



Proyecto Final de Máster

Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.

2013-2014

Alumno(s)

Hernández Lorenzo, Luis Manuel
Ledo Castro, Armando Alejandro
Martínez Riera, Adrián
Ocampo Míguez, Pablo

Tutor

Perpiñán, Óscar



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons Reconocimiento, No comercial, Compartir igual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia. Más información: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Índice

1. Introducción y Objetivos	7
1.1. Introducción	7
1.2. Objetivos General y Específicos	8
1.2.1. Objetivo General	8
1.2.2. Objetivos Específicos	8
2. Planteamiento del Problema	9
2.1. Introducción	9
2.2. Estado y costo del Servicio Eléctrico en Alta Verapaz.....	9
2.3. Antecedentes de Telesecundaria en Guatemala.....	10
2.4. Programa de Telesecundaria en el Municipio de San Pedro Carchá	12
2.4.1. Objetivos.....	12
2.4.2. Problemática	13
2.4.3. Problemática con la Energía Eléctrica en los Institutos.....	16
2.5. Desarrollo del Proyecto de Plan Internacional	17
2.6. Sostenibilidad del Proyecto.....	18
3. Características de las Aldeas	20
3.1. Emplazamiento.....	20
3.2. Clima	21
3.3. Demografía.....	22
3.4. Comunidad Q'eqchi'	23
3.4.1. Características	23
3.4.2. Sistema Económico.....	24
3.5.3. Sistema Político	24
3.5. Organización social.....	24
3.6. Descripción de los Institutos de Telesecundaria	26
3.7. Vías de acceso.....	28
4. Marco Regulatorio.....	29
4.1. Constitución Política de la República de Guatemala.....	29
4.2. Ley General de Electricidad de Guatemala	30
4.3. Reglamento de la Ley General de Electricidad de Guatemala	31
4.4. Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de Energía Renovable.....	33
5. Metodología	38
5.1. Parte Inicial.....	38
5.1.1. Planteamiento del problema	38

5.1.2. Evaluación de tecnologías y recurso naturales	39
5.1.3. Selección de las comunidades receptores	39
5.1.4. Identificación de organismos potenciales a participar en el proyecto ERAF	40
5.2. Parte Sociológica	41
5.2.1. Acercamiento a la comunidad	41
5.2.2. Estudio de aspectos socio-económicos de las comunidades.....	42
5.2.3. Delimitación de las necesidades de las comunidades receptoras	43
5.2.4. Promoción de la participación directa de la comunidad (usuarios) en el proyecto	43
5.2.5. Formación e Información de los usuarios.....	44
5.3. Parte Técnica.....	44
5.3.1. Viabilidad técnica	44
5.3.2. Diseño Técnico.....	44
5.3.3. Evaluación económica	45
5.3.4. Montaje e instalación	45
5.3.5. Mantenimiento.....	45
5.3.6. Evaluación	45
6. Obtención datos de partida (Radiación, consumos)	47
6.1. Recurso Solar	47
6.2. Estimación consumos	48
6.2.1. Secum.....	50
6.2.2. Chamuchujl.....	51
6.2.3. Panzamalá	52
6.2.4. Tzapur	53
6.3. Cálculo de la energía solicitada por la carga, L.....	54
7. Diseño de la ERAF.....	56
7.1. Introducción	56
7.2. Descripción de los componentes	57
7.2.1. El generador fotovoltaico	58
7.2.2. El acumulador electroquímico	60
7.2.3. El regulador de carga	61
7.2.4. El inversor	62
7.3. Procedimiento de cálculo del diseño del ERAF	63
7.4. Dimensionado del ERAF de las escuelas de Telesecundaria	69
7.4.1. Secum.....	70
7.4.2. Chamuchujl.....	75

