

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

**FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA**



PROYECTO DE GRADO

**OPTIMIZACION DE LA ETAPA DE RECOLECCION DE
ENERGIA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO TIPO
UTILIZADO EN ZONAS RURALES DEL DEPARTAMENTO
DE LA PAZ**

Proyecto de grado para la obtención del Grado de Licenciatura

POSTULANTE: ALVARO DAVID VASQUEZ BALLON

TUTOR: ING. MAXIMO TORREZ H.

**LA PAZ – BOLIVIA
Junio, 2016**

DEDICATORIA

Deseo dedicar el proyecto realizado a toda aquella persona que ayudo a que el mismo culmine con buenas expectativas, dedicar con un profundo sentimiento a mis padres quienes son un icono vital en mi vida.

No hay nada imposible, porque los sueños del ayer son las esperanzas de hoy y pueden convertirse en realidad mañana

AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer a mis padres, quienes con su esfuerzo y apoyo incondicional tanto económico como moral supieron apoyarme.

Agradecer a mi tutor, una gran persona que con sus conocimientos ayudo a forjar profesionalmente mi mente.

Agradecido profundamente con la FACULTAD DE TECNOLOGIA y la carrera ELECTROMECHANICA por haber brindado una infinidad de conocimientos y experiencias que a lo largo de mi vida serán utilizadas.

**OPTIMIZACION DE LA ETAPA DE RECOLECCION DE ENERGIA DE UN
SISTEMA FOTOVOLTAICO TIPO UTILIZADO EN ZONAS RURALES DEL
DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

INDICE

	Pg.
CAPITULO 1 GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCION	2
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3.1 Identificación del problema	4
1.3.2 Formulación del problema	6
1.4 OBJETIVOS	7
1.4.1 Objetivo General	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	7
1.5 JUSTIFICACION DEL PROYECTO	7
1.6 LIMITES Y ALCANCES	8
CAPITULO 2 MARCO TEORICO	Error! Bookmark not defined.
2.1 NECESIDAD DE ENERGIAS ALTERNATIVAS	18
2.2 BENEFICIOS SOCIALES	18
2.3 DEMANDA ELECTRICA DE UNA VIVIENDA.....	18
2.4 COMPONENTES USADOS EN UNA VIVIENDA DEL AREA RURAL	19
2.5 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	19
2.5.1 Panel fotovoltaico.....	19
2.5.2 Operación de un panel fotovoltaico.....	20
2.5.3 Modelos de paneles fotovoltaicos	21

2.5.4 Acumuladores o Baterías.....	22
2.5.5 Sistema de regulación por inversor.....	22
2.5.6 Adaptadores	17
2.5.7 Reflectores.....	17
2.5.8 Materiales reflectantes.....	18
2.5.9 Unidades de energía solar.....	18
2.5.10 Rendimiento de un panel fotovoltaico.....	19
2.6 INCIDENCIA SOLAR EN ÁREA RURAL DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ	20
CAPITULO 3 INGENIERIA DEL PROYECTO.....	Error! Bookmark not defined.
3.1 DEMANDA MÍNIMA Y MÁXIMA DE UNA VIVIENDA TIPO EN EL ÁREA RURAL.....	30
3.2 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	27
3.2.1 Calculo del panel fotovoltaico tipo.....	27
3.2.2 Tipo De Panel Usado en las viviendas tipo.....	38
3.2.3 Calculo de conductor del Panel Fotovoltaico	47
3.2.4 Análisis de tiempo de duración de batería	49
3.3 PARÁMETROS DE OPTIMIZACIÓN	52
3.3.1 Angulo del reflector.....	52
3.3.2 Diseño de varilla soporte.	48
3.4 DISEÑO DEL PANEL FOTOVOLTAICO OPTIMIZADO	48
3.4.1 Angulo del reflector solar	48
3.4.2 Longitud de la varilla soporte	62
3.5 GANANCIA OBTENIDA POR LOS REFLECTORES SOLARES.....	58
3.5.1 Horas sol en superficies inclinadas con el reflector solar.....	58
3.6 INSTALACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	69

3.6.1 Mantenimiento del panel fotovoltaico.....	69
3.6.2 Mantenimiento de las baterías.....	70
3.6.3 Mantenimiento del sistema de regulación.....	70
3.6.4 Instalación del panel fotovoltaico.....	72
3.6.5 Elementos Para La Instalación.....	73
3.7 REGULADOR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	67
3.7.1 Calculo de corriente de entrada del regulador.....	67
3.7.2 Calculo de corriente máxima del regulador.....	67
3.7.3 Calculo de corriente de salida del regulador.....	68
3.8 INVERSOR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	69
CAPITULO 4 ANALISIS ECONOMICO.....	Error! Bookmark not defined.
4.1 EVALUACION SOCIOECONOMICA.....	79
4.2 DESCRIPCION DEL MERCADO.....	80
4.2.1 Poblaciones escasas de energía eléctrica.....	73
4.2.2 Beneficios del proyecto.....	83
4.3 PARAMETROS PRINCIPALES DEL FINANCIAMIENTO.....	76
CONCLUSIONES.....	79
ANEXOS.....	Error! Bookmark not defined.
BIBLIOGRAFIA.....	98

RESUMEN

Tras el estudio de organizaciones internacionales sobre la capacidad de generar energía eléctrica en territorio nacional, se concreta una gran posibilidad de poder atraer inversiones económicas sobre diferentes tipos de generación de energía por medios naturales.

El actual proyecto no solo se enfoca en la distribución de energía eléctrica para zonas rurales y/o poblaciones con escasos recursos económicos, sino también para mini, mediana o mega proyectos relacionados con “PANELES FOTOVOLTAICOS”.

Con la misma referencia de la mejor posición de instalación de un panel solar, se realizo cálculos para la mejor posición de dos reflectores que irán ligados al mismo panel logrando aumentar horas de ganancia solar pico dando como resultado ganancias en la captación de energía de recolección y de transmisión.

Tras lograr efectivamente una optimización de un panel solar mediante materiales con una alta reflexión de energía, esto implica no solo una ganancia individual, significaría una ganancia masiva para proyectos ya instalados con una gran cantidad de paneles fotovoltaicos, aumentando su capacidad de generación y por ende económico.

Esta optimización está basada en el cálculo de un sistema fotovoltaico con ciertas dimensiones, por esta razón se llega a calcular parámetros para la mas optima situación donde relaciones físicas del panel son directamente proporcionales a los componentes que son usados para su mejora.

CAPITULO 1

GENERALIDADES



OPTIMIZACION DE LA ETAPA DE RECOLECCION DE ENERGIA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO TIPO UTILIZADO EN ZONAS RURALES DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ

1.1 INTRODUCCION

El documento actual, es una herramienta básica para ayudar en la introducción de dispositivos o elementos que brindara conocimiento e información a través de sistemas fotovoltaicos optimizados por medio de reflectores solares a las pequeñas y grandes “viviendas tipo” que existe en las zonas rurales de nuestro país.

Se debe entender por “vivienda tipo” en cuanto a zona rural, al lugar donde un número de personas se reúne para tomar un descanso o para dormir durante el periodo nocturno. Esta vivienda tipo en las zonas rurales cuenta en su mayoría solo con la parte de iluminación. Son raros o nulos los casos donde una vivienda en estas zonas cuenta con energía eléctrica y por tanto con elementos que den uso de la misma (lámparas, radios, televisores).

Para el mejor desenvolvimiento de una población campesina, la información es uno de los puntos críticos que se debe atacar, logrando abrir sus mentes, creando nuevos campos de conocimiento, dándoles nuevas fronteras que al mediano o largo plazo se identificara como un gran avance para su desarrollo.

Entre algunos beneficios que brinda este sistema fotovoltaico está el de reducir el consumo de iluminación por medio de leña, vela, mecheros, etc. que son utilizados frecuentemente en estas zonas, además de introducir alternativas de implementación tecnológica (tv, radio, lámparas tipo LED o fluorescentes compactas) para el bienestar de las mismas.

Estos implementos tecnológicos son incorporados gracias al diseño de reflectores solares, que ayudan al panel fotovoltaico a captar y percibir mejor los iones de la luz solar para obtener una mejor captación y a la vez un mayor almacenamiento de energía a través de las baterías solares, para luego ser transmitidas a equipos de uso común.

Los reflectores además de mejorar el tiempo de captación solar, tienen como objetivo aumentar la eficiencia y rendimiento de los sistemas fotovoltaicos actualmente instalados en diversas zonas del país.

El reflector o colector solar estará diseñado por un material que transmitirá si no en su totalidad, gran parte de la cantidad de energía solar captada por el mismo. Uno de los materiales con alto índice de reflexión es el espejo, llegando aproximadamente a un 90% de reflejo de energía por medio de la reflexión especular.

1.2 ANTECEDENTES

La llegada de la tecnología fotovoltaica al país trazo una nueva línea de visión energética para su consumo, siendo de gran importancia para los países desarrollados motivar a utilizar esta tecnología.

Hace no mucho tiempo atrás se instalaron aproximadamente 5000 sistemas fotovoltaicos destinados principalmente a las telecomunicaciones y la electrificación de viviendas rurales en la ciudad de Santa Cruz impulsada por la distribuidora CRE.

La implementación de sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales del país no tenía mucha importancia ya que no ameritaba la inversión de la misma. Gracias al satélite "TUPAC KATARI" esta visión mejoro a niveles muy altos, proponiendo

brindar información (elemento vital para el crecimiento, desarrollo y educación personal y social) mediante el uso de equipos de telecomunicación.

Con este gran beneficio que nos aportara el satélite, la optimización de los sistemas fotovoltaicos permitiría mejorar la calidad de vida de diversas zonas que ya cuentan con este tipo de sistemas.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Identificación del problema

El actual gobierno con su programa “ELECTRICIDAD PARA VIVIR CON DIGNIDAD” propone la electrificación total de pueblos y zonas que no cuentan con energía eléctrica, la misma ayudaría en su desarrollo personal y social, el objetivo del programa no se cumplió de una forma aceptada por diversos motivos y problemas que se presento.

El interconectado nacional de energía eléctrica, tiene un gran problema al no poder acceder a diferentes zonas para su abastecimiento de energía, sino en su mayoría en su totalidad rural, por tanto una opción potencial es el uso de energías alternativas como la de los sistemas fotovoltaicos, sistemas de generación eléctrica por medio de generadores eólicos, biomasas y otros.

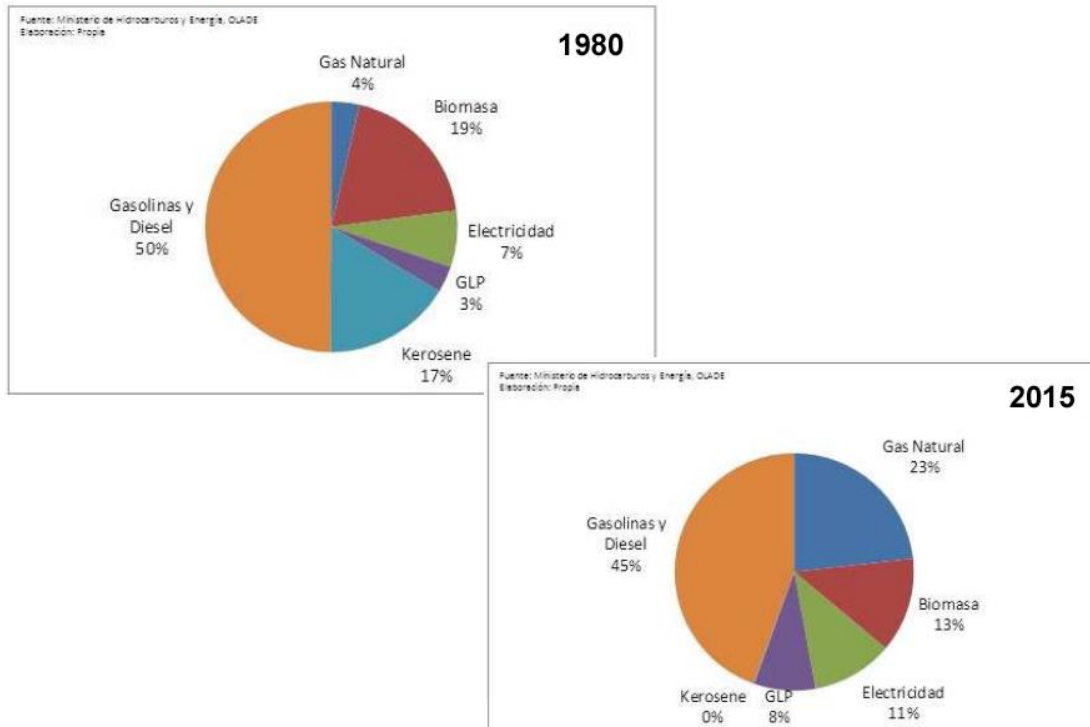
Los sistemas fotovoltaicos implementados en la actualidad tienen características regulares que presentan varios y distintos problemas para una vivienda tipo, entre estas dificultades tenemos:

- Contaminación de la vivienda por el uso de baterías acumuladoras plomo-acido emiten de gases tóxicos.
- Los sistemas fotovoltaicos ya instalados en el área rural en su mayoría abastecen solo la parte de iluminación.

-Baja vida útil de las baterías acumuladoras plomo-acido.

-Mala orientación de los paneles fotovoltaicos para la captura de energía solar.

Energía en Bolivia



Fuente. ENERGIA UTILIZADA EN BOLIVIA

De estos problemas se ha traducido que los sistemas fotovoltaicos actualmente instalados e implementados, son de bajo rendimiento para el suministro de energía eléctrica.

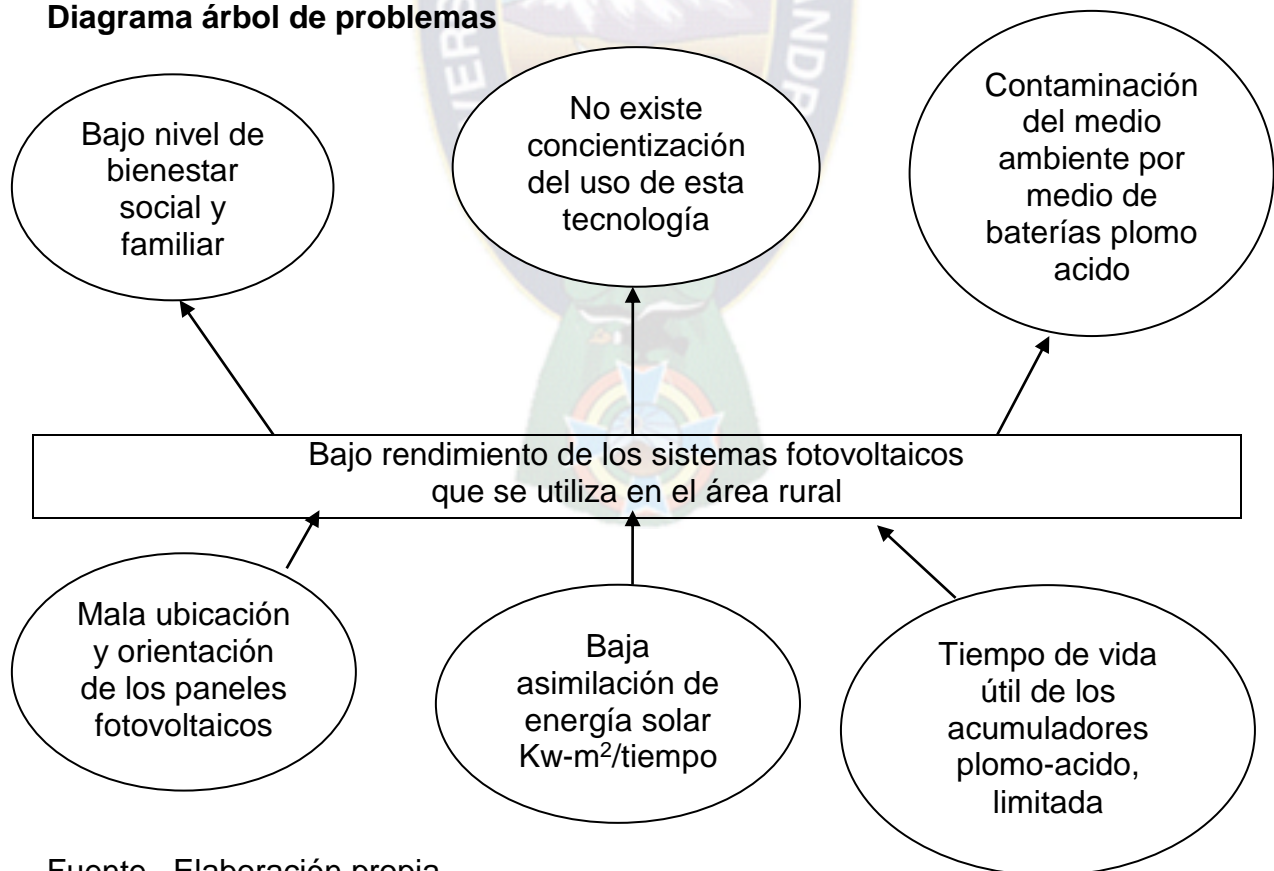
1.3.2 Formulación del problema

Para la solución de los problemas mencionados, las propuestas a seguir son las siguientes:

-Para mejorar la captura de energía solar que irradia sobre el panel fotovoltaico se diseñara e implementara reflectores solares, optimizando la ganancia de energía solar para obtener un mayor rendimiento del sistema fotovoltaico, así de esta manera poder implementar nuevas tecnologías para los pobladores como dispositivos de información (pequeñas radios y televisores) además de la iluminación.

-Por tener una vida útil optima y mayor que las baterías plomo-acido se optara la implementación de baterías acumuladoras tipo gel.

Diagrama árbol de problemas



Fuente. Elaboración propia.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Optimización de la etapa de recolección de energía solar mediante el uso de reflectores solares de un sistema fotovoltaico utilizado en zonas rurales para la alimentación de carga eléctrica que representa una vivienda tipo.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar un sistema fotovoltaico tipo utilizado en áreas rurales de nuestro país.
- Determinar la demanda mínima y máxima de energía eléctrica de una vivienda rural tipo.
- Analizar tiempos de captura de energía solar por medio del sistema fotovoltaico tipo.
- Diseñar optimizadamente los reflectores solares acorde a los requerimientos.
- Dimensionar la barra soporte de tal forma que permita la orientación del reflector para alcanzar la máxima eficiencia.

