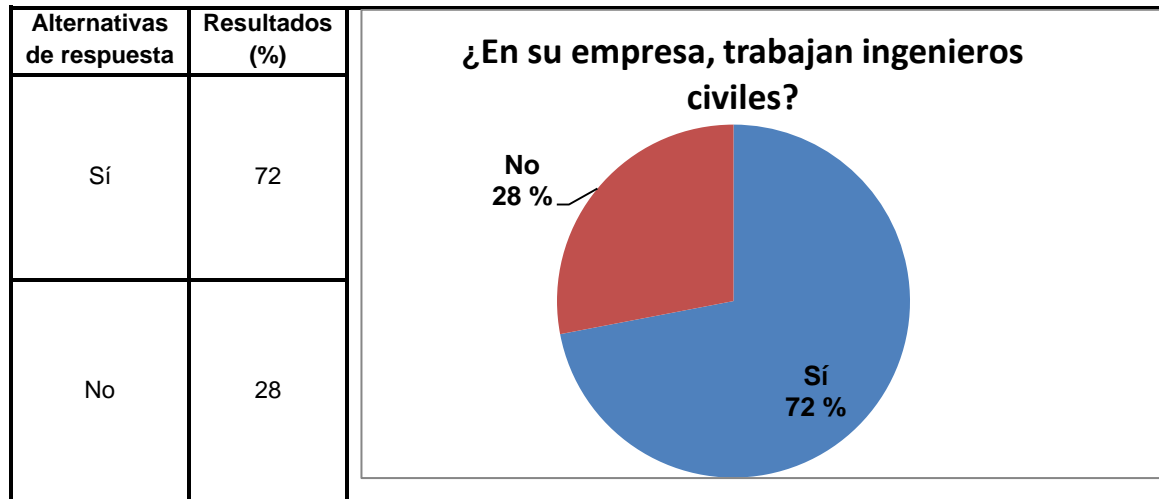
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Resultados SC: ¿conocen los incentivos fiscales relacionados con el uso de SESF?**



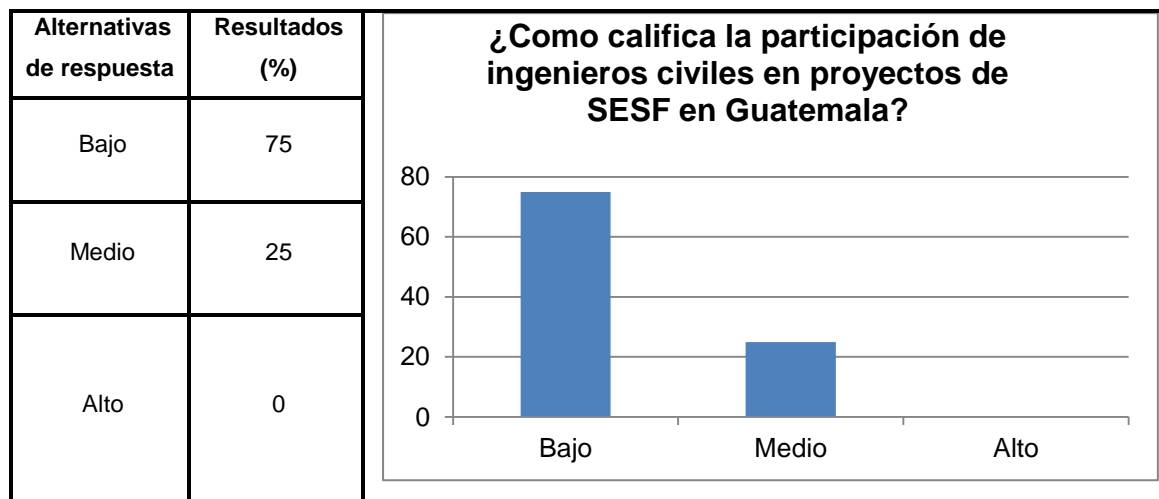
Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Resultados SC: ¿en su empresa, trabajan ingenieros civiles?**



Fuente: elaboración propia.

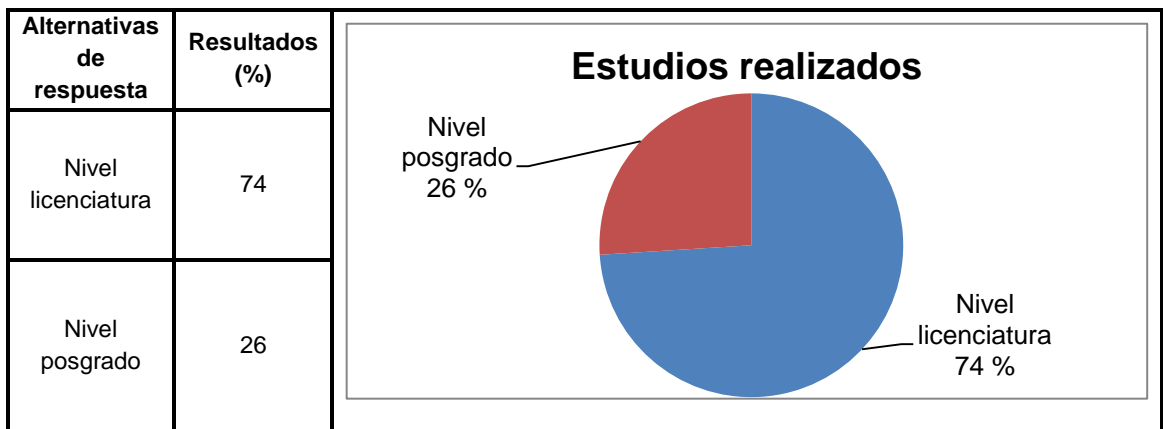
Tabla XXI. **Resultados SC: ¿cómo califica la participación de ingenieros civiles en proyectos de SESF en Guatemala?**



Fuente: elaboración propia.

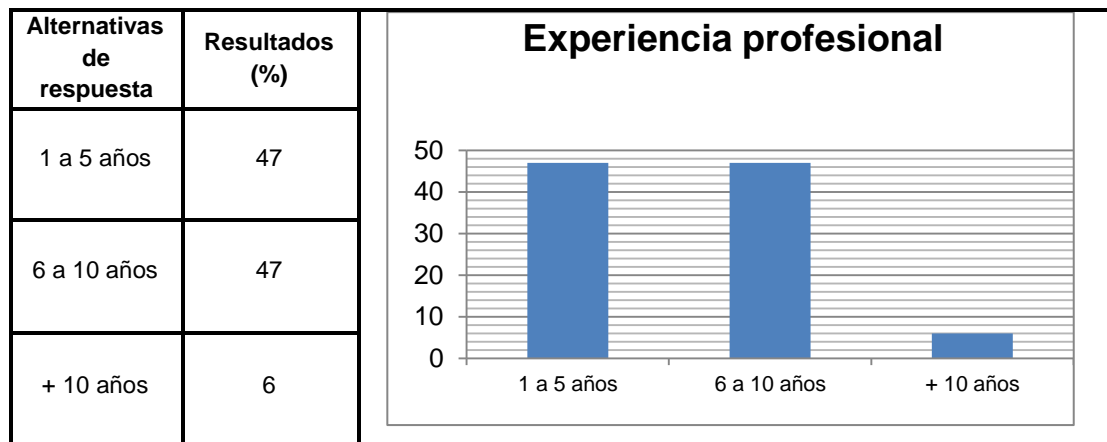
- Sector profesionales: las tablas y gráficas se presentan de acuerdo al orden de las preguntas en la boleta.

