

INSTITUTO INTERNACIONAL
DE FORMACIÓN AMBIENTAL



PROYECTO DE FIN DE MASTER

“Aplicación de energía solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar de bajo consumo energético, en el valle de Tumbaco perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador”.

AUTOR: Ing. Carlos Civilino Erazo
Vinuela

ASESOR: Mtro. Davide Sabatino

TUTOR: Mtro. Davide Sabatino

Quito, julio 2013



Resumen

El objetivo principal del estudio es aplicar energía solar fotovoltaica en vivienda unifamiliar de bajo consumo energético, ubicada en el Valle de Tumbaco perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador.

El sistema solar fotovoltaico aislado comprende de Panel Solar Policristalino 25 Wp/12VDC, un controlador de carga de 12 V de 10A, vida útil de 15 años, una batería voltaje 12VDC con capacidad de 17 Ah tipo seca, libre de mantenimiento, aplicación para 4 focos tipo LED de 100 a 240 VAC, potencia 5 W, flujo 250 lúmenes y una vida útil de 50.000 horas.

Cabe indicar que el Consejo Nacional de Electricidad del Ecuador (CONELEC), todavía no sale con una regulación para estos sistemas, sin embargo, el trabajo se enmarca en normativa aplicable a cualquier proyecto, obra o actividad en el territorio nacional, en tal virtud, el sistema solar fotovoltaico aislado en vivienda unifamiliar de bajo consumo energético, permitirá establecer directrices para continuar con otros proyectos de mayor alcance, previo estudios técnico-científicos que permitan justificar la inversión costo versus beneficio, de tal manera, que se impulsen desde los sectores públicos, privados, y la sociedad civil en su conjunto para el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de la energía solar, a través, de centrales fotovoltaicas de media y alta energía para contribuir con en el abastecimiento de energía eléctrica en las áreas rurales y urbanas, evitando la emisión de gases de efecto invernadero, ahorro y eficiencia energética, en pos de alcanzar un desarrollo sostenible.

Summary

The main goal of this study is to apply solar photovoltaic energy in family housing of low energy consumption, located in the Valley of Tumbaco belonging to the Metropolitan District of Quito - Ecuador.

The isolated photovoltaic solar system comprises of Polycrystalline Solar Panel 25 Wp/ 12VDC, a charge controller 12V 10A, 15-year useful life, a battery voltage 12VDC with a capacity of 17 Ah dry type, maintenance-free, application for 4 spotlights type LED 100 to 240 VAC, 5 W power, flow 250 lumens, and a life of 50,000 hours.

It should be noted that the National Council of Electricity of Ecuador (CONELEC), still does not come out with a regulation for these systems, however, the work is framed in rules applicable to any project, work or activity in the national, in that regard, it is the solar photovoltaic system in isolated family dwelling of low energy consumption, will allow you to establish guidelines to continue with other projects of larger scope, prior technical and scientific studies to justify the investment cost versus benefit, in such a way, that is driven from the sectors public, private, and civil society as a whole for the development of projects for the utilization of solar energy, by means of photovoltaic plants of medium and high energy to contribute in the supply of electrical energy in the rural and urban areas, avoiding the emission of greenhouse gases, energy saving and efficiency, in pursuit of a sustainable development.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	2
CAPÍTULO I	3
I. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	3
1.1 ENERGÍA SOLAR	3
1.2 RADIACIÓN SOLAR TERRESTRE.....	3
1.3 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	4
1.3.1 Efecto fotoeléctrico	4
1.3.2 Aplicaciones del efecto fotoeléctrico	5
1.4 PARA DIMENSIONAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO	5
1.4.1 Elementos del sistema FV	11
1.4.2 Temperatura de trabajo	12
1.4.3 Panel Solar Policristalino.....	12
1.4.4 Estructuras fijas	12
1.4.5 Los cables de conexión	13
1.4.6 El inversor.....	13
1.4.7 La batería	13
CAPÍTULO II	14
II. MARCO LEGAL	14
2.1 POLÍTICAS GENERALES SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES	14
2.2 NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN (R.O. N° 3970. 1996)	16
2.3 NORMAS DE REFERENCIA	17
CAPÍTULO III.....	18
III ASPECTOS GENERALES DE LA PARROQUIA DE TUMBACO	18
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	18
3.2. DATOS HISTÓRICOS DELA PARROQUIA TUMBACO	19
3.3 ADMINISTRACIONES ZONALES.....	19
3.4 ACTIVIDAD ECONÓMICA	19
3.5 CLIMATOLOGÍA.....	20
3.6 DATOS DEMOGRÁFICOS	20
3.7 DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL DE LA PARROQUIA	20
3.7.1 Organización General	20
3.7.2 De los ingresos	22
CAPÍTULO IV.....	23
IV INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMÉSTICO (SFD)	23
4.1 INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD.....	23
4.2 EQUIPOS Y ACCESORIOS	23
4.3 ETAPAS DEL PROCESO DE INSTALACIÓN	24
4.3.1 Aspectos mecánicos	25
4.3.2 Aspectos eléctricos	27
4.3.3 Aspectos operacionales	29

4.4 PROBLEMAS FRECUENTES	30
4.5 ASPECTOS AMBIENTALES	31
5. CONCLUSIONES	32
6. BIBLIOGRAFÍA	34
7. ANEXOS	35

ÍNDICE DE TABLA

TABLA	Pg.
1.4-1 Zonas I a V en kWh/m ² .día.....	6
1.4-2 Valores de radiación solar global de las provincias y ciudades de la República del Ecuador.....	7
1.4-3 Promedio mensual de radiación solar global para la ciudad de Quito.....	7
3.4-1 Población económicamente activa.....	12
3.6-1 Viviendas y servicios de la Parroquia Tumbaco.....	13
4.2-1 Equipos y Accesorios.....	22

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA	Pg.
1.2-1 Tipos de Radiación.....	4
1.4.1-1 Componentes del sistema FV.....	10
1.4.4-1 Angulo de inclinación y ángulo de incidencia de la radiación solar.....	11
3.1-1 Ubicación de la Parroquia Tumbaco.....	17
4.3-1 Etapas del proceso de instalación.....	23
4.3.1-1 Modelo de instalación poste del módulo fotovoltaico.....	24
4.3.1-2 Sistema fotovoltaico doméstico aislado SFD.....	25
4.3.2-1 Diagrama de conexionado del SFD.....	25

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS	Pg.
1. Generación de Energía Eléctrica en la República del Ecuador.....	35
2. Distribución porcentual de la dirección del viento en Rumbos.....	36
3. Ubicación satelital del proyecto.....	37
4. Fotos antes del proyecto.....	38
5. Fotos del proyecto.....	39
6. Fotos de sistema fotovoltaico doméstico SFD.....	41

1. INTRODUCCIÓN

En la República del Ecuador, así como en el resto de países en vías de desarrollo, todavía no se regulariza el desarrollo y establecimiento de políticas, leyes y proyectos a gran escala de energías renovables. Al tiempo presente, sólo existen proyectos aislados de baja y mediana energía. En el caso de Ecuador según el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), la generación de energía eléctrica actualizado al año 2011, se centra en energía hidráulica con un 60,18%, termoeléctrica 31,94%, importación 7,05%, y otras renovables 0,82% (ver anexo 1).

Estas cifras muestran una realidad nacional dependiente del petróleo, puesto que, aproximadamente el 80% del consumo de energía está basado en derivados del petróleo (GLP, Diésel, Gasolina, Fuel Oil), constituyéndose el petróleo en el 90,2% de la producción de energía primaria – índice de suficiencia 2,16; exportador neto.

Cabe indicar además, según datos proporcionados por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, y el CONELEC, que el sector transporte es el mayor consumidor de energía con 50% de consumo, y un crecimiento del parque automotriz del 6,1% anual; le sigue el sector Residencial como el segundo mayor consumidor de energía, cuya principal fuente de energía es el GLP con un 56%; luego está el sector Industrial como tercer consumidor de energía con el 9,4% de energía, siendo la energía eléctrica un 34% de consumo. En términos generales, la demanda de energía crece a una tasa mayor de 6,10%, frente a un crecimiento económico del 4,37%.

Todo este escenario energético en el Ecuador, conlleva a la necesidad de buscar alternativas energéticas renovables respetuosas con el medio ambiente, así es como el presente estudio aplica un sistema de energía solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar de bajo consumo de bajo consumo energético, ubicada en el valle de Tumbaco perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador; como ejemplo práctico de montaje, instalación y funcionamiento básico del sistema aislado para vivienda unifamiliar.

Se escogió el Valle de Tumbaco como la zona más a propósito, debido a que la inauguración del nuevo aeropuerto internacional Mariscal Sucre de Quito, con fecha 20 de febrero de 2013, ha provocado impactos positivos en cuanto al crecimiento comercial, industrial, transporte, turismo, y plazas de empleo. No obstante, este mismo crecimiento genera también impactos negativos, como son la contaminación ambiental (suelo, agua, aire), la falta de vialidad, aumento de residuos sólidos domésticos, programas de vivienda, etc., obras, proyectos y actividades que requieren de energía eléctrica.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Aplicación de energía solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar de bajo consumo energético, en el valle de Tumbaco perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Calcular, instalar, montar, y poner en funcionamiento un sistema solar fotovoltaico doméstico, no conectado a la red.

3. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Título del proyecto	Aplicación de energía solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar de bajo consumo energético, en el valle de Tumbaco perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito – Ecuador.					
Lugar de ejecución	País	Ecuador				
	Provincia	Pichincha				
	Cantón	Quito				
	Parroquia	Tumbaco				
	Dirección	Calle Guagrahuma S3-20 y Carchi. Sector Rumihuaico, una cuadra antes de la cancha de futbol de la Comuna Leopoldo Chávez.				
Ubicación del proyecto (Coordenadas)	UTM	X1	0789866	Y1	9975302	
	Geográficas	S	00° 13' 23''	O	78° 23' 45''	
Altitud	2.397	metros sobre nivel del mar (m.s.n.m.)				
Duración del proyecto	5 meses.					
Nombre del responsable	Ing. Carlos Civilino Erazo Vinueza					
Nombre del asesor	Mtro. Davide Sabatino					

CAPÍTULO I

I. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1 ENERGÍA SOLAR

La radiación solar proviene del sol que está a una distancia media de 150 millones de kilómetros de la Tierra. Los rayos de luz solar son ondas electromagnéticas que transmiten un promedio de 1353 W/m^2 , establecido como valor de la constante solar.

