

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
LICENCIATURA EN ARQUITECTURA

"Implementación de energía solar en la vivienda guatemalteca"

PROYECTO DE GRADO

KARLA ANNELIZ MIRANDA BROLO
CARNET 20726-07

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, MARZO DE 2016
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
LICENCIATURA EN ARQUITECTURA

"Implementación de energía solar en la vivienda guatemalteca"

PROYECTO DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
ARQUITECTURA Y DISEÑO

POR
KARLA ANNELIZ MIRANDA BROLO

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE ARQUITECTA EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, MARZO DE 2016
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

DECANO: MGTR. CRISTIAN AUGUSTO VELA AQUINO
VICEDECANO: MGTR. ROBERTO DE JESUS SOLARES MENDEZ
SECRETARIA: MGTR. ALICE MARÍA BECKER ÁVILA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. EDUARDO ANTONIO ANDRADE ABULARACH

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. JUAN CESAR ALEJANDRO URETA MORALES
MGTR. JULIO ALBERTO RAMÍREZ PAZOS
MGTR. RODOLFO ROLANDO CASTILLO MAGAÑA

Guatemala de la Asunción, 16 de noviembre de 2015.

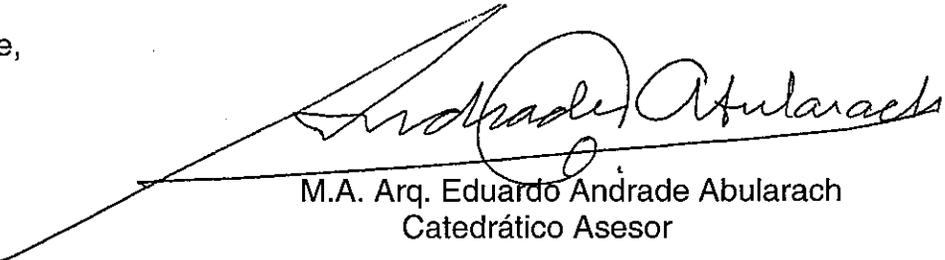
Señores
Consejo de Facultad de Arquitectura y Diseño
Universidad Rafael Landívar
Presente

Estimados Señores:

Por este medio hago de su conocimiento que el trabajo de Proyecto Arquitectónico de Grado titulado
“Implementación de energía solar en la vivienda guatemalteca”

De la estudiante **Karla Miranda Brolo**, que se identifica con el carnet 2072607, se encuentra
concluido a satisfacción para ser evaluado por el examen correspondiente.

Atentamente,



M.A. Arq. Eduardo Andrade Abularach
Catedrático Asesor



Universidad
Rafael Landívar

Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
No. 03446-2016

Orden de Impresión

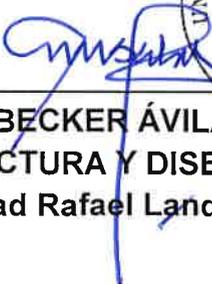
De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Proyecto de Grado de la estudiante KARLA ANNELIZ MIRANDA BROLO, Carnet 20726-07 en la carrera LICENCIATURA EN ARQUITECTURA, del Campus Central, que consta en el Acta No. 0319-2016 de fecha 14 de marzo de 2016, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

"Implementación de energía solar en la vivienda guatemalteca"

Previo a conferírsele el título de ARQUITECTA en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 14 días del mes de marzo del año 2016.




MGTR. ALICE MARÍA BECKER ÁVILA, SECRETARIA
ARQUITECTURA Y DISEÑO
Universidad Rafael Landívar



ÍNDICE



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2	3.7.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	27
2. METODOLOGÍA	5	3.7.2 REGULADOR DE CARGA.....	28
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5	3.7.3 ACUMULADOR O BATERÍA	28
2.2 OBJETIVOS.....	7	3.7.4 CONVERTIDOR.....	29
2.2.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	7	3.7.5 DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	29
2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7	3.8 LAS APLICACIONES CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA	30
2.3 ALCANCES Y LÍMITES	8	3.9 SISTEMA FOTOVOLTAICO DE INYECCIÓN A LA RED (MICRO INVERSORES).....	33
2.3.1 ALCANCES.....	8	3.9.1 INVERSORES	33
2.3.2 LÍMITES.....	8	3.9.2 MICRO INVERSORES.....	34
3. TEORÍA Y CONCEPTOS	11	3.9.3 FICHA DE ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PROPORCIONADA POR UNO DE LOS FABRICANTES.....	34
3.1 LA ENERGÍA DEL PRESENTE	11	3.9.4 FUNCIONAMIENTO	35
3.1.1 LAS ENERGÍAS FÓSILES.....	11	3.9.5 TIPOS DE APLICACIÓN	35
3.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL PROTOCOLO DE KIOTO.....	13	3.10 MANTENIMIENTO	36
3.3 LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EL AHORRO ENERGÉTICO.....	14	3.11 BENEFICIOS DE UNA VIVIENDA QUE UTILIZA UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	36
3.3.1 TIPOS DE ENERGÍA RENOVABLE.....	14	3.12 SITUACIÓN ACTUAL DE LA LEGISLACIÓN SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES EN GUATEMALA.....	37
3.3.2 LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA	18	4. CASOS ANÁLOGOS	39
3.3.3 EL AHORRO EN LOS HOGARES GUATEMALTECOS	18	4.1 CASO ANÁLOGO No. 1:.....	39
3.4 LA ENERGÍA SOLAR.....	20		
3.5 FUNCIONAMIENTO PANEL FOTOVOLTAICO	23		
3.6 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	24		
3.7 COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO..	27		

4.2 CASO ANÁLOGO No. 2:	43	5.3.12 SECTOR SELECCIONADO Y ANÁLISIS GENERAL	61
4.3 CASO ANÁLOGO No. 3:	45	5.3.13 SOLEAMIENTO.....	62
4.4 CASO ANÁLOGO No. 4:	47	5.3.14 VIENTOS	62
4.5 CUADRO GENERAL COMPARATIVO DE CASOS ANÁLOGOS ...	49	5.3.15 GABARITOS GENERALES.....	62
4.6 CONCLUSIONES DE CASOS ANÁLOGOS.....	50	6. PROYECTO	64
5. ENTORNO Y CONTEXTO	52	6.1 CONJUNTO DE NECESIDADES DE CONDOMINIO	64
5.1 ENTORNO	52	6.2 COMPARACIÓN DEL CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA PROMEDIO	65
5.2 DEMOGRAFÍA.....	53	6.3 MEMORIA CONCEPTUAL DE DISEÑO	66
5.3 MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ	54	6.4 BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	66
5.3.1 ASPECTOS FÍSICOS.....	54	6.5 DATOS TÉCNICOS PARA DISEÑO Y COMPRA DE EQUIPO.....	67
5.3.2 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN	54	6.6 PROCESO DE DISEÑO.....	67
5.3.3 POBLACIÓN ACTUAL.....	54	6.7 PLANOS ARQUITECTÓNICOS	69
5.3.4 TOPOGRAFÍA	54	6.7.1 Vistas de 4 Paneles fotovoltaicos instalados sobre losa plana.....	75
5.3.5 CLIMA	55	6.7.2 Vistas frontales de vivienda	76
5.3.6 COLINDANCIAS.....	55	6.8 CÁLCULO DE CONSUMO PROMEDIO PARA PRESUPUESTO DE PROPUESTA 1 Y 2	78
5.3.7 HIDROGRAFÍA.....	55	6.8.1 CÁLCULO DE CAMBIO A LUMINARIA LED.....	79
5.3.8 DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL	55	6.9 PRESUPUESTO GENERAL PROPUESTA 1.....	80
5.3.9 FIESTA TITULAR	55	6.10 PRESUPUESTO GENERAL PROPUESTA 2.....	81
5.3.10 PROMEDIO SOLAR ANUAL EN SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ.....	56	6.12 CRONOGRAMA DE INSTALACIÓN PARA PROPUESTA 1 Y 2..	82
5.3.11 VÍAS DE COMUNICACIÓN.....	58		
5.3.11 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	59		

7. CONCLUSIONES	84
8. RECOMENDACIONES	86
9. FUENTES DE INFORMACIÓN Y CONSULTA	88
9.1 BIBLIOGRAFÍA.....	88
9.2 TRABAJOS DE GRADUACIÓN	88
9.3 FUENTES DIGITALES DE INFORMACIÓN	89
10. GLOSARIO	90

RESUMEN

Actualmente a nivel mundial se tiene el deber de promover e impulsar la utilización de fuentes renovables, para la transformación y generación de la energía. Por lo tanto, Guatemala también debe tomar responsabilidades dentro del marco energético, aprovechando los recursos naturales que posee.

Una de las fuentes renovables que más se ha utilizado en Guatemala para generar energía útil, es la energía hidráulica, transformando en energía eléctrica, con el tiempo los avances tecnológicos han permitido que la energía solar sea aprovechada para generar energía eléctrica.

Ya que Guatemala se encuentra en una posición geográfica estratégica para el aprovechamiento de la radiación solar, permitiendo así, el desarrollo de sistemas eléctricos utilizando la energía solar, a través de la captación de la radiación en equipos fotovoltaicos que transforman la energía solar en energía eléctrica, por medio de módulos fotovoltaicos.

La energía solar fotovoltaica está siendo cada vez más utilizada en Guatemala para generar electricidad, en el presente proyecto se diseñó un sistema de energía solar fotovoltaica para una vivienda ya existente en San Lucas, Sacatepéquez para abastecerla hasta un 100% de energía eléctrica, tomando en cuenta la localización y horas de sol en el área, así como los últimos 3 recibos de luz, en base a dichos datos, se realizó los presupuestos para las 2 propuestas realizadas para la implementación de la energía solar fotovoltaica en la vivienda.



1. INTRODUCCIÓN



1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo presenta cómo aprovechar la energía del sol a través de paneles solares, para ser utilizada en un sistema de iluminación y fuerza para cualquier tipo de vivienda en Guatemala.

En los últimos años, la demanda energética ha crecido a un ritmo acelerado e imparable al tiempo que baja la eficiencia y aumentan descontroladas las emisiones de gases de efecto invernadero, pues se vive en una sociedad que está regida por el consumo de combustibles fósiles para satisfacer sus necesidades energéticas.

Inicialmente, se presenta la información teórica necesaria para entender cómo funcionan estos sistemas.

Según estudios preliminares se sabe que hay muchas formas de almacenar la energía eléctrica solar, más sin embargo resaltan dos que son principales: por medio de baterías cargadas previamente conocida también como “sistema aislado” el cual le permite a los usuarios gozar de

energía eléctrica sin necesidad de estar conectado a ninguna de las redes de distribución de los proveedores para Guatemala.

También existe la otra forma que es instalando un equipo para la energía producida a la red existente de distribución eléctrica.

En Guatemala la primera opción es utilizada principalmente y se genera independientemente cuando estamos en un lugar adonde la red eléctrica aún no ha llegado.

La base en las que se fundamenta este trabajo es el principio fotovoltaico, que demuestra cómo se transforma la energía del sol en energía eléctrica. Por otra parte, se muestran sus ventajas y desventajas, y según la experiencia de otros países, en qué circunstancias debe ser considerado este tipo de energía.

Actualmente y gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el precio de la energía solar fotovoltaica se ha venido reduciendo de manera constante. Cuando la luz del sol incide sobre un panel solar fotovoltaico (PV), se genera electricidad y esta puede ser usada inmediatamente o ser guardada para su uso posterior.

También 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 y saber si existen medios para comercializar la producción, que genere una tasa de retorno sobre la inversión admisible.

Los datos climáticos son importantes para una investigación de este tipo, debido a que sirven para dimensionar el sistema solar, de ello dependerá el número de paneles solares necesarios para proveer de energía a una vivienda.

La tecnología LED lentamente se ha ido insertando en los sistemas de iluminación, ya que posee una gran eficiencia en la conversión y su consumo bajo de energía, se ha ido transformando en una alternativa muy conveniente tanto en el aspecto técnico como económico, gracias a su desarrollo tecnológico.



2. METODOLOGÍA



2. METODOLOGÍA

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en Guatemala, se utilizan diversas fuentes de energía renovable para la producción de energía eléctrica, para los años y década de 1990, el suministro de energía eléctrica con energías renovables era del 92% por hidroeléctricas y el resto por combustibles fósiles; pero para el año 2005 esto dato aumento considerablemente ya que las hidroeléctricas tuvieron una participación del 40% contra un porcentaje del 60% en los combustibles fósiles.

El gobierno de Guatemala está obligado a buscar soluciones sobre la problemática de la energía. Actualmente, se están realizando algunos estudios y con la ayuda técnica y financiera del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) a través del proyecto Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA) se cuentan con mapas del potencial eólico y solar de la República de Guatemala. Estos estudios con el fin de implantar fuentes de energía

renovable, como es la energía solar fotovoltaica, energía solar térmica y otras, con la tecnología adecuada.

Además, 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.

Sin embargo, las instalaciones de energía renovable se han desarrollado específicamente en el área rural, como instalaciones aisladas a la red de distribución.

Tanto el Gobierno de Guatemala como la industria guatemalteca, deben fomentar el uso de energías renovables, además de las hidroeléctricas, ya que los otros tipos de energías renovables tienen diversas aplicaciones como: repetidores de radio o televisión, alumbrado público, bombeo de agua, suministro de energía a viviendas rurales y/o urbanas, etc.

A partir de la problemática relacionada a la energía eléctrica, se plantea el desarrollo del uso de energía

renovable en Guatemala, a través de un sistema de energía solar que pueda cubrir la demanda energética de la vivienda guatemalteca. Tomando en cuenta la situación demográfica, situación climática, situación económica, etc.; todo esto para desarrollar y determinar el tamaño del sistema energético, que sea capaz de cubrir sus principales necesidades eléctricas.

En Guatemala normalmente se utiliza el sistema de energía eléctrica de la Empresa de Electricidad nacional o Energuate, así mismo en lugares con una acometida eléctrica existente, el sistema Amarrado a la Red es el tipo más común de sistema fotovoltaico que se instala actualmente en Guatemala. Al usar este sistema el ahorro se da al ingresar la energía a la red ya que el contador empieza a descontar todo lo que ingresa a la red, reduciendo así la factura mensual. Según Sistemas Solares este sistema requiere de muy poco mantenimiento, aunque si requiere de él.

Al menos 700 usuarios de electricidad se han inscrito como auto productores, por medio de la generación con paneles solares. Esta figura permite al usuario instalar un

sistema de generación de energía renovable, e inyectar esa electricidad al sistema de distribución.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Elaborar una propuesta de energía fotovoltaica para el abastecimiento de energía eléctrica de una vivienda guatemalteca ya existente mediante el uso de paneles solares.

2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar los beneficios y como aprovechar la energía suministrada por el Sol.
- Contribuir a la mejora del Medio Ambiente.
- Ilustrar el nivel de planificación y la implementación de un sistema de paneles Solares para proveer de energía Solar a una vivienda típica en Guatemala.
- Conocer los diferentes usos y aplicaciones para las cuales se puede aprovechar la energía solar en una vivienda.
- Establecer si existen condiciones para la instalación de sistemas de generación de Energía Solar para viviendas con Acometidas Existentes.
- Demostrar que se puede ahorrar en costos de factura por el consumo, relación demanda/ retorno.
- Motivar a los diferentes usuarios de energía eléctrica a que implementen los nuevos sistemas de energía solar en sus hogares.
- Elaborar la propuesta de energía solar fotovoltaica con los debidos cálculos y selección de equipo adecuado para el abastecimiento de energía eléctrica elaborando el presupuesto que se necesitará para la instalación del sistema fotovoltaico a proponer.

2.3 ALCANCES Y LÍMITES

2.3.1 ALCANCES

- Desarrollar una propuesta a nivel de Anteproyecto arquitectónico utilizando para ello un levantamiento y planificación de una vivienda típica familiar existente, explicar, ejemplificar e ilustrar cómo podemos optar, instalar e implementar un sistema de Energía Solar consistente en paneles Fotovoltaicos y proveer de este tipo de energías Renovables que resultan ser amigables al medio ambiente y que pueden ser útiles en beneficios económicos para la familia típica guatemalteca.
- Demostrar que existe un ahorro en energía mediante comparación de los servicios que presta la Empresa Eléctrica de Guatemala o Energuate, así mismo brindar confort y efectivo funcionamiento de cada uno de los ambientes, gozar de suficiente energía en el hogar

cumplimiento con los requisitos mínimos y reglamentos específicos para el caso de las instalaciones de este tipo de productos y equipos a instalarse.

- Hacer conciencia al ciudadano guatemalteco en la utilización de energías renovables, proponiendo este sistema como una inversión económica, con recuperación a corto plazo.

2.3.2 LÍMITES

- Adaptar el sistema, los equipos y la tecnología nueva, a la instalación eléctrica existente, tomando como punto de partida los últimos 3 recibos mensuales de luz y un contador ya instalado.
- Explicar el funcionamiento del equipo fotovoltaico, a utilizarse, mas no se entrará a detallar especificaciones técnicas.

- En anteproyecto no se diseñarán Estructuras, Instalaciones especiales para Drenajes, Sanitarios, Pluviales, Agua Potable o siendo más específicos no entraremos a realizar ningún tipo de memorias de cálculo.
- No se hará ningún estudio socioeconómico.



3. TEORÍA Y CONCEPTOS



3. TEORÍA Y CONCEPTOS

3.1 LA ENERGÍA DEL PRESENTE

Sin la energía no existiría la vida. Todos los organismos poseen la capacidad de transformar el alimento que ingieren en energía con la que mantienen sus funciones vitales, de moverse en busca de más alimento y de reproducirse. En el caso del ser humano, esa energía (llamada endosomática) se ha complementado, desde el descubrimiento y el uso del fuego, con un creciente volumen de energía exosomática, cuyo uso es inseparable de la cultura y del propio ser humano como especie. En el curso de la Historia se registra un aumento casi constante de la cantidad de energía empleada, primero procedente de las fuentes más cercanas y fáciles de explotar (la biomasa vegetal) y posteriormente, con el advenimiento de la Revolución Industrial a partir del siglo XVII, de fuentes más concentradas y recónditas: primero el carbón y posteriormente el gas natural y el petróleo, cuyo empleo

sistemático constituye la base del modelo de producción y consumo contemporáneo.

En los últimos años, sin embargo, la constatación científica generalizada del cambio climático y de los efectos ambientales negativos de nuestro modelo de desarrollo está conduciendo a nuevas políticas y a nuevos patrones de producción y consumo. Quizá esos cambios estén alumbrando un nuevo modelo de desarrollo, un modelo que, a largo plazo, deberá basarse principalmente en las energías renovables y la eficiencia energética.

3.1.1 LAS ENERGÍAS FÓSILES

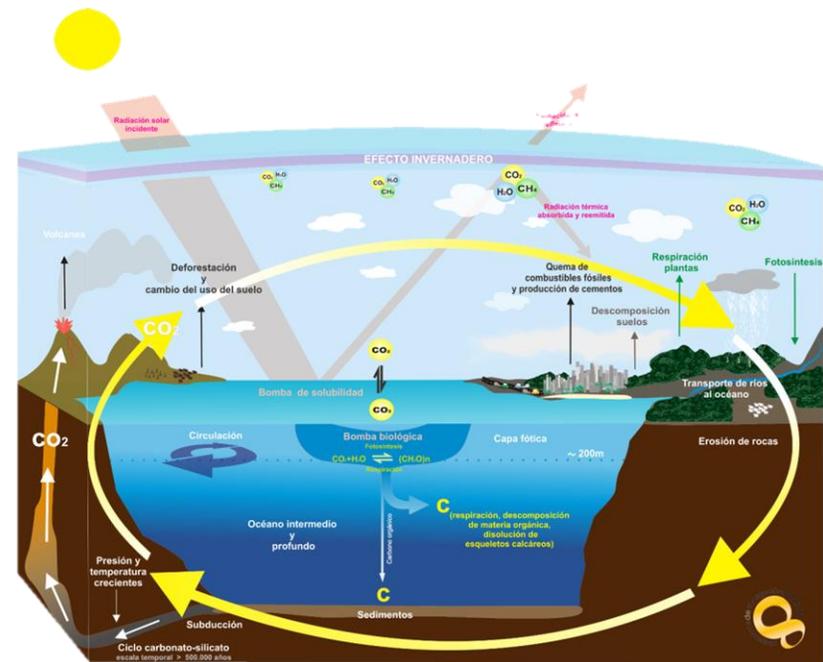
La mayor parte de la energía que empleamos en la Tierra se ha producido gracias a luz del sol: el , el Sol es el motor del ciclo del agua, que permite producir energía hidroeléctrica; las diferencias de presión del aire que se producen en la atmósfera originan los vientos, cuya energía se puede aprovecharse gracias a los aerogeneradores, la energía solar es la que han generado las grandes masas vegetales que, en el

período conocido como carbonífero –hace más de 300 millones de años-, han producido el carbón, la base energética de la Revolución Industrial del siglo XIX. También el petróleo tiene su origen en restos vegetales y animales, procedente de algas y plancton de los primitivos mares y lagos.