Tabla XXII. **Resultados SP: estudios realizados**



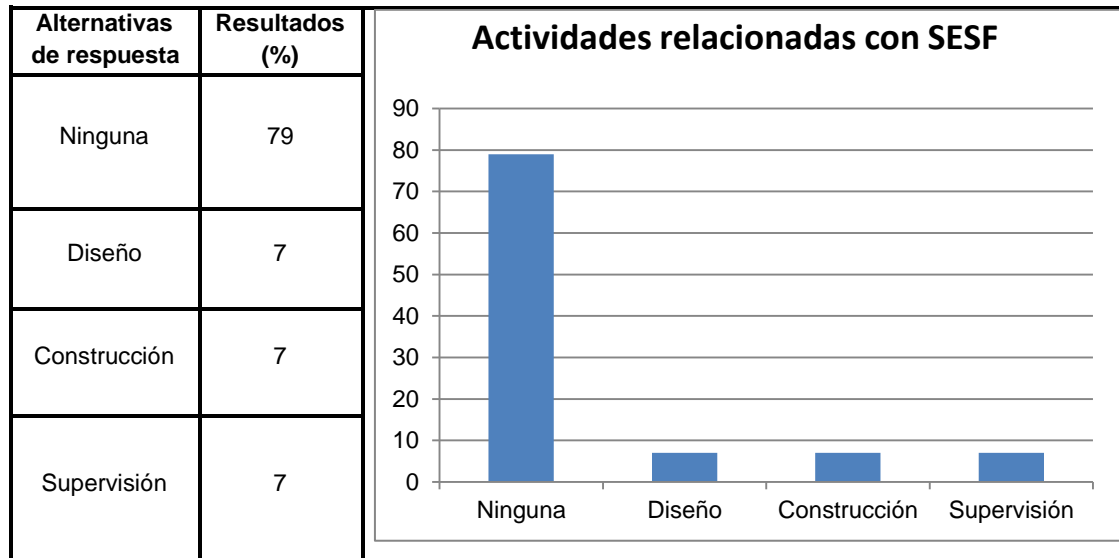
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Resultados SP: experiencia profesional**



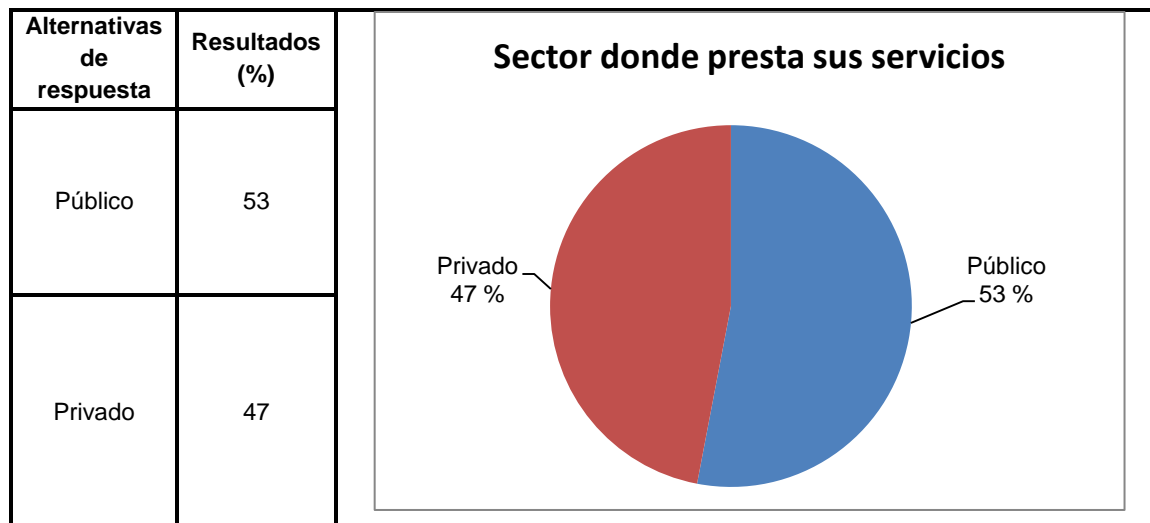
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Resultados SP: actividades relacionadas con SESF



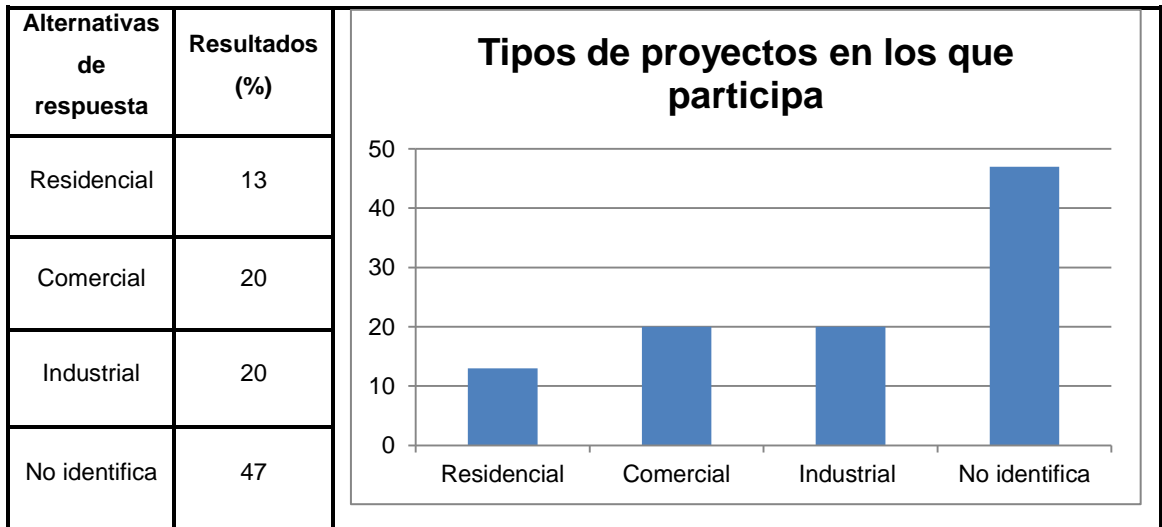
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Resultados SP: sector donde presta sus servicios



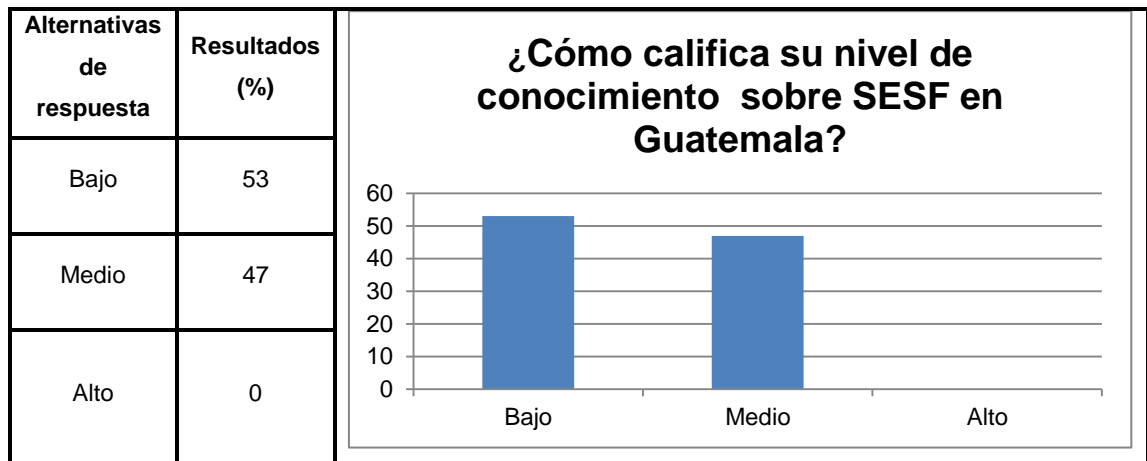
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Resultados SP: tipos de proyectos en los que participa**



