

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
Facultad de Ciencias Económicas



**"VIABILIDAD DE GENERAR ELECTRICIDAD
UTILIZANDO LA ENERGIA SOLAR, COMO MEDIO DE
DESARROLLO PARA ALGUNAS MUNICIPALIDADES DE
NUESTRO PAIS, CON ENFASIS EN EL AREA RURAL"**

Trabajo de Graduación Presentado por:

**Ricardo Funes Salazar
Josué Noé Estrada Reyes
César Augusto Palma Alvarado**

Para optar al Grado de:

**Maestro en Administración de Empresas y
Consultoría Empresarial**

Diciembre de 2000.

San Salvador, El Salvador Centro América

CAPITULO I

ASPECTOS PRELIMINARES.

1.1 Antecedentes

Para la producción de calor y trabajo, el hombre ha utilizado a lo largo de su historia, una gran variedad de recursos energéticos, que van desde la combustión de leña hasta la utilización de energía nuclear.

Debido al incremento demográfico mundial, y más en nuestro país por sus características territoriales, la utilización de recursos energéticos como la leña resulta nociva y depredadora del medio ambiente, así como también resulta perjudicial el uso de derivados del petróleo.

Los recursos económicos de cada país inciden directamente en la división del mundo en dos grandes grupos, con respecto a la cantidad y formas de uso de la energía. Mas de los 5/6 de toda la energía obtenida del petróleo o por medios hidroeléctricos o nucleares, son utilizados por los 1,700 millones de habitantes de los países ricos; mientras, que menos del 1/6 corresponde a los casi 4,300 millones de pobladores de los países pobres.¹ El problema se considera

¹ "RECURSOS ENERGETICOS RENOVABLES", Norman L. Brown, Ediciones Nuevomar, 1978

grave, ya que una gran parte de la población en el área rural de los países en desarrollo, carece del servicio de energía eléctrica, lo que va en detrimento de su calidad de vida.

En nuestro país, la energía eléctrica es generada principalmente por medio de recursos hidráulicos y geotérmicos; sin embargo, los mismos no son suficientes para abastecer la demanda existente, por lo que también se utilizan plantas generadoras que consumen derivados del petróleo, lo que eleva sus costos de producción y contaminan el medio ambiente; esto hace necesario adoptar otras formas de generación "limpias" o no contaminantes.

A pesar que el sistema hidroeléctrico nacional produce casi dos tercios del suministro de energía eléctrica del país, el medio ambiente está bajo alto riesgo debido a la alta deforestación, en parte, causada porque el 90% de los hogares rurales ocupan la leña como fuente energética.

Una característica de los recursos naturales no renovables, como el petróleo, es que disminuyen a medida que se usan; mientras que los recursos naturales renovables, al ser administrados adecuadamente pueden explotarse ilimitadamente; es decir, no disminuyen a medida que se aprovechan.

La principal fuente de energía renovable es el sol, la cual en otros países como los Estados Unidos, España y Alemania, desde hace muchos años se han desarrollado avanzadas tecnologías para aprovechar de forma adecuada la radiación solar, y obtener calor y electricidad. El calor se logra mediante colectores térmicos, y la electricidad, a través de los llamados módulos fotovoltaicos. Es sobre estos últimos que dedicamos nuestro trabajo, permitiendo convertir la luz del sol en un potencial eléctrico.

El estudio pretende poner en manos de la sociedad, la viabilidad de una alternativa de generación de electricidad compatible cien por cien con el medio ambiente, para provecho de municipios con énfasis en el área rural; tomando en cuenta que el horizonte a corto y mediano plazo indica, que la posibilidad de llevar energía eléctrica a los lugares carentes de ella, es desde el punto de vista económico prácticamente nula; ya que resulta muy costoso para las distribuidoras de la energía eléctrica instalar redes de distribución y subdistribución, para municipios de relativamente bajo perfil de consumo eléctrico.

Consideramos que proporcionar a los municipios que carecen del servicio del fluido eléctrico, la viabilidad de generar energía eléctrica por medios no convencionales como el sol, estaríamos aprovechando una fuente energética gratuita, limpia e inagotable, la cual se presenta como seria alternativa al problema de la electrificación rural, con

claras ventajas, tales como: los "paneles solares" no contaminan ni producen ningún ruido, no consumen combustible y no necesitan mantenimiento; además, y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, ya que captan la luz que se filtra a través de las nubes. Por lo tanto, el aprovechamiento de la energía solar se perfila como un medio para lograr el tan ansiado desarrollo local.

1.2 Formulación del Problema.

La calidad de vida de la población del área rural de nuestro país presenta muchas limitaciones al no tener acceso a las ventajas y servicios de los que goza el resto de la sociedad. Por lo tanto, no se está cumpliendo con la igualdad de oportunidades, que es uno de los postulados de la democracia

Problema: las comunidades del área rural en su mayoría no cuentan con suministro de energía eléctrica que les permita, en primera instancia, satisfacer sus necesidades energéticas básicas, y posteriormente potenciar sus niveles de desarrollo; de tal manera, que sus habitantes puedan mejorar sus niveles de vida, disfrutando de los avances tecnológicos tanto en bienes como en servicios.

Entonces, la electrificación rural se convierte en instrumento estratégico para el desarrollo económico y social, mediante la implementación de los siguientes servicios:

- a) Iluminación pública
- b) Iluminación domiciliar
- c) Abastecimiento de agua, ya sea de pozos o manantiales
- d) Utilización de equipos del hogar
- e) Máquinas y herramientas eléctricas de trabajo
- f) Desarrollo de mejores comunicaciones

1.3 Alcance del Estudio.

La investigación se desarrollará en una comunidad ubicada en el área rural, cuya población carezca del suministro de energía eléctrica, y que permita demostrar la factibilidad de implementar sistemas de generación de electricidad, por medio de la energía solar; comprendiendo las consideraciones técnicas y económicas, sugiriendo una guía de implementación que pueda ser aplicada por otras comunidades.

1.4 Justificación.

La disponibilidad de recursos energéticos naturales es uno de los factores más importantes para el desarrollo humano, al hacer posible un incremento en su nivel de vida, permitiendo satisfacerle sus diferentes necesidades, desde las más básicas hasta las más complejas.

Los resultados del estudio pretenden beneficiar a la población del área rural, que es la que más carece de servicios básicos. Por lo cual, el trabajo considera la factibilidad de suministrar en dichas áreas, electricidad abastecida con energía solar. Dado los altos costos de instalación de redes eléctricas, los cuales se incrementan según sean las distancias y el acceso de los pueblos localizados en el área rural; sus pobladores no pueden recibir los servicios de energía eléctrica. Este abandono, ha sido comprobado recientemente; ya que derivado de la privatización de las distribuidoras de energía, hasta la fecha, éstas no han llevado a la práctica ningún proyecto de ampliación de redes en el área rural.

La falta de energía eléctrica, incide directamente en las oportunidades de desarrollo y afecta a la calidad de vida, tanto en el campo individual como público. En lo individual, hay carencia de alumbrado, no se pueden instalar refrigeradores para mantener alimentos, ni conectar cocinas para cocinar dichos alimentos. Desde el aspecto público, se dejan de alumbrar áreas de uso colectivo, lo que aumenta los niveles de delincuencia.

Además, se considera que el estudio tendrá mucho más valor, debido a que para su implementación no se emplean insumos que degradan el medio ambiente; si no que por el contrario, se utilizarán recursos que la misma naturaleza proporciona. Con lo cual, no solo se estará beneficiando a las personas

que implementen el proyecto, ya sea recibiendo agua o alumbrado, sino que a todos los demás habitantes del país al no haber contaminantes de ninguna naturaleza. Por lo tanto, el proyecto se puede calificar como totalmente ecológico.

Otro beneficio adicional, lo recibirá la economía del país por medio del ahorro potencial de divisas, al reducirse la importación de derivados del petróleo fuel oil búnker etc. para la generación de energía adicional para éstas áreas.

Finalmente, con la aplicación de la tecnología a recomendar, ya puesta en práctica en otros lugares, estaríamos promoviendo a que nuestro país se una a los más desarrollados en este campo, y trasladaríamos a los habitantes del área rural, los beneficios del avance del desarrollo y el conocimiento.

1.5 Objetivo General y Específicos.

a) Objetivo general.

Demostrar la viabilidad técnica - económica para dar solución a la demanda del área rural de suministro de energía eléctrica mediante la implementación de sistemas alimentados por generadores eléctricos basados en la energía solar.

b) Objetivos específicos.

- Demostrar que se puede mejorar la calidad de vida de los habitantes de las municipalidades, sin acceso a la red de distribución eléctrica nacional, por medio de la generación de energía eléctrica no convencional.
- Determinar los municipios que por sus condiciones climatológicas son factibles para que utilicen la energía solar.
- Documentar los procedimientos necesarios para que una municipalidad pueda hacer uso de la energía eléctrica generada por sistemas no convencionales.

1.6 Hipótesis General y Especificas.

a) Hipótesis general.

La implementación de sistemas de generación de energía eléctrica por medios no convencionales se traduce en un beneficio directo para el desarrollo del área rural.

b) Hipótesis específicas

- La implementación de estos sistemas es altamente beneficiosa para el desarrollo económico y social, y además están en armonía con el medio ambiente.

- El impacto cultural y educativo de implementar estos sistemas trasciende del nivel nacional.
- Los beneficios que estos sistemas dan a las comunidades conllevan a una mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

c) Hipótesis nula.

La implementación de sistemas de generación de energía eléctrica por medios no convencionales no se traduce en un beneficio directo para el desarrollo del área rural.

CAPITULO II

MARCO TEORICO.

2.1 Importancia de la Energía Solar.

En la búsqueda de nuevas fuentes de energía, la energía solar se convierte en una alternativa viable ante los problemas actuales de contaminación ambiental generalizada.

La potencia energética que irradia el sol al espacio es de 4×10^{23} Kw/h en todas direcciones; ésta es superior a la suma de 21,000,000 centrales nucleares trabajando juntas a pleno rendimiento. En sólo un segundo, el sol emite más energía que la que ha consumido la humanidad a lo largo de toda su historia. La energía recibida por cada metro cuadrado en la superficie de nuestro planeta es superior a los 1000 Watt/m².² Pese a lo anterior, actualmente la energía solar no ha sido utilizada en gran escala, debido a que han existido otras fuentes relativamente fáciles de aprovechar, como los combustibles fósiles. La situación existente ha sido influenciada por intereses políticos y económicos, en no cambiar los tipos de generación energética.