La vida vegetal posee una extraordinaria capacidad para aprovechar la luz solar gracias a la fotosíntesis. El resultado global de la fotosíntesis, un conjunto de reacciones químicas, es la formación de materia orgánica a partir de la inorgánica con la ayuda de la luz del sol. Concretamente, a partir del dióxido de carbono (CO_2) y del agua se forma una molécula de glucosa y se libera oxígeno gaseoso, la combinación de moléculas de glucosa formara la celulosa, base material de la biomasa vegetal. La fotosíntesis posee además el efecto de regular la composición de nuestra atmosfera, produciendo oxígeno a partir del dióxido de carbono. El metabolismo de los animales herbívoros se fundamenta sobre la transformación inversa: la biomasa vegetal se transforma en una especie de combustión. En combinación con el oxígeno, en CO_2 y agua. De este

modo, el dióxido de carbono vuelve a la atmosfera para ser transformado de nuevo por los vegetales a través de la fotosíntesis. A este proceso recurrente se le conoce como ciclo del carbono.

Figura 1. Funcionamiento global del ciclo de carbono.



Fuente: Moro Vallina, Miguel: Instalaciones solares fotovoltaicas, Pg. 3

Cuando el ser humano emplea combustibles fósiles, está utilizando reservas de carbono que han tardado decenas

de millones de años en formarse. Además, el CO₂ generado con su combustión, en el contexto de la deforestación de grandes áreas del planeta, no encuentra suficiente materia viva vegetal que lo asimile. Su concentración atmosférica aumenta, contribuyendo así al denominado efecto invernadero.

3.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL PROTOCOLO DE KIOTO

El efecto invernadero es esencial para el mantenimiento del clima en la Tierra. Sin él, la temperatura media en la superficie del planeta sería de unos -2 grados Celsius, haciendo imposible la existencia de la vida, al menos tal como la conocemos. El efecto se sintetiza en la figura 1 parte del a energía que penetra en la atmósfera terrestre se refleja en la superficie de nuestro planeta. Pero debido a la diversa longitud de onda de la radiación incidente y la reflejada, una porción de esa energía es retenida por los denominados gases de efecto invernadero (el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, los óxidos de nitrógeno...), contribuyendo así a

que la superficie de la tierra tenga un clima más benigno. Pero, de acuerdo con lo que hoy ya es un consenso científico mundial, el aumento de la concentración de algunos de los gases mencionados (especialmente del dióxido de carbono y los óxidos de nitrógeno) está generando un incremento del efecto invernadero, cuya consecuencia es un sensible aumento de la temperatura media de la superficie terrestre. Las consecuencias de ello son bien conocidas: cambios generales en el clima y, especialmente, la fusión o derretimiento de parte de los hielos polares, con el consiguiente aumento de la superficie de las aguas oceánicas y la anegación de numerosas zonas costeras e isleñas. Algunas investigaciones científicas han apuntado además que el derretimiento de los hielos amenaza con liberar a la atmósfera parte del metano (un gas de efecto invernadero) contenido en el denominado permafrost (la capa profunda del suelo que permanece siempre helada), agravando así el propio proceso de forma exponencial. Detener este proceso requiere reducir significativamente las emisiones de dióxido de carbono en todo el planeta, sustituyendo paulatinamente las

fuentes fósiles por otras renovables y moderando y racionalizando el consumo de energía.

En 1997 se firmó en la ciudad japonesa de Kioto el Protocolo sobre el cambio climático con el objetivo de reducir las emisiones de varios gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, dióxido de nitrógeno y varios gases industriales fluorados) en un porcentaje de aproximadamente el 5% en el período entre 2008 y 2012, en relación con las emisiones medidas en el año 1990.

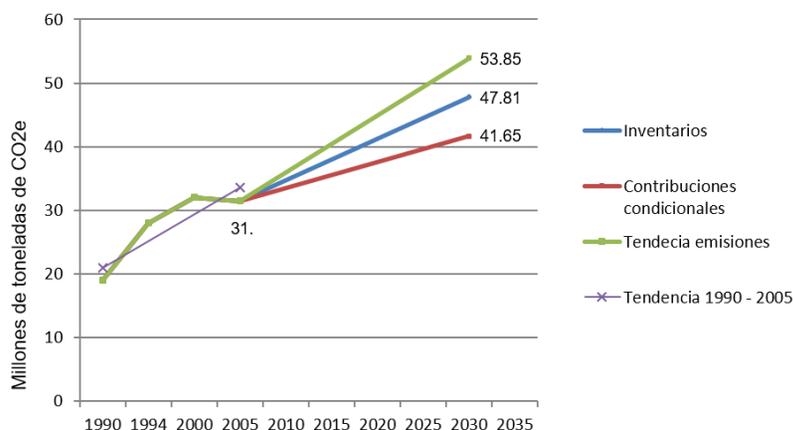


Figura 2. Tendencias de emisiones y contribuciones de Guatemala al 29 de sep. del 2015

Fuente: Gobierno de Guatemala, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

3.3 LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EL AHORRO ENERGÉTICO

Se presentan 2 grandes problemas con el uso de energías fósiles: su carácter finito, no renovable, y la contaminación que su uso produce. En cambio, las energías renovables, al basarse en el flujo continuo, ilimitado, de la energía solar, no se agotará mientras este continúe. Las más utilizadas son la biomasa, la energía hidráulica y más recientemente, las energías eólica y solar. La energía solar se emplea tanto para producir agua caliente (energía solar térmica y energía termoeléctrica) como para producir energía eléctrica.

3.3.1 TIPOS DE ENERGÍA RENOVABLE

El término, energía renovable, engloba una serie de fuentes de energía que en teoría se consideran inagotables a escala humana, ya que se producen de forma continua con el paso del tiempo. Estas fuentes son una alternativa a las otras llamadas convencionales (no renovables) y producen un impacto ambiental mínimo con la excepción de la geotermia, la totalidad de las

energías renovables derivan directa o indirectamente de la energía solar. Directamente en el caso de la luz y el calor producidos por la radiación solar, e indirectamente en el caso de las energías eólica, hidráulica, mareas, olas y biomasa, entre otras; porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica. También de éste procede la energía hidráulica, pues ordena el ciclo del agua y causa la evaporación que predispone la formación de nubes, y, por tanto, de las lluvias. Las plantas se alimentan del Sol para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer; toda esta materia vegetal es la biomasa. Por último, el sol se aprovecha directamente, pues conforma lo que es la energía solar y la energía solar fotovoltaica. Sin embargo, la mayoría de veces se configura de forma distinta y separando cada una de ellas.

Las energías renovables, a lo largo de la historia y hasta bien entrado el siglo XIX, han cubierto la práctica total de las necesidades energéticas del hombre. Sólo en los últimos cien años han sido superadas, primero por el

empleo del carbón, y a partir de 1950 por el petróleo y en menor medida por el gas natural.

La energía nuclear, con 441 centrales nucleares en 2003, con una potencia instalada de 360 GW, cubre una parte insignificante del consumo mundial, y a pesar de algunas previsiones optimistas, su papel será siempre marginal. Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la energía solar, son buenos ejemplos de ello.

Con el invento de la máquina de vapor, por James Watt, se fueron abandonando estas formas de aprovechamiento, por considerarse inestables en el tiempo y caprichosas, utilizándose cada vez más los motores térmicos y eléctricos, en una época en la que el escaso consumo, no hacía prever un agotamiento de las

fuentes, ni otros problemas ambientales que más tarde se presentaron.

Hacia la década de años 1970, las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura, garantizada (a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación) como por su menor impacto ambiental en el caso de las energías limpias, y por esta razón, fueron llamadas energías alternativas. Actualmente, muchas de estas energías son una realidad, no una alternativa, por lo que el nombre de alternativas ya no debe emplearse.

Se considera que el Sol abastecerá estas fuentes de energía (radiación solar, viento, lluvia, etc.) durante los próximos cuatro mil millones de años. La primera ventaja de una cierta cantidad de fuentes de energía renovables es que no producen gases de efecto invernadero ni otras emisiones, contrariamente a lo que ocurre con los combustibles, sean fósiles o renovables.

Algunas fuentes renovables no emiten dióxido de carbono adicional, salvo los necesarios para su

construcción y funcionamiento, y no presentan ningún riesgo suplementario, tales como el riesgo nuclear.

En la actualidad hay sistemas de energía renovable que utilizan más de una de ellas en su configuración. Esto depende de los recursos naturales al alcance, la tecnología disponible y las necesidades que se cubrirán.

En Guatemala la generación de energía eléctrica se debe a fuentes de energía renovable y no renovable, como a continuación se describe:

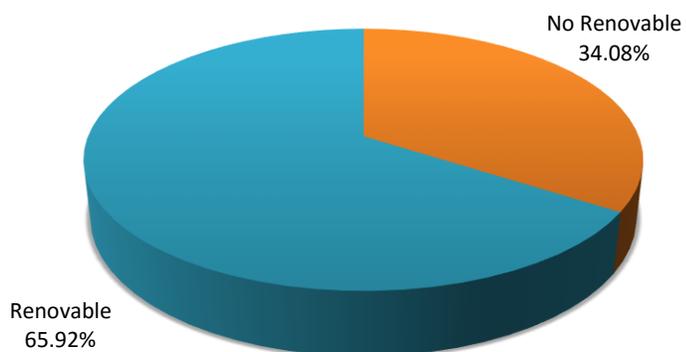
Bagazo de caña de azúcar 8.22%; diésel oil 0.25%; carbón mineral 13.40%; hidroenergía 36.88%; fueloil 26.33%; orimulsión 12.82%; geoenergía 2.09%.

En forma global:

A continuación, se muestra la matriz energética de Guatemala, respecto a la generación de energía eléctrica por tipo de energético utilizado.

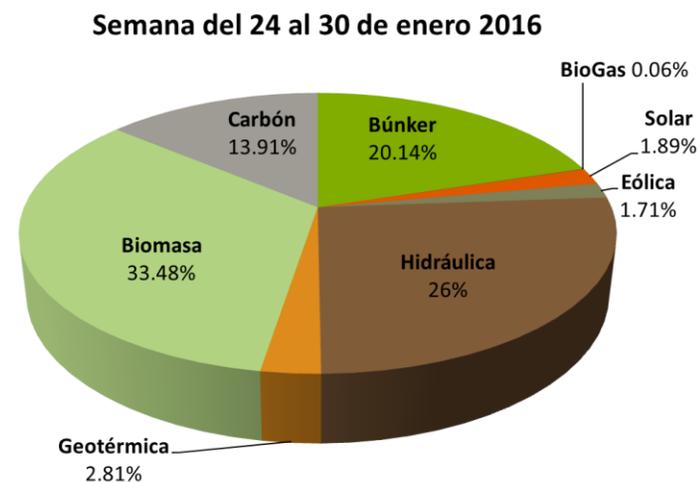
Figura 3. Matriz energética de Guatemala semana al 30 de enero 2016

MATRIZ ENERGÉTICA DE GUATEMALA



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Tipo de fuente utilizada para crear energía en Guatemala



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la generación de energía eléctrica por tipo de energético utilizado se observa que el 65.92% proviene de fuentes renovables, y el otro 34.08% proviene de fuentes no renovables. En la figura 4 vemos un desglose del tipo de fuentes utilizado para generar energía en el país de Guatemala.

3.3.2 LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

Las diversas culturas han ido desarrollando en la historia formas arquitectónicas adaptadas a las condiciones climáticas de cada lugar, que es lo que llamamos arquitectura bioclimática. La orientación al sur o la presencia de corredores acristalados en climas templados, con objeto de aprovechar mejor el calor del Sol, o el blanqueo de las fachadas en otros climas más cálidos con el propósito de protegerse de él, son 2 ejemplos comunes. Este tipo de arquitectura se fija en esos desarrollos y los integra con los conocimientos científicos actuales, en una arquitectura adaptada a las necesidades del presente.

La arquitectura bioclimática aprovecha el uso de las energías pasivas. El mejoramiento del aislamiento al frío al calor, la orientación, la apertura y cierre de ventanas en función de la temperatura interior y exterior, etc., estos métodos son usados preferiblemente al uso de energía para calentar o enfriar la casa y permiten reducir considerablemente las necesidades de calefacción a aire acondicionado.

3.3.3 EL AHORRO EN LOS HOGARES

GUATEMALTECOS

El desarrollo sostenible no depende solamente de la sustitución de energías fósiles por energías renovables. Es importante también llevar a cabo programas de ahorro energético en los que los guatemaltecos formemos parte de él. El sector industrial, el transporte y los hogares deben participar en dicho programa.

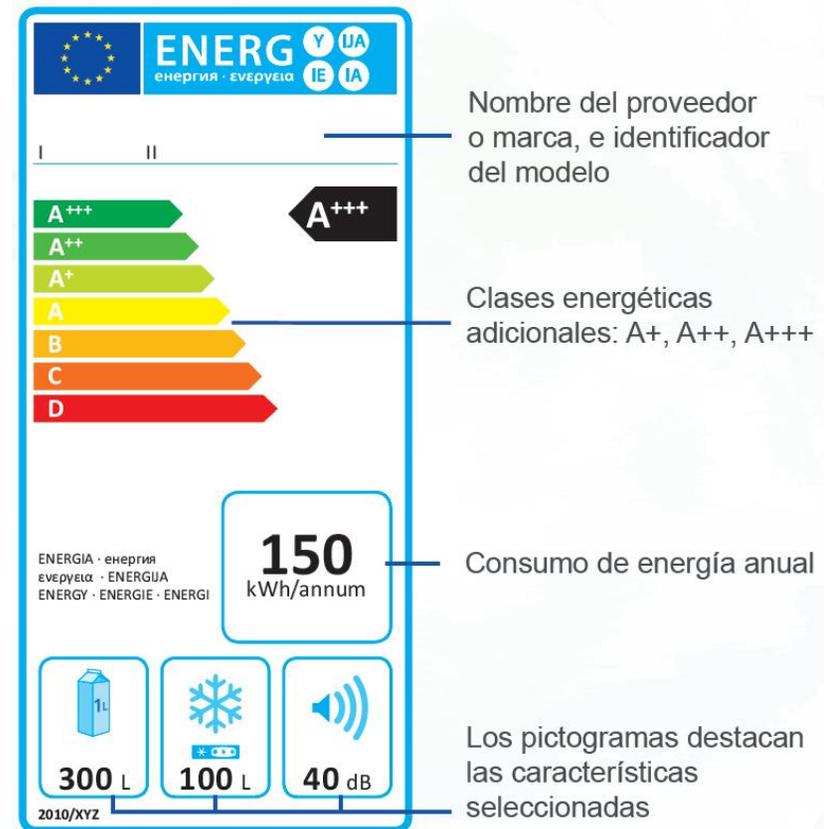
El hogar es un espacio donde se pueden obtener ahorros significativos de energía, aunque es ahí donde se desean todas las comodidades posibles. El combinar el ahorro energético y la comodidad debería ser una guía para una vida más sostenible.

- **Electrodomésticos eficientes.** Estos son dispositivos de la casa que más energía consumen. La elección de los más eficientes es una buena opción energética y económica. Para conocer la eficiencia de un electrodoméstico podemos emplear la etiqueta energética, que nos muestra la clase energética (de la A++, la más eficiente, hasta la G, la menos) y el consumo de

kilovatios-hora anuales, además de otros parámetros.

- **El consumo fantasma.** Se denomina al consumo de los electrodomésticos que no se están utilizando. Aparatos en posición de <stand-by>, fuentes de alimentación, y cargadores consumiendo en vacío, entre otros.
- **La iluminación.** La forma más saludable y sostenible es utilizando la luz natural. La orientación de las habitaciones para aprovecharla lo más posible, lugares de trabajo cerca de las ventanas, decorar con colores claros, etc., son ideas que nos ayudan a no depender tanto de la luz artificial. Alumbrarse con bombillas de bajo consumo o bombillas de LEDs es mucho más eficiente energéticamente y nos permite ahorrar dinero ya que la durabilidad de estas bombillas es ocho veces mayor que la de las incandescentes.

Figura 5. Modelo de etiqueta de eficiencia energética de electrodomésticos.



Fuente: Moro Vallina, Miguel: Instalaciones solares fotovoltaicas, Pg. 7

3.4 LA ENERGÍA SOLAR

La electricidad es una de las formas de energía más versátiles y que mejor se adaptan a cada necesidad. Su utilización esta tan extendida que difícilmente podría concebirse una sociedad tecnológicamente avanzada que no hiciese uso de ella.

Hoy en día existen miles de aparatos que, bien en forma de corriente continua o corriente alterna, utilizan la electricidad como fuente de energía, y su uso ha provocado un gran aumento de la demanda de si consumo eléctrico.

Este hecho ha proporcionado la búsqueda de nuevas fuentes de energía y nuevos sistemas de producción eléctrica, basados, fundamentalmente, en el uso de energías renovables.

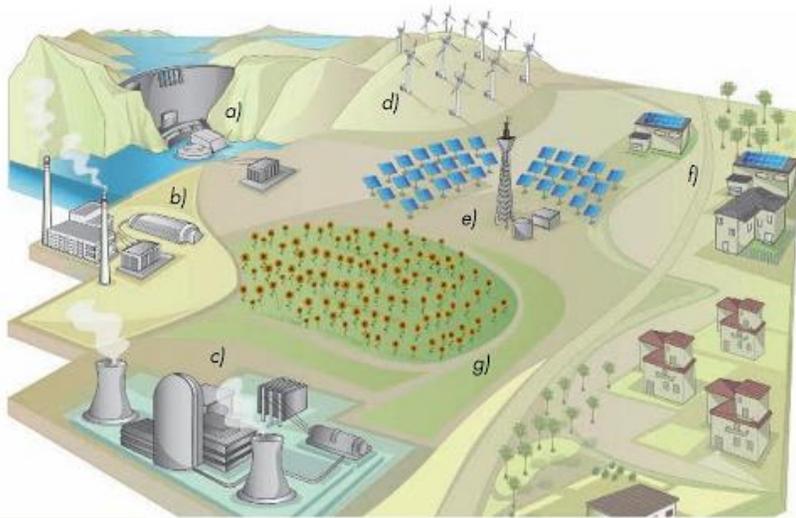
Los sistemas tradicionales de producción de electricidad tienen una problemática asociada que hace necesario intentar desarrollar otro tipo de fuentes energéticas.

- **Centrales hidráulicas:** el efecto invernadero y el cambio climático hacen que cada vez las sequías sean cada vez más prolongadas y, por tanto, no se pueda asegurar la producción estable de electricidad a través de estas centrales.
- **Centrales térmicas:** tienen el problema que los combustibles fósiles son un recurso limitado en el tiempo. Además, provocan una gran emisión de gases contaminantes perjudiciales para el efecto invernadero.
- **Centrales nucleares:** tienen el problema de la eliminación de los residuos generados, además del potencial de riesgo de un accidente nuclear.

•
Como ya hemos comentado, la tendencia actual es la utilización de energías renovables. Es aquí donde cobra importancia la energía solar. Varias son las formas de aprovechar el sol para la producción de electricidad, se distingue entre:

Figura 6. Principales energías renovables y no renovables:

a) hidráulica, b) térmica, c) nuclear, d) eólica, e) solar térmica, f) solar fotovoltaica, g) biomasa



Fuente: Díaz T., Instalaciones solares fotovoltaicas, pág. 8

Principales energías renovables y no renovables:

a) hidráulica, b) térmica, c) nuclear, d) eólica, e) solar térmica, f) solar fotovoltaico, g) biomasa

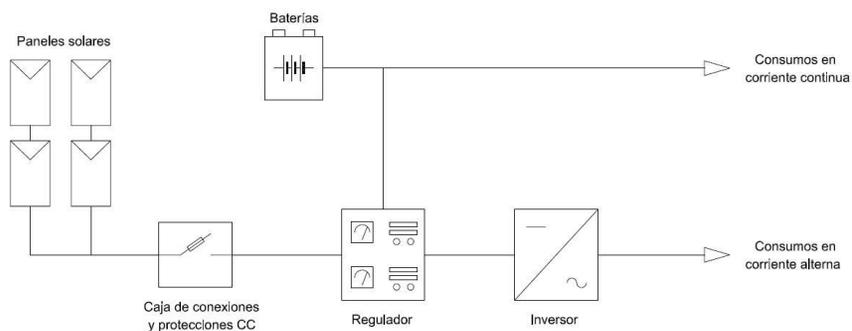
- **Métodos indirectos:** el sol aprovecha para calentar el fluido (que puede ser agua, sodio, sales fundidas...) y convertirlo en vapor con el fin

de producir electricidad mediante el movimiento de un alternador. La producción de la electricidad se realiza mediante un ciclo termodinámico convencional, como se haría en una central térmica de combustible fósil.