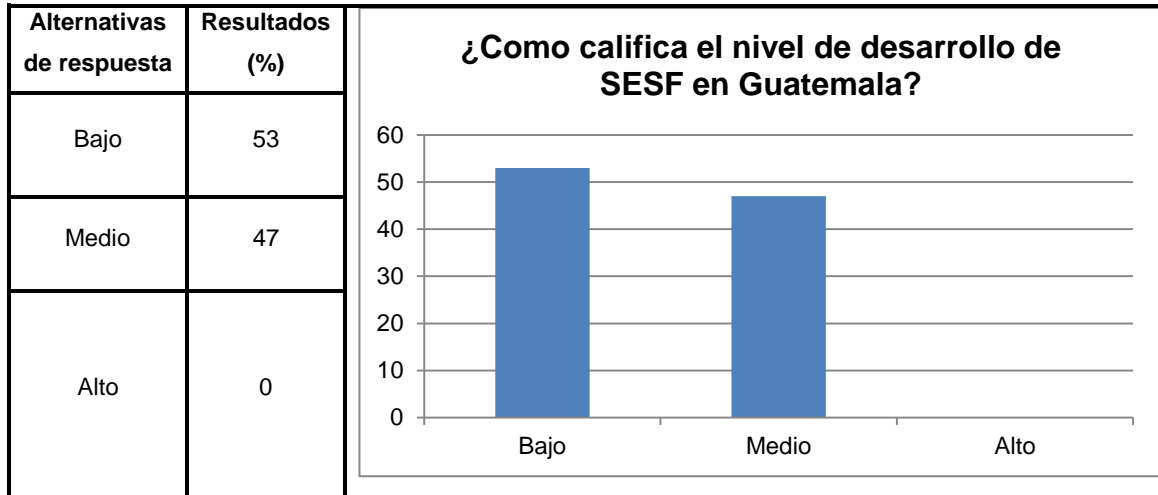
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Resultados SP: ¿cómo califica su nivel de conocimiento sobre SESF en Guatemala?**



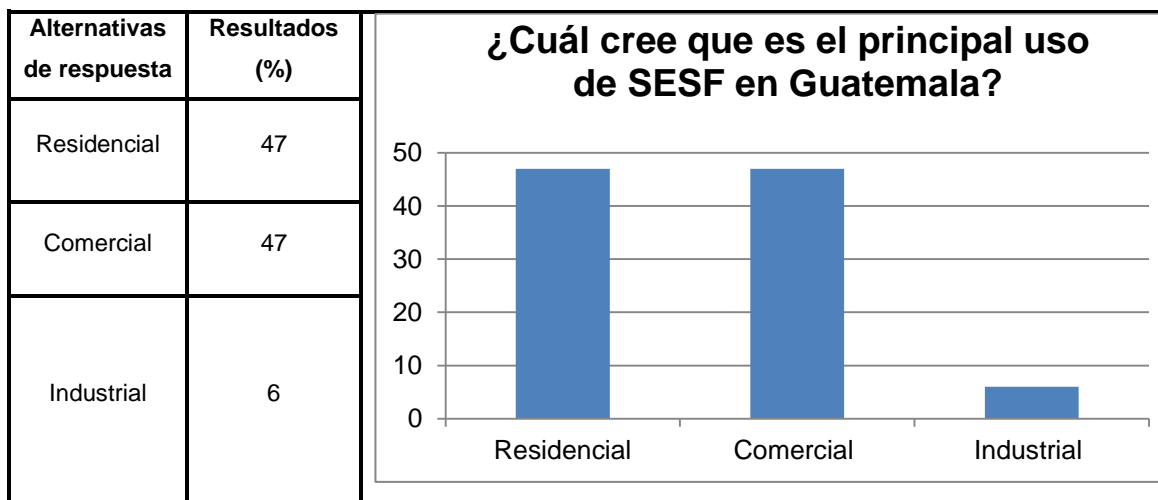
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Resultados SP: ¿cómo califica el nivel de desarrollo de SESF en Guatemala?**



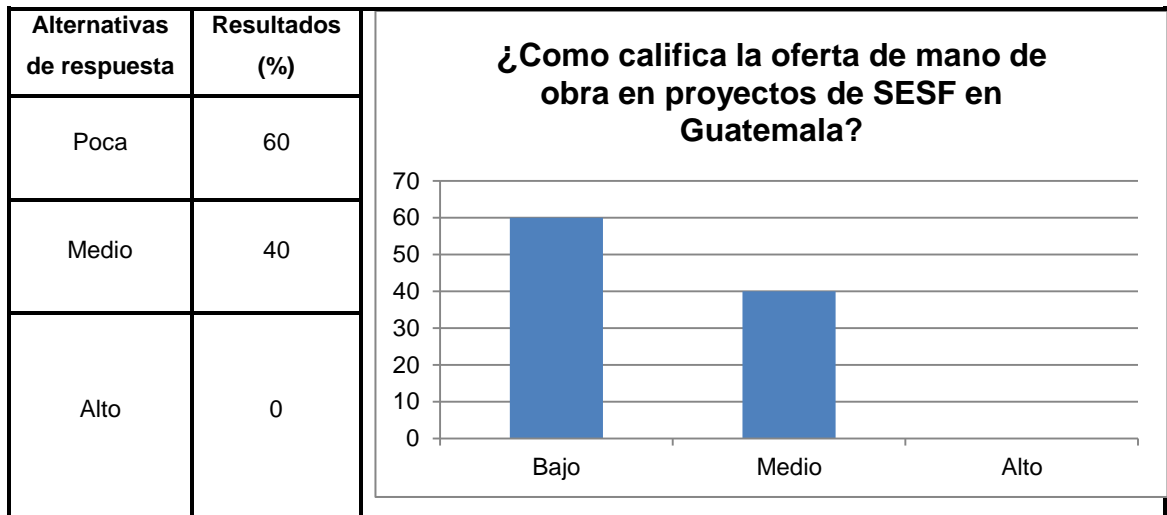
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Resultados SP: ¿cuál cree que es el principal uso de SESF en Guatemala?**



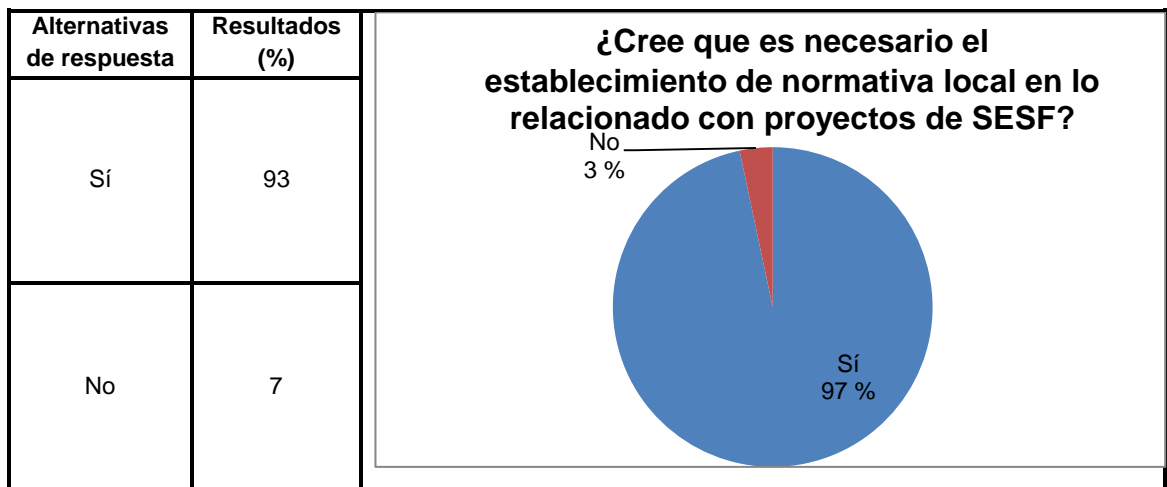
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Resultados SP: ¿cómo califica la oferta de mano de obra en proyectos de SESF en Guatemala?**



