



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



FACULTA DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS

**PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES EN
HACIENDAS ALEJADAS DE LA FUENTE DE ENERGÍA
CONVENCIONAL. CASO: HACIENDA “EL VADO”.**

MATERIA: PROYECTO DE GRADUACIÓN

**Previa a la obtención del título de
Ingeniero Comercial
Especialización: Finanzas**

PRESENTADO POR:

Jorge Alexander Feijoo Aguilar

Guayaquil – Ecuador

2009



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



AGRADECIMIENTO

AL ING. CONSTANTINO TOBALINA D.

Director de Proyecto, por su colaboración en el desarrollo del proyecto.

AL ING. JAVIER JIMENEZ A.

Por su colaboración, tiempo y apoyo en la parte técnica del proyecto.

A LA EMPRESA

ELECTRO ECUATORIANA S. A.

Por su colaboración sobre el uso, costos e implementación de sistemas solares.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



DEDICATORIA

A DIOS

A MI HIJO

A MI ESPOSA

A MIS PADRES

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

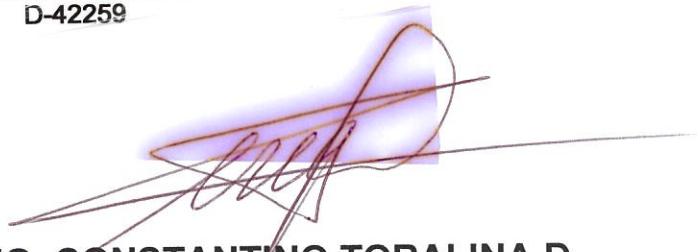


ING. OSCAR MENDOZA MACIAS

DECANO



D-42259

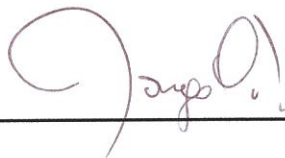


ING. CONSTANTINO TOBALINA D.

DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN EXPRESA

“La Responsabilidad del Contenido de este proyecto de graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”



JORGE ALEXANDER FEIJOOAGUILAR



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



RESUMEN

ANTECEDENTES

INDICE GENERAL

1 CAPITULO 1

1.1 ¿Qué es la energía fotovoltaica?

1.1.1 Sistemas autónomos aislados

1.1.2 ¿Cómo planteo la instalación?

1.1.3 ¿Qué podemos conseguir con la energía solar?

1.1.4 Curvas de potencia de un panel solar

1.2 Situación del sector

1.2.1 Determinar la demanda potencial de los sistemas fotovoltaicos

1.3 Estudio de mercado

1.3.1 Oferta y demanda de los sistemas solares en Ecuador

2 CAPITULO 2

2.1 Estudio técnico

2.1.1 Implementación del uso de celdas solares en la Hacienda.

2.1.2 Diseño de los paneles solares



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



2.1.3 Analizar la implementación, la vida útil, características, y cuidados de los equipos utilizados en el sistema fotovoltaico

3 CAPITULO 3

3.1 Estudio financiero

3.1.1 Costos de los equipos usados en el sistema fotovoltaico

3.1.2 Costo de instalar la red de energía convencional

3.1.3 Inversión total del proyecto

3.1.4 Financiamiento de la inversión

3.1.5 Amortización de la inversión.

3.1.6 Medir la rentabilidad del sistema fotovoltaico vs el sistema de energía convencional.

3.1.7 Sensibilidad del proyecto

4 Conclusiones y recomendaciones

5 Bibliografía



RESUMEN

Este proyecto consiste en analizar la viabilidad económica de fuentes de energía no convencionales como lo es la energía solar, lo cual se logra mediante paneles con celdas que contienen silicio (un semiconductor que se excita fácilmente con la luz) produciéndose así una corriente continua. Después de esto pasan a un banco de baterías donde son almacenadas y derivadas al inversor donde se transforman en corriente alterna, la misma que es elevada a un nivel de utilización (12 voltios).

Estos paneles se colocan dependiendo de la cantidad de energía que se quiera producir. Para nuestro estudio usaremos como ejemplo una vivienda en zonas rurales, alejadas de las grandes ciudades, en donde aún no se han instalado un sistema de redes de distribución eléctrica convencionales, es decir, personas del campo o hacendados, cuyo costo de implantar dichas redes de energía es demasiado alto para el Gobierno y para si mismo.

Dado que las personas del campo o hacendados que deseen el servicio energía eléctrica, si son los únicos en la zona, no es el gobierno que incurre en tales



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



gastos debido a que no cumple la población mínima, o numero de casas mínimas, para que las Empresas de Energía Eléctrica incurran en este gasto.

El generar energía eléctrica sin que exista por ejemplo un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica (una de las tantas maneras de generar electricidad), desde el punto de vista medioambiental, es un procedimiento muy favorable por ser limpio, exento de problemas de contaminación, etc. Se suprimen radicalmente los impactos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, etc. lo que beneficia la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc.



CAPITULO 1

1.1. ¿QUÉ ES LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA?



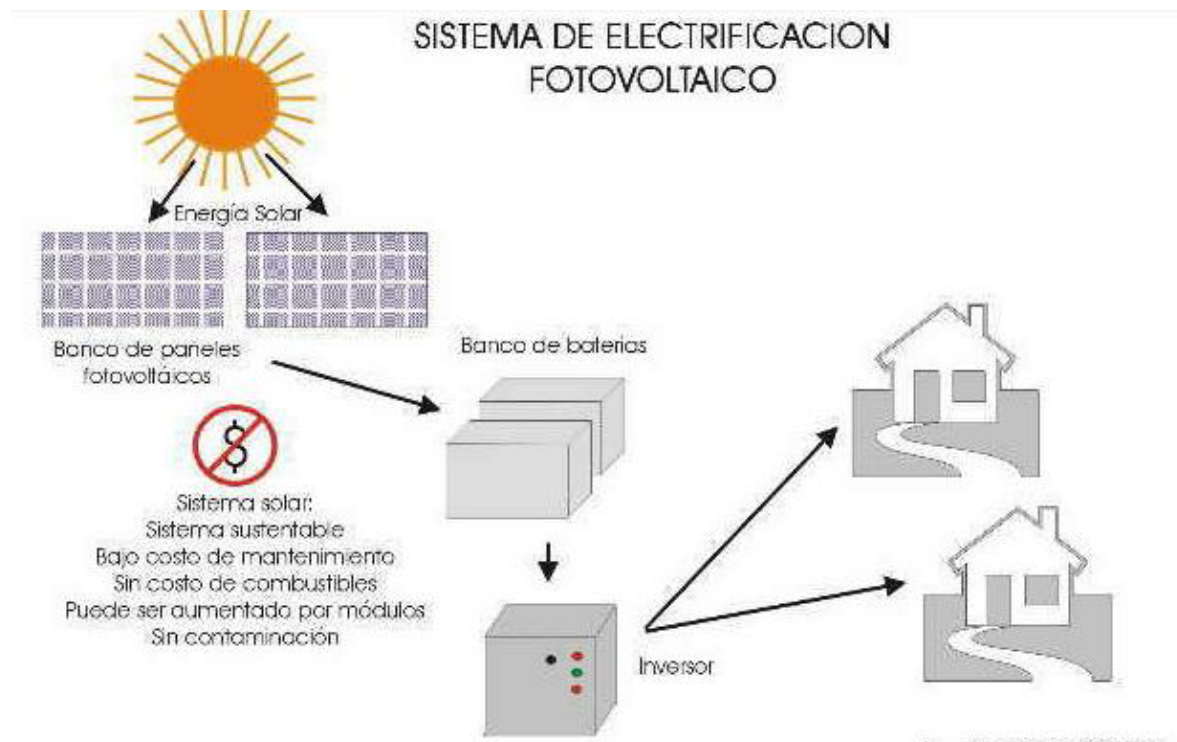
Consiste en la **conversión** directa de la luz solar en electricidad, mediante un dispositivo electrónico denominado "célula solar"; estas células se interconectan y agrupan en módulos que pueden generar 0,9Kwh/día m^2 (aprox. $1,5m^2$ un módulo).

Esta conversión de la energía de luz en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico. La radiación solar es captada por los módulos fotovoltaicos, entonces estos generan energía eléctrica (efecto fotovoltaico) en forma de corriente continua.

Básicamente se distinguen dos tipos de aplicaciones de la energía solar fotovoltaica:

- los sistemas aislados o autónomos
- los sistemas conectados a red

1.1.1 SISTEMAS AUTÓNOMOS O AISLADOS





Estos sistemas tienen como misión garantizar un abastecimiento de electricidad autónomo (independiente de la red eléctrica pública) de consumidores o viviendas aisladas. Estas instalaciones no tienen ninguna limitación técnica en cuanto a la potencia eléctrica que puede producir; solamente motivos de economía y rentabilidad establecen una acotación al número de módulos y acumuladores a instalar.

¿QUÉ APLICACIONES SON LAS MÁS USUALES A NIVEL DOMESTICO?

- ✚ Pequeñas instalaciones de iluminación en viviendas (exterior e interior).
- ✚ Instalaciones de bombeo agua de pozos o riego autónomo.
- ✚ Instalaciones en viviendas en las que es más viable económicamente implementar una instalación autónoma que realizar la conexión a la red general, normalmente por lejanía de esta, como es nuestro caso.

