



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR PARA DETERMINAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE PERMITA ABASTECER LA DEMANDA ELÉCTRICA DE LA COMUNA WAMAC URCO, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA.”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Sistemas Eléctricos de Potencia

Autores:

Alex Javier Peña Narváez

Diego Fernando Pérez Romero

Tutor:

Msc. Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

Latacunga - Ecuador

2016

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) por cuanto, los postulantes: **Alex Javier Peña Narváez y Diego Fernando Pérez Romero** con el título de Proyecto de Investigación: “ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR PARA DETERMINAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE PERMITA ABASTECER LA DEMANDA ELÉCTRICA DE LA COMUNA WAMAC URCO, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, julio de 2106

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Nombre: Ing. Álvaro Mullo MSc.

CC: 0502768542

Lector 2

Nombre: Ing. Rommel Suárez MSc.

CC: 1804165353

Lector 3

Nombre: Ing. Ángel León MSc.

CC: 0502041353

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR PARA DETERMINAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE PERMITA ABASTECER LA DEMANDA ELÉCTRICA DE LA COMUNA WAMAC URCO, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA”, de **Alex Javier Peña Narváez y Diego Fernando Pérez Romero**, de la carrera Ing. Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de **Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio, 2016

El Tutor:

.....

Msc. Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **Alex Javier Peña Narváez** y **Diego Fernando Pérez Romero** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR PARA DETERMINAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE PERMITA ABASTECER LA DEMANDA ELÉCTRICA DE LA COMUNA WAMAC URCO, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA”, siendo el Msc. Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Diego Fernando Pérez Romero

Número de C.I.160056662-2

.....
Alex Javier Peña Narváez

Número de C.I. 160041474-0

Tarqui, 08 de agosto del 2016

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Yo, Wilmer Gómez portador de la cedula 1600250664 en mi calidad de presidente del GAD Tarqui, tengo a bien certificar que los señores **Peña Narváez Alex Javier** portador de la cedula 1600414740 y **Pérez Romero Diego Fernando** portador de la cedula 1600414740, realizaron el **“ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR PARA DETERMINAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE PERMITA ABASTECER LA DEMANDA ELÉCTRICA DE LA COMUNA WAMAC URCO, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA.”**, conjuntamente con los comuneros del sector y trabajadores de la institución.

Esto todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a los interesados hacer uso del presente en la forma que estimen conveniente a su intereses, siempre y cuando se use en forma legal

Atentamente,

Sr. Wilmer Gómez
PRESIDENTE GADPRT

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que me dio fuerza y fe para creer lo q me parecía imposible terminar, a hermanos los que fue el pilar fundamental de todo el esfuerzo realizado entando en los peores momentos a mi lado en especial a mi madre que siempre me dio animo de seguir luchando en momentos difíciles nunca me abandono.

A nuestro tutor Msc. Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado por su apoyo total y su amistad desde el inicio de la carrera, a mi compañero Diego Pérez por el apoyo y entusiasmo en culminar nuestro proyecto. Finalmente como no agradecer a mi querida alma mater UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI por brindarme la oportunidad de realizar mis sueños de ser profesional

ALEX

AGRADECIMIENTO

Este proyecto es resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos el grupo de trabajo. Por esto agradezco a nuestro tutor, Msc. Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado a mi compañero Alex Peña, quienes a lo largo de este tiempo, desarrollamos nuestro proyecto, el cual ha finalizado llenando todas nuestras expectativas. A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado y motivado mi formación académica, los cuales creyeron en mí en todos momentos y no dudaron de mis habilidades.

Finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa Universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro y formándonos como personas de bien.

DIEGO

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de manera muy especial a mi madre Carmen Narváez pues ella fue el pilar fundamental para culminar mis estudios, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar por sus virtudes infinitas y su gran corazón por lo cual me lleva a admirarla cada día más, a mi padre José Peña que desde el cielo me da las fuerzas a seguirme superando, a mi esposa quien me dio dos maravillosas hijas las cuales son mis inspiración de seguirme superado cada días más y a mis hermanos ellos son un ejemplo a seguir de superación y de honestidad y bondad que llevan marcados su corazón.

ALEX

DEDICATORIA

Dedico este Proyecto de Investigación a mis padres y hermanas. A mis padres quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo un apoyo incondicional en todo momento, depositando su eterna confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. A mis hermanas quienes llenan de amor y alegría mi vida y me impulsan para seguir adelante.

DIEGO

INDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	iii
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACION	vi
AGRADECIMIENTO	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	xiv
ABSTRAC	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1 Título del Proyecto	1
1.2 Fecha de inicio	1
1.3 Fecha de finalización	1
1.4 Lugar de ejecución.....	1
1.5 Unidad Académica que auspicia.....	1
1.6 Carrera que auspicia	1
1.7 Proyecto de investigación vinculado	1
1.8 Equipo de Trabajo.....	2
1.9 Área de Conocimiento	3
1.10 Línea de investigación	3
1.11 Sub líneas de investigación de la Carrera	3
2. DESCRIPCION DEL PROYECTO.	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.	4
4.1 Beneficiarios Directos	4
4.2 Beneficiarios Indirectos	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	4
6. OBJETIVOS	4
6.1 General.....	4

6.2	Específicos.....	5
7.	ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.	5
8.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.	6
8.1	Antecedentes de la investigación.....	6
8.2	Energía solar.	7
8.2.1	Radiación Solar.....	7
8.2.2	Energía Solar Fotovoltaica.	9
8.3	Proyecto de un sistema fotovoltaico con acumulación.....	14
8.3.1	Recogida de información.....	15
8.3.2	Elección del tipo de sistema.	15
8.3.3	Dimensionamiento del generador.	16
8.3.4	Dimensionado del sistema de acumulación.....	18
8.3.5	Dimensionado del regulador de carga.	20
8.3.6	Dimensionado del inversor.	21
8.4	Piranómetro.....	21
9.	VALIDACION DE PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS.	22
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.	22
10.1	Modalidad de investigación.....	23
10.2	Tipo de investigación.....	23
10.2.1	Investigación documental.	23
10.2.2	Investigación de campo.	23
10.3	Metodología.....	23
10.4	Métodos y técnicas.	24
10.4.3	Cálculo.....	24
10.4.4	Software	24
10.5	Variable e indicadores.	24
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	25
11.1	Análisis de los datos recolectados de radiación del mes de Abril.	25
11.2	Análisis de los datos recolectados de radiación del mes de Mayo.	27
11.3	Análisis de los datos recolectados de radiación incidente del mes de Junio.	28
11.4	Irradiación que presenta la provincia Pastaza.....	36
11.5	Desarrollo de dimensionamientos de acuerdo al análisis obtenido.	36

11.5.1	Calculo de energía a consumir por día.	36
11.5.2	Dimensionamiento del generador fotovoltaico.....	39
11.5.3	Dimensionamiento de sistema de baterías	41
11.5.4	Dimensionamiento de regulador	42
11.5.5	Dimensionamiento de inversor	43
12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).	44
13.	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.	45
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	46
14.1	Conclusiones.....	46
14.2	Recomendaciones.	47
15.	BIBLIOGRAFIA.	47
16.	ANEXOS.	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 7.1	Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	6
Tabla 8.1	Tensión nominal del sistema en función de la potencia.....	16
Tabla 10.1.	Operalización de variables.....	25
Tabla 11.1	Irradiancia característica en el mes de Abril y su frecuencia.....	26
Tabla 11.2	Irradiancia característica en el mes de Mayo y su frecuencia.....	27
Tabla 11.3	Energía y horas pico sol del mes de junio.....	29
Tabla 11.4	Frecuencia de radiación solar de un día típico del mes de Junio (8:00-8:30).....	29
Tabla 11.5	Frecuencia de radiación solar de un día típico del mes de Junio (8:30-9:00).....	30
Tabla 11.6	Frecuencia de radiación solar de un día típico del mes de Junio (10:00-10:30).....	32
Tabla 11.7	Frecuencia de radiación solar de un día típico del mes de Junio (12:00-12:30).....	33
Tabla 11.8	Irradiancia característica en el mes de Junio y su frecuencia.....	34
Tabla 11.9	Frecuencia de radiación solar en Pastaza.....	35
Tabla 11.10.	Consumos medios diario.....	36
Tabla 11.11.	Consumos diario.....	37
Tabla 11.12	Especificaciones técnicas del regulador.....	42
Tabla 12.1	Análisis de impacto económico ambiental.....	44
Tabla 13.1	Presupuesto general del proyecto.....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura.1.1.Ubicación del lugar de estudio	1
Figura.8.1.Piranómetro.....	7
Figura.8.2.Tipos de Radiación en la superficie terrestre.....	9
Figura.8.3.Capacidad Fotovoltaica Solar Global.....	11
Figura.8.4.Determinación práctica del sur geográfico.....	12
Figura.8.5.Ángulo de Inclinación.....	12
Figura.8.6.Módulo Fotovoltaico.....	14
Figura.8.7.Sistema fotovoltaico autónomo.....	15
Figura.8.8.Piranómetro Apogee MP200.....	23
Figura.11.1.Irradiancia vs Tiempo.....	27
Figura.11.2.Irradiancia vs Tiempo.....	28
Figura.11.3.Histograma y polígono de frecuencia (8:00-8:30).....	30
Figura.11.4.Histograma de irradiancia (8:30-9:00).....	31
Figura.11.5.Histograma de irradiancia (10:00-10:30).....	32
Figura.11.6.Histograma de irradiancia (12:00-12:30).....	33
Figura.11.7.Irradiancia vs Tiempo.....	35
Figura.11.8.Esquema de instalación en la vivienda.....	37
Figura.11.9.Consumo estimado diario del inmueble.	38
Figura.11.10.Esquema de instalación en la Escuela.....	38
Figura.11.11.Consumo estimado diario de la Escuela.....	39
Figura.11.12.Esquema unifilar del sistema fotovoltaico.....	43

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR PARA DETERMINAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE PERMITA ABASTECER LA DEMANDA ELÉCTRICA DE LA COMUNA WAMAC URCO, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA”

Autores:

DIEGO PÉREZ ROMERO.

ALEX PEÑANARVÁEZ.

RESUMEN

El déficit de energía eléctrica en asentamientos lejanos del Ecuador viene hacer un problema para personas que no cuenta con el servicio eléctrico, ya que no disponen de viabilidad para el ingreso de redes eléctricas. Es factible buscar formas de energías amigables con el medio ambiente, además que tenga facilidad de instalación y medio de generación que disponga el sector.

Por tal razón en el presente proyecto se analiza fundamentos de sistemas fotovoltaicos, sus funciones, clasificaciones y las partes que lo constituyen. Este estudio se enfoca principalmente en un sistema de generación autónoma a partir de energía solar.

Se indica la conversión de energía solar a energía eléctrica mediante la utilización de celdas fotovoltaicas. El método de investigación que se utilizó consiste en una modalidad combinada, el cual se requiere un estudio documental y unas partes aplicativas prácticas en el medio que se desenvuelve el estudio. Ya que se evaluó la radiación solar en el sitio del estudio, con la información recolectada, se determina la energía de 10 : 00 am a 14 : 00 pm en el sistema la cual llega a un máximo de 4078,5 [W / m² / día], con máximos de irradiancia iguales o superiores a 1153 [W / m²], el sistema fotovoltaico funciona de 8 am hasta las 17 pm.

Con datos obtenidos en el tiempo transcurrido del desarrollo del proyecto y sus respectivos cálculos, se pudo verificar que abastecerá normalmente la demanda eléctrica de 198 W, establecida en cada hogar por tiempos establecidos.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

ACADEMIC UNIT OF SCIENCE AND ENGINEERING APPLIED

TITLE: "ANALYSIS OF SOLAR RADIATION FOR DETERMINING A PHOTOVOLTAIC SYSTEM TO SUPPLY DEMAND FOR ELECTRICITY THE BOROUGH WAMAK URCO, TARQUI PARISH, PASTAZA PROVINCE"

Authors:

DIEGO PÉREZ ROMERO.

ALEX PEÑA NARVÁEZ.

ABSTRACT

This project analyzes foundation of photovoltaic systems, its functions, its classifications and its constituent parts. This study focuses primarily on a system of autonomous generation from solar energy.

Converting solar energy to electrical energy by the use of photovoltaic cells is indicated in the development of this project. The research method that was used consists of a combined modality, which a documentary study and practical applicative parts were required in the environment that the study unfolds. Once, solar radiation was evaluated in the study site, with the obtained information, the energy from 10:00 am to 2:00 p.m. was determined in the system which reaches a maximum of 4078.5 [W / m² / día], with highs at or above 1078 irradiance [W / m²], the photovoltaic system works from 8 am to 5 p.m.

The researchers could verify that regularly supply the electricity demand which was established in all houses by established usage times during the day with data from the time of project development and their respective calculations time.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de docente del idioma inglés del centro cultural de idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: la traducción del resumen de Proyecto de investigación al idioma inglés presentando por los señores de la cerra de ingeniería eléctrica de la unidad académica CIYA: **Alex Javier Peña Narváez** con número de cedula 1600414740 y **Diego Fernando Pérez Romero** con numero de cedula 1600566622, cuyo título versa “**ANÁLISIS DE LA RADIACIÓN SOLAR PARA DETERMINAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE PERMITA ABASTECER LA DEMANDA ELÉCTRICA DE LA COMUNA WAMAC URCO, PARROQUIA TARQUI, PROVINCIA DE PASTAZA**”, lo realizo bajo mi supervisión y cumple con una correcta escritura gramatical del idioma

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 2016

Atentamente,

.....

Lic. Wilmer Patricio Collaguazo Vega

DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

CC: 172241757-1

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Título del Proyecto:

“Análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de la comuna Wamac Urco, parroquia Tarqui, provincia de Pastaza”.

1.2 Fecha de inicio:

Octubre 2015.

1.3 Fecha de finalización:

1 de Agosto.

1.4 Lugar de ejecución:

Pastaza-Pastaza-Tarqui.

Figura 1.1. Ubicación del lugar de estudio.



Fuente: (Google Earth 2016).

1.5 Unidad Académica que auspicia:

Ciencias de la ingeniería y aplicadas.

1.6 Carrera que auspicia:

Ingeniería eléctrica.

1.7 Proyecto de investigación vinculado:

Energía renovable.

1.8 Equipo de Trabajo:

Datos Personales

Nombres y Apellidos: Pérez Romero Diego Fernando

Fecha de nacimiento: 27-05-1987

Cedula de ciudadanía: 160056662-2

Estado civil: soltero

Números telefónicos: 032892411/0984368928

e-mail: diepefer@yahoo.com

Datos Personales

Nombres y Apellidos: Peña Narváez Alex Javier

Fecha de nacimiento: 27-05-1991

Cedula de ciudadanía: 160041474-0

Estado civil: soltero

Números telefónicos: 032530055/0982362212

e-mail: alexjavier0427@gmail.com

Datos Personales

Nombres y Apellidos: Xavier Alfonso Proaño Maldonado

Fecha de nacimiento: 1985-10-20

Cedula de ciudadanía: 0502656424

Estado civil: soltero

Números telefónicos: 097-9645465 / 032- 663638

e-mail: xavier.proano@utc.edu.ec

1.9 Área de Conocimiento:

Ingeniería y Tecnología Eléctrica.

1.10 Línea de investigación:

Explotación y diseño de sistemas eléctricos.

1.11 Sub líneas de investigación de la Carrera:

Energía renovable.

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO.

El presente tuvo como objetivo analizar el potencial de la radiación solar mediante instrumentación y obtención de datos reales para la implementación de un sistema fotovoltaico de generación eléctrica en la comunidad Wamac Urco.

Por medio de los datos obtenidos de acuerdo al análisis de la radiación solar se logró obtener la curva (frecuencia- tiempo) mensual del mes más crítico, obteniendo así un valor medio mensual irradiancia de 4078 [Wh / m²], y así mismo 4,99 horas pico sol.

Mediante los resultados obtenidos de la radiación solar, se calculó el dimensionamiento del sistema fotovoltaico el cual logra abastecer de energía a cada inmueble de la comuna, siendo la carga instalada de 194w establecida en cada hogar, los cuales serán usadas en cierto periodo de tiempo en el día o en la noche.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

La falta de energía eléctrica en forma continua en ciertos lugares del Ecuador viene hacer un gran problema para las personas que no cuentan con este servicio que es de gran importancia, por tal razón se va a realizar un análisis de la radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica de la comuna Wamac Urco y que sea de gran ayuda para varias familias de este sector quienes no cuentan con el mencionado servicio. Los sistemas que se han desarrollado hasta ahora, permiten un servicio de energía eléctrica renovable eficiente sin embargo no todo este sistema puede aplicarse de forma general en la región, debido a sus costos y servicios de operación.

Escoger el método para generar y distribuir energía renovable ayudará al mejoramiento de calidad de vida de los beneficiarios y adicionalmente darán un impulso en proyectos que

benefician la economía familiar. La implementación del sistema de energía solar fotovoltaica permitirá que los comuneros hagan uso de la energía eléctrica para un sistema de iluminación.