- **Modos directos:** en ellos la luz del sol es convertida directamente a la electricidad mediante el uso de las células solares. Se distingue entre sistemas conectados a la red y sistemas aislados.

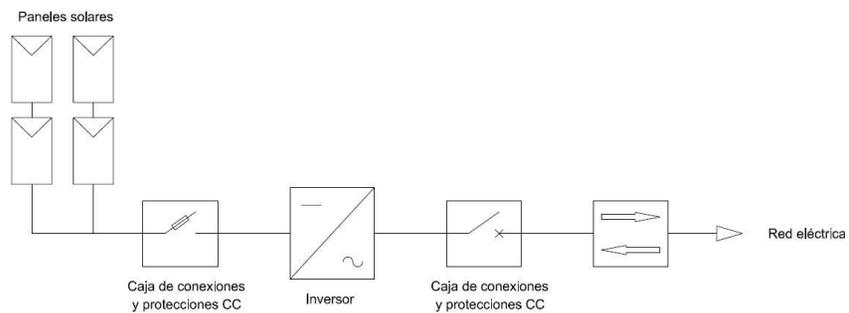
En la Figura 6 y figura 7 se muestran los 2 tipos de conexiones fotovoltaicas.

Figura 6. Sistema fotovoltaico autónomo.



Fuente: Miguel Pareja Aparicio. 2010. Energía Solar Fotovoltaica

Figura 7. Sistema fotovoltaico conectado a la Red.

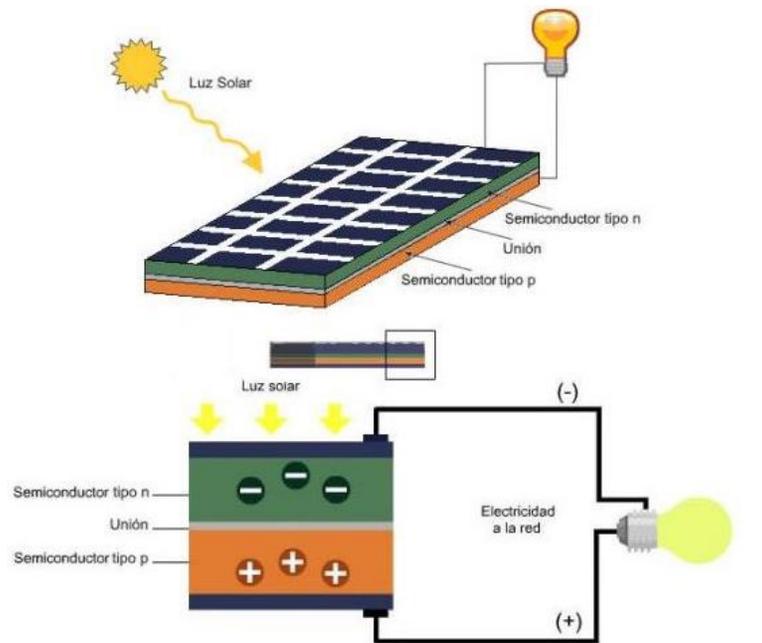


Fuente: Miguel Pareja Aparicio. 2010. Energía Solar Fotovoltaica

3.5 FUNCIONAMIENTO PANEL FOTOVOLTAICO

Este funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico y se produce cuando el material de la celda solar (silicio u otro material semiconductor) absorbe parte de los fotones del sol. El fotón absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior de la celda. Ambos lados de la celda están conectados por un cable eléctrico, así que se genera una corriente eléctrica como se puede observar en la figura 8.

Figura 8. Efecto fotovoltaico



Fuente: <https://alternativassolares.com>

El panel solar es una aplicación eficiente para el uso de energía solar. Este puede ser utilizado para producir, tanto agua caliente a través de colectores solares, como electricidad por medio de paneles fotovoltaicos. Los paneles fotovoltaicos se componen de numerosas celdas de silicio, también llamadas células fotovoltaicas, que convierten la luz en electricidad.

El nivel de energía proporcionado por un panel fotovoltaico depende de los siguientes aspectos:

- Tipo de panel y área del mismo.
- Nivel de radiación e insolación del área a ser instalado.
- Longitud de onda de luz solar.

Una celda fotovoltaica de silicio de 100cm² de superficie, produce aproximadamente 1.5 Watt de energía, a 0.5 voltio (cc) y 3 amperes de corriente bajo condiciones óptimas (la luz solar en pleno verano a una radiación de 1000 W/m². La energía entregada por esta celda es casi proporcional al nivel de radiación solar.

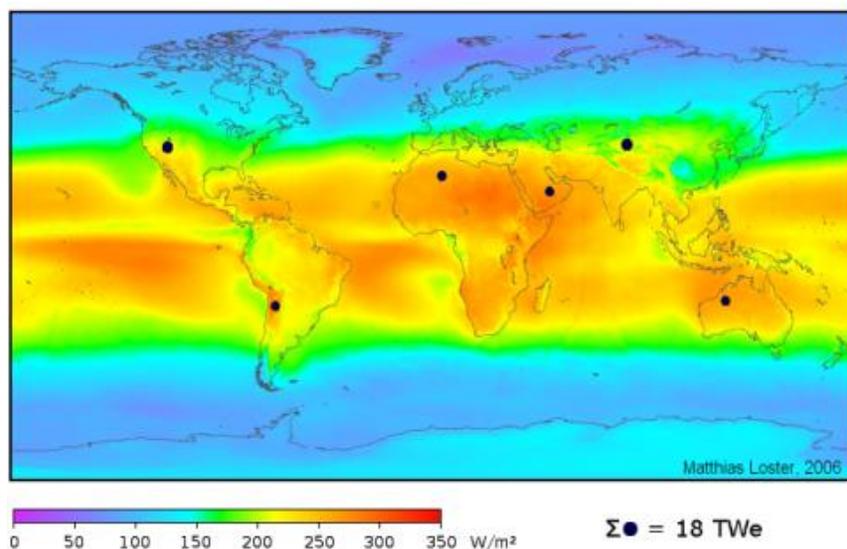


Figura 9. Niveles de radiación solar en el mundo

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/db/Solar_land_area.png

3.6 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar es la energía obtenida directamente del Sol. La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse, por su capacidad para calentar, a través del aprovechamiento de la radiación en dispositivos ópticos o de otro tipo; pues es un tipo de energía renovable y limpia, lo que se conoce como energía verde.

Ya que el Sol es una fuente inagotable de energía debido a las reacciones nucleares; la Tierra recibe en el exterior de su atmósfera una potencia total de $1.73 \cdot 10^{14}$ kW.

La distribución temporal de la energía solar que alcanza la superficie es muy irregular. No solamente varía la insolación máxima diaria (horas en las que el Sol está encima del horizonte del lugar) sino que la radiación solar es más o menos atenuada, según la composición instantánea de la atmósfera que atraviesa. Por ello, la radiación solar puede ser directa, difusa y albedo; pero la energía solar fotovoltaica utiliza la radiación directa y la radiación difusa, para la generación eléctrica.

En término medio sólo el 47% de la radiación incidente sobre la atmósfera terrestre alcanza la superficie del planeta. El 31% lo hace directamente y el otro 16% después de ser dispersada por polvo en suspensión, vapor de agua y moléculas del aire. La energía restante, un 53%, es reflejada hacia el espacio exterior o absorbida en la atmósfera.

La potencia de la radiación solar que se recibe en un instante determinado sobre un metro cuadrado de superficie se conoce como irradiancia (I_s) y se expresa en W/m^2 . Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es superior a los $1000 W/m^2$ en la superficie terrestre, este es un valor de referencia en la ingeniería relacionada con la energía solar. La energía solar fotovoltaica FV desarrollada en los años 50 por condicionamiento de la carrera espacial, alimentando todos los sistemas eléctricos y electrónicos de los satélites y estaciones espaciales. Con el paso del tiempo la tecnología fotovoltaica ha ido reduciendo costes y mejorando el rendimiento y fiabilidad de los componentes. A este desarrollo contribuyen de manera favorable, entre otros factores, la aparición de aparatos eléctricos cada vez menos exigentes en consumo de energía, la fabricación de electrónica de control, potencia de alta calidad, fiabilidad y la mejora de los sistemas electroquímicos de acumulación de energía.

La energía solar fotovoltaica como tal, tiene su origen en estudios e investigaciones sobre el efecto fotoeléctrico. Se dice que éste es instantáneo, ya que la radiación

aparece sin retraso sensible; dado que el número de fotoelectrones emitidos, es decir, la intensidad de la corriente producida, es proporcional a la radiación recibida; la velocidad de la emisión no influye en absoluto la intensidad luminosa, ni su estado de polarización, pero sí su frecuencia o longitud de onda; y para cada metal existe una frecuencia mínima de la radiación luminosa por debajo de la cual no se presenta el efecto fotoeléctrico.

Las células fotoeléctricas son dispositivos basados en la acción de radiaciones luminosas sobre ciertas superficies metálicas. El efecto de esas radiaciones puede ser de tres tipos: el efecto fotoemisivo o fotoexterno, provoca en el metal un arranque de electrones con liberación de los mismos; el efecto fotoconductor o fotointerno, modifica la conductividad eléctrica del metal y el efecto fotovoltaico, crea una fuerza electromotriz en el metal.

En este último, se encuentra integradas las células fotovoltaicas, que generan un paso de corriente proporcional al flujo luminoso que reciben. Estas células

no requieren ni tensión auxiliar ni vacío, razón por la cual son utilizadas para la conversión de energía solar en energía eléctrica. Chapin, Fueller y Perarson desarrollaron en 1954 la primera célula solar capaz de convertir, la luz del Sol en energía eléctrica.

Los materiales usados para las células fotovoltaicas son los semiconductores, ya que la energía que liga a los electrones de valencia con su núcleo es similar a la energía de los fotones que constituyen la luz solar.

3.7 COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO

Un sistema fotovoltaico aislado está compuesto por los siguientes elementos como se puede observar en la figura

3.7.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Denominado panel solar o módulo fotovoltaico, su principal función es la de proporcionar energía a la instalación a partir de la irradiación solar, aprovechando el efecto fotoeléctrico.

Un módulo fotovoltaico está formado por la interconexión de varias células solares en serie y/o paralelo, para adaptar el panel a los niveles de tensión y corriente, puesto que cada célula puede suministrar del orden de 0.5 voltios.

Las células se fabrican mediante la cristalización del silicio, por lo que se encuentran 3 tipos principales

Figura 10. Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación



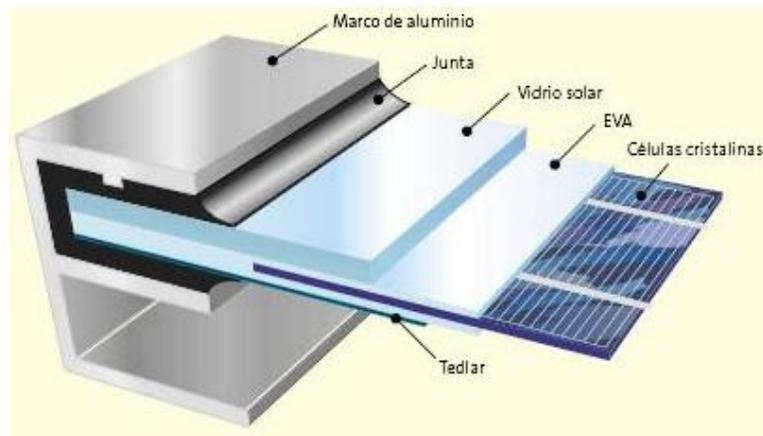
Fuente: Elaboración propia.

Las condiciones estándar de medida (CEM) quedan definidas por los siguientes valores

- Irradiación: 1000 W/m².

- Temperatura: 25° C.
- Incidencia normal.
- Espectro radiante o masa de aire: AM 1.5.

Figura 11. Sección módulo fotovoltaico



Fuente: Miguel Pareja Aparicio. 2010. Energía Solar Fotovoltaica

3.7.2 REGULADOR DE CARGA

El regulador es el encargado de controlar los procesos de carga y descarga de la batería. Las principales tareas que realiza son (Pareja, M. 2010):

- Evita sobrecargas en la batería: que una vez cargada la batería (EDC=100%) no continúe cargando. Así se evita la generación de gases y aumenta la vida de la misma.
- Impide sobre descarga de la batería en los periodos de luz solar insuficiente: cuando una vez la batería este descargada no continúe suministrando corriente a la instalación; aumenta la vida de la batería.
- Asegura el funcionamiento del sistema en el punto de máxima eficacia.

3.7.3 ACUMULADOR O BATERÍA

La energía producida por el campo fotovoltaico se caracteriza por su variabilidad tanto diaria como estacional y, además, su aleatoriedad. Esto afecta negativamente a la disponibilidad de la energía y, consiguientemente, a su autonomía. Para evitar este inconveniente es necesario incluir en el sistema los acumuladores eléctricos o baterías.

El uso de acumuladores eléctricos, o batería, permite:

- Dotar al sistema de una fuente eléctrica independiente de las condiciones de radiación solar existentes.
- Dotar al sistema de una autonomía de servicio de los módulos fotovoltaicos.
- Dotar al sistema de cierta capacidad de puntas de intensidad superiores a la nominal.
- Dotar al sistema de condiciones de estabilidad en la tensión aceptables para los elementos de consumo.

3.7.4 CONVERTIDOR

Su función es alterar la tensión y características de la intensidad que reciben convirtiéndola a la adecuada para los usos que necesiten (suministros). Existen diferentes clases de convertidores: *cc/cc*, *ca/cc*, *ac/cc*, *cc/ac*.

El más utilizado en una instalación fotovoltaica aislada es el del tipo *cc/ac*, que convierte la tensión del banco de batería a consumos de corriente alterna. A este tipo de reguladores se les suele denominar inversores.

Los de tipo *ca/cc* y *ca/ca* no se utilizan en instalaciones solares fotovoltaicas aisladas.

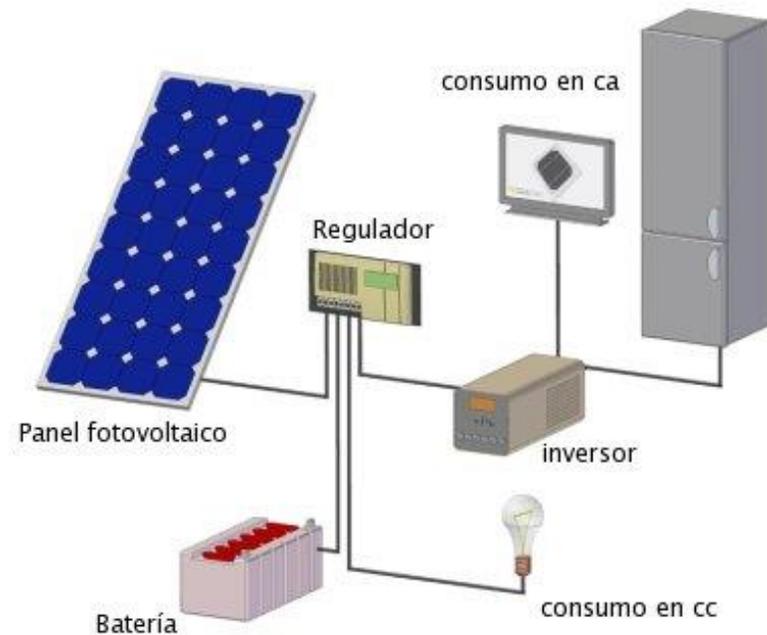


Figura 12. Instalación solar fotovoltaica aislada

Fuente: [https:// www.solarweb.net](https://www.solarweb.net)

3.7.5 DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS.

El dimensionamiento del sistema FV consiste en determinar su capacidad para satisfacer la demanda de

energía de los usuarios. En zonas rurales y aisladas, donde no existen sistemas auxiliares, el sistema FV debe poseer una alta confiabilidad. Debido a que un sistema es un conjunto de componentes, cada uno de ellos debe ser tan confiable, que lo ponga en peligro al sistema. El método de dimensionamiento se fundamenta en el balance de energía.

$$\text{Energía generada} = \text{Energía consumida} + \text{Pérdidas propias del sistema FV}$$

Los requerimientos del usuario son el punto de partida de todo ciclo. En el caso de la energía renovable esto no es diferente. Junto con las condiciones climáticas, que ya han sido discutidas con detenimiento en la sección de recursos de energía solar, un sistema puede diseñarse exactamente para satisfacer las necesidades del usuario a los más bajos costos. Después de que el sistema se ha diseñado y se ha determinado su tamaño, el usuario debe ser instruido en cómo operar y dar mantenimiento a su sistema. Para esto debe dársele un entrenamiento

rápido, pero sencillo, y completo junto con un manual con texto y diagramas fáciles de comprender.

3.8 LAS APLICACIONES CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA

Tienen como objetivo principal maximizar anualmente la producción de energía eléctrica que es inyectada a la red.

Estos sistemas se están utilizando sobre tejados en viviendas e industrias (integración en edificios), y para plantas de generación de energía (centrales fotovoltaicas). También existe otro tipo de aplicaciones en las cuales los módulos fotovoltaicos son utilizados como elementos constructivos en diversos entornos urbanos, tales como barreras antisonido en autopistas y vías de tren, cubiertas de piscinas y aparcamientos, etc.

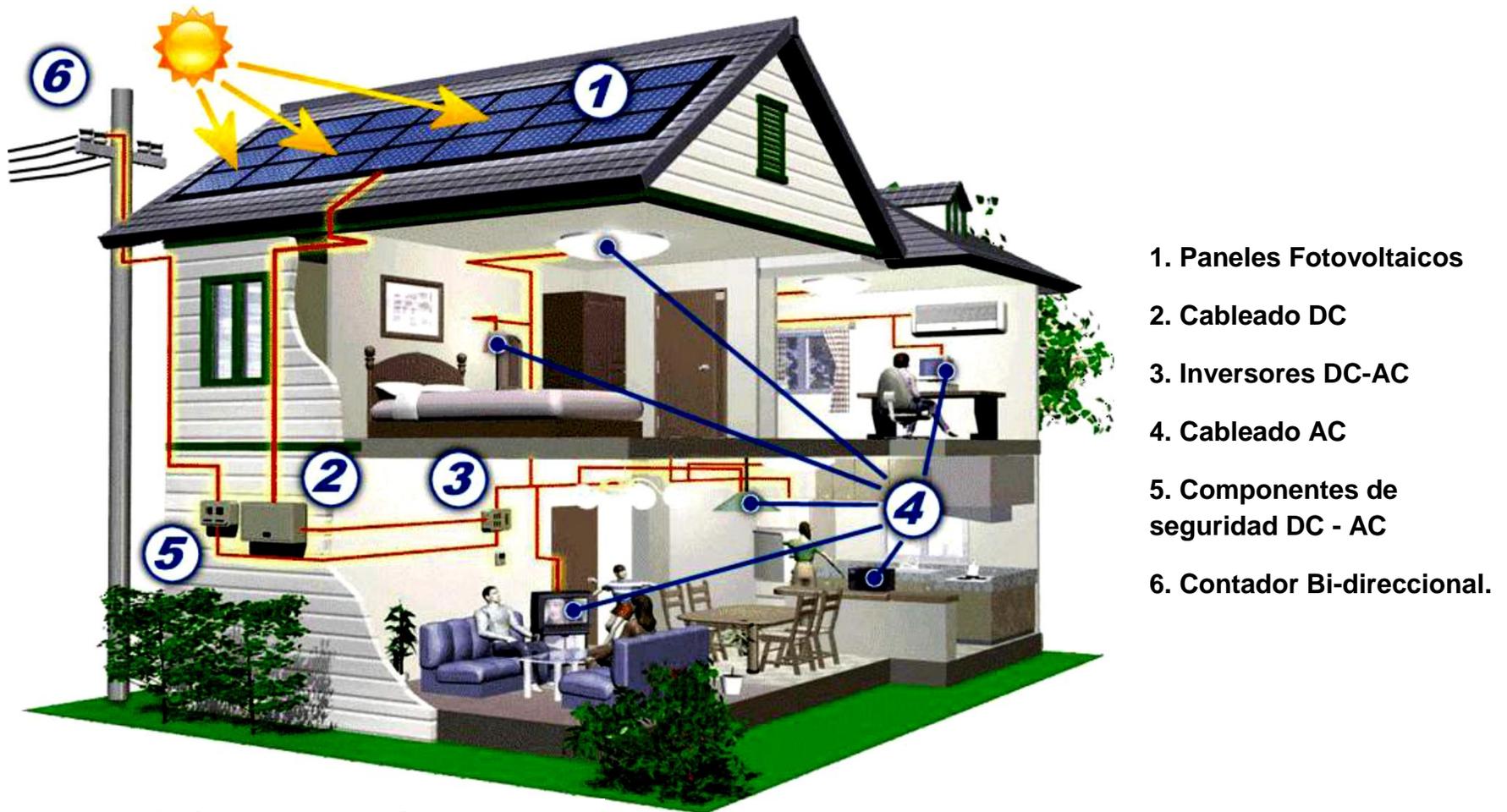
La potencia nominal de las instalaciones en viviendas o edificios en general está relacionada con la superficie útil disponible para la instalación del generador fotovoltaico, aproximadamente de 8 a 10 m² por kWp en función del rendimiento del generador fotovoltaico. La potencia típica

de la mayor parte de las instalaciones se sitúa en torno a los 5 kWp en viviendas y hasta 100 kWp en otras instalaciones (edificios e integración urbana).