1.1.2 ¿CÓMO PLANTEO LA INSTALACIÓN?



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



En primer lugar hay que tener claro qué uso le vamos a dar a la vivienda en la que haremos la instalación, pues no es lo mismo si la vivienda es de uso únicamente para las vacaciones, para el fin de semana o para uso diario.

Nuestro proyecto se aplicara a una hacienda que esta alejada de la red de energía convencional, esta hacienda tiene una casa provista de **13 focos, 1 refrigeradora de 16 pies, 1 licuadora, 1 televisor de 21”, y 1 radio grabadora.**

Para calcular el tamaño de un sistema solar, hay que determinar primero el CONSUMO DE ENERGIA promedio al día.

$$\text{ENERGIA} = \text{POTENCIA} \times \text{HORAS}$$

$$Wh = W \times h$$

Es muy importante la utilización de aparatos de bajo consumo, pues de esta manera reduciremos nuestra demanda energética y reducimos el coste de la instalación. Una vez que tenemos claro nuestra demanda energética, dimensionamos el campo fotovoltaico.

¿QUÉ ES LA AUTONOMÍA?

La autonomía se entiende, por el número máximo de días consecutivos en los que, de producirse las condiciones absolutamente más desfavorables (cielos totalmente cubiertos), tendríamos suministro eléctrico para cubrir las necesidades



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



energéticas para las que ha sido dimensionada nuestra instalación. Nuestra hacienda “El Vado” esta ubicada en la parte alta de la provincia de El Oro, a 15 km del Cantón Piñas y a 3 km del pueblo donde esta la fuente de energía convencional.

En esta zona la temporada de invierno provee de lluvias a la región, como referencia asumiremos que en las peores condiciones tendremos 3 días con cielos totalmente nublados. Es decir, que nuestro banco de baterías tendrá una reserva para 4 días.

¿SERIA POSIBLE TENER SOLAMENTE EL SISTEMA DE ENERGIA SOLAR?

Hemos dicho que las únicas limitantes son motivos económicos y de rentabilidad, pero existen dos componentes importantes que influyen en la eficiencia del sistema.

La primera, es el numero de paneles solares debe ser planificado de acuerdo a nuestra necesidades energéticas basados en las cargas conectadas a nuestro sistema, no necesariamente mientras mas paneles solares tenemos mas energía vamos a tener. Existen casos en los cuales es necesario implementar más baterías y no paneles.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



La segunda, la batería debe estar dimensionada de tal manera que pueda asegurar energía aun en los días de ausencia de sol, en nuestro caso son cuatro días en promedio, que la instalación no tendrá problemas de abastecimiento, mantendrá las baterías en su óptimo nivel de carga, asegurándonos el suministro pueda proveer de energía a la casa la cantidad de días que en promedio nos hemos basados de acuerdo a la región.

ES IMPORTANTE LA ORIENTACIÓN DEL TEJADO

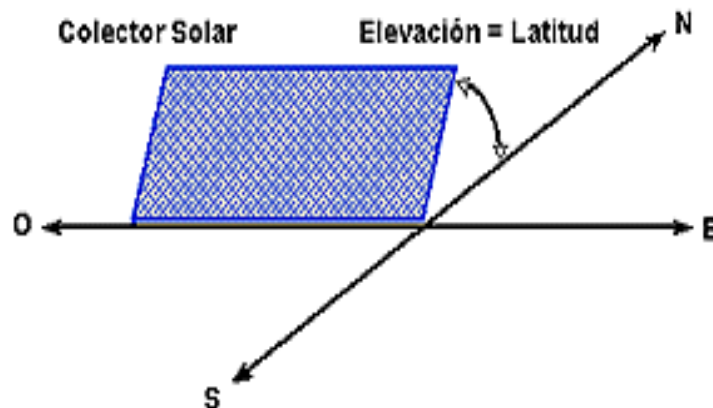




Si que lo es, porque es la base donde se instalaran *los colectores*; la orientación óptima debe ser por donde sale el sol, debido a que las primeras 4 horas de sol son las que más radiación aportan durante el día.

Algunos proyectos existentes en Ecuador los paneles solares se encuentran sobre estructuras metálicas adaptados con unos sistemas que les permite manualmente seguir el curso del sol durante el día.

¿QUÉ INCLINACIÓN ES LA ÓPTIMA PARA LOS COLECTORES?



La inclinación o ángulo con la horizontal con que deben disponerse es de fundamental importancia, si se desea optimizar el rendimiento anual de la instalación. Es aconsejable una inclinación aproximadamente de unos 10° mayor



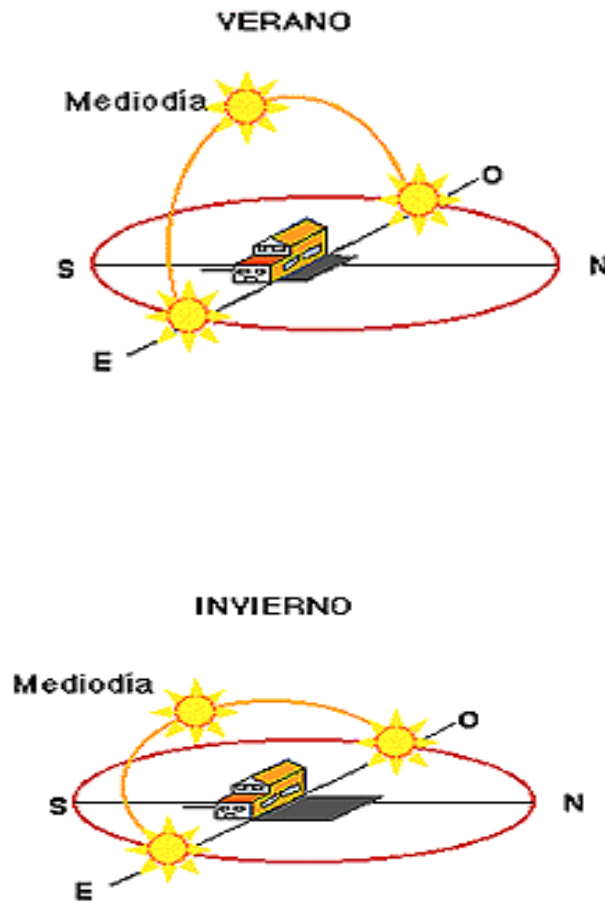
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



que la latitud del lugar, tolerándose unos márgenes de $\pm 15^\circ$, en función de la época del año en que deseemos favorecer la captación. Así una inclinación mayor, favorecería la captación del sol en los meses invernales, y una inclinación menor a los meses de primavera y verano.

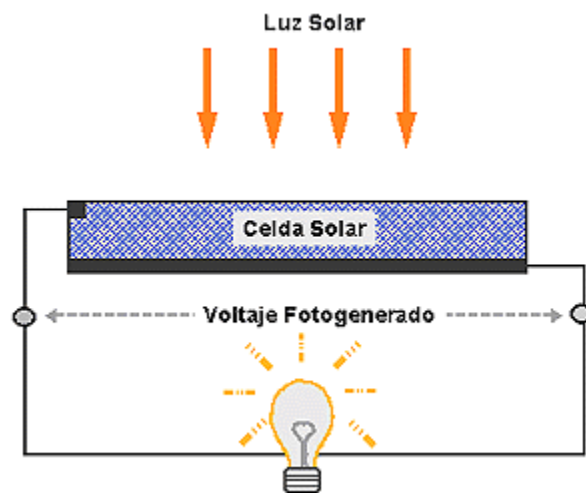
Esto es debido a la altura a la que está el sol durante los meses del año ya que esta altura cambia con los comienzos y finales de las estaciones, variando entonces también la incidencia de los rayos solares sobre los colectores.



¿QUIÉN PUEDE APROVECHAR LA ENERGÍA SOLAR?

Cualquier persona, bien sea particular o empresa, puede realizar una instalación solar con la cual reducir los gastos energéticos producidos por los sistemas convencionales (electricidad, gas natural, gas-oil, butano, etc.).

1.1.3 ¿QUÉ PODEMOS CONSEGUIR CON LA ENERGÍA SOLAR?



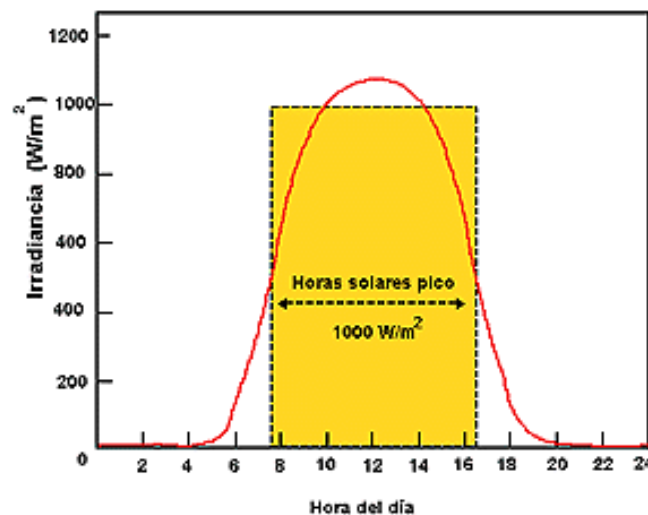
La energía solar puede aprovecharse para el calentamiento del agua y para la generación de electricidad.