Los países menos desarrollados, son los que tienen urgencia inmediata de aplicar la energía solar, al no poseer los recursos naturales que suministran los combustibles

²

www.ses-energía.com/ses-energía

fósiles, los cuales se ven obligados a importar, creando de esa manera una fuga de divisas, muy necesarias para su desarrollo.

2.1.1 Naturaleza de la Energía Solar.

La energía solar es la energía electromagnética que emite el sol; para fines prácticos se tienen longitudes de onda comprendidas entre los 250 nm - 2500 nm³, y su intensidad es inversamente proporcional a la distancia; es decir que, es menor entre más lejos se encuentre del sol, por lo que de la energía total emitida, solamente llegan a la tierra unas 2 billonésimas partes, las que son responsables de todos los procesos meteorológicos y biológicos (fotosíntesis y formación de combustible fósil), que se realizan en ella.

Las ondas electromagnéticas son de varios tipos (ver Cuadro 2.1), siendo su característica principal la diferente longitud de onda, y la cantidad de energía transportada por cada una, debido a que entre más pequeña sea su longitud, mayor será la energía transportada por ella.

Dichas ondas atraviesan diversas barreras antes de llegar a la superficie terrestre, las cuales son:

³ Nanómetro (nm), unidad del sistema métrico equivalente a 1×10^{-9} metros

- a) El campo electromagnético de la tierra (cinturón Van- Allen), retiene o absorbe una gran porción de los rayos X y Gamma.
- b) La capa de ozono impide el paso de la mayor parte de los rayos ultravioleta, aunque deja pasar radiaciones de mayor longitud de onda.
- c) Nubes y gases, (tanto naturales como producidos por el hombre), y polvos que reflejan, refractan, absorben o irradian hacia el espacio exterior, las radiaciones que alcanzan la baja atmósfera, como son la luz visible y los rayos del infrarrojos cercanos.

Cuadro 2.1

Distribución de la energía portada por las ondas electromagnéticas en el interior de la atmósfera terrestre.

Radiación Electromagnética	Intervalo de longitud de onda medida en nanómetros (nm)	% de Energía
Rayos cósmicos, gamma, X y ultravioletas	0.00 a 0.38	7
Luz visible	0.38 a 0.78	47
Infrarrojo cercano	0.78 a 2.00	39
Infrarrojo lejano y onda mayores	2.00 a infinito	6

Debido a los diferentes filtros o barreras, las ondas sufren una serie de perturbaciones o alteraciones al atravesar la atmósfera, lo que provoca que la cantidad de energía que llega sea variable, inclusive en un mismo punto; esto impide establecer un valor fijo de la misma.

De ahí se tiene, que la Insolación que es la cantidad de energía solar recibida por unidad de área en la unidad de tiempo, puede clasificarse en los siguientes tipos:

- a) Directa (o rayo de luz), es la recibida del sol sin cambio de dirección.
- b) Difusa, está es aquella que es captada o recibida en la superficie terrestre cuya dirección ha sido cambiada por reflexión o refracción.
- c) Reflejada, es la que llega reflejada por superficies de cuerpos sólidos cercanos (edificios, rótulos, etc.) o por la superficie terrestre (nieve, asfalto, lagos, etc.)

**DISTRIBUCIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR
AL PENETRAR LA ATMÓSFERA.**

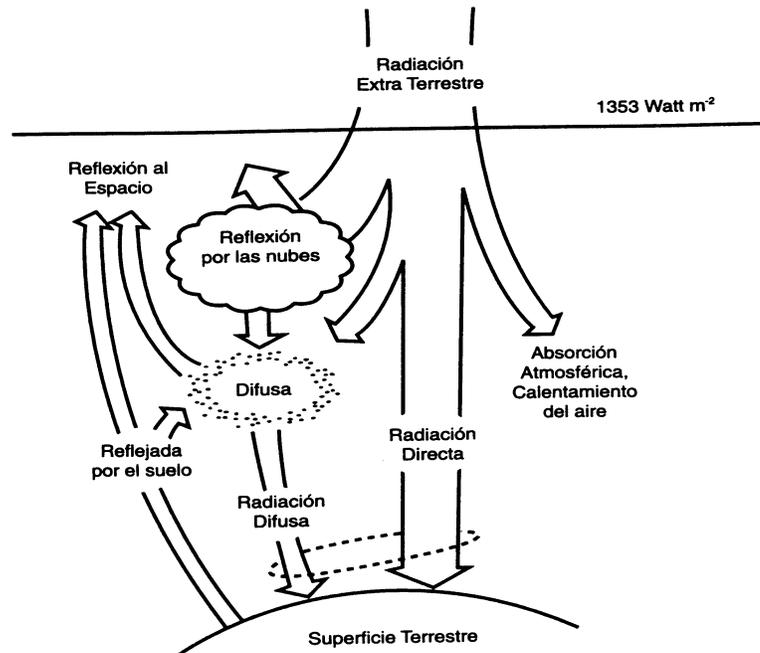


Figura 2.1

La suma de la radiación directa más la difusa se llama radiación solar global (ver Figura 2.1) y es la que se utiliza para diversas aplicaciones.

La conversión de energía solar en calor, para producir electricidad directa, se realiza mediante procesos fotovoltaicos. En un día claro, la insolación directa tiene un valor entre 80 % y el 85 %; este porcentaje baja según la sombra de cada día.

Esta forma de energía (la insolación) tiene en general las siguientes características.

- a) Es de baja intensidad.
- b) Dicha intensidad es variable, tanto de un día para otro, como de un momento a otro.
- c) Es intermitente, ya que solamente está disponible durante el día, y a veces únicamente en ciertas horas del mismo.

Existen en general dos factores que se consideran fundamentales en la variación del grado de insolación, los cuales son:

- a) Número de horas sol, es decir el tiempo que dura la iluminación solar, expresado en horas.
- b) Angulo de incidencia
(

a radiación dentro de la atmósfera; es decir, que cuanto más oblicua es la trayectoria mayor es la distancia recorrida; y por consiguiente, la atenuación será más grande.

a radiación dentro de la atmósfera; es decir, que cuanto más oblicua es la trayectoria mayor es la distancia recorrida; y por consiguiente, la atenuación será más grande.

a radiación dentro de la atmósfera; es decir, que cuanto más oblicua es la trayectoria mayor es la distancia recorrida; y por consiguiente, la atenuación será más grande.

Estos factores dependen, ya sea directa o indirectamente de condiciones tales como: Latitud, época del año, configuración orográfica, nubosidad, altitud y contaminación atmosférica.

2.1.2 Radiación solar en El Salvador.

El servicio meteorológico de El Salvador cuenta con una red de aparatos sensores de radiación solar y luz solar en todo el país, la cual permite obtener datos de la radiación solar para fines prácticos. Por ejemplo, se generan mapas de insolación como los mostrados en las Figuras 2.2, 2.3 y 2.4. Se debe tener en cuenta que las isolíneas representan valores medios, pues la energía recibida durante el año varía constantemente, debido a las siguientes razones:

- 1° No la hay durante la noche.
- 2° A lo largo del día, la energía recibida es máxima a las 12 (hora solar) e inferior a este máximo en las demás horas de luz diurna. Este inconveniente, puede reducirse mediante un dispositivo de seguimiento del sol.

- 3° La energía varía con la estación del año, siendo máxima por lo general en verano (hemisferio boreal) y mínima en invierno.
- 4° También se tiene una variación de la energía recibida de acuerdo con el estado del cielo, en función de los gases o vapores acumulados por causas meteorológicas o de orden industrial (nubes, humos).

Para medir la radiación solar se utiliza el actinógrafo Robitzch, que es un aparato registrador y mide la intensidad calorífica de la radiación solar global en calorías por centímetros cuadrado por día. Con los datos obtenidos por este aparato y ayudados de ciertos cálculos matemáticos, se pueden graficar mapas de insolación. En las Figuras 2.2 y 2.3 se presentan los mapas para los meses de marzo y septiembre, con el propósito de establecer cierta comparación entre el perihelio y el afelio, época seca y lluviosa respectivamente; en la Figura 2.4, se muestra el mapa correspondiente al promedio anual. Los datos que en estos mapas se leen sirven para lo siguiente:

- a) Confirmar de manera preliminar la viabilidad técnica del uso de paneles solares en El Salvador.
- b) Determinar las áreas geográficas con mayor incidencia de energía.
- c) Dimensionar los paneles solares en función de la potencia requerida, tal como se analizará más adelante.

Es por eso, que además de investigar la radiación global promedio anual se analizan meses extremos considerando primeramente a marzo, un mes de buena incidencia de los rayos del sol, en el cual se alcanzan en algunas zonas hasta las 520 Cal/cm².día (ver Figura 2.2); además, en ese mes el sol se va desplazando hacia nuestras latitudes, lo que incrementa la radiación y la temperatura.

En el otro extremo, se tiene el mes de septiembre ubicado en medio de la época lluviosa, de mayo a Octubre, en la

cual existe abundante nubosidad que reduce el paso de los rayos solares, principalmente en los meses de junio a septiembre, que son los más lluviosos. Como puede verse en la Figura 2.3, para el mes de septiembre las radiaciones globales no están muy debajo de los promedios anuales, por lo que bajo este punto de vista, se estarían descartando las posibilidades de fracaso en este tipo de proyectos.

De la Figura 2.4, se observa que la radiación solar promedio para El Salvador esta comprendida en el rango de los 350 a 460 Cal/cm².día, recibándose los mínimos en las altas montañas y los máximos en las planicies costeras.

Insertar Figura 2.2

Insertar Figura 2.3

sertar Figura 2.4

2.1.3 Componentes de un Sistema de Generación de Energía Solar.

El montaje de un sistema de generación de energía solar comprende cuatro partes principales, las cuales son:

1. El conjunto solar compuesto por celdas solares, que vendría a ser el generador de corriente continua.
2. Las baterías y su respectivo regulador de carga. Es evidente que para permitir el funcionamiento de los aparatos conectados a los circuitos alimentados por energía solar durante las 24 horas del día hay que recurrir a las baterías o acumuladores. La función de estas baterías es proporcionar energía, una vez que se haya ocultado el sol. El buen funcionamiento de las baterías es monitoreado por un regulador formado por un diodo de protección y de un controlador de carga.