1.5 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Existen varios programas del anterior y actual gobierno que como principal objetivo es el de llegar aproximadamente al 100% de electrificación rural.

Entre estos programas tenemos:

ESTRATEGIA NACIONAL DE ENERGIA RURAL
PROGRAMA NACIONAL DE ELECTRIFICACION RURAL
PLAN BOLIVIA DE ELECTRIFICACION RURAL
ELECTRICIDAD PARA VIVIR CON DIGNIDAD

Dichos programas no cumplieron con sus objetivos por diferentes circunstancias, es por eso que el uso de la energía alternativa por medio de sistemas fotovoltaicos es uno de los proyectos que en un futuro muy cercano será tomada en cuenta, no solo en nuestro país si no también a nivel mundial.

Con el reciente lanzamiento del satélite espacial “TUPAC KATARI” las emisiones de señales (televisivas y comunicativas) llegara a todo territorio nacional, es por tal motivo que el proyecto a presentarse será una herramienta básica para el desarrollo de información, marcando un enorme beneficio para las zonas rurales.

1.6 LIMITES Y ALCANCES

Los límites del presente proyecto serán mencionados a continuación.

- El sistema de un panel fotovoltaico optimizado cubrirá la necesidad básica de energía eléctrica para una sola vivienda tipo.
- El número de colectores o reflectores para el sistema fotovoltaico optimizado no superara las 2 unidades.

En cuanto los alcances tenemos:

- El sistema fotovoltaico optimizado cubrirá necesidades de una vivienda tipo más algunas horas extra de televisión y radio.
- El sistema fotovoltaico optimizado podría implementarse en zonas y/o pueblos que no cuenten con energía eléctrica.
- El ahorro económico es un factor muy importante, por el cual este proyecto no solo se emplearía en zonas rurales sino también para zonas urbanas.

-La cantidad calculada de energía eléctrica requerida para una vivienda tipo en cuanto a la iluminación, televisión y radio, puede ser reemplazada por otros equipos no mencionados, pero estos no deberán superar la cantidad de carga máxima permitida por el sistema fotovoltaico optimizado.



CAPITULO 2

MARCO TEORICO



2.1 NECESIDAD DE ENERGIAS ALTERNATIVAS

La necesidad de las energías alternativas son una realidad que sufre la humanidad junto al medio ambiente y el mundo. Necesidad que al transcurso del tiempo será tan normal ver una vivienda o industria con energía renovable o alternativa por los beneficios que aun no son vistos en nuestra época y que repercutirán en el futuro.

2.2 BENEFICIOS SOCIALES

Los beneficios sociales que atrae esta tecnología en el mundo y en el país son y serán de gran importancia. El actual gobierno con su política, defiende la MADRE TIERRA como protectora de la humanidad, por tanto el uso y la contaminación de esta sería dañina para el hombre.

Existen varios argumentos para confirmar los beneficios sociales de los paneles fotovoltaicos entre ellas tenemos que son ecológicos, seguros, sostenibles y económicos.

Expertos de diferentes países aseguran que el uso de los paneles fotovoltaicos van cada vez en mayor producción por la demanda que alcanzan estas.

2.3 DEMANDA ELECTRICA DE UNA VIVIENDA

En las provincias del departamento de La Paz, en su gran mayoría no cuentan con servicios básicos (agua, energía eléctrica servicios Sanitarios, etc.) Hoy en día la energía eléctrica es una de las grandes necesidades de la población rural en cuanto a iluminación y equipos de información, por lo cual será de gran importancia la implementación de tecnología fotovoltaica a estas zonas para su desarrollo.

La demanda de energía eléctrica de una vivienda común en estas zonas son reducidas por el tiempo de permanencia del habitante en la vivienda. Estas pocas horas de permanencia de los habitantes requieren consumir energía eléctrica apenas lo suficiente para la comunicación e iluminación. Este es el punto donde los paneles fotovoltaicos optimizados entraran en acción.

2.4 COMPONENTES USADOS EN UNA VIVIENDA DEL AREA RURAL

En pueblos, zonas o territorios donde no se tiene ningún tipo de artefacto eléctrico es conveniente implementar la potencia mínima* para el uso de sus componentes eléctricos y para que su desarrollo sea de forma escalonada (tendencia de la población a conocer nuevas tecnologías),

En regiones donde la población cuenta con información de aparatos de uso eléctrico (pero que no cuenten con la energía que satisfaga sus necesidades) podrán contar con una alimentación proporcionada por el panel fotovoltaico que abastecerá la iluminación, pequeños radios, televisores de pequeño o bajo consumo.

2.5 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

2.5.1 Panel fotovoltaico

Es un conjunto de celdas fotovoltaicas que sirven para transformar la radiación solar (luz solar) en energía eléctrica.

* Por potencia mínima entendemos a la instalación de iluminación vía lámparas tipo led o fluorescentes, radios de bajo consumo y tv pequeñas

Este dispositivo genera un voltaje y corriente requerido por las cargas a utilizar. Esta energía es de 12V DC (voltaje de corriente continua) para el uso de diferentes equipos, como radio grabadoras, lámparas, bombas de agua, televisores, etc.

Si se utilizan artefactos eléctricos estándar, es necesario cambiar 12V DC a un voltaje mayor de corriente alterna 220V AC, que es el voltaje que utilizamos en las zonas urbanas y zonas rurales.

Todas las características básicas de un módulo fotovoltaico están señaladas bajo condiciones estándar (Radiación = 1 000 W/m², T = 25 °C, V= 12 V, 24 v):

2.5.2 Operación de un panel fotovoltaico

La conversión de la energía solar en energía eléctrica está basada casi por completo en el denominado "efecto fotovoltaico", o producción de una corriente eléctrica en un material semiconductor como consecuencia de la absorción de radiación luminosa.

La luz del Sol se transforma directamente en energía eléctrica en las llamadas células solares o fotovoltaicas, constituidas por un material semiconductor, como por ejemplo el silicio. Al incidir luz (fotones) sobre estas células se origina una corriente eléctrica (efecto fotovoltaico), aunque el rendimiento de este proceso es muy pequeño, pues en el mejor de los casos sólo un 25% de la energía luminosa se transforma en eléctrica.

Las células del panel están protegidas por un cristal y se construyen de forma que se pueden unir con otros paneles (serie o paralelo)

Para obtener suficiente amperaje, se conectan varias de ellas (células fotovoltaicas) en serie. El potencial solar en el territorio nacional alcanza los promedios anuales superiores a los 5 kWh (kilowatios-hora) m/día de intensidad. Las instalaciones fotovoltaicas han de ir provistas de acumuladores, capaces de almacenar la energía eléctrica no utilizada en forma de energía química. En algunos casos, también puede estar conectado en paralelo con la red, para emplear la energía de la misma cuando falte el Sol.

2.5.3 Modelos de paneles fotovoltaicos

TIPOS CRISTALINOS

Las células solares más eficientes, basadas en el silicio que se encuentra en abundancia en la arena, son las de tipo **monocristalino**, donde cada célula se corta con un fino espesor a partir de una barra de silicio que ha recibido un tratamiento específico. Existen también las células de tipo **policristalino**, que combinan diferentes cortes pequeños de silicio. El tipo policristalino es algo menos eficiente que el monocristalino en condiciones ideales de iluminación, pero es algo mejor cuando el sol alcanza ángulos más bajos de incidencia sobre el panel. Es en la práctica el tipo más usado, aunque no tolera la inclusión de sombras, o de los días nublados.

THIN FILM

Se trata de un tipo de silicio amorfo (no cristalino) que se usa ampliamente en calculadoras y que tienen un rendimiento inferior a la mitad del rendimiento de un panel basado en células de tipo cristalino. Las únicas ventajas de este tipo de células es que permiten su aplicación en paneles flexibles y que son más económicas de fabricar.

2.5.4 Acumuladores o Baterías

La batería es uno de los componentes más importantes del sistema; tiene como función almacenar la electricidad generada por el módulo y suministrarla a los equipos cuando lo necesiten.

.Existen varios tipos de batería que puede servir para estos fines. También podemos encontrar en el mercado activo las baterías de ciclo profundo, baterías con el principio de funcionamiento REDOX (no necesita mantenimiento).

En los sistemas fotovoltaicos se usa comúnmente las baterías de plomo-ácido o de litio.

Estas baterías están diseñadas únicamente para utilizarla en sistemas fotovoltaicos. Es necesario proteger la batería colocándola sobre una base de madera e instalarla en un lugar protegido, ventilado y donde no le llegue el sol

La acumulación de energía sirve para:

- Almacenar el excedente de energía producido en el día, para ser consumido en la noche.

- Tener una reserva que permite sobrepasar sin problemas una cantidad determinada de días sucesivos de baja insolación (días nublados).

2.5.5 Sistema de regulación por inversor

Si las cargas que debemos alimentar son a 230 VAC, necesitaremos un equipo que transforme la corriente continua procedente del regulador en corriente alterna para alimentar las cargas. Esta es la función del inversor. A la hora de dimensionar el inversor, se tendrá en cuenta la potencia que demanda la suma de todas las cargas AC en un instante, de este modo se elegirá un inversor cuya potencia sea

un 20% superior a la demandada por las cargas, suponiendo su funcionamiento al mismo tiempo.

Existen diferentes tipos de inversores entre estas:

-Inversor de onda cuadrada. No recomendada para uso domestico, por la falta de control de energía a la salida del inversor.

-Inversor de onda cuadrada modificada. Recomendadas para uso domestico, su desventaja es el producir ruido eléctrico.

-Inversor de onda sinusoidal. Para equipos electrónicos muy sensibles.

Este componente tiene la finalidad de producir el acople correcto entre el módulo, la batería y la carga (TV, DVD, radio, lámparas, etc.). En general cumple las siguientes funciones:

-Dirige la electricidad generada en los módulos FV hacia el uso final, si el tiempo de demanda de electricidad coincide con las horas de sol.

-Dirige la electricidad generada en los módulos FV hacia la batería, en caso que haya un exceso de potencia solar (la potencia generada es mayor que la potencia demandada)

-Impide daños en los cables y evitar cortocircuitos en todo el SFD.

-Hace que la batería dure más tiempo.

-Protege y sirve para impedir la eventual alza de corriente que pueda influir de la batería hacia el módulo en periodos de sol.

-Protege las baterías de los riegos de sobrecarga y descarga profunda, regulando la entrada de corriente proveniente del módulo a la batería y la

salida de corriente de la batería a la carga (aparatos y equipos), evitando que la batería se sobrecargue o que trabaje con voltajes por debajo de lo permitido.

2.5.6 Adaptadores

Los adaptadores pueden utilizarse para graduar el voltaje de un sistema solar. Por ejemplo cuando la salida es 24V y las cargas son de 12V ó 6V, el voltaje debe disminuir. Esto puede hacerse con un adaptador cualquiera que se fabrican y venden en cantidad y son muy comunes. Usualmente sólo los contactos y enchufes deben ajustarse. Se debe tener cuidado de que el adaptador sea lo suficientemente grande para la aplicación.

Un convertidor es un aparato que también puede graduar el voltaje. Es un diseño un poco más complicado y no está siempre disponible en todos los lugares. La eficiencia es mucho más alta que la de un adaptador.

2.5.7 Reflectores

El reflector será una herramienta básica para elevar el rendimiento de los paneles fotovoltaicos. Esta tendrá como función específica el captar la mayor cantidad posible de energía transmitida por el sol reflejándola en los paneles logrando optimizar la etapa de recolección.

Existen diferentes materiales para una buena reflexión de los rayos solares entre estos tenemos:

- Papel aluminio
- Mylar (plástico de regalos)
- Metacrilato espejo (espejo flexible)
- Espejos

Por las características del material reflector, el espejo es uno de los candidatos firmes para la reflexión solar, ya que este alcanza de un 85 a 90 % de cantidad reflejada.

2.5.8 Materiales reflectantes

La reflexión se da cuando la luz alcanza una superficie en la cual parte de esta se queda en la misma siendo absorbida, dispersada o incluso si la capa es lo bastante delgada ser transmitida.

Existen varios y distintos materiales reflectores entre ellos tenemos:

- Ladrillo rojo
- Madera lisa
- Concreto
- Hoja de aluminio
- Pintura negra
- Espejos

En esta última opción “ESPEJOS” existen de varios tipos: planos, cóncavos y convexos.

El índice de reflectividad solar se obtiene bajo la norma ASTM E1980

2.5.9 Unidades de energía solar

En un día soleado, el Sol irradia alrededor de 1 kW/m^2 a la superficie de la Tierra.

Considerando que los paneles fotovoltaicos actuales tienen una eficiencia nominal de entre el 12%-25%, esto supondría una producción aproximada de entre $120\text{-}250 \text{ W/m}^2$ en función de la eficiencia del panel fotovoltaico.

Algunos datos de interés:

Potencia del Sol = $4 \cdot 10^{26}$ [W]

Energía del Sol que llega a la Tierra = $5,5 \cdot 10^{24}$ [J/año]

Intensidad de radiación que llega en las capas altas de la atmósfera = 1^{38} [kW/m²]

Intensidad de la radiación que llega a la superficie terrestre ~ 900 [W/m²]

Para calcular las dimensiones necesarias de un colector solar, si queremos obtener una potencia determinada, necesitamos saber entre otras cosas, la cantidad de calor que se recibe en el punto de la tierra en el que queremos realizar la instalación.

Así, ese calor, Q, se puede obtener a partir de la expresión:

$$Q = K \cdot S \cdot t$$

Q= cantidad de calor [cal]

K = constante solar [cal/min · cm²]

S = Superficie sobre la que incide la radiación [cm²]

t = Tiempo durante el cual está recibiendo radiación

La constante solar es la cantidad de energía recibida en forma de radiación solar por unidad de tiempo y unidad de superficie, medida en la parte externa de la atmósfera en un plano perpendicular a los rayos. En la superficie de la tierra, en las mejores condiciones, no supera el valor de 1,3 [cal/min · cm²]. Toma valores entre 0 y 1,3 [cal/min · cm²], pudiendo tomarse como media en un día de verano 0,9 [cal/min · cm²]

2.5.10 Rendimiento de un panel fotovoltaico

Hay diferentes tipos de células fotovoltaicas y la mayoría de ellas están compuestas por:

Las células cristalinas planas son pequeñas piezas de unos 0,2 [mm] de grosor. Cada una produce una pequeña cantidad de electricidad. Por ello, las conectamos entre sí para obtener la potencia deseada. Estas células pueden estar compuestas por diferentes materiales:

- **Silicio monocristalino:** Material más costoso, pero su rendimiento (18%) es el más alto Presente en el mercado en un 40%.

- **Silicio policristalino o multicristalino:** Material menos costoso, pero su rendimiento es menor (12 - 15%). Presente en el mercado en un 45%.

- Silicio en ruban: más reciente pero menos rentable; tiene un rendimiento similar al del silicio multicristalino. Presente en el mercado en un 2%.

Los paneles solares fotovoltaicos que existen hoy en el mercado tienen entre un 12 y 20% de eficiencia, esa cifra indica el porcentaje de luz solar que logran convertir en electricidad. En laboratorio, hay casos que han llegado al 35 y hasta 41%, gracias a pruebas con nuevos materiales.

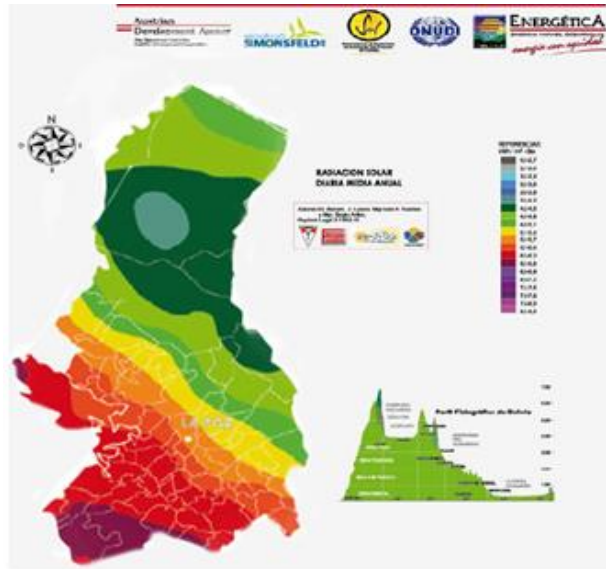
2.6 INCIDENCIA SOLAR EN ÁREA RURAL DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Existen al menos 20 provincias con población regular donde al menos un 70% no cuenta con energía eléctrica o no sea suficiente para sus necesidades.

Para hallar la incidencia solar en estas provincias se acudió al SENAMHI.

Para los cálculos realizados de radiación solar en zonas rurales se tomo en cuenta los datos de la estación IRUPANA que se encuentra en la provincia de SUD YUNGAS (una de las mejores estaciones que nos brindo varios datos)

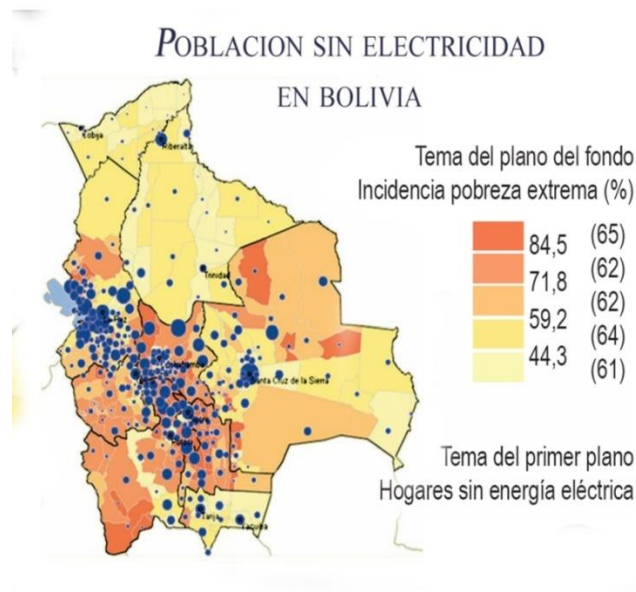
MAPA SOLAR DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ



Fuente: Energética. Cuadro # 2.1

Con la siguiente imagen queremos demostrar que en gran parte de los puntos azules (poblaciones que no cuentan con energía eléctrica) se encuentran en su mayoría en el área de potencial uso de energía solar. Esto significa una gran ventaja para el proyecto.