El sol es una fuente de energía extraordinaria, está formado por diversos elementos en estado gaseoso (hidrógeno principalmente). En su interior existen elevadas presiones, y temperaturas de varios millones de grados, que hace que en el seno del Sol se produzcan, de manera continua, reacciones nucleares mediante las cuales dos átomos de hidrógeno se fusionan dando lugar al átomo de helio liberando una gran cantidad de potencia, del orden de $389 \times 10^{24} \text{ W}$, este es el origen de la energía solar. Esta energía por encontrarse a 150 millones de Km. llega en forma de radiación a la Tierra, la potencia que llega es de unas 10.000 veces mayor que la que proporciona todas las fuentes energéticas que el hombre emplea¹.

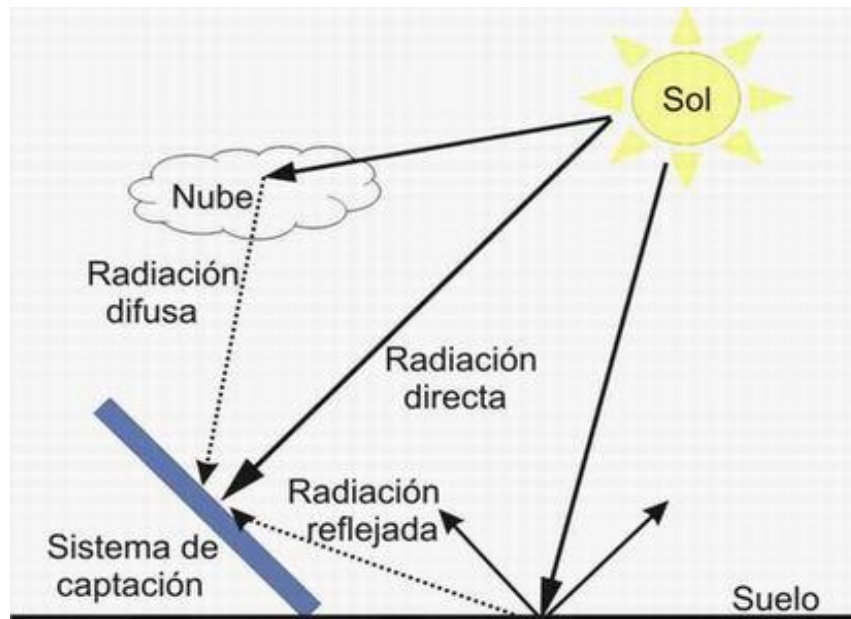
1.2 RADIACIÓN SOLAR TERRESTRE

Para especificar la Radiación Solar Terrestre, es necesario definir los siguientes conceptos:

- **Radiación Solar Directa:** Es la radiación que incide directamente del sol.
- **Radiación Solar Difusa:** Es la radiación dispersada por los agentes atmosféricos (nubes, polvo, etc.)
- **Radiación Solar Reflejada (albedo):** Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos.

¹ www.monografias.com/trabajos61.

Fig. 1.2-1 Tipos de Radiación



FUENTE: www.monografias.com/trabajos61

La radiación solar total sobre la superficie terrestre, es la suma de estas tres componentes y es la que se mide con un medidor de radiación solar llamado piranómetro.

A continuación definiremos los componentes de la radiación solar total:

- **Coeficiente de Absorción:** Es el porcentaje de la energía incidente que absorbe el cuerpo.
- **Coeficiente de Reflexión:** Es el porcentaje de la energía incidente que refleja el cuerpo.
- **Coeficiente de Transmisión:** Es el porcentaje de la energía incidente que es transmitida a través del cuerpo.

1.3 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica se basa en la captación de energía solar y su transformación en energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas.

1.3.1 Efecto fotoeléctrico

Se define como efecto fotoeléctrico a la aparición de una corriente eléctrica en ciertos materiales cuando estos se ven iluminados por radiación

electromagnética, sin que sea necesario que aparezca o intervenga ningún efecto mecánico o físico.

1.3.2 Aplicaciones del efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico es la base del proceso por el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad.

La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Como se analizó con anterioridad, cuando los fotones inciden sobre una célula fotovoltaica, pueden ser reflejados o absorbidos, o pueden pasar a su través. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. De este modo, siempre que un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico.

La parte que juega un papel más importante dentro de la célula solar es la capa de semiconductores, ya que es en ella donde se crea la corriente de electrones. Cuando la luz solar incide en la célula se liberarán electrones que podrán ser atrapados por el campo eléctrico, formando una corriente eléctrica. Esta es la razón por la que las células fotovoltaicas se fabrican a partir de este tipo de materiales, es decir, materiales que actúan como aislantes a bajas temperatura y como conductores cuando se alimenta la energía incidente sobre ellos².

1.4 PARA DIMENSIONAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

El primer paso en el diseño de un sistema fotovoltaico (SFV), consiste en conocer si en el sitio existe el recurso suficiente de energía solar. Información sobre la radiación solar diaria promedio se obtiene de sitios Web como el de la NASA y otras fuentes. El dato que nos interesa es el nivel de radiación promedio anual. En el caso del Ecuador, los niveles de radiación son relativamente altos, entre 4 y 6 kWh/m²/día. Se debe tener en cuenta también las condiciones climáticas del sitio (nubosidad, pluviosidad, temperatura, viento).

Serie horaria: El dato de radiación solar promedio diaria en kWh m-2día-1 se obtiene de una serie de lecturas hora a hora durante un período de al menos un año. El uso de una serie de radiación solar permite estimar con mayor exactitud la energía que obtendremos de nuestro SFV. El uso de una serie de

² V Curso Especializado. Módulo 1. Producción seguimiento solar. IIFA. 2013.

datos generalmente está asociado a programas de computación que facilitan el diseño.

Promedio anual: si no se dispone de la serie de radiación solar, tomamos el dato de la radiación solar promedio diaria de la zona en que estamos. Un valor aceptable para el Ecuador es de 4,5 kWh m⁻²día⁻¹.

El Ecuador está ubicado entre las latitudes 1° 30' N (Carchi) y 5° 0' S (Zamora) y entre las longitudes 72° 0' W (Salinas) y 75° 10' W (Orellana) es decir al oeste del meridiano de Greenwich. Al estar atravesado por la línea equinoccial, el Ecuador tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año, lo cual favorece la aplicación de la energía solar para producir electricidad y calor, ya que en promedio hay 12 horas de sol durante el día. La variación en el zenit (cuando el sol está perpendicular a la Tierra, a las 12 del día) es de +/- 23.5°, es decir que el sol se desplaza 47° en el año entre el solsticio de verano (21 de junio) y el solsticio de invierno (21 de diciembre).

El recurso solar al ser un valor de energía se mide en Joules, es decir en Vatios por Segundo. Un kWh es otra medida de la energía y 1 kWh equivale a 3.6 MJ. En el Ecuador no existe un registro histórico completo de radiación solar. El INAMHI tomó durante los años 1970 a 1990 algunas mediciones de heliofanía o duración de brillo solar durante un día que corresponde a la radiación solar directa.

El CONELEC contrató en el año 2008 la elaboración del Mapa Solar del Ecuador, y se basa en datos tomados de sistemas satelitales del NREL (National Renewable Energy Laboratory) de los Estados Unidos entre 1985 y 1991 que interpola la información a celdas de 1 km². Se muestra información sobre las insolaciones directa (isohelias a 300 Wh/m².día), difusa (isohelias a 100 wh/m².día) y global (isohelias a 150 Wh/m².día) para cada mes del año y el promedio anual.

Tabla 1.4-1: Zonas I a V en kWh/m².día.

ZONAS	INSOLACIÓN PROMEDIO ANUAL EN kWh/m ² .día.
I	3200 a 3600 [Wh/m ² /día]
II	3600 a 4000 [Wh/m ² /día]
III	4000 a 4400 [Wh/m ² /día]
IV	4400 a 4800 [Wh/m ² /día]
V	4800 a 5200 [Wh/m ² /día]

FUENTE: Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-10

Los valores de insolación o radiación solar global para las provincias del país y sus ciudades más importantes son:

Tabla 1.4-2: Valores de radiación solar global de las provincias y ciudades de la República del Ecuador.

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m ² /día	ZONA
Carchi	Tulcán	4200	II
Esmeraldas	Esmeraldas	4350	II
Imbabura	Ibarra	5250	IV
Manabí	Portoviejo	4650	III
Pichincha	Quito	4800	IV
Tsáchilas	Santo Domingo	4650	III
Cotopaxi	Latacunga	4800	IV
Napo	Tena	4350	II
Santa Elena	Salinas	4350	II
Guayas	Guayaquil	4513	III
Los Ríos	Babahoyo	4650	III
Bolívar	Guaranda	4800	IV
Tungurahua	Ambato	4650	III
Chimborazo	Riobamba	4200	II
Pastaza	Puyo	4200	II
Cañar	Azogues	4500	III
Morona Santiago	Macas	4050	II
Azuay	Cuenca	4350	II
El Oro	Machala	4200	II
Loja	Loja	4350	II
Zamora Chinchipe	Zamora	4350	II
Galápagos	Puerto Ayora	5835	V

FUENTE: Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-10. Modificado, Erazo.2013.

Para la ciudad de Quito, los valores promedio mensuales de radiación solar global son:

Tabla 1.4-3: Promedio mensuales de radiación solar global para Quito

MES	Wh/m ² /día promedio
Enero	4950
Febrero	4950
Marzo	4950
Abril	4800
Mayo	4650
Junio	4800
Julio	5250
Agosto	5400
Septiembre	5550
Octubre	5250
Noviembre	5250
Diciembre	5100
Promedio	5075

FUENTE: Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-10. Modificado, Erazo.2013.

Mientras no se disponga de un sistema actualizado de la información de radiación solar en el Ecuador, se pueden usar estos datos.