En el primer caso, los colectores solares captan los rayos y transmiten el calor a un acumulador, donde el agua es calentada y transmitida a los puntos de consumo. De esta forma, se produce agua caliente sanitaria, se consigue un apoyo al sistema de calefacción y se climatizan piscinas.



En el segundo caso se aplica a nuestra hacienda los sistemas fotovoltaicos, las células captan las partículas de luz denominadas fotones, y estas liberan electrones que generan electricidad. Esta energía puede ser almacenada en baterías para su posterior uso.

¿CUÁNTO MÁS SOL HAY, CONSIGO MAYOR RENDIMIENTO?



No siempre tener más temperatura significa tener mejores rendimientos, pero si hablamos de eficiencia con mayor sol los paneles solares sí son más eficientes. Por es muy importante lo dicho anteriormente, definir las necesidades de las personas, y el número de días promedio en que tendremos ausencia de sol.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS

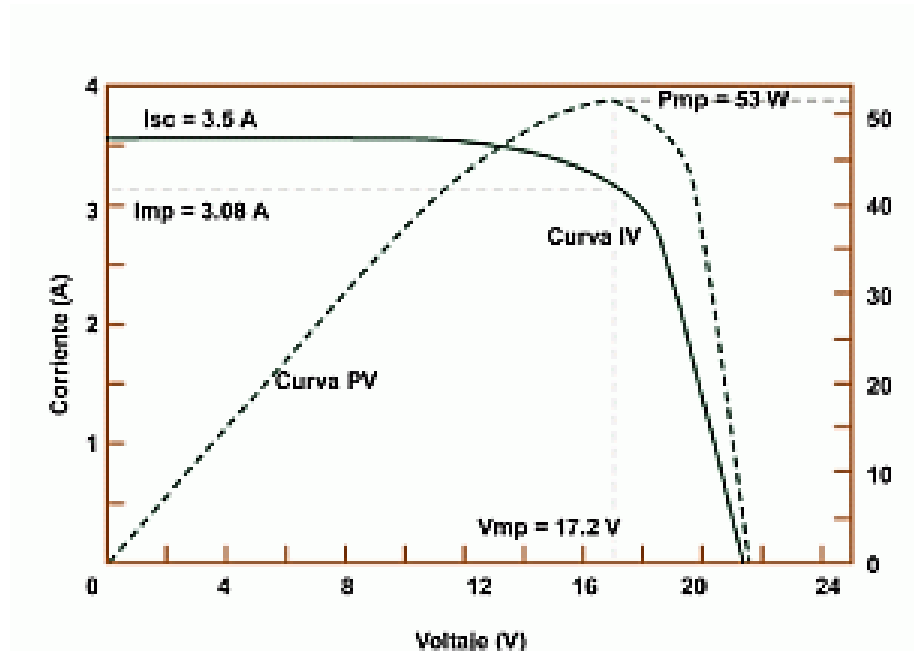


¿QUÉ TIEMPO DE VIDA ÚTIL POSEEN LOS EQUIPOS SOLARES?

En el caso de las instalaciones fotovoltaicas, el periodo de vida esta estimado en torno a los 30 años. Los equipos instalados hace 20 años siguen funcionando aunque con menor rendimiento. Este dato es significativo debido a que los equipos han mejorado significativamente durante este periodo. El correcto uso y mantenimiento de los equipos posibilita una mayor duración de los mismos.

Nuestro proyecto tiene la asesoría de la empresa Electro Ecuatoriana, los equipos que esta Empresa proveen tienen una garantía de 25 años otorgados por el fabricante, 1 año de garantía en la instalación y asesoría gratis por parte de la Empresa.

1.1.4 CURVAS DE POTENCIA DE UN PANEL SOLAR



1.2 SITUACION DEL SECTOR

1.2.1 DETERMINAR LA DEMANDA POTENCIAL DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Es el Gobierno la demanda potencial para las empresas que venden energías renovables, que ha dado paso a proyectos de implementación de sistemas de energías renovables puras, sin contaminantes, en proyectos de área rural del oriente Ecuatoriano, en el Archipiélago de Galápagos, en las provincias de Manabí, Loja, El Oro, Pichincha, entre otras.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



En el sector privado, los principales demandantes son empresarios del sector camaronero, bananeras, sectores agrícolas y ganaderas, pero son pocos los proyectos desarrollados la principal causa no existe un conocimiento del tema, es por esto que la empresa consultada Electro Ecuatoriana hace énfasis en la necesidad de desarrollar en plan agresivo de marketing sobre el tema, sus beneficios y aplicaciones.

Ecuador tiene potencial para aprovechar este recurso debido a su posición geográfica que permite que los días y las noches sean prácticamente de 12 horas cada uno. No obstante, esto depende de las políticas estatales que deben impulsar la utilización de tecnologías limpias, el respeto al medio ambiente y un desarrollo sostenible mediante disposiciones que no son difíciles.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



Una breve explicación sobre los principales equipos utilizados en un sistema fotovoltaico, en el capítulo 2 profundizaremos más sobre funcionamiento de cada elemento del sistema, y su cuidados y mantenimientos:



Paneles Fotovoltaicos

Conjunto de celdas solares expuesta a la luz genera electricidad. El panel de energía solar o panel fotovoltaicos cambia la energía de los rayos solares en energía eléctrica de baja tensión o voltaje (12 voltios).

Controlador de Carga

Es el cerebro electrónico que vigila permanentemente el adecuado funcionamiento del sistema solar. Este dispositivo controla la adecuada carga del banco de baterías, así como también la energía que solicita la demanda.

Banco de Baterías

Son los elementos donde se almacena la energía en forma química para su uso posterior. Consiste de baterías especiales de *descarga profunda*. corriente entre las baterías. Cuando se renueva un banco de baterías deben cambiarse todas las baterías.



Inversor

Para convertir la corriente continua del banco de baterías en corriente alterna se utiliza un *inversor*.

Centros de Carga o Tableros Eléctricos

Los equipos y aparatos eléctricos se conectan en circuitos, directamente a un tablero de breakers o centro de carga.

Costos y características:

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION	PRECIO + IVA
130	PANELES SOLARES	1159,20
15 amperios/hora	BATERIAS	224,00
45 amperios/12 voltios	REGULADORES	265,10
12 voltios cc12-120	INVERSOR	504,00

Por ejemplo:

Una caseta en una camaronera para una persona, con un foco y un radio, se necesita:

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO + IVA
PANELES SOLARES	1	1159,20
BATERIAS	1	224,00
REGULADORES	1	265,10
INVERSOR	1	504,00
	INVERSION TOTAL	2152,30



Por ejemplo: Para una casa de campo como nuestro caso, con las siguientes cargas conectadas, **13 focos, 1 refrigeradora de 16 pies, 1 licuadora, 1 televisor de 21", y 1 radio grabadora**, se necesita.

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO + IVA	TOTAL
PANELES SOLARES	10	1159,20	11592,00
BATERIAS	20	224,00	4480,00
REGULADORES	2	265,10	530,21
INVERSOR	1	504,00	504,00
INVERSION TOTAL			17106,21

1.3 ESTUDIO DE MERCADO

1.3.1 OFERTA Y DEMANDA DE LOS SISTEMAS SOLARES EN ECUADOR

En Ecuador son pocas las empresas que venden estos sistemas solares, o que proveen de equipos, servicios o desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica diferente de las comunes. Las empresas en el área eléctrica entre sus servicios tienen el desarrollar proyectos de electrificación con energías renovables.

En Guayaquil podemos mencionar Electro Ecuatoriana



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



Quien ha desarrollado algunos proyectos para el Gobierno Central, a través de la ejecución de los mismos, ha generado para el Ecuador más de 200 megavatios. Han estado presentes en diversos proyectos hidroeléctricos como: Agoyán, Papallacta, Saymirín, Alao, Saucay, Machachi, Illuchi, San Miguel de Car, entre otros. También formaron parte en la generación de energía en la estación de agua potable "La Toma" de Guayaquil.

Además, los servicios y suministros que Electro Ecuatoriana ofrece al sector eléctrico son en el campo de la Petrolero, Industrial, Telecomunicaciones, Eléctrico, Construcción, Servicios Agrícolas, Pecuarios y Ganaderos. Y la ejecución de proyectos de centrales hidroeléctricas y termoeléctricas hasta la provisión de equipos, servicios y gerencia de proyectos de generación de energía eléctrica y construcción de plantas y centrales térmicas, e hidroeléctricas.