7.4.3. Panzamalá	79
7.4.4. Tzapur	84
8. Instalación y montaje del ERAF	90
8.1. Ubicación de los módulos fotovoltaicos	90
8.1.1. Desviaciones respecto diseño teórico	91
8.2. Elección de la ubicación del inversor, regulador, baterías.....	93
8.3. Selección de la estructura de soporte para los módulos fotovoltaicos.....	93
8.4. Disposición del cableado.	94
8.4.1. Conexión entre paneles fotovoltaicos.....	96
8.4.2. Conexión entre generador fotovoltaico y regulador.....	96
8.4.3. Conexión entre regulador y acumulador.....	96
8.4.4. Conexión entre regulador e inversor	96
8.4.5. Conexión entre inversor y cuadro de distribución.....	97
8.4.6 Resultados	97
9. Presupuesto.....	99
9.1. Secum.....	99
9.1.1. Flujos de caja simulación <i>HOMER</i>	99
9.1.2. Presupuesto general	101
9.2. Chamuchujl	102
9.2.1. Flujos de caja simulación <i>HOMER</i>	102
9.2.2. Presupuesto general	103
9.3. Panzamalá.....	103
9.3.1. Flujos de caja simulación <i>HOMER</i>	103
9.3.2. Presupuesto general	105
9.4. Tzapur	105
9.4.1. Flujos de caja simulación <i>HOMER</i>	105
9.4.2. Presupuesto general	106
9.5. Análisis de los resultados	107
10. Estrategia para la Implementación del Proyecto.....	108
10.1. Estructura Organizacional.....	108
10.2. Actividades para la correcta implementación del proyecto ERAF	110
10.2.1. Unidad Administradora del Proyecto.....	111
10.2.2. Acciones a implementar por la Asamblea General Comunitaria	112
11. Impacto Medioambiental.....	114
11.1. Descripción general del proyecto en relación con la utilización de recursos naturales	114

11.2. Estudio del medio	115
11.3 Identificación, análisis y valoración-evaluación de impactos.....	116
11.4 Conclusión: Valoración/Evaluación	120
12. Mantenimiento de la Instalación	121
12.1. Formación de los usuarios.....	121
12.2. Mantenimiento de la instalación	121
13. Conclusiones	126
14. Bibliografía	127
14.1. Libros consultados	127
14.2. Web consultadas	127
A. Anexos	129
A.1. Aldeas.....	129
A.1.1. Secum	129
A.1.2. Chamuchujl.....	130
A.1.3. Panzamalá	133
A.1.4. Tzapur	136
A.2. Diagramas Unifilares	141
A.2.1. Secum	141
A.2.2. Chamuchujl.....	142
A.2.3. Panzamalá	143
A.2.4. Tzapur	144
A.3. Data Sheets	145
A.3.1. Panel Solar Fotovoltaico CS6P-250. Canadian Solar.	145
A.3.2. Inversor Phoenix. Victron Energy	147
A.3.3. Inversor/Cargador Multiplus. Victron Energy.	149
A.3.4. Controlador de Carga MPPT 150/70 y 150/85. Victron Energy.	151
A.3.5. Baterías Hoppecke OPZS - 8 OPzS 800. Hoppecke.....	152
A.3.6. Baterías Hoppecke OPZS - 10 OPzS 1000. Hoppecke.....	153
A.3.7. Baterías Hoppecke OPZS - 16 OPzS 2000. Hoppecke.....	154
A.3.8. Cables THW-2-LS. Viakon.	155
A.3.9. Cable PV-ST01. Victron Energy.	159
A.3.10. Cables Al XHHW-2. Viakon.	161
A.3.11. Estructura MetaSole Renusol.	165
A.4. Flujos de Cajas.....	166
A.4.1. Secum	166
A.4.2. Chamuchujl.....	167

A.4.3. Panzamalá	168
A.4.4. Tzapur	169
A.5. Formulario para solicitud ayuda financiera	170
A.5.1. Energía Sin Fronteras.....	170
A.5.2. Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica (AEA).....	176

1. Introducción y Objetivos

1.1. Introducción

Guatemala presenta retrasos importantes en cuanto al ingreso promedio de sus habitantes y en otros indicadores de desarrollo relevantes. De los 13,7 millones de habitantes, 57% viven en pobreza y 21% de éstos lo hacen en condiciones de extrema pobreza, dificultando su incorporación a la vida económica, entre otras razones, por el alto componente de población rural. Resaltar por ejemplo, que uno de cada dos guatemaltecos vive en el campo.

Resulta también relevante analizar que, si bien Guatemala ha logrado mejorías importantes en el grado de cobertura eléctrica, el consumo por habitante sigue siendo bajo. En 2.007 se logró prestar este importante servicio a un 83,7% de la población, cuando en 1990 la cobertura se encontraba en un 35,8%.