La conexión a red de este tipo de instalaciones se puede realizar directamente a la red de baja tensión, en modo monofásico hasta 5 kW y en trifásico para el resto.

Otro tipo de instalaciones fotovoltaicas de conexión a red son las centrales fotovoltaicas de generación eléctrica, con potencias nominales superiores a los 100 kWp, suelen disponer de una conexión a la red eléctrica en media o alta tensión, disponiendo de un centro de transformación en el que se eleva la tensión de salida de los inversores fotovoltaicos adecuándola a la tensión de la línea eléctrica. Además de generar energía eléctrica, también pueden laminar los picos de demanda de consumo eléctrico que normalmente ocurren simultáneamente con los picos de generación fotovoltaicos, al mediodía.

Figura 13. Partes del sistema fotovoltaico conectado a la red



Fuente: <https://www.alternativassolares.com>

3.9 SISTEMA FOTOVOLTAICO DE INYECCIÓN A LA RED (MICRO INVERSORES):

Llamados comúnmente paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos. Los paneles fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. (Energía solar fotovoltaica).

El sistema fotovoltaico de Inyección a la red consiste en un conjunto de Paneles Solares en el techo, los cuales están conectados en serie por medio de micro inversores que reúnen la corriente directa (DC) generada por cada panel y la transforman en corriente alterna (AC), que a su vez es entregada a la red a través del tablero eléctrico de distribución.

Los paneles solares están diseñados para resistir lluvia, granizo, y fuertes impactos ya que utiliza un vidrio templado de alta resistencia.

3.9.1 INVERSORES

Es un equipo electrónico que convierte la energía de corriente continua procedente del panel fotovoltaico en corriente alterna.



Figura 14. Inversores

Fuente: <https://www.alternativassolares.com>

3.9.2 MICRO INVERSORES

Convierte la corriente eléctrica DC (corriente continua) de un panel solar a corriente alterna (AC).

Los micro inversores están diseñados para funcionar a la intemperie y resistir las condiciones del ambiente.



Figura 15. Microinversor
Fuente: <https://www.alternativassolares.com>

3.9.3 FICHA DE ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PROPORCIONADA POR UNO DE LOS FABRICANTES

APS MICROINVERTER
Leading the Industry in
Microinverter Technology

YC500A
Microinverter

- Single unit connects two solar modules
- Maximum output power 500W
- Individual MPPT for each module
- Rated up to 310W
- Up to 14 solar modules (7x YC500A) in a string with a 20A breaker

DIMENSIONS

9.0" (229mm)
8.7" (221mm)
6.1" (155mm)

Our flagship product, the APS YC500A is a grid-tied microinverter with intelligent networking and monitoring systems to ensure maximum efficiency. Highly dependable and cost effective, the YC500A handles up to 310W modules with negligible clipping, delivering 250W AC per module with dual MPPT. Half the inverters and half the installation means real cost savings for residential and commercial customers.

APSAmerica.com

Figura 16. Especificaciones técnicas de Microinversores

Fuente: <https://www.alternativassolares.com>

3.9.4 FUNCIONAMIENTO

- Los paneles solares producen energía eléctrica (corriente directa)
- Se conecta un micro inversor por cada panel
- El micro inversor recibe la energía del panel
- El inversor convierte la corriente directa en corriente alterna
- El micro inversor se conecta en serie con los demás micro inversores.
- La energía fluye hacia la empresa eléctrica
- Si se está utilizando energía, la energía se consume en casa.
- Si no se está consumiendo energía, la energía se inyecta a la red
- Al inyectar energía a la red, el contador gira al revés

3.9.5 TIPOS DE APLICACIÓN

Conectados a la red eléctrica. Los sistemas de micro inversores están pensados para operar en conjunto con la red eléctrica. Estos sistemas típicamente consisten en un arreglo (conjunto) de paneles y un inversor que es capaz de “inyectar” la energía generada por los paneles

a la red. La energía generada se consume primeramente en las cargas que se encuentren en funcionamiento, y en caso de haber exceso de generación, ésta se inyecta a la red provocando que el medidor “gire hacia atrás”.

Esto implica la necesidad de instalar un medidor bidireccional. El trámite de cambio de medidor o contador bidireccional puede ser realizado por la empresa que vende el equipo ante la Empresa Eléctrica, únicamente se necesitaría una carta de autorización por parte del cliente.

Es importante considerar que los inversores dejan de operar en caso de un corte eléctrico, por lo cual no son una alternativa para contar con energía de respaldo en caso de cortes de energía.

3.10 MANTENIMIENTO

- Se debe tener presente que la superficie del panel fotovoltaico este siempre limpia y libre de sombras (cualquier obstáculo que impida la incidencia directa de la luz sobre el panel). Se recomienda limpiarlo con tela de microfibra con agua destilada.
- El Regulador de carga no requiere de mantenimiento.
- Se recomienda que una vez al año se realice un chequeo al cableado ya que se debe mantener en perfectas condiciones, a fin de evitar sobrecalentamiento de los conductores.
- Este mantenimiento se recomienda hacer cuando ya no haya luz solar, para no afectar el rendimiento de los paneles.
- Para el caso de la batería, del tipo Plomo-ácido no sellada, debe controlarse el nivel del líquido una vez al año. Se recomienda instalar la batería en lugares suficientemente sombreados y ventilados.

3.11 BENEFICIOS DE UNA VIVIENDA QUE UTILIZA UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

- Poder llegar a tener hasta un 100% de independencia de la red eléctrica.
- Producir energía eléctrica en sectores remotos, donde no exista conexión a la red eléctrica.
- Es una alternativa eficiente en caso de energía eléctrica, ayudando al usuario no ser afectado por los incrementos del costo de la energía.
- Es una fuente de generación eléctrica limpia y renovable. No produce contaminación térmica ni emisiones de CO₂, reduciendo el efecto invernadero.
- Instalación relativamente rápida del equipo.
- La instalación es posible en cualquier lugar donde haya luz solar.
- No requiere de alta mantención.
- Poco impacto visual.
- Vida útil del equipo de 20 a 30 años.

- Integración con la conexión a la red eléctrica.

3.12 SITUACIÓN ACTUAL DE LA LEGISLACIÓN SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES EN GUATEMALA.

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.

En la oferta deberán considerarse conceptos tales como: confiabilidad, calidad, seguridad, suficiencia, racionalidad y competitividad.

Además, es importante enumerar la importancia de la utilización racional de los recursos renovables o no y la preservación del medio ambiente.

Es por eso que se ha comenzado a tomar acciones para reducir el impacto ambiental del sector energético a través de la utilización de recursos renovables, la manera de lograr tal cosa es tomando en principio acciones

legislativas que promuevan y sobre todo autoricen legalmente la utilización racional de dichos recursos, por tal motivo, el congreso de la República de Guatemala en su decreto 52-2003 emite su ley de incentivos para el desarrollo de energías renovables, la cual tiene como principal objetivo establecer los incentivos fiscales, económicos y administrativos para el desarrollo de proyectos de recursos renovables (hidroenergía, geotermia, energía eólica, energía solar y energía biomásica).

La ley de incentivos para el desarrollo de energías renovables contempla en sus nueve artículos crear el panorama adecuado que permita la inserción de este tipo de generación especial en nuestro país, asegurando dentro de sus aspectos principales incentivos como la exención del pago del impuesto sobre la renta desde el inicio de la operación comercial, importación libre de derechos de aduana y otros incentivos menores.



4. CASOS ANÁLOGOS



4. CASOS ANÁLOGOS

4.1 CASO ANÁLOGO No. 1:

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COMUNIDADES DE SAN MARCOS, GUATEMALA

El Congreso de Guatemala emitió la *Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable (Decreto 52-2003)* el 4 de noviembre del año 2003, publicado en el *Diario de Centroamérica* el 10 de noviembre del mismo año, en esta ley se declara de urgencia nacional el desarrollo racional de los recursos energéticos renovables, indicando que el Ministerio de Energía y Minas estimulará, promoverá, facilitará y creará las condiciones adecuadas para el fomento de inversiones que se hagan con este fin, a través de incentivos fiscales, económicos y administrativos.

Las entidades que realizan proyectos de energía con recursos energéticos renovables gozan de los siguientes incentivos:

- Exención de derechos arancelarios para las importaciones
- Exención del pago del impuesto sobre la renta
- Exención del impuesto a las Empresas Mercantiles y Agropecuarias IETAP



Figura 17. Sistema Solar Fotovoltaico para vivienda rural

Fuente: [https:// www.energiarural.com](https://www.energiarural.com)

Esta Ley vino a llenar el vacío que anteriormente está atendido por el Decreto ley 20-86, Ley de Fomento al Desarrollo de Fuentes Nuevas y Renovables, el cual fue derogado por la Ley General de Electricidad. Tiene una

importante implicación en la electrificación rural, especialmente en aquellos sitios remotos que no tienen expectativa de ser atendidos mediante la extensión de la red nacional. Se espera que a través de los incentivos se genere interés en el desarrollo de proyectos relacionados con energía renovable, que vendría a estabilizar el precio de la energía eléctrica.

En la planificación y construcción de sistemas de generación eléctrica aislados, a partir de energías renovables, se debe tomar en cuenta una serie de situaciones y particularidades del emplazamiento, para que el dimensionamiento y el funcionamiento del sistema sean adecuados a las necesidades de los consumidores, al igual que la eficiencia y la vida útil del sistema sean las máximas.

El desarrollo de proyectos de generación eléctrica, en las comunidades rurales, exige que los habitantes estén informados sobre las implicaciones que conlleva ejecutarlos. Además, se deben considerar los recursos con los que cuentan las comunidades para colaborar en la construcción y puesta en marcha de la instalación

eléctrica, los cuales pueden ser de carácter humano (mano de obra) y/o de carácter económico.

La disponibilidad y voluntad de la población, a colaborar en la ejecución de un proyecto de esta naturaleza, son factores importantes que deben ser analizados desde la planificación del proyecto; de no ser así pueden presentarse inconvenientes: falta de colaboración económica y/o humana, reclamos por demanda de energía no cubierta, etc.



Figura 18. Desarrollo en energía Solar

Fuente: [https:// www.wikienergia.gt](https://www.wikienergia.gt)

En cuanto a la comunidad Buena Vista, se obtuvo información, con la colaboración de los habitantes, autoridades de la municipalidad Esquipulas Palo Gordo y otras dependencias, bases de datos de Instituciones Nacionales como:

Dirección General de Energía, Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, INSIVUMEH, etc.

Esta comunidad ha solicitado varias veces el suministro de energía eléctrica, sin embargo, su solicitud ha sido denegada, justificando que los costos de distribución y transporte son altos; porque en las proximidades de esta comunidad únicamente pasa las líneas de alta tensión.



Figura 19. Entrega de Paneles a comunidad de San Marcos

Fuente: [https:// www.hormigasolar.com](https://www.hormigasolar.com)

Aunque se han desarrollado proyectos de distribución eléctrica en ciertas áreas rurales, muchas de las comunidades que han solicitado este servicio, no lo han recibido, ya que las distintas empresas distribuidoras de energía eléctrica en Guatemala (ENERGUATE Y EEGSA) y algunas empresas de energía eléctrica municipales), disponen de recursos económicos limitados, impidiendo cubrir la totalidad de las solicitudes.

Pero la empresa designada en el Gobierno Central para cumplir con la electrificación rural es el INDE, quien ha estado ejecutando varios proyectos en la medida de la limitación de sus recursos financiero.



Figura 19. Paneles Fotovoltaicos Aislados en San Marcos

Fuente: [https:// www.hormigasolar.com](https://www.hormigasolar.com)

4.2 CASO ANÁLOGO No. 2:

CHILE, 2002. PRIMERA REGIÓN DEL NORTE, PROVINCIAS DE ARICA Y PARINACOTA

Aparte del alto potencial de la radiación solar existente en la región, la utilización de energía eólica significa también una opción interesante para aplicaciones en proyectos de electrificación. La primera aplicación de sistemas híbridos, solar-eólico, se realizó en el año 1996 para la electrificación de la escuela de Colpitas, a una altura de 4500 m.s.n.m. en la comuna altiplánica de General Lagos.



Figura 20. Parque Solar
Fuente: www.bittium-energy.com

El sistema fue compuesto de un generador fotovoltaico con una potencia máxima de 212 Wp y un generador eólico de 300 Wnom, modelo D303, marca Harbarth. Después de un año de operación, el generador eólico falló (fractura de 2 de las 3 aspas) y actualmente, este sistema continúa su operación a través del sistema fotovoltaico.



Figura 21. Parque Solar-eólico
Fuente: www.bittium-energy.com

No obstante, del fallo del equipo eólico, se pudo obtener las primeras experiencias en el diseño y la operación de sistemas híbridos y los sistemas de control. El segundo sistema híbrido fue instalado en el inicio del año 2002 (05.04.2002), a través de un proyecto financiado por la Embajada de Alemania en la posada de Copaquilla, a una altura de 3100 m.s.n.m. Este sistema suministra electricidad para la iluminación, radio y televisión, electrodomésticos del restaurante y pequeñas herramientas eléctricas y está compuesto de los siguientes equipos:

- Generador fotovoltaico: 5 paneles SM55, 220 Wp
- Generador eólico: AIR 403, 400 Wnom.
- Regulador solar y eólico: Atonic, 12 V y Control C40
- Banco de baterías: Sonnenschein dry fit, 400 Ah
- Inversor: ASP 1000W

El monitoreo instalado permite a través de un registro automático, que mide en forma continua los datos meteorológicos y los principales parámetros eléctricos, la evaluación del comportamiento del sistema a largo plazo.

Además, se instaló un simple medidor de kWh a la salida del inversor, que permite registrar el consumo de energía eléctrica por parte de los usuarios y asegurar de esta forma un uso adecuado del sistema.

4.3 CASO ANÁLOGO No. 3:

SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR EN ESPAÑA

España cuenta con numerosos lugares idóneos para la utilización de estos sistemas mixtos. El clima de estas zonas propicia una obtención más eficiente de energía de esta manera que con sistemas eólicos o solares puros.

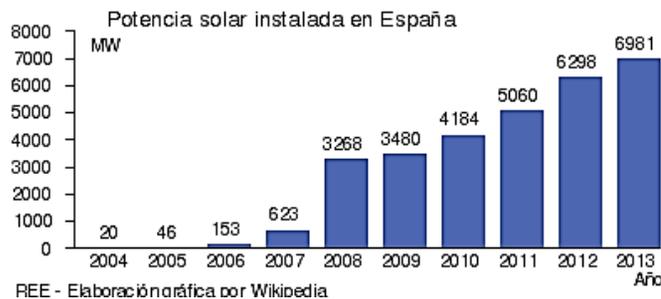


Figura 23. Potencia Solar en España

Fuente: www.esp.energiasrenovaveis.com

Algunos lugares ya cuentan con este tipo de sistemas híbridos. Un ejemplo es una vivienda rural ubicada en el Valle de Baztán (Navarra). El sistema fue promovido el año pasado por el Ayuntamiento de este valle navarro, que adjudicó las obras, por valor de unos 90,000 euros, a la empresa Acciona Solar. El caserío carecía de

energía eléctrica al estar aislado de la red, por lo que el sistema mixto, integrado por paneles fotovoltaicos y un pequeño aerogenerador, y apoyado en un grupo electrógeno diésel, atiende las necesidades eléctricas de sus inquilinos y de su explotación ganadera.



Figura 24. Paneles fotovoltaicos en España

Fuente: www.es.wikipedia.com

Instalaciones fotovoltaicas en áreas rurales de la Comunidad Autónoma del País Vasco hay muchos. Entre otros, cabe destacar, una docena de caseríos de Oñati (5 kilowatios), bordas de pastores en Gorbeia (1 kW), en Sierra Salvada (6 kW), en la Sierra de Aralar, bombeo de abastecimiento de agua para el ganado en

Vitigarra (Álava), con una profundidad de 170 metros y un caudal de 10,000 litros al día en verano.

En el caso de Oñati, desde el año 1998 un total de doce caseríos, aislados del núcleo urbano de esta localidad guipuzcoana, disponen de electricidad transformando la energía del sol y la de un sencillo salto de agua.

La inversión de este proyecto superó los 20 millones de pesetas y fue financiado por la Diputación Foral de Gipuzkoa en un 35%, por el Ente Vasco de la Energía en un 30% y en un 15% por el Ayuntamiento de Oñati, costeándose el resto de la inversión por los propietarios de los caseríos. Los caseríos son utilizados como segunda vivienda, en algunos casos, y en otros como pequeñas explotaciones de ganadería de montaña. En once de estos caseríos la generación de electricidad es mediante paneles solares fotovoltaicos, mientras que, en uno de ellos se ha rehabilitado un pequeño salto de agua.

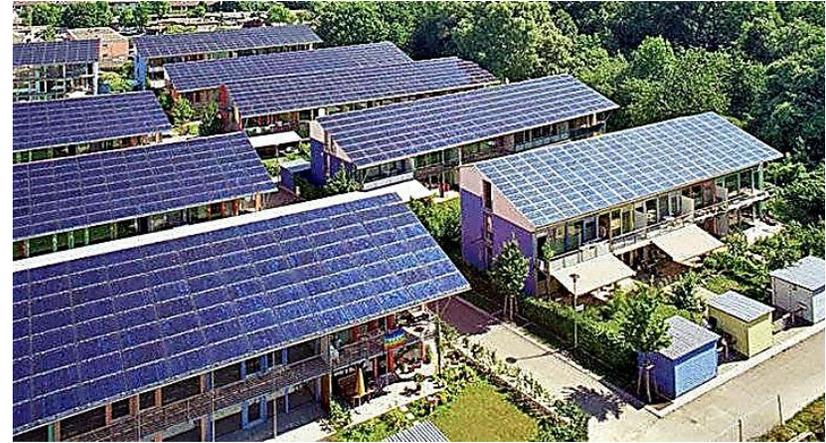


Figura 25: Paneles fotovoltaicos en España
Fuente: [www. Energiarenovada.com](http://www.Energiarenovada.com)

Este proyecto se enmarca dentro de la Estrategia Energética de Euskadi 3E 2005, elaborada por el Gobierno Vasco, que prevé como objetivos para el año 2005 importantes niveles de penetración de la energía solar, con instalaciones adicionales de 20.000 Wp de paneles fotovoltaicos, alcanzando un ahorro anual equivalente a 18 toneladas equivalentes de petróleo. En total el plan contempla un aumento del 116% respecto al ratio actual, siendo la inversión total prevista de 450 millones de pesetas (2,704,554. Euros) en el conjunto de la energía solar (térmica y fotovoltaica).