La novedad científica de los resultados alcanzados en esta investigación es: la determinación de la cantidad de radiación solar emitida en el lugar de estudio para lograr determinar un sistema fotovoltaico y así abastecer la demanda eléctrica de la comuna.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.

4.1 Beneficiarios Directos:

La comunidad Wamac Urco.

4.2 Beneficiarios Indirectos:

La empresa eléctrica Ambato, por no proveer el servicio de energía a la comunidad además de ya no realizar estudios técnicos.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

En la parroquia Tarqui la distribución de energía eléctrica la realiza la Empresa Eléctrica Ambato, del sistema nacional interconectado y de la cobertura que existe conforme con información recopilada por el GAD Tarqui se conoce que 16 asentamientos humanos incluyendo a la cabecera parroquial cuentan con el servicio de energía eléctrica solo 6 no cuentan con este servicio: Iwia, Shingushimi, Wamac Urco, Ilipungo, Chuvaurco y desarrollo familiar.

En la comuna Wamac Urco para poder solucionar este problema básico debe intervenir la Empresa Eléctrica Ambato, sin embargo se dificulta por los asentamientos humanos dispersos, donde los costos unitarios serán elevados dificultando así a este servicio de manera que pasara el tiempo y la comuna seguirá con déficit de energía eléctrica.

Por lo tanto el presente proyecto tiene como fin la utilización de energía fotovoltaica como alternativa de fuente de electricidad para uso rural y el aprovechamiento de energía limpia.

6. OBJETIVOS:

6.1 General.

- Analizar la radiación solar en la comuna Wamac Urco, mediante instrumentación y datos reales, para determinar un sistema fotovoltaico que permita abastecer la demanda eléctrica y suplir una de las necesidades básicas de la comuna.

6.2 Específicos.

- Investigar los tipos los tipos de radiación solar existentes.
- Efectuar la tabulación de datos de la radiación solar en el sector mediante la utilización de instrumentos.
- Establecer la demanda máxima de energía eléctrica a los beneficiarios de la comuna.
- Diseñar un sistema solar fotovoltaicos que permita obtener energía eléctrica para suplir las necesidades básicas.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

En la tabla 7.1 se indaga los objetivos planteados en la investigación con sus actividades respectivas, resultados y medios de verificación.

Tabla 7.1

Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Investigación de radiación y fuentes de sistemas átomos de generación solar	Consulta de fuentes bibliográficas	Se dispone de radiación global en el sector	Fuentes bibliográficas
Análisis de la radiación solar en el sector.	Recolección de datos de la Radiación [Wh / m ²].	Histogramas de frecuencia y optar por el peor mes.	Piranómetro.
Establecer la demanda máxima de los beneficiarios.	-Establecer potencia (W) de cada hogar. -Curva de demanda.	Energía Diaria (Wh)	Cálculos Realizados. Entrevista.
Determinar un sistema solar fotovoltaico.	Dimensionamiento de un sistema autónomo.	-Paneles Solares. -Baterías. -Regulador. -Inversor.	Cálculos Realizados.

Realizado por: Los investigadores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.

8.1 Antecedentes de la investigación.

Según Renova energía SA (2005), comenta que la energía solar fotovoltaica es una forma de obtención de electricidad por medio de paneles solares fotovoltaicos. Los paneles o módulos fotovoltaicos están compuestos por dispositivos semiconductores tipo diodo (células fotovoltaicas) que, al recibir la radiación solar, se estimulan y generan saltos electrónicos, generando diferencias de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de estas células permite obtener voltajes en corriente continua, adecuados para alimentar dispositivos electrónicos sencillos o a mayor escala, esta corriente eléctrica continua generada por los paneles se puede transformar en corriente alterna e inyectar en la red eléctrica. Pág. 34-35.

Según lo manifestado existen poblaciones dentro de la provincia de Pastaza donde las redes eléctricas no llegan, por este motivo las personas buscan la manera de obtener energía eléctrica, siendo los sistemas solares fotovoltaicos una alternativa para obtener energía limpia y pura que no contamine el medio ambiente, es así que se ha logrado captar la energía a través de los llamados paneles solares o fotovoltaicos. Ahora el funcionamiento de los paneles solares se basa en el denominado efecto fotovoltaico, el cual se produce cuando materiales semiconductores convenientemente tratados incide la radiación solar generando energía eléctrica.

De acuerdo al Mapa de radiación solar global sobre la superficie plana (2005) especifica que Ecuador, por su ubicación geográfica, es uno de los países que tiene una gran ventaja, con respecto a la radiación solar que recibe, la radiación incidente es casi perpendicular, y además es uno de los países que tiene más horas de sol al año. Pág. 35.

De acuerdo con lo manifestado anteriormente en Ecuador, en la provincia de Pastaza, en la Comunidad de Sarayaku llegó la energía eléctrica a través de paneles solares y benefició a cerca de 1.500 habitantes. Además, se ha formado a un grupo de jóvenes de la comunidad como técnicos en la instalación solar y mantenimiento.

8.2 Energía solar.

De acuerdo a Arenas Sánchez, D., & Zapata Castaño, H., (2011) afirma que la energía solar es la fuente principal de vida en el planeta: dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en la Tierra, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. El sol nos suministra alimentos mediante la fotosíntesis y como es la energía del sol la que induce el movimiento del viento, del agua y el crecimiento de las plantas, la energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovables (la energía mareomotriz, energía de la biomasa, la energía hidroeléctrica, la energía eólica y de la energía solar). Pag. 115

“La energía solar absorbida por la Tierra en un año es equivalente a 20 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles en el mundo y 10 mil veces superior al consumo actual” Arenas Sánchez (2011) Pag. 67-68.

Las células solares dispuestas en paneles solares, ya producían electricidad en los primeros satélites espaciales. Actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural. La energía solar puede ser perfectamente complementada con otras energías convencionales, para evitar la necesidad de grandes y costosos sistemas de acumulación. Así, una casa bien aislada puede disponer de agua caliente y calefacción solar, con el apoyo de un sistema convencional a gas o eléctrico que únicamente funcionaría en los periodos sin sol.

8.2.1 Radiación Solar.

De acuerdo Dr. Gabriel González Sprinberg y Lic. Carolina Rabin Lema. (2011) es el flujo de energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta). La porción de esta radiación que no es absorbida por la atmósfera, es la que produce quemaduras en la piel a la gente que se expone muchas horas al día sin protección. La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado piranómetro (dispositivo mostrado en la figura 8.1).Pág. 27.

Figura.8.1. Piranómetro.



Realizado por: Los investigadores

Características del instrumento ver en el ítem 8.4.

8.2.1.1 Tipos de Radiación Solar.

El Instituto Tecnológico de Canarias S.A., (2008) argumenta que existen 4 tipos de radiación solar.

Radiación Directa. Es la radiación que llega hasta la superficie de la Tierra sin que llegue a ser desviada o devuelta por los fenómenos de reflexión o dispersión

Radiación Difusa. La radiación difusa del cielo es el efecto generado cuando la radiación solar que alcanza la superficie de la atmósfera de la Tierra se dispersa de su dirección original a causa de moléculas en la atmósfera.

Radiación Reflejada. Es, como su propio nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie.

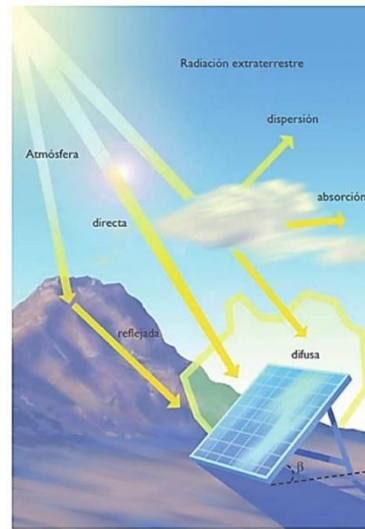
Radiación Global. Es la suma de las radiaciones directa y difusa sobre una superficie horizontal. Es la forma de radiación ambiental que usualmente se registra en las estaciones meteorológicas de primer orden. Pág. 60-62.

Siguiendo con lo expuesto las radiaciones se expresan en la figura 8.2

Según Luis J. fuentes (2013),”*Los distintos tipos de colectores solares aprovechan de forma distinta la radiación solar. Los colectores solares planos, por ejemplo, captan la radiación total (directa + difusa), sin embargo, los colectores de concentración solo captan la radiación*

directa. Por esta razón, los colectores de concentración suelen situarse en zonas de muy poca nubosidad y con pocas brumas, en el interior, alejadas de las costa.”pág. 104.

Figura 8.2. Tipos de Radiación en la superficie terrestre.



Fuente: (Instituto Tecnológico de Canarias S.A., 2008).

8.2.2 Energía Solar Fotovoltaica.

Según Pareja Aparicio Miguel (2015) la energía solar puede ser transformada directamente en energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos, aprovechada como calor para generación eléctrica indirectamente, mediante sistemas de concentración solar de potencia o, utilizada para calentar agua a través de colectores solares. La fuente de energía más constante con la que cuenta nuestro planeta es la proveniente del sol, que alcanza en promedio 1.360 W/m^2 , además se define como energía solar fotovoltaica al proceso de obtención de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos (...) Los módulos o colectores fotovoltaicos están conformados por dispositivos semiconductores tipo “diodo”, los cuales al recibir radiación solar mediante un proceso químico se excitan y provocan saltos electrónicos; esto se conoce como efecto fotoeléctrico. Pág.154.

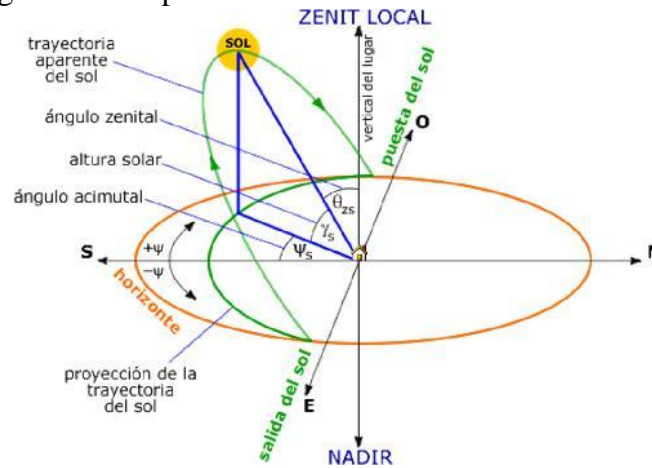
Al producirse este fenómeno se genera una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas para el uso de pequeños dispositivos electrónicos.

En resumen, cuando estos electrones son capturados, el resultado obtenido es una corriente eléctrica continua que puede ser aprovechada y transformada en corriente alterna, y así ser inyectada a la red eléctrica o sistema interconectado.

8.2.2.1 Ángulos Solares.

La posición del sol con respecto a un punto fijo en la tierra siempre va cambiando de acuerdo a la época del año en la que se encuentre, por lo que es necesario tener presente la trayectoria solar para el cálculo de la producción energética en una instalación solar.

Figura. 8.3. Capacidad Fotovoltaica Solar Global.



Fuente: (Cursolar, 2006).

La posición del sol viene determinada por la altura y el ángulo del mismo, que son las que proporcionan la posición del sol referida al plano del horizonte.

Del gráfico 8.3. se puede identificar las principales características que se deben tener en cuenta para el posicionamiento en función del sol.

Zytech Solar. (2013), define los siguientes términos:

Ángulo de Altitud Solar (γ_s).- es el ángulo formado entre la horizontal y la dirección del Sol, es decir, el ángulo de altitud solar corresponde al complemento del ángulo cenital.

Ángulo Azimutal de superficie (ψ_s).- corresponde al ángulo formado entre la dirección norte-sur y la proyección en el plano horizontal de la recta normal a la superficie del colector solar.

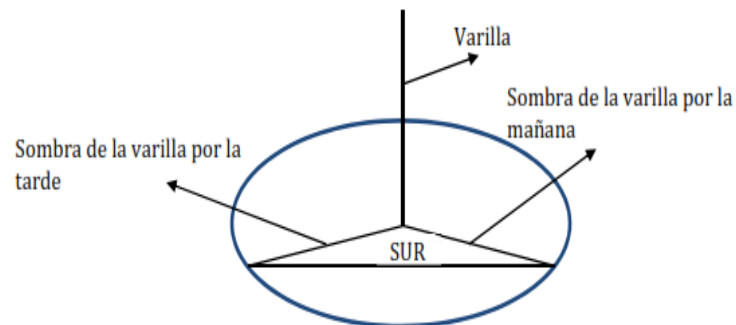
Ángulo cenital (θ_s).- es el ángulo formado entre la vertical a un observador local y el rayo de la componente directa de la radiación. Pág. 208.

Para la instalación del panel solar fotovoltaico se lo debe orientar hacia el sur geográfico de acuerdo a lo que se manifiesta el sur geográfico no coincide con el magnético dado por la brújula y se lo puede determinar siguiendo el siguiente procedimiento.

El ente regional de la energía de Castilla León (2004) dice.

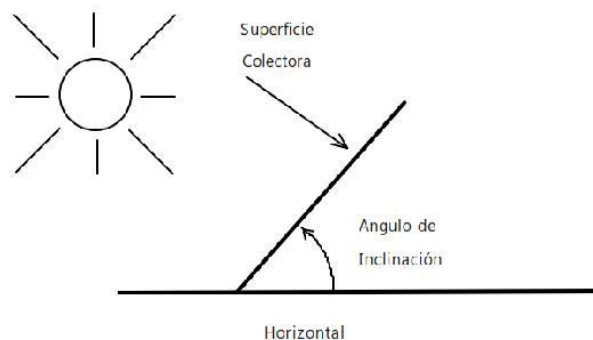
“Dos o tres horas antes del mediodía solar, colocar una varilla en el suelo, medir su sombra y hacer una señal, hacer un círculo con la medida de la sombra en el suelo, por la tarde, cuando la sombra tenga otra vez la medida del círculo hacer otra señal, la recta que une ambas señales, mirando hacia la varilla, está orientada al sur geográfico”. Véase en la figura 8.4.

Figura. 8.4. Determinación práctica del sur geográfico.



Fuente: (Ente Regional de La Energía de Castilla León, 2004).

Figura 8.5. Ángulo de Inclinación.



Fuente: (Gasquet, 2004).

En la Figura 8.5 indica claramente el ángulo de inclinación del panel solar, este ángulo debe ser tal que la radiación solar llegue a la superficie colectora o al panel fotovoltaico en forma perpendicular para aprovechar al máximo esta radiación.

8.2.2.2 Células solares.

Según Grupo NAP (2007) es el dispositivo en el que se produce la conversión de luz en electricidad gracias a las propiedades de los semiconductores por una parte y a las estructuras (unión *pn*, heterounión, interfaz sólido-electrolito, etc.) que permiten extraer los electrones excitados de la célula, antes de que vuelvan a su estado de equilibrio térmico, hacia un circuito exterior para que realicen un trabajo. La célula solar utiliza un haz de fotones a 5726 °C es decir, opera como una máquina térmica cuya fuente caliente, la caldera, estuviera a esos 5726 °C (...) Las células más utilizadas son las realizables en silicio cristalino y silicio multicristalino en las que se han realizado una unión *pn* y contactos en ambas caras. Pág. 234.

Pareja Aparicio Miguel (2015) afirma que “Las células solares proporcionan aproximadamente 0,5 Voltios y una corriente de 35 [mA / cm²] cuando son iluminadas por el sol en un día claro a 1000 [W / m²] que se toma como irradiancia de referencia estándar”. Pag 172.

Ambos materiales utilizan silicio ultrapuro como el empleado en la Industria microelectrónica, de cuyos excedentes se ha nutrido la Industria fotovoltaica hasta hoy.

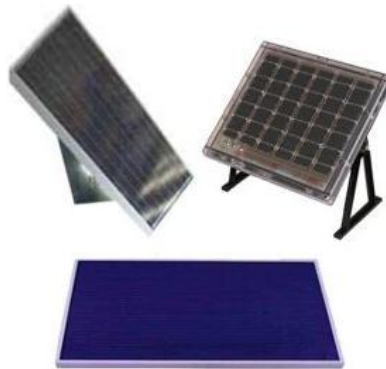
8.2.2.3 Módulo fotovoltaico.

Según Henriquez Harper. (2011) no es más que un conjunto de celdas solares conectadas entre sí de tal manera que este pueda tener ciertas características de voltaje y corriente que satisfaga cierta carga que se ubique en sus terminales, su función es captar y convertir la radiación solar en corriente eléctrica. Estos dispositivos se pueden conectar en serie o en paralelo. Cuando se conectan en serie el voltaje total será la suma de los voltajes individuales de cada uno de los dispositivos. La corriente de salida será igual a la corriente de un módulo. Al conectarlos en paralelo la corriente total será la suma de las corrientes individuales de cada módulo y el voltaje será el mismo que el de uno solo. Por lo tanto, el número de componentes conectado en serie determina el voltaje, y el número de

dispositivos en paralelo determina la corriente que se le puede suministrar a una carga. Pág.197.