3. Convertidor: Consistente en dispositivos que convierten corriente continua o directa (DC) a corriente alterna (AC).
4. Carga: Son los diferentes equipos que consumen la energía generada.

Lo anterior se muestra en forma de esquema sinóptico en la Figura 2.5.

Insertar Figura 2.5

A continuación se describe de una manera detallada los componentes de un sistema de generación de energía solar:

Paneles Solares Fotovoltaicos: Formados en su mayoría por células de silicio monocristalino / policristalino conectadas en serie, su vida media oscila entre 20 a 30 años; tensión de salida entre 6 y 41 Volt D.C.; potencias disponibles: 10- 195 Watt.

Controlador de carga de baterías 12-24 VDC: El regulador de carga es un elemento importante en cualquier instalación fotovoltaica, permite optimizar la cantidad de energía que se entrega a la batería, controla la profundidad de descarga, evita la sobrecarga y desconecta los consumos en caso de descarga excesiva; esto último permite alargar la vida de la batería.

Baterías Solares Monoblock: Por lo general son construidas de plomo-ácido, de muy bajo mantenimiento y presentan una vida útil entre 9 y 15 años.

Baterías Estacionarias: Baterías de plomo-ácido. Se caracterizan por su larga vida y bajo mantenimiento. Adecuadas para instalaciones donde sea necesario almacenar grandes cantidades de energía por ejemplo en aplicaciones de energía fotovoltaica

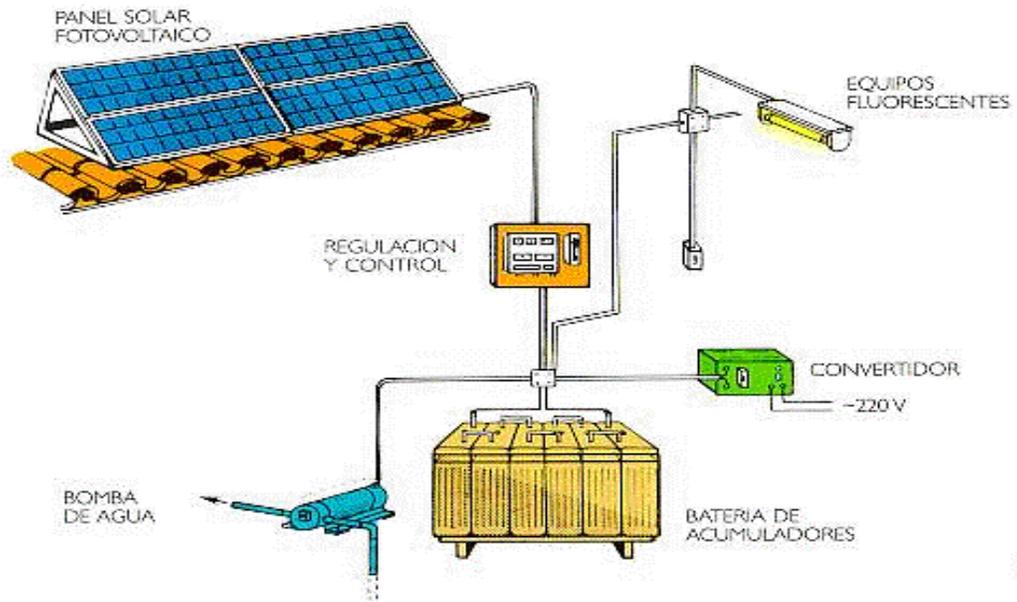
Convertidores 12-24V DC. / 220V AC: Son onduladores - inversores que convierten 24V de energía directa a 220 V de energía alterna (versiones Europeas) a partir de tensión proporcionada por la batería. Algunos convertidores presentan un rendimiento hasta del 90 %, bajo nivel de parásitos y mínimo consumo en stand-by.

Onduladores C.C. / C.A: Son onduladores-inversores para la conversión de corriente continua (C.C.) a corriente alterna (C.A.) con potencias desde 2,5 Kw hasta 15 Kw, en el mercado los modelos más robustos tienen posibilidad de conexión en paralelo (conocidos como amo - esclavo).

Finalmente, para una mejor comprensión de lo antes expuesto, en la Figura 2.6 se muestra un esquema de instalación de equipo Fotovoltaico.

Figura 2.6

Esquema de Instalación de un Equipo Fotovoltaico



2.1.4 Determinación del Tamaño de las Celdas Solares.

Para determinar la magnitud de la fuente solar a instalar, es de suma importancia conocer el consumo de los aparatos o dispositivos eléctricos que se van a alimentar con la energía eléctrica obtenida con esa energía solar.

El consumo total se compone de lo que consume el sistema por medio de los dispositivos intermedios o auxiliares, tales como: reguladores de tensión, avisadores, testigos luminosos, sistemas de regulación de motores etc., más el consumo de los equipos o dispositivos abastecidos.

Será necesario realizar la comparación entre los costos de instalación de un sistema de energía solar y el de una red eléctrica convencional, con el fin de confirmar la viabilidad económica.

Por último, a fin de determinar el tamaño adecuado de la fuente solar a instalar, es necesario considerar diversos resultados representados por valores numéricos de energía, potencia, corriente, tensión, insolación, iluminación, tiempo y otras magnitudes.

a) Energía, potencia y tiempo.

Para los estudios correspondientes a la energía solar se emplean unidades de julio o vatio, y sus múltiplos o submúltiplos correspondientes.

La energía E_n , es igual al producto de una potencia P por un tiempo t , y se puede escribir de la siguiente manera:

$$E_n = P \times t$$

La unidad de potencia es el vatio (W), con sus submúltiplos mili vatio (mW), micro vatio (Mw) y el pico vatio (pW) y sus múltiplos kilo vatio (kW), mega vatio MW, equivalentes, respectivamente a un mil y un millón de vatios. Las unidades usuales de energía adoptada en los estudios de la energía solar son el julio (J), el kilojulio (kJ), etc.

1 julio = 1 vatio segundo = 1/ 3600 Wh.

El tiempo t , se puede evaluar en segundos, horas, días, y años. La conversión de cada una de estas unidades en las demás es tal como sigue:

1 Año = 365 días = 8.760 horas = 31,536.000 segundos.

1 Día = 24 horas = 86,400 Segundos.

1 Hora = 3,600 Segundos.

Dado que las isolíneas de radiación solar para nuestro país se leen en Cal/cm².día es necesario además realizar la siguiente conversión:

$$1 \text{ julio} = 0.23889 \text{ Cal}$$

b) Energía por año.

Los valores numéricos de la energía solar anuales se dan el kJ/cm^2 . El cálculo de la energía consumida (o proporcionada) se efectúa teniendo en cuenta tanto la superficie como la duración de la producción del empleo de la energía considerada.

Para poder explicar mejor la relación entre las unidades de magnitudes tales como la energía, la superficie y el tiempo presentamos los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1: En San Salvador se reciben 400 Cal por cm^2 y día.

¿Cuál es la energía recibida durante un mes por cm^2 ?

$$400 * 30 = 12,000 \text{ Cal/cm}^2$$

Ejemplo 2: ¿Cuál es la energía que se tiene durante un mes en 1 m^2 ?

Como $1 \text{ m}^2 = 10.000 \text{ cm}^2$, se tiene:

$$12,400 \times 10.000 = 124 \times 10^6 \text{ Cal.}$$

De estos ejemplos, se observa que trabajar con $\text{Cal/cm}^2 \cdot \text{día}$ puede proporcionar cifras no muy prácticas de manejar, y debido a que las potencias de los aparatos eléctricos vienen dadas en vatios (J/s), en la práctica los cálculos se realizan bajo las siguientes unidades $\text{KJ/cm}^2 \cdot \text{día}$.

Cantidad de electricidad.

Esta magnitud se representa, por ejemplo, por los amperios - hora (Ah). Se trata de la medida de una cantidad de electricidad designada por:

$$Q = I * t = \text{corriente} \times \text{tiempo.}$$

También se tiene: 1 Ah = 3,600 C (culombio) ¹

Rendimiento.

Cuando incide la radiación solar en una célula, ésta transforma la energía solar en eléctrica, con un rendimiento de orden del 10%. El valor exacto lo da el fabricante para cada tipo de célula y puede ser inferior o superior a ese 10%. Por consiguiente, si el rendimiento es del 10 % habrá que multiplicar la energía eléctrica correspondiente por 0.1.

Ejemplo Práctico:

Un aparato cualquiera funciona durante 4 horas y consume 12 V con 2 A. Su potencia es: $P = 12 \times 2 = 24 \text{ W}$. Y la energía necesaria durante 4 horas sería: $En = 24 \times 4 = 96 \text{ Wh}$; como el julio es igual a 1 Ws. La energía calculada es equivalente a: $96 \times 3,600 = 345,600 \text{ J} = 345.6 \text{ kJ}$.

¹ Unidad de cantidad de electricidad

Si el rendimiento de la célula o celda solar es del 10 % (ó 0.1) la energía solar necesaria será de 3456kJ, es decir 10 veces más. Considerando que en San Salvador hay una energía de 400 Cal/cm².dia equivalente a 612KJ/cm².año¹; y que el aparato en cuestión necesitará, en un año, la energía correspondiente al número de días de empleo por año, que es de 365.

La energía es pues:

$$3456 \times 365 = 1,261,440 \text{ kJ.año}$$

Como se recibe una energía de 612 kJ/ cm².año, la superficie del panel solar en cm², será:

$$S = 1,261,440 / 612 = 2,061 \text{ cm}^2$$

Que reducidos a metros son: 0.21 m²

Si las células no son cuadradas, sino redondas, habrá que multiplicar S por un factor corrector cuyo valor será evidentemente $4/\pi = 1,27$. Para mayor seguridad se tomará 1.5 veces el valor hallado, lo que da: $S = 0,05 \text{ M}^2$ aproximadamente. Si además, hay que alimentar el aparato por intermedio de un acumulador, S será mayor aún, habida cuenta de las perdidas de los sistemas de carga y de regulación.