4.4 CASO ANÁLOGO No. 4:

PROYECTO DE PARQUE SOLAR CON PANELES FOTOVOLTAICOS PARA LA VIVIENDA EN SUIZA

El EPFL (Instituto Federal Suizo de Tecnología de Lausana) ha inaugurado el parque solar más grande de Suiza, un proyecto lanzado en el año 2009, en el cual se instalaron 9.000 paneles solares en 25 edificios, sobre una superficie total de 15.500 metros cuadrados. Este parque suministra 2,2 millones de KWh al año, es decir, el equivalente al consumo de 610 hogares. En el año 2013, Migros, la cadena minorista más grande del país, tuvo una iniciativa similar y montó miles de paneles en los tejados de su centro de distribución en Neuendorf (cantón de Solothurn). El Gobierno suizo alienta a las empresas en general a adoptar tecnologías de energía verdes, ofreciendo una ayuda financiera a las que utilizan sistemas fotovoltaicos.

Según Roger Nordmann, presidente de Swissolar (la Asociación Suiza de la Industria Solar), la energía solar cubre actualmente el 2 % del consumo eléctrico en

Suiza. La producción de este tipo de energía va en aumento, y se espera que este porcentaje se incremente en los próximos años. Una muestra de ello es el gran número de empresas extranjeras especializadas en energía solar que han ingresado recientemente en el mercado suizo. Jinko Solar, Yingli Green Energy y Hanergy Solar, entre otras, han establecido sucursales en el territorio suizo entre 2011 y 2014.



Figura 26. Parque Solar de EPFL

Fuente: www.parquessolares.com

Después de un breve estancamiento del mercado de la energía fotovoltaica (PV) está de vuelta en el camino para el crecimiento en todo el mundo. Cada vez más países se basan en la energía limpia del sol. La energía fotovoltaica anual accidental mundo proporciona alrededor tanta electricidad como 5 AKW del tamaño del cuerpo de la Ciudad Prohibida. En Suiza, el desarrollo es mucho más lento que en los países vecinos. Pero la industria fotovoltaica local ha sido un importante significado económico, con alrededor de 6.000 puestos de trabajo y una facturación anual de 1000 millones de francos suizos (912,252,317Euros).



Figura 27. Detalle de estructura en Parque Solar de EPFL

Fuente: www.epfl.ch/



Figura 28. Paneles verticales en Parque Solar de EPFL

Fuente: www.epfl.ch/



Figura 29. Paneles fotovoltaicos en tejado de edificio de Migros Neuendorf

Fuente: www.mvn.ch

4.5 CUADRO GENERAL COMPARATIVO DE CASOS

ANÁLOGOS

FACTORES GENERALES	CASO 1 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA EN COMUNIDAD DE SAN MARCOS, GUATEMALA	CASO 2 CHILE, 2002. PRIMERA REGION DEL NORTE, PROVINCIAS DE ARICA Y PARINACOTA	CASO 3 SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR EN ESPAÑA	CASO 4 PROYECTO DE PARQUE SOLAR CON PANELES FOTOVOLTAICOS PARA LA UTILIZACIÓN DE LA VIVIENDA SUIZA
UBICACIÓN Y CLIMA	El proyecto se encuentra ubicado en la comunidad de Buena Vista del municipio de Palo Gordo en el departamento de San Marcos, el área en particular es una extensión de terreno montañoso, copado de árboles, caminos rurales, completamente aislada al centro urbano del municipio y departamento, su clima es frío y húmedo.	Arica y Parinacota, es un territorio chileno, considerado por este país como la más septentrional de las quince regiones en las que se encuentra dividido. Limita al norte con Perú, al este con Bolivia, al sur con la región de Tarapacá y al oeste con el océano Pacífico. Debido a su ubicación, es una región con características desérticas. Su geografía está compuesta por 5 franjas longitudinales demarcadas claramente.	España es uno de los países de Europa con mayor irradiación anual. Esto hace que la energía solar sea en este país más rentable que en otros. Regiones como en el norte de España que generalmente se consideran poco adecuados para la energía fotovoltaica, reciben más irradiación anual que la media en Alemania, país que mantiene desde hace años el liderazgo en la promoción de la energía solar fotovoltaica.	Limita al norte con Alemania, al oeste con Francia, al sur con Italia y al este con Austria y Liechtenstein. El clima es por lo general templado, puede variar mucho de localidad a localidad, de las condiciones glaciares en la cima de las montañas a un clima casi mediterráneo en el sur del país. Los veranos suelen ser cálidos y húmedos con lluvias periódicas que ayudan al desarrollo de la agricultura de la región. Los inviernos en las montañas alternan días de sol y nieve, mientras las tierras más bajas tienden a tener días nublados y neblinosos.
LO MÁS RELEVANTE	En la planificación y construcción de sistemas de generación eléctrica aislados, a partir de energías renovables, se debe tomar en cuenta una serie de situaciones y particularidades del emplazamiento, para el dimensionamiento y el funcionamiento del sistema sean adecuados a las necesidades de los consumidores, al igual que la eficiencia y la vida útil del sistema sean máximas.	La situación de las energías renovables en Perú entrando más en detalle en la energía solar que tiene particular importancia para el desarrollo de zonas rurales apartadas, según datos del Ministerio de Energía y Minas del Perú, en los últimos años se ha incrementado a 75% el porcentaje de la población peruana que cuenta con servicio eléctrico.	Instalaciones fotovoltaicas en áreas rurales de la comunidad Autónoma del país Vasco hay muchos. Entre otros, cabe destacar, una docena de caseríos de Oñati (5kW), en Sierra Salvada (6kW), en Sierra de Alarar, bombeo de abastecimiento de agua para el ganado en Vitigarra (Álava), con una profundidad de 170 metros y un caudal de 10,000 litros al día en verano.	El EPFL (Instituto Federal Suizo de tecnología de Lausana) ha inaugurado el parque solar más grande de Suiza, un proyecto lanzado en el año 2009, en el cual se instalaron 9,000 paneles solares en 25 edificios, sobre una superficie total de 15,500 m ² . Este parque suministra 2.2 millones de kWh al año, es decir, el equivalente al consumo de 510 hogares. El gobierno suizo alienta a las empresas en general a adoptar tecnologías de energía verde, ofreciendo una ayuda financiera a las que utilizan sistemas fotovoltaicos.
FACTIBILIDAD	Las entidades que realizan proyectos de energía con recursos energéticos renovables en Guatemala, gozan de los siguientes incentivos: Exención de derechos arancelarios para las importaciones, exención del pago del impuesto sobre la renta, exención del impuesto de las empresas mercantiles y agropecuarias IETAP. Al hacer un análisis de viabilidad energética de un sistema fotovoltaico, se deben tomar en cuenta los recursos naturales solares disponibles en Guatemala, entonces la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica en el Municipio de Esquipulas Palo Gordo, departamento de San Marcos, es factible desde el punto de vista energético, según los recursos naturales disponibles.	Aparte del alto potencial de la radiación solar existente en la región, la utilización de la energía eólica significa también una opción interesante para las aplicaciones en proyectos de electrificación. La primera aplicación de sistemas híbridos, solar-eólico, se realizó en el año de 1996 para la electrificación de la escuela de Colpitas, a una altura de 4500 m.s.n.m. en la comuna altiplánica de General Lagos.	España es uno de los países de Europa con mayor cantidad de horas sol, a lo que se unen los compromisos europeos en instalación de energías renovables así como la conveniencia estratégica de disminuir la gran dependencia energética exterior y aumentar la autonomía energética. Todo ello contribuyó a que España fuera inicialmente uno de los primeros países a nivel mundial en investigación, desarrollo y aprovechamiento de la energía solar. Gracias a una legislación favorable, España fue en 2006 uno de los países con más potencia fotovoltaica instalada del mundo, con 2706 MW instalados en un solo año.	Después de una breve estancamiento del mercado de la energía fotovoltaica está de vuelta en el camino para el crecimiento en todo el mundo. Cada vez más países se basan en la energía limpia del sol. En Suiza, el desarrollo de dicha energía es mucho más lento que en los países vecinos. Pero la industria fotovoltaica local ha sido un importante significado económico, con alrededor de 6,000 puestos de trabajo y una facturación anual de 1000 millones de francos suizos.

4.6 CONCLUSIONES DE CASOS ANÁLOGOS

- Al hacer una observación de los cuatro casos análogos presentados en este proyecto, nos damos cuenta de la diversidad de territorios en algunos casos inhóspitos, las áreas en términos geográficos, climáticos y topográficos, áreas en la que estos países han logrado implementar y utilizar de manera óptima la energía renovable, específicamente energía solar para abastecer a una gran cantidad de sus habitantes, ciudades o comunidades.
- Se puede observar que la mayoría de las ciudades de todo el mundo han desarrollado muy bien la energía a través de paneles fotovoltaicos, derivado de que existe un alto porcentaje de irradiación solar.
- Hemos observado que, si existe la tecnología y las suficientes empresas para proveer los equipos necesarios a grandes ciudades, por lo tanto, para Guatemala no sería difícil adoptar este tipo de sistemas que pueden resultar amigables y de

mucho beneficio para nuestro país ayudando a contener los altos costos en pagos de facturas por electricidad convencional.

- Según los datos de irradiación solar o irradiancia, en Guatemala, la energía solar con tecnología fotovoltaica, es factible utilizarla para generar energía eléctrica conectada a la red, sólo si, se norma o regula la generación de energía eléctrica con fuentes renovables.
- Para la obtención de datos de radiación solar específicamente, es necesario que en Guatemala se realice una base de datos, que incluya información sobre radiación por regiones o departamentos, según distintos ángulos de inclinación.
- Así como otros países impulsan, proyectos, beneficios, investigación, divulgación y laboratorios de estudio, también Guatemala puede seguir el ejemplo de estos países para que las personas adopten la cultura de utilización de la energía solar en sus hogares.



5. ENTORNO Y CONTEXTO



5. ENTORNO Y CONTEXTO

5.1 ENTORNO

Guatemala es un país situado en América Central, en su extremo noroccidental, con una amplia cultura autóctona producto de la herencia maya y la influencia castellana durante la época colonial.

Con una extensión territorial de 108,889km², Guatemala cuenta con una gran variedad climática, producto de su relieve montañoso que va desde el nivel del mar hasta los 4,220 metros sobre ese nivel. Esto propicia la existencia de ecosistemas tan variados que van desde los manglares de los humedales del Pacífico hasta los bosques nublados de alta montaña.

Limita al oeste y al norte con México, al este con Belice y el golfo de Honduras, al sur con El Salvador, y al sureste con el océano Pacífico. El país posee una superficie de 108.889 km². Su capital es la Ciudad de Guatemala, llamada oficialmente Nueva Guatemala de la Asunción. Su población indígena compone un 40% del total del país. El idioma oficial es el español, asimismo cuenta con 23 idiomas mayas.

Cuenta con 8 regiones en donde se encuentran agrupados los 22 departamentos que le pertenecen:

Región I o metropolitana, región II o norte, región III o nororiental, región IV o suroriental, región V o central, región VI o suroccidental, región VII o noroccidental y región VIII o Petén.

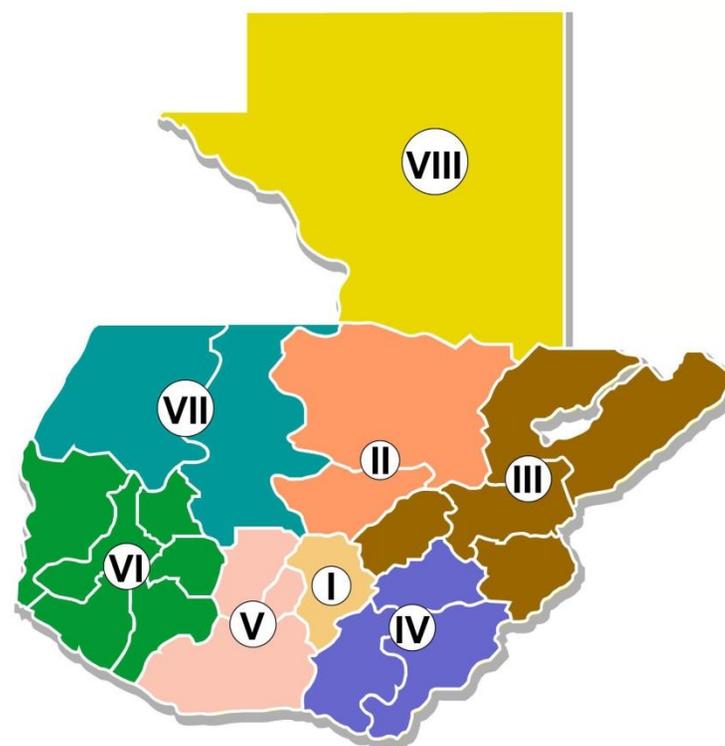


Figura 30.: Mapa de Guatemala
Fuente: <https://www.es.wikipedia.org>

5.2 DEMOGRAFÍA

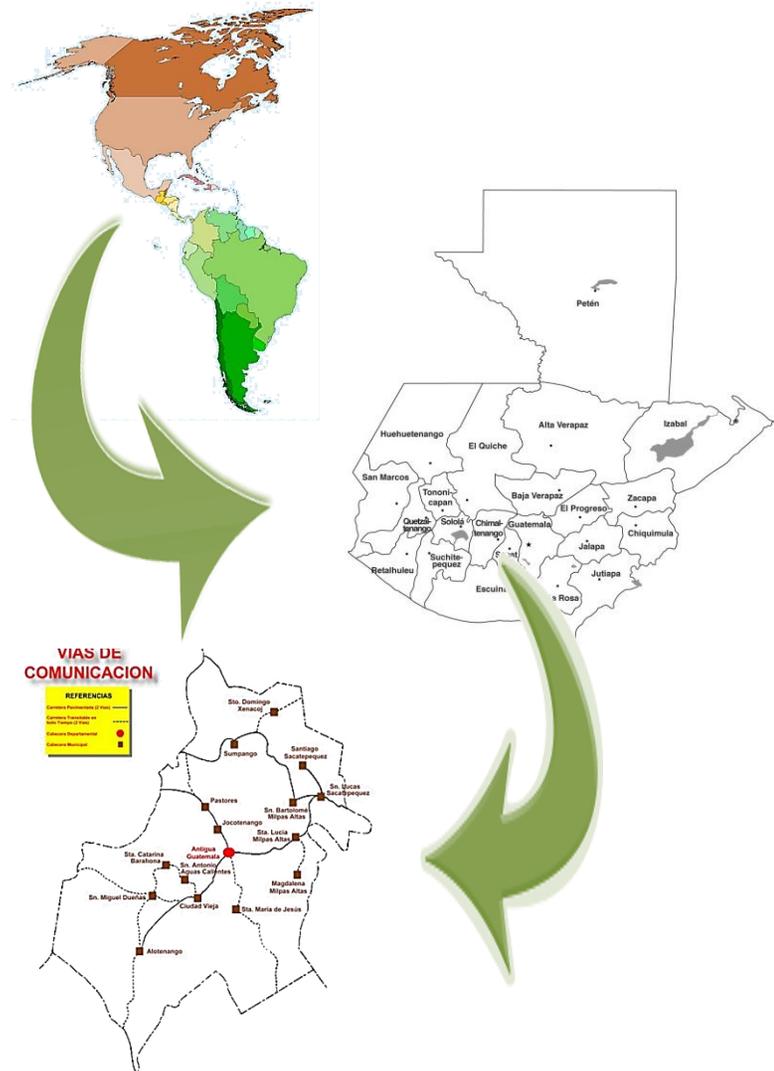
La población de Guatemala es de 15.773.517 habitantes, de los cuales el 40.8% está entre los 0 y 14 años, el 55.5% está entre los 15 y 64 años y el 3.6% de los 65 en adelante.

La división etnográfica es la siguiente:

- Ladinos (conformados por mestizos y descendientes de criollos): 70%,
- Indígenas (grupos de mayas) y Garífuna: 30%

Para desarrollar un proyecto de Implementación de energía solar en una vivienda guatemalteca hemos escogido un área potencialmente en desarrollo de vivienda y geográficamente localizada en el departamento de Sacatepéquez, Guatemala, dentro de la región Sur-occidente (región VI) de la República de Guatemala.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE SACATEPÉQUEZ



Vías de comunicación
Sacatepéquez

Figura 31. Localización
Sacatepéquez

Fuente: elaboración propia

5.3 MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

Los dos nombres de este municipio significan: San Lucas en honor a uno de los 12 apóstoles y Sacatepéquez que esta la composición de las voces náhuatl *Zacat* que significa hierba y *tepet* que significa cerro, “cerro de hierbas”.

Este municipio fue reconocido a partir del 11 de octubre de 1825 fecha en que la Asamblea Constituyente del Estado de Guatemala.

5.3.1 ASPECTOS FÍSICOS

Su extensión territorial es de aproximadamente 24.5 kilómetros cuadrados (datos obtenidos por la Unidad Técnica Jurídica en el 2001). Con una elevación en el valle de 2 100 msnm, con una cobertura vegetal superior al 60%. El bosque húmedo Montano bajo subtropical es la zona de vida predominante en este municipio.

5.3.2 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

La distancia a la cabecera departamental Antigua Guatemala es de 14 kilómetros y a la ciudad capital es de 29 kilómetros. Las coordenadas son:

Tabla I. Coordenadas geográficas y UTM

Coordenadas geográficas	Coordenadas UTM	
14°37'00"N	X	175896,00564929913
	Y	1549780,3923160234
90°39'00"W	Zona	46
	Hemisferio	Norte

Fuente: googleearth.com

5.3.3 POBLACIÓN ACTUAL

El municipio de San Lucas Sacatepéquez cuenta con aproximadamente 25 798 habitantes entre hombres, mujeres y niños.

5.3.4 TOPOGRAFÍA

El pertenecer al complejo montañoso del Altiplano central, San Lucas Sacatepéquez hace que su topografía sea irregular. Las alturas varían entre 2000 y 2003 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con varios cerros y montañas. Los cerros Lomalarga, Chimix, Santa Catarina, Chilayon, Buena Vista, Faldas de San Antonio, Alux, El Astillero, Loma de

Manzanillo, Chinaj, La bandera, Alanzo, Cruz Grande. Mira mundo y Bella Vista son los más conocidos, y las montañas Chimot, el Ahorcado y Chicle.

5.3.5 CLIMA

Se caracteriza por tener un clima frío, una temperatura ambiente que se mantiene entre los 12 a los 17 grados centígrados y una humedad elevada.

5.3.6 COLINDANCIAS

Colinda al norte con San Bartolomé Milpas Altas (Sacatepéquez), al sur con Santa Lucia Milpas Altas (Sacatepéquez), al este con Mixco (Guatemala) y al oeste con San Bartolomé Milpas Altas y Antigua Guatemala (Sacatepéquez).

5.3.7 HIDROGRAFÍA

El municipio de San Lucas Sacatepéquez se ubica dentro de la cuenca hidrográfica de los ríos María Linda, Motagua y Achiguate, San Lucas cuenta con el paso de algunos ríos, los más conocidos por la población son río

Chichorin, Chiteco, La Embaulada, Las Vigas, El Helado y San José.

5.3.8 DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL

Su distribución territorial consta de cuatro aldeas: Choacorrall, Zorzoya, El Manzanillo y La Embaulada, tres caseríos: San José, Chichorin y Chiquel, una comunidad agraria llamada Pachalí, diecisiete fincas entre las que destacan: La Suiza, La Cruz Grande, San Juan, Santa Marta, La Esmeralda, San Ramón, California, los Ángeles, Xelajú, Lourdes, y cincuenta granjas, las cuales pertenecen a familias capitalinas.

5.3.9 FIESTA TITULAR

La fiesta titular se celebra del 17 al 19 de octubre, siendo el 18 el día principal, en honor a San Lucas Evangelista. Durante la fiesta se presentan los bailes folklóricos moros, torito y convite.