Electro Ecuatoriana cuenta con su página web, como su plan estratégico de marketing:

- ELECTRO ECUATORIANA
Generación de Energía Eléctrica

<http://www.electroecuatoriana.com>



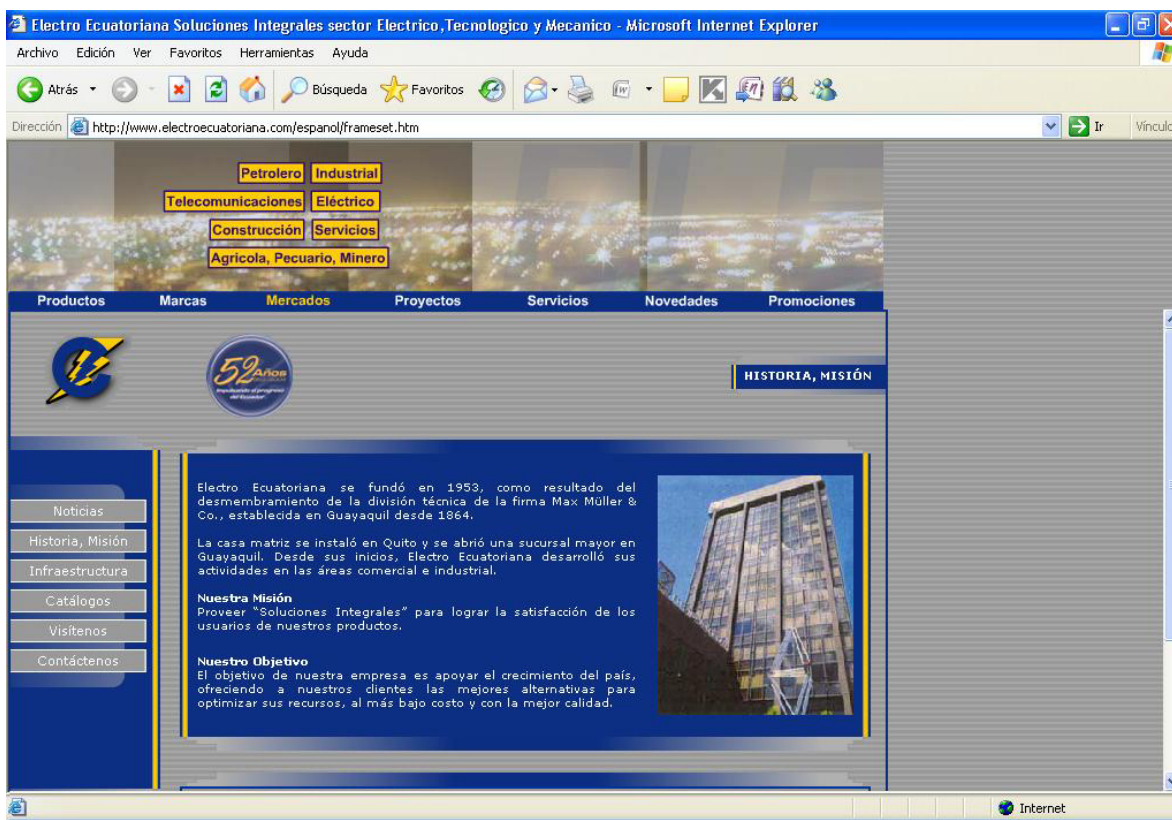
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



Informes: QUITO 02-2413970

GUAYAQUIL 04-2285744



En Quito se encuentra EnerPro

Con el objetivo de contribuir a un uso más eficiente de la energía en las empresas, EnerPro pone a disposición consultorías que tienen la finalidad de aumentar la



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



productividad y competitividad de las empresas principalmente medianas y pequeñas.

EnerPro, a diferencia de otras empresas relacionadas con energías renovables ofrece una visión general más amplia sustentada en la experiencia de proyectos desarrollados bajo la supervisión de profesionales de gran calidad que vienen trabajando con el único propósito de impulsar el desarrollo del país con soluciones viables para problemas energéticos que actualmente nos aquejan.

La energía solar fotovoltaica es, en términos sencillos, la utilización de la luz solar para producir electricidad. Su principal aplicación se ubica en zonas rurales donde no llega la red eléctrica comercial, aplicable en computadores personales, calculadoras, electro domésticos de alta eficiencia, bombeo de agua, señalización en autopistas, iluminación de jardines o zonas privadas y públicas, telecomunicaciones, industria petrolera, o en cualquier lugar donde se necesite energía eléctrica

Entre los proyectos fotovoltaicos de EnerPro se encuentran “Kapawi” Hotel Ecológico ubicado en el Oriente ecuatoriano, así mismo “Sta. Cruz Gardens” complejo turístico ubicado en Galápagos, y la provisión de equipo e instalación de 140 Sistemas Solares Residenciales en el Pueblo Originario Kwichua Sarayacu



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



ubicado en el Centro oriente ecuatoriano, y también las diversas consultorías realizadas “Instalación de una Micro Red Fotovoltaica para la población del Cauchal” ubicada en la ciudad de Esmeraldas, “Implementación de Minicentrales Hidroeléctricas” ubicada en la reserva de Biosfera Sumaco, “Modelo de Sostenibilidad con tasa por servicio de electrificación rural con Sistemas Fotovoltaicos” ubicada en el oriente Ecuatoriano, entre otras.

De igual manera Enerpro también cuenta con su sitio web:





ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD ECONOMIA Y NEGOCIOS



- ENEPRO Cía. Ltda.

Soluciones Técnicas integrales

<http://www.enepro.com.ec>

Informes: QUITO 02-2906797

Para Enerpro, una manera de impulsar y dar a conocer todo sobre energías renovables, desarrolla cursos de capacitación en temas de energía pueden apoyar en gran medida el logro de un uso eficiente y racional de la energía en quienes laboran en áreas operativas, de ingeniería de planta, mantenimiento, control de gastos, proyectos, a fin de que cuenten con herramientas que le faciliten la toma de decisiones que conlleven a reducciones importantes y que a la vez se reflejen en una reducción en su facturación mensual.

EnerPro viene desarrollando conjuntamente con el Ministerio de Energía y Minas “Capacitación en Eficiencia Energética” a dictarse en la ciudad de Quito, dichos cursos de Ahorro de Energía contendrán temas como Iluminación, Aire Acondicionado, Motores Eléctricos, Convertidores de Frecuencia, Sistemas Electromotrices, Sistemas de Bombeo, Aire Comprimido, Evaluación Económica, Ahorro de Energía Eléctrica y otros temas afines.



CAPITULO 2

2.1 ESTUDIO TÉCNICO

EL RECURSO SOLAR

El sol es una fuente inagotable de energía debido a las reacciones nucleares que ocurren en su centro. Una gran parte de esta energía llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética. A medida que la radiación atraviesa la atmósfera terrestre sufre atenuación por los procesos de absorción, reflexión y refracción. Tales procesos se verifican cuando los rayos de luz chocan con las nubes o con el vapor de agua existente en la atmósfera. La radiación que llega a la superficie terrestre se puede clasificar *en directa y difusa*.

La radiación directa es aquella que se recibe en la superficie terrestre sin que esta haya sufrido ninguno de los procesos antes mencionados al pasar por la atmósfera.

La radiación difusa es la que se recibe después de haber cambiado su dirección por los procesos de refracción y reflexión que ocurren en la atmósfera.



Un captador de la energía solar "*percibe*" la radiación como si viniera de la bóveda celeste. En un día nublado, la radiación solar recibida en un captador es sólo difusa, ya que la radiación directa es obstruida por las nubes.

La energía de la radiación solar que se recibe en una superficie determinada en un instante dado se le conoce como *irradiancia* y se mide en unidades de W/m^2 . **La irradiancia** es un valor distinto para cada instante, es decir, se espera que en un día despejado la irradiancia a las 10:00 AM. será diferente y menor a la que se obtiene a las 1:00 PM., esto se debe al movimiento de rotación de la tierra (movimiento sobre su propio eje). Cuando es de noche, se tiene una irradiancia de 0 Watts por metro cuadrado (W/m^2), porque simplemente a esa parte de la Tierra el Sol no la puede "ver".

Otro concepto importante es el de **Insolación**, éste corresponde a la integración de la irradiancia en un período determinado. En otras palabras es la energía radiante que incide en una superficie de área conocida en un intervalo de tiempo dado. Este término tiene unidades de energía por área, comúnmente Watts-hora por metro cuadrado ($W-h/m^2$). Generalmente se reporta este valor como una acumulación de energía horaria, diaria, estacional o anual. La insolación también se expresa en términos de horas solares pico. Una hora, horas de energía es equivalente a la energía recibida durante una hora, a una irradiancia promedio de



1,000 W/m² (Figura 4). La energía útil que produce el arreglo fotovoltaico es directamente proporcional a la insolación que recibe.

EFFECTO FOTOVOLTAICO

Cuando algunos metales se ponen bajo iluminación se crea una fuerza electromotriz o una diferencia de voltaje. Si se le conecta una carga, se produce una corriente. Esta corriente producida es proporcional al flujo luminoso que reciben. Este fenómeno se conoce como efecto fotovoltaico.

En un captador solar el efecto fotovoltaico se presenta como una diferencia de voltaje en sus terminales cuando está bajo iluminación. Si a las terminales del captador se le conecta un aparato eléctrico, por ejemplo, una lámpara, entonces la lámpara se debe encender debido a la corriente eléctrica que pasa a través de él. A la unidad mínima en donde se lleva a cabo el efecto fotovoltaico se le llama celda solar.