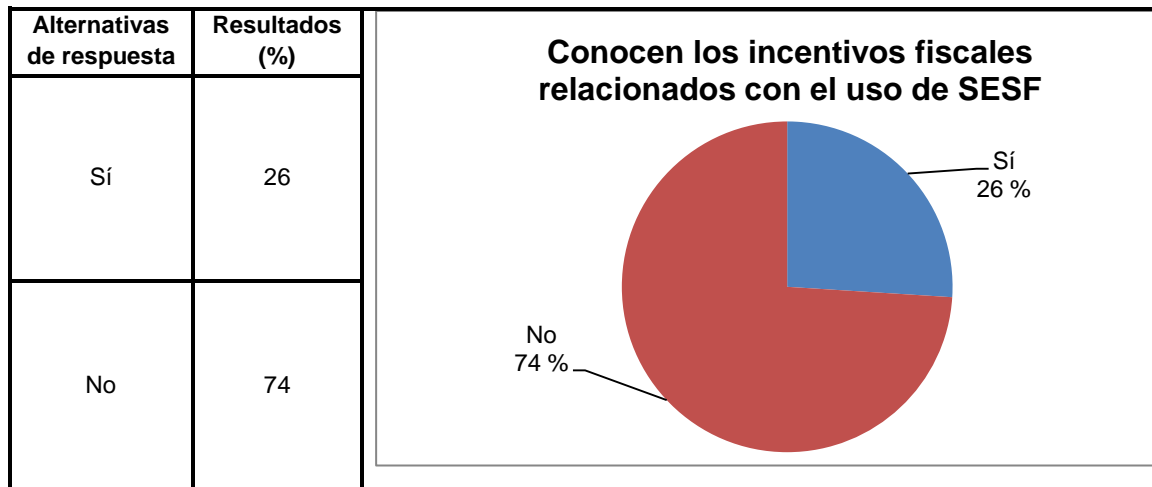
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Resultados SP: ¿cree que es necesario el establecimiento de normativa local en lo relacionado con proyectos de SESF?**



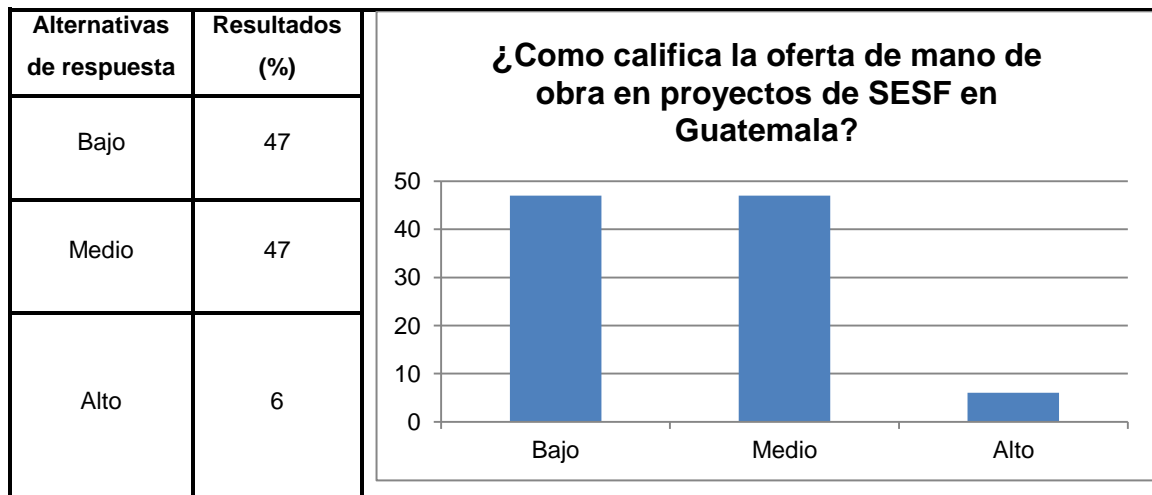
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Resultados SP: conocen los incentivos fiscales relacionados con el uso de SESF**



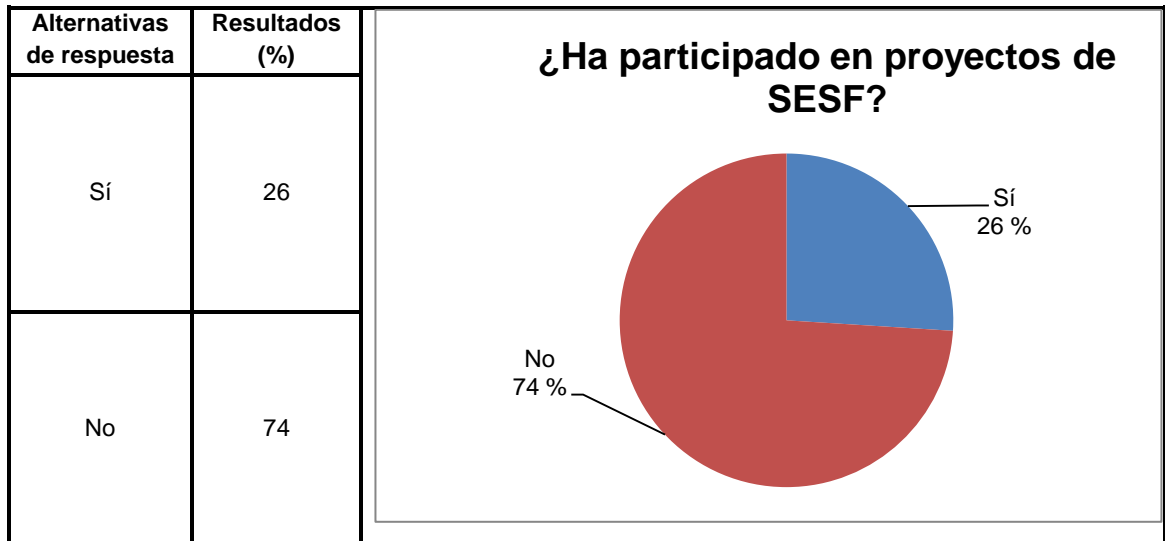
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Resultados SP: ¿cómo califica el desarrollo e interés en los SESF en Guatemala?**



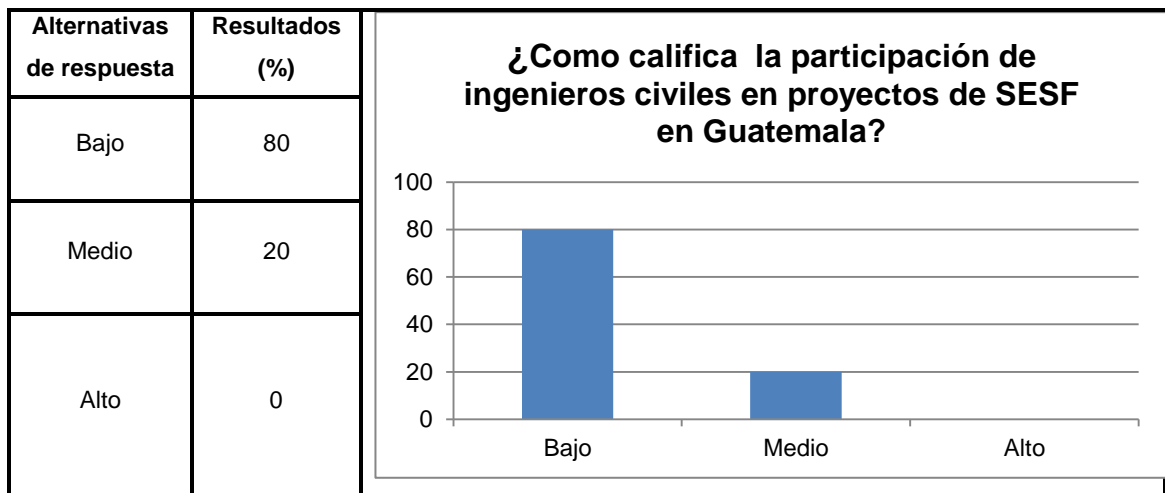
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Resultados SP: ¿ha participado en proyectos de SESF?**



Fuente: elaboración propia.