Se define como *Potencia nominal de un módulo* a la potencia que da un módulo en Condiciones Standard de Medida.

Condiciones Nominales de Operación (CON)

Irradiancia = 800W/m²

Temperatura de la célula – Temperatura de Operación Nominal de la Célula (TONC)

Temperatura ambiente = 20 °C

Temperatura media de Tumbaco = 18 °C

- El rendimiento por funcionamiento a temperaturas diferentes de las condiciones normales se calcula según las ecuaciones siguientes. Se asume que la radiación instantánea es de 1000 W/m².

T_c es la temperatura de la celda a una irradiación de 1000 W/m², T_a es la temperatura ambiente y NOCT es la temperatura de operación normal de la celda y que viene especificada en las hojas técnicas del proveedor. En caso de que el proveedor no especifique el valor de NOCT se asumirá el valor de 45°C. C_T es el coeficiente de variación de la potencia por funcionamiento a temperaturas diferentes de los estándares de prueba. En caso de no disponer de este valor se puede asumir el valor de C_T = **0,005**.

$$T_c = T_a + 1,25(NOCT - 20)$$

Reemplazando valores indicados:

$$T_c = (18 + 1,25(45 - 20)) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_c = (18 + 1,25(25)) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_c = (18 + 31,25) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_c = 49,25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\eta_{temp} = 1 - C_T(T_c - 25)$$

$$\eta_{temp} = 1 - 0,005(49,25 - 25)$$

$$\eta_{temp} = 1 - 0,12125$$

$$\eta_{temp} = 0,879 \approx 0,9$$

Eficiencia con respecto al área total: Esta definición implica la relación entre la máxima potencia generada por el dispositivo y la cantidad de radiación solar incidente en el dispositivo completo. Por dispositivo completo se entiende el área total del módulo, incluyendo células, espacio intercelular, contactos y marco del mismo.

$$\eta_{\text{área total}} = P_{\text{max}} / A_T \cdot E_T$$

$$\eta_{\text{área total}} = 25 \text{ W}_p / 1.83 \text{ m}^2 \times 5075 \text{ Wh/m}^2\text{día}$$

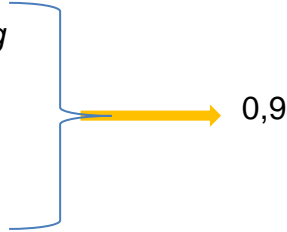
$$\eta_{\text{área total}} = 25 \text{ W}_p / 9287.25 \text{ Wh/día}$$

$$\eta_{\text{área total}} = 0,0023$$

El rendimiento global, PR (“Performance Ratio”), se utiliza ampliamente en el sector fotovoltaico como indicativo de calidad de los sistemas desde que, en 1993, fuese incluido en un estándar del IEC³.

³ IEC Standard 61724, Photovoltaic System Performance Monitoring - Guidelines for measurement, data exchange and analysis, 1993.

Para el cálculo del rendimiento global del sistema PR, se deben considerar por lo menos los siguientes aspectos:

- Rendimiento por funcionamiento a temperatura diferentes de las condiciones normales $\eta_{temp} = 0,9$
 - Rendimiento por suciedades acumuladas en los módulos fotovoltaicos $\eta_{suc} = 0,02$
 - Rendimiento por caída de voltaje en los cables, tanto en la parte de CC como en la de CA $\eta_{cab} = 0,03$
 - Rendimiento por pérdidas debido a auto descarga del banco de baterías $\eta_{aut.} = 0,01$
 - Rendimiento del regulador de carga η_{reg}
 - Rendimiento del banco de baterías η_{bat}
 - Rendimiento del inversor η_{inv}
- 

El rendimiento global del sistema se calcula con la fórmula siguiente:

$$PR = \eta_{temp} . \eta_{suc} . \eta_{reg} . \eta_{cab} . \eta_{bat} . \eta_{aut} . \eta_{inv}$$

Datos según normativa NEC-10:

- El rendimiento por efectos de suciedad no debe ser inferior a 2%.
- El rendimiento por pérdida en los cables debe cumplir lo dispuesto en esta normativa (3%).
- Los rendimientos del regulador, banco de baterías e inversor, deben ser tomados de las hojas técnicas de los proveedores (0,9 kWp)
- El rendimiento debido a las pérdidas por autodescarga del banco de baterías no debe ser inferior a 1%.

Reemplazando:

$$PR = 0,9 \times 0,02 \times 0,03 \times 0,9 \times 0,01$$

$$PR = 0,00000486$$

$$E_{\text{específica}} = PR \times I_{\text{rad}}$$

$$E_{\text{específica}} = 0,00000486 \times 1000 \text{ W/m}^2$$

$$E_{\text{específica}} = 0,00486 \text{ W/m}^2 \approx 0,0049 \text{ W/m}^2 \approx \mathbf{0,005 \text{ W/m}^2}$$

1.4.1 Elementos del sistema FV

- El panel fotovoltaico. Compuesto por células solares.
- Las estructuras soporte
- Los cables de conexión
- El inversor
- La batería (sólo para sistemas aislados)
- Focos LED

Fig. 1.4.1-1 Componentes del sistema FV



Panel Solar
Policristalino.



Inversor



Batería



Foco LED

1.4.2 Temperatura de trabajo

La exposición al sol de las células provoca su calentamiento, lo que tiene como consecuencia cambios en la producción de la energía. Una radiación de 1000W/m^2 es capaz de calentar una célula unos 30°C por encima de la temperatura del aire. A medida que aumenta la temperatura, la tensión generada es menor, por lo que es recomendable montar los paneles de tal manera que estén bien aireados. Esta característica condiciona enormemente el diseño de los sistemas de concentración.

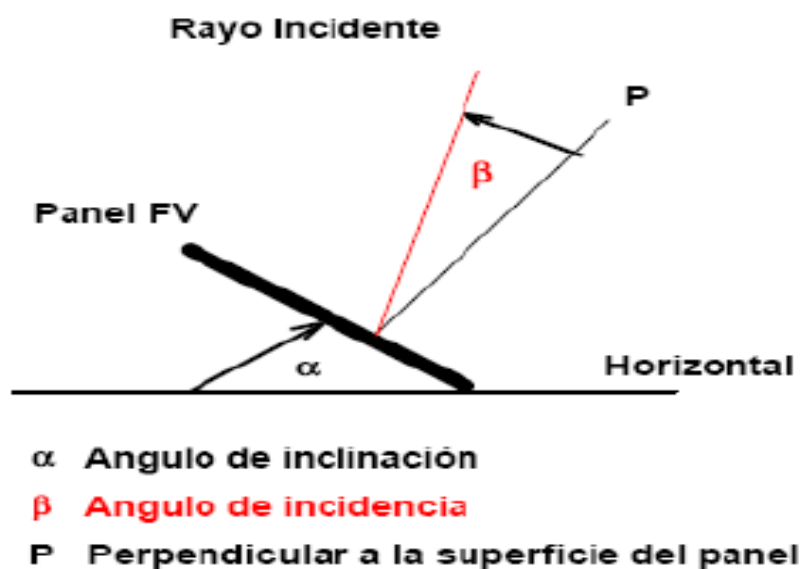
1.4.3 Panel Solar Policristalino

El panel solar policristalino, está conformado por un conjunto de celdas fotovoltaicas cuyo componente básico de fabricación es el silicio crecido con varias estructuras cristalinas.

1.4.4 Estructuras fijas

Se colocan las placas solares sobre un soporte sencillo sin movimiento con una inclinación óptima para conseguir captar la mayor radiación solar posible, normalmente con inclinación de 30° y orientación sur. Estas estructuras son de fácil instalación y larga duración, por ello son las más comunes en las instalaciones.

Fig. 1.4.4-1 Angulo de inclinación y ángulo de incidencia de la radiación solar



FUENTE: Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-10

Ángulo de inclinación y ángulo de incidencia del módulo: El ángulo de inclinación (α) es aquel entre la superficie colectora y el plano horizontal (Figura 1.4.4-1). Para un valor dado del ángulo de inclinación, dependiendo de la posición del sol sobre el horizonte, existirá un valor para el ángulo de incidencia (β) que forma la perpendicular a la superficie del panel con los rayos incidentes.

1.4.5 Los cables de conexión

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte DC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5% y los de la parte AC para que la caída de tensión sea inferior del 2%, teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.

1.4.6 El inversor

Dispositivo electrónico que convierte la corriente directa proveniente de la batería (por ejemplo, 12 Vcc) en corriente eléctrica alterna (por ejemplo, 120 Vca).

1.4.7 La batería

La batería es un elemento de acumulación eléctrica necesario en instalaciones aisladas, para abastecer de electricidad durante la noche y periodos sin sol.

CAPÍTULO II

II. MARCO LEGAL

2.1 POLÍTICAS GENERALES SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES

Constitución Política de la República del Ecuador (R. O. N°. 449. 2008)

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

Ley de Gestión Ambiental (R.O. N° 245. 1999)

Art. 1.- La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Art. 9.- Le corresponde al Ministerio del ramo:

- e) Determinar las obras, proyectos e inversiones que requieran someterse al proceso de aprobación de estudios de impacto ambiental;
- j) Coordinar con los organismos competentes sistemas de control para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes; y,
- k) Definir un sistema de control y seguimiento de las normas y parámetros establecidos y del régimen de permisos y licencias sobre actividades potencialmente contaminantes y las relacionadas con el ordenamiento territorial.

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (R.O. N°. 3516. 2003)

Art. 1.- Terminología principal.- Los términos utilizados en este Título son los que se definen en este artículo y en el glosario constante en la Disposición Final Segunda de este Título, así como en el glosario de la Ley de Gestión Ambiental.

Actividad o proyecto propuesto.- Toda obra, instalación, construcción, inversión o cualquier otra intervención que pueda suponer ocasione impacto ambiental durante su ejecución o puesta en vigencia, o durante su operación o aplicación, mantenimiento o modificación, y abandono o retiro y que por lo tanto requiere la correspondiente licencia ambiental conforme el artículo 20 de la Ley de Gestión Ambiental y las disposiciones del presente reglamento.