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El panel de energía solar o panel fotovoltaicos cambia la energía de los rayos solares en energía eléctrica de baja tensión o voltaje (12 voltios). Esta energía se



acumula en baterías para tener por la noche luz, radio, televisión, etc. Hay consumidores como lámparas especiales, radiograbadora o televisores, que trabajan directamente con bajo voltaje. Estos equipos pueden ser conectados directamente a la batería.

La potencia de un panel depende de la marca del mismo y de la necesidad de la vivienda, para nuestro proyecto la empresa que nos asesora "Electro Ecuatoriana", diseño los paneles de acuerdo a las cargas que serán conectadas.

La energía recibida durante el día es almacenada en acumuladores o baterías, se puede conectar los consumidores (por ejemplo lámparas) por el tiempo necesario. Este tiempo es limitado y depende de la cantidad de paneles fotovoltaicos instalados (que funcionan como generadores), de la cantidad de baterías (que funcionan como acumuladores) y de la cantidad de lámparas conectadas (que funcionan como consumidores).

2.1.1 IMPLEMENTACIÓN DEL USO DE CELDAS SOLARES EN LA HACIENDA

CALCULO DE LA DEMANDA MAXIMA ESTIMADA EN UNA VIVIENDA DE CAMPO TIPO.



El propósito de este proyecto es la viabilidad económica de implementar instalaciones con celdas solares en lugar de realizar la instalación eléctrica convencional, sin embargo a continuación detallamos un procedimiento básico para los cálculos eléctricos.

DEFINICIONES:

Potencia instalada.- Es suma de la potencia de todos los equipos eléctricos instalados.

Demanda Máxima.- Es la máxima potencia estimada a consumir en un determinado instante.

Factor de utilización.-

Procedimiento.- Se determina el tipo de cargas, potencia de las mismas y cantidad de las mismas, luego se determina la potencia total multiplicando la potencia de cada carga (C) por la cantidad de equipos (A), con lo que se obtiene la potencia total instalada. Después se multiplica la potencia total instalada por el factor de utilización con que finalmente se obtiene la demanda máxima instalada.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS



CASA DE CAMPO

CALCULO DE DEMANDA MAXIMA

CANTIDAD	EQUIPO	VOLTAJE (V)	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)
A	B		C	D = (A * C)
8	Lámparas fluorescentes	120	30	240
1	Radiograbadora			
	mediana	120	100	100
1	Televisor	120	150	150
1	Refrigeradora	120	630	630
1	Licuadora	120	150	150
POTENCIA TOTAL INSTALADA (W) (1):				1.270
FACTOR DE UTILIZACION (2):				0,8
DEMANDA MAXIMA (W) (1*2):				1.016

CALCULO DE CONSUMO DE ENERGÍA.

Se determina las cargas a ser instaladas (B), la potencia de cada una (C) y la cantidad de las mismas a ser utilizada (C), con estos datos se puede determinar la



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS



potencia total de cada carga (D). Luego se estima la cantidad de horas al día a utilizar cada una de las cargas dependiendo el funcionamiento de las mismas (E).

Posterior a esto se estima cantidad de días de uso de cada carga por mes (F), y finalmente se obtiene el consumo de energía por cada carga al mes multiplicando $D * E * F / 1000$

Con esta información podemos determinar el consumo de energía de toda la vivienda sumando el consumo de energía individual de cada carga. Considerando que el costo del KWh es de 0.08 centavos podemos estimar el valor de la planilla de consumo de energía eléctrica.

CASA DE CAMPO

CALCULO DE CONSUMO DE ENERGIA

CANTIDAD	EQUIPO	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS USO/ DIA	DIAS USO/ MES	CO Kw
A	B	C	D = (A*B*C)	E	F	G=
8	Lámparas fluorescentes	30	240	4	30	28,8
1	Radiograbadora mediana	100	100	3	30	9
1	Televisor	150	150	5	30	22,5
1	Refrigeradora	630	630	10	30	189
1	Licuada	150	150	1	15	2,25
			Total Kwh./MES=			251
			Costo Kwh. (\$) =			0,09
			Total (\$) mensual estimado =			22,6



Total KW*h/día=

8,38

Total W*h/día=

2.1.2 DISEÑO DE LOS PANELES SOLARES

¿Cómo esta formado un Sistema Fotovoltaico?

Un sistema fotovoltaico esta formado por un conjunto de equipos construidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales:

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada
- Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada

En el mismo orden antes mencionado, los componentes fotovoltaicos encargados de realizar las funciones respectivas son:

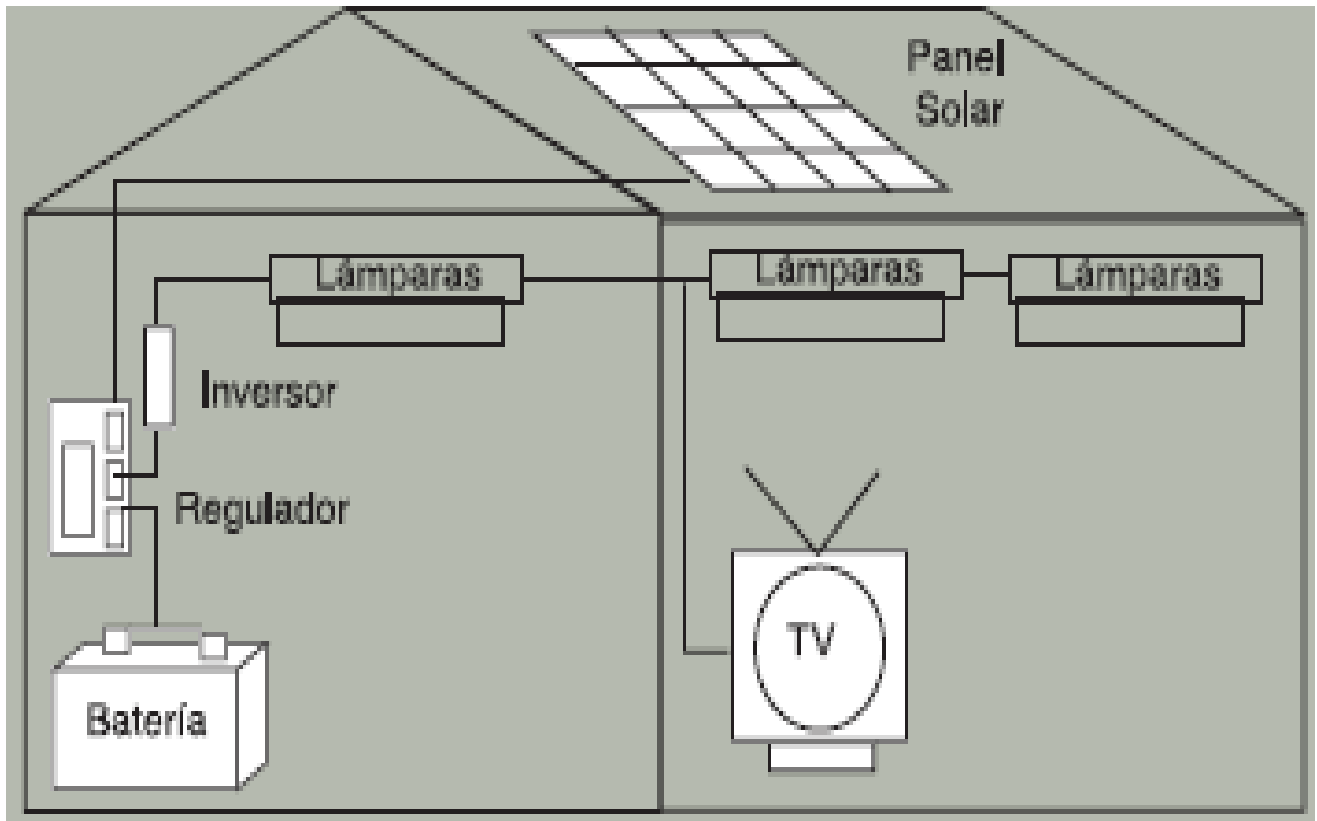
- El módulo o panel fotovoltaico
- La batería



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS



- ✚ El regulador de carga
- ✚ El inversor
- ✚ Las cargas de aplicación (el consumo)





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS



Esquema simple de un Sistema Fotovoltaico

En instalaciones fotovoltaicas pequeñas es frecuente, además de los equipos antes mencionados, el uso de fusibles para la protección del sistema. En instalaciones medianas y grandes, es necesario utilizar sistemas de protección más complejos y, adicionalmente, sistemas de medición y sistemas de control de la carga eléctrica generada.

Módulos fotovoltaicos



La transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un equipo llamado módulo o panel fotovoltaico. Los *módulos o paneles solares* son placas rectangulares formadas por un conjunto de *celdas fotovoltaicas* protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado.

Celdas fotovoltaicas:



Esquema simple de un panel fotovoltaico

Una celda fotovoltaica es el componente que capta la energía contenida en la *radiación solar* y la transforma en una *corriente eléctrica*, basado en el efecto fotovoltaico que produce una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre algunos materiales.

Las celdas fotovoltaicas son hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores, de los cuales el silicio, es el más usado. El silicio se encuentra



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS



abundantemente en todo el mundo porque es un componente mineral de la arena. Sin embargo, tiene que ser de alta pureza para lograr el efecto fotovoltaico, lo cual encarece el proceso de la producción de las celdas fotovoltaicas.