5.3.10 PROMEDIO SOLAR ANUAL EN SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

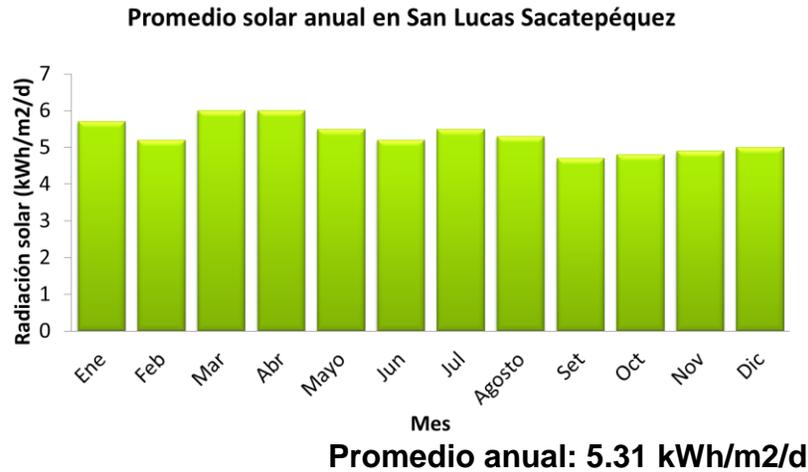


Figura 32. Promedio solar anual de San Lucas Sacatepéquez

Fuente: elaboración propia

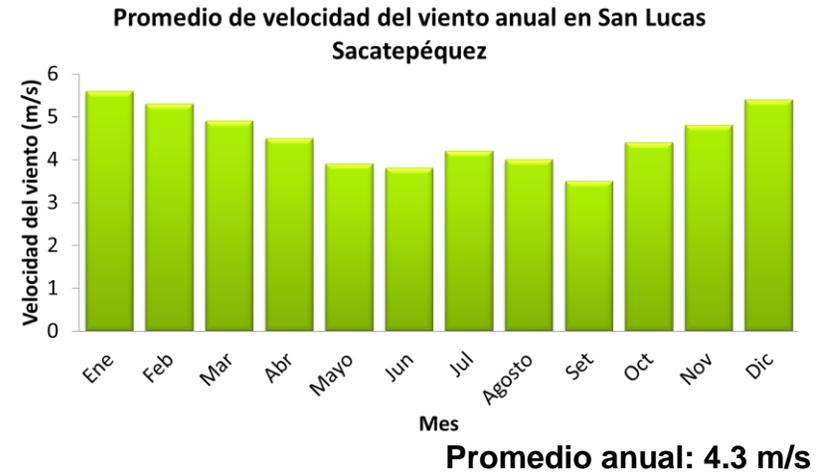


Figura 33. Promedio solar anual de San Lucas Sacatepéquez

Fuente: elaboración propia

RADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL CON UNA RESOLUCIÓN DE 10 POR 10 KM

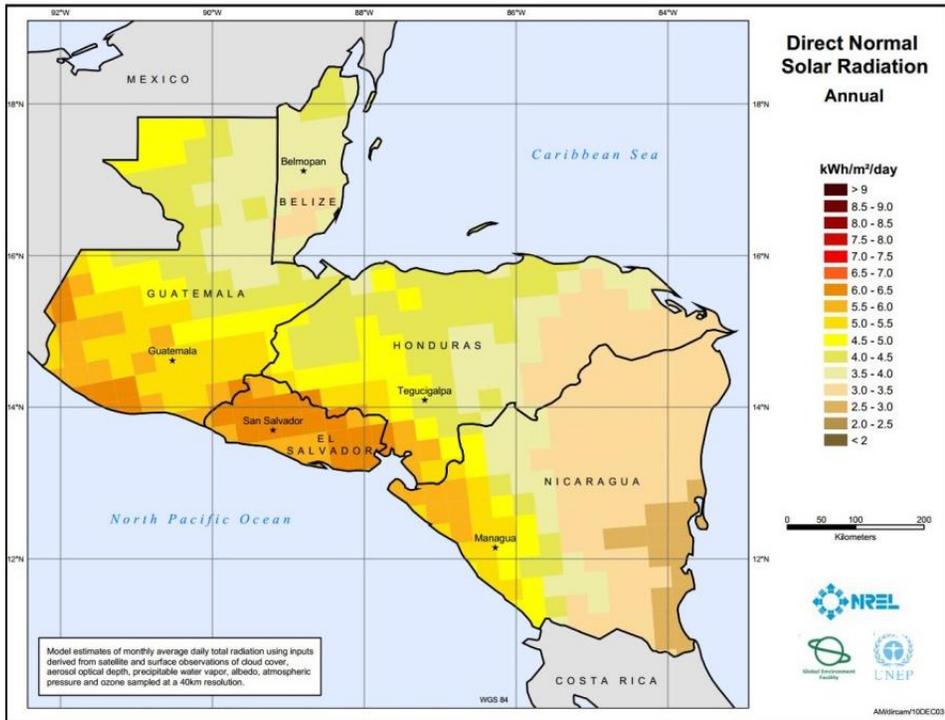


Figura 34. Radiación global horizontal anual

Fuente: SWERA

DIRECCIÓN PREDOMINANTE DEL VIENTO MODAL ANUAL

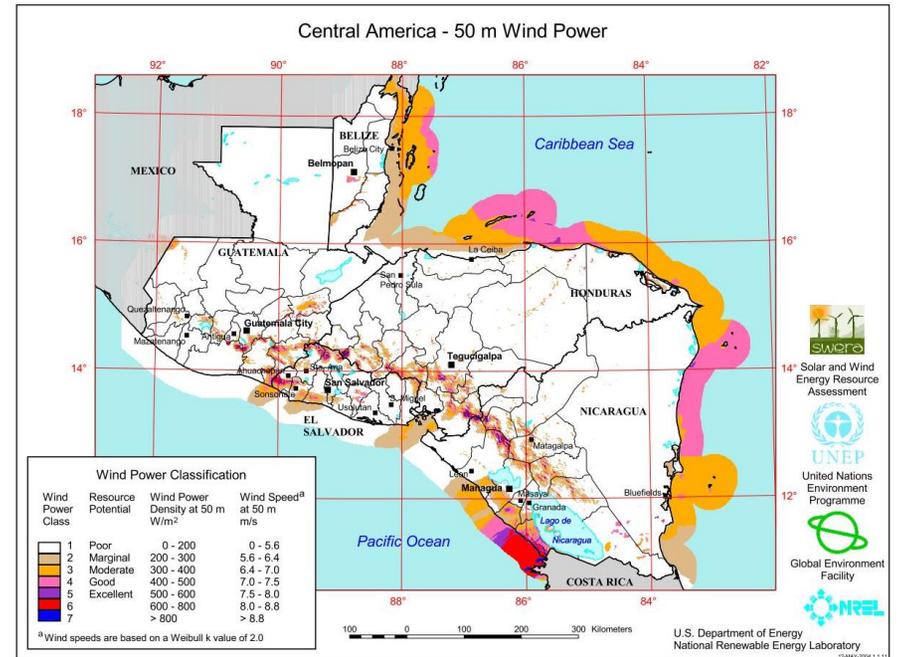


Figura 35. Mapa climatológico de Guatemala

Fuente: SWERA

5.3.11 VÍAS DE COMUNICACIÓN

Su principal vía de comunicación terrestre es la Carretera Interamericana CA-1, de la capital al oeste son 14 km. al entronque al lado sur de la entrada a la cabecera municipal de Mixco.

La otra vía va de San Lucas Sacatepéquez pasa por Chimaltenango y se extiende a los demás departamentos del occidente. Otra ruta de importancia es la nacional 10, que parte de Antigua Guatemala, cruza Palín y llega a Escuintla, donde entronca con la Interoceánica CA-9.

La distancia a la cabecera departamental Antigua Guatemala es de 14 kilómetros y a la ciudad capital es de 29 kilómetros.

5.3.11 UBICACIÓN DEL PROYECTO

Los sistemas solares Fotovoltaicos pueden ser utilizados en cualquier residencia o edificio, por lo tanto, se han considerado diferentes áreas, sectores y lugares, jurisdicción del departamento de Sacatepéquez, los cuales se han poblado durante los últimos años, condominios y residenciales aislados que se encuentran suficientemente lejanos de la ciudad de Guatemala así también del casco urbano de San Lucas Sacatepéquez. Debido a la distancia en que se encuentran estos grupos de vivienda, los proyectos de electrificación para abastecer de energía a los residentes se vuelven demasiado costosos, gastos que representan un aumento de la factura mensual, a todo esto, hay que sumarle el deficiente servicios de energía eléctrica son deficientes.

Previo a ilustrar de qué manera pueden ser utilizados los sistemas solares para colaborar con la economía de los guatemaltecos y en beneficio del ambiente, a manera de entender y conocer se presenta un análisis de forma muy general de los sectores seleccionados:



Figura 37: Sector número 1

Fuente: <https://earth.google.es/>

DATOS GENERALES	
Nombre	CONDOMINIO LA CAÑADA
Ubicación	KM. 30 ½ CARRETERA QUE CONDUCE HACIA SANTIAGO SACATEPEQUEZ
Accesibilidad	CARRETERAS COMPLETAMENTE ASFALTADAS Y PAVIMENTADAS
Transporte público	TRANSPORTE EXTRAURBANO
Uso de suelo	RESIDENCIAL 100%
Topografía	SEMI PLANO 8% A 12% DE PENDIENTES
Área	200/240 m2 por VIVIENDA
Servicio Eléctrico	CUENTA CON ALUMBRADO PUBLICO DE EEGSA
Alambrado publico	CUENTA CON POSTEADO MUNICIPAL SOBRE ACERAS DE ACCESO AL CONDOMINIO
COSTO MENSUAL DE SERVICIO ELÉCTRICO	Q 350/ Q 450 MENSUALES POR FACTURA DE SERVICIO
Alambrado publico	CUENTA CON POSTEADO MUNICIPAL SOBRE ACERAS DE ACCESO AL CONDOMINIO
Otras observaciones	CONDOMINIO BASTANTE ALEJADO DEL CASCO URBANO



Figura 38: Sector número 2

Fuente: <https://earth.google.es/>



Figura 39: Sector número 3

Fuente: <https://earth.google.es/>

DATOS GENERALES	
Nombre	CONDOMINIO LA CAÑADA
Ubicación	KM. 30 ½ CARRETERA QUE CONDUCE HACIA SANTIAGO SACATEPÉQUEZ
Accesibilidad	CARRETERAS COMPLETAMENTE ASFALTADAS Y PAVIMENTADAS
Transporte público	TRANSPORTE EXTRAURBANO
Uso de suelo	RESIDENCIAL 100%
Topografía	SEMI PLANO 8% A 12% DE PENDIENTES
Área	200/240 m2 por VIVIENDA
Servicio Eléctrico	CUENTA CON ALUMBRADO PÚBLICO DE EEGSA
Alambrado publico	CUENTA CON POSTEADO MUNICIPAL SOBRE ACERAS DE ACCESO AL CONDOMINIO
COSTO MENSUAL DE SERVICIO ELÉCTRICO	Q 350/ Q 450 MENSUALES POR FACTURA DE SERVICIO
Alambrado publico	CUENTA CON POSTEADO MUNICIPAL SOBRE ACERAS DE ACCESO AL CONDOMINIO
Otras observaciones	CONDOMINIO BASTANTE ALEJADO DEL CASCO URBANO

Nombre	RESIDENCIALES VILLAS DE GUADALUPE
Ubicación	KM. 35 ½ CARRETERA QUE CONDUCE DE ANTIGUA GUATEMALA HACIA LA CAPITAL
Accesibilidad	CARRETERAS COMPLETAMENTE ASFALTADAS Y PAVIMENTADAS
Transporte público	TRANSPORTE EXTRAURBANO
Uso de suelo	RESIDENCIAL 100%
Topografía	SEMI PLANO 8% A 20% DE PENDIENTES
Área	200/220 m2 por VIVIENDA
Servicio Eléctrico	CUENTA CON ALUMBRADO PÚBLICO DE EEGSA
Alambrado publico	CUENTA CON POSTEADO MUNICIPAL SOBRE ACERAS DE ACCESO AL CONDOMINIO
COSTO MENSUAL DE SERVICIO ELÉCTRICO	Q 350/ Q 450 MENSUALES POR FACTURA DE SERVICIO
Alambrado publico	CUENTA CON POSTEADO MUNICIPAL SOBRE ACERAS DE ACCESO AL CONDOMINIO
Otras observaciones	CONDOMINIO BASTANTE ALEJADO DEL CASCO URBANO

5.3.12 SECTOR SELECCIONADO Y ANÁLISIS GENERAL



Figura 40. Ubicación, vías de acceso y análisis general

Fuente: <https://earth.google.es/>

5.3.13 SOLEAMIENTO

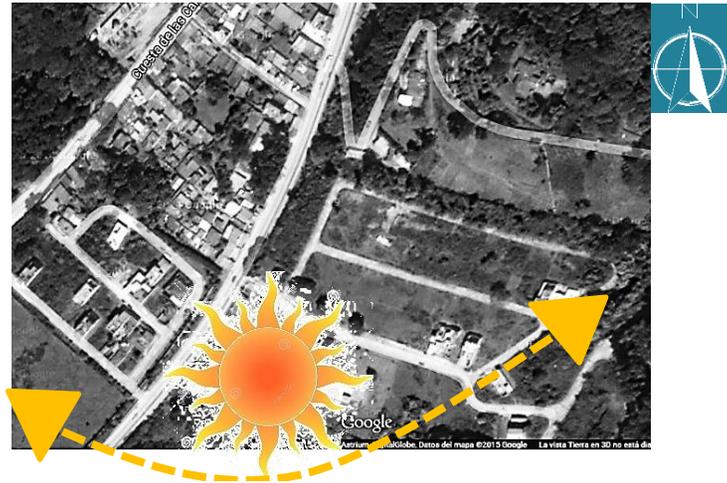


Imagen 41. Análisis de Soleamiento

Fuente: <https://earth.google.es/>

5.3.15 GABARITOS GENERALES

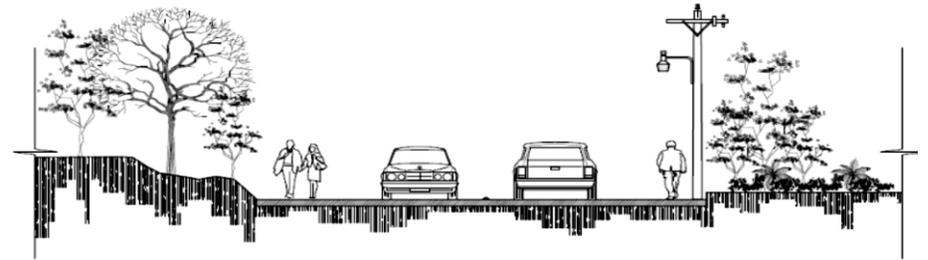


Imagen 43. Calle principal

Fuente: Elaboración propia

5.3.14 VIENTOS

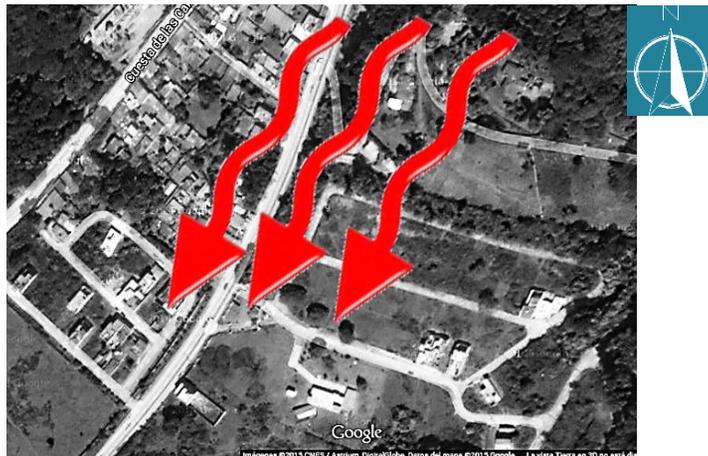


Imagen 42. Análisis de Vientos Predominantes

Fuente: <https://earth.google.es/>

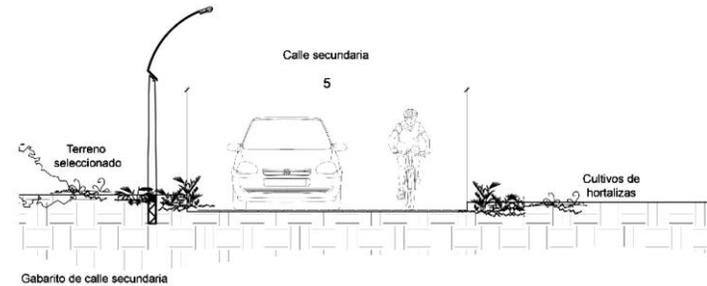


Imagen 44. Calle interna

Fuente: Elaboración propia



6. PROYECTO



6. PROYECTO

6.1 CONJUNTO DE NECESIDADES DE CONDOMINIO



Imagen 45. Conjunto

Fuente: <https://earth.google.es/>

CONJUNTO DE NECESIDADES

No.	COMPONENTE	CANTIDAD
1	VIVIENDAS DE UN NIVEL	45
2	VIVIENDAS DE DOS NIVELES	38
3	VIVIENDAS GRANDES	8
4	LOCAL COMERCIAL	4
5	SALON DE USOS MULTIPLES	1
6	GARITA DE INGRESO	2

6.2 COMPARACIÓN DEL CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA PROMEDIO

TABLA COMPARATIVA DE CONSUMOS
en kWh

COMPONENTE	CONSUMO PROMEDIO EN kWh / últimos 3 meses		
	julio	agosto	septiembre
VIVIENDAS DE UN NIVEL	88	77	90
VIVIENDAS DE DOS NIVELES	121	110	115
VIVIENDAS GRANDES	187	238	262
LOCAL COMERCIAL	120	105	110
SALON DE USOS MULTIPLES	95	105	100
GARITA DE INGRESO	40	35	45

TABLA COMPARATIVA DE CONSUMOS
EN QUETZALES

COMPONENTE	CONSUMO PROMEDIO ECONÓMICO / últimos 3 meses		
	julio	agosto	septiembre
VIVIENDAS DE UN NIVEL	Q 140.80	Q 123.20	Q 144.00
VIVIENDAS DE DOS NIVELES	Q 193.60	Q 176.00	Q 184.00
VIVIENDAS GRANDES	Q 400.00	Q 456.00	Q 472.00
LOCAL COMERCIAL	Q 192.00	Q 168.00	Q 176.00
SALON DE USOS MULTIPLES	Q 152.00	Q 168.00	Q 160.00
GARITA DE INGRESO	Q 64.00	Q 56.00	Q 72.00

6.3 MEMORIA CONCEPTUAL DE DISEÑO

Como se pudo observar en la tabla comparativa de consumo, el área de viviendas con mayor área en metros cuadrados, son las que se ven más afectadas con el alza al consumo de energía eléctrica, son quienes pagan arriba de los Q400.00 mensuales, tomaremos a manera de ejemplo una de las viviendas cuyo consumo tiene un promedio entre Q 350.00 y Q 400.00 de pago mensual.

Se tiene por objetivo detallar las características que precisa una instalación para generar energía eléctrica a partir de energía solar, sin desconexión de la red eléctrica existente, a través de la colocación de un sistema de paneles fotovoltaicos, los cuales cada propietario del condominio podrá comprar, adquirir y proveerse con el fin de economizar en facturación de energía eléctrica.

De acuerdo a investigaciones realizadas con empresas posicionadas en Guatemala que ya operan la distribución de sistemas de energía Solar, llegamos a la

conclusión y hemos establecido en definitiva que utilizaremos LOS SISTEMAS DE PANELES FOTOVOLTAICOS, los cuales ya se encuentran disponibles en diferentes marcas y precios dentro del territorio guatemalteco, así mismo los describimos e ilustramos a continuación:

6.4 BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

- Ahorrar Dinero
- Recuperación de la inversión en pocos años
- Muy bajo Mantenimiento
- Vida útil de los paneles solares de más de 20 años
- Ahorro monetario de hasta 95% del consumo anual de energía
- Alta eficiencia
- Fácil montaje y desmontaje
- Garantizado contra defectos de fábrica
- Aumenta la plusvalía de la propiedad o negocio.

6.5 DATOS TÉCNICOS PARA DISEÑO Y COMPRA DE EQUIPO

- Los paneles disponibles son de 300 Watts
- Pesan aproximadamente 50 libras
- Tamaño del panel es de 1.64 X 1.00 mts.
- 4 paneles producen 172.8 Kilowatts al mes en promedio
- El área requerida para la instalación es de 10 metros cuadrados
- Superficies a instalar: Losas plana de concreto, con vista libre hacia el sur.
- 2 micro inversores con doble MPPT, estos permiten a los paneles funcionar individualmente.
- Es necesario que un técnico certificado haga la instalación, sino el equipo pierde la garantía

6.6 PROCESO DE DISEÑO

De acuerdo a los consumos promedios obtenidos en la investigación de campo que realizamos en el condominio que estamos analizando, tomaremos una de las viviendas con el consumo promedio más alto que es la vivienda más grande con un consumo mensual de Q456.53 para lo cual realizaremos los cálculos necesarios para realizar el presupuesto.