POBLACIONES SIN ELECTRICIDAD EN TERRITORIO BOLIVIANO



Fuente: Yacimientos Petroleros Fiscales Bolivianos. Cuadro # 2.2

CAPITULO 3

INGENIERIA DEL PROYECTO



3.1 DEMANDA MÍNIMA Y MÁXIMA DE UNA VIVIENDA TIPO DEL ÁREA RURAL

Según el siguiente cuadro, la demanda de energía eléctrica es primordial en las zonas rurales de Bolivia para su desarrollo.

DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA EN AREAS RURALES

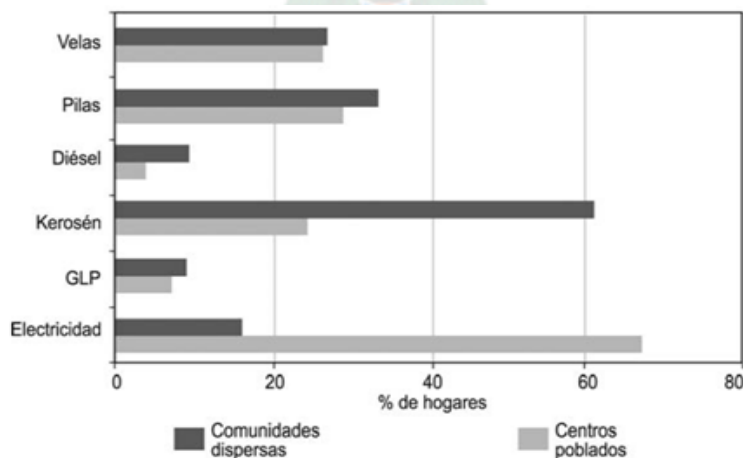
Usos domésticos	Usos productivos	Usos Sociales
-Luz, comunicación, entretenimiento. -Refrigeración de ambientes y alimentos. -Calefacción.	-Agua para ganado. -Comunicación. -Accionamiento de maquinaria. -Servicios de turismo y hotelería.	-Radios. -Bombeo de agua -Electrificación de postas y escuelas. -Telecentros.

Fuente: Energía Fotovoltaica de Bolivia 2012. Cuadro #1

a) Iluminación.-

La iluminación por medio de energía eléctrica en las zonas rurales tiene un porcentaje bajo en comparación con el Kerosén, velas, diesel.

FUENTES ENERGETICAS PARA LA ILUMINACION



Fuente: Estudio caso Bolivia OLADE. Cuadro #2

Los denominados “focos ahorradores” implementadas por el gobierno será una propuesta tentativa para ser elegida como factor de iluminación en las viviendas tipo en el área rural.

-Estos “focos ahorradores” vienen de 2 diferentes potencias en el mercado nacional:

LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS:

- LAND LITE 14 [W]
- LEE LITE 18 [W]

POTENCIA	VOLTAJE	EMISION DE LUZ	EFICIENCIA LUMINOSA	VIDA
Watts	voltios	Lúmenes	Lm/watts	horas
14	220	910	65	10000
18	220	1200	67	12000

Tabla N° 3.1 Elaboración propia. Fuente manual delámparas compactas.

-Los focos conforme a la norma internacional IEC tienen las siguientes características:

LAMPARAS INCANDESCENTES:

POTENCIA	VOLTAJE	EMISION DE LUZ	EFICIENCIA LUMINOSA	VIDA
Watts	voltios	Lúmenes	Lm/watt	Horas
60	220	800	13	1000
100	220	1350	13.5	1200

Tabla N° 3.2 Elaboración propia. Fuentes manual de lámparas incandescentes.

Este tipo de lámparas tiene un consumo elevado de energía eléctrica y un tiempo de vida bajo, lo cual solamente será de perjuicio para el proyecto.

LAMPARAS FLUORECENTES

-La iluminación mediante lámparas fluorescentes también será una opción tentativa a usar por sus características y requerimientos mínimos.

POTENCIA	VOLTAJE	EMISION DE LUZ	EFICIENCIA LUMINOSA	VIDA
Watts	voltios	Lúmenes	Lm/watt	Horas
10	220	1000	50	10000
14	220	1200	90	11000

Tabla N° 3.3 Elaboración propia. Fuentes manual delámparas fluorescentes.

b) Radios de pequeño consumo eléctrico.-

En las zonas donde la población es escasa, la audiencia de radio es de baja proporción, así que las personas que habitan en estos lugares optan por encender sus radios y escuchar melodías que ellos ya tienen en su poder mediante baterías desechables y/o recargables.

En su mayoría en la zona rural, cada pueblo cuenta con una estación que emite su propia frecuencia de radio (solo en un tiempo determinado) en el cual también emiten información departamental y nacional.

Es por tal situación que un equipo de sonido solo deberá cumplir con la expectativa del poblador.

Un dispositivo de audio considerada pequeña y que sea una buena opción para una pequeña familia para el área rural podría ser o tener alguna de estas características:

Ejemplo: Marca DAEWOO

Estas pequeñas radios incluyen: Lector de CD

Lector de Cassette

Frecuencia AM y FM

Voltaje

AC 220 [V] 110 [V]

DC 12 [V] u 8 baterías UM

c) Televisores de pequeño consumo eléctrico.-

Ya que más de la mitad de la población de estas provincias y zonas poco habitadas no tienen un televisor por consecuencias de falta de energía eléctrica será un gran avance darles la oportunidad para implementar dicho producto.

Existen infinidad de tipos de televisores de diferentes características y tamaños una opción considerable por ejemplo es el televisor de la marca SAMSUNG a colores de 15 pulgadas, buena y regular en su resolución de pantalla además de pequeña en tamaño.

Características:

Voltaje AC 220 [V] 110 [V]

Corriente 0,273 [A] (220 [V]) 0,545 [A] (110 [V])

Potencia 60 [W]

Dimensiones 45 [cm] x 35 [cm]

Con estos datos eléctricos de los equipos ya mencionados calculamos el consumo total de la energía eléctrica de una vivienda tipo, más un porcentaje de seguridad de abastecimiento de energía eléctrica.

ESTIMACION DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA					
CARGAS	Nº DE EQUIPOS	POTENCIA	POTENCIA TOTAL	TIEMPO HORAS/DIA	ENERGIA WH/DIA

ILUMINACION	2	14	31.08	4	124.32
RADIO	1	12	13.32	2	26.64
TELEVISION	1	60	66.6	2	133.2
TOTAL					284.16

Tabla N° 3.4 Elaboración propia.

<i>Energia total requerida = potencia + 11% * potencia</i>	ec.3.0
--	---------------

$$Energia\ total\ requerida = 284.16 + 0.11 * 284.16$$

$$Energia\ total\ requerida = 315.42 \left[\frac{Wh}{dia} \right]$$

3.2 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.2.1 Calculo del panel fotovoltaico tipo

Para el cálculo de un panel solar fotovoltaico tipo utilizado en el área rural, tomaremos como referencia los datos de la provincia SUD YUNGAS de la principal estación que se encuentra en IRUPANA.

PROVINCIA SUD YUNGAS ESTACION IRUPANA

Latitud sud	16°18`23''
Longitud oeste	67°27`10''
Altura m/s/n/m	1946

Los datos que mostramos a continuación reflejan una buena insolación solar durante el transcurso del año, mostrando la insolación solar media total de cada mes del año (mínima insolación solar de 116 horas/sol y una máxima insolación solar de 232 horas/sol)

DATOS DE: INSOLACION TOTAL (Hrs./Sol)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2008	****	98,2	156,5	145,5	154,9	****	****	****	****	****	****	155,9
2009	159,1	134,4	151,3	****	****	202,6	160,4	224,1	199,9	****	185,0	145,8
2010	140,7	****	170,6	****	****	****	****	240,3	162,7	157,8	190,8	****
SUMA	299,8	232,6	478,4	145,5	154,9	202,6	160,4	464,4	362,6	157,8	375,8	301,7
MEDIA	149,9	116,3	159,5	145,5	154,9	202,6	160,4	232,2	181,3	157,8	187,9	150,8

Tabla N° 3.5 Fuente SENAMHI

Los datos marcados con asterisco (****) son aquellos donde la estación no pudo medir la insolación..

DATOS DE: NUBOSIDAD MAXIMA TOTAL (octas)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2011	****	8,0	7,0	8,0	7,0	8,0	8,0	4,0	8,0	8,0	7,0	8,0	****
2012	7,0	8,0	8,0	8,0	7,0	6,0	****	8,0	8,0	6,0	8,0	8,0	****
2013	8,0	8,0	8,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
2014	****	8,0	****	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	****
2015	8,0	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
MAX	7,0	11,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	9,0

Tabla N° 3.6 Fuente SENAMHI

La nubosidad durante el periodo anual, puede ser un problema para la captación solar, esta tabla demuestra que un máximo de 9 octas es presentado durante los meses de diciembre, por tanto la captación solar en estos meses será mínima.

DATOS DE PRECIPITACION TOTAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2010	186,6	113,1	108,1	71,8	87,3	43,3	41,2	52,6	39,3	73,4	20,7	108,6	946,0

2011	****	368,5	220,9	46,4	19,1	7,1	74,3	0,0	101,1	165,5	74,9	231,8	****
2012	147,9	258,6	179,4	279,1	52,4	21,7	****	25,0	39,0	30,5	52,0	217,9	****
2013	258,9	217,1	82,5	7,9	392,2	227,7	68,2	166,4	57,1	56,8	84,7	155,7	1775,2
2014	****	****	****	99,3	51,0	33,5	39,2	89,0	102,9	10,6	35,7	143,2	****
2015	275,4	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
SUMA	11797,2	9933,5	8646,8	4681,7	3130,3	2178,9	2193,1	3872,6	5480,1	5841,3	6050,9	9233,7	58975,5
MEDIA	214,5	177,4	154,4	86,7	55,9	38,2	39,9	70,4	96,1	104,3	108,0	164,9	1310,6

Tabla N° 3.7 Fuente SENAMHI

La precipitación medida por la estación de Irupana, demuestra que en cada mes del año existe al menos un día de lluvia mínima. Esto beneficiara el mantenimiento del panel solar.

Datos:

Latitud $\varphi = 16^{\circ}19'32''$ (Hemisferio sur)
 $\varphi = -16,32^{\circ}$

a) Declinación solar δ .- Angulo que forma el sol al medio día respecto al plano con el ecuador. Este Angulo varia a cada instante, pero la variación que existe entre el amanecer y atardecer es tan pequeño que se la toma como un valor constante.

La declinación pasa por los valores máximos los días de solsticios y se anula los días de equinoccio. Este grado negativo en todo el hemisferio sur.

Ecuación según formula Cooper:

$\delta = 23,45 * \sin(360 * (284 + n)/365)$	ec.3.1
--	---------------

Donde:

23,45° = solsticio de verano (21 de junio)

365 = días del año

n = día del año (para enero 31 días)

$$\delta = 23,45 * \sin\left(\frac{360 * (284 + 31)}{365}\right)$$

$$\delta = -17,78 = -17^{\circ}46''$$

b) Angulo horario ω .- Angulo medido en el polo celeste, entre el meridiano del observador y el meridiano solar. Llamado así porque su valor depende de la hora del día.

Cuando el sol llega a su punto más alto de su trayectoria, el ángulo horario es nulo, antes negativo y después positivo

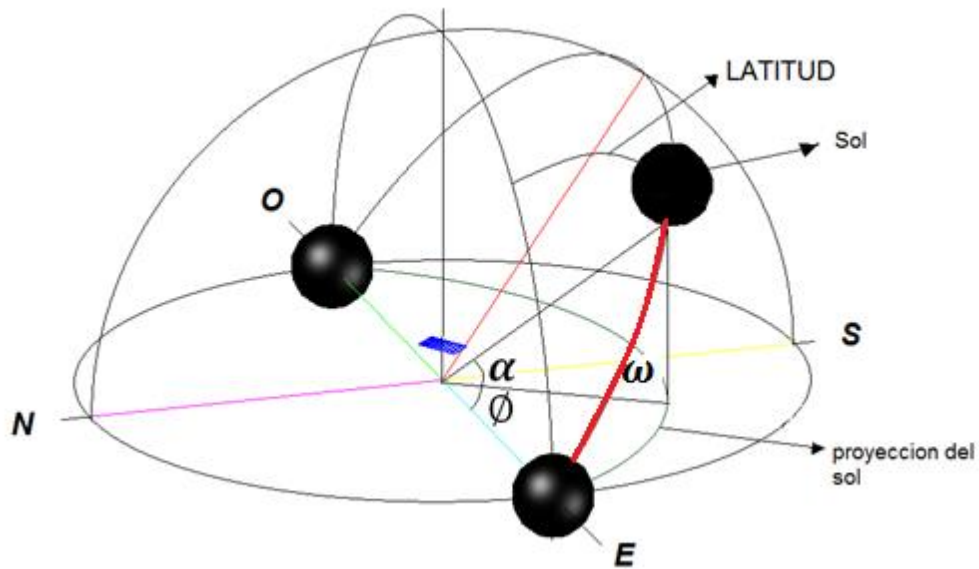
ω_0 = Es la posición del sol al medio día

$\omega = \cos^{-1}(-\sin \varphi * \sin \delta / \cos \varphi * \cos \delta)$	ec.3.2
--	---------------

$$\omega = \cos^{-1}\left(\frac{-\sin -16,32 * \sin -17,78}{\cos -16,32 * \cos -17,78}\right)$$

$$\omega = 95.39 = 95^{\circ}23''$$

c) Angulo solar α .- También llamado altitud solar. Angulo que se forma por la altura del sol y el plano del observador, este Angulo varía entre los 0° y 90°.



Fuente: Elaboración propia. Cuadro #3

Este ángulo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$\alpha = \sin^{-1}(\sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \cos \omega)$	ec.3.3
---	---------------

$$\alpha = \sin^{-1}(\sin -16.32 * \sin -17.78 + \cos -16.32 * \cos -17.78 * \cos \omega)$$

Donde: $\omega = 15 * (ts - 12)$

Ts = hora medio día

$$\omega = 15 * (12 - 12)$$

$$\omega = 0$$

$$\alpha = \sin^{-1}(\sin -16.32 * \sin -17.78 + \cos -16.32 * \cos -17.78 * \cos 0)$$

$$\alpha = 88,54 = 88^{\circ}32''$$

d) Declinación del panel solar β .- También llamado ángulo cenital. Es el ángulo formado entre la perpendicular al plano y la dirección en la que se encuentra el sol.

$\beta = 90 - \alpha$	ec.3.4
-----------------------	---------------

$$\beta = 1,46^\circ$$

e) Número de horas del sol en el día \aleph .

La duración de un día en horas, corresponde al doble del ángulo horario de salida del sol.

$\aleph = 2 * \omega_0/15$	ec.3.5
----------------------------	---------------

$$\aleph = 12,72 \text{ [Horas]}$$

Todos los datos calculados es para el mes de enero, a continuación mostraremos los datos calculados para todo el año, utilizando las mismas ecuaciones.

En la siguiente tabla mostramos el resumen de los datos calculados para todo el año utilizando las ecuaciones anteriores.

ANGULOS CALCULADOS PARA EL AÑO

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DIAS	31,00	59,00	90,00	120,00	151,00	181,00	212,00	243,00	273,00	304,00	334,00	365,00
δ	-17,78	-8,67	3,62	14,59	21,90	23,18	18,17	8,10	-3,82	-15,06	-21,97	-23,09
ω	94,88	92,50	88,94	85,91	84,18	83,92	85,02	87,66	91,11	94,21	95,83	96,06
α	88,54	82,35	70,06	59,09	51,78	50,50	55,51	65,58	77,50	88,74	84,35	83,23
β	1,46	7,65	19,94	30,91	38,22	39,50	34,49	24,42	12,50	1,26	5,65	6,77
\aleph	12,65	12,33	11,86	11,45	11,22	11,19	11,34	11,69	12,15	12,56	12,78	12,81

Tabla N° 3.8 Elaboración propia.

DATOS DE: INSOLACION TOTAL [Hrs./Sol] en la estación IRUPANA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2015	149,9	116,3	159,5	145,5	154,9	202,6	160,4	232,2	181,3	157,8	187,9	150,8

Fuente SENAMHI.