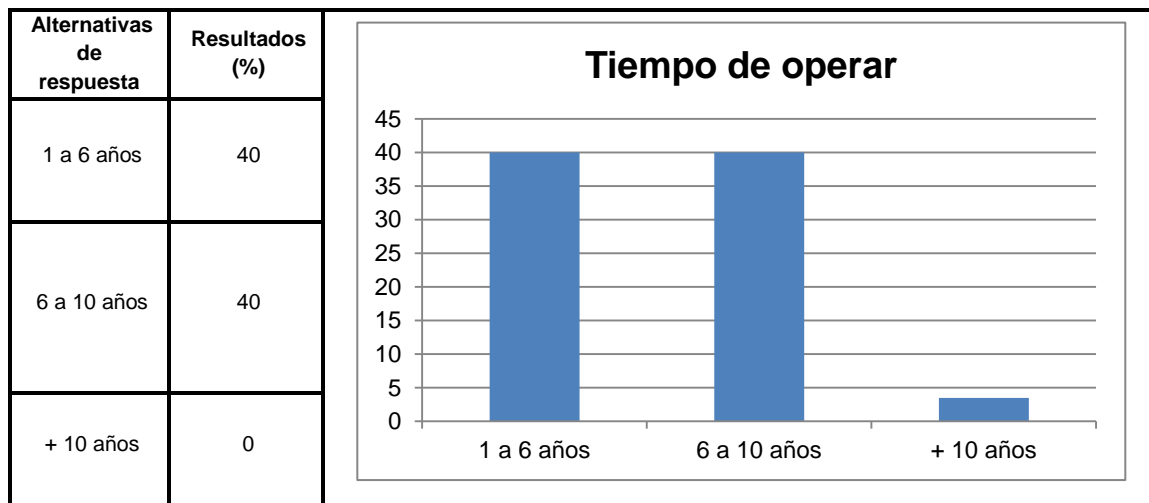
Tabla XXXV. **Resultados SP: ¿cómo califica la participación de ingenieros civiles en proyectos de SESF en Guatemala?**



Fuente: elaboración propia.

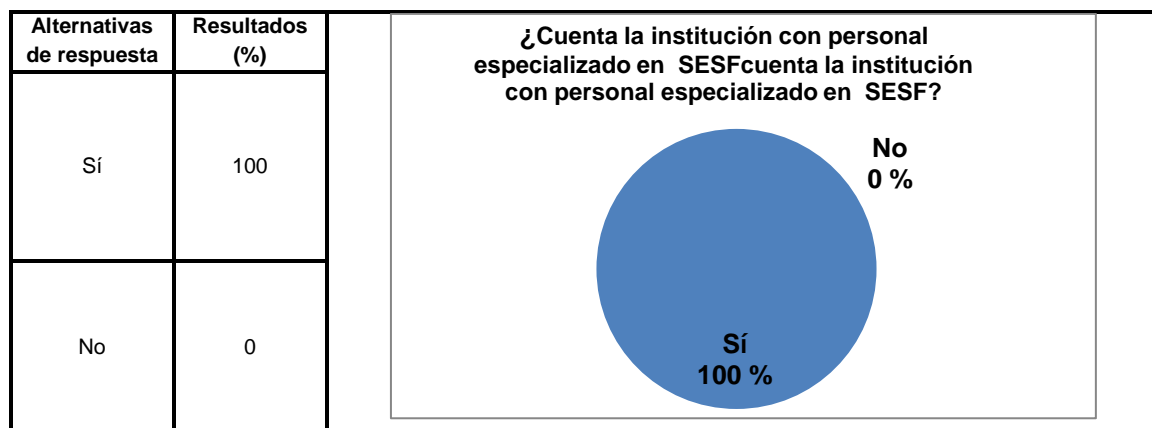
- Sector de ONG: las tablas y gráficas se presentan de acuerdo al orden de las preguntas en la boleta.

Tabla XXXVI. **Resultados de ONG: tiempo de operar institución**



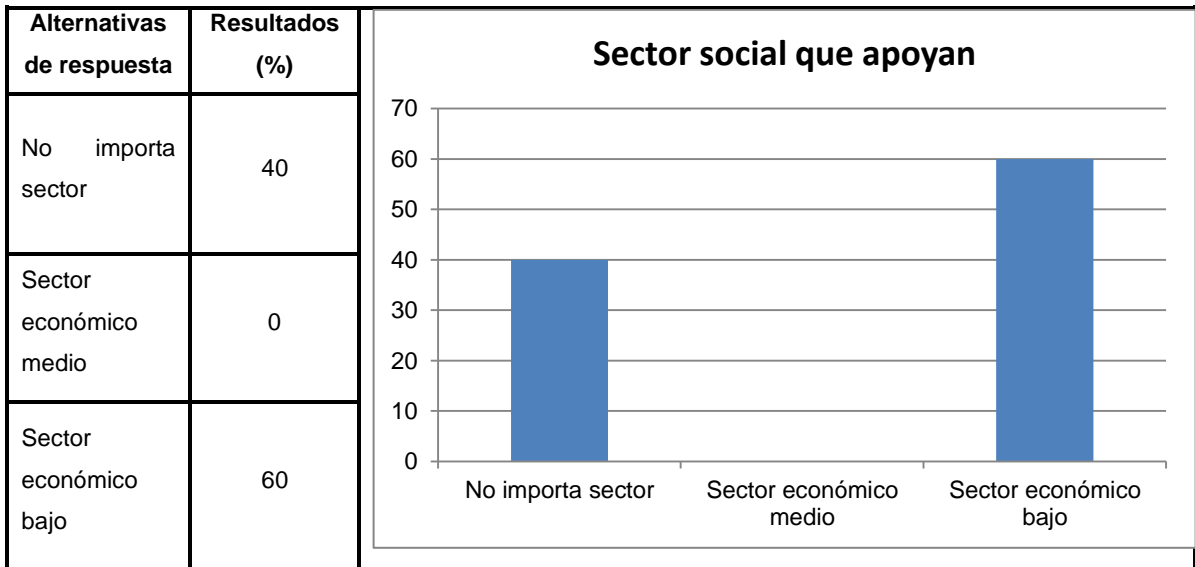
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Resultados ONG: ¿cuenta la institución con personal especializado en SESF?**



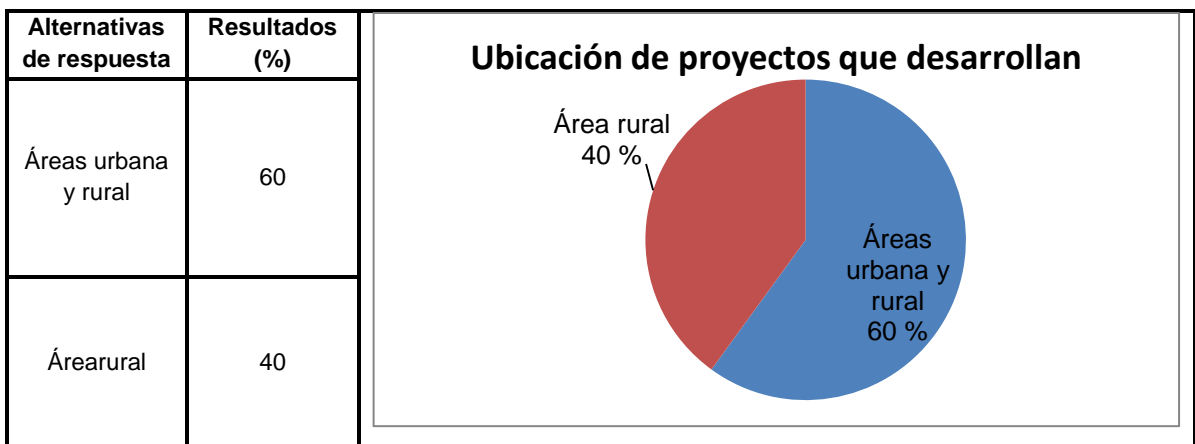
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Resultados de ONG: sector social que apoyan**



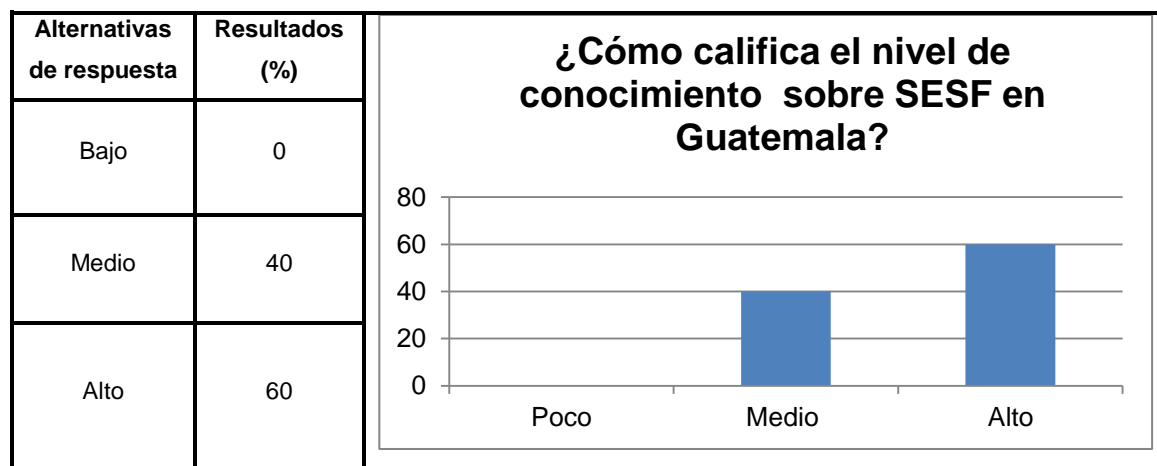
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Resultados de ONG: ubicación de proyectos que desarrollan**