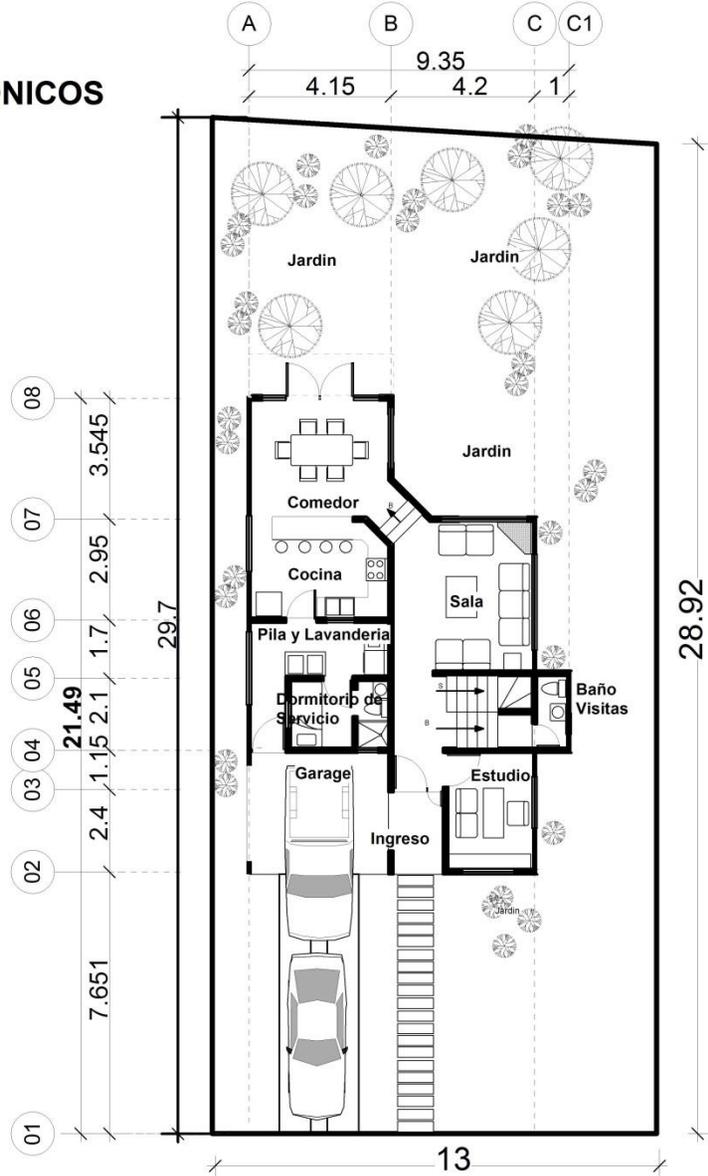
CONSUMO AL MES EN KILOWATTS	229Kwh
CONSUMO AL MES EN QUETZALES	Q 456.53

Como primer paso realizamos el levantamiento de medidas de una de las viviendas existentes, esto con el objetivo de analizar el funcionamiento de las instalaciones existentes específicamente las eléctricas y de fuerza, como están distribuidos los ambientes, las losas y los techos, para la reubicación del cableado, de los circuitos y de la instalación nueva de los equipos de Paneles solares.

Posteriormente analizaremos mediante la factura eléctrica normal que la vivienda consume mensualmente, así mismo proporcionaremos información gráfica y apuntes en 3d, de los equipos a utilizar e instalar correctamente dentro de la línea del circuito eléctrico de la casa, la ubicación misma de los paneles solares en la parte superior de los techos de la vivienda, los componentes exactos del mismo, planos de instalaciones específicas y detalles de instalación de los equipos. Luego se procederá a cambiar la luminaria existente por luminaria LED para ahorrar el consumo de kWh consumidos.

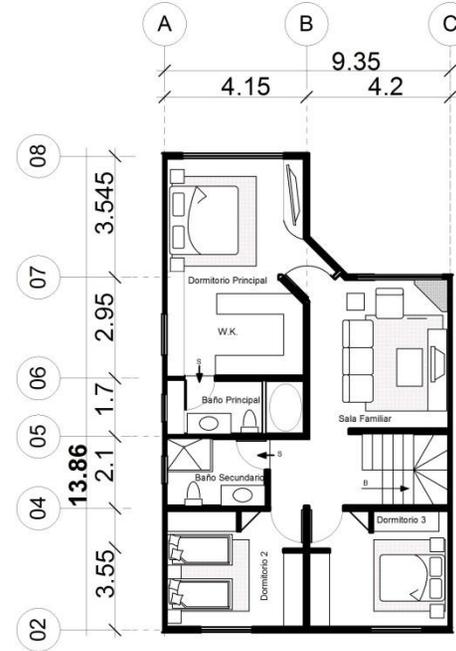
A continuación, se muestran los juegos de planos de la vivienda que se utilizará como ejemplo para aplicar este sistema solar conectado a la red anteriormente descrito en este trabajo.

**PLANOS
ARQUITECTÓNICOS**



Planta Arquitectónica Nivel 1

Escala 1:125

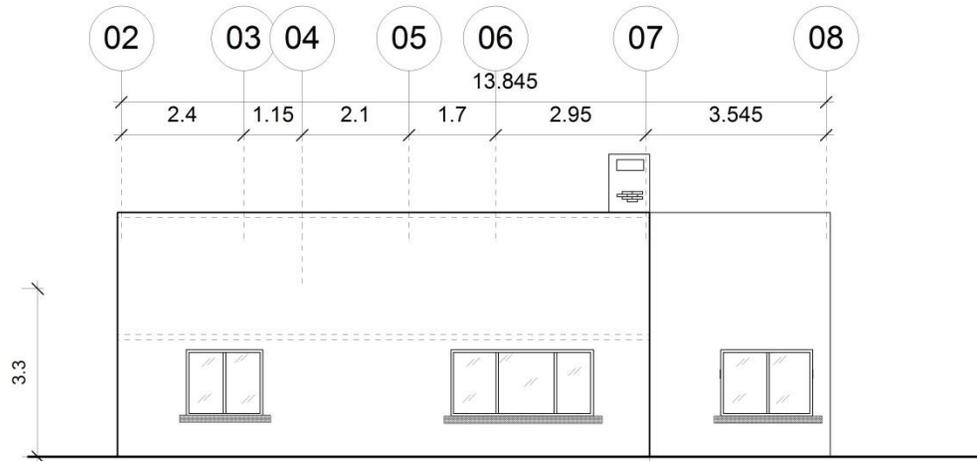


Planta Arquitectónica Nivel 2

Escala 1:125

Fuente: Elaboración propia

FACHADAS



Elevación Lateral

Escala 1:100



Elevación Posterior

Escala 1:100



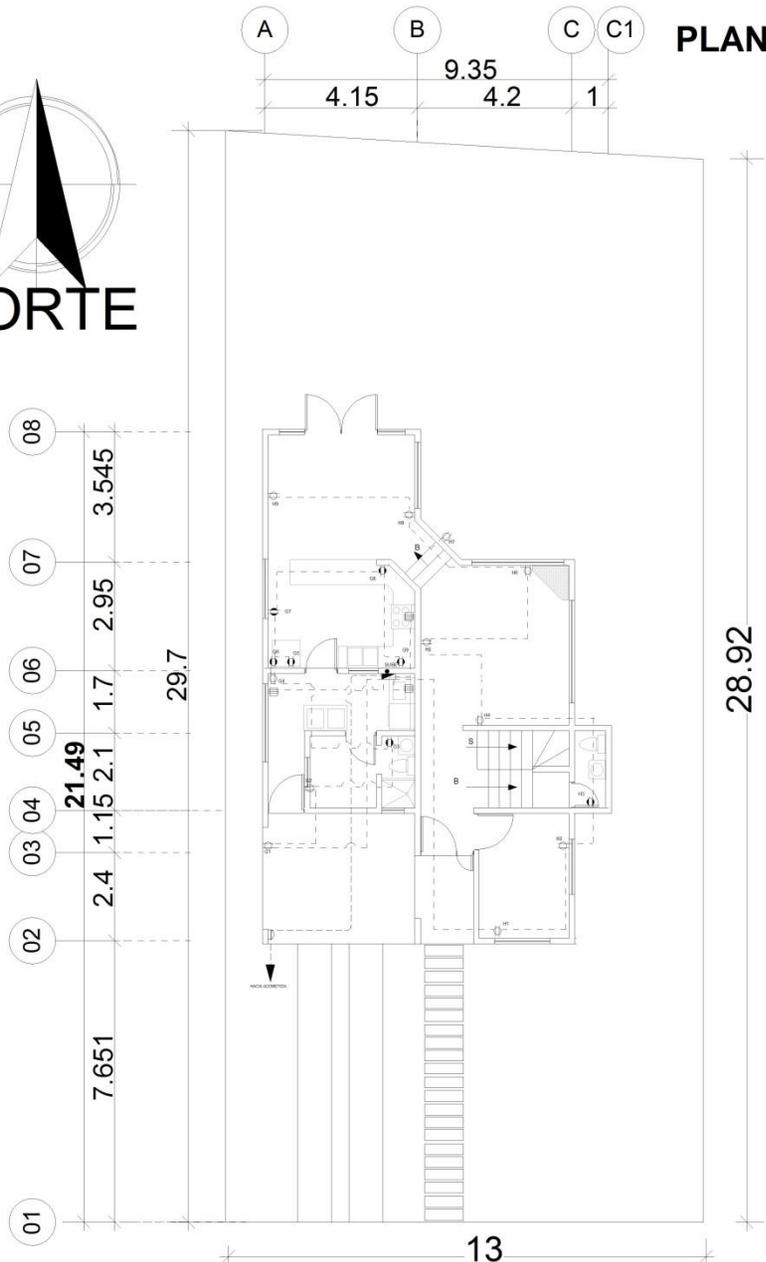
Elevación Frontal

Escala 1:100

Fuente: Elaboración propia



PLANOS DE INSTALACIONES DE FUERZA

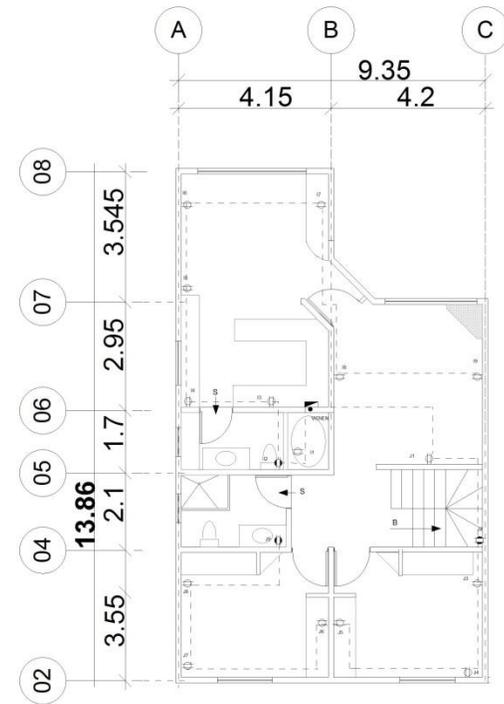


Planta de Fuerza Nivel 1

Escala 1:75

SIMBOLOGÍA DE ELECTRICIDAD

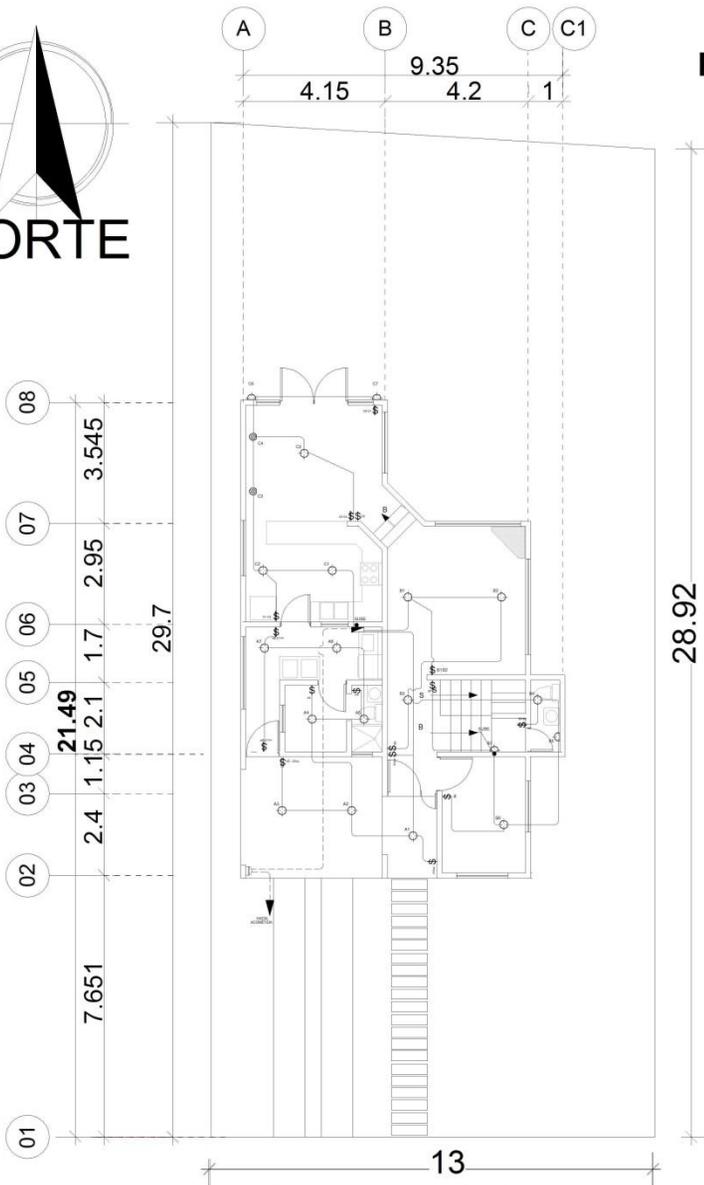
SIMBOLOGÍA DE FUERZA	
	CONTADOR ELÉCTRICO
	TABLERO DISTRIBUCIÓN
	TOMACORRIENTE 110V (1=4.42 m)
	TOMACORRIENTE 110V (1=4.42 m)
	TOMACORRIENTE 110V (1=3.38 m)
	TOMACORRIENTE 220V (1=3.38 m)
	TUBERÍA EN PISO O PARED
	DUCTO VERTICAL



Planta de Fuerza Nivel 2

Escala 1:75

Fuente: Elaboración propia



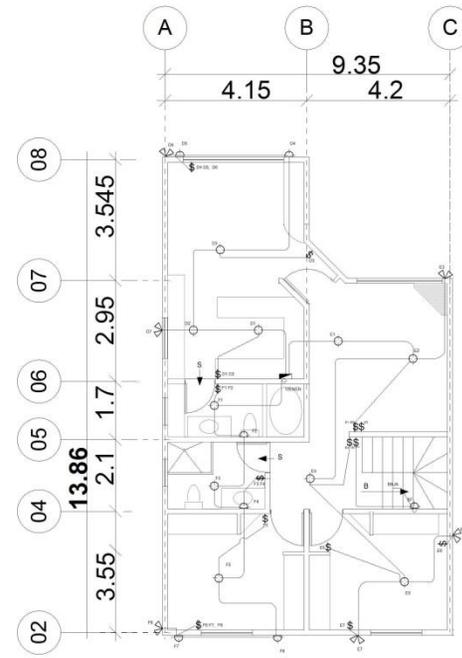
Planta de Iluminación Nivel 1

Escala 1:75

PLANOS DE INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

NOTAS:
 TUBERÍA EN PISO 1ER. NIVEL SERÁ POLIDUCTO DE 1/2" DE DIÁMETRO O INDICADO.
 TUBERÍA EN PAREDES Y LOSA SERÁ P.V.C. ELECTRICO DE 1/2" DE DIÁMETRO, O INDICADO.

SIMBOLOGÍA DE ELECTRICIDAD	
	CONTADOR ELECTRICO
	TABLERO DISTRIBUCION
	FOCO EN CIELO
	FOCO EN PARED
	INTERRUPTOR DOBLE (1x1 50 m)
	INTERRUPTOR THREE WAY (1x1 50 m)
	TUBERIA O DUCTO
	SAIDA DE CABLE TV
	SAIDA DE TELEFONO
	LÍNEA CABLE TV
	LÍNEA FIAN TELÉFONO
	DUCTO VERTICAL



Planta de Iluminación Nivel 2

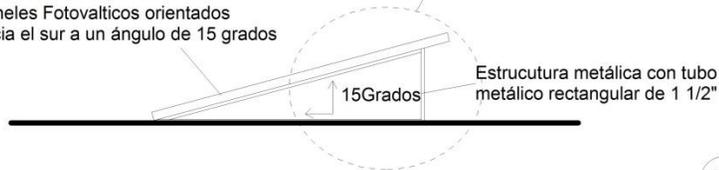
Escala 1:75

Fuente: Elaboración propia

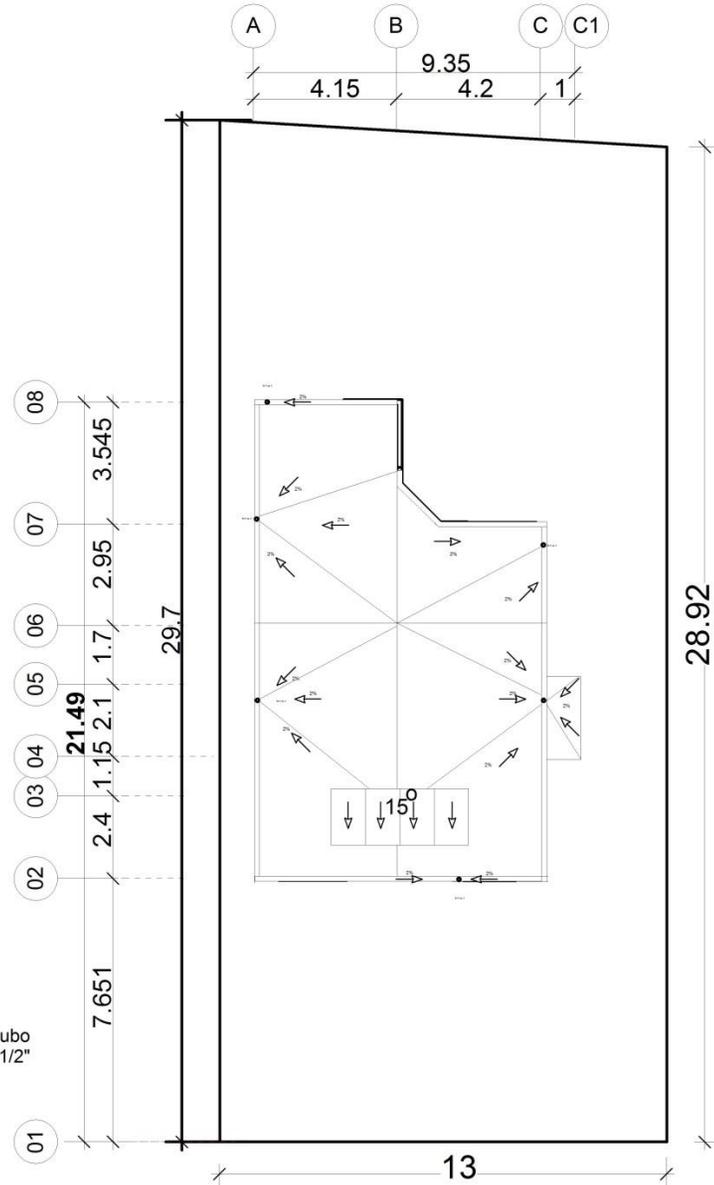
**PLANTA DE TECHOS
INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVÁLTICOS
DETALLE DE ESTRUCTURA**



Instalación de 4 unidades de Paneles Fotovoltaicos orientados hacia el sur a un ángulo de 15 grados



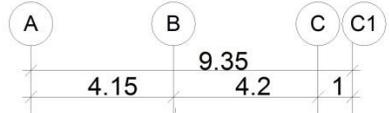
**Detalle Lateral de Paneles
Paneles Fotovoltaicos**