Como se puede ver en la figura 8.6, hay variedad de módulos fotovoltaicos en cuanto a su diseño y fabricación.

Figura. 8.6. Módulo Fotovoltaico.



Fuente: Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones (2011).

8.2.2.4 Sistema de Generación Eléctrica Fotovoltaica.

Como se mencionó anteriormente la base de esta energía se encuentra en transformar la energía lumínica brindada por el sol en energía eléctrica, para esta conversión es necesario contar con un dispositivo que permita realizar esto, en este caso es la Celda solar.

De acuerdo a lo que menciona EE.RR. - IDAE, (2008) indica que la energía del sistema fotovoltaico puede ser aprovechada de dos maneras, la primera que las cargas consuman directamente la corriente continua que produce el módulo o la segunda es transformar esta corriente en corriente alterna y llevarlas a las respectivas cargas que se posea. En el caso de los sistemas de generación eléctrica fotovoltaica se los puede clasificar en dos tipos, el primero es un sistema aislado de la red eléctrica y el segundo es un sistema conectado a la red eléctrica. Pág.76

8.2.2.5 Sistemas aislados de la red eléctrica.

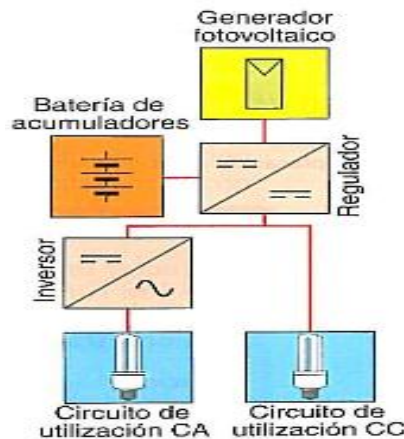
Según Castejón Oliva Agustín., D., & Santamaría Herranz German (2012) son sistemas fotovoltaicos que se utilizan para abastecer de energía eléctrica a receptores o viviendas

aisladas que no disponen de conexión a la red de distribución de energía eléctrica. También se denominan sistemas aislados de la red. Si al sistema fotovoltaico de generación de energía se añaden otras fuentes adicionales de energía como generadores diésel, aerogeneradores, etc., el sistema recibe la denominación de híbrido (...) Los sistemas que suministran decenas de kilovatios, destinados a abastecer de energía eléctrica a poblaciones pequeñas alejadas de la red de distribución eléctrica, reciben el nombre de centrales fotovoltaicas autónomas. Pág. 88

De acuerdo Perpiñán Oscar y Castro Manuel (2012). *“Los sistemas fotovoltaicos autónomos son una alternativa, desde el punto de vista técnico y económico, a otros sistemas de generación eléctrica, en aquellos lugares donde no se dispone de suministro de la red de distribución eléctrica o es necesaria una gran inversión económica para alcanzarla, sobre todo frente a sistemas de producción de energía mediante generadores diésel, baterías, etc”* Pag 35.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos más numerosos son generalmente de poca potencia, van desde los que disponen de un único módulo, que generan potencias de algunas decenas de vatios, hasta los que generan potencias de hasta 10 kW como se lo observa en la figura 8.7”.

Figura. 8.7. Sistema fotovoltaico autónomo.



Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas (2012).

8.3 Proyecto de un sistema fotovoltaico con acumulación.

Según Castejón Oliva Agustín., D., & Santamaría Herranz German (2012) para realizar el diseño del sistema hay diferentes métodos, se utilizó el procedimiento propuesto por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) en el pliego de

condiciones técnicas de instalaciones aisladas de la red propuesto en la convocatoria de ayudas del Plan de Fomento de las Energías Renovables. Pág. 201.

8.3.1 Recogida de información.

De acuerdo a lo que menciona Castejón Oliva Agustín., D., & Santamaría Herranz German (2012) la información se recopila con visitas al lugar de la instalación y mediante entrevistas al usuario o cliente. Se debe acotar el alcance del suministro de energía especificando los consumos que hay que abastecer, así como las opciones de ampliación a contemplar. Es importante recoger información sobre periodos de uso de la instalación y de los diferentes receptores que se vayan a utilizar. Si es posible, recabar el nivel de seguridad deseado en días de autonomía en el suministro. Pág. 45.

El conjunto de la información recogida se agrupa en un inventario. El principal objetivo de esta recogida de información es realizar una estimación de la energía eléctrica media diaria absorbida por el sistema.

8.3.2 Elección del tipo de sistema.

La elección del tipo de sistema implica determinar la necesidad de acumulación (sistema directo o con acumulación si se utiliza energía eléctrica en horas de no insolación), el tipo de corriente que se va a utilizar en los receptores (solo c.c., c.c.y c.a. o solo c.a.) y la tensión o tensiones nominales de los circuitos de utilización.

La tensión nominal del circuito de utilización viene fijada por los receptores que se quiere alimentar. En aquellos casos en los que se tenga que elegir una tensión nominal para el sistema de acumulación, con el fin de conseguir valores de intensidad razonables, se fija en función de la potencia (Tabla 8.1).

Tabla 8.1

Tensión nominal del sistema en función de la potencia

POTENCIA	TENSION NOMINAL
$P \leq 800W$	12V
$800 < P \leq 1600W$	24V
$1600 < P \leq 3200W$	48V
$P > 3200W$	120 O 300V

Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas Castejón (2012).

8.3.3 Dimensionamiento del generador.

El dimensionado del generador fotovoltaico de acuerdo a Jose Javier Garcia y Badell Lapetra (2003) se realiza en función del consumo eléctrico de la instalación y la radiación solar que se recibe en el lugar. Para realizar este dimensionado es imprescindible establecer un periodo de diseño que básicamente consiste en hacer una distribución de los consumos de energía eléctrica a lo largo del año y decidir aquel intervalo de tiempo donde la relación (generación/consumo) va a ser más desfavorable. Pág. 57.

Para facilitar el cálculo de la potencia del generador, estas pérdidas se agrupan en un coeficiente que recoge el rendimiento energético de la instalación denominada PR (Performance Ratio).

Los valores típicos de PR que se recomienda utilizar son:

- Sistemas con inversor: PR = 0,7
- Sistemas con inversor, batería y regulador de carga: PR = 0,6
- Sistema con batería y regulador de carga (sin inversor): PR = 0,7

Según Castejon Oliva el valor mínimo de potencia del generador fotovoltaico P_{Gmin} se calcula con la ecuación 1 de siguiente:

$$P_{Gmin} = \frac{Wd * GCME}{Gdm \left(\frac{Wh}{m^2} \right) * PR} \quad (Ecuacion 1)$$

P_{Gmin} = potencia del generador (W).

G_{cem} = Irradiancia en condiciones CEM (constante de valor 1.000 W / m²).

Wd = consumo de energía diario (Wh).

G_{dm} = valor medio mensual de irradiación diaria sobre la superficie del generador (Wh / m²).

PR = rendimiento energético de la instalación. Expresado en tanto por uno.

Una vez calculada la potencia mínima que tiene que tener el generador fotovoltaico hay que seleccionar los módulos fotovoltaicos que lo forman y cómo tienen que ir conectados para cumplir con las necesidades de tensión del sistema de acumulación.

La Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF) (2010), argumenta que la selección de un módulo fotovoltaico adecuado implica elegir módulos con la tensión nominal

adecuada para un sistema aislado con acumulación y una potencia que conectando un número adecuado de módulos proporcione como mínimo la potencia mínima calculada P_{Gmin} . Con el fin de no sobredimensionar el generador se comprobará que con la potencia máxima del módulo elegido no se sobrepasa el 20 % del valor de P_{Gmin} es decir, la potencia nominal del generador fotovoltaico. Pág. 86.

Con lo manifestado anteriormente debe cumplir con lo expresado en la ecuación 2:

$$P_{Gmin} \leq P_G \leq 1.2 * P_{Gmin} \quad (\text{Ecuacion 2})$$

En general, un módulo fotovoltaico preparado para trabajar con un sistema de acumulación de 12 V, es un módulo de 36 células que tiene una tensión U_{mpp} en el rango 17...18 V y una tensión U_{oc} en el rango 21...22 V. Estas tensiones son necesarias para poder cargar adecuadamente una batería de acumuladores de 12 V. Calcular con ecuación 3.

Número de módulos (N_p) a conectar para conseguir la potencia mínima prevista:

$$N_p = \frac{P_{Gmin}}{P_{max}} \quad (\text{Ecuacion 3})$$

El generador tendrá ocho ramas conectadas en paralelo ($N_p = 8$) con un único módulo por rama ($N_s = 1$) puesto que la tensión del generador es igual a la tensión de un módulo. Con estos datos, los parámetros del generador son:

Potencia resultante del generador (P_{Gmax}):

$$P_{Gmax} = N_p * P_{max} \quad (\text{Ecuacion 4})$$

Tensión de circuito abierto del generador (V_{goc}):

$$V_{goc} = N_s * V_{oc} \quad (\text{Ecuacion 5})$$

Intensidad de cortocircuito del generador (I_{gsc}):

$$I_{gsc} = N_p * I_{sc} \quad (\text{Ecuacion 6})$$

Tensión máxima del generador (V_{gmpp}):

$$V_{gmpp} = N_s * V_{mpp} \quad (\text{Ecuacion 7})$$

Intensidad máxima del módulo: Amperios (A).

Intensidad máxima del generador (Igmpp):

$$I_{gmpp} = N_p * I_{mpp} \quad (\text{Ecuacion 8})$$

8.3.4 Dimensionado del sistema de acumulación.

La función de la batería de acumuladores en un sistema aislado de la red es proporcionar energía eléctrica durante la noche y durante aquellos días de nula o muy baja insolación. Por lo tanto, el criterio básico para calcular la capacidad de este sistema de acumulación es que tiene que garantizar el suministro de las necesidades de energía eléctrica diaria durante un número de días de autonomía fijados de antemano.

Según Luis Monge Malo (2010) el número de días de autonomía depende del lugar y tipo de instalación. En lugares con largos periodos de baja insolación, con predominio de días nublados, hay que fijar más días de autonomía que en lugares donde predominan los días soleados. Para alargar la vida útil de la batería de acumuladores es preciso fijar también una profundidad de descarga máxima (PDmax) al final del periodo de autonomía fijado, profundidad que depende del tipo de batería de acumuladores utilizada y suele estar en el rango 30% a 90%. Pág. 79.

Fijados los días de autonomía y la profundidad de descarga, se calcula la capacidad del sistema de acumulación a partir del consumo medio diario. Como la capacidad de una batería se expresa en Ah (amperio / hora), hay que calcular el consumo medio diario de la instalación en Ah (amperio / hora), dividiendo el valor de la energía diaria calculado con el inventario de consumos, entre la tensión nominal.

$$Q_d = \frac{W_d}{V_n} \quad (\text{Ecuacion 9})$$

Q_d = consumo medio diario (Ah / día).

W_d = energía media diaria (Wh / día).

V_n = tensión nominal del sistema de acumulación (v).

La capacidad total del sistema de acumulación se calcula con la ecuación 10.

$$C_n = \frac{Q_d * \text{día de autonomía}}{P_{dmax} * \text{ninv} * \text{nrb}} \quad (\text{Ecuación 10})$$

C_n = capacidad de la batería de acumuladores para descarga en 20 horas (Ah).

Q_d = consumo medio diario (Ah / día).

DA = días de autonomía del sistema (días).

PD_{max} = profundidad de descarga máxima (50-70 %).

n_{inv} = rendimiento del inversor. En tanto por uno (Unidad).

n_{rb} : rendimiento del conjunto batería y regulador de carga. En tanto por uno (Unidad).

Jose Javier Garcia (2003) menciona que, con las condiciones estándar de Medida (CEM - Standard Test Conditions - STC) que corresponden a una irradiancia en el plano del módulo de 1.000 W/m², temperatura del módulo de 25±2 °C y una distribución espectral de la irradiancia de acuerdo con el factor de masa de aire (AM) 1.5. Si se sobredimensiona en exceso el sistema de acumulación, el generador fotovoltaico nunca podrá cargarlo completamente y la batería tenderá a sulfatarse. Pág. 375.

Para evitar esto, el valor de la capacidad del sistema de acumulación aplicando la ecuación 11 el resultado no excederá en 25 veces la corriente de cortocircuito en CEM del generador fotovoltaico:

$$C_n < 25 * I_{gsc} \quad (\text{Ecuación 11})$$

C_n : capacidad total de la batería de acumuladores (Ah).

I_{gsc} : intensidad de cortocircuito del generador fotovoltaico en CEM (A).

Finalmente, con el dato de capacidad total del sistema de acumulación y la tensión nominal del sistema, se elige un elemento acumulador con una capacidad nominal y una tensión tales que, con las conexiones serie-paralelo adecuadas, cumpla con los requisitos de capacidad total y tensión nominal calculados.

Javier Martín Jiménez (2008) La tensión nominal se consigue conectando en serie acumuladores mono bloque de 6 V o 12 V o elementos acumuladores de 2 V de tensión nominal. Si la capacidad del sistema de acumulación es pequeña, inferior a 300 Ah se

utilizan elementos monobloque, para capacidades mayores se utilizan elementos de 2 V. El número de elementos acumuladores a conectar en serie se calcula dividiendo la tensión nominal del sistema entre la tensión del elemento elegido Pág. 145.

$$Nbs = \frac{Vn}{Vb} \quad (\text{Ecuacion 12})$$

Vn= tensión de un elemento acumulador (V).

Vb= tensión nominal del sistema de acumulación (V).

Nbs= número de elementos en serie

Aunque se deben evitar, dentro de lo posible, los agrupamientos en paralelo, en sistemas con necesidad de mucha capacidad es inevitable realizar este tipo de conexionado. El número necesario de ramas de acumuladores en paralelo se calcula dividiendo la capacidad total del sistema entre la capacidad del elemento acumulador elegido aplicando al ecuación 13:

$$Nbp = \frac{Cn}{Cb} \quad (\text{Ecuacion 13})$$

Cn: capacidad nominal del sistema de acumulación (Ah).

Cb: capacidad de un elemento acumulador (Ah).

Nbp: número de ramas de elementos en paralelo.

8.3.5 Dimensionado del regulador de carga.

Anne Labouret y Michel Villosz (2008), manifiesta que *“Para seleccionar el regulador de carga más apropiado para un sistema fotovoltaico autónomo, hay que determinar su tensión nominal, su intensidad nominal y la tensión máxima de entrada que tiene que soportar.”* Pag. 134.

- La tensión nominal (VR), tiene que coincidir con la tensión nominal del sistema de acumulación, Vn.
- La intensidad nominal (VR), es el valor de la intensidad de cortocircuito, IGsc del generador fotovoltaico en condiciones CEM con un factor de seguridad de 1,25 como muestra la ecuación 14.

$$IR = 1,25 * IGsc \quad (Ecuacion 14)$$

- La tensión máxima en la entrada no debe ser sobrepasada por la tensión máxima de circuito abierto del generador fotovoltaico, VGoc, a la temperatura más desfavorable (-10 OC) de las células del módulo.

Con estos datos se consultan los catálogos de los fabricantes para seleccionar el regulador de carga que mejor se adapta a dichos parámetros.

$$VR \geq Vgoc(-10\text{ }^{\circ}\text{C}) = Vgoc + \beta * (T - 25) \quad (Ecuacion 15)$$

8.3.6 Dimensionado del inversor.

Javier Martín Jiménez (2008) menciona que *“La potencia del inversor se determina con el valor de la potencia instalada en la planilla de circuitos derivados; considerando dos factores importantes en el dimensionamiento del mismo”*. Pág. 274.

El primer factor es el de reserva que por lo general es el 25 % de la potencia de carga. El segundo factor es el número de veces que se considera la potencia al momento del arranque de cualquier electrodoméstico, llegando a la ecuación 16 que se detalla a continuación:

$$P_{inv} = 1.25 * (P_{inst} * 3) \quad (Ecuacion 16)$$

8.4 Piranómetro.

El equipo utilizado para el levantamiento de información relacionado es el piranómetro de marca Apogee MP200 Solar Meter el cual almacena datos cada 30 min cada dato almacenado se basa en un promedio de muestras que el equipos toma cada 30 segundos, este equipo tiene

la capacidad de almacenar un total de 99 datos, este equipo brinda la facilidad de transferir los datos a la PC y de esta manera proceder a realizar el estudio.

En la figura siguiente se indica el equipo utilizado en el cual se muestra una medición.

Figura. 8.8. Piranómetro Apogee MP200.



Realizado por: Los investigadores

9. VALIDACION DE PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS.

El análisis de la radiación solar permitirá dimensionar un sistema fotovoltaico que abastecerá la demanda eléctrica de la comuna Wamac Urco.