Art. 2.- La autoridad ambiental nacional llevará un registro nacional de las fichas y licencias ambientales otorgadas por las autoridades ambientales de aplicación de conformidad con el presente Título. Para el efecto, las autoridades ambientales de aplicación remitirán dicha información a la autoridad ambiental nacional, conforme al formato que ésta determine, hasta dentro del término de 15 días después de emitida la correspondiente resolución.

Este registro será público y cualquier persona podrá, bajo su costo, acceder a la información contenida en cualquiera de los estudios técnicos que sirvieron de base para la expedición de la licencia ambiental.

Disposiciones transitorias

Tercera.- Actividades y proyectos en funcionamiento que cuentan con un estudio de impacto ambiental aprobado por una autoridad ambiental de aplicación, luego de acreditada ésta ante el Sistema Único de Manejo Ambiental, obtendrán la ratificación de la correspondiente licencia ambiental previa solicitud en función de:

Términos de la aprobación del correspondiente estudio de impacto ambiental; y, condiciones establecidas por la autoridad ambiental de aplicación en función de sus registros históricos de actividades de control, seguimiento y/o auditorías ambientales.

Una vez vencido el plazo al que se refiere la primera disposición transitoria, en el caso de aquellas actividades o proyectos que siendo de competencia de una autoridad ambiental de aplicación que no se ha acreditado todavía ante el

Sistema Único de Manejo Ambiental, un promotor puede someter su actividad o proyecto en ejecución a licenciamiento ambiental ante cualquiera de las autoridades ambientales de aplicación acreditadas o ante la autoridad ambiental nacional. Para el efecto deberá presentar en vez de un estudio de impacto ambiental una auditoría ambiental y un plan de manejo ambiental que será la base técnica para el licenciamiento ambiental.

En los casos que, luego de cumplido el período previsto como de ajuste, posterior al de acreditaciones, la autoridad ambiental de aplicación a través de sus actividades de control, seguimiento y/o auditorías ambientales identifique actividades o proyectos en ejecución que no cuenten con la licencia ambiental respectiva de conformidad con su sub-sistema de evaluación de impactos ambientales, procederá a determinar las condiciones para que la actividad o proyecto se enmarque en la normativa ambiental en un plazo razonable a través de la presentación de auditorías ambientales o un estudio de impacto ambiental ex-post y la preparación de un plan de manejo ambiental, a fin de obtener la correspondiente licencia ambiental, sin perjuicio de las sanciones aplicables de conformidad con la legislación vigente.

Ley de Defensa Contra Incendios (R.O. N°. 99. 2003)

Art. 35.- Los primeros jefes de los cuerpos de bomberos del país, concederán permisos anuales, cobrarán tasas de servicios, ordenarán con los debidos fundamentos, clausuras de edificios, locales e inmuebles en general y, adoptarán todas las medidas necesarias para prevenir flagelos, dentro de su respectiva jurisdicción, conforme a lo previsto en esta Ley y en su Reglamento. Los funcionarios municipales, los intendentes, los comisarios nacionales, las autoridades de salud y cualquier otro funcionario competente, dentro de su respectiva jurisdicción, previamente a otorgar las patentes municipales, permisos de construcción y los permisos de funcionamiento, exigirán que el propietario o beneficiario presente el respectivo permiso legalmente otorgado por el cuerpo de bomberos correspondiente.

2.2 NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN (R.O. N° 3970. 1996)

OBJETO

Establecer las especificaciones y características técnicas que deben tener los sistemas fotovoltaicos (SFV) que se emplean en la generación de energía de origen fotovoltaico en el Ecuador y los servicios que deben proporcionar las empresas proveedoras para garantizar la confiabilidad, seguridad y durabilidad de los componentes del sistema a instalar, según sus fichas técnicas.

ALCANCE

Esta norma cubre los sistemas fotovoltaicos aislados de la red de cualquier potencia, según su aplicación.

Cubre también los sistemas fotovoltaicos conectados a la red de hasta 100 kW de potencia nominal, definida como potencia del inversor.

PROPÓSITO

La presente Norma ha sido elaborada para promover y estandarizar la fabricación instalación y utilización de SFV, como fuente alterna y renovable de energía primaria en generación de electricidad, que permita disminuir el consumo de combustibles fósiles y las emisiones inherentes.

Esta norma constituye una guía para la formulación, diseño, ejecución y tareas relativas al funcionamiento y sostenibilidad de los sistemas fotovoltaicos (SFV).

2.3 NORMAS DE REFERENCIA

NTC 318: 1979, Tubos fluorescentes para alumbrado general.

NTC 2883: 1991, Energía fotovoltaica. Módulos fotovoltaicos.

NTC 4405: 1998, Eficiencia energética. Evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos y sus componentes.

CAPÍTULO III

III ASPECTOS GENERALES DE LA PARROQUIA DE TUMBACO

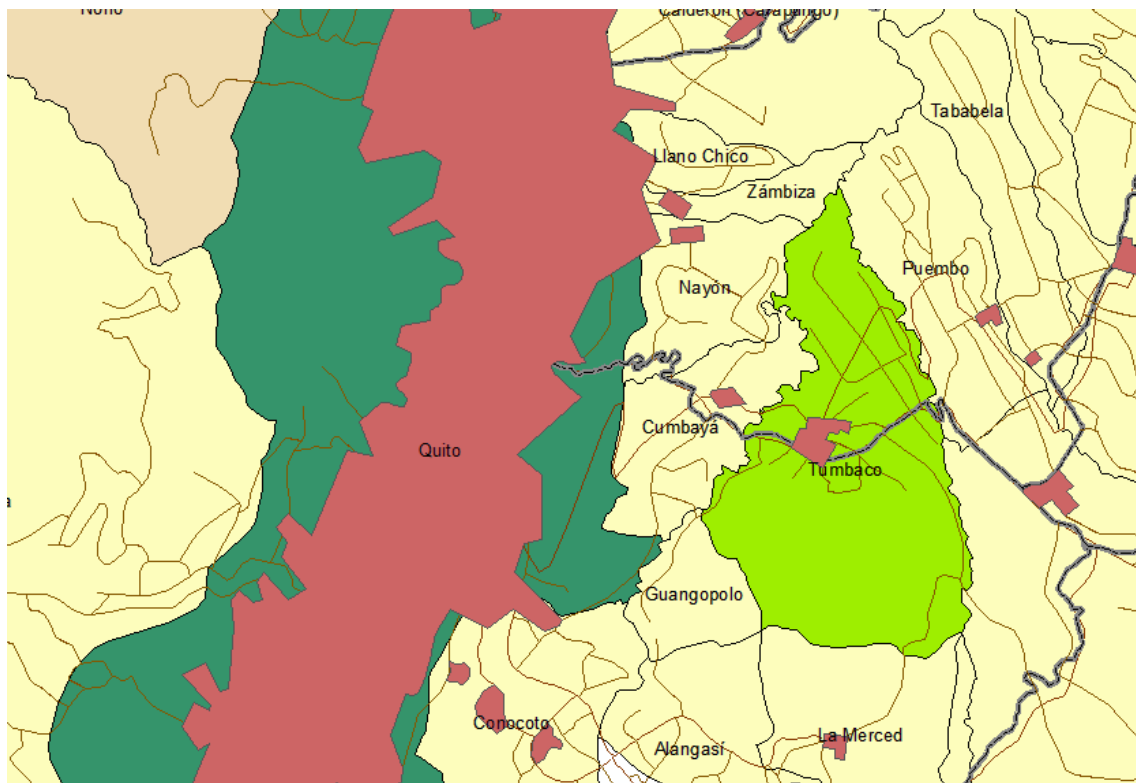
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Tumbaco se encuentra ubicado al este con respecto a Quito; tiene una superficie aproximada de 66,2 Km², con una población estimada para el 2010 en 52.390 habitantes⁴, con una tasa de crecimiento anual de 3,3%.

Las coordenadas en UTM del centro de la cabecera parroquial son:

- 17 M. 788909 E
9976503 N
Altura: 2330 msnm.

Fig. 3.1-1 Ubicación de la Parroquia Tumbaco



FUENTE: Secretaría de Ambiente del DMQ.

⁴ Proyecciones realizadas por la Unidad de Estudios, DMPT-MDMQ.

3.2. DATOS HISTÓRICOS DELA PARROQUIA TUMBACO

La fecha de parroquialización data del 8 de diciembre de 1670. Para llegar a esta parroquia se debe tomar buses de la cooperativa Tumbaco, parada en Quito, en la Av. Río Coca, junto al terminal de la Ecovía. El tiempo aproximado en bus: desde la Av. Río Coca, a Tumbaco alrededor de 40 minutos.

El nombre de Tumbaco, según versiones de los entrevistados en la junta parroquial, proviene de la lengua Tsachila TU de THU que significa recto, derecho, MBA de umba, cuatro, CO de aco, hermano, siendo su significado “Cuatro Hermanos Rectos”. Según el Padre José María Coba en sus estudios sobre lenguas aborígenes del Ecuador, afirma que procede del Chimu de la base TUM que quiere decir golpear, de donde proviene el patronímico Tumbaco. Otros creen que así fue apellidado el último de los caciques de este lugar vencido por los Shyris.

3.3 ADMINISTRACIONES ZONALES

En cuanto se refiere a la configuración topográfica de la parroquia, ésta es mayoritariamente suave a ligeramente ondulada, hacia el sur de la parroquia es de tipo escarpado y colinado.

3.4 ACTIVIDAD ECONÓMICA

Esta zona tiene lugares accesibles para el cultivo de maíz, fréjol, frutales, eucaliptos y alfalfa. Se puede cultivar también frutales anuales de clima templado: arveja, cebada, hortalizas de ciclo corto, lenteja, quinua, tomate, avena, pino, ciprés, nogal, flores, alcachofas y fresas. Las aves de corral y los cerdos constituyen importantes fuentes de ingresos.

TABLA 3.4 – 1

POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA

CARACTERÍSTICAS	PARROQUIA TUMBACO
Porcentaje de Oficiales, operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios	24
Porcentaje de Trabajadores no calificados	21
Porcentaje de Trabajadores de los servicios y vendedores de comercios y mercados	12
Porcentaje de Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios y pesqueros	12
Porcentaje de Operadores de instalaciones y máquinas y montadores	8

Porcentaje de Profesionales científicos e intelectuales	7
Porcentaje de Empleados de oficina	6
Porcentaje de Miembros del poder ejecutivo y personal directivo de la administración pública y de empresas	4
No declarado	3
Porcentaje de Técnicos y profesionales del nivel medio	2
Porcentaje de Trabajador nuevo	1

FUENTE: Datos Censales INEC, 2010.