CANTIDAD DE PANELES FOTOVOLTAICOS A USAR

f) Constante Solar I_0

Cantidad de energía desprendida del sol llegada a la tierra sobre una superficie perpendicular a una distancia media, tierra-sol. Es calculada por la siguiente ecuación

$I_0 = P/4\pi R^2$	ec.3.6
--------------------	---------------

Donde:

P = Energía irradiada por el sol = $4 * 10^{26}$ kW

R = Radio de la superficie de la tierra (esfera) = $1.5 * 10^{11}$ m

$4\pi R^2$ = *superficie de la esfera terrestre*

$$I_0 = \frac{4 * 10^{26}}{4\pi(1.5 * 10^{11})^2}$$
$$I_0 = 1414.7 \left[\frac{W}{m^2} \right] = 1.41 \text{ Kw}$$

g) Intensidad De Radiación Fuera De La Atmosfera I_{cs}

$I_{cs} = I * \left(1 - 0.00335 * \sin\left(360 * \frac{d - 95}{365} \right) \right)$	ec.3.7
---	---------------

INTENSIDAD DE RADIACION FUERA DE LA ATMOSFERA DURANTE EL AÑO

DIA	Ics
31	1,3998
59	1,4007
90	1,4008
120	1,3996
151	1,3992

181	1,4000
212	1,4006
243	1,4008
273	1,3997
304	1,3992
334	1,3999
365	1,4005
promedio anual	1,4001

Tabla N° 3.9 Elaboración propia.

$$I_{cs} = 1400.1 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

h) Radiación Solar Extraterrestre [Kwh/M²Dia]

Sobre un plano horizontal, la radiación solar extraterrestre depende de la intensidad de la radiación solar extraterrestre (en nuestro caso I_o) distorsionado por el seno del ángulo solar o altura solar α :

$$I_{oh} = I_o \sin \alpha$$

Despejando según ley de cosenos tenemos que:

$H_o = \frac{24 * 3600 * I_{ce}}{\pi} \left(1 + 0.0033 * \cos \frac{360 * d}{365} \right) (\cos \varphi * \cos \delta \sin \omega + \frac{\pi * \omega}{180} * \sin \varphi * \sin \delta)$	ec.3.8
--	---------------

Nota.- El análisis dimensional de la formula MJ/m^2

Para convertirla en $KW - h/m^2$ multiplicamos por la constante $K=0.0002779$

RADIACIONA SOLAR EXTRATERRESTRE DURANTE ELAÑO

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DIAS	31	59	90	120	151	181	212	243	273	304	334	365
H_o	11,27	10,87	9,96	8,78	7,83	7,65	8,33	9,51	10,57	11,17	11,35	11,37

Tabla N° 3.10 Elaboración propia.

i) Índice De Insolación Solar

$Kh = Hh/Ho$	ec.3.9
--------------	---------------

Donde:

Hh = Radiación sobre la superficie terrestre (datos brindados por el SENAMHI)

DATOS SEGÚN SENAMHI

RADIACION SOBRE SUPERFICIES TERRESTRES DURANTE EL INDICE DE
INSOLACION SOLAR DURANTE EL AÑO $KWh - \frac{h}{m^2} dia$

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hh	4,6	4,7	4,5	4,9	4,7	4,5	4,7	4,9	5,1	5	4,9	4,8

Tabla N° 3.11 Fuente SENAMHI.

Luego tenemos:

INDICE DE INSOLACION SOLAR DURANTE EL AÑO

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kh	0,408	0,432	0,452	0,558	0,6	0,588	0,564	0,515	0,482	0,45	0,432	0,422

Tabla N° 3.12 Elaboración propia.

j) Índice De Claridad Difusa.- Factor para determinar la orientación de manera eficiente de los recolectores solares.

Formula Collares – Pereire – Rabl

$Kd = 0.775 + 0.0061 * (\omega_0 - 90) - (0.505 + 0.00455 * (\omega_0 - 90)) * \cos(115 * Kh - 103)$	ec.3.10
--	----------------

INDICE DE CLARIDAD DIFUSA DURANTE EL AÑO

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Kd</i>	0,51	0,48	0,45	0,37	0,34	0,35	0,37	0,40	0,44	0,47	0,49	0,50

Tabla N° 3.13 Elaboración propia.

k) Radiación Difusa Sobre Superficie Terrestre

Realizaremos el cálculo correspondiente para la radiación solar promedio mes sobre superficies terrestre

$Hd = Kd * Ho$	ec.3.11
----------------------------------	----------------

RADIACION DIFUSA SOBRE SUPERFICIE TERRESTRE DURANTE EL AÑO

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Hd</i>	5,75	5,22	4,48	3,25	2,66	2,68	3,08	3,80	4,65	5,25	5,56	5,69

Tabla N° 3.14 Elaboración propia.

l) Coeficiente De Radiación Directa Sobre Superficies Inclinadas.- Factor irrelevante para el cálculo de la radiación solar.

Realizaremos el cálculo correspondiente para calcular radiación solar promedio mes sobre superficies inclinadas

$Rd = \frac{\cos(\varphi + \beta) * \cos \delta * \sin \omega_0 + \left(\frac{\pi}{180}\right) * \omega_0 * \sin(\varphi + \beta) * \sin \delta}{\cos \varphi * \cos \delta * \sin \omega_0 + \left(\frac{\pi}{180}\right) * \omega_0 * \sin \varphi * \sin \delta}$	ec.3.12
--	----------------

COEFICIENTE DE RADIACION DIRECTA SOBRE SUPERFICIES INCLINADAS DURANTE EL AÑO

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Rd</i>	1,04	0,95	0,97	1,03	1,09	1,11	1,06	0,99	0,95	0,95	0,85	0,82

Tabla N° 3.15 Elaboración propia.

m) Radiación Solar Promedio Mes Sobre Superficies Inclinadas

$H_i = H_h \left(1 - \frac{H_d}{H_h}\right) * R_d + H_d \left(\frac{1 + \cos\beta}{2}\right) + H_h * \rho * \left(\frac{1 - \cos\beta}{2}\right)$	ec.3.13
---	----------------

Donde:

ρ =Radiación reflejada por el terreno $0.1 < \rho < 0.3$

$$\rho = 0,2$$

RADIACION SOLAR PROMEDIO MES SOBRE SUPERFICIES INCLINADAS DURANTE EL AÑO

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Hi</i>	4,55	4,71	4,39	4,79	4,70	4,50	4,61	4,76	5,03	5,01	4,99	4,94

Tabla N° 3.16 Elaboración propia.

n) Horas Sol Sobre Superficies Inclinadas

$H_r = H_i / q$	ec.3.14
-----------------	----------------

Donde:

$q = 1$ [Kw/m²] máxima cantidad de sol sobre [m²] a alturas menores a 4000 msnm

$H_r = [h/dia]$

HORAS SOL SOBRE SUPERFICIES INCLINADAS DURANTE EL AÑO

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Hr</i>	4,55	4,71	4,39	4,79	4,70	4,50	4,61	4,76	5,03	5,01	4,99	4,94

Tabla N° 3.17 Elaboración propia.

o) *Potencia Requerida*

$Preq = \text{Energía total requerida} / H_{rp} * \mu$	ec.3.15
--	----------------

Donde:

$\mu = 0.8$ a 0.9 *factor decompensacion de perdida del inversor*

$H_{rp} = \text{horas sol sobre superficies inclinadas anual} = 4,75 \text{ [h/dia}^2\text{]}$

$$Preq = \frac{315.42 \text{ Wh/dia}}{4,75 \text{ h/dia} * 0.9}$$

$$Preq = 73.78 \text{ [W]}$$

3.2.2 Tipo De Panel Usado en las viviendas tipo

Panel Monocristalino de 75 [W] 12 [V] modelo SP-75M

- Rendimiento, calidad y confiabilidad
- Alta eficiencia
- Excelente rendimiento con poca
- Luz gracias a su cristal anti reflectante Encapsulante EVA con tratamiento anti desgaste
- Hoja posterior resistente al fuego

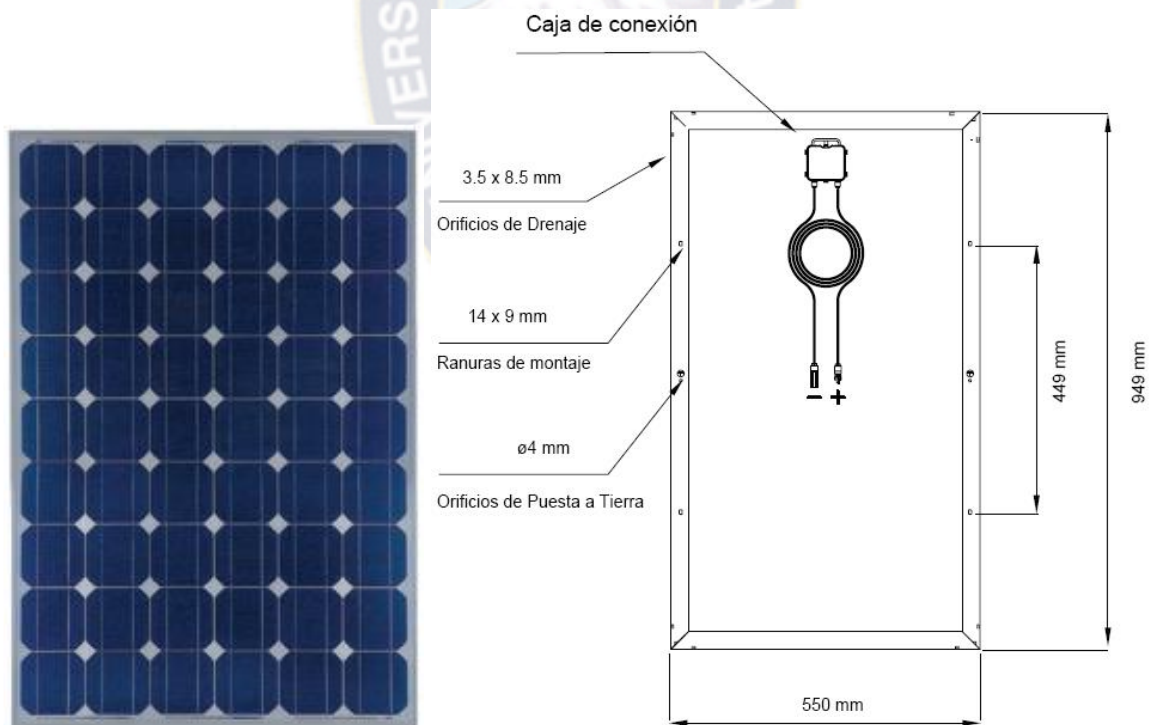
CARACTERISTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO

Potencia máxima de salida	W	75
Tensión máxima de salida	V	14.16
Alimentación máxima	A	5.831
Tensión en circuito abierto	V	17.63
Intensidad en cortocircuito	A	5.851
Eficiencia del módulo		14.37%

STC: Irradiancia 1000 W/m², 25°C Temperatura del módulo.

Fuente: Solarpro. Cuadro #4

PANEL SOLAR SP/75M



Fuente: Solarpro. Cuadro #5

NUMERO DE PANELES FOTOVOLTAICOS

$NPF = Preq/Ppico$	ec.3.16
--------------------	----------------

$$NPF = 73,78/75$$

$$NPF = 0.98 = 1$$

3.2.3 Calculo de conductor del Panel Fotovoltaico

Lo ideal para considerar es la longitud del conductor desde el panel hasta la batería, Este deberá ser mínima para que las pérdidas de energía también sean mínimas

$S_c = 2 * L * \left(\frac{I}{K * CT} \right)$	ec.3.17
---	----------------

Donde:

L= longitud de un solo conductor = 5 [m]

I= amperios transmitidos por el conductor

CT= es el porcentaje de caída de tensión admisible

$$CT = 12 * 0.03 = 0.36 [V]$$

La caída de tensión durante el tramo panel batería, para paneles solares es la de 3% que a 12 voltios es de 0,36 voltios

K=constante para calculo de sección del conductor

$$\text{Aluminio} = 35 [m/Ohm * mm^2]$$

$$\text{Cobre} = 56 [m/Ohm * mm^2]$$

Para el panel de 75 [W]

Según la ley de ohm tenemos que la corriente nominal de un panel es:

$I = P/V$	ec.3.18
-----------	----------------

$$I_{ideal} = 6.25 \text{ [AH]}$$

$$I_{real} = 5.8 \text{ [AH]}$$

$$S_c = 2 * 5 * 5.8 / (56 * 0,36)$$

$$S_c = 2.88 \text{ [mm}^2\text{]}$$

CALIBRE DE CABLES CONDUCTORES SEGÚN AWG

CALIBRE DE CABLES CONDUCTORES SEGUN AWG

AWG	Diam. mm	Area mm2	AWG	Diam. mm	Area mm2
1	7.35	42.40	16	1.29	1.31
2	6.54	33.60	17	1.15	1.04
3	5.86	27.00	18	1.024	0.823
4	5.19	21.20	19	0.912	0.653
5	4.62	16.80	20	0.812	0.519
6	4.11	13.30	21	0.723	0.412
7	3.67	10.60	22	0.644	0.325
8	3.26	8.35	23	0.573	0.259
9	2.91	6.62	24	0.511	0.205
10	2.59	5.27	25	0.455	0.163
11	2.30	4.15	26	0.405	0.128
12	2.05	3.31	27	0.361	0.102
13	1.83	2.63	28	0.321	0.0804
14	1.63	2.08	29	0.286	0.0646
15	1.45	1.65	30	0.255	0.0503

Fuente: Cables conductores AWG. Cuadro #6

$$S1 = 2.88 \text{ [mm}^2\text{]} = \text{AWG 12}$$

3.2.4 Análisis de tiempo de duración de batería

El cálculo que realizaremos para la capacidad de batería será para 3 días autónomos. Esto quiere decir que no será requerida energía solar durante 3 días consecutivos.

Este dato lo concluimos pensando en la nubosidad de la región, en este caso, la estación de Irupana.

DATOS DE: NUBOSIDAD MAXIMA TOTAL (octas)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2011	****	8,0	7,0	8,0	7,0	8,0	8,0	4,0	8,0	8,0	7,0	8,0	****
2012	7,0	8,0	8,0	8,0	7,0	6,0	****	8,0	8,0	6,0	8,0	8,0	****
2013	8,0	8,0	8,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
2014	****	8,0	****	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	****
2015	8,0	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
MAX	8,0	11,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	9,0

Tabla N° 3.18 Fuente SENAMHI

Octas.- La nubosidad se expresa en *octas*. Ésta es dividida en 8 partes por el operador, quien evalúa entonces el número de esas partes que están cubiertas por las nubes. De este modo se puede estimar el rango de visibilidad del observador. Gracias a los satélites meteorológicos es posible calcular la nubosidad con mucha más precisión.

Entonces:

a) Capacidad De La Batería

$C_B = Pot_{req} * 3 \text{ dias autonomos}$	ec.3.33
--	----------------

$$C_B = 946.26 [W - h]$$

b) Capacidad Real De La Batería

$C_{REQ} = C_B / \%$	ec.3.34
----------------------	----------------

DONDE:

% = recuperación de descarga profunda = 85%

$$C_{REQ} = \frac{946.26}{0.85}$$

$$C_{REQ} = 1113.25 [W - h]$$

c) Calculo De Corriente Requerida

$I_{req} = C_{REQ} / V$	ec.3.35
-------------------------	----------------

$$I_{req} = 92.77 [A - h]$$

d) Numero De Baterías

$N^{\circ}_{BAT} = I_{req} / I_{nom}$	ec.3.36
---------------------------------------	----------------

Donde:

I_{nom} = capacidad nominal de una batería 120 [A - h]

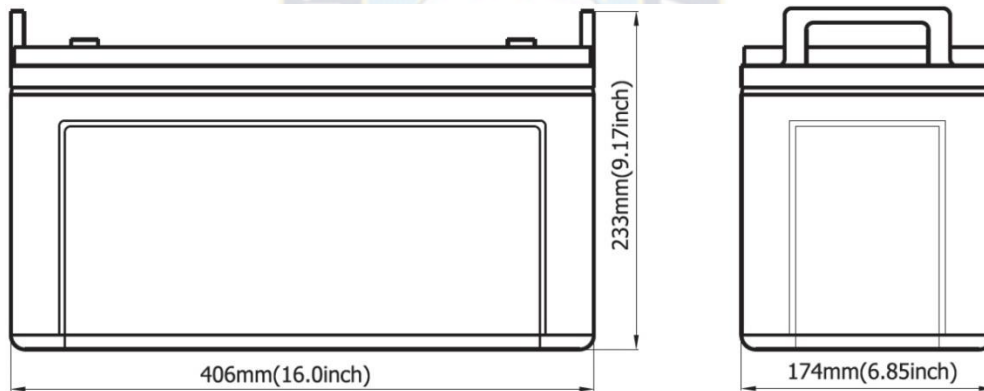
$$N^{\circ}_{BAT} = 0.77 = 1 \text{ Bateria}$$

BATERIAS DE GEL



Fuente: Solarpro. Cuadro #7

DIMENSIONES DE LA BATERIA



Fuente: Solarpro. Cuadro #8

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA BATERIA

Vida flotante	12 años
Ciclo de vida	5 años
Capacidad	120 AH
Dimensiones	
Largo	406 mm
Ancho	174 mm
Altura	223 m
Peso aproximado	36 kg
Voltaje	12 V
Voltaje de carga	
Uso en ciclo	14.4-14.8V (-30mV/ °C), corriente máxima 30A
Uso flotante	13.6-13.8V (-18mV/ °C)

Fuente: Solarpro. Cuadro #9

3.3 PARÁMETROS DE OPTIMIZACIÓN

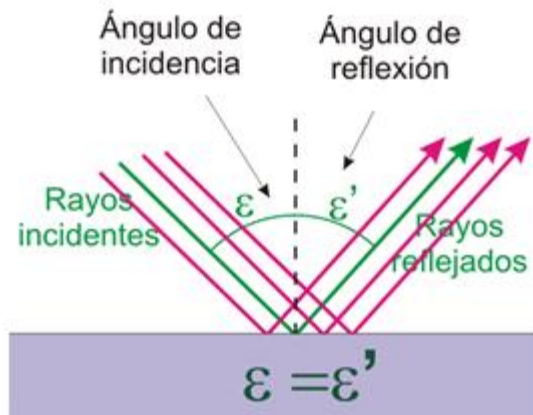
3.3.1 Angulo del reflector. Uno de los parámetros muy importantes para lograr la optimización de los paneles fotovoltaicos es el de encontrar un Angulo optimo (γ) para la instalación de los reflectores solares por medio de la reflexión especular.

La cantidad fraccional de reflexión de una materia depende del índice refractivo de su superficie, en nuestro caso el índice de reflexión del espejo es de 90%, lo cual presenta un buen rendimiento en cuanto a reflector de luz solar se habla.

Sin embargo, la distribución angular de la luz depende de la naturaleza de su superficie, entonces la luz se refleja en un ángulo opuesto al de la luz incidente, a esto se llama “reflexión especular”.

En el caso de los espejos reflectores (superficie plana), cumple con la ley de reflexión especular.