9.1 Validación de hipótesis

De acuerdo a histogramas realizados con datos obtenidos del estudio en el sector se encontró una radiación solar óptima para el uso de células fotovoltaicas.

Basándonos en la tabla 12.1 se demuestra que el análisis de la radiación solar es el óptimo ya que no influye con algún impacto ambiental.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.

La metodología utilizada en el presente proyecto de investigación es una pequeña descripción de los materiales utilizados para la obtención de datos de la radiación solar.

10.1 Modalidad de investigación.

Al conocerse como un proyecto factible viene a enmarcarse en un paradigma cuanto-cualitativo ya que se recogieron y analizaron datos cuantitativos y calificativos sobre la viabilidad de estudio del análisis de la radiación solar.

En el presente proyecto tuvo como finalidad analizar si existe suficiente radiación solar para determinar un sistema fotovoltaico que pueda abastecer de energía a la comunidad Wamac Urco.

10.2 Tipo de investigación.

Los utilizados son de tipo documental y de campo debido a que se necesita varias normativas relacionadas con la energía solar y fuentes de consultas de textos.

10.2.1 Investigación documental.

Alfredo Leito Diego Mendoza (2012), confirma que *“este tipo de investigación es la que se realiza, como su nombre lo indica, apoyándose en fuentes de carácter documental, esto es, en documentos de cualquier especie.”* Pág.21

En el transcurso del proyecto la investigación documental se requirió muchas fuentes solares tanto a nivel nacional como internacional, para así poder relacionar los datos reales obtenidos y los consultados.

10.2.2 Investigación de campo.

Alfredo Leito Diego Mendoza (2012), confirma *“La investigación de campo se presenta mediante la manipulación de una variable externa no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo, o por qué causas se produce una situación o acontecimiento particular.”* Pag.22

En el proyecto la investigación de campo viene a enfocarse a la recolección de datos de radiación solar en el espacio a realizarse el estudio, además de realizar visitas técnica a la comunidad para cada vez irlos relacionando con el sistema.

10.3 Metodología.

El proyecto fue de forma no experimental, ya que se analizó una causa real, radiación solar en el sitio de estudio y determinación de un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda de energía en la comunidad

10.4 Métodos y técnicas.

Para el proyecto propuesto se indicó una recolección bibliográfica de las temáticas actuales relacionadas al tema la cual ayudo a cubrir parámetros fundamentales que se relacionan con el tema, los datos obtenidos con los instrumentos de medida, también se utiliza técnicas estadística para la tabulación de los datos de radiación obtenidos.

10.4.1 La observación

La observación fue una técnica empleada ya que en base a nuestros ojos verificamos cada uno de los datos obtenidos, y de esta forma se hizo la respectiva tabulación y cálculos para la obtención de la energía deseada.

10.4.2 La entrevista

La entrevista fue una técnica apropiada para obtener la información que nos brindaron los moradores y los funcionarios del GAD parroquial Tarqui, y así se logró conocer la necesidad de la energía eléctrica. Esta técnica proporciono información necesaria y vital, para la culminación del proyecto y así satisfacer a cada uno de sus usuarios.

10.4.3 Cálculo

El cálculo del dimensionamiento es esencial para conocer exactamente los nivel de voltajes y de potencias, para así poder determinar los diferentes equipos que van estructurados en el sistema fotovoltaico, con las diferentes ecuaciones planteadas.

10.4.4 Software

Excel fue con el software que se trabajó, debido a no tener ningún programa de simulación existente en el mercado ecuatoriano, se dimensiono y se tabulo todos los datos obtenidos en el transcurso del proyecto.

10.5 Variable e indicadores.

En la tabla 10.1 muestra los indicadores de las variables dependientes e independientes así como también sus dimensiones y técnicas de instrumentos.

Tabla 10.1.
Operalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	DIMENSIONES	TECNICAS DE INSTRUMENTOS
El análisis de la radiación solar	Irradiancia	(W/m ²)	Piranometro
	Irradiación	(Wh/m ²)	Excel
	Potencias máximas	(VA).	Excel
	Energía	(Wh)	Excel
VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	DIMENSIONES	TECNICAS DE INSTRUMENTOS
Determinar un sistema fotovoltaico que va abastecer la demanda eléctrica de la comuna	Panel Fotovoltaico Curva de comportamiento V-I Baterías. Regulador. Inversor.	(W/m ²) Ah W W	Dimensionamiento cálculos

Realizado por: Los investigadores

11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se detalla el historial de datos obtenidos de las mediciones de irradiación solar de los tres meses de estudio, además se analiza los histogramas del mes más crítico y una gráfica del comportamiento de la irradiancia vs tiempo.

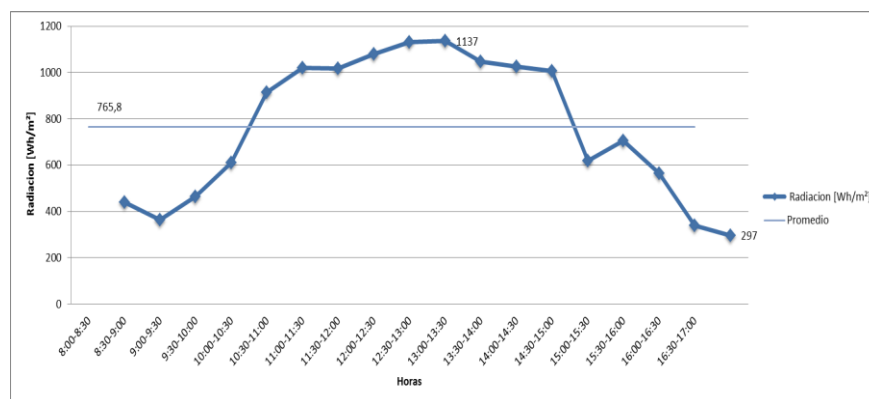
Se establece de igual forma un sistema fotovoltaico con los datos obtenidos y sus respectivos cálculos para el dimensionamiento.

11.1 Análisis de los datos recolectados de radiación del mes de Abril.

En la tabla 11.1 se indica claramente el comportamiento de la irradiancia medida que transcurre en el tiempo, además obtenemos la energía total y la hora pico sol, que son datos importantes para conocer el mes más crítico considerado en el dimensionamiento.

Tabla 11.1*Irradiancia característica en el mes de Abril y su frecuencia*

HORA	RADIACION [Wh / m ²]	FRECUENCIA	ENERGÍA CADA MEDIA HORA [Wh / m ²]
8:00-8:30	440	37,00%	220
8:30-9:00	363	27,00%	181,5
9:00-9:30	465	30,00%	232,5
9:30-10:00	611	40,00%	305,5
10:00-10:30	915	33,00%	457,5
10:30-11:00	1020	27,00%	510
11:00-11:30	1017	37,00%	508,5
11:30-12:00	1081	33,00%	540,5
12:00-12:30	1131	37,00%	565,5
12:30-13:00	1137	27,00%	568,5
13:00-13:30	1048	30,00%	524
13:30-14:00	1025	30,00%	512,5
14:00-14:30	1007	30,00%	503,5
14:30-15:00	620	30,00%	310
15:00-15:30	705	23,00%	352,5
15:30-16:00	564	27,00%	282
16:00-16:30	339	40,00%	169,5
16:30-17:00	297	30,00%	148,5
Energía total de 8:00-17:00		6892,5	
Hora pico sol		6,89	
Promedio Radiación [Wh/m ²]		765,8	
Máximo		1137	
Mínimo		297	

Figura 11.1 Irradiancia vs Tiempo

Realizado por: Los investigadores

En la figura 11.1 se muestra la cantidad de energía estimada de 8:00 am a 17:00 pm del mes de julio, indica también el comportamiento de la curva de la radiación en las horas establecidas, su promedio 765.8 [Wh / m²], el máximo de 1137 [Wh / m²] y el mínimo de 297 [Wh / m²].

Cabe recalcar que en este mes es óptimo para realizar el dimensionamiento debido a que cumple con lo establecido por los fabricantes de módulos fotovoltaicos, que para llegar a su máxima potencia de generación, la radiación debe tener mayor o igual a 1000 [Wh / m²], no se considera en el dimensionamiento por motivo de que el análisis de la radiación, se lo hace con el mes de menor energía, el mes de abril cuenta con una energía de 6892.5 [Wh / m²].

11.2 Análisis de los datos recolectados de radiación del mes de Mayo.

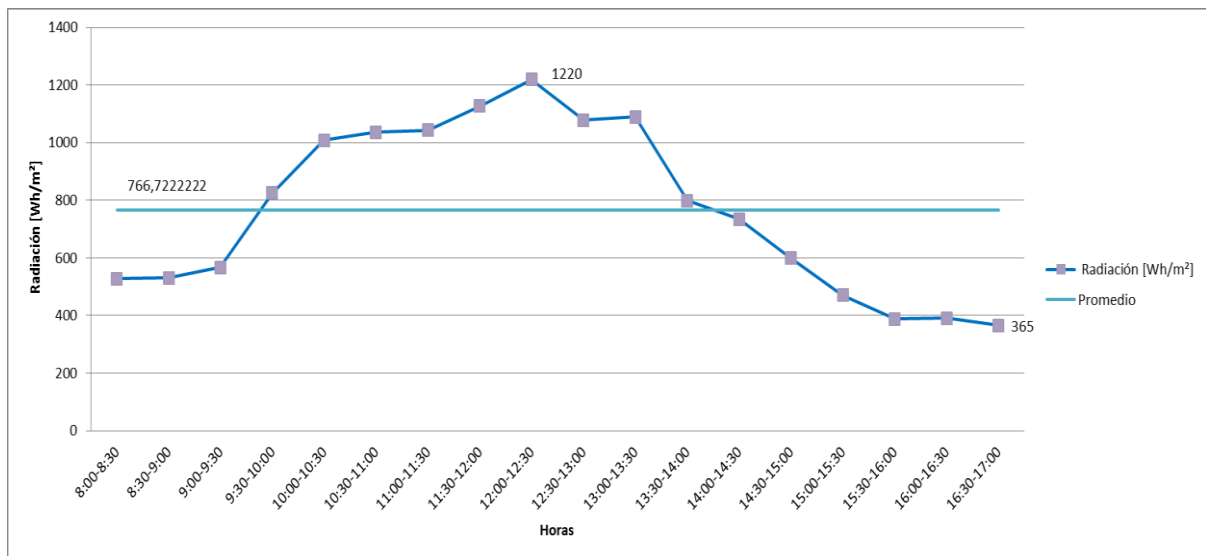
11.3 En la tabla 11.2 de igual forma muestra el comportamiento de la irradiancia medida que transcurre en el tiempo, además obtenemos la energía total y la hora pico sol.

Tabla 11.2

Irradiancia característica en el mes de Mayo y su frecuencia

HORA	RADIACIÓN [Wh / m ²]	FRECUENCIA	ENERGÍA CADA MEDIA HORA [Wh / m ²]
8:00-8:30	528	30%	264
8:30-9:00	531	27%	265,5
9:00-9:30	567	23%	283,5
9:30-10:00	826	37%	413
10:00-10:30	1008	33%	504
10:30-11:00	1036	33%	518
11:00-11:30	1044	33%	522
11:30-12:00	1127	30%	563,5
12:00-12:30	1220	30%	610
12:30-13:00	1078	23%	539
13:00-13:30	1089	27%	544,5
13:30-14:00	799	30%	399,5
14:00-14:30	734	23%	367
14:30-15:00	599	27%	299,5
15:00-15:30	471	23%	235,5
15:30-16:00	388	29%	194
16:00-16:30	391	19%	195,5
16:30-17:00	365	27%	182,5
Energía total de 8:00-17:00			6900,5
Hora pico sol			6,90
Promedio Radiación [Wh/m ²]			766,72
Máximo			1220
Mínimo			365

Figura 11.2 Irradiancia vs Tiempo



Realizado por: Los investigadores

En la figura 11.2 se muestra la cantidad de energía estimada de 8:00am a 17:00 pm del mes de julio, indica también el comportamiento de la curva de la radiación en las horas establecidas, su promedio 766.7 [Wh / m²], el máximo de 1220 [Wh / m²] y el mínimo de 365 [Wh / m²].

Este mes es óptimo para realizar el dimensionamiento debido a que cumple con lo establecido por los fabricantes de módulos fotovoltaicos, que para llegar a su máxima potencia de generación, la radiación debe tener mayor o igual a 1000 [Wh / m²], de igual forma no se considera en el dimensionamiento por motivo de que el análisis de la radiación, se lo hace con el mes de menor energía, el mes de mayo cuenta con una energía de 6900.5 [Wh / m²].

11.4 Análisis de los datos recolectados de radiación incidente del mes de Junio.

En la tabla 11.3 se muestra datos comparativos del mes de abril, mayo y junio, de la energía con sus respectivas horas pico sol, siendo así el más crítico y considerado para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, el mes de junio con una energía total de 6647,5 [Wh / m²] y 6,6 horas pico sol.

Tabla 11.3*Energía y horas pico sol del mes de junio*

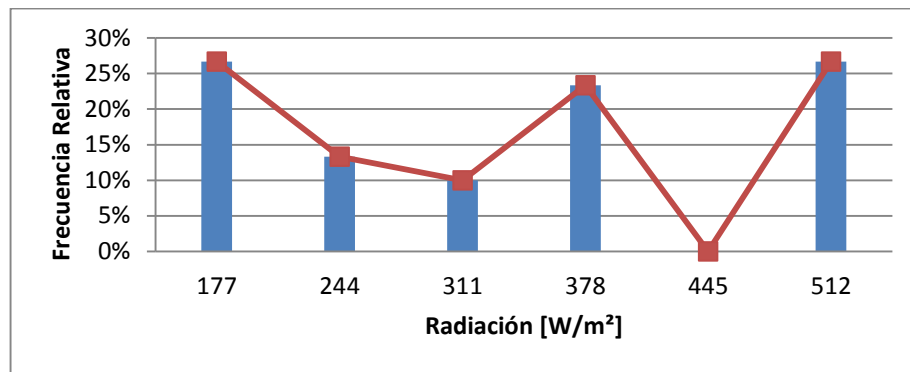
ENERGÍA TOTAL DE 8:00-17:00 DEL MES DE ABRIL.	ENERGÍA TOTAL DE 8:00-17:00 DEL MES DE MAYO.	ENERGÍA TOTAL DE 8:00-17:00 DEL MES DE JUNIO.
6892,5 [Wh / m ²]	6900,5 [Wh / m ²]	6647,5 [Wh / m ²]
HORAS PICO SOL EN EL MES DE ABRIL	HORAS PICO SOL EN EL MES DE MAYO	HORAS PICO SOL EN EL MES DE JUNIO
6,9	6,9	6,6

Realizado por: Los investigadores

Tabla 11.4*Frecuencia de radiación solar de un día típico del mes de Junio (8:00-8:30)*

N° de datos	30						
Valor máximo	543 [W / m ²]						
Valor Mínimo	143 [W / m ²]						
Rango	400 [W / m ²]						
N° de intervalos	5,87	6,0					
Amplitud de clase	66,67	67,0	[W / m ²]				
Clase	Límite Inferior [W/m ²]	Límite Superior [W/m ²]	Marca de Clase [W/m ²]	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa	
1	143	210	177	8	8	27%	
2	210	277	244	4	12	13%	
3	277	344	311	3	15	10%	
4	344	411	378	7	22	23%	
5	411	478	445	0	22	0%	
6	478	545	512	8	30	27%	

Figura 11.3. Histograma y polígono de frecuencia (8:00-8:30).



Realizado por: Los investigadores

Como se muestra en la tabla 11.4 que para dos clases se tiene la misma frecuencia, para el análisis se tomara el caso más favorable que le corresponde al de la clase seis con 512 [W / m²], sin embargo esta radiación solar no permite que trabaje adecuadamente el sistema fotovoltaico y puede ocasionar mala operación del inversor por tener voltajes muy bajos de salida de estos módulos.

Se analiza la tabla 11.4 con los datos obtenidos de todo el mes de junio de 8:00 a 8:30 am, con estos datos se calcula el valor máximo, mínimo y su rango correspondiente, además de los intervalos que se tomara en cuenta para el análisis de los datos tabulados.

Una vez calculados los diferentes datos, obtenemos la frecuencia absoluta es decir el número de veces que se repite un dato que se encuentre entre el rango del límite superior y límite inferior. Siendo así la marca de clase un promedio entre los límites y dato a usar para obtener la energía total, el cual se utiliza para el cálculo del dimensionamiento del generador.

En la figura 11.3 se puede observar el comportamiento de los datos de radiación y su frecuencia alcanzada en el tiempo establecido de junio, como se muestra el gráfico que contiene un dato que marca cero, esto se debe a que no se refleja una repetición entre los rangos de los límites.