3.5 CLIMATOLOGÍA

La parroquia tiene un clima de tipo ecuatorial mesotérmico, semihúmedo, con temperaturas medias anuales de 14 a 18°C, la precipitación oscila entre 750 a 1250 mm/año. Para interpolar datos de dirección e intensidad del viento, se tomó el último informe actualizado al 2012, del antiguo aeropuerto internacional Mariscal Sucre de la ciudad de Quito (ver anexo 2)

3.6 DATOS DEMOGRÁFICOS

Características de vivienda en esta parroquia son las siguientes:

TABLA 3.6 – 1

VIVIENDAS Y SERVICIOS PARROQUIA TUMBACO 2010

Viviendas	Tumbaco
Con servicio de agua por tubería en su interior (%)	63
Con servicio de eliminación de aguas servidas por red pública (%) de alcantarillado	46
Con servicio de luz eléctrica (%)	97
Con servicio de eliminación de basura por carro recolector (%)	84
Con servicio telefónico (%)	47

FUENTE: Datos Censales INEC, 2010.

3.7 DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL DE LA PARROQUIA

3.7.1 Organización General

La Junta Parroquial, cuenta con su Orgánico Funcional, su estructura administrativa mínima requerida para el cumplimiento de fines y el ejercicio de sus competencias, cuyas responsabilidades están apegadas a lo que describe la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización - COOTAD, parroquia que ha sido creada a través de ordenanza expedida por el Concejo Municipal Metropolitano de Quito.

La estructura orgánica de la Junta Parroquial de Cumbayá, comprende los siguientes niveles:

a. Nivel Ejecutivo

- Directorio
- Presidente de la Junta Parroquial

Comisiones

- Medio Ambiente y Servicios Básicos
- De Seguridad y Deporte
- De Social y Salud
- De Educación y Cultura

b. Nivel de Apoyo

- Secretaria – Tesorería

c. Nivel Operativo – Servicio de Residuos Sólidos

- Auxiliares

Las competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado parroquial la COOTAD, prescriben que ejercerán sus competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se asuman a través de delegación. Dentro de las competencias se describen como la de Planificar con otras instituciones del sector público y actores de la sociedad el desarrollo parroquial y su correspondiente ordenamiento territorial, en coordinación con el gobierno cantonal y provincial en el marco de la interculturalidad y plurinacionalidad y el respeto a la diversidad; Planificar, construir y mantener la infraestructura física, los equipamientos y los espacios públicos de la parroquia, contenidos en los planes de desarrollo e incluidos en los presupuestos participativos anuales; Planificar y mantener, en coordinación con los gobiernos provinciales, la vialidad parroquial rural; Incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad **y la protección del ambiente**; Gestionar, coordinar y administrar los servicios públicos que le sean delegados o descentralizados por otros niveles de gobierno; Promover la organización de los ciudadanos de las comunas, recintos y demás asentamientos rurales, con el carácter de organizaciones territoriales de base; Gestionar la cooperación internacional para el cumplimiento de sus competencias; y, Vigilar la ejecución de obras y la calidad de los servicios públicos.

3.7.2 De los ingresos

La Junta Parroquial de Cumbayá para su gestión administrativa y financiera para el ejercicio financiero del 2011, tiene su base en los recursos financieros que el Gobierno Nacional entrega a través de transferencias periódicas mensuales. Este derecho constitucional ha sido puesto en vigencia para todo el país, recursos que le corresponde para cumplir con la gestión de sus competencias dentro de su jurisdicción.

El valor asignado al Gobierno Autónomo Descentralizado de Tumbaco es de USD \$.137.845, 53.

CAPÍTULO IV

IV INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMÉSTICO (SFD)

4.1 INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Antes de iniciar la instalación del SFD se deberá estar provisto de los implementos de seguridad y equipos de protección personal (EPP) básicos, así mismo deberá tener conocimiento de las normas básicas de seguridad establecidas en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas.

4.2 EQUIPOS Y ACCESORIOS

TABLA 4.2 – 1

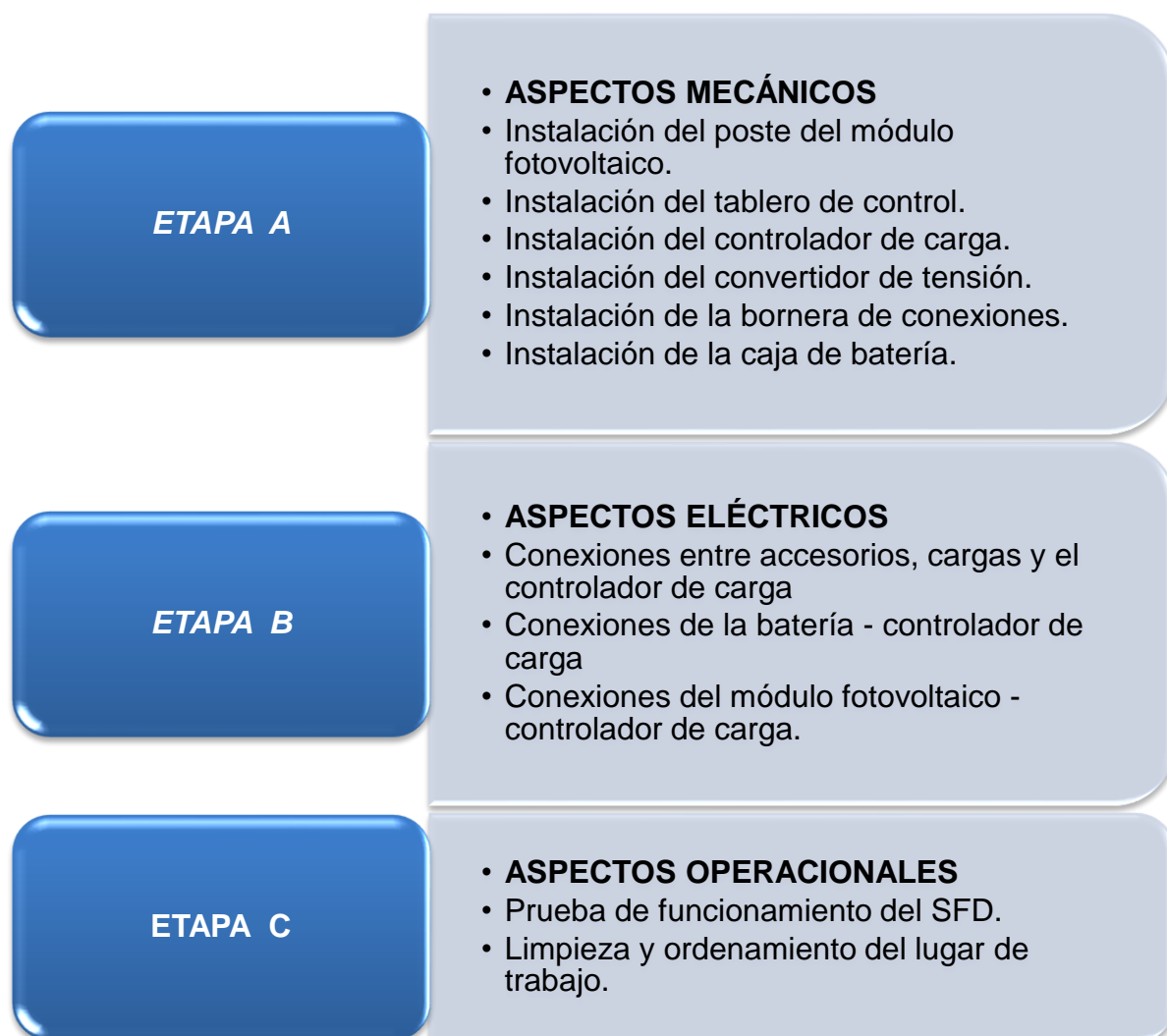
Equipos y accesorios

Ítem	Descripción	Electrificación Rural
01	Panel Solar Policristalino EXMORK Potencia: 25 Wp 0 ...+/-5% Dimensiones: 510 x 360 x 20 mm Voltaje circuito abierto/óptimo: 22,0/17,5 V Corriente cortocircuito/óptimo: 1,54/1,43 A No tiene diodos	25 Wp / 12 VDC
02	Soporte módulo fotovoltaico	Poste madera tratada.
03	Batería	12 VDC, 17 Ah
	Tipo: seca, libre de mantenimiento	
04	Soporte de batería	Banco de madera tratada.
05	Controlador de Carga Morningstar SHS 10 Tropicalizado, vida útil 15 años LEDs para indicación del estado de batería Protección: cortocircuito, sobrevoltaje/temp, polaridad	12 V De 10A Panel Solar
06	Luminaria BBELED SP70 Potencia: 5 W Flujo: 250 lumenes Tipo: LED Vida útil: 50 mil horas Casquillo E 27 IP: 20	100 – 240 VAC
07	Conductor aislado o cable	Calibre: 2 x 3,3 mm ² Tipo: Indoprene TM, cubierta exterior PVC, retardante de la llama y resistente a los rayos solares

08	Tablero de control	Material adecuado contra Polvo, humedad y rayos Solares. IP 43 (Sierra)
09	Un GPS	Para la toma de coordenadas UTM, de la ubicación exacta del proyecto
10	Una brújula	Para la orientación con el Norte magnético del panel fotovoltaico.
11	Materiales varios	Taladro, herramientas, pernos, tuercas, etc.