El principio de este proyecto nace por medio de una problemática planteada por la ONG *Plan Internacional en Guatemala*, siendo ésta una organización que lucha alrededor del mundo en contra la pobreza infantil y unos de sus objetivos en el país es garantizar un mejor futuro a través de la inserción de niños de bajos recursos a la preparación académica.

Plan Internacional Guatemala se concentra en el Municipio (Ayuntamiento) San Pedro Carchá, Departamento (Comunidad Autónoma) Alta Verapaz, siendo ésta la región más desfavorecida del país en temas de servicios básicos, educación, salud, economía etc. El gobierno implementó en zonas rurales un sistema de impartición de estudios básicos a través de institutos de telesecundaria y San Pedro Carchá cuenta con 32 de éstos pero, debido a la deficiencia de red eléctrica que presenta el municipio (44,6% de electrificación), 12 no cuentan con este servicio, retrasando la aplicación de esta iniciativa y la formación del futuro de las comunidades.

La implementación de sistemas de ERAF (Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica) es la opción a ofrecerles a estas comunidades como solución a la problemática que actualmente presentan, ya que podrán obtener el servicio eléctrico de una manera directa, constante y económica. Esto garantiza un crecimiento positivo de estas comunidades mediante herramientas que les permitirá salir de los actuales altos niveles de pobreza.

1.2. Objetivos General y Específicos

1.2.1. Objetivo General

Diseño, dimensionamiento y estrategia para la financiación de un sistema de ERAF a Institutos de Telesecundaria en las aldeas Chamuchujl, Panzamalá, Secum y Tzapur del Municipio San Pedro Carchá, Departamento Alta Verapaz, Guatemala.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Selección de la mejor configuración del sistema por medio de la herramienta computacional para la optimización de sistemas fotovoltaicos *HOMER*.
- Elaboración de plan de mantenimiento para cada equipo que integra el sistema y así garantizar su correcto funcionamiento a lo largo de su vida útil.
- Promoción del uso racional y sostenible de la energía en la comunidad.

2. Planteamiento del Problema

2.1. Introducción

Como se comentó anteriormente, el objetivo de este trabajo es dotar de un sistema de ERAF a una comunidad rural en un país en vías de desarrollo, con el fin de mejorar la vida de las personas allí presentes tanto desde el punto de vista social, económico como medioambiental.

El punto de partida del presente proyecto fue identificar una comunidad con necesidades de servicio eléctrico urgente, mediante el contacto con diferentes organizaciones no gubernamentales. Una vez reconocida la comunidad y sus necesidades, los miembros de este proyecto realizaron un diseño fotovoltaico en la comunidad en cuestión, además de buscar la financiación para que el proyecto se pudiera llevar a cabo.

Tras la comunicación con diferentes organizaciones y la evaluación de diferentes casos reales, los miembros de este trabajo se decantaron por una problemática surgida en el Municipio de San Pedro Carchá, Departamento Alta Verapaz, Guatemala. La raíz de este problema- el cuál se mostrará en detalle en los siguientes apartados- se identificó gracias al contacto directo con una persona local, W.L, técnico del proyecto “Promoviendo el Acceso a la Educación Secundaria” de la Organización No Gubernamental *Plan International Guatemala*.

Esta ONG, fundada en 1.937, trabaja a nivel internacional en cerca de 70 países impulsando programas de desarrollo en África, Asia y América. “El principal objetivo de *Plan International* es conseguir mejoras duraderas en la calidad de vida de los niños y niñas más necesitados en vías de desarrollo, a través de un proceso que una a las personas de todas las culturas y les otorgue propósitos y valores a sus vidas” (Web *Plan International*).

2.2. Estado y costo del Servicio Eléctrico en Alta Verapaz

El Departamento de Alta Verapaz es el que dispone el menor índice de electrificación de Guatemala con un 44,6%, repercutiendo en una disminución considerable en su desarrollo, siendo éste, el menor departamento desarrollado del país, presentando un índice de pobreza de 54,8%.

La consecuencia derivada de este problema es que los habitantes de Alta Verapaz se ven en la necesidad de utilizar otros elementos no renovables y potencialmente contaminantes para la

generación de energía térmica y lumínica como: velas, baterías ácidas y el gas, teniendo esto un impacto económico considerable para las comunidades.