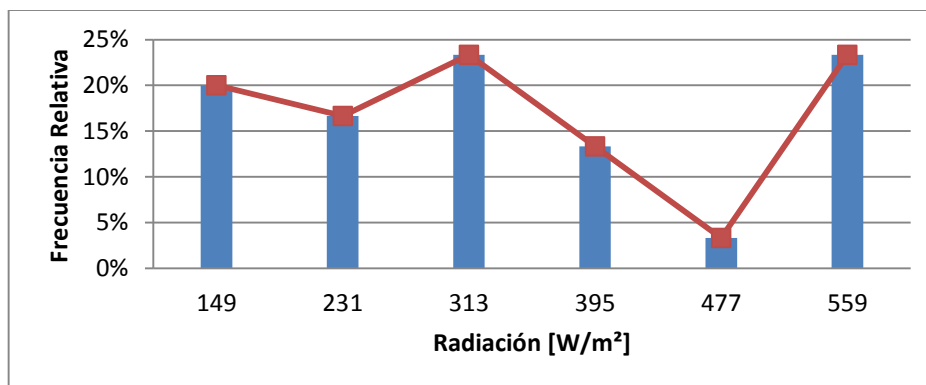
Tabla 11.5

Frecuencia de radiación solar de un día típico del mes de Junio (8:30-9:00).

N° de datos	30	
Valor máximo	597 [W / m ²]	
Valor Mínimo	108 [W / m ²]	
Rango	489 [W / m ²]	
N° de intervalos	5,87	6,0
Amplitud de clase	81,50	82,0 [W/m ²]

Clase	Límite Inferior [W/m ²]	Límite Superior [W/m ²]	Marca de Clase [W/m ²]	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa
1	108	190	149	6	6	20%
2	190	272	231	5	11	17%
3	272	354	313	7	18	23%
4	354	436	395	4	22	13%
5	436	518	477	1	23	3%
6	518	600	559	7	30	23%

Figura 11.4. Histograma de irradiancia (8:30-9:00).



Realizado por: Los investigadores

La tabla 11.5 muestra que la mayor irradiancia se halla en la clase seis con 559 [W / m²] como valor promedio de esta clase, sin embargo es sugestivo notar que en este caso la irradiancia incidente es superior al caso anterior.

En la figura 11.3 se puede observar el comportamiento de los datos de radiación y su frecuencia alcanzada de 8:30 am a 9:00 am.

De 9:00am hasta 10:00am la irradiancia incidente tiende a subir hasta 725 [W / m²], valores no son adecuados para que trabaje el sistema fotovoltaico, ver ANEXO I.

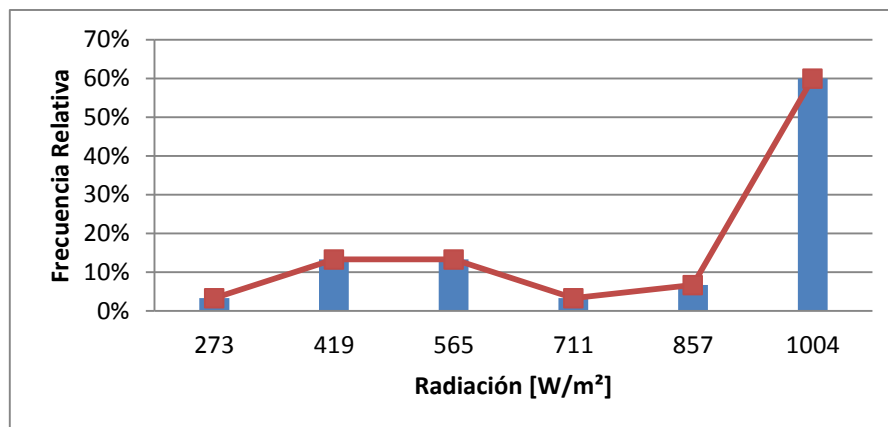
Tabla 11.6

Frecuencia de radiación solar de un día típico del mes de Junio (10:00-10:30)

N° de datos	30	
Valor máximo	1074	[W / m ²]
Valor Mínimo	200	[W / m ²]
Rango	874	[W / m ²]
N° de intervalos	5,87	6,0
Amplitud de clase	145,67	146,0 [W / m ²]

Clase	Límite Inferior [W/m ²]	Límite Superior [W/m ²]	Marca de Clase [W/m ²]	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa
1	200	346	273	1	1	3%
2	346	492	419	4	5	13%
3	492	638	565	4	9	13%
4	638	784	711	1	10	3%
5	784	930	857	2	12	7%
6	930	1078	1004	18	30	60%

Figura 11.5. Histograma de irradiancia (10:00-10:30).



Realizado por: Los investigadores

De igual forma la tabla 11.7 muestra una irradiancia de 1004 [W / m²] en la clase seis, con el caso particular que este valor se utiliza para las pruebas de los módulos fotovoltaicos en el laboratorio.

En la figura 11.5 se puede observar el comportamiento de los datos de radiación y su frecuencia alcanzada de 10:00 am a 10:300 am.

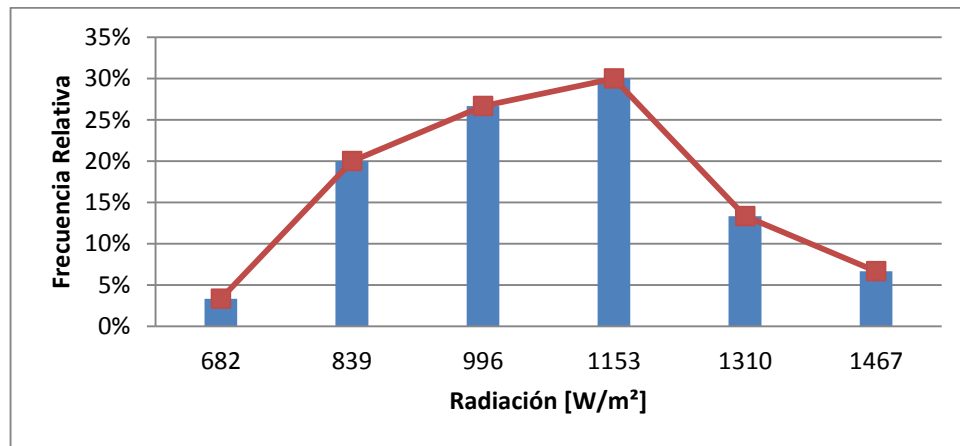
Tabla 11.7

Frecuencia de radiación solar de un día típico del mes de Junio (12:00-12:30)

N° de datos	30						
Valor máximo	1542 [W / m ²]						
Valor Mínimo	603 [W / m ²]						
Rango	939 [W / m ²]						
N° de intervalos	5,87	6					
Amplitud de clase	156,50	157 [W / m ²]					
	Límite Inferior [W/m ²]	Límite Superior [W/m ²]	Marca de Clase [W/m ²]	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Absoluta Acumulada	Frecuencia Relativa	
Clase	1	603	760	682	1	1	3%
	2	760	917	839	6	7	20%
	3	917	1074	996	8	15	27%
	4	1074	1231	1153	9	24	30%
	5	1231	1388	1310	4	28	13%
	6	1388	1545	1467	2	30	7%

En este caso la tabla 11.7 muestra que en esta hora se produce la mayor irradiancia, cabe recalcar que la irradiancia se mantiene sobre los 1000 [W / m²] desde las 10:00 am a 13:30 pm luego de esta hora la radiación empieza a descender hasta las 17:00 pm con valor de irradiancia de 243 [W / m²] ver ANEXO I.

Figura 11.6. Histograma de irradiancia (12:00-12:30).



Realizado por: Los investigadores

En la figura 11.6 se puede observar el comportamiento de los datos de radiación y su frecuencia alcanzada de 12:00 pm a 12:30 pm.

En la siguiente tabla 11.8 se indica la irradiancia en el tiempo que se estableció para el funcionamiento del sistema fotovoltaico además muestra la energía total de 8:00 am a 17:00 pm con su respectiva hora pico sol.

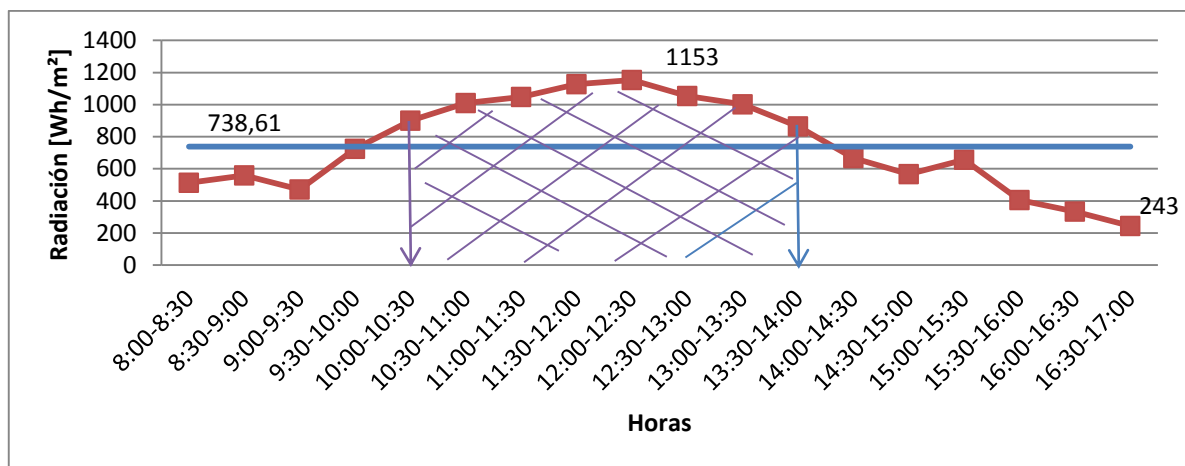
Tabla 11.8

Irradiancia característica en el mes de Junio y su frecuencia

Hora	Radiación [Wh / m²]	Frecuencia	Energía cada media hora [Wh / m² / día]
8:00-8:30	512	30%	256
8:30-9:00	559	27%	279,5
9:00-9:30	470	23%	235
9:30-10:00	725	37%	362,5
10:00-10:30	900	33%	450
10:30-11:00	1010	33%	505
11:00-11:30	1047	33%	523,5
11:30-12:00	1128	30%	564
12:00-12:30	1153	30%	576,5
12:30-13:00	1053	23%	526,5
13:00-13:30	1002	27%	501
13:30-14:00	864	30%	432
14:00-14:30	666	23%	333
14:30-15:00	567	27%	283,5

15:00-15:30	657	23%	328,5
15:30-16:00	405	29%	202,5
16:00-16:30	334	19%	167
16:30-17:00	243	27%	121,5
Energía total de (8:00-17:00).			6647,5
Energía de (10:00-14:00).			4078,5
Hora pico sol.			6,6475
Promedio Radiación [Wh / m ²].			738,61
Máximo.			1153
Mínimo.			243

Figura 11.7 Irradiancia vs Tiempo



Realizado por: Los investigadores

En la figura 11.7 se muestra la cantidad de energía estimada de 8:00am a 17:00 pm del mes de junio, indica también el comportamiento de la curva de la radiación en las horas establecidas, su promedio, el máximo y el mínimo.

En el análisis realizado se escogió mes de Junio por ser el más crítico ya que cuenta con una energía total de 6647,5 [Wh / m² / día]. Para los cálculos pertinentes del dimensionamiento, se optara tomar la energía establecida en 4078,5 [Wh / m² / día] en las horas de 10:00 am a 14 pm, por tener valores iguales y superiores a 1000 [Wh / m²], con el dato obtenido se realizó el dimensionamiento de los módulos solares, sistema de baterías, reguladores de carga y conversores.

11.5 Irradiación que presenta la provincia Pastaza.

Tabla 11.9

Frecuencia de radiación solar en Pastaza

MES	IRRADIACION [Wh /m² / día]
ENERO	4500
FEBRERO	4650
MARZO	4500
ABRIL	4050
MAYO	4200
JUNIO	4050
JULIO	4050
AGOSTO	4650
SEPTIEMBRE	5100
OCTUBRE	4950
NOVIEMBRE	4800
DICIEMBRE	4800

Fuente: Atlas solar del ecuador (2008).

La tabla 11.9 indica la cantidad de energía estimada en los meses del año, siendo junio uno de los meses con menor irradiación, de esta forma tenemos un historial para la comparación con los valores tomados en el estudio.

11.6 Desarrollo de dimensionamientos de acuerdo al análisis obtenido.

11.6.1 Cálculo de energía a consumir por día.

Cálculo de la energía que va a consumir cada inmueble de la comunidad.

Energía consumida en corriente alterna (AC) en Wh.

$$\sum Pac * tdi \quad \text{Ecuación 1}$$

Pac: Potencia nominal del equipo (w).

tdi: Tiempo diario de uso en horas (h).

Tabla 11.10.*Consumos medios diario*

ELEMENTOS DE CONSUMO	POTENCIA (W)	CANTIDAD N	TIEMPO H / DÍA	ENERGÍA (W.H)
	P			/ DÍA P·N·H / DÍA
Computadora portátil	65	1	1	65
Luminaria	12	2	4	96
cargador celular	13	1	1	13
Radio	11	1	2	22
televisor	85	1	2	170
TOTAL				Wh / 366 día
POTENCIA TOTAL			198 W	

Realizado por: Los investigadores

En la tabla 11.10 especifica la carga instalada, sus respectivas horas de uso y la energía que consume en el día una vivienda.

Tabla 11.11.*Consumos medios diario*

ELEMENTOS DE	POTENCIA	CANTIDAD N	TIEMPO H/DÍA	ENERGÍA
	P			P·N·H / DÍA
Computadora portátil	65	1	2	130
Luminaria	12	2	4	96
Infocus	220	1	2	440
TOTAL				666 Wh / día
POTENCIA TOTAL		309 W		

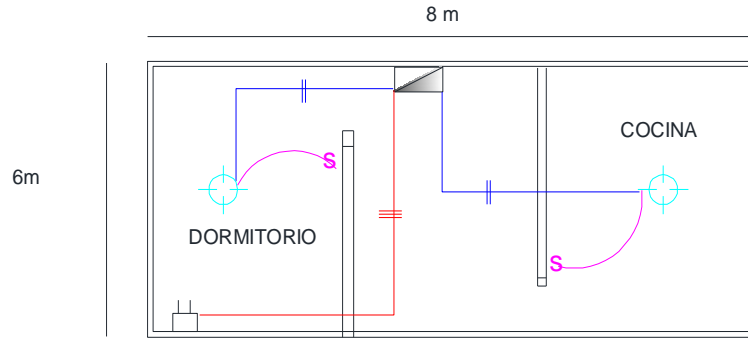
Realizado por: Los investigadores

En la tabla 11.11 especifica la carga instalada, sus respectivas horas de uso y la energía que consume en el día la escuela.

De acuerdo a la entrevista que se encuentra en el ANEXO VII, realizada al presidente del GAD parroquial Tarqui Wilmer Gómez, manifestó que el presupuesto establecido para el proyecto de implementación de energía eléctrica a la comuna Wamac Urco es limitado y de acuerdo a esto se estableció la potencia que se deberá implementar en la comuna. Por tal razón se llegó a

la conclusión de colocar un sistema de iluminación y una fuente de energía, para una potencia total de 198 W para un inmueble y 309 [W] para la escuela que muestra la tabla 11.10, el cual no representara mayor carga para el sistema fotovoltaico.

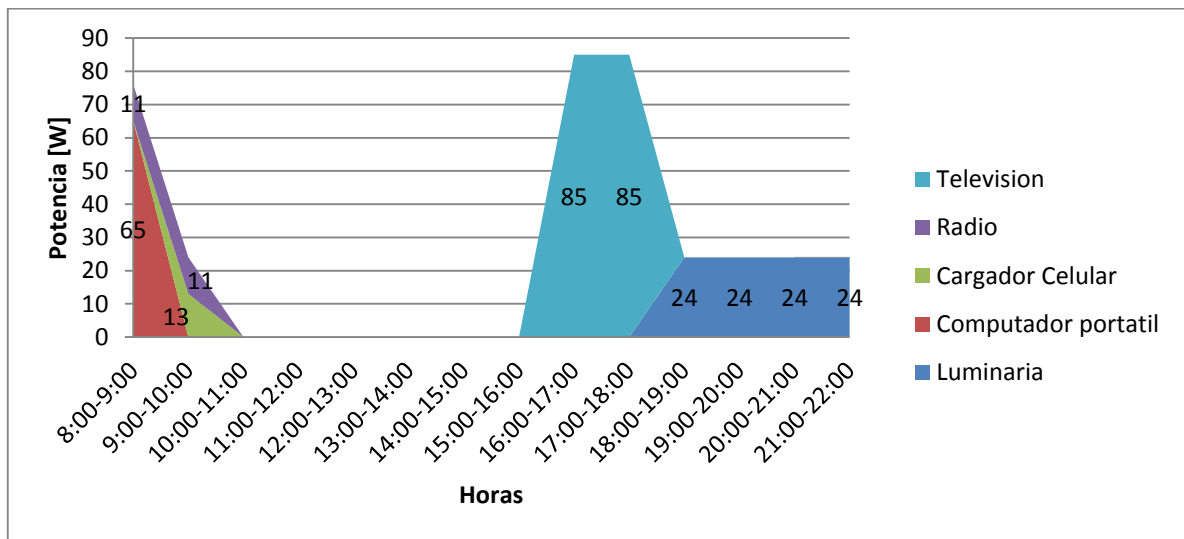
Figura 11.8. Esquema de instalación en la vivienda.