REFLEXION ESPECULAR

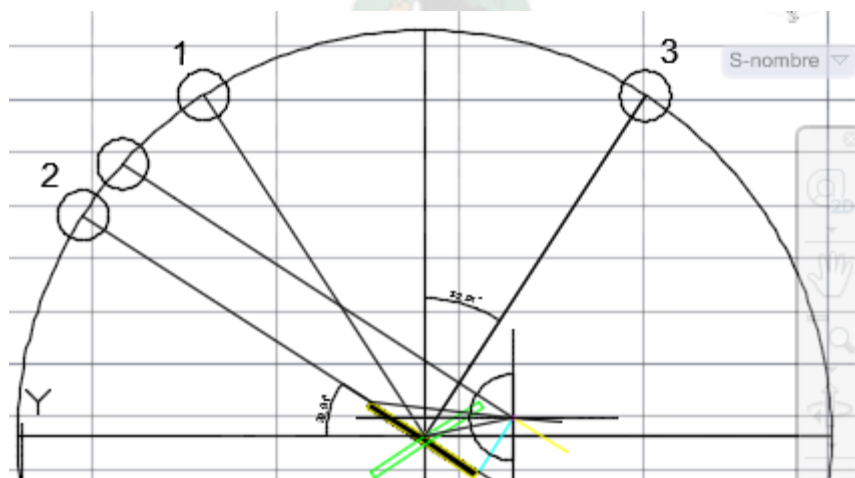


Fuente: Reflexión de espejos. Cuadro #10

Para el diseño del reflector, los ángulos que brindara más eficacia en el momento de la captación solar están demostrados en el programa de diseño AUTOCAD 2015.

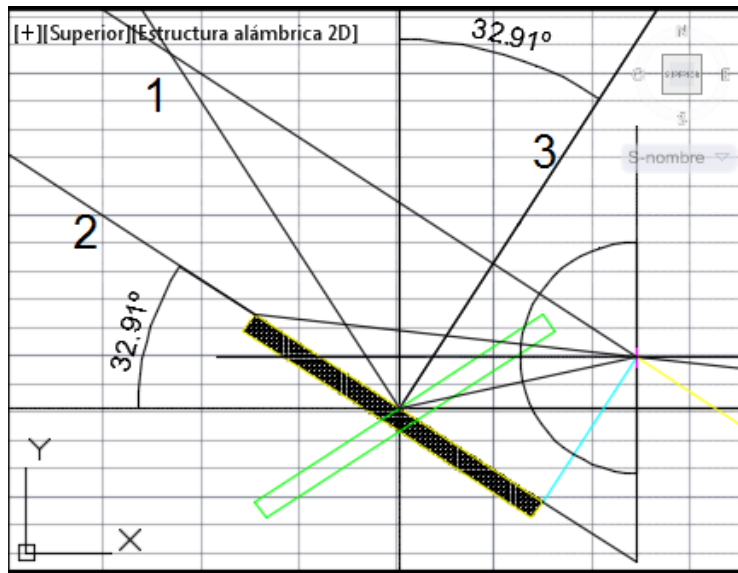
Donde la captación solar en el momento de ángulo recto, es la que más energía entrega. El reflector estará en esa misma dirección y en sentido opuesto. A continuación los ángulos del reflector solar serán calculados.

POSICIONES DEL SOL DURANTE EL PERIODO DE 24 HORAS



Fuente: Elaboración propia. Cuadro #11

POSICIONES DEL SOL DURANTE EL DIA

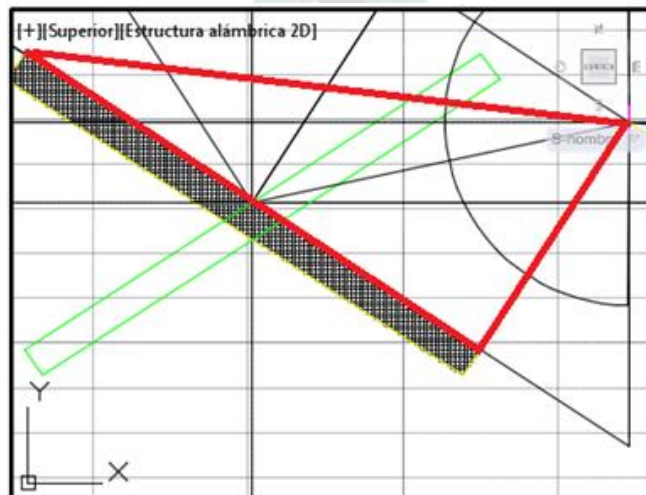


Fuente: Elaboración propia. Cuadro #12

En donde:

- El punto 3 es el momento de máxima radiación solar en el día
- Entre el punto 1 y 2, es el momento de menos captación solar por medio del panel fotovoltaico y donde el reflector actúa de forma eficaz reflejando el último periodo de luz hacia el panel.

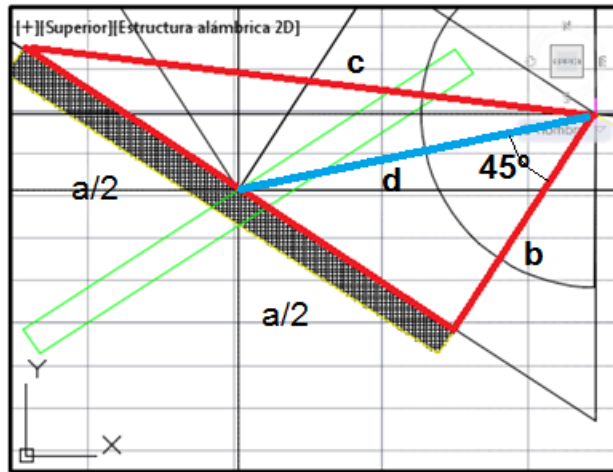
TRIANGULO FORMADO POR EL PANEL Y EL REFLECTOR



Fuente: Elaboración propia. Cuadro #13

3.3.2 Diseño de varilla soporte. La longitud de la varilla (c) ayudaría a una fácil instalación en el lugar de trabajo, además, evitar todo el cálculo realizado por el operador para encontrar el Angulo de los reflectores (γ).

TAMAÑO DE LA VARILLA

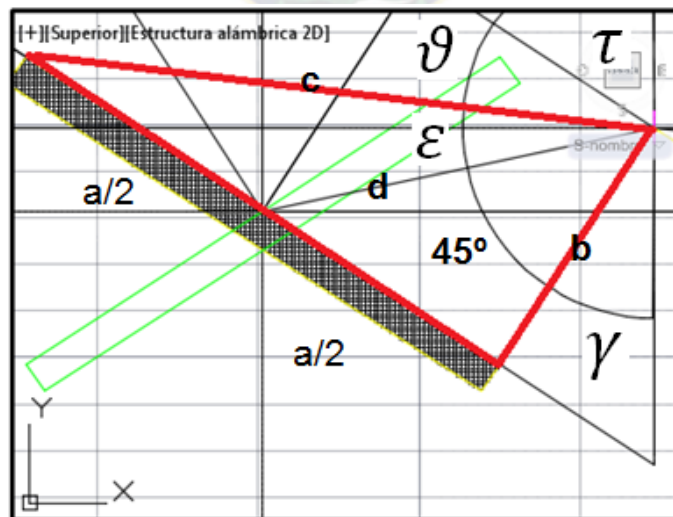


Fuente: Elaboración propia. Cuadro #14

3.4 DISEÑO DEL PANEL FOTOVOLTAICO OPTIMIZADO

3.4.1 Angulo del reflector solar

ANGULOS FORMADOS POR EL REFLECTOR



Fuente: Elaboración propia. Cuadro #15

Donde:

γ = Es el valor entre el ángulo de inclinación del panel y la vertical, a encontrar para la instalación del reflector propiamente dicha. Mostrada en el cuadro #10

$\gamma + 45 + \varepsilon + \vartheta + \tau = 180^\circ$	ec.3.21
--	----------------

Para ε por el teorema de cosenos

$(a/2)^2 = c^2 + d^2 - 2 * c * d * \cos \varepsilon$	ec.3.22
--	----------------

$$\left(\frac{950}{2}\right)^2 = 1062.13^2 + 671.75^2 - 2 * 1062.13 * 671.75 * \cos \varepsilon$$

$$\cos \varepsilon = 0.949$$

$$\varepsilon = \mathbf{18.38^\circ}$$

Para ϑ (ángulo de menos reflexión solar)

$\vartheta = 45 - \varepsilon$	ec.3.23
--------------------------------	----------------

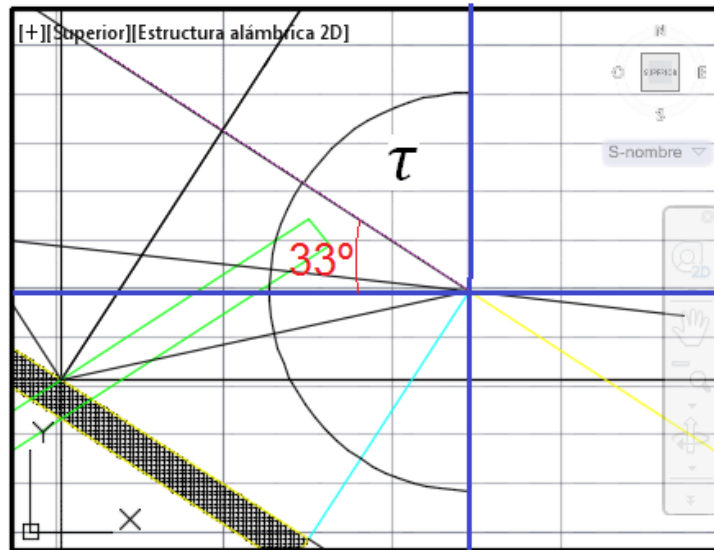
$$\vartheta = \mathbf{26.72^\circ}$$

Entonces tenemos:

$$\gamma + 45 + 18.38 + 26.72 + \tau = 180^\circ$$

$\gamma + \tau = 90^\circ$	ec.3.24
----------------------------	----------------

ANGULO FORMADO POR EL REFLECTOR



Fuente: Elaboración propia. Cuadro #16

$$\tau = 90^\circ - 33^\circ$$

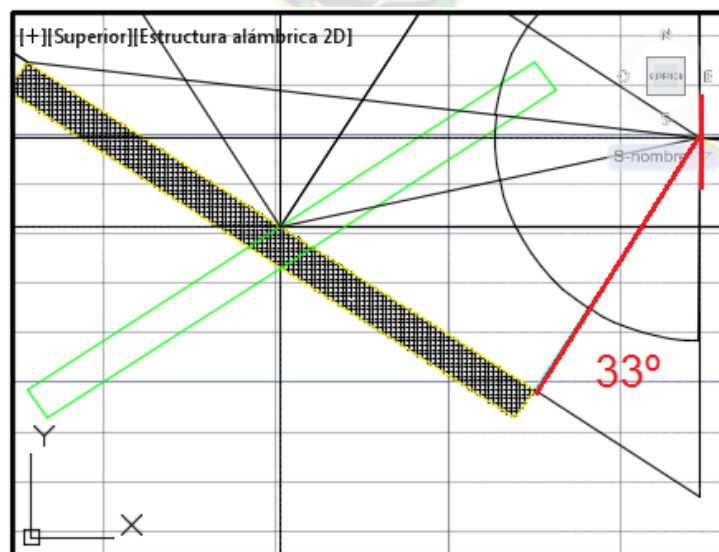
$$\tau = 57^\circ$$

El ángulo del reflector es:

$$\gamma + 57 = 90$$

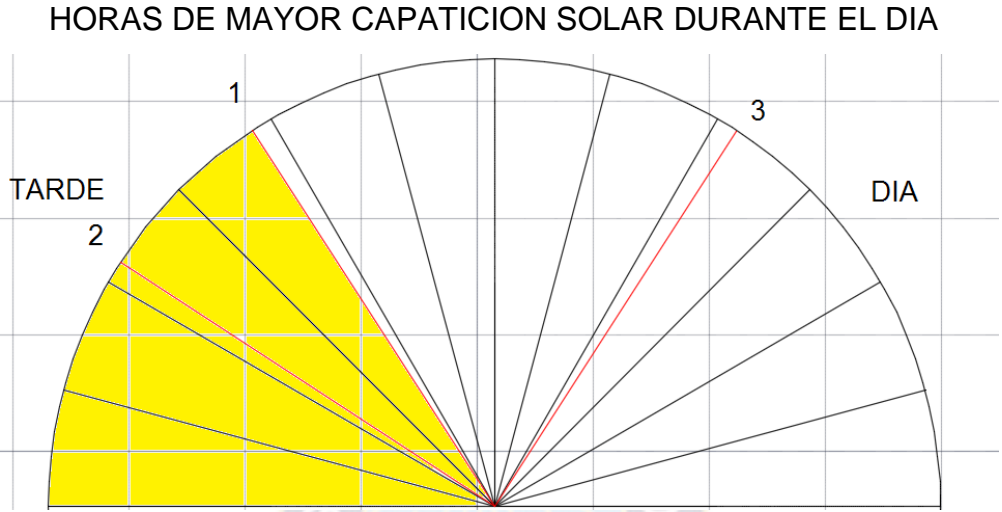
$$\gamma = 33^\circ$$

ANGULO ENTRE EL REFLECTOR Y EL SOPORTE DEL REFLECTOR



Fuente: Elaboración propia. Cuadro #17

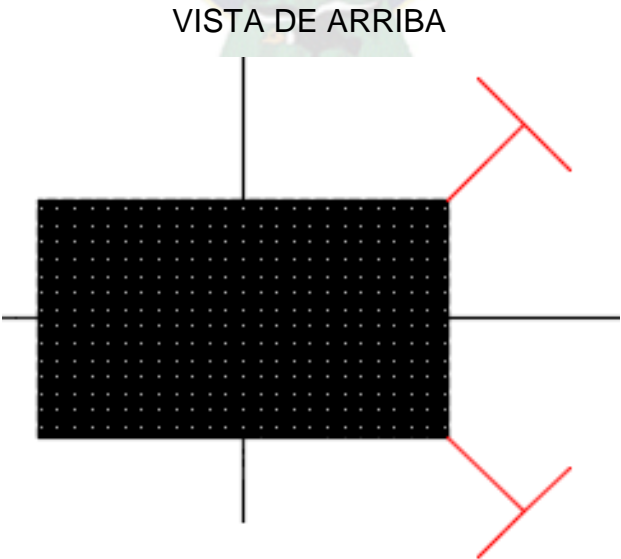
En ángulo $\alpha = 33^\circ$ ayudara a una mayor captación solar durante el transcurso de la tarde.



Fuente: Elaboración propia. Cuadro #18

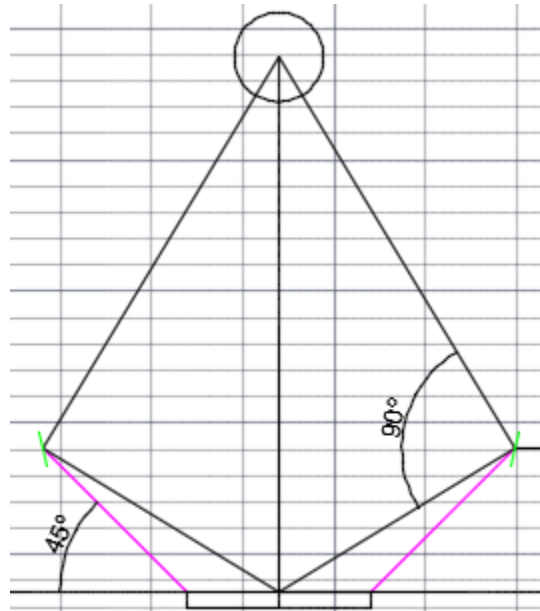
El espacio sombreado es el preciso momento donde el reflector solar entrara en funcionamiento, aprovechando así al máximo las horas sol transcurridas en el día.

Figuras del panel solar y el reflector



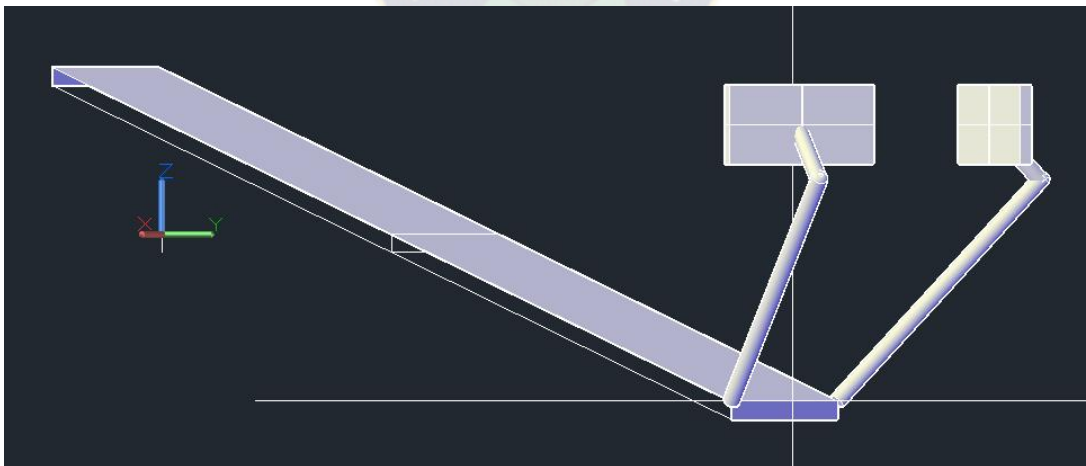
Fuente: Elaboración propia

VISTA FRONTAL



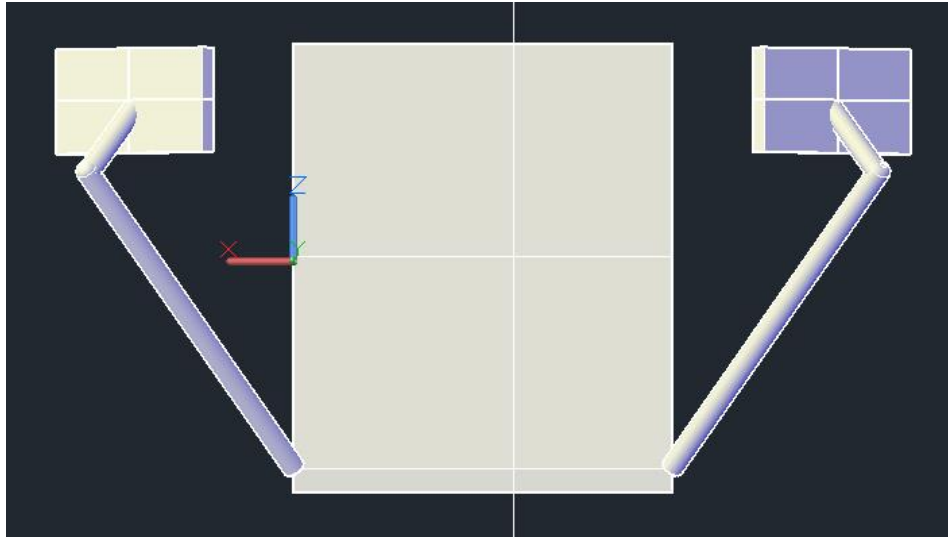
Fuente: Elaboración propia

VISTA LADO IZQUIERDO PLANO 3D



Fuente: Elaboración propia

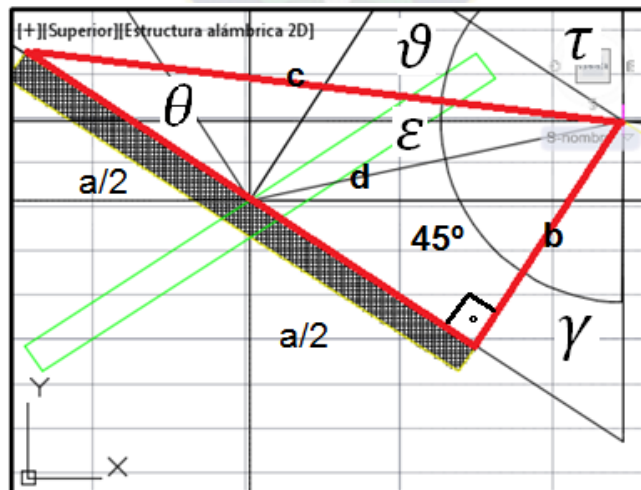
VISTA FRONTAL PLANO 3D



Fuente: Elaboración propia

3.4.1.1 Angulo del reflector solar para diferentes potencias de paneles solares

ANGULOS PARA DETERMINAR LA VARILLA



Fuente: Elaboración propia. Cuadro #19

Del triángulo rectángulo:

$$\theta + 90^\circ + 45^\circ + \varepsilon = 180^\circ$$

$\theta + \varepsilon = 45^\circ$	ec.3.25
-----------------------------------	----------------