El ingreso mensual promedio familiar de los habitantes del Departamento de estudio es de 50 Dólares Americanos (USD) y el gasto que representa la compra de los elementos que sustituyen energía eléctrica (combustibles) se encuentra alrededor de 25 USD, representado 50% del ingreso familiar mensual solo para cubrir necesidades básicas.

Tabla 1. Costo de combustibles de mayor uso por habitantes de Alta Verapaz.

Combustibles	Costo(USD) (Unidad)
Candelas (Parafinas)	0,40 - 0,60
Gas/Keroseno	3,50 - 4,00
Baterías (6 unidades)	2,50 - 3,00
Leña	7,2 (3 Días)

2.3. Antecedentes de Telesecundaria en Guatemala

El modelo de Telesecundaria en Guatemala surgió en el año 1996 con la firma de un convenio de Cooperación en Materia de Educación, entre México y Centroamérica, con el fin de aunar esfuerzos entre países con culturas semejantes, al igual que necesidades y situaciones comunes.

Esta modalidad de Telesecundaria se inicia en Guatemala como un Programa Experimental en el año 1998 (Acuerdo Ministerial No. 39-98 de fecha 3 de marzo de 1998), con 130 docentes adscritos a igual número de telesecundarias en 5 Departamentos del país. Tras lograr los objetivos, se define en el año 2.003 como una Modalidad permanente y se crean los Institutos Nacionales de Educación Básica de Telesecundaria, (Acuerdo Ministerial 675 de fecha 19 de agosto de 2.003, y el Reglamento, Acuerdo Ministerial No. 1.129 del 15 de diciembre del 2.003).

La Telesecundaria representa en Guatemala una opción diferente para estudiar la Educación Básica, basándose en la utilización de medios audiovisuales, impresos y electrónicos, estimulando y

coordinando acciones entre la comunidad y la escuela mejorando el nivel de vida de todos sus integrantes.

A fecha de 2.009, en el Departamento de Alta Verapaz funcionaban 186 centros de Telesecundaria. En el caso de San Pedro Carchá, 32 fueron los institutos de Telesecundaria que se esperaban que funcionaran en el futuro.

Tabla 2. Aldeas/Caseríos del Municipio San Pedro Carchá con Institutos de Telesecundaria.

Aldea Chirrequiche	Aldea Chiacam	Aldea Chajixim	Aldea Tzapur
Aldea Tanchi Raxaja	Aldea Chicojl	Aldea Raxaha	Aldea Caquigual
Aldea Cojaj	Aldea Sepoc El Porvenir	Aldea Caquiton	Aldea Pequixul
Aldea Sexucti	Aldea Chelac	Aldea Esperanza Chilatz	Aldea Chison
Aldea San Vicente Campur	Aldea Setaña	Aldea Sequila	Aldea Chiqueleu
Candelaria Yalicar	Aldea Chirrequim	Caserío Tierra Blanca Chijotom	Aldea Chamuchujl
Caserío Secum	Aldea Panzamalá	Aldea Chipac	Aldea San Vicente Chicatal
Aldea Chiquixji	Aldea Chiquisis	Aldea Salaute	Aldea Seacte y franja de supervisión

Fuente: Plan Internacional Guatemala.

2.4. Programa de Telesecundaria en el Municipio de San Pedro Carchá

2.4.1. Objetivos

Con el objetivo de realizar un diagnóstico sobre la situación de las 32 escuelas de Telesecundaria, *Plan International* presentó el proyecto “*Promoviendo el acceso a la escuela secundaria en el municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz*”.

Este informe tiene como propósito el apoyo para elevar los años de escolaridad; ya que si bien es cierto, en la escuela primaria la cobertura supera el 98%; en el nivel secundario no pasa del 38%, haciendo su situación más crítica en el área rural. San Pedro Carchá se encuentra en un 12% de cobertura, apoyada ésta de programas alternativos para cubrir dicha demanda. Dentro de estos, se tiene la “Telesecundaria”, el cual es una modalidad de innovación educativa a través de un modelo pedagógico moderno cuyo objetivo consiste en proporcionar educación secundaria (ciclo básico) a jóvenes que viven en comunidades que no cuentan con el servicio o en lugares en que la cobertura educativa no es suficiente.