Realizado por: Los investigadores

La figura 11.8 muestra un esquema de ubicación de luminarias y tomacorrientes del inmueble.

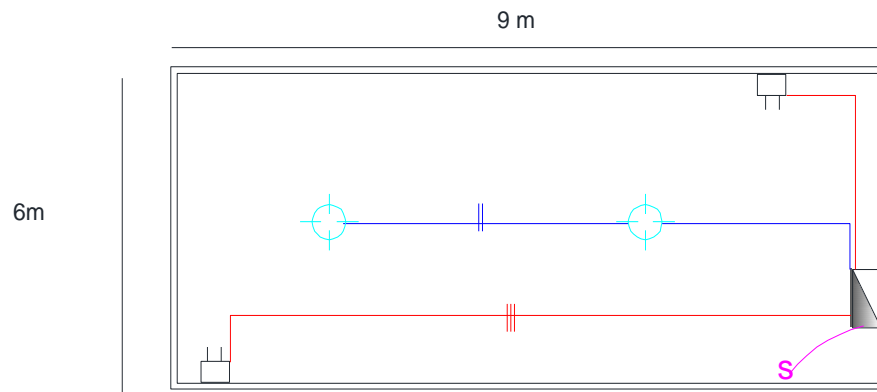
Figura 11.9. Consumo estimado diario del inmueble.



Realizado por: Los investigadores

La figura 11.9 muestra las cargas y las horas de uso en el día del sistema, dejando así de 10 am a 14 pm sin carga el sistema, el cual se obtuvo la mayor irradiación idónea para el funcionamiento óptimo del módulo fotovoltaico y por ende cargar las baterías de acumulación.

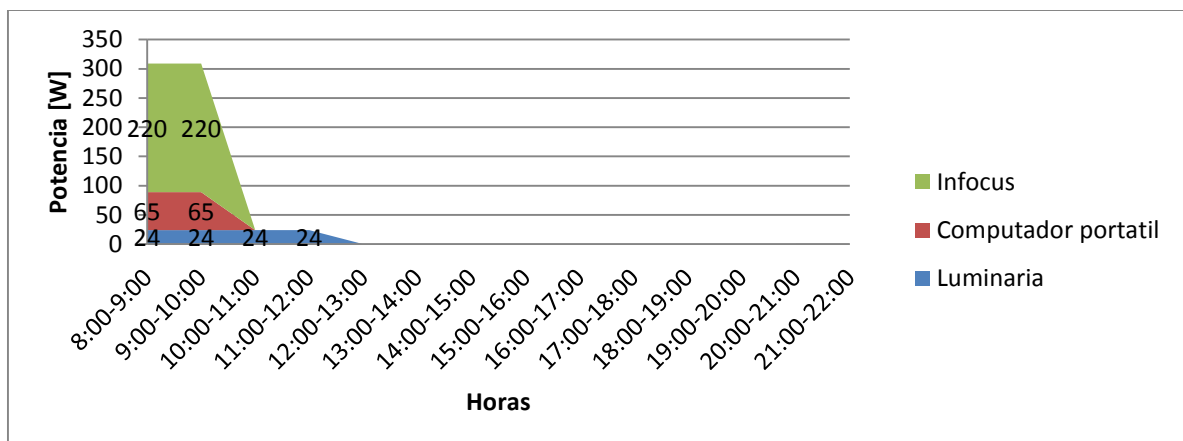
Figura 11.10. Esquema de instalación en la Escuela.



Realizado por: Los investigadores

La figura 11.8 muestra un esquema de ubicación de luminarias y tomacorrientes de la escuela.

Figura 11.11. Consumo estimado diario de la Escuela.



Realizado por: Los investigadores

La figura 11.10 muestra las cargas y horas de uso en el día del sistema, dejando así de 12 am a 17 pm sin carga, tiempo en el cual el módulo fotovoltaico va a cargar sus acumuladores.

11.6.2 Dimensionamiento del generador fotovoltaico

11.6.2.1 Valor mínimo del generador fotovoltaico.

Como la instalación es un sistema con inversor y batería de acumuladores, se estima el rendimiento energético de la instalación $PR=0,6$. Con este dato la potencia mínima del generador fotovoltaico será:

$$PG_{min} = \frac{Wd * GCME}{Gdm \left(\frac{Wh}{m^2}\right) * PR} \quad (\text{Ecuacion 1})$$

Dónde:

PG_{min}= Potencia mínima del generador fotovoltaico [W].

Wd=Consumo de energía diaria [Wh].

GCME= Irradiancia mínima [w/m²].

Gdm= Valor medio mensual de irradiación [Wh/m²].

PR= Performance Ratio

VIVIENDA.

$$PG_{min} = \frac{366 * 1000}{4078 * 0,6}$$

$$PG_{min} = 128[W]$$

Se usara el módulo ND130UJF marca SHARP, con una potencia pico (W_p) de 130W y trabaja a una tensión de 12Vdc, las cuales indica en el ANEXO II.

ESCUELA.

$$PG_{min} = \frac{666 * 1000}{4078 * 0,7}$$

$$PG_{min} = 233[W]$$

Se usara el módulo ND130UJF marca SHARP, con una potencia pico (W_p) de 230W y trabaja a una tensión de 12Vdc, las cuales indica en el ANEXO II.

11.6.2.2 Número de módulos.

$$\text{Numero modulos} = \frac{PG_{min}}{P_{max}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

PG_{min}= Potencia mínima del generador fotovoltaico [W].

P_{max}= potencia máxima del generador fotovoltaico.

IVIVIENDA.

$$\text{Numero modulos} = \frac{128}{130} = 0,98 \approx 1$$

ESCUELA.

$$\text{Numero modulos} = \frac{233}{130} = 1,79 \approx 2$$

11.6.3 Dimensionamiento de sistema de baterías

$$Q_d = \frac{W_d}{V_n} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

W_d = consumo de energía diaria [Wh/día].

V_n = Voltaje nominal [12v].

Q_d = Energía almacenada [Ah/día].

INMUEBLE.

$$Q_d = \frac{366 \text{ Wh/día}}{12v} = 30.5 \text{ Ah/día.}$$

ESCUELA.

$$Q_d = \frac{666 \text{ Wh/día}}{12v} = 55.5 \text{ Ah/día.}$$

Capacidad de las baterías de acumuladores.

Para el dimensionamiento de las baterías primero debemos fijar los siguientes parámetros.

$$C_n = \frac{Q_d * \text{Dia Autonomia}}{P_{Dmax} * Niv * Nrb} \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

C_n = Capacidad de baterías de acumuladores [Ah].

P_{dmax} = Profundidad máxima de descarga (0,7).

Días de autonomía= 2 días.

N_{iv} = Rendimiento del inversor típico [0.85].

N_{rb} = Rendimiento del conjunto de regulador y batería [0.8].

La capacidad de la batería de acumuladores para descarga en 20 horas es:

VIVIENDA.

$$C_n = \frac{30.5 \text{ Ah/día} * 2}{0.7 * 0.85 * 0.8} = 128 \text{ Ah}$$

La batería con la cual se va a diseñar el banco de acumulación es Trojan 27TMH 12V [128Ah] acumulador cíclico. Las especificaciones técnicas se muestran en el ANEXO III.

ESCUELA.

$$C_n = \frac{55.5 \text{ Ah/día} * 2}{0.7 * 0.85 * 0.8} = 233 \text{ Ah}$$

La batería con la cual se va a diseñar el banco de acumulación es la Trojan 8D-AGM 230Ah de ciclo profundo. Las especificaciones técnicas se muestran en el ANEXO III.

11.6.4 Dimensionamiento de regulador

Tabla 11.12

Especificaciones técnicas del regulador

VN	12	V
COEFICIENTE DE SEGURIDAD	1,25	
INTENSIDAD NOMINAL	15	A
TENSION TEMPERATURA	-0,08	mv/C
TENSION MAXIMA	24,7	V

Realizado por: Los investigadores

En la tabla 11.12 se muestra el voltaje nominal, voltaje máximo y corriente nominal, datos necesarios para consultar en los catálogos de los fabricantes y escoger el mejor regulador.

El regulador de carga que se utilizará tanto en la vivienda como en la escuela será el PL20. Marca phocos, cuyas características técnicas se presentan en el ANEXO IV.

11.6.5 Dimensionamiento de inversor

$$P_{inv} = 1.25 * (P_{inst}) \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

P_{inv} = Potencia del inversor [W].

P_{inst} = Potencia instalada [W].

VIVIENDA.

$$P_{inv} = 1.25 * (198W)$$

$$P_{inv} = 247W$$

El inversor (dc-ac) que se utilizará en el sistema será el Inversor Onda Pura TBS Powersine PS300-12 12V 250W, cuyas características técnicas se presentan en el ANEXO V.

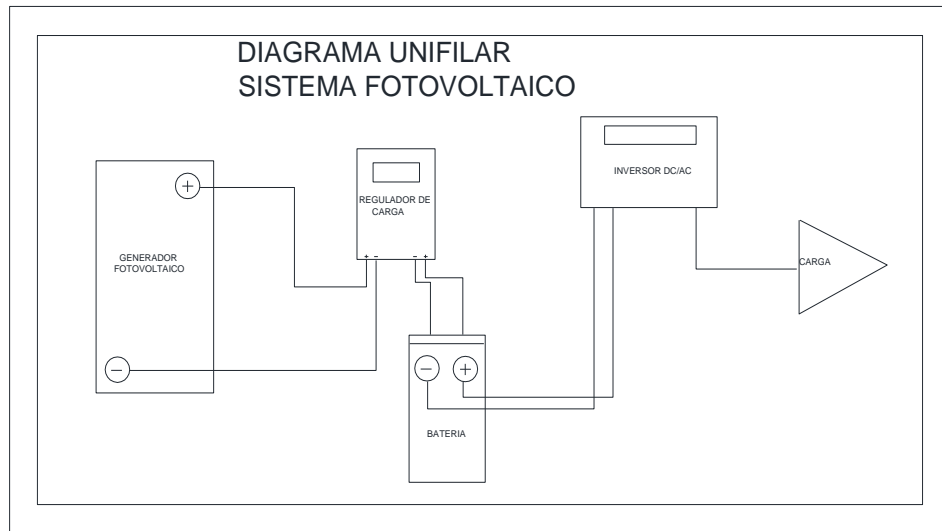
ESCUELA.

$$P_{inv} = 1.25 * (666W)$$

$$P_{inv} = 832W$$

El inversor (dc-ac) que se utilizará en el sistema será el Inversor DOXIN 12V CD-AC 110V 1000W, cuyas características técnicas se presentan en el ANEXO V.

Figura 11.12. Esquema unifilar del sistema fotovoltaico.



Realizado por: Los investigadores

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).

En muchas ocasiones, el factor limitante para instalar energía solar bajo paneles solares fotovoltaicos, es la falta de financiación por el motivo de su costo elevado, pero cuando se trata de una comunidad pequeña y de difícil acceso, como es la de Wamac Urco, la construcción y ejecución de proyectos de este tipo es prácticamente la única opción de dotar de energía eléctrica.

La utilización de energías limpias son esenciales para evitar daños irreversibles al sistema climático global, ya que estos medios de generación de energía eléctrica, no producen ninguna contaminación al medio ambiente.

Se ha comprobado que la electrificación rural mediante paneles fotovoltaicos conlleva a una serie de beneficios, esto se debe a que los resultados directos sobre la población son excelentes, como son las mejoras de las condiciones de estudio, el ahorro económico, ahorro de combustible, la mejora de iluminación doméstica, las consecuencias positivas sobre la salud y la mejora de reuniones y otras actividades. Sin embargo hay otra lista mucho más extensa de resultados indirectos, tales como el impulso del estudio infantil, juvenil y de las personas mayores. Mejoras de equipamiento de establecimientos educativos, en el subcentro de salud, en cuestiones de formación, información y la participación de nuevos proyectos con electricidad.

Tabla 12.1*Análisis de impacto económico ambiental*

IMPACTO ECONOMICO Y AMBIENTAL DE DIFERENTES FORMAS DE GENERACION DE ELECTRICIDAD												
INTEMS	ENERGIA EOLICA			ENERGIA HIDRAULICA			ENERGIA SOLAR			ENERGIA TERMICA		
	A	B	D	A	B	D	A	B	D	A	B	D
FORMA DE INSTALACION	X				X		X			X		
COSTO DE INSTALACION		X			X			X			X	
NIVEL CONTAMINANTE	X			X			X					X
TIPO DE HAMBIENTE		X			X		X				X	
COSTO BENEFICIO	X			X			X				X	
BUENO(A)												
REGULAR(B)												
MALO(D)												

Realizado por: Los investigadores

De acuerdo a la tabla 12.1 se analiza cual es la instalación de generación de electricidad más óptima, que viene hacer la energía solar con categoría A (Bueno) y cumple con las expectativas planteadas, además que se encuentra en el sitio con más radiación en el sector Tarqui, además que otro beneficio de la energía solar fotovoltaica es la reducción de su huella de carbono (menor emisión de gases que producen el efecto invernadero), al demandar electricidad producida con insumos renovables y sostenibles.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.

Presentamos un análisis de precios unitarios para tener la exactitud de cada rubro que constara en el sistema fotovoltaico.

Tabla 13.1*Presupuesto general del proyecto*

RESUMEN PRESUPUESTARIO DATACION DE GENERADORES A LA COMUNIDAD WAMAC URCO.						
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	PRECIO UN	PRECIO TOTAL	
1	GENERADOR FOTOVOLTAICO	C/U	8	250	2000	
2	SISTEMA DE BATERIAS	C/U	8	300	2400	
3	INVENSOR DC/AC (250/830 W)	C/U	7	174	1218	
4	REGULADOR DE VOLTAJE	C/U	7	395	2765	
5	LUMINARIA FLUORECENTE AHORRADORA 12W	C/U	16	6.82	109.12	

6	BOQUILLA PLASTICA TOMACORRIENTE SOBREPUESTO	C/U	16	5.31	84.96
7	DOBLE POLARIZADO 120V	C/U	10	8.32	83.2
8	INTERRUPTOR SIMPLE SOBREPUESTO	C/U	8	7.68	61.44
9	ACOMETIDA ELECTRICA CABLE SOLIDO #12 AWG,TW	ML	400	0.82	328
10	ACOMETIDA ELECTRICA CABLE SOLIDO #14 AWG,TW	ML	370	0.73	270.1
11	CAJA TERMICA 2 PUNTOS 110V	C/U	7	66.95	468.65
12	ACARREO DE MATERIAL	Glb.	1	350	350
				Total	
				USD	10,138.4

Realizado por: Los investigadores

La rentabilidad económica de este proyecto depende de varios parámetros, si existe algún proyecto vial que logre llevar red eléctrica a la comunidad para poder realizar la inversión planteada.

El presupuesto es acorde a lo que se estableció en la entrevista realizada al presidente del Gad Tarqui, quien con mucho interés supo manifestar el Gad contaba con un límite de inversión para el proyecto establecido. Lo expuesto se encuentra en el ANEXO VII

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

14.1 Conclusiones.

- En los datos recopilados en el transcurso del proyecto, se mantiene una radiación igual o superior de 1153W/m² con un aumento parabólico desde las 10:00 Am hasta las 14:00 Pm, esto indica que durante cuatro horas el panel fotovoltaico se encuentra trabajando en sus máximas potencias consideradas por los fabricantes.
- De acuerdo con el presupuesto dado por el presidente de la junta se ha establecido una demanda máxima para cada vivienda de 198 W y 309 W en la escuela, llegando así ajustarnos con el presupuesto planteado.

- El diseño del sistema a base de paneles fotovoltaicos satisface normalmente la demanda eléctrica de cada hogar establecido en la comuna.
- Con el análisis de selección de energía a instalarse, que será la energía solar ya que es la más factible por el método más práctico y la suficiente radiación que existe en el sector, también se cuenta con una adecuada y no complicada adecuación de los materiales requeridos en su instalación y funcionamiento.