4.3 ETAPAS DEL PROCESO DE INSTALACIÓN

Fig. 4.3-1 Etapas del proceso de instalación



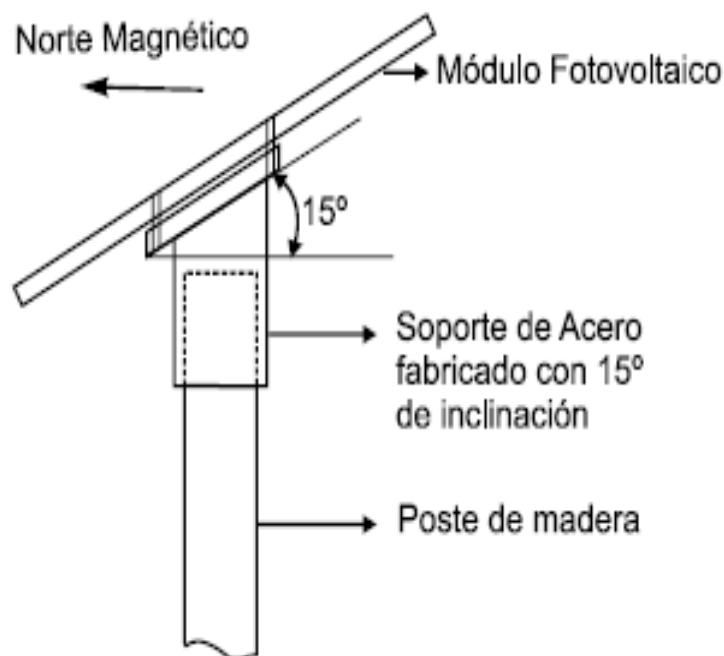
El desarrollo de las etapas no debe considerarse como limitativo o restrictivo.

4.3.1 Aspectos mecánicos

Instalación del poste del módulo fotovoltaico

El poste utilizado es de madera tratada con soporte de acero y ángulo de inclinación de 15° en dirección al sol (norte magnético), fijado en la terraza de la casa. La base está reforzada con pernos y cuatro vientos de cable de acero inoxidable para mayor seguridad.

Fig. 4.3.1-1 Modelo de instalación poste del módulo fotovoltaico



FUENTE: NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-10

Instalación del tablero de control

El tablero de control está ubicado en la terraza, a 1,50 m. sobre el nivel del piso, a 0,50 cm. de distancia de la batería, con una señalética de seguridad claramente visible, que advierte los peligros eléctricos.

Instalación del controlador de carga

El controlador de carga está dentro del tablero de control, con espacios de 3 cm a cada lado del controlador. Los terminales del controlador son de fácil acceso, y están claramente indicados los bornes y polaridades de los

componentes conectados (módulo fotovoltaico, batería, y carga). El controlador está protegido mediante fusibles.

Todos los terminales, tuercas, arandelas y demás accesorios son de material inoxidable.

Instalación del convertidor de tensión

El convertidor de tensión está protegido contra una inversión de polaridad, tanto en el lado del controlador como en el lado de la carga (requerimiento de carga). El convertidor suministra tensiones de salida. Todos sus terminales, tuercas, arandelas y demás elementos accesorios son de material inoxidable.

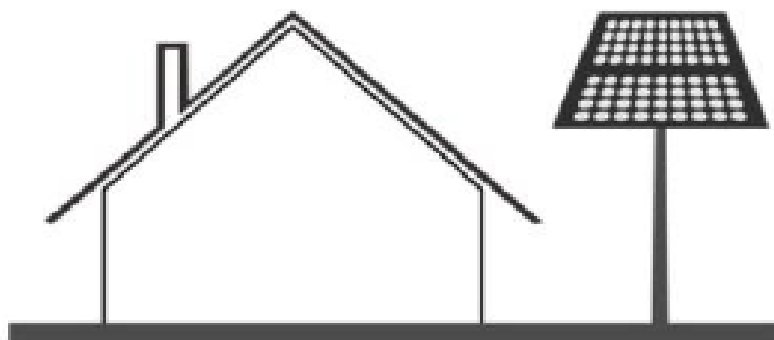
Instalación de la bornera de conexiones

La posición de la bornera de conexiones está en el tablero de control. Se fija mediante tornillos utilizando el destornillador plano, estrella o mixto. Considerar que algunas veces deben ingresar dos o más pares de conductores aislados o cables (Calibre: 2 x 4 mm², ó 12 AWG) en un mismo terminal de la bornera de conexiones.

Instalación de la caja de batería

La caja de batería descansa sobre un asiento de madera a efecto de protección y aislamiento, contra suciedad, insectos o inundaciones, está ubicado horizontalmente junto al poste de soporte del SFD.

Fig. 4.3.1-2 Sistema fotovoltaico doméstico aislado SFD



FUENTE: NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-10

4.3.2 Aspectos eléctricos

Conexiones entre accesorios, cargas y el controlador de carga

Están identificados mediante etiquetas o marcas, la polaridad positivo (+) y negativo (-), en cada uno de los accesorios, así como en los terminales de los conductores aislados o cables a conectar.

Se sugiere conectar solamente dos conductores aislados o cables (+) y (-) desde los terminales (+) y (-) del controlador de carga hacia la bornera de conexiones (ambos en el tablero de control). Luego en la bornera de conexiones realizar las conexiones en paralelo respectivamente para tener más terminales disponibles para otros requerimientos de equipos de utilización.

Conexiones de la batería - controlador de carga

a) En cuanto al conexionado entre la batería y el controlador de carga existe previamente las siguientes consideraciones:

La polaridad debe estar señalizada sobre la batería al lado de cada terminal mediante una impresión en bajo o alto relieve con las siguientes simbologías, (+) para la polaridad positiva y, (-) para la polaridad negativa.

Al estar la batería completamente cargada, la densidad del electrolito debe estar entre: 1,20 g/cm³ y 1,229 g/cm³, en regiones con temperaturas promedio superiores a 30 °C, 1,23 g/cm³ y 1,25 g/cm³ en regiones con temperaturas promedio que se encuentren entre **15 °C y 30 °C, 1,26 g/cm³** y 1,28 g/cm³ en regiones con temperaturas promedio inferiores a 15 °C.

b) Los conductores aislados o cables polarizados (+) y (-) deben ser fijados a los bornes (conectores) de la batería, los que deben ser entregados con sus respectivas arandelas y tuercas. (Se sugiere que el conductor debe tener como mínimo 4 mm² o 12 AWG, de calibre. Tipo: Indoprene TM (TWT), cubierta exterior PVC, visible o empotrado directamente en el interior de muros y paredes, o RHW-RHW-2, cubierta de PVC, retardante de la llama y resistente a los rayos solares).

Retirar la cubierta exterior del conductor aislado o cable, dejando expuestos los conductores aislados o cable, sin recubrimiento (15 cm -20 cm). En la conexión de baterías es usual la utilización de terminales tipo “ojo”, (considerar que cada fabricante de batería puede tener diferentes tipos de conectores).

c) El conexionado desde la batería hacia el controlador de carga, a través de la bornera de conexiones (tablero de control).

Tendido y fijación de los conductores aislados o cables (+) y (-) mediante grampas (sugerido cada 30 cm.) sobre la estructura de la vivienda hasta la bornera de conexiones, luego desde la bornera de conexiones hacia los terminales del controlador de carga, batería (+) y batería (-), respectivamente.

d) El controlador de carga se activará (siempre que la batería este cargada, tensión nominal, 12 Vcc.), iluminando sus indicadores, mostrando el estado de operación del sistema.

Conexiones del módulo fotovoltaico - controlador de carga

a) En cuanto al conexionado entre el módulo fotovoltaico y el controlador de carga existe previamente las siguientes consideraciones:

La caja de conexión del módulo debe estar firmemente ubicada y contar con diodos de “by pass”. Las entradas y salidas de los cables deben estar provistas con prensaestopas para lograr una efectiva hermeticidad.

b) Los conductores aislados o cables polarizados (+) y (-) deben ser conectados en los terminales o bornes del módulo en su caja de conexiones, según su diagrama y configuración de conexiones. (Se sugiere que el conductor debe tener como mínimo 4 mm² o 12 AWG, de calibre. Tipo: Indoprene TM (TWT), cubierta exterior PVC, visible o empotrado directamente en el interior de muros y paredes, o RHW-RHW-2, cubierta de PVC, retardante de la llama y resistente a los rayos solares).

Se debe considerar las distancias de conexionado entre el tablero de control y el módulo fotovoltaico, con la finalidad de garantizar, caídas de tensión inferiores al 3 % entre el módulo fotovoltaico y el controlador de carga. No se permiten empalmes cable-cable (cola de chancho, entorchado), si hace falta el empalme deberá ser realizado con cajas de empalme y/o conectores.

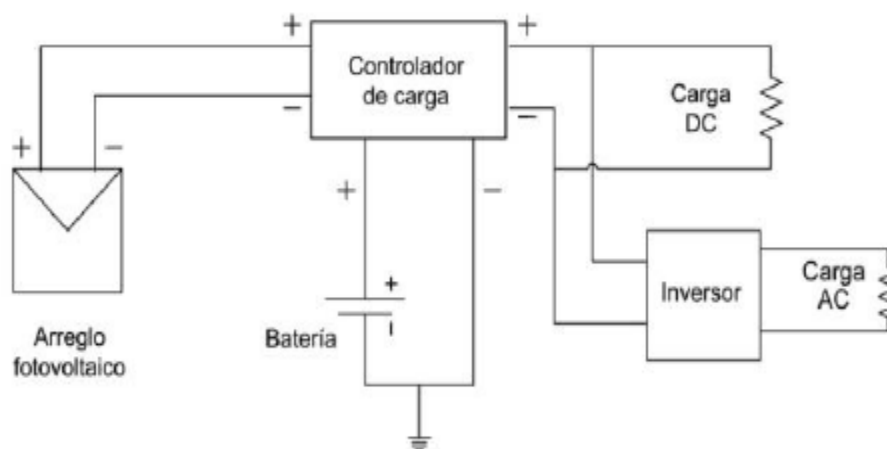
Siempre que sea accesible el tendido sobre la pared de los conductores aislados o cables, deberán ubicarse dentro de un margen de 0,5 m, tomando como referencia desde el nivel del techo terminado en la unión con la pared.

c) Consideremos el conexionado desde el módulo fotovoltaico hacia el controlador de carga, a través de la bornera de conexiones (tablero de control). Tender y fijar los conductores aislados o cables (+) y (-) mediante grampas (sugerido cada 30 cm) sobre la estructura de soporte del módulo, así como del

poste (una sola pieza) hacia la bornera de conexiones (tableros de control), luego conectar desde la bornera de conexiones hacia los terminales del controlador de carga, módulo (panel) (+) y módulo (panel) (-), respectivamente.