Planta de Techos

Escala 1:75

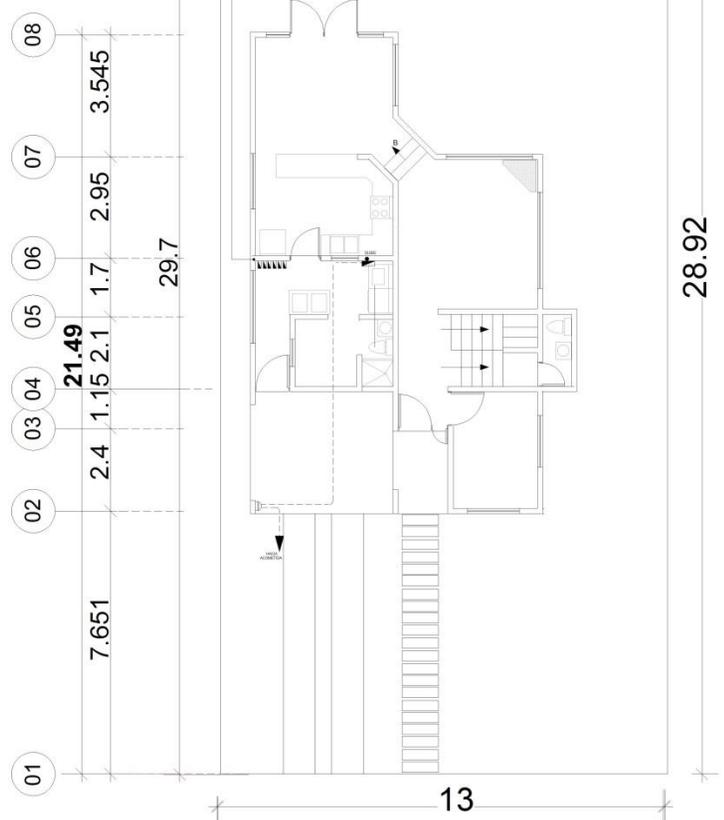
Fuente: Elaboración propia



PLANO DE INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTICOS

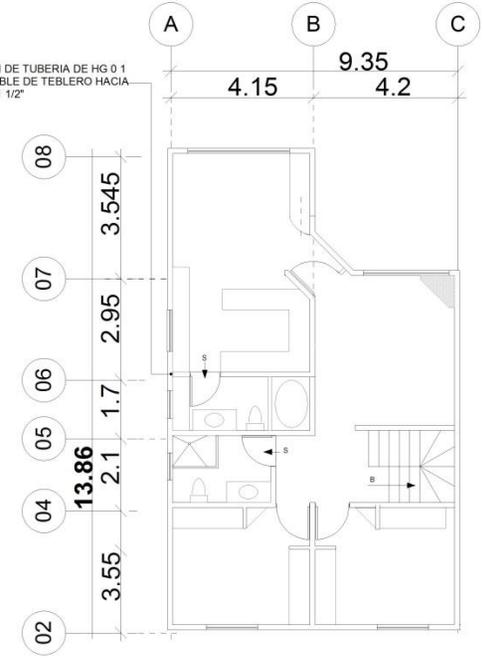
SUBE Y BAJA INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE HG ø1 1/2" PARA CONDUCCIÓN DE CABLE DE TEBLERO HACIA PANELES FOTOVOLTICOS 1 1/2"

INSTALACIÓN DE PANEL PARA MICROINVERSORES O INVERSOR CENTRAL ADJUNTO AL TABLERO DE CIRCUITOS



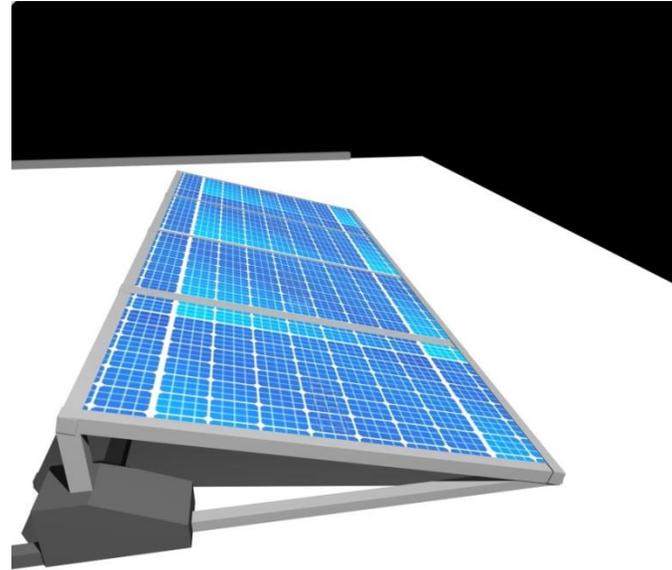
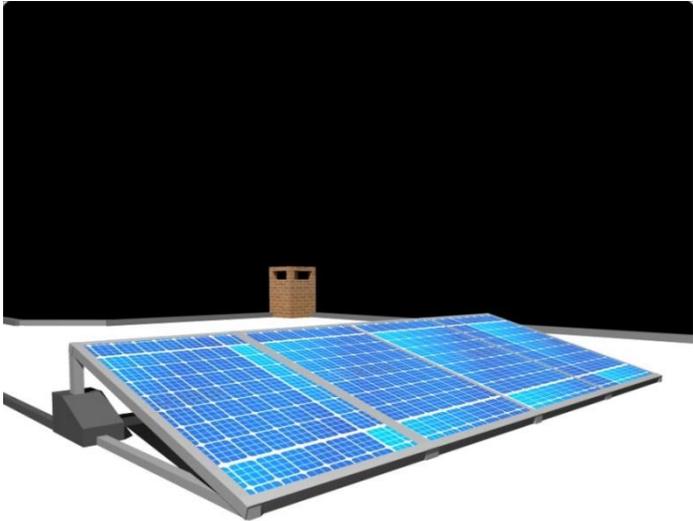
Planta de Instalación de Energía Solar Nivel 1
Escala 1:75

SUBE Y BAJA INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE HG ø1 PARA CONDUCCIÓN DE CABLE DE TEBLERO HACIA PANELES FOTOVOLTICOS 1 1/2"



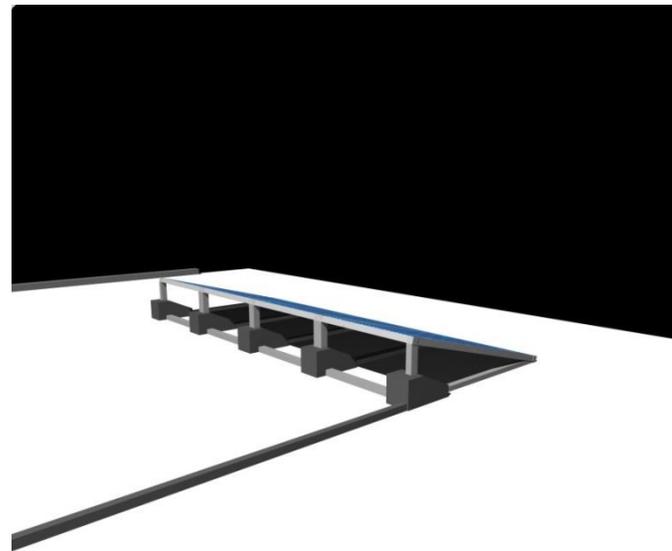
Planta de Instalación de Energía Solar Nivel 2
Escala 1:75

Fuente: Elaboración propia



6.7.1 Vistas de 4 Paneles fotovoltaicos instalados sobre losa plana

Fuente: Elaboración propia





6.7.2 Vistas frontales de vivienda

Fuente: Elaboración propia





Vistas de vivienda

Fuente: Elaboración propia



6.8 CÁLCULO DE CONSUMO PROMEDIO PARA PRESUPUESTO DE PROPUESTA 1 Y 2

POTENCIA REQUERIDA	
Mes de control 1:	187 kWh
Mes de control 2:	238 kWh
Mes de control 3:	262 kWh
Consumo promedio:	229 kWh



Cálculo de la factura (Consumo Normal)	
kWh - Consumo promedio	229
Cargo fijo por Cliente (sin IVA)	Q 9.96
Precio energía promedio (sin IVA)	Q 1.54
Total cargo (sin IVA)	Q 362.90
Total cargos (con IVA)	Q 406.45
Alumbrado Público (13.80% sin IVA)	Q 50.08
Total a Pagar	Q 456.53



En promedio, el 12% del total de la factura eléctrica es por iluminación. Tomando esto como base, al cambiar la iluminación, por luminaria LED, la factura disminuiría en promedio a 202 kWh



Cálculo de la factura (Consumo Normal)	
kWh - Consumo promedio	Q 201.52
Cargo fijo por Cliente (sin IVA)	Q 9.96
Precio energía promedio (sin IVA)	Q 1.54
Total cargo (sin IVA)	Q 320.55
Total cargos (con IVA)	Q 359.01
Alumbrado Público (13.80% sin IVA)	Q 44.24
Total a Pagar	Q 403.25
Ahorro estimado en la Etapa 1	Q 53.28

6.8.1 CÁLCULO DE CAMBIO A LUMINARIA LED

Descripción	Unidades	Precio/Unidad	Precio - Subtotal
Luminaria LED de 7 Watts	7	Q 50.54	Q 353.78
Luminaria LED de 13 Watts	1	Q 126.36	Q 126.36
Total			Q 480.14

Inversión	Q 480.14	
Ahorro estimado etapa 1	Q 53.28	27 kWh
Retorno de inversión para etapa 1 es de 9 meses		

6.9 PRESUPUESTO GENERAL PROPUESTA 1

PRESUPUESTO GENERAL DE VIVIENDA					
Para la instalación del Sistema de Panel Fotovoltaico puesto en funcionamiento					
Consumo promedio 201.52 kWh					
No. Renglón		Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Pecio Total
1	Panel fotovoltaico marca Renesola 300watts, certificados por UL, Monocristalino de alta eficiencia garantía de 15 años	4	Unidades	Q2,300.00	Q9,200.00
2	Microinversor con doble MPPT, marca Renesola, Replus protección para exterior Nema 3R, Display LCD, certificados por UL, Garantía 10 años.	2	Unidades	Q2,300.00	Q4,600.00
3	Tablero de AC disconnect desde controlador a tablero	1	Unidad	Q1,600.00	Q1,600.00
4	DC & AC Lighting Arrestors, sistema de aterrizaje a tierra	1	Unidad	Q950.00	Q950.00
5	Cables para correcto funcionamiento en tubería galvanizada		Global	Q 500.00	Q500.00
6	Tubería Galvanizada de 1"	1	Unidad	Q 800.00	Q800.00
7	Estructura de aluminio para sistema solar	1	Global	Q 1,750.00	Q1,750.00
8	Mano de obra por instalación	1	Global	Q 1,375.00	Q1,375.00
9	Tramite de servicio en la Empresa Eléctrica	1	Global	Q 650.00	Q650.00
TOTAL POR VIVIENDA					Q21,425.00
<p>Con esta opción, el sistema estaría produciendo 172.8 kWh, con un ahorro estimado de Q402.17 Retorno de la inversión en 4.4 años</p>					

6.10 PRESUPUESTO GENERAL PROPUESTA 2

PRESUPUESTO GENERAL DE VIVIENDA					
Para la instalación del Sistema Solar conectado a la red					
Consumo promedio 201.52 kWh					
No. Renglón		Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Panel fotovoltaico marca Renesola 300 Watts, certificados por UL, Monocristalino de alta eficiencia garantía de 15 años	6	Unidades	Q2,300.00	Q13,800.00
2	Microinversor con doble MPPT, marca Renesola, Replus protección para exterior Nema 3R, Display LCD, certificados por UL, Garantía 10 años.	3	Unidades	Q2,300.00	Q6,900.00
3	Tablero de AC disconnect desde controlador a tablero	1	Unidad	Q1,600.00	Q1,600.00
4	DC & AC Lighting Arrestors, sistema de aterrizaje a tierra	1	Unidad	Q950.00	Q950.00
5	Cables para correcto funcionamiento en tubería galvanizada		Global	Q 500.00	Q500.00
6	Tubería Galvanizada de 1"	1	Unidad	Q 800.00	Q800.00
7	Estructura de aluminio para sistema solar	1	Global	Q 1,750.00	Q1,750.00
8	Mano de obra por instalación	1	Global	Q 1,375.00	Q1,375.00
9	Trámite de servicio en la Empresa Eléctrica	1	Global	Q 650.00	Q650.00
TOTAL POR VIVIENDA					Q28,325.00
<p>Con esta opción, el sistema produce 210 kWh mensual, con un ahorro estimado de Q403.25 Retorno de la inversión en 5.8 años</p>					

**6.12 CRONOGRAMA DE INSTALACIÓN PARA
PROPUESTA 1 Y 2**

CRONOGRAMA DE INSTALACIÓN					
No.	Renglón	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
1	Instalación paneles				
2	Instalación microinversores				
3	Instalación tablero				
4	Instalación de sistema de aterrizaje a tierra				
5	Instalación de cables para tubería galvanizada				
6	Instalación de tubería galvanizada de 1"				
7	Instalación de estructura de aluminio para sistema solar				
9	Trámite de servicio en la Empresa Eléctrica				



7. CONCLUSIONES



7. CONCLUSIONES

En Guatemala ya se cuenta con empresas especializadas en la distribución y venta de sistemas solares con paneles fotovoltaicos y micro inversores, los cuales son importados directamente de Europa, Estados Unidos y China, en el país no existe tecnología para poder producirlos.

Con el avance de la tecnología disminuirá el costo por panel, inversores y microinversores, así como su instalación, dando así una mayor accesibilidad para todo tipo de familias de clase media.

Si se toma en cuenta la tarifa de la Empresa Eléctrica no va en aumento, por lo cual será posible obtener los retornos de inversión a un plazo máximo promedio de 6 años.

La instalación de los equipos y la puesta en funcionamiento depende directamente de las empresas proveedoras, únicamente ellos tienen el personal calificado y especializado para la manipulación y conexión de dichos equipos.

Se debe tener especial cuidado con el cálculo de niveles de energía disponibles, en base a información confiable sobre de recursos para evitar crear falsas expectativas entre los usuarios.

Los paneles fotovoltaicos tienen un tiempo de vida entre 25 y 30 años.

Todos los aparatos electrodomésticos de la casa pueden utilizarse mientras esté en funcionamiento el sistema de paneles fotovoltaicos.

Equipos importantes como Bombas de agua, instalaciones en cisternas, Calentadores Generales y alumbrados especiales, también pueden ser utilizados mientras está en funcionamiento los paneles fotovoltaicos, mas sin embargo según el consumo en Kilowatts que se necesite así mismo aumentaría la cantidad de paneles solares.



8. RECOMENDACIONES



8. RECOMENDACIONES

Es necesario que en Guatemala se realice una base de datos para obtener la radiación solar específica por regiones o departamentos, según distintos ángulos de inclinación.

Incluir en el Pensum de arquitectura, contenidos sobre el uso de fuentes renovables para la generación de energía, promoviendo el uso de las mismas, ya que gran parte del futuro ambiental de nuestro país está en manos de los futuros profesionales.

Se recomienda utilizar módulos fotovoltaicos monocristalinos sobre los policristalinos, ya que la entrega de energía por centímetro cuadrado de superficie del panel es mayor.

Contar con asesoría de profesionales especializados en sistemas fotovoltaicos, para el diseño, instalación y mantenimiento del equipo

Promover la creación de más incentivos para promover del uso de sistema de paneles fotovoltaicos en la vivienda guatemalteca.



9. FUENTES DE INFORMACIÓN Y CONSULTA



9. FUENTES DE INFORMACIÓN Y CONSULTA

9.1 BIBLIOGRAFÍA

Centro de Estudios de la Energía Solar. (2000). La energía solar: aplicaciones prácticas. Sevilla: Promotora General de Estudios.

Acosta Rubio José. (1993). Energía solar: utilización y aprovechamiento. Madrid, ES. Editorial Paraninfo.

Miguel Alonso Abella. (2005). Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica. Ediciones S.A.P.T. Publicaciones Técnicas S.L.

Miguel Pareja Aparicio. (2010). Energía Solar Fotovoltaica
Marcombo Boixareu Editores; Edición: 2.

Manuel García López. (2010). Manual de mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red. Editor: Fundación Mapfre.

Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica. (2008). Varios. Publicación de ponencias curso CIEMAT. Editorial CIEMAT

Alcor Cabrerizo, Enrique. Instalaciones Solares Fotovoltaicas. 3a. edición.
España: Editorial: PROGENSA, Promotora general de estudios, S.A. 2002. 271 pp

9.2 TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Díaz Castillo, O. (2005). *Tesis de sistema fotovoltaico Residencial con capacidad de venta de energía a la Red de Distribución*. Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Joachín Barrios, C. (2008). *Tesis de sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a las comunidades rurales del departamento de San Marcos*. Escuela de Ingeniería Química Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Maldonado Rodas, E. (2011). *Tesis de paneles solares como fuente de energía eléctrica para sistemas de mini riego en producción de hortalizas en el departamento de quiché*. Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Piriz Sagajon, Y. (2009). *Tesis de Master de Energía Solar Térmica y fotovoltaica aislada para pequeñas comunidades del Perú*. Escuela Técnica superior de Ingeniería Camins-Canais UPC Barcelona Tech, España.

9.3 FUENTES DIGITALES DE INFORMACIÓN

Instalación Fotovoltaica en viviendas Unifamiliares

<http://solarseniorindustry.com/wp-content/uploads/Instalacion-fotovoltaica-tipo-en-vivienda-ES.pdf>

<http://www.rae.es/vocabulario-cientifico-y-tecnico>

<http://erenovable.com/energa-solar-guia-para-empezar-en-el-hogar/>

<http://www.eegsa.com/>

Energía, energía fotovoltaica y celdas solares de alta eficiencia. (2007)

<http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art89/int89.htm>

<https://www.insivumeh.gob.gt>

<https://datos.bancomundial.org/pais/guatemala>

<https://www.enersolt.com>

<https://alternativassolares.com>

<https://opcionsolar.com>

<https://solarguat.com>

<https://energiaparaelfuturo.com>

<http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Guatemala/1/Gobierno%20de%20Guatemala%20INDC-UNFCCC%20Sept%202015.pdf>



10. GLOSARIO



10. GLOSARIO

- **Amperio:** Unidad de intensidad de corriente eléctrica del sistema internacional, equivalente a la intensidad de una corriente constante que, al circular por dos conductores paralelos y rectilíneos, colocados a la distancia de un metro uno de otro en el vacío, produciría entre dichos conductores una fuerza de dos diezmillonésimas de newton por cada metro de longitud.
- **Biomasa:** Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.
- **Corriente continua:** Corriente eléctrica que fluye siempre en el mismo sentido.
- **Fotoconductor, ra:** Dicho de un cuerpo: De conductividad eléctrica variable según la intensidad de la luz que lo ilumina.
- **Foto emisivo:** Sustancia, aparato, etc., que emite electrones al incidir en ellos radiaciones electromagnéticas.
- **Fotovoltaico:** Perteneiente o relativo a la conversión directa de energía luminosa en energía eléctrica.
- **Geotermia:** Estudio científico de la geotermia, considerada como una fuente de energía.
- **Irradiación.** Se refiere a la cantidad de energía solar recibida durante un determinado período de tiempo, se mide en Wh/m².
- **Irradiancia:** Término que se usa para determinar la cantidad de energía que se capta en un área y tiempo, la cantidad de radiación solar que cae en una superficie terrestre, se mide en W/m².
- **Microinversor solar:** Es un inversor fotovoltaico que convierte la corriente eléctrica (corriente continua) de uno o dos, dependiendo del fabricante, paneles solares a corriente alterna (AC).
- **Silicio:** Elemento químico de número atómico 14, que constituye más de la cuarta parte de la corteza terrestre, donde está presente en forma de sílice, como en el granito y en el cuarzo, y de silicatos, como en la mica, el feldespato y la arcilla, que, por sus propiedades semiconductoras, tiene gran aplicación en la industria electrónica para la fabricación de transistores y células solares, y cuyos derivados presentan gran variedad de usos, desde las

industrias del vidrio a las de los polímeros artificiales, como las siliconas.

- **Voltaje:** Cantidad de voltios que actúan en un aparato o sistema eléctrico.
- **Watt:** Es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es W. Es el equivalente a 1 joule por segundo (1J/s), este término está en inglés, en español es el vatio.