¹ (400 Cal/cm².dia * (1 Julio/0.23889Cal) * (365días*/1año)=612.KJ/cm².año)

2.2 Utilización de la Energía Solar

La utilización de la energía solar para generar electricidad ha sido implementada exitosamente desde hace ya varias décadas, de hecho el generador solar fotovoltaico compuesto por células solares no constituye novedad alguna: tiene ya más de 40 años. Los primeros satélites artificiales ya iban equipados con él, con el fin de asegurar su autonomía en cuanto a energía para el funcionamiento.

La atención tan grande que ahora provocan se debe únicamente a la posibilidad de poder utilizarlos como una alternativa económicamente viable y ecológicamente necesaria.

2.2.1 Utilización de la Energía Solar en otros Países.

Se podría decir, que el auge global para la investigación y desarrollo de las tecnologías necesarias para la generación de electricidad por medio de la energía solar se dio principalmente en la década de los 70, cuando la crisis de petróleo amenazaba a la economía mundial.

Sin embargo, empresas como la Francesa RTC tienen un puesto de vanguardia en el mercado mundial. RTC en 1958 emprendió el desarrollo de la primera generación de módulos de 0,65 W, 3 V, células de 19 mm de diámetro, que culminó en 1960 con la colocación en Chile de un generador solar fotovoltaico de 88 W, que todavía funciona.

En 1968 instalaba en Francia el Servicio Técnico de la Navegación Aérea la mayor estación operacional en el plano mundial, para asegurar la alimentación de una baliza radioeléctrica. El generador solar comprendía módulos solares de 2,5 W, 12V, 30 mm de diámetro en la célula, que constituían la segunda de generación de módulos solares desarrollados por RTC en 1965.

Entre 1970 y 1975 se realizaron muchas instalaciones, aplicando módulos solares de la tercera generación de 8 W, 12 - 24 V, célula de 40 mm de diámetro, comercializados por RTC en 1970. Estos módulos contribuyeron a la efectividad de las aplicaciones de la energía solar cuando únicamente se preocupaban por sus posibilidades unos cuantos precursores. De este modo, se instalaron generadores solares:

- Para la televisión educativa, en Nigeria;
- Para el balizamiento del aeropuerto de Medina;
- Para los repetidores de televisión en Perú.

Describir las aplicaciones de la generación de electricidad por medios fotovoltaicos puede resultar aunque extremadamente interesante un tanto largo; es por eso, que para tener una idea lo más completa posible y de una forma rápida se presenta el siguiente resumen de la historia de la tecnología fotovoltaica ⁶

⁶ www.1.ceit.es/asignaturas/ecologia/trabajo/escolar/historiafv.htm

- 1839 Edmund Becquerel, físico francés, descubre el efecto FV: en una celda electrolítica compuesta de 2 electrodos metálicos sumergidos en una solución conductora, la generación de energía aumentaba al exponer la solución a la luz.
- 1873 Willoughby Smith descubre la fotoconductividad de selenio.
- 1877 W.G. Adams y R.E. Day observan el efecto fotovoltaico en selenio sólido. Construyen la primera celda de selenio.
- 1904 Albert Einstein publica su trabajo acerca del efecto fotovoltaico.
- 1921 Albert Einstein gana el premio Nobel por sus teorías explicativas del efecto fotovoltaico.
- 1951 El desarrollo de la unión p-n posibilita la producción de una celda de germanio monocristalino.
- 1954 Los investigadores de los Laboratorios Bell (Murray Hill, NJ) D.M. Chapin, C.S. Fuller, y G.L. Pearson publican los resultados de su descubrimiento celdas solares de silicio con una eficiencia del 4,5 %.
- 1955 Se comercializa el primer producto fotovoltaico, con una eficiencia del 2% al precio de \$ 25.00 cada celda de 14 mW.

- 1958 El 17 de marzo se lanza el Vanguard I, el primer satélite artificial alimentado parcialmente con energía fotovoltaica. El sistema FV de 0,1 W duró 8 años.
- 1963 En Japón se instala un sistema fotovoltaico de 242 W en un faro.
- 1973 La Universidad de Delaware construye "Solar one", una de las primeras viviendas con EFV. Las placas fotovoltaicas instaladas en el techo tienen un doble efecto: generar energía eléctrica y actuar de colector solar (Calentado el aire bajo ella, el aire era llevado a un intercambiador de calor para acumularlo).
- 1974-1977 Se funda las primeras compañías de energía solar. El Lewis Research Center (LeRC) de la NASA coloca las primeras aplicaciones en lugares aislados. La potencia instalada de EFV supera los 500 KW.
- 1978 El NASA LeRC instala un sistema FV de 3.5 - kwp en la reserva india Papago (Arizona). Es utilizado para bombear agua y abastecer 15 casas (iluminación, bombeo de agua, refrigeración, lavadora, etc.). Es utilizado hasta la llegada de las líneas eléctricas en 1983, y a partir de entonces se dedica exclusivamente al bombeo de agua.

1980 La empresa ARCO Solar es la primera en producir más de 1 MW en módulos FV en un año.

1981 Primer vuelo del "Solar Challenger", un avión abastecido por EFV. Ese mismo año se instala en Jeddah, Arabia Saudita, una planta desalinizadora por ósmosis - inversa, abastecida por un sistema FV de 8 - KW.

1982 La producción mundial de EFV supera los 9.3 MW. Entra en funcionamiento la planta ARCO Solar Hisperia en California de 1 MW.

1983 La producción mundial de EFV supera los 21.3 MW, y las ventas superan los 250 millones de Dólares . El Solar Trek, un vehículo alimentado por EFV con 1 KW atraviesa Australia; 4000 Km en menos de 27 días. La velocidad máxima es de 72 Km/h, y la media 24 Km/h. ARCO Solar construye una planta de EFV de 6 - MW en California, en una e

n Latinoamérica se han

estado ejecutando proyectos para el aprovechamiento de la energía solar, aunque no en la cantidad que se necesitan de acuerdo a las condiciones de países poco desarrollados.

n Latinoamérica se han estado ejecutando proyectos para el aprovechamiento de la energía solar, aunque no en la cantidad que se necesitan de acuerdo a las condiciones de países poco desarrollados.

1992

n Latinoamérica se han estado ejecutando proyectos para el aprovechamiento de la energía solar, aunque no en la cantidad que se necesitan de acuerdo a las condiciones de países poco desarrollados.

n Latinoamérica se han estado ejecutando proyectos para el aprovechamiento de la energía solar,

aunque no en la cantidad que se necesitan de acuerdo a las condiciones de países poco desarrollados.

1996

n Latinoamérica se han estado ejecutando proyectos para el aprovechamiento de la energía solar, aunque no en la cantidad que se necesitan de acuerdo a las condiciones de países poco desarrollados.

n Latinoamérica se han estado ejecutando proyectos para el aprovechamiento de la energía solar, aunque no en la cantidad que se necesitan de acuerdo a las condiciones de países poco desarrollados.

n Latinoamérica se han estado ejecutando proyectos para el aprovechamiento de la energía solar, aunque no en la cantidad que se necesitan de acuerdo a las condiciones de países poco desarrollados.

n Latinoamérica se han estado ejecutando proyectos para el aprovechamiento de la energía solar, aunque no en la cantidad que se necesitan de acuerdo a las condiciones de países poco desarrollados.

Sin embargo, hay países como México, Chile, Cuba y Brasil que han iniciado la implementación de proyectos, aunque no a gran escala.

Se tiene el caso de México, que cuenta con un Programa de Energía Renovable patrocinado por los Laboratorios Nacionales de Sandía y por el Fideicomiso de Riesgo Compartido de la Secretaria Mexicana de Agricultura,

Ganadería y Desarrollo Rural. En este Programa se han instalado de 1994 a 1999, 137 sistemas fotovoltaicos para comunicaciones, electrificación y bombeo de agua, beneficiando aproximadamente a 20 mil personas.

2.2.2 Utilización de la Energía Solar en El Salvador.

Nuestro país también se ha visto favorecido por los beneficios de la energía solar, siendo la Fuerza Aérea de El Salvador en su base de Ilopango uno de los primeros lugares en donde se instalaron celdas solares desde finales de los años setenta, utilizadas para el calentamiento de agua.

Entre los intentos por implementar proyectos de generación de electricidad por medio de la energía solar se tiene el del municipio de Nejapa, departamento de San Salvador, el cual tuvo su inicio en 1996 como parte de la ayuda internacional que recibió ese municipio; ésta ha consistido en proporcionar capacitación para formar personal técnico para las instalaciones de paneles solares, y posteriormente en la donación de los mismos, para uso en zonas donde no se contaba con suministro eléctrico.

También se tiene el caso, de un intento de implementar el uso de celdas solares en la zona conocida como La Montañona en el departamento de Chalatenango, pero no prosperó debido a problemas con el financiamiento, y al difícil acceso de la zona. Otro fue el ejecutado por SALVANATURA en 1999 en

el municipio de Tacuba, departamento de Ahuachapán, beneficiando a 30 familias del caserío El Naranjito, y a la escuela de la localidad.

Un proyecto que es interesante mencionar y que actualmente sé esta implementando con un alto grado de coordinación de sus beneficiarios, es el desarrollado por la Confederación Nacional Campesina (CNC), el cual se resume a continuación:

En 1996, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) Misión en El Salvador, adquirió 420 paneles solares (Uni - Solar UPM- 880) con la idea original de instalarlos en el edificio de dicha organización, para la generación de energía eléctrica de consumo propio. Sin embargo después de un análisis realizado posteriormente sobre la factibilidad del proyecto, se concluyó que el sistema no generaría la energía suficiente y que los paneles serian utilizados para un nuevo proyecto.

En Mayo de 1999, USAID recibió una solicitud de la Confederación Nacional Campesina (CNC) para que les financiara varios proyectos, entre ellos el apoyo para la provisión de paneles solares. La CNC ya había introducido esta tecnología en áreas rurales y había tenido experiencia exitosa con la instalación de paneles solares. La CNC es una ONG local legalizada desde 1995, asociando a 200,000 miembros de 20 organizaciones campesinas, incluyendo 821 cooperativas y más de 940 asociaciones comunitarias.

Bajo la actividad de USAID, reconstrucción por daños derivados del Mitch, uno de los objetivos es estimular la actividad económica y apoyar la expansión de servicios comunitarios básicos. Con el propósito de contribuir a este objetivo y beneficiar al país con esta tecnología, USAID decidió donar a CNC los 420 paneles anteriormente mencionados, para ser instalados en comunidades afectadas por el Mitch. USAID a su vez, compró los accesorios adicionales necesarios para llevar a cabo las instalaciones y financió la capacitación de la comunidad, para que fuera esta la que instalara los paneles y se encargaran de su operación y mantenimiento. La asistencia técnica para este proyecto, está siendo proporcionada por la empresa nacional TECNOSOLAR, Tecnologías Solares.