Se sugiere conectar solamente dos conductores aislados o cables (+) y (-) de los terminales módulo (panel) (+) y módulo (panel) (-) del controlador de carga hacia la bornera de conexiones (ambos en el tablero de control).

Fig. 4.3.2-1 Diagrama de conexionado del SFD



FUENTE: NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-10

4.3.3 Aspectos operacionales

Prueba de funcionamiento del sistema

Una vez puesto instalado el SFD, se propone el siguiente protocolo de revisión:

Módulo fotovoltaico

Medir la tensión en los terminales, cuando las celdas se exponen a la radiación solar, deben indicar la tensión:

- Cercano al nominal, funcionan las celdas correctamente. $V_n = 12 \text{ Vcc}$.
- Cerca a cero y el clima es favorable, posiblemente tenga fallas el conjunto de celdas.
- Igual a cero, el sistema tiene circuito abierto.

Controlador de carga

- Verificar que no tenga contacto directo a tierra.
- Evaluar la resistencia y/o continuidad del fusible, debe indicar continuidad.

Batería

Medir la tensión en sus conectores o terminales:

- Valor cercano a 12 Vcc, la batería carga correctamente.
- Valor no alcanza 12 Vcc, se recomienda evaluar en forma periódica la tensión en la batería.
- Valor permanece por debajo de los 12 Vcc, la batería no está operando correctamente.

Luminaria LED

- Si luego de terminada la instalación, estas no funcionan, verificar que la conexión de las terminales del aparato (polaridad) son los correctos.

Sistema fotovoltaico doméstico

- El módulo fotovoltaico debe estar instalado en un lugar libre de sombras, con inclinación de 15° y orientado al norte magnético.
- Las conexiones deben ser seguras y moderado apriete. Este aspecto es muy importante en instalaciones aéreas remotas.
- Las tapas de las cajas de conexiones deben cerrar correctamente.
- Pulsando o colocando en posición encendido los interruptores fijos unipolares, la luminaria debe funcionar.

Limpieza y ordenamiento del lugar de trabajo

- Dejar limpio y ordenado el área de trabajo y proporcionar indicaciones al usuario, sobre el mantenimiento básico y cuidados de operación o uso del sistema, al finalizar la instalación el SFD.

4.4 PROBLEMAS FRECUENTES

Luminarias no encienden

- Verificar que las conexiones de las lámparas hacia el controlador de carga estén correctas. Efectuar inspección visual: polaridad (+) y (-).

- Verificar que el sistema de tensión en la batería es el adecuado ($V_n = 12 V_{cc}$), tener cuidado con la polaridad.
- Verificar el estado de las conexiones en los interruptores fijos unipolares y de los porta focos (sockets).
- Verificar si el foco está en buen estado. Efectuar inspección visual.

Pocas horas de energía del sistema integrado

- Verificar si todas las conexiones están correctas, inspeccionar los conductores aislados o cables y terminales, caso contrario revisar el dimensionamiento del sistema.
- Verificar el estado de la batería y el nivel del electrolito.
- Verificar la limpieza del módulo fotovoltaico o si se producen sombras, tener en cuenta la estacionalidad (días nublados) y la autonomía establecida para el sistema en el dimensionado.

Módulo fotovoltaico no genera electricidad

- Medir el estado de continuidad de los diodos o de los fusibles, según corresponda.
- Verificar que la conexiones del módulo al controlador de carga, estén correctas, polaridad y continuidad.

4.5 ASPECTOS AMBIENTALES

La energía solar fotovoltaica ocasiona impactos en el ambiente no relevantes en la fase operacional, mientras que en las fases de construcción pueden ser significativos. No obstante, se deberá evitar la disposición final de los componentes fotovoltaicos en rellenos sanitarios comunes (botaderos), a menos que estos sean los denominados rellenos de seguridad, con dos capas impermeables para evitar cualquier tipo de lixiviado.

Se recomienda devolver para reciclar el modulo fotovoltaico, la batería, el controlador de carga y el convertidor de tensión CC/CC al proveedor, luego que haya sufrido un deterioro y requiera ser cambiado. Se espera que en el futuro, a medida que se incrementen las instalaciones fotovoltaicas, con la consecuente mayor generación de residuos, se produzca un desarrollo de empresas dedicadas al reciclaje de los componentes principales.

5. CONCLUSIONES

- El proyecto energía solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar de bajo consumo energético (SFD) facilitará el emprendimiento de otros proyectos de mayor alcance, especialmente para sitios en los cuales no tienen acceso a la red eléctrica interconectada.
- El modelo y guía del SFD, sirve de ejemplo para concienciar sobre la importancia de la eficiencia y ahorro energético en la población, cuyo objetivo fundamental es llegar a la sociedad para poder avanzar con políticas y programas colectivos de desarrollo, investigación e innovación.
- Como resultado de la información obtenida de la Parroquia Tumbaco, cabe indicar que por parte de la población y autoridades, existe un compromiso serio y responsable en cuanto a incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y protección ambiental.
- El SFD, es una alternativa de energía limpia y respetuosa con el medio ambiente, rentable en el largo plazo para la economía de los hogares, pues su mantenimiento mínimo y durabilidad de sus componentes (más de 15 años), le convierte en un opción a la hora de decidir por iniciar y luego ampliar a sistemas más eficientes o conectados a la red.
- En la República del Ecuador, todavía no existe una cultura de aprovechamiento energético, a través, de las energías renovables, ya sea por desconocimiento y principalmente porque el petróleo es la energía primaria dominante con un 90,2% según datos del CONELEC.
- La República del Ecuador, a pesar de ser uno de los países con menor extensión territorial de América del Sur, es de los que gozan de mayor riqueza en cuanto a biodiversidad se refiere, por ende, establecer alternativas de energías renovables: energía solar (térmica y fotovoltaica), biomasa, mini hidráulica, mini eólica, y otras; en sitios aislados como el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), se vuelve imprescindible. En tal virtud, el sistema fotovoltaico domestico debe ser aprovechado y desarrollado, en los refugios y viviendas de los guarda parques y otras actividades de comunidades que viven dentro de estos delicados y frágiles ecosistemas.
- Sin lugar a duda, el SFD contribuye a la mitigación de gases de efecto invernadero, conservación del medio ambiente, economía de las comunidades aisladas, en favor de las futuras generaciones y del desarrollo

sostenible, y ayuda a la sociedad en su conjunto a prepararse frente una era post petróleo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- M.I. en Energías Renovables, IIFA. Madrid-España. 2013.
- BUSTOS, F. *Manual de Gestión y Control Ambiental*. Quito: R.N. Industria Gráfica. 2007.
- CONESA, F., V. CONESA & L. CONESA. *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Madrid: Mundi - Prensa. 2010.
- *Constitución Política de la República del Ecuador*. 2008.
- GARMENDIA, A., A. SALVADOR, C. CRESPO & L. GARMENDIA. *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Pearson Educación, S.A. 2005.
- Ley de Gestión Ambiental, Ley No. 37. RO/ 245. 1999.
- Quality standards for solar home systems and rural health power supply – photovoltaic systems in developing countries, GTZ. 1999.
- Instalación y Mantenimiento de equipos fotovoltaicos, Centro de Energías Renovables (CER-UNI). Programa de Ahorro de Energía, Ministerio de Energía y Minas. 2003.
- NEBEL, B., R. WRIGHT. *Ciencias Ambientales: Ecología y desarrollo sostenible*. México: Prentice Hall Hispanoamérica, S.A. 1999.
- Norma Ecuatoriana de Construcción. NEC-10. Parte 14-2. Energía Renovable. Sistemas de Generación con Energía Solar Fotovoltaica para Sistemas Aislados y Conexión a Red de hasta 100 KW en el Ecuador. 1996.
- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador. Decreto Presidencial No. 3516. 2003.

SITIOS WEB RELACIONADOS:

<http://www.enerpro.com.ec/tecnica.php>

<http://www.tutiendasolar.es/Catalogo-Inversores-Cargadores.html>

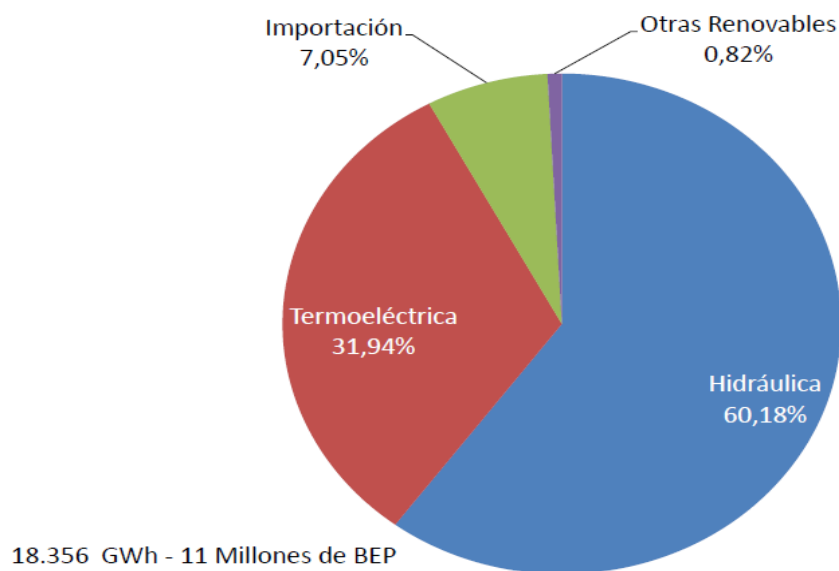
<http://imosolar.cl/paneles-solares-fotovoltaicos/>

www.monografías.com/trabajos61.