Una celda fotovoltaica tiene un tamaño de 10 por 10 centímetros y produce alrededor de un vatio a

plena luz del día aproximadamente. Normalmente las celdas fotovoltaicas son color azul oscuro. La mayoría de los paneles fotovoltaicos consta de 36 celdas fotovoltaicas.

Marco de vidrio y aluminio:



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS



Este tiene la función principal de soportar mecánicamente a las celdas fotovoltaicas y de protegerlas de los efectos degradantes de la intemperie, por



ejemplo: humedad y polvo. Todo el conjunto de celdas fotovoltaicas y sus conexiones internas se encuentra completamente aislado del exterior por medio de dos cubiertas, una frontal de vidrio de alta resistencia a los impactos y una posterior de plástico EVA (acetato de vinil etileno).

El vidrio frontal es antirreflejante para optimizar la captación de los rayos solares. El marco de aluminio también tiene la función de facilitar la fijación adecuada de todo el conjunto a una estructura de soporte a través de orificios convenientemente ubicados.

Potencia:

La capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se indica en *vatio-pico (Wp)*, lo cual indica la capacidad de generar electricidad en condiciones óptimas de operación. *La capacidad real de un módulo fotovoltaico difiere considerablemente de su capacidad nominal*, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de radiación que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas.

En el mercado, se pueden encontrar módulos fotovoltaicos de baja potencia, desde 5 Wp; de potencia media, por ejemplo 55 Wp; y de alta potencia, hasta 160



Wp. En aplicaciones de electrificación rural suelen utilizarse paneles fotovoltaicos con capacidades comprendidas entre los 50 y 100 Wp.

La elección apropiada del tipo y capacidad del módulo fotovoltaico *depende de las características propias de la instalación fotovoltaica*, tales como radiación solar existente y consumo energético requerido.

2.1.3 ANALIZAR IMPLEMENTACIÓN, VIDA ÚTIL, CARACTERÍSTICAS, Y CUIDADOS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO

La vida útil de un panel fotovoltaico es de 25 a 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años. El manejo de un sistema solar fotovoltaico es tan fácil como conectarse a la red pública. El mantenimiento normal consiste en limpiar de vez en cuando los vidrios de los paneles. Se puede aprender como mantener las baterías (secas o de gel) y controlar el buen estado del sistema. La mayoría de los equipos, como reguladores o inversores, tienen indicadores del estado o del funcionamiento.



El mantenimiento no es parte de los servicios que ofrecen las empresas que venden estos equipos por su fácil manipulación. Electro Ecuatoriana por su parte ofrece cursos de información gratuitos como un incentivo a sus clientes y una manera de impulsar el uso de los sistemas fotovoltaicos en el Ecuador.

Baterías



Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se necesitan equipos apropiados para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite. El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de las baterías. Estas baterías son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos.



Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema pues realizan tres funciones esenciales para el buen funcionamiento de la instalación:

- ✚ Almacenan energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. Esta energía que no se utiliza es almacenada en la batería.
- ✚ Proveen la energía eléctrica necesaria en periodos de baja o nula radiación solar. Normalmente en aplicaciones de electrificación rural, la energía eléctrica se utiliza intensamente durante la noche para hacer funcionar tantas lámparas o bombillas así como un televisor o radio, precisamente cuando la radiación solar es nula. Estos aparatos pueden funcionar correctamente gracias a la energía eléctrica que la batería ha almacenado durante el día.
- ✚ Proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuada para la utilización de aparatos eléctricos. La batería provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite, además, operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que pueden producir los paneles (aún en los momentos de mayor radiación solar). Por



ejemplo, durante el encendido de un televisor o durante el arranque de una bomba o motor eléctrico.

Características de las baterías

Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse. En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves pero superficiales durante el momento de arranque; en cambio, las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas. Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema 100 amperios durante 2 segundos, una batería fotovoltaica de ciclo profundo puede abastecer 2 amperios durante 100 horas.

Aunque el costo inicial es más bajo, no es recomendable utilizar baterías de automóviles en sistemas fotovoltaicos dado que no han sido construidas para estos fines. Las consecuencias más graves de empleo de batería de automóviles son:

- ✚ La vida útil de este tipo de baterías se acorta considerablemente,
- ✚ Los procesos de carga/descarga se hacen ineficientemente.



Así, el ahorro en costos que puede tener comprar baterías de automóviles (en lugar de baterías fotovoltaicas) se pierde ante la necesidad de reemplazarlas frecuentemente. La capacidad de la batería se mide en “amperio-hora (Ah)”, una medida comparativa de la capacidad de una batería para producir corriente. Dado que la cantidad de energía que una batería puede entregar depende de la razón de descarga de la misma, los Ah deben ser especificados para una tasa de descarga en particular. La capacidad de las baterías fotovoltaicas en Ah se especifica frecuentemente a una tasa de descarga de 100 horas (C-100).

La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar. Además, se recomienda usar, *cuando sea posible, una sola batería con la capacidad necesaria*. El arreglo de dos o más baterías en paralelo presenta dificultades de desbalance en los procesos de carga/descarga. Estos problemas ocasionan algunas veces la inversión de polaridad de las placas y, por consiguiente, la pérdida de capacidad de todo el conjunto de baterías.

También se recomienda colocarlas en una habitación bien ventilada y aislada de la humedad del suelo. Durante el proceso de carga se produce gas hidrógeno en



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS



concentraciones no tóxicas, siempre y cuando el local disponga de orificios de ventilación ubicados en la parte superior de la habitación. Después que las baterías hayan alcanzado su vida útil, deberán ser retiradas y llevadas a centros de reciclaje autorizados (en el caso de algunos proveedores con la venta de la batería se responsabilizan también del retiro y reciclaje). Por ningún motivo deben desecharse en campos abiertos o basureros, pues el derrame de la solución de ácido sulfúrico que contienen ocasiona graves daños al suelo, personas y animales. Finalmente, es importante mantener alejados a los niños de las baterías para evitar cortocircuitos o quemaduras de ácido accidentales.

Al igual de lo que sucede con los módulos fotovoltaicos, se recomienda la ayuda de un conocedor del tema para que sugiera el tipo de batería que más conviene a una instalación fotovoltaica particular. En términos generales, se debe adquirir baterías fotovoltaicas de calidad, que cumplan al menos las especificaciones mínimas.

Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida. Las baterías para aplicaciones fotovoltaicas son elementos bastante sensibles a la forma como se realizan los



procesos de carga y descarga. Si se carga una batería mas de lo necesario, o si se descarga mas de lo debido, esta se daña.

El Regulador o Controlador de Carga



Típico regulador de carga fotovoltaico con sus respectivos bornes de conexión para el módulo, para la batería y para las cargas.

Es el cerebro electrónico que vigila permanentemente el adecuado funcionamiento del sistema solar, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia las lámparas y demás aparatos que utilizan electricidad. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los



módulos hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia las lámparas y demás cargas.

Existen diversas marcas y tipos de reguladores. Es aconsejable adquirir siempre un regulador descarga de buena calidad y apropiado a las características de funcionamiento (actuales y futuras) de la instalación fotovoltaica. También, se recomienda adquirir controladores tipo serie con desconexión automática por bajo voltaje (LVD) y con indicadores luminosos del estado de carga. Estas opciones permiten la desconexión automática de la batería cuando el nivel de carga de ésta ha descendido a valores peligrosos.

Generalmente, el regulador de carga es uno de los elementos más confiables de todo sistema fotovoltaico, siempre y cuando se dimensione e instale correctamente.

El Inversor

Si la carga es de corriente continua, nuestro SSF (Sistema Solar Fotovoltáico) estaría completo con los elementos anteriores (panel, cargador y batería). Sin embargo, esto no es lo común ya que tenemos electrodomésticos o equipos que trabajan con corriente alterna. Para convertir la corriente continua del banco de



baterías en corriente alterna se utiliza un *inversor*. Este es un equipo electrónico que genera una onda sinusoidal idéntica a la de la corriente alterna.

Proveer adecuadamente energía eléctrica no sólo significa hacerlo en forma eficiente y segura para la instalación y las personas; sino que, también significa proveer energía en la cantidad, calidad y tipo que se necesita.

El tipo de energía se refiere principalmente al comportamiento temporal de los valores de voltaje y corriente con los que se suministra esa energía. Algunos aparatos eléctricos, como lámparas, radios y televisores funcionan a 12 voltios (V) de corriente directa, y por lo tanto pueden ser energizados a través de una batería cuyo voltaje se mantiene relativamente constante alrededor de 12 V.

Por otra parte, hay lámparas, radios y televisores que necesitan 120 V ó 110 V de corriente alterna para funcionar. Estos aparatos eléctricos se pueden adquirir en cualquier comercio pues 120 ó 110 son los voltajes con el que operan el 95% de los electrodomésticos en América Central, en los sistemas conectados a la red pública convencional. El voltaje en el tomacorriente, el cual tiene corriente alterna, fluctúa periódicamente a una razón de 60 ciclos por segundo, pero su valor efectivo es equivalente a 120 V.