La instalación de estos paneles solares se está llevando a cabo en diferentes comunidades a lo largo del país, especialmente en escuelas y establecimiento comunitarios, para contribuir a la educación de adultos y para organización comunitaria durante la noche. Además, para permitir que establecimientos de salud puedan proveer servicios de emergencias, como la atención de partos durante la noche.

CAPITULO III

INVESTIGACION DE CAMPO

3.1 Recolección de datos

Con el objeto de obtener información que permitiera determinar la magnitud de la demanda de las comunidades para realizar proyectos de instalación de energía eléctrica, e indagar sobre las necesidades que se desean satisfacer, fue necesario realizar una serie de entrevistas, visitas de campo y encuestas, tanto a las instituciones públicas como privadas, alcaldías y caseríos, considerando a las personas que trabajan en los proyectos de instalación de paneles solares como las que se verán beneficiadas con el servicio de energía eléctrica.

3.1.1 Entrevistas

A) Confederación Nacional Campesina

Como se mencionó en el capítulo anterior, la Confederación Nacional Campesina (CNC) es una institución que se ha destacado como pionera en el desarrollo de proyectos de electrificación en el área rural utilizando la energía solar, en dicha institución se entrevistó al gerente administrativo, quien sobre la ejecución de dichos proyectos manifestó lo siguiente:

La CNC entre sus programas de acción social con enfoque hacia la comunidad tiene uno denominado "Desarrollo Nacional de Energías Limpias y Educación Ambiental", cuyo objetivo es beneficiar a cantones y caseríos que carecen de energía eléctrica, mediante la instalación de paneles solares (fotovoltaicos). Para ello, se desarrolló un censo en los 262 municipios del país, mediante la visita directa a los cantones y caseríos de cada departamento, a fin de determinar los lugares potenciales en los que podrían instalarse los paneles y la demanda de los mismos.

De conformidad a los resultados del censo, se encontraron 1901 lugares distribuidos en 243 municipios, los que representan el 92.7% del total de los municipios del país, habiéndose identificado los establecimientos o centros comunales en los que es necesario la instalación de paneles, cuyo resumen se presenta a continuación:

Cuadro 3.1

Censo de la CNC: Demanda de instalación de paneles solares

<u>Establecimientos estratégicos</u>	<u>No.de Paneles</u>	<u>% de participación</u>
Escuela rural	1,521	80.0
Botiquín	182	9.6
Casa comunal	76	4.0
Dispensario de salud	53	2.8
Centro nutricional	51	2.7
Unidad de salud	18	0.9
TOTAL	1,901	100.0

En anexo No.1, se presentan identificados y distribuidos por departamento, cada uno de los anteriores establecimientos.

B) Ministerio del Medio Ambiente

A fin de conocer sobre los proyectos de generación eléctrica por medio de energía solar, en los cuales el Ministerio del Medio Ambiente se haya visto involucrado, en consideración a que los mismos no son dañinos al medio ambiente, se visitó al gerente de proyectos de dicho ministerio.

Esta gerencia tiene bajo su responsabilidad la coordinación del proyecto de instalación de paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica en escuelas, casas comunales, dispensarios y pequeñas clínicas comunales, el cual sé esta realizando conjuntamente con la Confederación Nacional Campesina (CNC)

De la entrevista realizada se recopilaron los siguientes datos:

- a) Las comunidades que necesitan de la instalación de redes de energía eléctrica en el país son alrededor de 1000, algunas de las cuales por su inaccesibilidad resulta muy difícil suministrarles energía eléctrica, debido al alto costo de ampliar la red de distribución.

- b) Las instituciones beneficiadas son, escuelas, casas comunales dispensarios y pequeñas clínicas rurales, que se encuentran distribuidas en la zona costera de los departamentos: Usulután, San Miguel, San Vicente, La Paz y Sonsonate.

- c) El equipo instalado consiste en paneles solares, regulador de voltaje, control de fusibles, inversor de energía, y baterías; con el fin de duplicar la potencia del sistema se están instalando dos paneles en cada ubicación.

- d) La duración del equipo se estima entre 20 a 25 años, exceptuando la batería que puede durar entre 3 a 5 años y su reemplazo es el mayor gasto de mantenimiento que se tendrá durante la vida del sistema.

e) Todo el equipo proviene de donación del AID a la CNC y cada sistema compuesto por paneles solares, regulador de voltaje, control de fusibles, inversor de energía, y baterías. El aporte de las comunidades en la financiación de los proyectos, ha consistido básicamente en el transporte del equipo y viáticos para los instaladores.

f) El número total de personas beneficiadas en este proyecto con la instalación de dichos equipos a nivel nacional oscila entre 25,000 a 30,000 personas.

Finalmente, informó que actualmente está en estudio la contratación de un préstamo con el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) al Fondo de Inversión Social de Desarrollo Local (FISDL), a fin de poder financiar la instalación de 600 proyectos de paneles solares, distribuidos en todo el país.

Asimismo, manifestó que por intermedio del Ministerio del Medio Ambiente, se están haciendo gestiones ante el Banco Mundial para nuevos proyectos de generación de energía, quien se ha mostrado muy interesado y está dispuesto a conceder el financiamiento.

C) SALVANATURA

Se visitó a la Jefa de Comunicaciones de SALVANATURA, quien informó sobre el proyecto de electrificación, que fue realizado en una comunidad rural en el Departamento de Ahuachapán. Dicho proyecto, formó parte del "Plan General

de Manejo y Desarrollo del Parque Nacional El Imposible" preparado por esa institución en 1996. El objetivo principal, de dicho plan quinquenal, ha sido orientar las actividades del parque, a fin de garantizar la estabilidad ecológica del área y la conservación del patrimonio natural y cultural existente, y promover el desarrollo sostenible de las comunidades aledañas, mejorando la calidad de vida de sus habitantes.

Es dentro de este marco, que SALVANATURA ejecutó el programa de instalación de energía eléctrica a partir de paneles solares fotovoltaicos. Para lo cual, recibió el apoyo y financiamiento de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), la que aportó \$37,116.00. El proyecto comprendió la electrificación del Museo de Interpretación Ambiental del parque El Imposible, 30 viviendas del caserío El Naranjito y su escuela.

El proyecto ha abastecido de energía eléctrica a una comunidad que actualmente, ni en el corto o mediano plazo, podría tener acceso al suministro eléctrico convencional, por varias razones como son: el aislamiento geográfico, el reducido número de pobladores y sus escasos recursos económicos.

El proyecto esta facilitando el desarrollo del Caserío El Naranjito, Cantón EL Sincuyo, Municipio de Tacuba, a través

del acceso a una fuente inagotable de energía, que permite elevar las condiciones de vida de las personas favoreciendo el estudio de los niños y niñas, alfabetizando a los adultos, y promoviendo la integración familiar; además, busca favorecer un cambio de mentalidad hacia la existencia y cuidado de El Imposible.

Un componente del éxito del proyecto radica en la intervención activa de la comunidad, mediante la constitución del Comité Solar, integrado por 6 personas de la comunidad, encargado de dar seguimiento a todos aquellos aspectos relacionados con el buen uso de los equipos solares, así como organizar la participación comunal para el cuidado colectivo de las instalaciones. Mediante la participación comunal y personal, se asegura el correcto uso y mantenimiento de los equipos solares, por lo que adicionalmente, los usuarios se han comprometido por medio de un convenio renovable para un período de dos años, y firmado por cada mujer y hombre, cabezas de hogar, a los siguientes puntos:

- Los equipos solares no se podrán vender, alquilar, regalar
- No podrán trasladar los equipos a ninguna ubicación diferente a la vivienda donde han sido instalados
- De común acuerdo con la Comisión Solar, se podrán retirar los equipos solares por el incumplimiento reiterado a las restricciones sobre tala, caza o pesca que existen en el Parque El Imposible o cualquier

agresión que ponga en peligro la biodiversidad de la región.

- Cada familia beneficiaria pagará una cuota mensual establecida en ¢25, que ingresará a un fondo común, para hacer frente al reemplazo de las baterías, corregir funcionamientos defectuosos o renovación de alguno de los elementos que componen la instalación.
- La comunidad se compromete a impulsar el papel activo de las mujeres en el uso, mantenimiento y gestión de los equipos solares.

- Los habitantes deberán asistir a las charlas y talleres referidos a la energía solar antes, durante y después del proceso de ejecución de la obra de instalación de los equipos.
- Los sistemas instalados son descentralizados, o sea, que existe uno en cada vivienda; por lo cual, cada vivienda recibió el siguiente equipo:
 - o Un panel solar fotovoltaico de silicio monocristalino de 75 vatios de potencia pico.
 - o Un acumulador de electricidad de ciclo profundo y con una capacidad de descarga de 110 A-H en 100 horas y tensión de trabajo de 12 voltios.
 - o Un regulador de carga y descarga del acumulador con las características apropiadas para el control de la instalación fotovoltaica.
 - o Tres regletas porta - tubos de aluminio tropicalizadas de 12V y 20 W.

- o Tres tubos fluorescentes TF del 18 W.
- o Una estructura de soporte de acero galvanizado, tipo mástil

El equipo solar da abastecimiento a tres puntos de luz de 20W y un toma corriente para pequeños electrodomésticos (ver fotografía 3.1), todo ello funcionando con corriente continua de 12 V.

Todo el equipo fue comprado a la empresa española ATERSA, e instalado por la empresa salvadoreña TECNOSOLAR.

El proyecto fue inaugurado en el mes de diciembre de 1999, y se ha registrado una gran satisfacción de parte de los pobladores beneficiados.



Fotografía 3.1.
Grupo familiar del caserío El naranjito disfrutando de un programa de televisión.

3.1.2 Visita de campo

Visita al Municipio de Acajutla

Se visitaron tres lugares en el municipio de Acajutla en los que se han instalado sistemas de generación de energía eléctrica por medio de paneles solares como parte del proyecto que desarrolla la CNC; siendo los siguientes: la Escuela de la playa Los Cobanos, la Escuela Rural Mixta

Manuel Larín del Cantón El Coyol (fotografía 3.2) y el Centro de Nutrición Infantil del cantón El Coyol.