Para θ :

$$\cos \theta = a/c$$

$\theta = \cos^{-1}(a/c)$	ec.3.26
---------------------------	----------------

(**ec.3.26**) en (**ec.3.25**)

$$\cos^{-1}(a/c) + \varepsilon = 45^\circ$$

$\varepsilon = 45^\circ - \cos^{-1}(a/c)$	ec.3.27
---	----------------

La suma de los ángulos correspondientes al(II) y (III) cuadrante es 180° entonces:

$\gamma + 45^\circ + \varepsilon + \vartheta + \tau = 180^\circ$	ec.3.28
--	----------------

Por definición al ángulo de reflexión del espejo tenemos que:

$$\vartheta = 45^\circ - \varepsilon$$

$$\vartheta = 45^\circ - (45^\circ - \cos^{-1}(a/c))$$

$\vartheta = \cos^{-1}(a/c)$	ec.3.29
------------------------------	----------------

Por definición de líneas paralelas tenemos que:

$\tau = 90^\circ + \beta_p$	ec.3.30
-----------------------------	----------------

Reemplazando las ecuaciones (27, 29, 30) en (ec.3.28)

$$\tau + 45^\circ + 45^\circ - \cos^{-1}(a/c) + \cos^{-1}(a/c) + 90^\circ - \beta_p = 180^\circ$$

Simplificando:

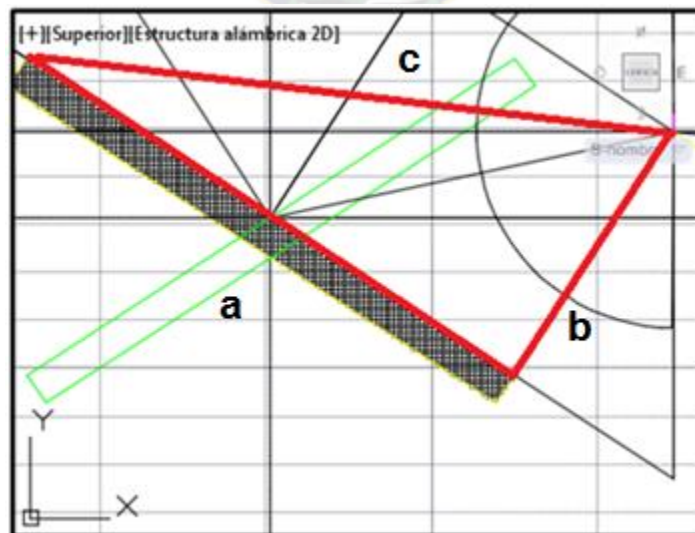
$$\tau + 45^\circ + 45^\circ + 90^\circ + \beta_p = 180^\circ$$

$$\tau + 180^\circ + \beta_p = 180^\circ$$

$\tau = -\beta_p$	ec.3.31
-------------------	----------------

3.4.2 Longitud de la varilla soporte

Según el triángulo rectángulo



Fuente: Elaboración propia. Cuadro #20

$b^2 = d^2 - (a/2)^2$	ec.3.19
-----------------------	----------------

Donde:

b = Longitud del soporte del reflector

a = Longitud del panel fotovoltaico

c = Longitud de la varilla que se tomara como referencia para medir el ángulo del soporte del reflector en la instalación propiamente dicha.

Para d :

$$\sin 45 = \frac{a/2}{d}$$

$$d = \frac{950/2}{\sin 45}$$

$$d = 671.75 \text{ [cm]}$$

d en (ec.3.19):

$$b^2 = 671.75^2 - (950/2)^2$$

$$b = \sqrt{671.75^2 - (950/2)^2}$$

$$b = 475 \text{ [cm]}$$

Para "c"

$c^2 = a^2 - b^2$	ec.3.20
-------------------	----------------

$$c = \sqrt{950^2 - 475^2}$$

$$c = 1062.13 \text{ [cm]}$$

3.4.2.1 Longitud de la varilla para diferentes potencias de paneles solares

Donde:

$$a = 2 * b$$

$$b = a/2$$

Del triángulo rectángulo tenemos que c (varilla):

$$c^2 = a^2 + b^2$$

Reemplazando b en la ecuación:

$$c^2 = a^2 + (a/2)^2$$

$$c^2 = a^2 + (1 + 1/4)$$

$$c = a * \sqrt{5/4}$$

ec.3.32

Recordar que "a" es la longitud del panel a instalar.

LONGITUD DE LA VARILLA PARA DIFERENTES POTENCIAS DE PANELES SOLARES

MARCA	POTENCIA	LONGITUD "a"	LONGITUD "c"
OPTITEC	45 [W]	630 [cm]	705.6 [cm]
BLUE SOLAR	50 [W]	760 [cm]	851.2 [cm]
SOLARA	68 [W]	800 [cm]	896 [cm]
SOLARA	45 [W]	756 [cm]	846.7 [cm]
BLUE SOLAR	100 [W]	958 [cm]	1073 [cm]
OPTITEC	210 [W]	1640 [cm]	1836.8 [cm]

Tabla N° 3.19 Elaboración propia.

3.5 GANANCIA OBTENIDA POR LOS REFLECTORES SOLARES

3.5.1 Horas sol en superficies inclinadas con el reflector solar

Según la ecuación 3.5 el número de horas sol es:

$$N = 2 * \omega_0 / 15$$

$$N = 12,72 \text{ [Horas]}$$

Ahora si aumentamos el tiempo ganado por el reflector solar (90° de reflexión en la tarde) y será:

$$N_n = 12,72 + 4$$

$$N_n = 16,72$$

Entonces:

$$\omega = (N_n * 15) / 2$$

$$\omega = (16.72 * 15) / 2$$

$$\omega = 125.4$$

Comparando:

Sin reflector $\omega = 95.39$

Con reflector $\omega = 125.4$

Los nuevos cálculos son:

De la ecuación 3.8 RADIACION SOLAR EXTRATERRESTRE

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DIAS	31	59	90	120	151	181	212	243	273	304	334	365
<i>Ho</i>	9,98	9,27	7,94	6,44	5,31	5,10	5,90	7,36	8,79	9,79	10,22	10,28

Tabla N° 3.20 Elaboración propia.

De la ecuación 3.9 INDICE DE INSOLACION SOLAR

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kh	0,461	0,507	0,567	0,761	0,885	0,882	0,797	0,666	0,58	0,51	0,479	0,467

Tabla N° 3.21 Elaboración propia.

De la ecuación 3.10 INDICE DE CLARIDAD DIFUSA

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kd	0,56	0,52	0,46	0,35	0,32	0,32	0,34	0,39	0,45	0,51	0,54	0,56

Tabla N° 3.22 Elaboración propia.

De la ecuación 3.11 RADIACION DIFUSA SOBRE SUPERFICIE TERRESTRE

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
HD	5,59	4,82	4,50	4,90	4,70	4,50	4,70	4,90	5,11	4,99	5,52	5,76

Tabla N° 3.23 Elaboración propia.

De la ecuación 3.12 COEFICIENTE DE RADIACION DIRECTA SOBRE SUPERFICIES INCLINADAS

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RD	-1,03	-0,84	-0,42	0,04	0,42	0,49	0,22	-0,25	-0,68	-1,06	-1,32	-1,37

Tabla N° 3.24 Elaboración propia.

De la ecuación 3.13 RADIACION SOLAR PROMEDIO MES SOBRE SUPERFICIES INCLINADAS

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hi	6,61	4,90	4,39	4,62	4,30	4,09	4,37	4,72	5,07	4,98	6,33	7,06

Tabla N° 3.25 Elaboración propia.

De la ecuación 3.14 HORAS SOL SOBRE SUPERFICIES INCLINADAS

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hr	6,61	5,90	5,39	5,62	5,30	5,09	5,37	5,72	5,07	4,98	6,33	7,06

Tabla N° 3.26 Elaboración propia.

De la ecuación 3.14 POTENCIA REQUERIDA

$Preq = \text{Energia total requerida} / Hr_p * \mu$	ec.3.37
--	----------------

$Hr = \text{horas sol sobre superficies inclinadas anual} = 5,61 \text{ h/dia}^2$

$$Preq = \frac{315.42 \text{ Wh/dia}}{5.61 \text{ h/dia} * 0.9}$$

$$Preq = 62.47 \text{ [W]}$$

Observamos que la potencia del panel fotovoltaico optimizado es menor que la del panel fotovoltaico utilizado en las zonas rurales.

Panel solar sin reflectores $P_{req} = 73.78 [W]$

Panel solar con reflectores $P_{req} = 62.47 [W]$

Panel de 65 W



Fuente: ERDM solar. Cuadro #21

Características Eléctricas	
Características	ERDM P6C
Voltaje en Circuito Abierto (Voc)	21.52 V
Voltaje de Operación Optimo (Vmp)	17.64 V
Corriente de Cortocircuito (Isc)	3.99 A
Corriente de Operación Optima (Imp)	3.78 A
Potencia Máxima en STC (Pmax)	65 W
Temperatura de Operación (°C)	-40 a 90
Máximo Voltaje del Sistema	1000 V
Máximo Valor del Fusible	6 A
Tolerancia de Potencia	+/- 3 %
Eficiencia	13%

Fuente: ERDM solar. Cuadro #22

3.6 INSTALACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.6.1 Mantenimiento del panel fotovoltaico

Por su propia configuración carente de partes móviles, los paneles fotovoltaicos requieren muy poco mantenimiento, al mismo tiempo el control de calidad de los fabricantes es relativamente buena y rara vez presenta problemas.

Dos aspectos a tener en cuenta primordialmente son, por un lado, asegurar que ningún obstáculo haga sombra sobre los módulos solares, y por el otro, mantener limpia la parte expuesta a los rayos solares de los módulos fotovoltaicos.

Las pérdidas producidas por la suciedad pueden llegar a ser hasta en un 5%, y se pueden evitar con una limpieza periódica adecuada.

La suciedad que pueda acumular el panel puede reducir su rendimiento, las capas de polvo que reducen la intensidad del sol no son peligrosas y la reducción de potencia no suele ser significativa.

Las labores de limpieza de los paneles se realizarán mensualmente o bien después de una lluvia de barro, nevada u otros fenómenos meteorológicos similares.

La limpieza se realizará con agua (sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos). Preferiblemente se hará fuera de las horas centrales del día, para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel (sobre todo en verano).

Algunos instaladores proponen un servicio de mantenimiento regular. Otros ofrecen un sistema de vigilancia remota.

Realizando el mantenimiento al panel solar de forma adecuada, la vida útil de un panel solar llega a los 25 años siempre y cuando sean paneles de primera calidad.

3.6.2 Mantenimiento de las baterías

Las baterías plomo ácido son poco duraderos y contaminantes a la vez.

Un nuevo tipo de baterías implementadas en el mercado es el de CICLO PROFUNDO o también llamadas tipo GEL este tipo de batería no necesita mantenimiento

Una de las características más importantes a mencionar es que una vez descargada la batería de ciclo profundo debe procurarse cargarlas lo mas antes posible, de lo contrario veremos consecuencias de sulfatación en la batería.

3.6.3 Mantenimiento del sistema de regulación

Inversores

Los inversores son uno de los equipos más delicados de la instalación, y como tal requieren un mantenimiento más exhaustivo. Si bien los intervalos de mantenimiento dependen del emplazamiento de estos y de las condiciones ambientales (polvo, humedad, etc).

Los trabajos de mantenimiento son los siguientes:

Cada mes:

- Lectura de los datos archivados y de la memoria de fallos.

Cada 6 meses:

- Limpieza o recambio de las esteras de los filtros de entrada de aire.
- Limpieza de las rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.

Cada año:

- Limpieza del disipador de calor del componente de potencia.
- Comprobar cubiertas y funcionamiento de bloqueos.
- Revisar la firmeza de todas las conexiones del cableado eléctrico y, dado el caso, apretarlas.
- Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan descoloración o alteraciones de otro tipo. En caso necesario cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de conexión oxidados.
- Comprobar el funcionamiento de los ventiladores y atender a ruidos. Los ventiladores pueden ser encendidos si se ajustan los termostatos o durante el funcionamiento.
- Revisión de funcionamiento de la monitorización de aislamiento / GFDI
Comprobar el funcionamiento y la señalización
- Inspección visual de los fusibles y seccionadores existentes y, dado el caso, engrase de los contactos
- Revisión de funcionamiento de los dispositivos de protección
 - Interruptores de protección de la corriente de defecto.
 - Interruptores automáticos.
 - Interruptores de potencia.
- Revisión de las tensiones de mando y auxiliares de 230 [V] y 24 [V]
- Comprobación de funcionamiento de la parada de emergencia

3.6.4 Instalación del panel fotovoltaico

LA INCLINACIÓN DEL PANEL SOLAR PARA LAS DISTINTOS MESES DEL AÑO

β	1,46	7,65	19,94	30,91	38,22	39,50	34,49	24,42	12,50	1,26	5,65	6,77
---------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------

Tabla N° 3.25Elaboración propia.

$\beta = 39.5$

JUNIO

$\beta = 19.94 - 12.50$

MARZO Y SEPTIEMBRE (respectivamente)

$\beta = 6.77$

DICIEMBRE

Según la relación latitud y ángulo de declinación tenemos que:

Para ángulos aproximados de 10 a 20°

$$\beta = \varphi - 10$$

$$\beta = -16.32 - 10$$

$$\beta = -26.32$$

Ya que los meses de marzo y junio encontramos el menor rendimiento de radiación solar tomaremos el ángulo correspondiente a ese mes.

RADIACION SOBRE SUPERFICIES TERRESTRES DURANTE EL INDICE DE INSOLACION SOLAR DURANTE EL AÑO $[KW - \frac{h}{m^2} dia]$

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hh	4,6	4,7	4,5	4,9	4,7	4,5	4,7	4,9	5,1	5	4,9	4,8

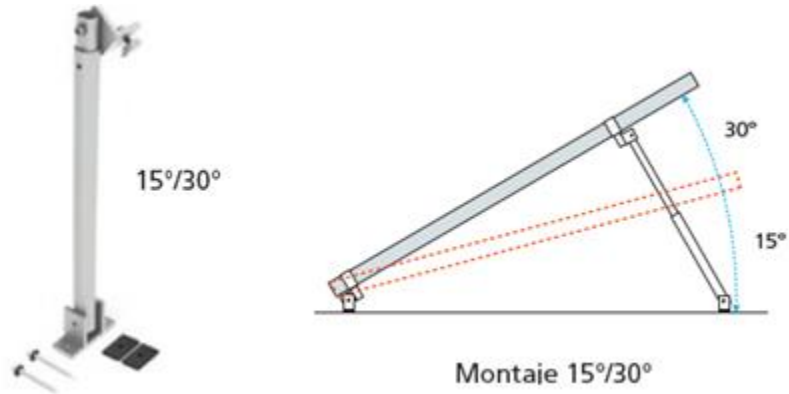
Tabla N° 3.10Fuente SENAMHI.

$$(-26.32 - 39.5)/2 = B_p$$

$$B_p = -32.91$$

3.6.5 Elementos Para La Instalación

SOPORTES TRASEROS CON LOGITUD E INCLINACION AJUSTABLE



Fuente: Hispania solar. Cuadro #23

PIEZA DE SOPORTE INFERIOR PARA INCLINACIÓN AJUSTABLE



Fuente: Hispania solar. Cuadro #24

RIEL DE ALUMINIO PARA EL PANEL FV



Fuente: Hispania solar. Cuadro #25

3.7 REGULADOR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.7.1 Calculo de corriente de entrada del regulador I_e

$I_e = I_{cc} * N^o * K$	ec.3.38
--------------------------	----------------

Donde:

I_{cc} =corriente de corto circuito (dato extraíble de la placa del panel fotovoltaico)

N^o = numero de paneles fotovoltaicos a usar

K = factor de seguridad del inversor

$$I_e = 3.89 * 1.25 * 1$$

$$I_e = 4.8 [A]$$

3.7.2 Calculo de corriente máxima del regulador I_{max}

La suma de todos componentes utilizados para el uso de la vivienda tipo en el área rural es:

Iluminación	31.08 [W]
Radio	13.32 [W]
Televisión	66.6 [W]

Entonces la potencia total requerida es; $P_{req} = 112 [W]$

$I_{max} = \frac{P_{req}}{V_b * n}$	ec.3.39
-------------------------------------	----------------

Donde:

V_b = Voltaje de la batería

n =Rendimiento del inversor

$$I_{max} = 10.37 [A]$$

3.7.3 Calculo de corriente de salida del regulador I_s

$I_s = I_{max} * 1.25$	ec.3.40
------------------------	----------------

$$I_s = 12.96 [A]$$

Entonces se puede deducir que se requiere un regulador de carga con una dimensión de 5 [A] de corriente de entrada y 13 [A] de corriente de salida.