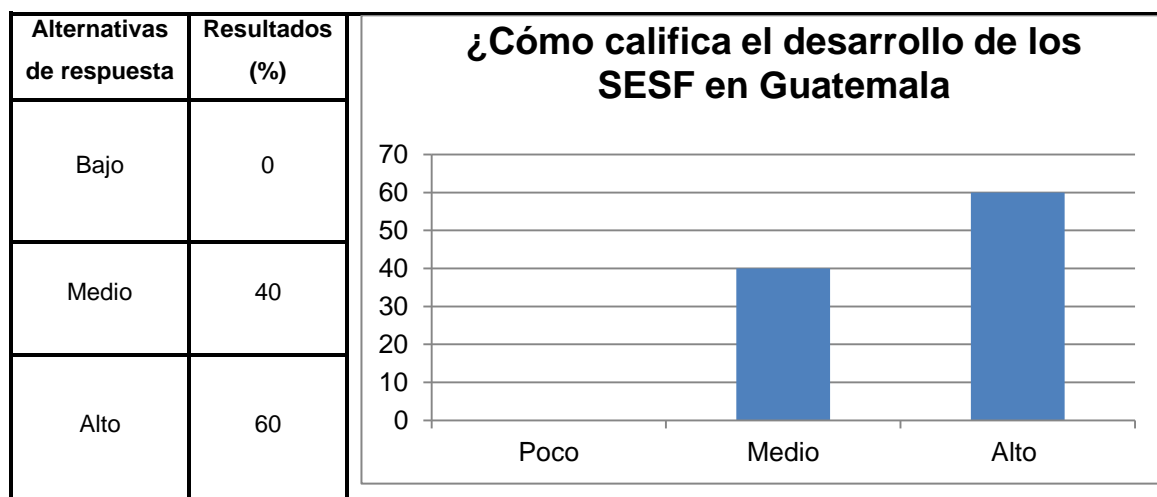
Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Resultados de ONG: ¿cómo califica el nivel de conocimiento sobre SESF en Guatemala?**



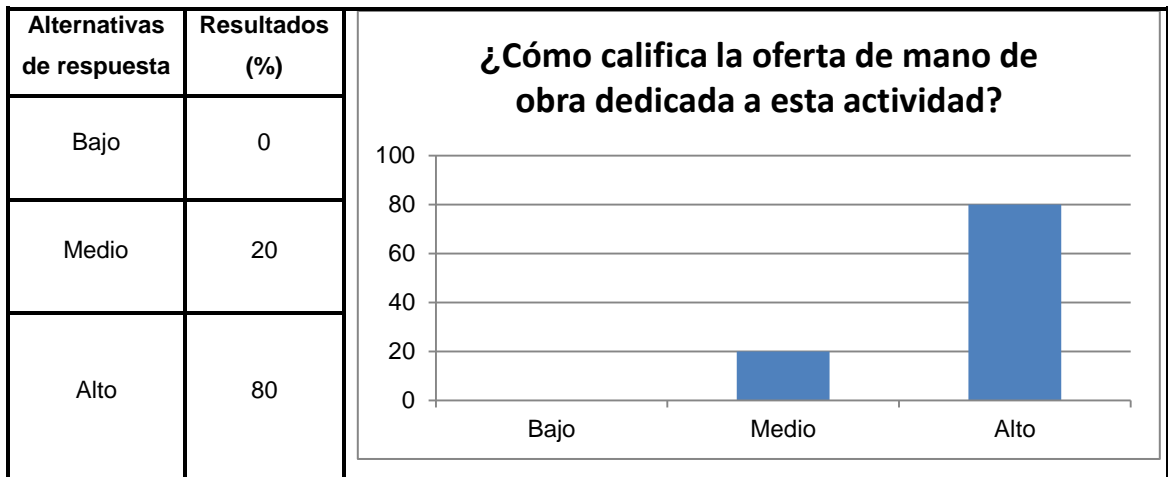
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Resultados de ONG: ¿cómo califica el nivel de desarrollo de SESF en Guatemala?**



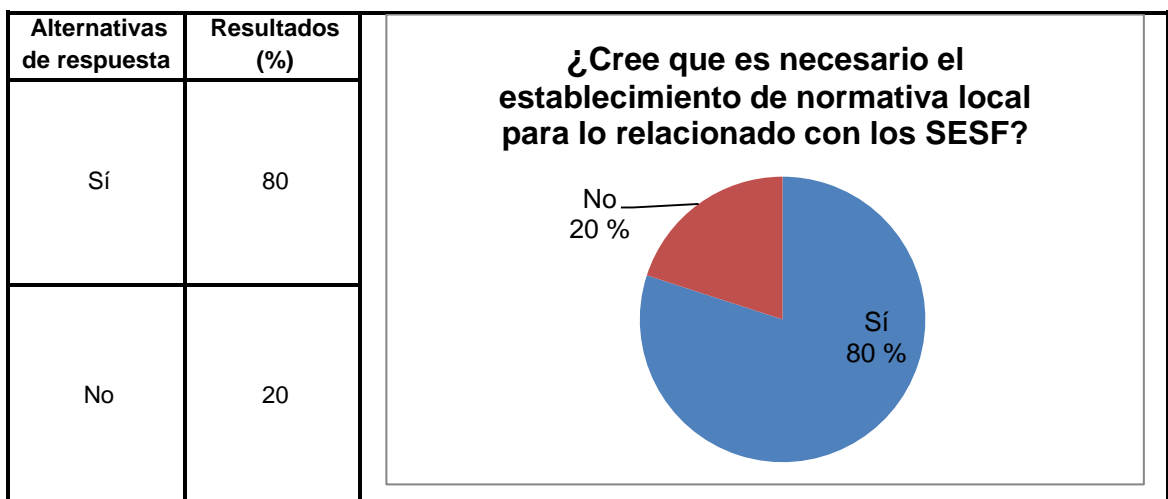
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Resultados de ONG: ¿cómo califica la oferta de mano de obra en proyectos de SESF en Guatemala?**



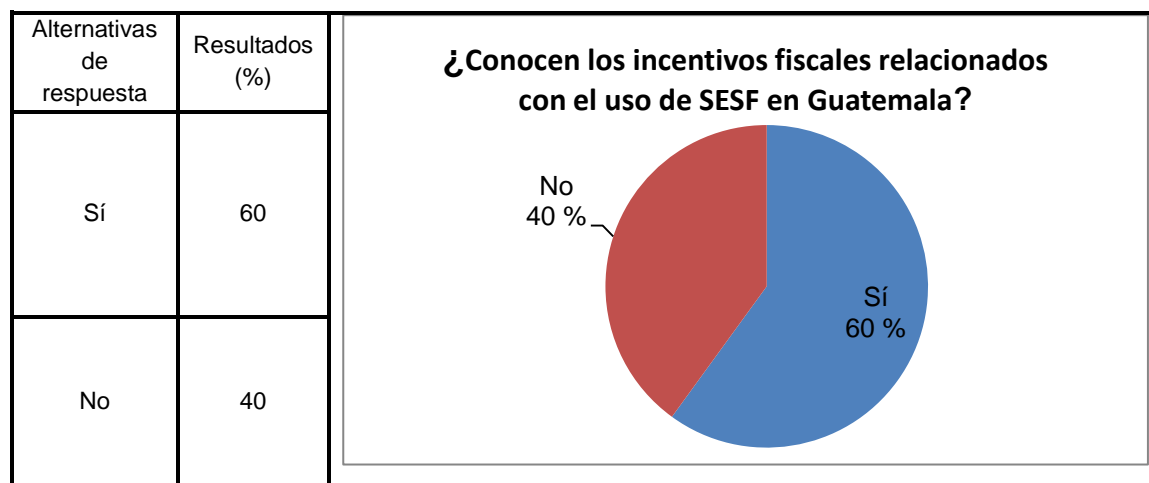
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Resultados de ONG: ¿cree que es necesario el establecimiento de normativa local en lo relacionado con proyectos de SESF?**