Fotografía 3.2
Celdas solares ubicadas en el techo de la Escuela Rural mixta
"Manuel Larín" del cantón el Coyol, municipio de Acajutla

Como resultado de las consultas realizadas a los técnicos instaladores, a los vecinos de dichas comunidades y a la persona responsable del desarrollo social de la zona, que pertenece a la alcaldía de Acajutla, se resume la siguiente información:

a) El personal que ha realizado la instalación de los paneles solares y todo el sistema de alumbrado pertenece a la empresa Sistemas de Energía Solar y Telecomunicaciones, quien ha sido adiestrado por TECNOSOLAR y por la Compañía General de Equipos, ambas empresas proveedoras de equipos solares.

b) Cada sistema instalado (Ver fotografía 3.3), consiste de:

- 2 Paneles solares de 21 watts cada uno, generando 42 watts
- 1 Batería de 12 V
- 1 Controlador de carga de baterías
- 1 Portafusibles
- 1 Convertidor de corriente de directa a alterna de 0300 watts
- 2 Lamparas de 20 watts
- 1 Rectángulo de madera de 20x20 cm, para conectar los dispositivos de control del sistema.

c) Los costos estimados en colones de los elementos más importantes de cada sistema instalado, son:

Valor de 2 paneles	4,685.00
--------------------	----------

Batería	1,200.00
Controlador de batería	750.00
Inversor	<u>1.300.00</u>
TOTAL ¢	7,935.00 ⁷

Fotografía 3.3.

Elementos que componen un sistema fotovoltaico: de izquierda a derecha
batería, inversor, controlador de carga y panel solar.

⁷ A precios de Octubre 1,999.

- d) La CNC ha establecido como política, que los establecimientos en los que se instalen los paneles solares deben estar situados a una distancia no menor de 100 metros del tendido de cable eléctrico.

En el caso de la escuela del caserío de la playa Los Cobanos la distancia a la red de distribución eléctrica es menor a 100 metros. Sin embargo, se considera que resulta económico la instalación de los paneles solares, ya que para conectarse a la red hubiera sido necesario invertir \$15,000.00 en la compra de un transformador.

- e) El centro de nutrición infantil del Cantón El Coyol, necesita urgentemente el suministro de energía eléctrica con la potencia necesaria para energizar un refrigerador y conservar principalmente carnes, lácteos y verduras, utilizados en la alimentación de los niños; los cuales debido al calor ambiental de la zona se deterioran rápidamente.

Aun cuando tiene instalado un sistema de generación de electricidad utilizando la energía solar; este no le provee la potencia suficiente para que pueda funcionar el refrigerador.

- f) La promotora del desarrollo social de la alcaldía de Acajutla, informó que existen por lo menos 3 caseríos, con un promedio de 20 grupos o familias con casas relativamente cerca, que están dispuestos a desarrollar proyectos de alumbrado, abastecidos con energía solar.

3.1.3 Encuestas

Potencia eléctrica requerida en las viviendas del área rural

Para determinar la potencia eléctrica promedio que necesita una vivienda en el área rural para satisfacer sus necesidades de suministro eléctrico se realizó una encuesta a los habitantes del Caserío San Mauricio del Cantón El Coyol del municipio de Acajutla (ver fotografía 3.4), dicho caserío lo integra un conjunto de 19 viviendas.

Fotografía 3.4.

Grupo de viviendas del caserío san Mauricio, cantón El Coyol, municipio de Acajutla.

Se diseño una encuesta (ver anexo No.2) en la cual se preguntó sobre los equipos y aparatos eléctricos que consideraban necesarios para hacer que las labores de sus hogares fueran más productivas, la muestra consistió de 11 viviendas. Con base en las cantidades y tipos de

electrodomésticos que se solicitaban, y conociendo los datos de placa de estos electrodomésticos, mismos que se encuentran en el mercado, se procedió a calcular los vatios equivalentes.

Como resultado de lo anterior, se obtuvo el promedio de carga eléctrica de 271.82 Vatios o Watts, y este constituye la demanda cada vivienda de este típico caserío rural.

3.2 Análisis de datos

Como resultado de la investigación realizada se presentan los siguientes aspectos:

1. Se ha comprobado que las redes eléctricas del país no dan sus servicios al 100% de los usuarios a nivel nacional, debido fundamentalmente a dos razones: la primera, por el alto costo que se debe pagar por derecho de conexión y, la segunda a la inaccesibilidad geográfica de algunas comunidades.
2. Los lugares en el área rural que no pueden hacer uso de la red eléctrica son los prioritarios para evaluar la instalación de paneles solares
3. Dispersas geográficamente en todo el país, se ha comprobado la existencia de infraestructura de uso

comunitario(escuelas, clínicas, etc.) y de unidades habitacionales en caseríos, que carecen de energía eléctrica; pero que dicha necesidad puede ser satisfecha, aun cuando sea de manera reducida, mediante la instalación de paneles solares.

4. La tecnología de paneles solares aplicada hasta la fecha en el país es relativamente sencilla; y en la mayoría de los casos se ha limitado a la generación de pequeñas cantidades de watts.
5. En los lugares que han sido instalados paneles solares, se percibe la satisfacción de las personas al haber recibido entre otros beneficios: capacitación y desarrollo continuo, diversión e información.
6. La participación comunitaria es vital para la ejecución de proyectos de electrificación fotovoltaica.
7. Hacer que los beneficiarios directos de los proyectos consoliden su compromiso de hacer buen uso de los sistemas solares por medio de la firma de un convenio, es una medida que contribuye efectivamente a la sostenibilidad y alarga la vida útil del proyecto.
8. Existen organismos internacionales como la Agencia Española de Cooperación internacional (AECI) y la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) que apoyan económicamente la

ejecución de proyectos solares los pasos a seguir para beneficiar comunidades rurales pobres.

CAPITULO IV

PROTOCOLO PARA LA GESTION DE PROYECTOS DE GENERACION DE ELECTRICIDAD UTILIZANDO PANELES SOLARES.

4.1 Selección del lugar

Consideraciones sociales

La implementación de este tipo de proyectos debe realizarse en aquellos asentamientos rurales, caseríos, cantones, comunidades, etc., en donde el desarrollo social y económico no se genera, a raíz de carecer estos del servicio y suministro del fluido eléctrico. Tal como se señaló en el Capítulo III, en nuestro país existen 1901 lugares distribuidos en 243 municipios que califican para ejecutar en ellos proyectos de esta índole.

Se recalca que, los lugares en el área rural que no pueden hacer uso de la red eléctrica son los prioritarios para evaluar la instalación de paneles solares

Si se logra una estandarización en los sistemas solares a instalar, se lograría entonces una notable reducción en los costos. Para efectos de ilustrar y establecer los pasos a seguir en la realización de un proyecto de suministro de electricidad por medio de energía solar para casas del área rural, y con el fin de ilustrar dicha estandarización, a continuación se presenta un ejemplo práctico desarrollado en el caserío San Mauricio, del Cantón El Coyol del municipio de Acajutla.

Consideraciones técnicas:

Inicialmente, se deberá verificar la ubicación geográfica dentro del mapa de isolíneas de El Salvador, del cantón o municipio en el que se desea ejecutar un proyecto de generación de electricidad utilizando energía solar; esto debido a que existen diferentes niveles de insolación, y se debe efectuar los cálculos necesarios para obtener un buen desempeño de las celdas solares. Para efectos de cálculo, se debe considerar que la industria a nivel mundial dedicada a la generación de energía solar, fabrica

los paneles solares de manera estándar y para que funcionen eficientemente (entre niveles de 2 a 6 kWh/m².día) ⁸

En el presente caso, para efectuar la anterior comprobación se analizó el mapa 2.3 del Capítulo II, del cual se obtiene la radiación global promedio anual, la que para el municipio de Acajutla, es de 460 Cal/cm². día, equivalente a 5.12 kWh/m².día (para realizar cálculos ver apartado 2.1.4). Como puede observarse, este resultado avala la eficiencia técnica de generación, condición preliminar para que se pueda ejecutar el proyecto.

4.2.- Alternativas de instalación de sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales.

Descripción general.

Existen dos alternativas a considerar para la instalación de un sistema solar en un núcleo rural:

Sistema centralizado:

Todos los paneles están situados en un mismo sitio y conectados mediante un regulador/cargador y una batería, ambos deberán ser de gran capacidad y de acuerdo al total de demanda esperada. Todos los usos de energía, son alimentados por este sistema en común.

Sistema descentralizado:

⁸ Información proporcionada por United Solar Systems Corp., Manual del módulo UPM-880

Cada sistema es autónomo y dispone de su propia batería, paneles solares y regulador. Por lo tanto, cada usuario tiene asignado y mantiene su propio sistema, y el mal uso o deterioro de alguno, no condiciona o afecta al desempeño de los demás.

El presente proyecto se basará en sistemas descentralizados, dadas las razones siguientes:

a) Económicas

- Un sistema centralizado utiliza un regulador/cargador capaz de manejar como mínimo 10 kWatt; por lo tanto, es un equipo especial de gran magnitud, y su valor se estima, en el mejor de los casos, en aproximadamente en US\$10,000.00⁹
- Para la instalación de un sistema centralizado se requiere una red de distribución, entre el punto de generación y todos los puntos de consumo de la carga, y dado que las casas se encuentran relativamente distantes entre si, el sistema tiende a encarecerse considerablemente. Además, en caso de instalar la red de distribución, no se estaría obteniendo ventaja económica, si se llegara a comparar con un sistema de electrificación convencional.

b) Técnicas

⁹ <http://www.ctv.es/com>

- Arbitrariedad en el consumo de parte de los usuarios. En sistemas en donde hay una fuente común de energía, por lo general sucede que algunos usuarios tienden a consumir más energía que otros, dando como resultado un sistema no equitativo en cuanto a consumo. Para corregir este problema, se podrían adquirir medidores de energía e instalar uno a cada usuario; sin embargo, la inversión en dichos medidores haría que el proyecto fuese económicamente más caro.
- De averiarse un regulador/cargador, como los utilizados por los sistemas centralizados, el proyecto llegaría al final de su vida útil, debido a que en la práctica, la reparación de este equipo no se realiza, y sería necesario erogar nuevamente una fuerte suma en el reemplazo del equipo averiado.

c) Seguridad

- El vandalismo en nuestro país podría hacer imposible la sostenibilidad de un proyecto de energía centralizada, debido a que, por la naturaleza de este sistema, tanto los paneles solares como el resto del equipo se encontrarían expuestos más fácilmente a ser hurtados o dañados.