Se caracteriza por apoyarse de un solo docente, responsable del proceso educativo en todas las asignaturas de un grado y sus recursos son la televisión, material audiovisual (programas televisivos) y materiales impresos que son guías de aprendizaje, la cual es una guía de estudio y cumple la función de organizar y articular los elementos del proceso didáctico. En la región de las áreas de influencia de *Plan International Guatemala* en San Pedro Carchá, se tienen 32 centros educativos con esta modalidad, que dan cobertura a más de 2.439 estudiantes; quedándose todavía fuera del sistema educativo más de 5.000 adolescentes, debido a las limitaciones que tiene dicho programa.

El objetivo principal es fortalecer el programa alternativo para facilitar el acceso a la educación secundaria a niños y niñas; para que logren concluir su ciclo de educación básica en las áreas de influencia de trabajo de *Plan International Guatemala* en San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Los objetivos específicos del proyecto fueron:

- Identificar el estado de las escuelas, además de los equipos e insumos educativos de cada centro de Telesecundaria.
- Identificar el nivel de participación de padres y madres de familia en la educación de sus hijos.

- Obtener datos sobre los estudiantes, en función de su edad y género.
- Mejorar las técnicas de enseñanza de los respectivos docentes.

Imagen 1. Interior de un Instituto de Telesecundaria.



Fuente: Plan International Guatemala.

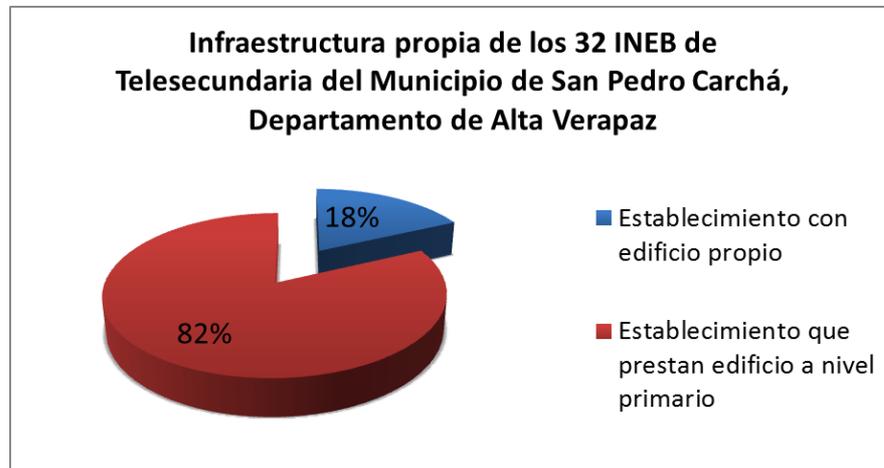
2.4.2. Problemática

El municipio de San Pedro Carchá cuenta con 32 centros de Telesecundaria, contando sólo 6 de ellos con aulas propias y estando éstas en malas condiciones. Los restantes funcionan en las escuelas del nivel primario, situación que complica el proceso de enseñanza/aprendizaje, ya que los estudiantes de Telesecundaria adolescentes tienen que utilizar el mobiliario de los niños y niñas, es decir, no está de acuerdo a su edad. Además, tampoco se cuenta con lugares apropiados para el resguardo de su equipo y materiales de estudio.

El panorama en que se encuentran los establecimientos y programas alternativos de Telesecundaria hace que los jóvenes de las regiones de influencia de *Plan International Guatemala* en San Pedro Carchá se enfrenten entre otros, a problemas como:

- Condiciones inapropiadas para recibir sus procesos de aprendizaje; ya que la infraestructura escolar, como es utilizada también por estudiantes del nivel primario, no están acorde a la edad de los adolescentes. Además, existe problemas de inseguridad anteriormente citados.