CARACTERISTICAS GENERALES DEL REGULADOR



Fuente: CINCO.Cuadro #26

Modelo	CNCD-15A
Voltaje nominal	12V/24V Distinguir automática de voltaje
Máxima corriente de carga	15A
Max corriente de descarga	15A
Desconecte la carga completa	13.7V/27.4V Reconocer tácitamente, restablecer
Desconexión por baja tensión	10.8V/21.6V Reconocer tácitamente, restablecer
Restablecer Baja Tensión	12.6V/25.2V Reconocer tácitamente, restablecer
Compensación de temperatura	-3mV / ° C / celda
Corriente estática	≤20mA
Caída de tensión	<70mV
Especificaciones de alambre Max	4mm ²
Tamaño	164mm*110mm*50mm
Peso	0.6 kg

Fuente: CINCO.Cuadro #27

3.8 INVERSOR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

$P_{inv} = P_{req} * 1.25$	ec.3.41
----------------------------	----------------

$$P_{inv} = 140 [W]$$

CARACTERISTICAS GENERALES DEL INVERSOR



Fuente: CINCO.Cuadro #28

modelo	CAU150W
potencia nominal	150W

subida de tensión	300W
entrada de tensión	12/24/48VDC
Entrada normal rango de tensión	10.5-15V/ 21~30V/42~60V
la tensión de salida	100/110/120/220/230/240VAC
Frecuencia (Hz)	55±2 60±2 50±2
forma de onda	De onda sinusoidal modificada
De energía sin carga	<0.2A
Cierre de la batería de bajo voltaje	9.7 – 10.3VDC
Batería con el cierre de la tensión	15 – 16VDC
Protección de temperatura	<70°C
fusible	20A
Dimensión	93*63*43mm
peso neto	0.28Kg

Fuente: CINCO.Cuadro #29



CAPITULO 4

ANALISIS ECONOMICO

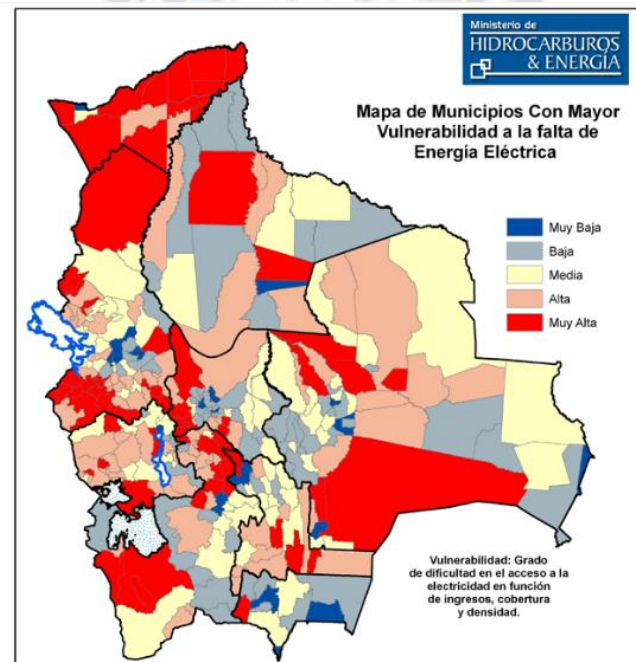


4.1 EVALUACION SOCIOECONOMICA

La cobertura eléctrica el año 2007 en Bolivia fue del 71% (con una cobertura urbana del 89% y una cobertura rural del 39%). A pesar de los esfuerzos realizados en la electrificación rural, mediante la instalación de redes eléctricas, aún 3 millones de personas no tienen acceso a electricidad y casi 4 millones usan leña como fuente principal de energía.

En el contexto rural, se ha evidenciado que el acceso a la energía eléctrica marca la diferencia en la calidad de vida de la población y mejora sus condiciones de sostenibilidad. Las familias rurales debido a que tienen un acceso limitado a la energía, usan pilas, velas y mecheros.

VULNERABILIDAD DE FALTA DE ENERGIA ELECTRICA



Fuente: Ministerio de hidrocarburos y energía. Cuadro #30
CONSUMO ENERGETICO FAMILIAR

Fuente	Urbano	Rural
Biomasa	0,27	5,01
Diésel/kerosene	0,15	0,215
GLP	1,49	0,12
Electricidad	1,38	0,016
Total BEP/año (consumido)	3,29	5,361
Total BEP/año (energía útil)	1,93	0,65

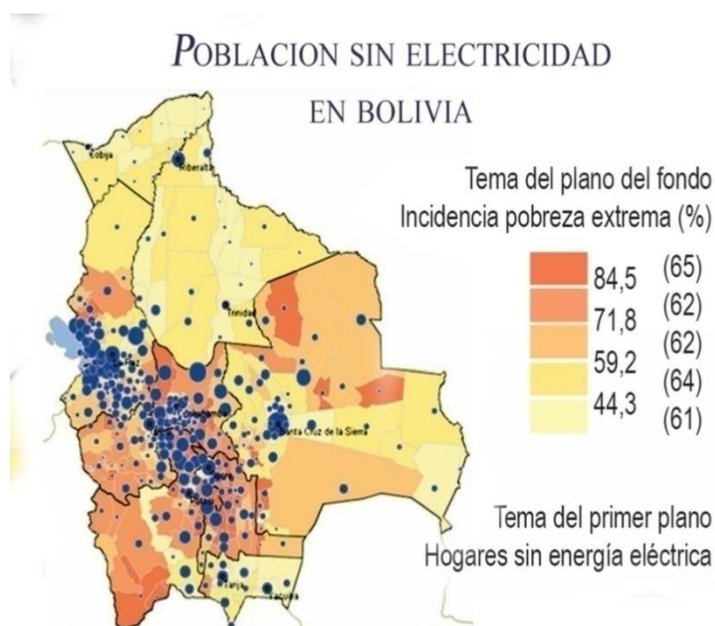
Fuente: Estudio caso Bolivia OLADE. Cuadro #31

BEP. Barril Equivalente De Petróleo

4.2 DESCRIPCION DEL MERCADO

4.2.1 Poblaciones escasas de energía eléctrica

POBLACIONES SIN ELECTRICIDAD EN TERRITORIO BOLIVIANO

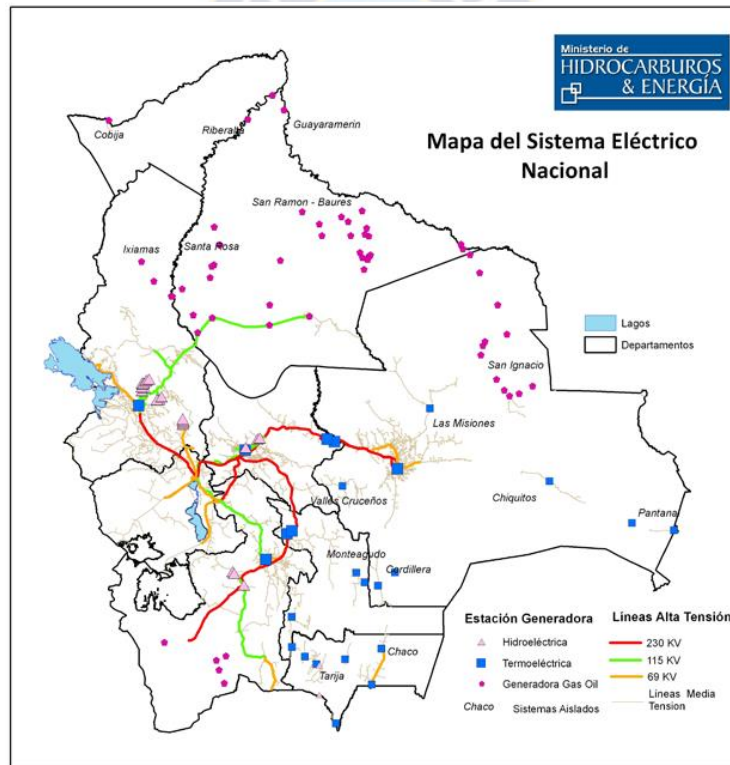


Fuente: Yacimientos Petroleros Fiscales Bolivianos. Cuadro #32

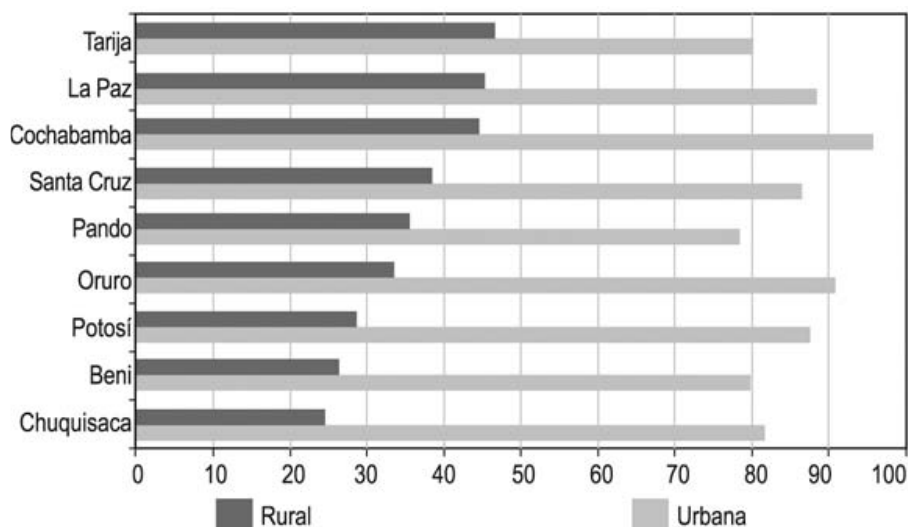
Donde los círculos azules hacen referencia a poblaciones existentes donde no se cuenta con energía eléctrica

El promedio de hogares en localidades de entre 1 y 350 habitantes (a las cuales pertenece el 94% de todas las localidades, según el INE) es de 16 (con un máximo de 24 y un mínimo de 13 hogares), lo cual proporciona una idea básica del tamaño de las localidades existentes.

COMPARACION DE ENERGIA ELECTRICA DEL AREA URBANA CON LA RURAL



Fuente: Ministerio de hidrocarburos y energía. Cuadro #33



Fuente: Ministerio de hidrocarburos y energía. Cuadro #34

En los diferentes departamentos se observa que mientras en el área urbana el acceso a la electricidad oscila entre el 79% y el 96%, en el área rural la población que cuenta con electricidad varía entre el 25% y el 49%. Esta situación sin duda refleja una limitación estructural para facilitar procesos de desarrollo en esas comunidades.

4.2.2 Beneficios del proyecto

El gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia busca con su programa “ELECTRICIDAD PARA VIVIR CON DIGNIDAD” llegar a toda familia boliviana con energía eléctrica, por tanto este proyecto es una de las mejores opciones a tomar para la implementación de energía en estas zonas rurales.

Ya que las poblaciones de áreas rurales son de bajos y escasos recursos, aumentar la eficiencia de los paneles solares va directamente guiada a bajar los costos de un proyecto común o tipo de sistema fotovoltaico y así facilitar el abastecimiento de energía eléctrica.

Los beneficios que presenta el proyecto está definida por el aumento de horas/ sol hacia el panel solar mediante los reflectores solares diseñados, entonces esto nos posibilita un mayor tiempo de captación solar por medio del panel, el producto de la misma nos hace referencia a mas energía concentrada en la batería.

4.3 PARAMETROS PRINCIPALES DE FINANCIAMIENTO

4.3.1 Costos de operación y mantenimiento

El costo de operación del sistema fotovoltaico optimizado es relativamente nulo, debido a su autonomía de funcionamiento. Sin embargo la instalación del sistema fotovoltaico no puede hacerlo una tercera persona sin conocimiento alguno sobre paneles solares.

Esto conlleva a que la instalación sea llevada a cabo por personal calificado y remunerar sus servicios.

Los costos de mantenimiento también serán relativamente nulos ya que al propietario del sistema solar se deberá dar las indicaciones necesarias para la limpieza correspondiente al panel y a los reflectores solares

4.3.2 Inversión del proyecto a nivel social

Tras una investigación realizada en diferentes lugares y tiendas de diferentes marcas, la opción mas tentativa a tomar para la inversión del proyecto es la de la **SOLAR CUSI** con una de sus sucursales en la av. Illimani N°1860 con la siguiente proforma.

PROFORMA DEL SISTEMA SOLAR				
CANTIDAD	DESCRIPCION	POTENCIA	PRECIO UNITARIO Bs	PRECIO EN INTERNET
1	PANEL FOTOVOLTAICO	65 Watts	1000	725 bs
1	BATERIA GEL	120 AH	2500	2500 bs
1	REGULADOR	15 A	420	380 bs

1	INVERSOR	150 Watts	500	890 bs
		TOTAL	4420	4495

Fuente: Empresas KOMAES, VICTRON PHOENIX, CINCO, ERDM.

PROFORMA REFLECTOR SOLAR			
CANTIDAD	DESCRIPCION	TAMAÑO Cm	PRECIO TOTAL BS
2	ESPEJOS	60x40	250
2	SOPORTE DE HIERRO	2x1x0.15	60
1	ACCESORIOS PARA EL MONTAJE	-----	50
		TOTAL	360

Fuente: Elaboración propia.

PROFORMA DE LA ESTRUCTURA SOLAR		
CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO BS
1	ESTRUCTURA SOBRE PARED*	850
1	ESTRUCTURA CUBIERTA TEJA*	610
1	ESTRUCTURA SUELO REGULABLE*	500

FUENTE: AUTOSOLAR

* Todos estos componentes vienen con la tornillería completa, además de su manual de instalación

PROFORMA ACCESORIOS			
CANTIDAD	DESCRIPCION	TAMAÑO/UNID.	PRECIO bs
2	CABLE AWG Nº 12	5 m	25
1	CINTA AISLADORA	1	5
6	CONECTORES	4	20
2	ABRAZADERAS	4	10
	OTROS		40
		TOTAL	100

FUENTE: Elaboración propia.

PROFORMA TOTAL	
DESCRIPCION	PRECIO BS
PROFORMA DEL SISTEMA SOLAR	4495

<i>PROFORMA REFLECTOR SOLAR</i>	360
<i>PROFORMA DE LA ESTRUCTURA SOLAR</i>	500
<i>PROFORMA ACCESORIOS</i>	100
TOTAL	5455 bs

FUENTE: Elaboración propia

4.3.3 Resultados de la inversión

El estado plurinacional de Bolivia con la nueva tarifa de electricidad por medio de la empresa **DE LA PAZ** confirmo la nueva tarifa de 0.60 ctvs por 1 kw por hora de consumo tanto en el área urbana como rural.

Esta última tarifa que se implemento beneficia a toda zona de Bolivia, pero, en la zona rural no se llega a ver los resultados ya que en varias zonas no existe el tendido de energía eléctrica.

Al requerir un panel fotovoltaico de una potencia determinada que cubra la necesidad de abastecer una vivienda de energía eléctrica es relativamente de mayor costo que uno que tenga los reflectores solares. El resultado de la inversión va directamente reflejado en el costo de un panel fotovoltaico.

En nuestro caso el panel de 75 Watts es más costoso (1300 Bs) que uno de 60 Watts (1040 Bs), esto nos ahorraría un 25% en cada instalación futura de paneles fotovoltaicos con reflectores solares en áreas rurales.

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

Tras un minucioso cálculo de paneles fotovoltaicos tipo en las zonas rurales, llegamos a una potencia determinada que es utilizada (75 Watts) para un determinado tiempo de iluminación, radio y televisores pequeños.

Gracias a los resultados obtenidos en cuanto a potencias, tanto del panel fotovoltaico tipo y del panel fotovoltaico optimizado, podemos concretar:

Al requerir una potencia menor del panel fotovoltaico de 62.47 [W] (con reflectores solares) comparado con los paneles fotovoltaicos tipo utilizados en el área rural de 73.78 [W] (sin reflectores solares), logramos observar y concretar que los reflectores solares, con un adecuado posicionamiento tanto del panel como del reflector, logran optimizar un 15.33% de rendimiento de los paneles fotovoltaicos utilizados en el área rural.

Entonces podemos definir que los paneles fotovoltaicos conjunto a los reflectores solares aumentan un 15.33% de rendimiento, logrando uno de los objetivos correspondiente al proyecto.

El propósito del proyecto fue optimizar el panel fotovoltaico tipo mediante reflectores solares, estos fueron diseñados por factores que fueron obligatoriamente imprescindibles: altura solar, declinación del panel, ángulo de máxima radiación solar, ángulo de reflexión especular del espejo etc. (arquitectura solar).

Existió varias tentativas de disposición y cantidad de reflectores solares, nuestra opción fue, la implementación de 2 soportes de hierro que sujetaran los espejos a un determinado ángulo para su máxima eficiencia en cuanto a captación y dirección de los rayos solares que son transmitidos desde un punto de mínima reflexión al transcurrir las tardes de los meses y años.

La dirección de la instalación de los espejos para la reflexión especular solar en las tardes del año, fue hallada por diferentes métodos trigonométricos (triángulos rectángulos y oblicuángulos, teorema de cosenos, teorema de senos) para que su entrada de funcionamiento sea en el momento de menos intensidad solar en el transcurso de todo el día.

La conclusión determinante que se pudo rescatar del proyecto es que la energía fotovoltaica tiene aun más potencial, de lo que actualmente vemos hoy en día.

En el actual proyecto observamos factores que llegarían a interesar a empresas fotovoltaicas, por aumentar el rendimiento de estos paneles en casi un 16% mediante reflectores solares.