No así un sistema descentralizado, cuyo equipo a utilizar se ubica en cada casa: los paneles solares sobre el techo, y los demás componentes dentro de cada casa de la familia usuaria.

4.3 Descripción del sistema solar para aplicaciones domesticas.

Al aplicar un sistema descentralizado, el primer aspecto a considerar es la homogeneidad de todos sus componentes; es decir, los paneles solares, baterías, luminarias, reguladores, estructuras, etc. Esto presenta las siguientes ventajas:

- Los componentes pueden ser fácilmente reemplazados y/o intercambiados.
- Optimización de los repuestos (inventarios más económicos).
- Simplificación del transporte e instalación.

En este sentido, por lo menos en los proyectos de función social, los usuarios se tienen que adaptar tanto, a los equipos de mayor conveniencia que hay en el mercado como, a los estándares de uso y generación para los cuales éstos se fabrican; y no al contrario, como en los sistemas convencionales de generación y distribución de energía eléctrica, en los que la generación de electricidad esta en función de las exigencias de los usuarios. En consideración a lo anterior, es fundamental la FORMACION Y CAPACITACION de los usuarios, ya que el principal límite de los sistemas solares, tal como se explicará más adelante, es la cantidad de energía diaria disponible. Por lo tanto, se debe informar y formar a los usuarios,

que esta energía tiene límite de consumo, y el tiempo de funcionamiento esta a elección del usuario.

Al evaluar la mejor oferta comercial para este tipo de aplicación (ver anexo No.3) el sistema a implementar por cada casa sería uno que genere 50 Watt, y consistiría de los elementos siguientes:

- Un Modulo BP250
- Un Regulador GCR800
- Tres Luminarias Solsum ESL 11
- Una Batería marina 24 " Duncan"
- Una Estructura de montaje

Todo tiene un costo de ¢ 8,500.00 incluyendo la instalación del equipo.

Con este sistema se podrá abastecer diariamente tres luminarias DC de 11 Watt (550 Lúmenes) durante tres horas cada una y un ventilador DC durante 3 horas. A este sistema se le puede conectar un TV de 12 pulgadas B/N pero requeriría de un Inversor Tripp-Lite PV-300, lo que reduciría el tiempo de duración de las luminarias, incrementándose el costo del sistema a ¢ 9,500.00.

Se estima, que el panel solar tendrá un período de vida útil de veinte años con un 10% de pérdida de energía siempre y cuando se respeten las condiciones técnicas. El sistema de regulación y control esta provisto de un diodo antibloqueo para evitar descargas a la batería durante

la noche. El diseño del sistema en general y del regulador en particular es de 15 Amperios, de carga y descarga; el cual, permite futuras ampliaciones sin necesidad de cambiar dicho elemento. Por último, la batería del sistema es estacionaria; es decir, sin mantenimiento y de tecnología calificada para garantizar su vida útil a cinco años.

En resumen, el objetivo del sistema propuesto es suministrar energía a equipos de iluminación y pequeños electrodomésticos.

4.4 Comparación Financiera entre la implementación de un sistema convencional de generación de electricidad y uno de energía solar.

Con la finalidad de evaluar la conveniencia de instalar cualesquiera de las alternativas para abastecimiento de energía eléctrica, se ha tomado como base de evaluación la distancia y condiciones geográficas que presenta el Caserío San Mauricio en el municipio de Acajutla, departamento de Sonsonate, y después de haber obtenido los costos correspondientes resulta:

a) Forma convencional:

La línea de transmisión de energía más cercana al caserío, está ubicada a una distancia de 1.5 kilómetros, y habiendo solicitado cotización a una empresa especializada en este tipo de instalaciones (véase anexo No.4) se tiene que dicha inversión

ascendería a ¢242,255.00. Además, se debe considerar la existencia de un costo oculto, en el que se incurrirá a través de los años, y que está relacionado directamente con la cantidad de energía consumida por cada vivienda (véase anexo No.5); el cual se ha utilizado para calcular una erogación mensual promedio dando un resultado de ¢78.00 por cada casa en concepto de facturación, se tendría un gasto anual de ¢18,720.00; que al aplicarla de manera constante para los 20 años, y descontándolos a una tasa del 15%, resulta un valor presente de ¢117,175.00. (véase anexo No.6). Obviamente, la principal ventaja de esta alternativa energética, es su disponibilidad ilimitada durante las 24 horas del día.

b) Energía Solar:

Tomando en consideración el costo individual de ¢9,500.00 del sistema fotovoltaico, que se instalará en cada una de las 20 casas del caserío, se tendría que realizar una inversión de ¢190,000.00.

Para este caso, habría que tomar en cuenta que los usuarios no tendrían que pagar facturación mensual en concepto de consumo de energía; pero si se considera que cada hogar aportaría una cuota mensual de ¢25.00, para integrar el llamado "Fondo de Mantenimiento", y con el mismo se puedan cubrir los gastos de reparación y reposición de baterías; el aporte anual de las 20 familias del caserío sería de ¢6,000 por la totalidad de la vida útil de los sistemas fotovoltaicos.

Al descontar los ingresos anteriores a una tasa del 15%, se tiene un valor presente de ¢15,275.00, el cual representa únicamente el 13% del valor actualizado de ¢117,175.00, que sería el valor que pagarían por el consumo si la energía les fuera suministrada por la red de distribución convencional.

Otro aspecto importante, se obtiene al comparar los valores actualizados totales de ¢359,430.00, correspondientes a la instalación de la línea de transmisión convencional más los gastos anuales actualizados en consumo, con los valores actualizados totales de ¢205,275.00, correspondientes a la instalación de los 20 sistemas fotovoltaicos y los aportes anuales de cada familia en concepto del Fondo de Mantenimiento. De dicha comparación se obtiene una diferencia de ¢154,155.00, la cual sí representa una diferencia económica considerable. En este caso el costo de la primera representa el 175% de la segunda.

La principal desventaja de la alternativa fotovoltaica radica en el limitado número de horas disponibles de uso, y los tipos de carga que puede suplir; sin embargo, existen combinaciones para el uso de cargas apropiadas según la escogencia de cada usuario. Dado que los sistemas solares a instalar serán estándar y generarán 50 watts, los usuarios podrán consumir dicha energía a su elección; en anexo No.7, se presenta a manera de ejemplo, algunas combinaciones de equipos y

tiempo durante el cual podrán utilizar la energía del sistema, decidiendo ellos según sus necesidades, las horas que estimen más conveniente.

Es evidente, que la generación de electricidad por medio de sistemas solares constituye por sí solo un factor de progreso.

4.5 Posibles fuentes de financiamiento

Uno de los escollos más difíciles a superar para la realización de cualquier proyecto, es la búsqueda y elección de las posibles fuentes de financiamiento, que proporcionen oportunamente la cuantía de recursos necesarios para su ejecución. Esto cobra mayor relevancia, en proyectos de infraestructura pública o cuyos montos de inversión son cuantiosos; y sobre todo, tomando en consideración la falta de recursos económicos que sufre la mayoría de personas, especialmente las del área rural. Esto se convierte en un círculo vicioso, que involucra pobreza y casi nulo desarrollo económico-social, condicionantes que limitan el acceso a mejores niveles de vida.

Entre las fuentes de financiamiento se tienen:

a) Crédito Bancario

Por su misma situación, los habitantes del área rural debido a la falta de garantías reales, difícilmente son sujetos de crédito de parte del sistema bancario tradicional, quien condiciona el otorgamiento de préstamos

para aquellos sectores o proyectos, en los que exista el menor el riesgo de recuperación del capital prestado.

Con base en las innovaciones financieras en estudio, actualmente está en proceso la redacción de leyes y reglamentos para una aplicación más amplia del arrendamiento de bienes muebles e inmuebles, que ya ha sido desarrollado con mucho éxito en otros países. No obstante, con base en la regulación vigente, algunos bancos ya realizan esta clase de operaciones.

b) Donaciones

Tomando en cuenta la problemática planteada, las comunidades han fijado su atención en organismos internacionales como posibles suministradores de recursos para la realización de sus proyectos; y tal como se ha comprobado, la instalación de proyectos fotovoltaicos ha recibido "financiamiento no reembolsable", y para lo cual, únicamente han requerido la existencia de un mínimo aporte económico por parte de las comunidades beneficiadas; el cual oscila entre el 10% y el 25% del monto del proyecto. Entre los organismos internacionales, que han otorgado dicho financiamiento se tienen:

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

Esta cuenta con el proyecto "Actividad de Pequeña Infraestructura", bajo el cual se puede solicitar

financiamiento para la construcción de puentes, escuelas; y por supuesto, para proyectos solares.

Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI)

De manera general, ofrece concesiones de ayudas y subvenciones, para la ejecución de proyectos de cooperación al desarrollo, que le son presentados por ONG`s o instituciones sin fines de lucro.

c) Erogaciones municipales o estatales (FISDL)

Otra alternativa, puede ser el estructurar el financiamiento involucrando fondos municipales o del Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL), por lo cual será necesario incorporar en los correspondientes presupuestos, los montos para realizar dichas inversiones, debiendo cumplir previamente con las condiciones que establecen dichas instituciones.

4.6 Guía para la gestión de proyectos de generación de electricidad utilizando paneles solares.

Esta guía se compone de los siguientes apartados:

- ❖ **Organización de la comunidad.** Detalla los pasos necesarios para que un caserío, cantón o grupos de personas puedan organizarse legalmente.
- ❖ **Estructuración del perfil del proyecto.** Orienta a técnicos y consultores sobre el contenido que debería

tener el documento del perfil de un proyecto de energía solar.

- ❖ **Financiamiento.** Indica el procedimiento para acceder a fondos que organismos internacionales tienen destinados para este tipo de proyectos, específicamente la USAID El Salvador.
- ❖ **Participación de la comunidad.** Propone algunas maneras en la que la comunidad podría participar activamente, para garantizar el éxito de los proyectos.