Los módulos fotovoltaicos proveen corriente directa a 12 ó 24 Voltios por lo que se requiere de un componente adicional, *el inversor*, que transforme, a través de dispositivos electrónicos, la corriente directa a 12 V de la batería en corriente alterna a 120 V.

Existe una amplia variedad de inversores para aplicaciones domésticas y usos productivos en sitios aislados, tanto en calidad como en capacidad. Con ellos, se pueden utilizar lámparas, radios, televisores pequeños, teléfonos celulares, computadoras portátiles, y otros.

Otros elementos en las aplicaciones

Finalmente, un sistema fotovoltaico incluye las cargas o aparatos eléctricos que se van a utilizar y que consumen la corriente generada o almacenada. Los ejemplos más comunes son lámparas, radios, televisores y teléfonos celulares para uso doméstico; y bombas y motores, para usos productivos.

La selección de estas cargas es tan importante como la del resto de equipos fotovoltaicos; por ello, hay dos aspectos por considerar cuando se utilizan aparatos que se energizarán a través de un sistema fotovoltaico:



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS



a) El consumo diario de energía del conjunto de aparatos eléctricos no debe sobrepasar la cantidad de energía diaria producida por el sistema fotovoltaico. Es importante recordar que la disponibilidad diaria de energía eléctrica de los sistemas fotovoltaicos es variable pues depende de la radiación solar disponible, del estado de carga de la batería y de la capacidad de los equipos fotovoltaicos instalados, especialmente de la capacidad total de los módulos fotovoltaicos. Por lo tanto, la energía disponible es limitada y hay que utilizar racionalmente los aparatos según ésta. Es recomendable hacer uso, en la medida de lo posible, de aparatos modernos de bajo consumo energético y alta eficiencia. Por ejemplo, se descarta el uso de bombillos incandescentes, planchas eléctricas y hornos eléctricos.

b) La necesidad de utilizar aparatos a 120 V determina la instalación o no de un inversor: Es importante tener en cuenta el tipo de energía que necesitan los aparatos eléctricos que se van a utilizar con el fin de determinar si se necesita o no un inversor. En la decisión hay que tomar en cuenta que el inversor implica un costo adicional del sistema, y que en el mercado se ofrecen varios aparatos electrodomésticos que funcionan a 12 Voltios, por ejemplo: radios de vehículos, lámparas fluorescentes, etc.



La suma instantánea de las potencias individuales de cada uno de los aparatos por emplear no debe ser mayor que la capacidad máxima en vatios (W) del inversor. Se recomienda utilizar inversores contruidos especialmente para aplicaciones fotovoltaicas y sobredimensionar la capacidad de éstos en un 20-30% para prevenir expansiones futuras en la instalación. Por ejemplo, si se tiene un inversor de 300 W de potencia nominal es posible utilizar simultáneamente un máximo de 20 lámparas de 15 W cada una, o emplear simultáneamente un televisor de 75 W más 15 lámparas de 15 W, o cualquier combinación de aparatos cuya suma de potencias instantáneas sea igual o menor que 300 W.

La utilización de un inversor no imposibilita el uso de aparatos a 12 V de corriente directa. Por lo tanto, una instalación fotovoltaica que disponga de un inversor puede proveer energía tanto a cargas de 12 V como a cargas de 120 V.

Mantenimiento

El manejo de un sistema solar fotovoltaico es tan fácil como conectarse a la red pública. El mantenimiento normal consiste en limpiar de vez en cuando los vidrios de los paneles. Se puede aprender como mantener las baterías (secas o de gel) y controlar el buen estado del sistema. La mayoría de los equipos, como reguladores o inversores, tienen indicadores del estado o del funcionamiento. No se tiene que pagar panillas de consumo de luz o comprar y transportar



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS



combustible. No tiene que preocuparse de problemas de aumento de consumo, porque los sistemas son modulares. Tampoco hay que preocuparse de aumentos del precio de la energía eléctrica o peor de fallas o apagones de la red pública eléctrica.



CAPITULO 3

3.1 ESTUDIO FINANCIERO

3.1.1 COSTOS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN NUESTRO SISTEMA FOTOVOLTAICO

DESCRIPCION	PRECIO + IVA
PANELES SOLARES	1159
BATERIAS	224
REGULADORES	265
INVERSOR	504
total	2152

El costo inicial total de un sistema fotovoltaico individual típico para aplicaciones domésticas se estima entre **US\$ 1.200 y US\$ 2.152**, dependiendo como hemos



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS



dicho anteriormente el tipo de paneles a utilizar y la ubicación geográfica de donde será utilizado. Adicional a esto seria por transporte e instalación.

Tomaremos como los ejemplos del capitulo 1 para nuestro análisis financiero en base a costos.

Por ejemplo:

Una caseta en una camaronera para una persona, con un foco y un radio, se necesita:

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO + IVA
PANELES SOLARES	1	1159,20
BATERIAS	1	224,00
REGULADORES	1	265,10
INVERSOR	1	504,00
INVERSION TOTAL		2152,30

Por ejemplo:

Para una casa de campo como nuestro caso, con las siguientes cargas conectadas, **13 focos, 1 refrigeradora de 16 pies, 1 licuadora, 1 televisor de 21", y 1 radio grabadora**, se necesita.

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO + IVA	TOTAL
PANELES SOLARES	10	1159,20	11592,00
BATERIAS	20	224,00	4480,00
REGULADORES	2	265,10	530,21



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS



INVERSOR	1	504,00	504,00
	INVERSIÓN TOTAL		17106,21

De esta cantidad, los montos de mayor relevancia son un 40 a 50% correspondiente al módulo fotovoltaico, y un 15 % a la batería, al inversor, al transporte y a la mano de obra respectivamente.

Los costos totales de un sistema fotovoltaico pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- Costos de inversión
- Costos de mantenimiento
- Costos de reemplazo

Los **costos de inversión** son aquellos en los que se debe incurrir inicialmente para la compra, transporte e instalación de los equipos fotovoltaicos. La vida útil de un sistema fotovoltaico completo, correctamente instalado y con componentes de buena calidad, se estima entre 20 y 25 años.

Los **costos de mantenimiento** y operación son aquellos en los que se debe incurrir durante toda la vida útil de los equipos para conservar en buenas condiciones el sistema fotovoltaico. Normalmente, el mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos no es más que la *limpieza adecuada de los equipos*,



especialmente de los paneles fotovoltaicos, y el reemplazo oportuno del agua de las baterías; por lo tanto, los costos de mantenimiento son muy bajos y representan un 3-5 % del costo total del sistema a lo largo de toda su vida útil.

Los **costos de reemplazo** son aquellos en los que se debe incurrir cuando las baterías llegan al fin de su vida útil. Generalmente, esto sucede después de 3 - 5 años de uso, pero depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida la batería. Estos costos representan 20 - 27 % de los costos totales del sistema a lo largo de toda su vida útil.

3.1.2 COSTO DE INSTALAR LA RED DE ENERGÍA CONVENCIONAL

Presupuesto aproximado de una red de energía convencional, para nuestra hacienda "El Vado" ubicada a 5 km. De la red distribución eléctrica, los costos son de mano de obra, materiales y transporte, basados en LA EMPRESA ELECTRICA REGIONAL EL ORO S.A.

El costo total está estimado para 5 km, es decir que el costo por un km es USD. 9.011,57.

MATERIALES



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS



Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Abrazadera galvanizada	u	125	\$ 6,20	\$ 775,00
2	Aislador tipo pin ANSI 55-4	u	100	\$ 4,35	\$ 435,00
3	Aislador tipo rollo porcelana ANSI 53-2	u	125	\$ 0,89	\$ 111,25
4	Aislador tipo suspensión ANSI 52-1	u	50	\$ 7,89	\$ 394,50
5	Ancla de hormigón tipo cono	u	62	\$ 5,70	\$ 353,40
6	Bastidor galvanizado de 1 vía	u	125	\$ 2,20	\$ 275,00
7	Cabe de cobre desnudo #4	m	15	\$ 2,50	\$ 37,50
8	Cable de acero galvanizado 3/8"	m	930	\$ 0,85	\$ 790,50
9	Caja fusible 15kV 100Amp	u	1	\$ 60,00	\$ 60,00
10	Conductor de aluminio desnudo# 2	m	5500	\$ 0,47	\$ 2.585,00
11	Conductor de aluminio desnudo# 4	m	5500	\$ 0,77	\$ 4.235,00
12	Perno pin galvanizado	u	100	\$ 3,42	\$ 342,00
13	Poste de hormigón 11x350	u	125	\$ 120,00	\$ 15.000,00
14	Poste de hormigón 11x500	u	1	\$ 150,00	\$ 150,00
15	Transformador 1Ø CSP 10Kva	u	1	\$ 1.300,00	\$ 1.300,00
16	Varilla de anclaje galvanizada	u	62	\$ 9,17	\$ 568,54
17	Varilla de cobre de 5/8 x 2.40	u	1	\$ 15,00	\$ 15,00
18	Material menor	glb	1	\$ 500,00	\$ 500,00
				Sub total A	\$ 27.927,69

MANO DE OBRA

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
	Corrida de conductor de aluminio #2	m	5500	\$ 0,15	\$ 825,00
	Corrida de conductor de aluminio #4	m	5500	\$ 0,15	\$ 825,00