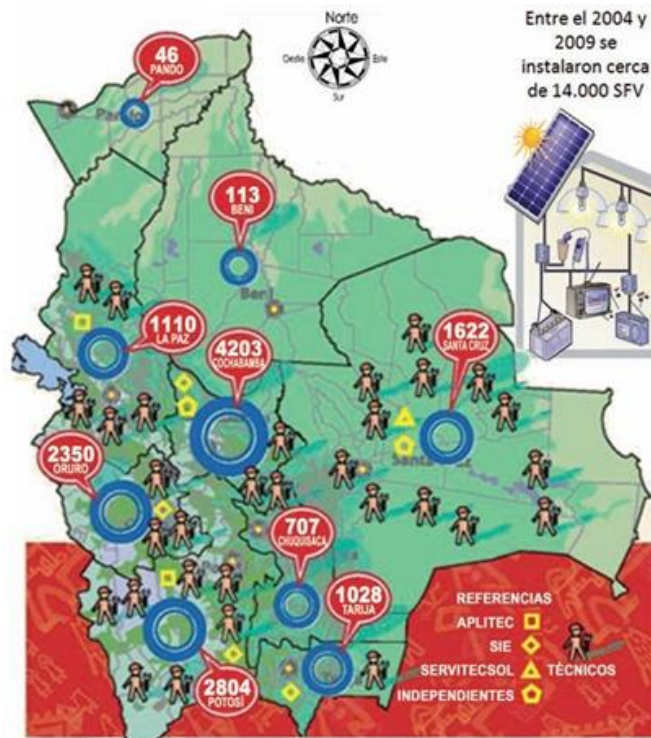
En cuanto a costos, podemos destacar factores que ayudarían el implemento de tecnología básica en estas zonas rurales, ya que los reflectores si bien es otro capital a implementarse para la instalación de paneles fotovoltaicos, ahorrarían en un 25% el capital destinado a los paneles solares.

La implementación de los reflectores solares en instalaciones fotovoltaicas de gran magnitud, representarían un beneficio considerable en costos y energía producida por las mismas.

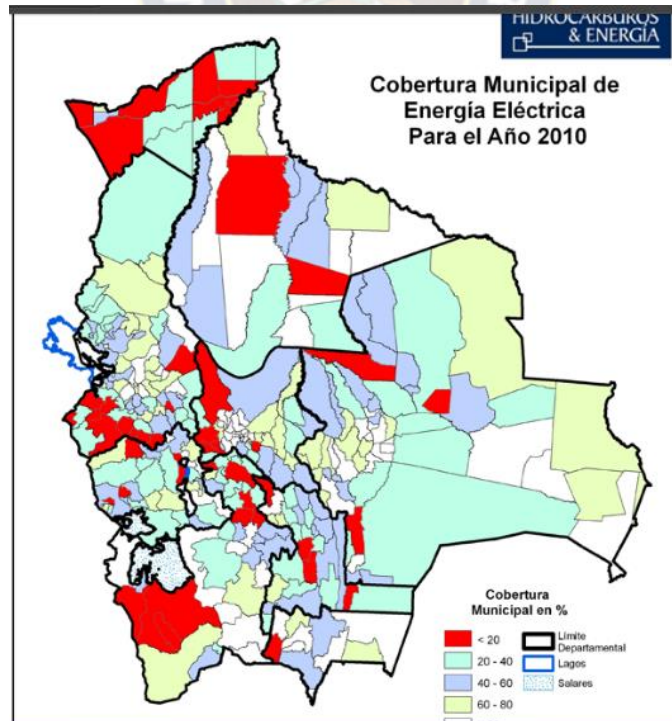
ANEXOS



ANEXOS

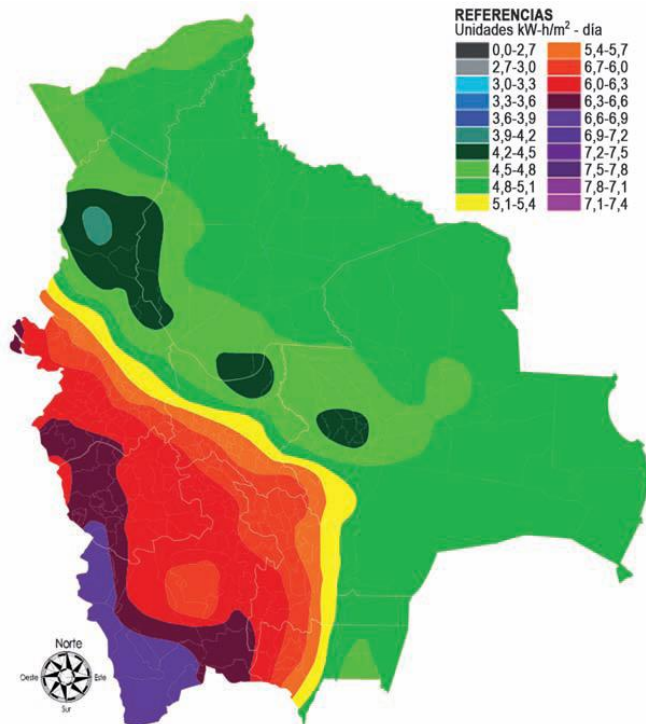


ANEXO N°1, Instalaciones fotovoltaicas en el país

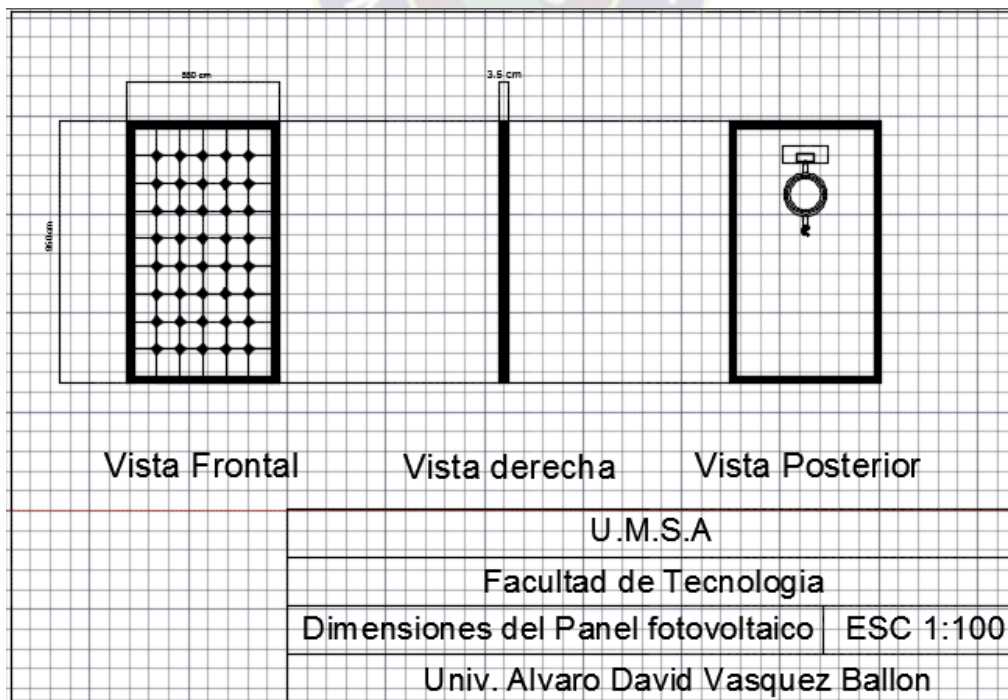


ANEXO N°2, Cobertura de la red eléctrica a nivel nacional.

Fuente: energía fotovoltaica en Bolivia

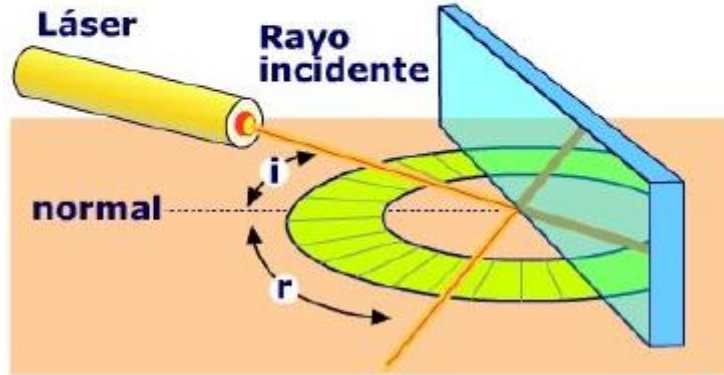


ANEXO N°3, Zonas con mayor incidencia solar

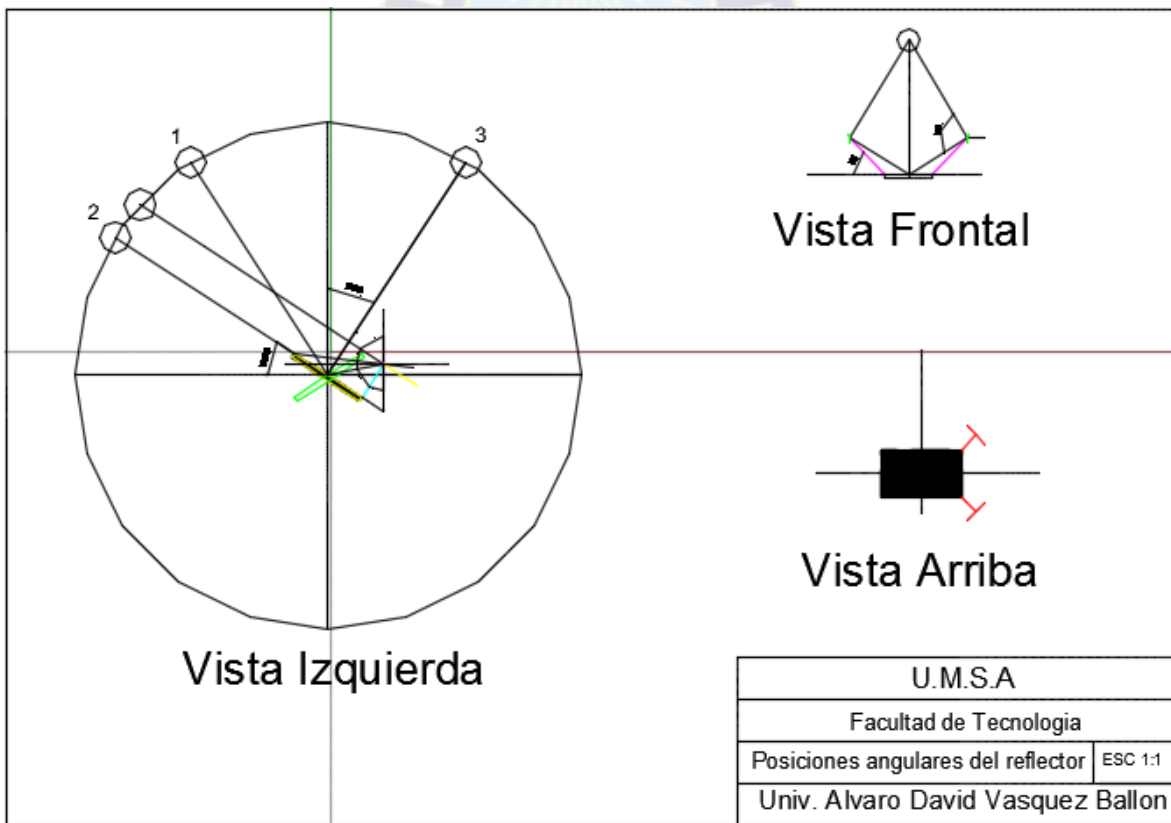


ANEXO N°4, Plano de dimensiones del panel fotovoltaico

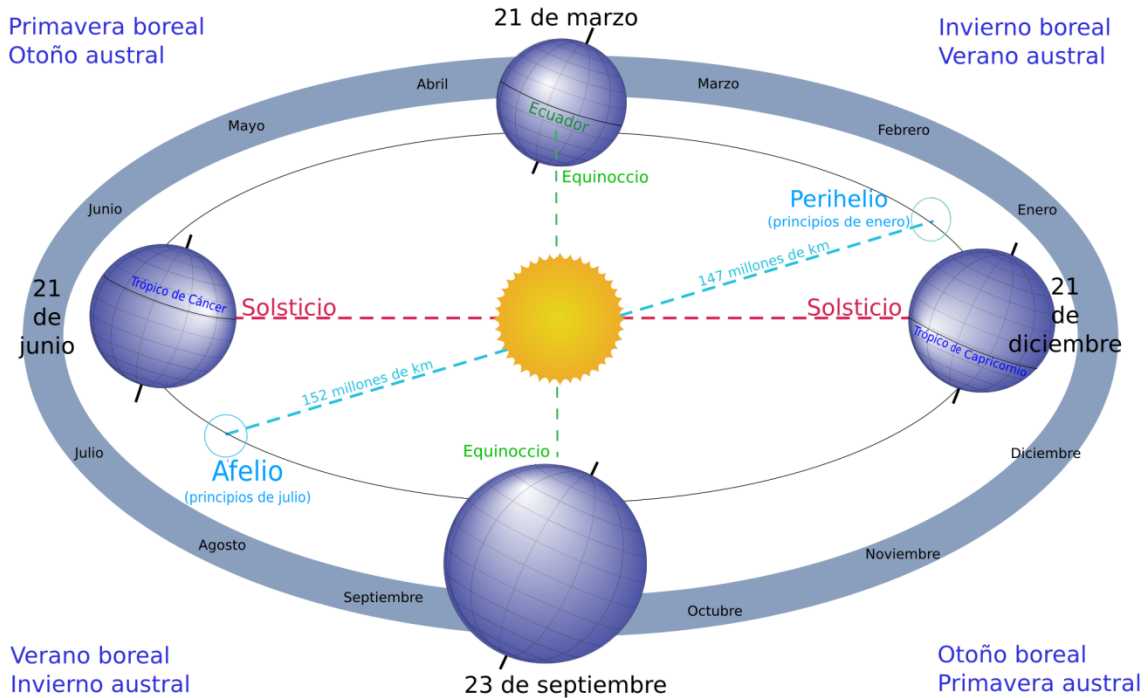
$$\angle i = \angle r$$



ANEXO N°5, reflexión de la luz



ANEXO N°6, Plano de posiciones angulares del reflector



ANEXO N°7, Movimiento solar

- Angulo solar
- Proyeccion solar
- Este
- Oeste
- Norte
- Sur
- Panel FV
- Sol

U.M.S.A	
Facultad de Tecnologia	
Plano 3D Arquitectura solar	ESC 1:1
Univ Alvaro David Vasquez Ballon	

ANEXO N°8, Plano arquitectura solar



ANEXO N°9, Instalación básica de un sistema solar

Lámparas Fluorescentes **TUBOS FLUORESCENTES**



ANEXO N°10, Lámparas Fluorescentes



ANEXO N°11, Cables alimentadores

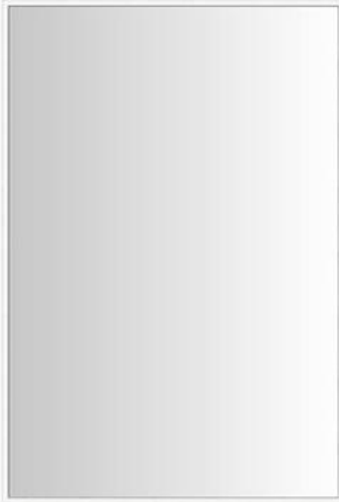
Lámparas Fluorescentes Bombillos de Ahorro de Energía



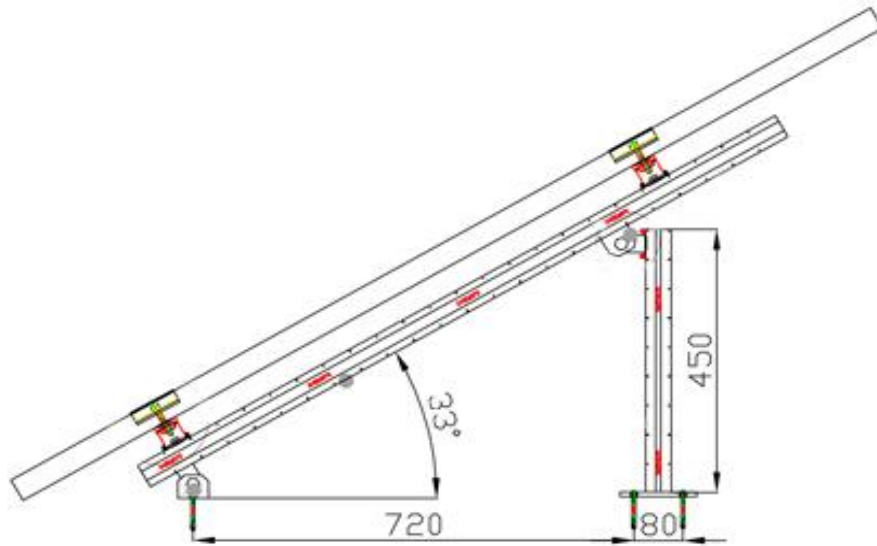
ANEXO N°12, Lámparas Fluorescentes



ANEXO N°13, Accesorios para el montaje del reflector solar



ANEXO N°14, Espejos



ANEXO N°15, Vista frontal del soporte del panel solar

BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFIA; TEXTOS; REVISTAS

1. ING. CARLOS ORBEGOZO - ING. ROBERTO ARIVILCA 2010, "Energía Solar Fotovoltaica".
2. COMUNIDAD DE MADRID, "Guía de energía solar"
3. PRETOPRESS, "Energía fotovoltaica en Bolivia"
4. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, "Datos de consumo de energía por medio de combustibles"
5. SENHAMI, "Documentos de datos climáticos IRUPANA"
6. ING. LUIS CARTAGENA, Estructura solar (documentos personales)
7. PROFESIONALES EN ENERGIA SOLAR, "SolarPro".
8. ING. MIGUEL FERNANDEZ FUENTES, "Rol e impacto socioeconómico de las energía renovables en el área rural de Bolivia"

WEBGRAFIA

9. www.marviva.org.
10. www.solareroski.com
11. www.EnergíasolarPVaccesorios.com/
12. www.hispaniasolar.es
13. www.yxfb.com.bo/energia
14. www.institutonacionaldeestadistica.com
15. www.reflectorluzsola.com