A. ORGANIZACIÓN DE LA COMUNIDAD

Todos los Concejos Municipales del país tienen la responsabilidad de elaborar un Plan municipal, que propondrá los mecanismos necesarios para convocar a las comunidades con mayores necesidades y que no están organizadas, con el objeto de invitarlas a que lo hagan para gozar de entre otros beneficios de una mejor integración en su desarrollo socio-económico y cultural.

Sin embargo, si la comunidad no ha sido invitada por su Concejo Municipal, el procedimiento para estar autorizados y gozar de los derechos de asociación que confiere la Constitución de la República, esta contenido en los artículos 18, 118, 119 y 120 del Código Municipal, siendo el siguiente siguiente:

- 1 Los habitantes de la comunidad deben hacer llegar el señor Alcalde y a los señores Miembros del Concejo Municipal de su jurisdicción una nota de invitación a reunirse con ellos, a fin de proceder a organizar su junta directiva; en este caso, el señor Alcalde y su consejo podrán delegar la realización de dicha actividad al Departamento de Proyección Social de la Alcaldía.

- 2 El Departamento de Proyección Social designará a un asesor, quien podrá sugerir a la comunidad una programación de 4 a 5 reuniones para desarrollar los siguientes puntos:
 - ❖ Proponer y elegir a la junta directiva para obtener la Personería jurídica.
 - ❖ Leer y analizar los "proyectos" de estatutos para la asociación comunal.
 - ❖ Realizar reuniones "de ensayo" para el acto de constitución.

- 3 Realizar el acto de constitución, con la presencia de los delegados de la municipalidad, elaborando el "Acta de Constitución" que contemplará los siguientes acuerdos: nombre de la asociación, ratificación de la Junta Directiva y la aprobación de los estatutos por parte de la asamblea; juramentación de la Junta Directiva e inmediatamente después se lee y firma por el señor Alcalde o su delegado, la junta directiva y todos los socios presentes.

- 4 El representante legal de la comunidad, ahora asociación, envía al Concejo Municipal una solicitud de aprobación de su personería jurídica, (ver anexo No.8), a la que se adjuntan los documentos originales del acta de constitución, listado de los miembros y los estatutos.
- 5 El Concejo Municipal tendrá 15 días para la respuesta de "aprobado" y entregar el documento original a la asociación, los estatutos, el acta de constitución, y el acuerdo municipal, para que sea presentado y publicado en el Diario Oficial.

B. ESTRUCTURACIÓN DEL PERFIL DEL PROYECTO

Para formular el perfil de un proyecto como este, no se debe perder de vista que se trata de un proyecto de desarrollo económico y social o sea que esta orientado a satisfacer necesidades de la comunidad, y que debería ser atendido por una entidad pública, para el caso la alcaldía de la jurisdicción. En este sentido, es recomendable que el asesor de este tipo de proyectos, evalúe la necesidad de desarrollar el contenido propuesto a fin de elaborar y presentar el documento que justifique la ejecución y beneficios del proyecto.

1 **Resumen Ejecutivo**, en el se presenta la síntesis de las partes principales del documento tales como:

a) *Comunidad atendida*

- b) *Objetivos*
- c) *Tecnología del proyecto*
- d) *Período de ejecución y operación*
- e) *Costos del proyecto*
- f) *Beneficios esperados*

2 **Aspectos del mercado**, estos se incluyen para tener elementos de juicio s que ayuden a tomar mejores decisiones de inversión, entre los cuales es importante considerar:

- a) *Entorno económico*
- b) *Oferta de los servicios de suministro de electricidad*
- c) *Demanda de los servicios de suministro de electricidad*
- d) *Proveedores y servicios que prestan.*
- e) *Precios*

3 **Estudio técnico**, este es de mucha importancia para la elaboración de carpetas que solicitan las instituciones que otorgan las donaciones y el financiamiento para la ejecución de los proyectos; el estudio técnico deberá contener, por los menos, los siguientes aspectos del proyecto:

- a) *Tamaño*
- b) *Tecnología*
- c) *Localización*
- d) *Ingeniería*
- e) *Vida útil*
- f) *Costos de inversión y operación*
- g) *Programas de desembolsos*
- h) *Calendarización de actividades*

i) Aspectos organizacionales

3 Factibilidad económica y evaluación financiera, que debe incluir:

a) Comparación con otras alternativas de ejecución

b) Ingresos y costos del proyecto

c) Flujos de fondos y Valor Actual Neto

4 Conclusiones y recomendaciones.

C. FINANCIAMIENTO

Considerando su accesibilidad, en esta guía se desarrolla una sola fuente posible de financiamiento, la cual es USAID/EL SALVADOR a través de su proyecto "ACTIVIDAD DE PEQUEÑA INFRAESTRUCTURA";

Condicionantes para ser beneficiario de este Proyecto:

- Los proyectos a financiar deberán ser de infraestructura y deberán de estar ubicados estrictamente en el área rural..
- El monto máximo a otorgar es de \$350,000.00 para cada proyecto, con una contrapartida del 25% como aporte de los beneficiarios, que por lo general consiste en bienes.
- El proyecto se deberá ejecutar en el plazo de 4 a 6 meses.

- La comunidad será responsable de:
 - a) Solicitar el financiamiento
 - b) Elaborar el prediagnostico y la carpeta técnica, la cual deberá contener el diseño, presupuesto, propuesta técnica, etc.
 - c) Manejar los fondos, mediante las solicitudes de avances de fondos y liquidaciones.
 - d) En general administrar y ejecutar el proyecto.

Los pasos a seguir para acceder a estos fondos son:

1. La comunidad envía una carta a USAID solicitando financiamiento para ejecutar con recursos provenientes de la Actividad de Pequeña Infraestructura, y solicita un formulario para elaborar el prediagnóstico, ver Anexo No. 9.
2. La comunidad elaborará el Prediagnóstico y lo presentará a USAID.
3. Un Comité de Evaluador de USAID evaluará la solicitud y dará su resolución.
4. USAID comunica a la comunidad la resolución; en caso de ser positiva, le entregará una guía para la elaborar la carpeta técnica, ver Anexo No.10.
5. La comunidad elabora la carpeta técnica
6. La comunidad presenta la carpeta técnica a USAID.

7. USAID realiza visita de campo para determinar la veracidad de los datos de la necesidad planteada.
8. El Comité de USAID se reunirá de nuevo para dar la aprobación final, con base en la carpeta técnica y el reporte de la visita de campo realizada.
9. De 2 a 3 semanas después de lo anterior, se firma el Convenio de Cooperación.
10. Finalmente, USAID realiza los desembolsos para ejecutar el proyecto y monitoreará su desarrollo.
11. El proyecto se ejecuta y finaliza.
12. USAID verifica físicamente la finalización del proyecto.
13. La comunidad realiza la liquidación de los fondos a USAID.

D. PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD

Para garantizar el éxito del proyecto, será indispensable contar con la participación activa de la comunidad de la manera siguiente:

1. Incorporar a hombres, mujeres y niños, en las actividades de capacitación sobre conocimientos básicos de electricidad por paneles solares; y además proporcionarles el adiestramiento adecuado, para realizar tareas de mantenimiento de los mismos en caso de desperfectos.

De tal manera, que los habitantes de la comunidad, deberán participar en charlas y talleres referidos a la energía solar: antes, durante y después del proceso de ejecución de la obra.

2. Constituir, con un número mínimo de 6 personas de la comunidad la Comisión Solar; que será responsable de:

- Planificar, evaluar y dar seguimiento a los aspectos relacionados con el buen uso de los equipos solares.
- Manejar correctamente el Fondo Común establecido, mediante cuenta bancaria, con firmas registradas del Presidente y Tesorero de la Comisión.
- Aprobar las reglas que deberán cumplir las familias beneficiarias de las instalaciones.

3. Comprometer a las familias beneficiarias, a:

- Que no podrán trasladar los equipos a ninguna ubicación diferente a la vivienda en que sean instalados. Además, no los podrán vender, alquilar, ceder o regalar; ya que los mismos pertenecen a toda la comunidad.

- Pagar una cuota mensual que ingresará a un Fondo Común, la cual será establecida previamente por consenso de la comunidad. Estos recursos se utilizarán únicamente para cubrir el costo mano de obra y/o repuestos por reparaciones, el reemplazo de baterías, y todo gasto que sea necesario realizar para mantener a los equipos en condiciones óptimas de operación.
4. El incumplimiento a los acuerdos del Comité Solar, dará lugar a que los equipos solares puedan ser retirados, temporal o permanente, sin ninguna responsabilidad de reembolso.
 5. La Junta Directiva de la Comunidad deberá desarrollar una relación permanente con la Comisión Solar, a fin de dar seguimiento continuo a los resultados de la instalación.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A) Conclusiones .

- 1-La falta de energía eléctrica en los asentamientos rurales, incide directamente en las oportunidades de desarrollo afectando la calidad de vida, tanto la del individuo como la de la comunidad.
- 2- Por su posición geográfica El Salvador cuenta con niveles de insolación óptimos para un rendimiento eficiente de los paneles solares.
- 3-La organización de las comunidades es un factor determinante para el éxito de los proyectos de generación de electricidad con paneles solares.

- 4- Dado los montos de inversión requerido para ejecutar los proyectos con paneles solares, estos resultan económicamente altos para las familias del área rural, haciéndose necesario recurrir a la ayuda de organismos internacionales.
- 5- Estando nuestro país entre los de menor desarrollo, es urgente que implemente proyectos de generación de energía eléctrica utilizando la luz solar, la cual proporcionaría beneficios al medio ambiente por ser una tecnología limpia.
- 6- Los resultados obtenidos en la ejecución de proyectos solares, demuestran logros significativos en la calidad de vida de las personas beneficiadas; para lo cual, ha sido necesario su involucramiento en los proyectos, mediante la organización y capacitación.

B) Recomendaciones .

- 1- El Gobierno Central y las Alcaldías deberían tomar un papel protagónico en la implementación y financiamiento de proyectos solares, poniendo énfasis en el área rural, ya sean éstos con fondos propios o de organismos internacionales.
- 2- Las facultades y escuelas de ingeniería eléctrica, de las universidades de nuestro país, deberían incluir

dentro de sus programas de trabajo social capacitaciones y asesorías a las comunidades para implementar proyectos de generación de energía fotovoltaica.

- 3- Será imprescindible capacitar a las comunidades para que puedan seleccionar los sistemas fotovoltaicos más económicos y adecuados a la satisfacción de sus necesidades