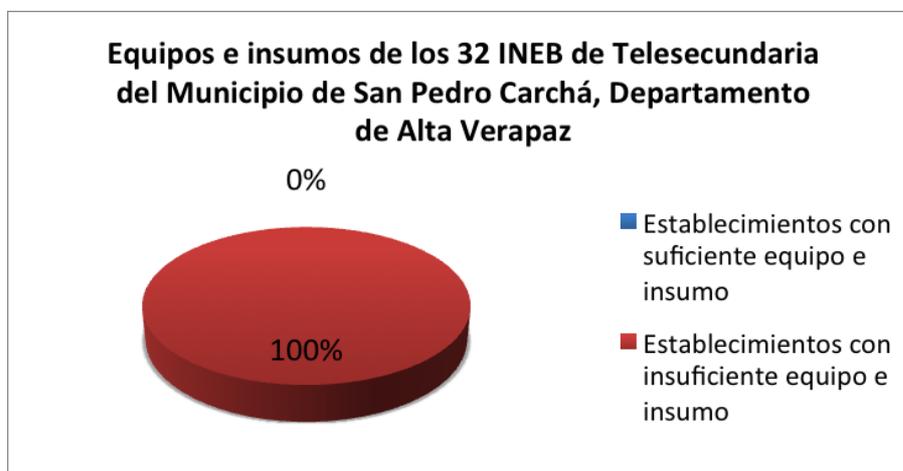
Gráfico 1. Infraestructura propia de los 32 INEB (Institutos Nacional de Escuela Básica) de Telesecundaria del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.



Fuente: Plan International Guatemala.

- Baja calidad educativa; debido a que los programas carecen de los recursos técnicos pedagógicos que se necesitan para ser funcional el programa. Cabe resaltar también la poca preparación de los docentes en estos niveles, ya que no cuentan con el apoyo del Ministerio de Educación para nivelar y actualizar sus conocimientos; la poca remuneración que tienen por sus servicios imposibilita que docentes con mejores condiciones de preparación se desplacen a los lugares donde existen estos programas.
- Limitado acceso a los programas alternativos; ya que no se encuentran en todas las comunidades, sino que los poco existentes se ubican para concentrar a varias comunidades. Situación difícil especialmente para las niñas, ya que tienen que caminar hasta dos horas para llegar a un establecimiento de éstos y por consiguiente se vuelven más vulnerables.
- Materiales y recursos no apropiados para el aprendizaje. La baja asignación que se tiene en presupuesto de educación, que el 2,8 del PIB se refleja indirectamente la poca inversión que se tiene en el nivel secundario. Lo que redundaría que los estudiantes no cuentan con los insumos y recursos didácticos apropiados para su proceso de aprendizaje ni con el equipo audiovisual que es insumo básico para este programa. El Ministerio de Educación, no da prioridad a este nivel y por consiguiente los recursos asignados son insuficientes, para cubrir las necesidades en el rubro de materiales.

Gráfico 2. Equipos e Insumos de los 32 INEB de Telesecundaria del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.



Fuente: Plan International Guatemala.

- Poco fortalecimiento de capacidades en docentes. Uno de los problemas serios que enfrenta el Sistema Educativo Nacional, es que los docentes se enfrentan a trabajar en las aulas sin contar con la formación académica apropiada; esto es claramente visible a nivel primario y en el nivel secundario, se agudiza; puesto que el desarrollo del currículo en este nivel requiere de una buena preparación académica y formativa de los docentes, debido a que tienen que impartir varias asignaturas que un ambiente apropiado, cada uno tiene que ser especialista en la materia que imparte. Vacío enorme que tiene el Ministerio de Educación, con este sector de docentes.
- Poca participación activa de padres y madres de familia en la escuela. Problemas grandes que afectan los procesos educativos son que los padres y madres de familia no apoyan a sus hijos, para que puedan continuar sus estudios; situación que es más vulnerable para el caso de las niñas. Especialmente en el nivel secundario, la situación se agudiza porque los centros educativos no se encuentran en cada comunidad, los pocos existentes se encuentran de manera tal que puedan atender tres o cuatro comunidades (en estas situaciones muchas veces los estudiantes tienen que caminar más de una hora). Estas situaciones, entre otras hacen que los padres y madres de familia le resten importancia a la educación secundaria.

Gráfico 3. Participación de los padres y madres de familia en los procesos educativos de sus hijos e hijas en los 32 INEB de Telesecundaria del Municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.



Fuente: Plan International Guatemala.

2.4.3. Problemática con la Energía Eléctrica en los Institutos

- El 53% de los institutos de telesecundarias cuentan con energía eléctrica; el 22% trabajan con generador de energía usando combustible; y el 25% no cuentan con ningún tipo de energía.
- El 13% de los padres de familia encuestados considera que los recursos necesarios para mejorar la calidad educativa en los INEB de Telesecundaria es la energía eléctrica; mientras que el 6% indica que son computadoras; el 9% que existan textos suficientes para cada alumno; el 63% contar con la infraestructura adecuada; y el 9% considera que es necesario contar con docentes capacitados.