14.2 Recomendaciones.

- Es recomendable tratar nuevas de generación en el sector , a la vez se puede implementar un estudio del viento para deducir si es factible un generador eólico en el sistema fotovoltaico
- Se debe capacitar a los habitantes de las comunas sobre el uso medido de la energía y el mantenimiento del mismo para alcanzar e incluso sobrepasar su vida útil registrada por el fabricante.
- Se debe realizar estudios de implementación de sistemas solares fotovoltaicos donde existe mayor cantidad de insolación y el acceso del asentamiento humano sea bastante remoto.
- Para un óptimo funcionamiento de todo el sistema fotovoltaico, no se debería usar ningún artefacto eléctrico en las horas pico sol, para la carga de los acumuladores de energía

15. BIBLIOGRAFIA.

Libros

Arenas Sánchez, D., & Zapata Castaño, H., (2011)

Dr. Gabriel González Sprinberg y Lic. Carolina Rabin Lema. (2011), *Para entender las radiaciones.*

Según Luis J. fuentes (2013), *La generación eléctrica solar.*

Pareja Aparicio Miguel (2015), *Energía solar fotovoltaica.*

Henriquez Harper,(2011), *El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos.*

De acuerdo Perpiñan Oscar y Castro Manuel (2012).*Diseño de sistemas fotovoltaicos.*

Jose Javier Garcia y Badell Lapetra (2003), *Cálculo de la energía solar*.

La Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF) (2010), *Sistemas de energía fotovoltaica. manual del instalador*.

Según Luis Monge Malo (2010), *Instalaciones de energía solar térmica para la obtención de acs en viviendas*.

Anne Labouret y Michel Viloz (2008), *Energía solar fotovoltaica. Manual práctico*.

Javier Martín Jiménez (2008), *Sistemas solares fotovoltaicos. Fundamentos, tecnologías y aplicaciones*

Instituto Tecnológico de Canarias S.A. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*.

Perpiñán Lamigueiro, O. (Marzo de 2013). *Energía Solar Fotovoltaica*.

Obtenido de *SURSOLAR*. (Lunes Diciembre de 2006). Recuperado el 29 de Noviembre de 2013

Marquezuela Iban (2005), *Mapa de radiación solar global sobre la superficie plana*.

Castejón Oliva Agustín., D., & Santamaría Herranz German, (2012). *Instalaciones solares fotovoltaicas*.

EE.RR. - IDAE. (2008). *El Sol Puede ser Suyo*.

CONELEC. (2008). *Atlas Solar Del Ecuador con Fines de Generación Eléctrica*.

Alfredo Leito Diego Mendoza (2012), *Clases de investigación científica*

Web:

Gasquet, H. (2004). *Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica Manual Teórico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos*. México.

Obtenido de <http://www.solartronic.com>

Grupo NAP. (2007). *Energía solar Fotovoltaica*.

Obtenida de <http://www.coit.es>

Sharp Electronics. (2008). *Sharp solar Electric*.

Obtenido de www.sharppusa.com/solar

Duncan. (2010). *Acumuladores solares Duncan*.

Obtenido de <http://www.duncan.com.ve/>

VECTOR. (2004). *350 Watt power inverter*.

Obtenido de www.vectormfg.com.

Renova Energía SA (2005) *soluciones energéticas renovables*.

Obtenido de <http://www.renova-energia.com>

Trojan. (2015). *Acumuladores solares Trojan*.

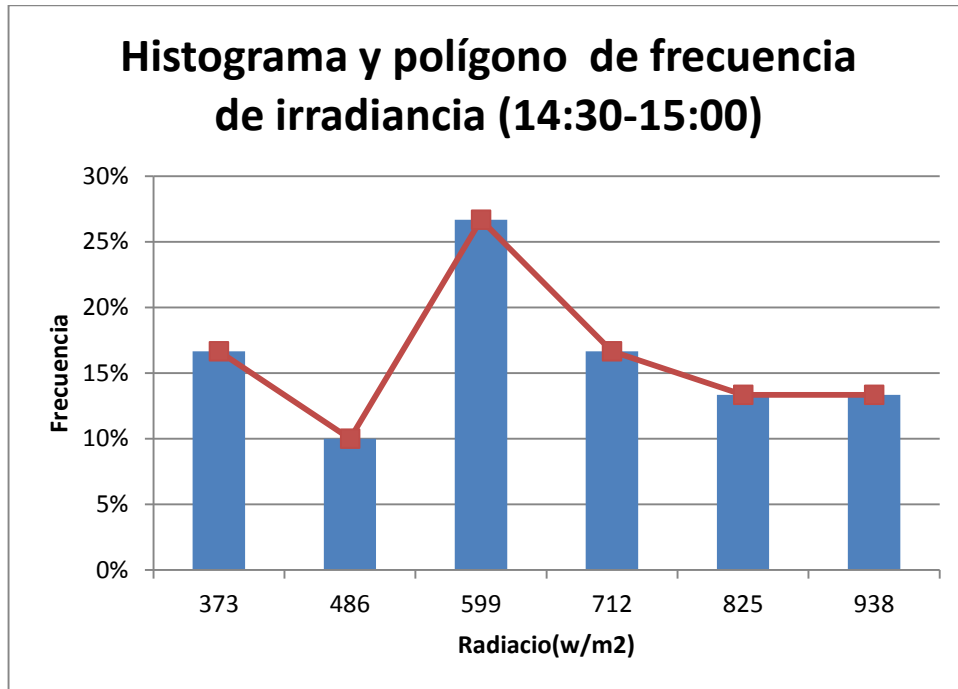
Obtenido de www.trojanbattery.com

ZYTECH SOLAR. (2013.). *Módulos Fotovoltaicos*.

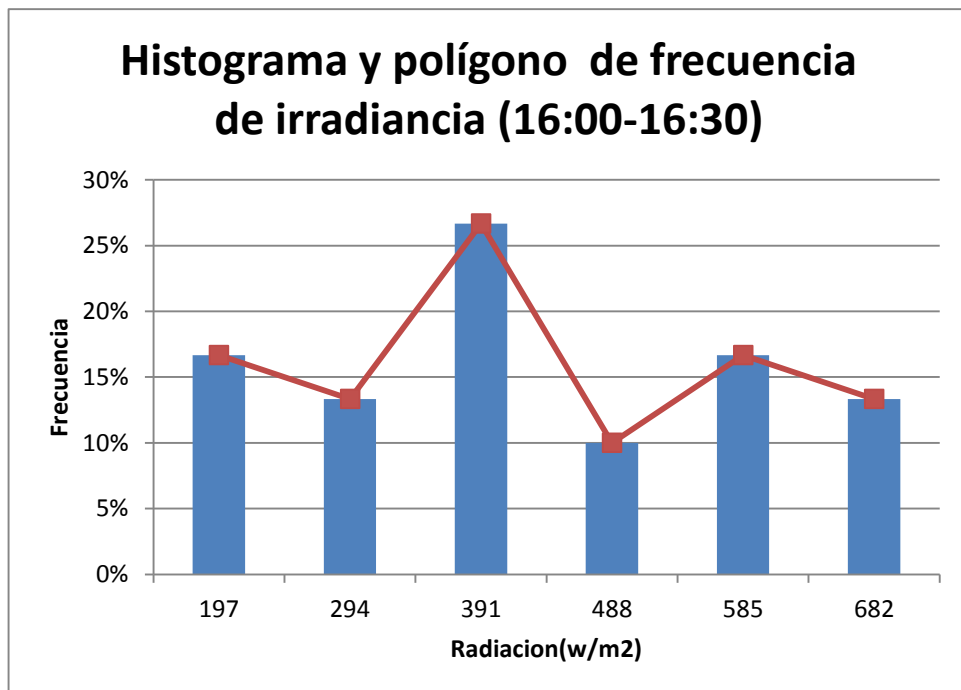
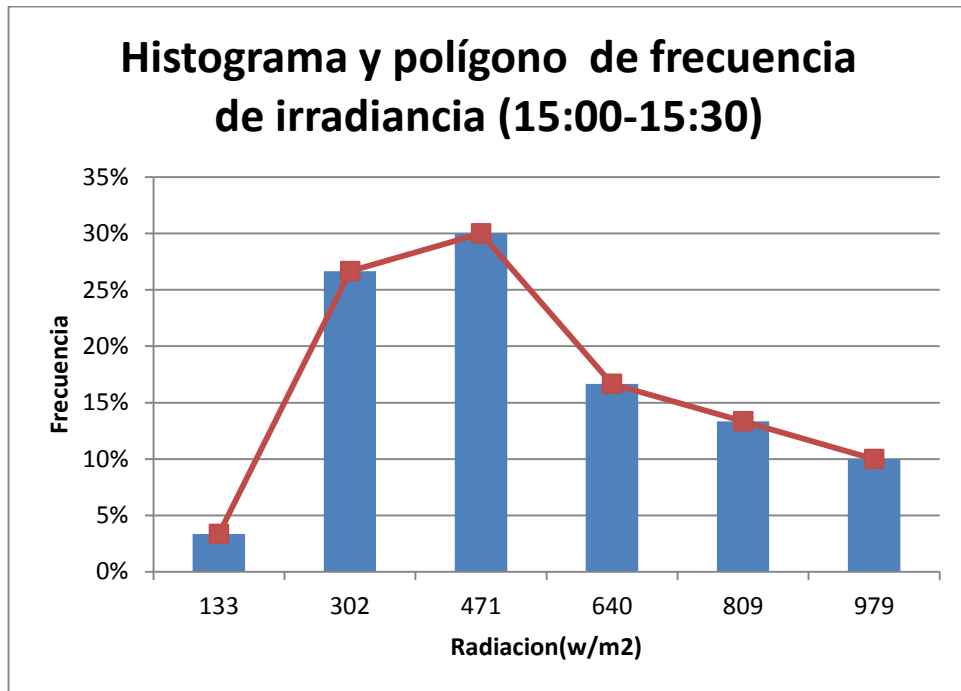
Obtenido de www.zytechsolar.com

ANEXOS

ANEXO I	HISTOGRAMA Y POLÍGONO DE FRECUENCIA DE LOS DATOS NO CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO	ANEXO 1
		HOJA: 1 DE:2



ANEXO I	HISTOGRAMA Y POLÍGONO DE FRECUENCIA DE LOS DATOS NO CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO	ANEXO 1
		HOJA: 2 DE:2



ANEXO II	DATOS DEL MODULO FOTOVOLTAICO A UTILIZARSE DATOS DEL MODULO FOTOVOLTAICO A UTILIZARSE	ANEXO 2
		HOJA: 1 DE:2

130 WATT

OFF GRID MODULE



ND-130UJF

OFF GRID 130 WATT MODULE
FROM THE WORLD'S TRUSTED
SOURCE FOR SOLAR.

ANEXO II	HISTOGRAMA Y POLÍGONO DE FRECUENCIA DE LOS DATOS NO CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO	ANEXO 1
		HOJA: 2 DE:2

ELECTRICAL CHARACTERISTICS	
Maximum Power (Pmax)*	130 W
Tolerance of Pmax	+10%/-5%
Type of Cell	Polycrystalline silicon
Cell Configuration	36 in series
Open Circuit Voltage (Voc)	21.9 V
Maximum Power Voltage (Vpm)	17.4 V
Short Circuit Current (Isc)	8.2 A
Maximum Power Current (Ipm)	7.5 A
Module Efficiency (%)	13.1%
Maximum System (DC) Voltage	600 V
Series Fuse Rating	15 A
NOCT	47.5°C
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.485%/°C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.36%/°C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053%/°C

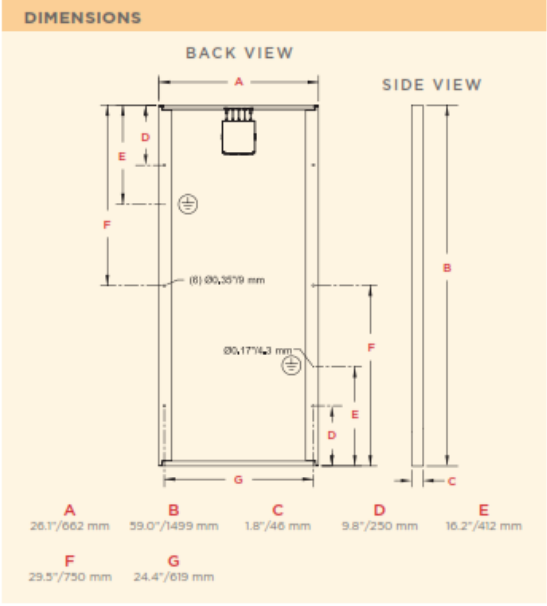
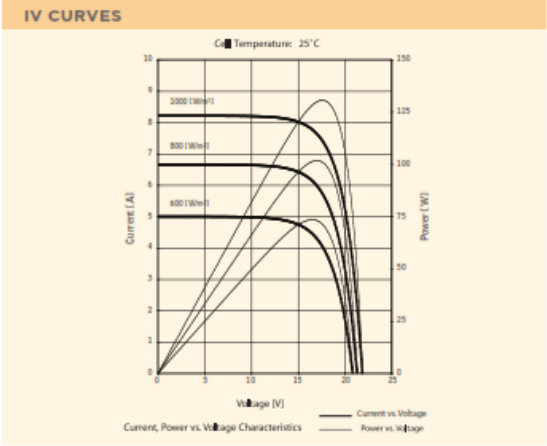
*Measured at (STC) Standard Test Conditions: 25°C, 1 kW/m² insolation, AM 1.5

MECHANICAL CHARACTERISTICS	
Dimensions (A x B x C below)	26.1" x 59.0" x 1.8"/662 x 1499 x 46 mm
Type of Output Terminal	Junction Box
Weight	30.9 lbs / 14.0 kg
Max Load	50 psf (2400 Pascals)

QUALIFICATIONS	
UL Listed	UL 1703
Fire Rating	Class C
FM	NI CL1 DIV2 GPS A, B, C, D



WARRANTY	
25-year limited warranty on power output	
Contact Sharp for complete warranty information	



Design and specifications are subject to change without notice.
 Sharp is a registered trademark of Sharp Corporation. All other trademarks are property of their respective owners. Contact Sharp to obtain the latest product manuals before using any Sharp device. Cover photo: Solar installation by Direct Power and Water, Albuquerque, NM.

Contact Sharp for tolerance specifications

ANEXO III	BANCO DE ACUMULACIÓN.	ANEXO 3
		HOJA: 1 DE:5



27TMX DATA SHEET

MODEL: 27TMX with POD vent
VOLTAGE: 12
DIMENSIONS: Inches (mm)
BATTERY: Flooded/wet lead-acid battery
COLOR: Maroon (case/cover)
MATERIAL: Polypropylene
WATERING SYSTEM: N/A



PRODUCT SPECIFICATIONS

BCI GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY ^A Minutes		CAPACITY ^B Amp-Hours (AH)					ENERGY (kWh)	TERMINAL Type ^E	DIMENSIONS ^C Inches (mm)			WEIGHT lbs. (kg)
		@25 Amps	@75 Amps	5-Hr Rate	10-Hr Rate	20-Hr Rate	100-Hr Rate	100-Hr Rate			Length	Width	Height ^D	
12 VOLT DEEP CYCLE BATTERY - with T2 TECHNOLOGY™														
27	27TMX	175	45	85	97	105	117	1.40	5, 9	12.72 (323)	6.60 (168)	9.24 (235)	55 (25)	

A. The number of minutes a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
B. The amount of amp-hours (AH) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and 86°F (30°C) for the 5-Hour rate and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
C. Dimensions are based on nominal size. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal.
D. Dimensions taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.
E. Terminal images are representative only.
Trojan's battery testing procedures adhere to both BCI and IEC test standards.

ANEXO III	BANCO DE ACUMULACIÓN.	ANEXO 3
		HOJA: 2 DE:5

CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)					
System Voltage	6V	12V	24V	36V	48V
Absorption Charge	7.40	14.8	29.6	44.4	59.2
Float Charge	6.60	13.2	26.4	39.6	52.8
Equalize Charge	7.75	15.5	31.0	46.5	62.0

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.





CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

.028 VPC for every 10°F (5.55°C) above or below 77°F (25°C) (add .028 VPC for every 10°F (5.55°C) below 77°F and subtract .028 VPC for every 10°C above 77°F).

OPERATIONAL DATA

Operating Temperature	Self Discharge
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	5 – 15% per month depending on storage temperature conditions.