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS



Hincada y transporte de poste con grúa	u	126	\$ 45,00	\$ 5.670,00
Instalación de caja fusible 15kV	u	1	\$ 13,00	\$ 13,00
Instalación de estructura 1Ø retención	u	25	\$ 11,50	\$ 287,50
Instalación de estructura 1Ø tangencial	u	100	\$ 6,70	\$ 670,00
Instalación de rack con aislador rollo	u	125	\$ 2,15	\$ 268,75
Instalación de tensor a tierra	u	1	\$ 14,00	\$ 14,00
Instalación y transporte de transformador	u	1	\$ 60,00	\$ 60,00
Puesta a tierra de transformador	u	1	\$ 12,00	\$ 12,00
Sub total B				\$ 8.645,25
Sub Total A+B				\$ 36.572,94
Dirección técnica (10%)				\$ 3.657,29
Sub total				\$ 40.230,23
IVA 12%				\$ 4.827,63
Total				\$ 45.057,86

3.1.3 INVERSION TOTAL DEL PROYECTO

INVERSION				
CARACTERISTICAS	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO + IVA	TOTAL
130	PANELES OLARES	10	1159,2	11592
15 amperios/hora	BATERIAS	20	224	4480
45 amperios/12 voltios	REGULADORES	2	265,1	530,21



12 voltios cc12-120	INVERSOR	1	504	504
INVERSIÓN TOTAL				17106,21

La inversión necesaria para adquirir un sistema fotovoltaico depende de varios factores, por ejemplo: los precios internacionales del mercado fotovoltaico, la disponibilidad local de distribuidores e instaladores de equipos fotovoltaicos, la ubicación y demanda energética de los usuarios. Las características particulares de todos los equipos necesarios para satisfacer la demanda energética (en calidad, cantidad y capacidad), la distancia y la facilidad de acceso entre el lugar de venta de los equipos y el lugar donde se instalará el sistema (en cantidad de kilómetros por recorrer en vehículo todo terreno, en vehículo normal, en bestia o caminando), son factores que determinan en gran medida la cantidad de dinero que el usuario final invertirá para electrificar su vivienda.

3.1.4 FINANCIAMIENTO DE LA INVERSIÓN

En comparación con otras fuentes de generación eléctrica, como por ejemplo una planta de diesel, el costo inicial de un sistema fotovoltaico es relativamente alto pero el costo de operación y mantenimiento es muy bajo. Esto hace



frecuentemente que un sistema fotovoltaico sea la opción más barata aunque el costo inicial constituya una barrera para que muchos usuarios potenciales, sobre todo en zonas rurales, no los puedan adquirir. Por esta razón se buscan mecanismos de financiamiento que permitan una mayor aplicación de estos sistemas.

CORPORACION FINANCIERA NACIONAL (CFN)

¿Quiénes pueden ser beneficiarios?

✚ Personas naturales.

✚ Personas jurídicas.

Para cualquier tipo de proyectos, sean de activos fijos, capital de trabajo y asistencia técnica, las garantías se fijan de acuerdo a las características del proyecto y su flujo de caja esperado. Los pagos pueden ser mensuales, trimestrales o semestrales.

MONTOS:

✚ Desde USD 10.000 hasta USD 14.000.000. *

✚ Valor a financiar (en porcentaje de la inversión total)

✓ Hasta el 70% para proyectos nuevos.

✓ Hasta el 100% para proyectos de ampliación.



✓ Hasta el 60% para proyectos de construcción para la venta.

* Montos superiores serán autorizados por el directorio de la **CFN**.

Tasas de Interés:

✚ Capital de trabajo 8.5%

✚ Activos fijos:

✓ 8.75% hasta 5 años.

✓ 9.25% hasta 10 años.

Plazo:

✚ Activo fijo: hasta 10 años.

✚ Capital de trabajo: hasta 3 años.

✚ Asistencia técnica: hasta 2 años.

3.1.5 AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN.

TABLA DE AMORTIZACIÓN (En dólares)

No	Pagos	Intereses	Amortización	Saldo Insoluto
0	0,00	0,00	0,00	17.106,21
1	2.694,89	1.582,32	1.112,57	15.993,64
2	2.694,89	1.479,41	1.215,48	14.778,16
3	2.694,89	1.366,98	1.327,91	13.450,24
4	2.694,89	1.244,15	1.450,75	11.999,50
5	2.694,89	1.109,95	1.584,94	10.414,56
6	2.694,89	963,35	1.731,55	8.683,01
7	2.694,89	803,18	1.891,72	6.791,29



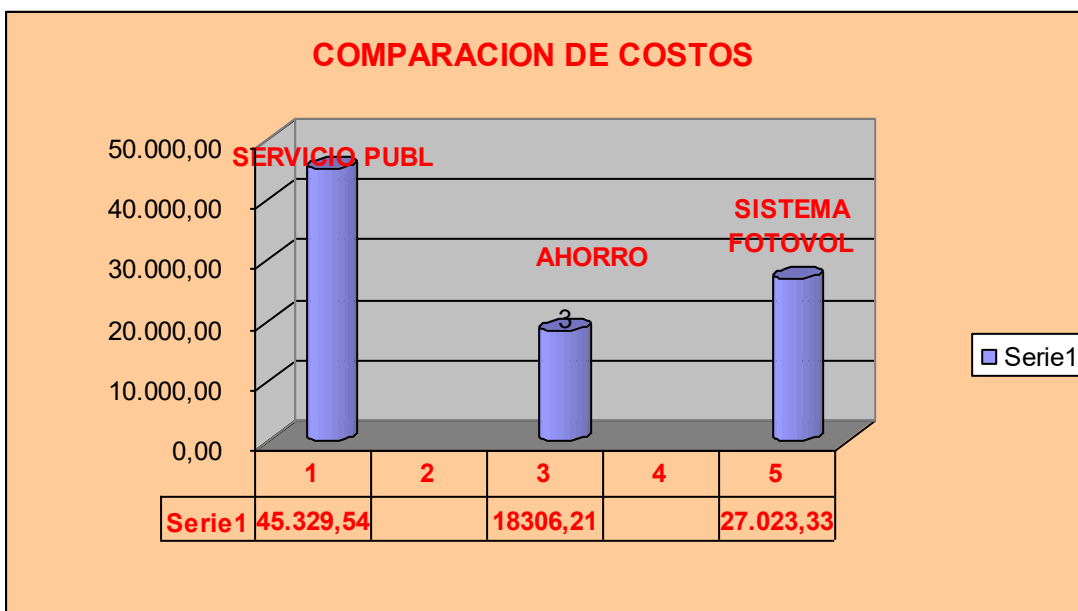
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS



8	2.694,89	628,19	2.066,70	4.724,59
9	2.694,89	437,02	2.257,87	2.466,72
10	2.694,89	228,17	2.466,72	0,00

3.1.6 MEDIR LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO VS EL SISTEMA DE ENERGÍA CONVENCIONAL.

COSTOS		
SERVICIO PUBLICO		en 1 año
Materiales y mano de obra	45.057,86	45.057,86
Costo de la planilla de luz	22,64	271,674
TOTAL	45080,50	45.329,54
SISTEMA FOTOVOLTAICO		
Inversión total	17106,21	
trasporte e instalación aprox.	1200,00	
Costo de la planilla de luz	0	
Mantenimiento y cuidados	0	
TOTAL	18306,21	
SERVICIO PUBLICO	45.329,54	
SISTEMA FOTOVOLTAICO	18306,208	
AHORRO	27.023,33	
%	0,596152761	



3.1.2 SENSIBILIDAD DEL PROYECTO

El análisis *costo/beneficio* de aplicar estos sistemas energéticos en zonas rurales y mejoramiento de calidad de vida de los habitantes en general y en especial a los habitantes de esta Hacienda, es en el fondo la meta principal por la cual se desarrollan este tipo de proyectos, con lo cual se estaría cubriendo una gran demanda energética por parte de un sector de la población con dificultades de conexión convencional a la red nacional de electricidad, y lo mejor del caso es que se lo realizaría de una manera limpia y con menores costos de producción.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En definitiva, el desafío técnico consiste en estructurar un sistema de suministro de energía (en este caso por ejemplo fotovoltaica), que cumpla con requisitos básicos de un costo inicial no exagerado, un suministro confiable de energía, una durabilidad aceptable y, finalmente, un nivel de complejidad tecnológica que no disienta del nivel que se encontraría en zonas remotas. Debe por tanto monitorearse sistemas de este tipo y proponer esquemas creativos que permitan acoplarse entre sí.

Bibliografía y otra producción científica citada:

- ❖ ELECTRO ECUATORIANA S. A.
- ❖ ING. ELECTRICO JAVIER JIMENEZ
- ❖ CODESO (INTERNET)
- ❖ ENEPRO S.A. (INTERNET)
- ❖ MANUAL SOBRE ENERGIA RENOVABLE
- ❖ MINISTERIO DE MINAS Y PETROLEOS (INTERNET)



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE ECONOMIA Y NEGOCIOS



- ❖ TESIS DE GRADO DE LA FACULTA DE ENERGIA EN ELECTRICIDAD Y
COMPUTACIO DE LA ESPOL
- ❖ EMPRESA ELECTRICA EMELORO