7. ANEXOS

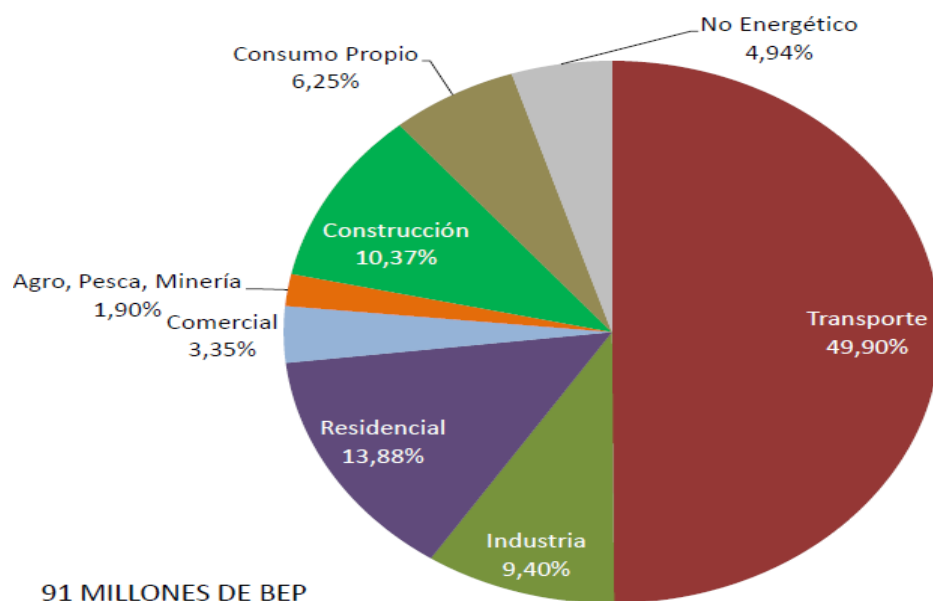
1. Generación de Energía Eléctrica en la República del Ecuador⁵

GENERACIÓN ELÉCTRICA – SNI 2011



Fuente: Consejo Nacional de Electricidad – CONELEC

CONSUMO DE ENERGÍA POR SECTORES

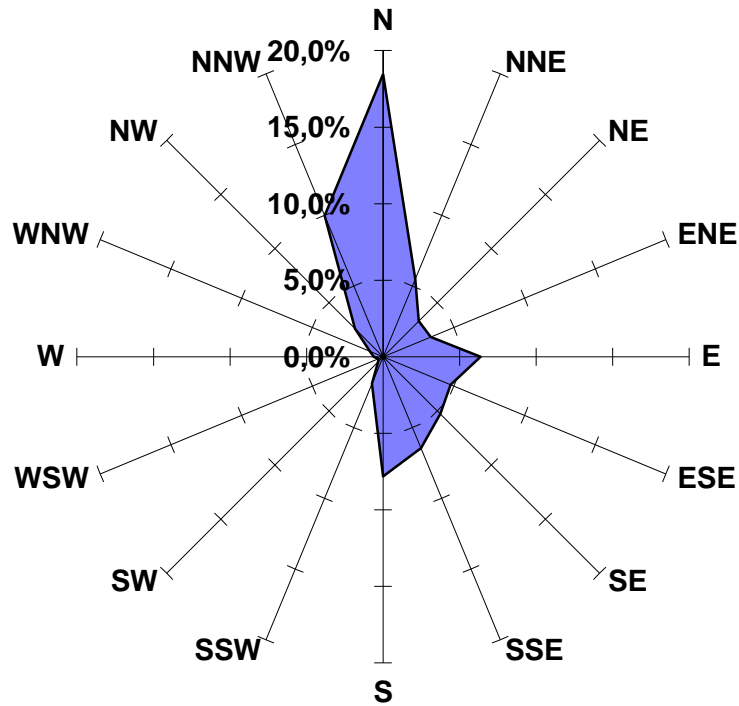


Fuentes: Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero – ARCH / Consejo Nacional de Electricidad – CONELEC

⁵ Diapositivas presentadas en el 8vo. Seminario Internacional de Mercado Energético. Quito, 24 y 25 de abril 2013.

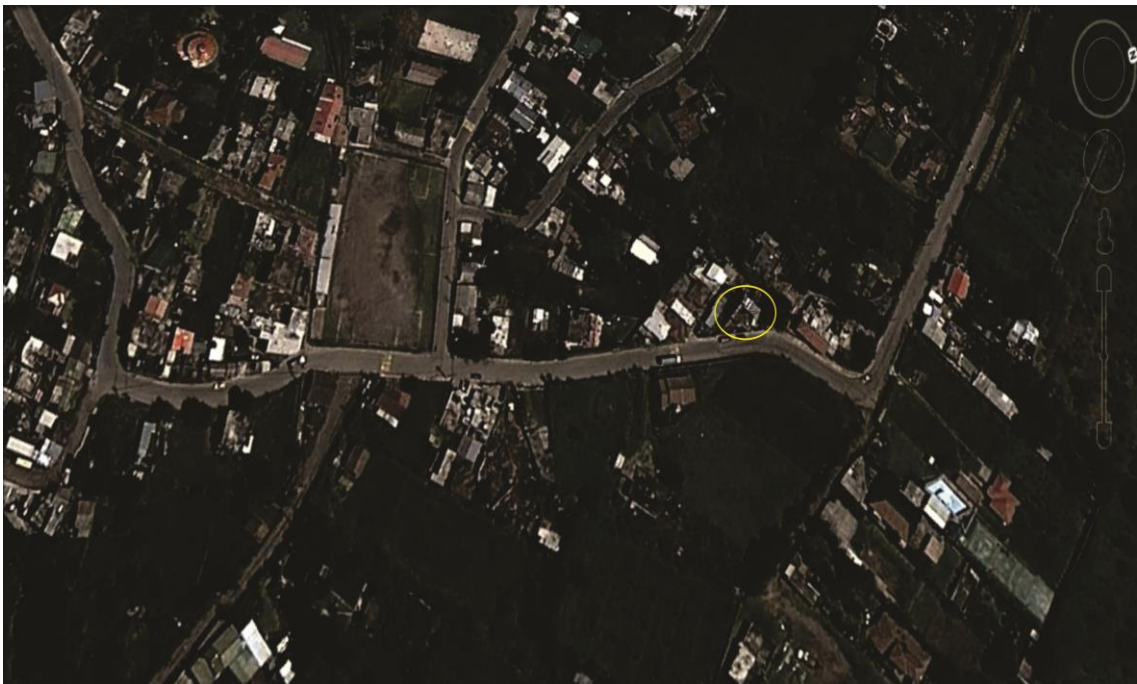
2. Distribución porcentual de la dirección del viento en Rumbos.

AEROPUERTO MARSICAL SUCRE QUITO, 1958 – 2012.



FUENTE: Dirección General de Aviación Civil, Gestión de Meteorología Aeronáutica.

3. Ubicación satelital del proyecto.



Imágenes satelitales de ubicación del proyecto SFD, elipse amarilla señala la vivienda.

4. Fotos antes del proyecto



Foto N° 1: Vivienda unifamiliar donde se instalará el SFD.



Foto N° 2: Numeración de la dirección de la vivienda.

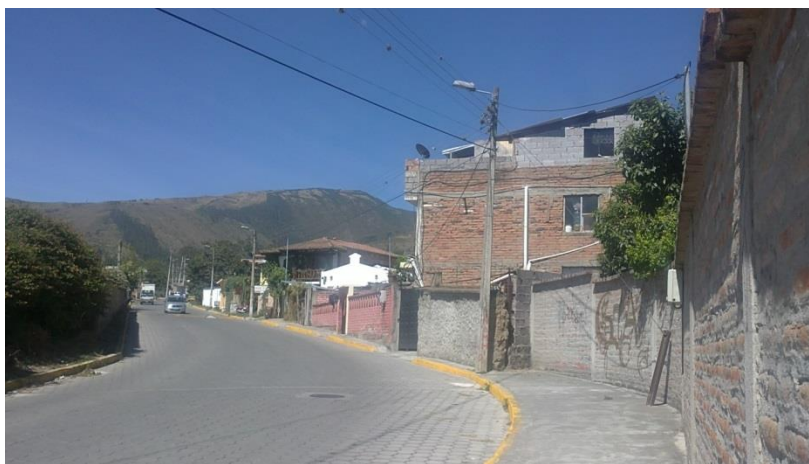


Foto N° 3: Calle Guagrahuma que pasa junto a la vivienda.



Foto N° 4: Nombre de la calle que pasa por la vivienda para instalar el SFD.

5. Fotos del proyecto



Foto N° 5: Panel solar instalado en la terraza de la vivienda, vista frontal.



Foto N° 6: Panel solar instalado en terraza, vista lateral.



Foto N° 7: Lámpara SFD iluminando dentro de la vivienda.



Foto N° 8: Foco iluminando en terraza de vivienda.



Foto N° 9: Ing. Carlos Erazo, delante de foco iluminando con SFD.

6. Sistema fotovoltaico doméstico



Foto N° 10: Ing. Carlos Erazo, junto poste y panel solar.

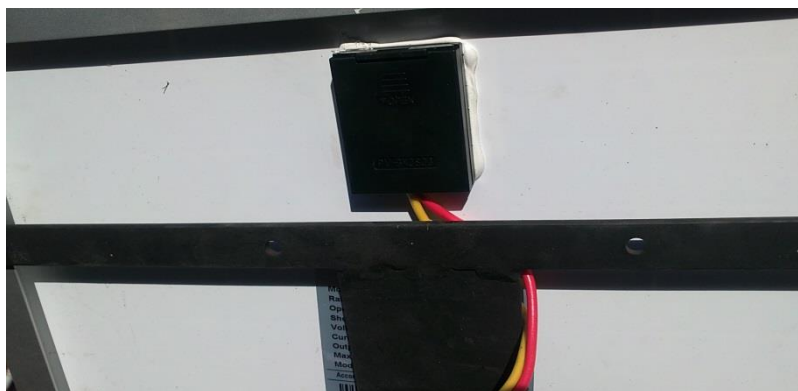


Foto N° 11: Cable rojo (+), cable amarillo (-), conectados en panel solar.



Foto N° 12: Controlador de carga Morningstar SH-10 con las conexiones e indicación de estado de batería funcionando.



Foto N° 13: Batería, cable rojo (+), cable amarillo (-).



Foto N° 14: Panel instalado sobre poste, con ángulo de 15°, orientación al Norte.