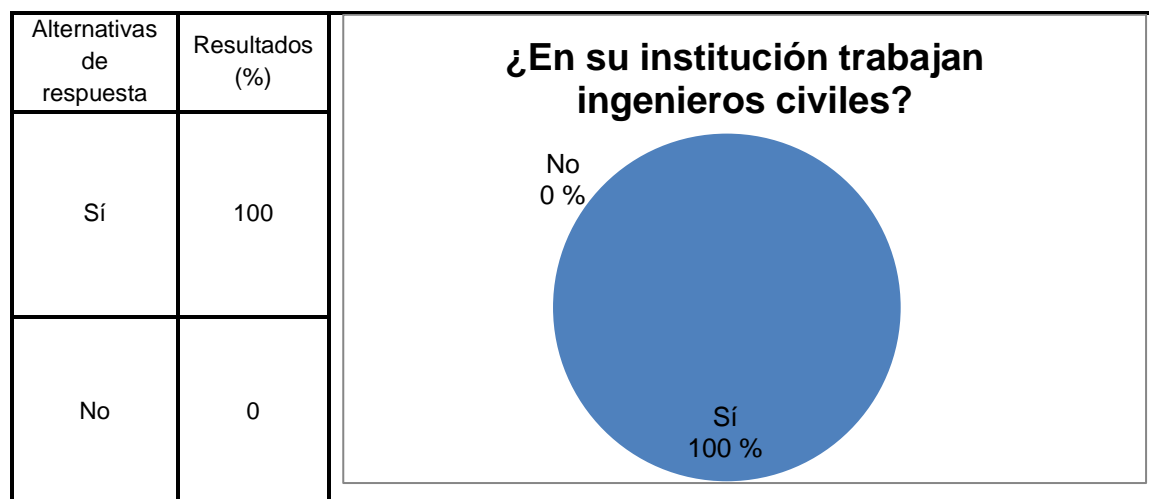
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Resultados de ONG: ¿conocen los incentivos fiscales relacionados con el uso de SESF?**



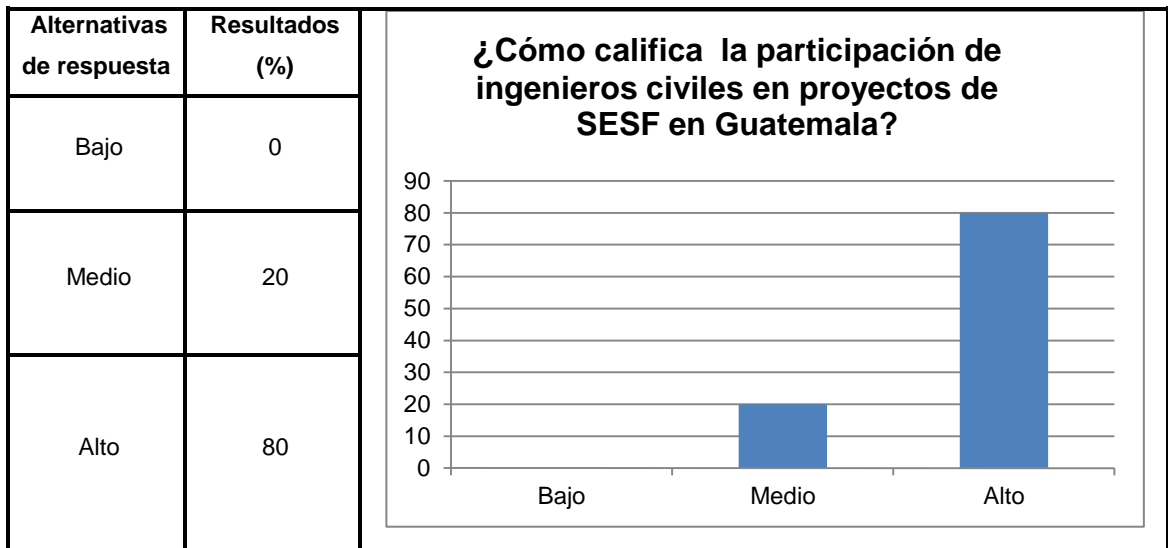
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Resultados de ONG: ¿en su institución trabajan ingenieros civiles?**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Resultados de ONG: ¿cómo califica la participación de ingenieros civiles en proyectos de SESF en Guatemala?**



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La reducción en los costos, el desarrollo de tecnología y la ubicación geográfica de Guatemala han generado un aumento en el número de usuarios residenciales de sistemas de energía solar fotovoltaicos (SESF).
2. Entre los factores que se deben tomar en cuenta para aprovechar la energía solar están la ubicación del proyecto, el área disponible para la colocación de los paneles y el espacio físico disponible. Es necesario hacer un estudio para determinar la orientación de los paneles y el movimiento del sol para su mejor aprovechamiento.
3. Los SESF tienen la capacidad de producir energía sin generar impactos ambientales negativos significativos; ayuda a reducir el consumo de energía eléctrica generado por otros medios en Guatemala.
4. En los sistemas residenciales, la infraestructura necesaria para implementar un SESF depende de factores como el tipo y la ubicación de los paneles y el equipo, así como la cobertura del sistema.
5. El tipo y tamaño del proyecto así como de las instalaciones de los SESF determinan la complejidad de la planificación y construcción de la obra civil necesaria. De acuerdo con la investigación realizada, los principales usos de los SESF son los sectores residencial, industrial y comercial.

6. El uso de fuentes de energías alternativas permite reducir la dependencia de las energías convencionales, así como disminuir los niveles de contaminación al dejar de utilizar en parte combustibles fósiles. El desarrollo de la tecnología de SESF ha disminuido sus costos, mejorando los materiales involucrados.
7. Las instalaciones fotovoltaicas en viviendas requieren un mantenimiento mínimo y sencillo; sin embargo, es necesaria cierta capacitación de los usuarios en el tema.
8. El aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en la construcción puede ser en áreas como sistemas de tratamiento de agua potable y aguas residuales, en viviendas, industrias, otros.
9. En Guatemala se establece el profundo impacto social que provoca en las familias beneficiadas el uso del sistema solar fotovoltaico que permite que incrementen su calidad de vida y el desarrollo económico.

RECOMENDACIONES

1. Los responsables de la educación en Guatemala deben impulsar la educación de la población en el tema de las energías alternas, para que las personas adopten la cultura del uso de la energía solar en sus hogares.
2. Los sectores gremiales y académicos deben desarrollar cursos dirigidos a sistemas e instalaciones fotovoltaicas, que permita su capacitación en la ejecución de este tipo de proyectos, desde el estudio de viabilidad hasta la ejecución y mantenimiento.
3. Las empresas e instituciones deben impulsar y desarrollar sistemas adecuados de formación y capacitación de su personal que se dediquen a proyectos de SESF, a fin de garantizar una instalación eficaz y el buen funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos instalados.
4. Los colegios profesionales y el comercio, impulsan la divulgación y el aprovechamiento de los incentivos fiscales existentes en Guatemala para los proyectos relacionados con SESF, de acuerdo con Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable (Decreto 52-2003).

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingenieros Estructurales y Sísmicos. *Requisitos prescriptivos para vivienda y edificaciones menores de uno y dos niveles. Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala.* Guatemala: AGIES, 2003 187 p.
2. BÁRCENA MALDONADO, Adán; BÁRCENA MALDONADO, Sotero. *Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica dentro de un proyecto de vivienda sustentable.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014. 214 p.
3. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. *Energía solar fotovoltaica. Grupo de nuevas actividades profesionales.* Madrid, España. Almagro, 2010. 122 p.
4. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Marco Legal del subsector eléctrico en Guatemala, compendio de Leyes y Reglamentos.* Guatemala: CNEE, 2013. 114 p.
5. DE LEÓN MORALES, Víctor Herbert. *Generación eléctrica fotovoltaica en la facultad de ingeniería USAC y estudio del aprovechamiento.* Trabajo de graduación de Escuela de Estudios de Postgrado. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 127 p.