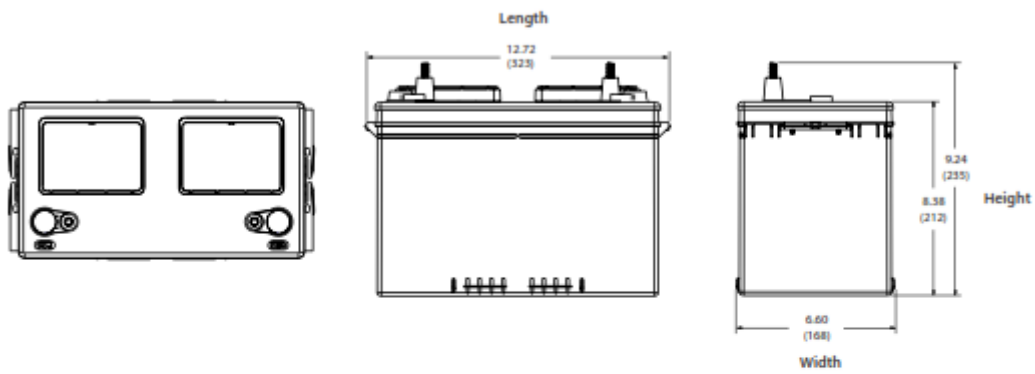
TERMINAL CONFIGURATIONS

5	LT	L-Terminal
		<i>Terminal Height inches (mm)</i> 1.70 (43)
		<i>Torque Values in-lb (Nm)</i> 95 – 105 (11 – 12)
		<i>Bolt</i> 3/16"
		
7	UT	Universal Terminal
		<i>Terminal Height inches (mm)</i> 1.10 (28)
		<i>Torque Values in-lb (Nm)</i> 95 – 105 (11 – 12)
		<i>Bolt</i> 3/16"
		
8	AP	Automotive Post Terminal
		<i>Terminal Height inches (mm)</i> .83 (21)
		<i>Torque Values in-lb (Nm)</i> 50 – 70 (6 – 8)
		
9	WNT	Wingnut Terminal
		<i>Terminal Height inches (mm)</i> .95 (24)
		<i>Torque Values in-lb (Nm)</i> 95 – 105 (11 – 12)
		<i>Bolt Size</i> 3/16"
		

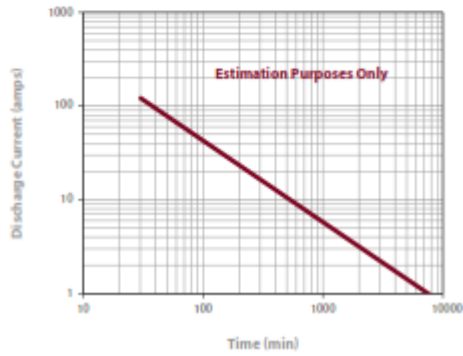
ANEXO III	BANCO DE ACUMULACIÓN.	ANEXO 3
		HOJA: 3 DE:5

27TMX DATA SHEET

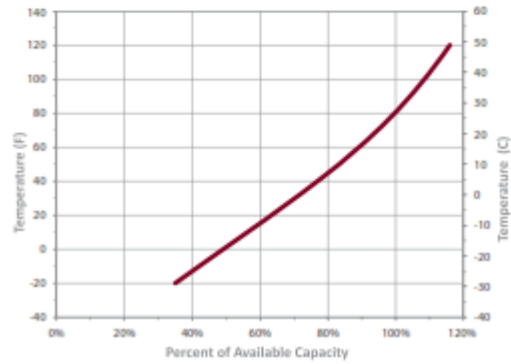
BATTERY DIMENSIONS (shown with WNT)



TROJAN 27TMX PERFORMANCE



PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



ANEXO III	BANCO DE ACUMULACIÓN.	ANEXO 3
		HOJA: 4 DE:5



8D-AGM DATA SHEET

MODEL: 8D-AGM
VOLTAGE: 12
DIMENSIONS: Inches (mm)
BATTERY: VRLA AGM
COLOR: Black (case/cover)
MATERIAL: ABS
WATERING SYSTEM: N/A



PRODUCT SPECIFICATIONS

BCI GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY ¹ Minutes @25 Amps	CRANKING Performance		CAPACITY ² Amp-Hours (AH)				ENERGY (kWh)	TERMINAL Type ³	DIMENSIONS ⁴ inches (mm)			WEIGHT lbs. (kg)
			C.C.A. ⁵ @0°F	C.A. ⁶ @32°F	5-Hr Rate	10-Hr Rate	20-Hr Rate	100-Hr Rate			100-Hr Rate	Length	Width	
12 VOLT DUAL PURPOSE AGM BATTERY														
8D	8D-AGM	460	1450	1850	179	210	230	254	3.05	6	20.47 (520)	10.64 (270)	9.08 (231)	161 (73)

- A. The number of minutes a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
 B. The amount of amp-hours (AH) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) for the 20-Hour rate and 80°F (30°C) for the 5-Hour rate and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
 C. Dimensions are based on nominal size. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal. Batteries to be mounted with 5 inches (12.7 mm) spacing minimum.
 D. C.C.A. (Cold Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully charged battery can maintain for 30 seconds at 0°F at a voltage above 1.2 V/cell.

- E. C.A. (Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully charged battery can maintain for 30 seconds at 32°F at a voltage above 1.2 V/cell. This is sometimes referred to as marine cranking amps @ 32°F or M.C.A. @ 32°F.
 F. Dimensions taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.
 G. Terminal images are representative only.
 Trojan's battery testing procedures adhere to both BCI and IEC test standards.

CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)				
System Voltage	12V	24V	36V	48V
Daily Charge	14.1 - 14.7	28.2 - 29.4	42.3 - 44.1	56.4 - 58.8
Float	13.5	27	40.5	54

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

TERMINAL CONFIGURATIONS

6	DT	Automotive Post & Stud Terminal
	Terminal Height inches (mm)	.79 (20)
	Torque Values in-lb (Nm)	Stud: 95 - 105 (11 - 12) AP: 50 - 70 (6 - 8)
	Bolt Size	5/16"

CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

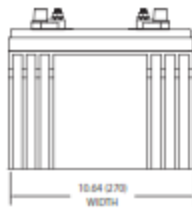
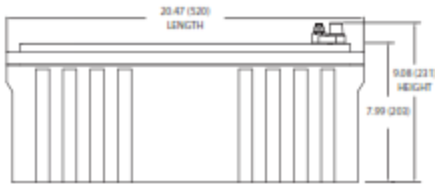
.028 VPC for every 10°F (5.55°C) above or below 77°F (25°C)
add .028 VPC for every 10°F (5.55°C) below 77°F and subtract .028 VPC for every 10°C above 77°F

OPERATIONAL DATA

Operating Temperature	Self Discharge
-4°F to 131°F (-20°C to +55°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	Less than 3% per month depending on storage temperature conditions.

ANEXO III	BANCO DE ACUMULACIÓN.	ANEXO 3
		HOJA: 5 DE:5

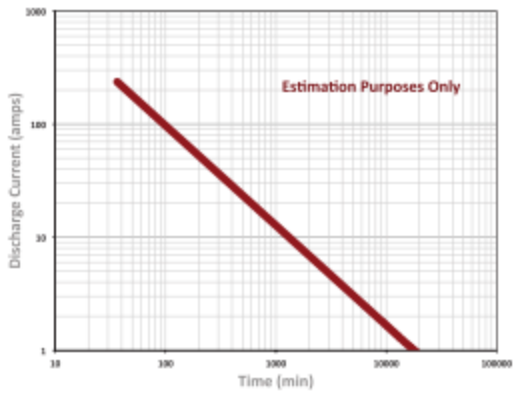
BATTERY DIMENSIONS (shown with DT)



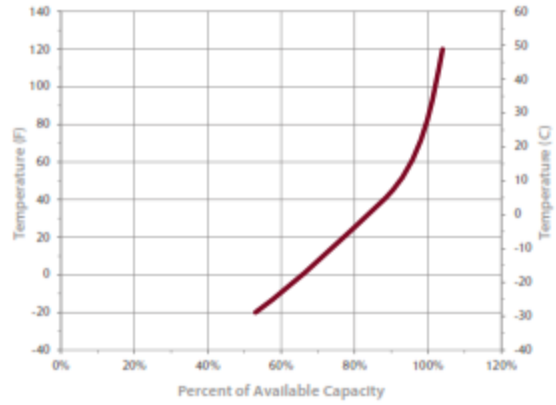
8D-AGM DATA SHEET



TROJAN 8D-AGM PERFORMANCE



PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



ANEXO IV	REGULADOR DE VOLTAJE.	ANEXO 4
		HOJA: 1 DE:1

PL20, PL40, PL60

Energy System Controllers



- 12V, 24V, 32V, 36V and 48V in one controller
- Built-in 30 days datalogger
- Multifunctional LCD Display
- External current sensing (optional)
- RS232 interface (optional)
- Hybrid system control
- Widely programmable
- Built-in programmable logic

TYPE	PL20	PL40	PL60
Nominal Voltage	12, 24, 32, 36, 48V	12, 24, 32, 36, 48V	12, 24, 32, 36, 48V
Solar Charge Current max.	20A	40A	60A
Load Current max.	20A	7A	30A
max. Voltage Drop	0.4V	0.4V	0.42V
Supply Current	9mA	13mA	20mA
Temperature Sensor Range	-15 to +50 °C	-15 to +50 °C	-15 to +50 °C
Regulation Set Point	4 present programs, one user adjust	4 present programs, one user adjust	4 present programs, one user adjust
Ambient Temperature	-20 to +50 °C	-20 to +50 °C	-20 to +50 °C
Dimensions	100 x 109 x 41mm	130 x 124 x 50mm	225 x 175 x 62mm
Weight	320gr	515gr	1100gr

ANEXO V	INVERSOR (DC-AC) TBS Powersine PS300-12 12V 250W.	ANEXO 5
		HOJA: 1 DE:3



Características:

Referencia: TBS004

Marca: TBS Electronics

Potencia Cont. De Salida 25° (VA): 330

Potencia Cont. De Salida 25°: 250 W

Tensión Batería: 12 V

Pico Potencia (W): 700

Rendimiento: 91%

Rango Tensión de Entrada (VDC): 10,5-16

¿Display?: no

Dimensiones: 184 x 98 x 130 mm

Grado Protección: IP20

Peso: 4 kg

Garantía: 2 años

ANEXO V	INVERSOR (DC-AC) TBS Powersine PS300-12 12V 250W.	ANEXO 5
		HOJA: 2 DE:3

INVERSOR (DC-AC) DOXIN 12V TO AC 110V 1000W



ANEXO V	INVERSOR (DC-AC) TBS Powersine PS300-12 12V 250W.	ANEXO 5
		HOJA: 3 DE:3

CARACTERISTICAS:

- Inversor de la energía del coche 1000W, convertir DC 12V a AC 110V.
- Tensión de salida estable y precisa.
- Protección contra sobretensiones.
- Alarma de audio de bajo nivel de la batería del automóvil
- Construido en ventilador de refrigeración con bajo nivel de ruido.

- Voltaje de entrada: DC 12V
- Tensión de salida: CA 110V 50 Hz
- Potencia de salida: 1000W
- Forma de onda de salida: onda sinusoidal modificada
- Alarma de batería baja (sin carga): DC 10.2 ~ 10.8V
- El apagado de batería baja (sin carga): CC 9.7 ~ 10.3V
- Shutdown alta de la batería (sin carga): DC 14 ~ 16V
- Máxima eficiencia: > 90%
- Temperatura de trabajo: 0 ~ 40 centígrados
- Tamaño del artículo: Aprox. 18.5 * 9.5 * 5.5cm / 7.3 * 3.7 * 2.2in
- Peso del artículo: 542g / 1,2 libras
- Tamaño del paquete: Aprox. 23 * 23 * 8cm / 9.1 * 9.1 * 3.2in
- Peso del paquete: 772g / 1,7 libras

INCLUYE

- 1 * Power Inverter
- 1 * Cigarette Plug Cable
- 1 * Batería Cable Clip

ANEXO VI	RECOLECCIÓN DE DATOS Y SOCIALIZACIÓN EN LA COMUNA.	ANEXO 6
		HOJA: 1 DE:2



Realizado por: Los investigadores

ANEXO VI	RECOLECCIÓN DE DATOS Y SOCIALIZACIÓN EN LA COMUNA.	ANEXO 6
		HOJA: 2 DE:2



Realizado por: Los investigadores

ANEXO VII	ENTREVISTA AL GAD PARROQUIAL TARQUI	ANEXO 7
		HOJA: 1 DE:1

ENTREVISTA INDIVIDUAL GAD TARQUI

Fecha de entrevista: _____ Hora: _____

Cargo que ocupa: _____

Nombres y apellidos completos: _____

Lugar: _____

Edad: _____

Estado Civil: Casado ___ Soltero ___ Separado ___ Viudo ___ Unión Libre ___

Dirección: _____ Barrio: _____

Ciudad: _____ Teléfono: _____ Celular: _____

1. NECESIDADES DE LA COMUNIDAD WAMAC URCO

¿Cuáles son las necesidades más importantes en la comunidad?

.....

¿Cuántos habitantes existen en la actualidad en la comunidad?

.....

¿Usted como representante del GAD Tarqui está de acuerdo en que se realice un proyecto de generación en la comunidad?

.....

¿En este año cuentan con algún proyecto designado para la comunidad?

.....
.....
.....
.....
.....

Finalizando con esta entrevista, el GAD Tarqui en estos momentos está dispuesto a realizar un nuevo proyecto de generación utilizando energías alternativas.

.....
.....
.....
.....
.....

Firma de entrevistador

Firma de entrevistado

ANEXO VIII	ENTREVISTA A LOS HABITANTES DE LACOMUNIDAD	ANEXO 8
		HOJA: 1 DE:1

ENTREVISTA A LA COMUNIDAD WAMAC URCO

Fecha de entrevista: _____ Hora: _____

Cargo que ocupa: _____

Nombres y apellidos completos: _____

Lugar: _____

Edad: _____

Estado Civil: Casado ___ Soltero ___ Separado ___ Viudo ___ Unión Libre ___

Dirección: _____ Barrio: _____

Ciudad: _____ Teléfono: _____ Celular: _____

NECESIDADES DE LA COMUNIDAD WAMAC URCO

¿Cuáles son las necesidades más importantes en la comunidad?

.....

¿Usted como uno de los habitantes de la comuna, que proyecto le gustaría que se ejecute en la comunidad?

.....

¿Usted estaría dispuesto a basarse a un periodo de utilización de un proyecto de generación de energía eléctrica (generación fotovoltaica)?

.....
.....
.....

¿Qué periodo de tiempo sería de mayor utilización de energía eléctrica en su domicilio?

.....
.....
.....

¿Usted estaría de acuerdo que un proyecto de generación de energía eléctrica se le instale iluminación y una carga mínima debido al alto costo del sistema?

.....
.....
.....

COMPOSICION NUCLEO FAMILIAR

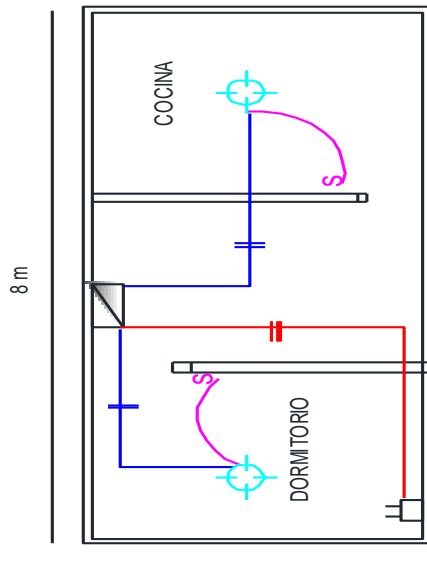
NOMBRE	EDAD	PARENTESCO	OCUPACIÓN	VIVE CON USTED

Firma de entrevistador

Firma de entrevistado

ANEXO IX	DIAGRAMA DE INSTALACION DE LA VIVIENDA	ANEXO 9
		HOJA: 1 DE:2

DIAGRAMA DE INSTALACIÓN DE LA VIVIENDA



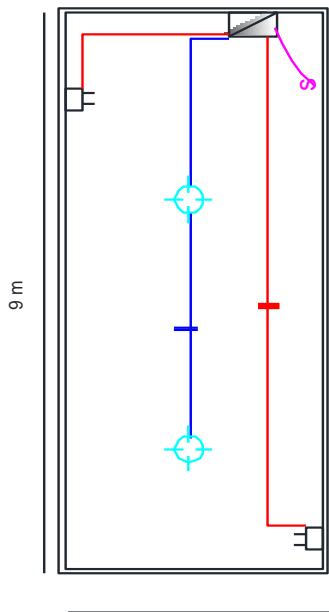
Instalaciones eléctricas	
	Caja de protecciones
	Luminaria 12 W
	Tomacorrientes
	interruptor simple
	conductor 14 AWG
	conductor 12 AWG







6m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
CANTÓN: PASTAZA PARROQUIA: TARQUI	
PROYECTO: WAMAC URCD	REVISO: CAD TARQUI
DIBUJO: POSTULANTES	APROBO: TRIBUNAL
ESCALA: 1:150	HOJA 2 DE 2
FECHA: Agosto 2016	PROYECTO N°: 1

ANEXO IX	DIAGRAMA DE INSTALACION DE LA ESCUELA	ANEXO 9
		HOJA: 2 DE:2

DIAGRAMA DE INSTALACIÓN DE LA ESCUELA



Instalaciones eléctricas	
	Caja de protecciones
	luminaria 12 W
	Tomacorrientes
	interruptor simple
	conductor 14 AWG
	conductor 12 AWG

6 m

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
CANTÓN: PASTAZA PARROQUIA: TARQUI	
PROYECTO: WAMAC URCÓ	REVISÓ: GAD TARQUI
DEBUJO: POSTULANTES	APROBO: TRIBUNAL
ESCALA: 1:150	HOJA 2 DE 2
FECHA: Agosto 2016	PROYECTO N°: 1