6. DÍAZ CASTILLO, Oscar Marcelo. *Diseño de un sistema fotovoltaico residencial con capacidad para venta de energía a la red de distribución*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 161 p.
7. *Guía metodológica para el desarrollo de proyectos de electrificación rural mediante sistemas fotovoltaicos aislados*. [En línea]. <<https://orff.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11796/PFC%20%20Anexos%20%20Guia%20metodologica%20fotovoltaica%20rural%20aislada.pdf;jsessionid=61F3443DEC60C933AF238D9D9E588C14?sequence=1>>. [Consulta: 11 de octubre de 2016].
8. LADINO PERALTA, Rafael Eduardo. *La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Caso: vereda carupana, municipio de Tauramena, Departamento de Casanare*. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, 2011. 136 p.
9. MALTÉZ ROMILLO, Gabriel Ernesto. *Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar la red eléctrica instalada en área comercial*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 95 p.
10. MERCAR CHONAY, Jaime Eduardo. *Documentación de manuales de operación y mantenimiento para el sistema de energía solar de la comunidad Santa Clara Chajul, ejecutado para ADECOM: Asociación para el desarrollo de Comunidades Mayas*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 160 p.

11. MIRANDA BROLO, Karla Anneliz. *Implementación de energía solar en la vivienda guatemalteca*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2016. 102 p.
12. MUÑOZ ANTICONA, Delfor Flavio. *Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país*. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2005. 149. p.
13. TREJO ROLDÁN, José Rodrigo. *Factibilidad técnico – económica del uso de paneles solares fotovoltaicos en una granja porcina*. Trabajo de graduación de la Escuela de Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2015. 66 p.
14. VALDIVIA GONZÁLEZ, Claudio Andrés. *Factibilidad técnico-económica de la instalación de energía solar fotovoltaica en la comuna de Pucón*. Chile: Universidad Austral de Chile: 2012. 104 p.

APÉNDICES

Apéndices 1. Encuesta al sector comercial

- Información empresa
 - Cargo persona entrevistada:
 - Tiempo de operar: 1 a 5 años 6 a 10 años 10 a 20 años + 20 años
 - Principales actividades que realiza (relacionadas con sistemas de energía solar fotovoltaica)
 - Diseño
 - Venta y servicio de sistemas
 - Construcción
 - Operación y mantenimiento
 - Otra
 - Número de trabajadores de la empresa (administrativos y campo)
1 a 10 10 a 20 20 a 30 + 30
 - ¿Cuenta su empresa con personal especializado en sistemas de energía solar fotovoltaica?
Sí No

Continuación del apéndice 1.

- ¿Cuentan con programa de capacitación para el personal?
Sí No

- Sector al que presta servicios (%)
Público Privado

- Tipo de cliente (%)
Residencial Comercial Industrial otro

- Información sistemas de energía solar fotovoltaica
 - ¿Cómo califica el nivel de conocimiento sobre los sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Poco Medio Alto

 - ¿Cómo califica el desarrollo de los sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Poco Medio Alto

 - Ubicación de proyectos (%)
Urbano Rural

 - ¿Cuál cree que es el principal uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Residencial Comercial Industrial Otro

 - ¿Cómo califica la oferta de mano de obra dedicada a esta actividad?
Poco Medio Alto

Continuación del apéndice 1.

- ¿Cree que es necesario el establecimiento de normativa local para lo relacionado con los sistemas de energía solar fotovoltaica?
Sí No
- ¿Conocen los incentivos fiscales relacionados con el uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala ¿
Sí No
- Información participación ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala
 - ¿En su empresa trabajan ingenieros civiles?
Sí No
 - ¿Cómo califica la participación de ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Alta Media Baja
 - En qué áreas cree que tienen más participación
 - Diseño
 - Ejecución
 - Operación y mantenimiento
 - Asesor técnico
 - Administración

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Boleta encuesta sector profesional**

- Información entrevistado
 - Nombre o número de colegiado
 - Edad:
 - Estudios realizados
 - Licenciatura Post grado
 - Experiencia profesional
 - 1 a 5 años 6 a 10 años + 10 años
 - Principales actividades que realiza (relacionadas con sistemas de energía solar fotovoltaica)
 - Diseño
 - Construcción
 - Supervisión, operación y mantenimiento
 - Ninguna
 - Sector al que presta servicios (%)
 - Publico Privado
 - Tipo de proyectos (%)
 - Residencial Comercial Industrial otro

Continuación del apéndice 2.

- Información conocimiento y experiencia en sistemas de energía solar fotovoltaica
 - ¿Cómo califica su nivel de conocimiento sobre los sistemas de energía solar fotovoltaica?
Poco Medio Alto
 - ¿Cómo califica el desarrollo de los sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Poco Medio Alto
 - ¿Cuál cree que es el principal uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Residencial Comercial Industrial Otro
 - ¿Cómo califica la oferta de mano de obra dedicada a esta actividad?
Poco Medio Alto
 - ¿Cree que es necesario el establecimiento de normativa local para lo relacionado con los sistemas de energía solar fotovoltaica?
Sí No
 - ¿Conocen los incentivos fiscales relacionados con el uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?

Continuación del apéndice 2.

- Información participación en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala
 - ¿Cómo califica el desarrollo e interés en los sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Poco Medio Alto
 - ¿Ha participado en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica?
Sí No
 - Si la respuesta anterior fue si, indique:
 - Ubicación de proyectos (%)
Área urbana Área rural
 - Tipo de proyectos
 - ✓ Residencial
 - ✓ Comercial
 - ✓ Industrial
 - ✓ Otro
 - Tipo de participación
 - ✓ Diseño
 - ✓ Ejecución
 - ✓ Operación y mantenimiento
 - ✓ Asesor técnico
 - ✓ Administración

- Continuación del apéndice 2.
 - ¿Cómo califica la participación de ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Alta media baja
 - ¿En qué áreas cree que tienen más participación?
 - Diseño
 - Ejecución
 - Operación y mantenimiento
 - Asesor técnico
 - Administración

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Boleta encuesta sector ONG**

- Información institución
 - Cargo persona entrevistada:
 - Tiempo de operar:
1 a 5 años 6 a 10 años + 10 años
 - Principales actividades que realiza
 - Apoyo financiero
 - Apoyo desarrollo de proyectos
 - Transferencia de tecnología
 - Capacitación
 - Otra
 - ¿Cuenta su institución con personal especializado en sistemas de energía solar fotovoltaica?
Sí No
 - Sector social que apoyan (%)
 - No importa sector
 - Sector económico medio
 - Sector económico bajo
 - Tipo de proyectos que desarrollan (%)
 - Residencial
 - Comercial
 - Industrial
 - Otro

Continuación del apéndice 3.

- Ubicación de proyectos (%)
 - Área urbana
 - Área rural

- Información sistemas de energía solar fotovoltaica
 - ¿Cómo califica el nivel de conocimiento sobre los sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Poco Medio Alto

 - ¿Cómo califica el desarrollo de los sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Poco Medio Alto

 - ¿Cuál cree que es el principal uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Residencial Comercial Industrial Otro

 - ¿Cómo califica la oferta de mano de obra dedicada a esta actividad?
Poco Medio Alto

 - ¿Cree que es necesario el establecimiento de normativa local para lo relacionado con los sistemas de energía solar fotovoltaica?
Sí No

Continuación del apéndice 3.

- ¿Conocen los incentivos fiscales relacionados con el uso de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Sí No

- Información participación ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala
 - ¿En su institución trabajan ingenieros civiles ?
Sí No

 - ¿Cómo califica la participación de ingenieros civiles en proyectos de sistemas de energía solar fotovoltaica en Guatemala?
Alta media baja

 - ¿En qué áreas cree que tienen más participación?
 - Diseño
 - Ejecución
 - Operación y mantenimiento
 - Asesor técnico
 - Administración

Fuente: elaboración propia.