De los 32 establecimientos que cubre *Plan International*, actualmente 12 de ellos no cuentan con energía eléctrica, la cual es necesaria para poder ejecutar de manera adecuada el modelo de telesecundaria. Además, debido al horario de clases de Telesecundaria (13:00-18:00), es necesario contar con energía ya que a esas horas prevalece la oscuridad, haciendo que los estudiantes deban hacer doble esfuerzo para poder realizar sus estudios.

Durante el año 2.013, se dotó a la mayoría de los establecimientos con el equipo audiovisual, así como de un equipo de laboratorio en donde se brindó un microscopio, el cual también requiere electricidad para su uso.

Por otro lado, algunas escuelas vieron la necesidad de adquirir un motor eléctrico gracias a los propios recursos financieros de los padres. El problema surge en el doble gasto de la compra de este grupo como la de la compra de diaria de combustible, gastos que no todos los padres de familia pueden realizar.

2.5. Desarrollo del Proyecto de Plan International

A continuación se hace una descripción general de como abordó *Plan International* el proyecto “Promoviendo el acceso a la escuela secundaria en el municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz”.

- Creación de un ambiente apropiado en las escuelas mediante la construcción y/o adaptación de aulas. Este componente comprende la construcción de 6 nuevas aulas y el mejoramiento de 4 aulas ya existentes, así como la dotación de mobiliario escolar, que permita a los estudiantes tener las condiciones apropiadas para un mejor aprendizaje. En este sentido se está buscando la coordinación con las autoridades educativas y municipales; para que cada una asuma el rol que le corresponde.

Imagen 2. Exterior de un Instituto de Telesecundaria.



Fuente: Plan International Guatemala.

- Asegurar la participación activa de los padres y madres de familia; para ello es necesario desarrollar un programa de sensibilización, a efecto de que se impacte con ellos en la importancia que tiene que se le restablezca el derecho a la educación a los niños y niñas del

nivel secundario. Además, esta sensibilización logrará la participación en el proyecto de los padres y madres de familia, líderes comunitarios, para que a través de talleres periódicos y sistemáticos se desarrolle e implemente el programa de sensibilización y se asegure que los miembros de la comunidad comprenden la importancia de la educación, especialmente de las niñas, y se comprometan a apoyar las actividades de la escuela y asumen su papel como miembros de la comunidad educativa que tienen el derecho de monitorear el progreso del proceso educativo, llevando a cabo las acciones diseñadas para tal efecto.

- Dotación de los insumos pedagógicos requeridos para que el programa se desarrolle apropiadamente; es decir que cada aula cuente con sus propios recursos didácticos. Este recurso básicamente se enfoca en la dotación del material audiovisual, que es una televisión por aula, videos en los que se desarrolla cada una de las materias, guías de uso del estudiante.
- La formación técnica de los docentes que estará centrada en la nivelación de sus conocimientos para éste nivel, así como en la utilización apropiadas de los insumos pedagógicos que se les facilitará. El programa de capacitación se desarrollara en tres eventos por año, con una duración de tres días cada evento, e incluirá la participación de autoridades educativas, para involucrarlos en los procesos de seguimiento y acompañamiento a los docentes en el aula. Para el desarrollo de las capacitaciones, será necesario contar con personal especialista en el tema a desarrollar; lo que conlleva a la identificación de los mismos.

El tema de género es un componente transversal en el proyecto, ya que se promueve la igualdad de oportunidades para niños y niñas, y también contempla abordar la cuestión de los espacios con los padres, jóvenes y líderes comunitarios. Debido al hecho de que en Guatemala, y sobre todo en las zonas indígenas, las niñas desde temprana edad adquieren las tareas domésticas tienen menos acceso a la educación que los niños, y son más vulnerables al abuso sexual.

2.6. Sostenibilidad del Proyecto

La sostenibilidad puede ser definida como el grado en que los efectos positivos derivados de una determinada acción se mantienen una vez que se retira la ayuda externa. En los proyectos de ERAF este aspecto cobra vital importancia, debido a que la mayor parte de las comunidades carecen de conocimientos técnicos, impidiendo detectar problemas y buscar soluciones una vez que la ayuda externa ha finalizado.

Por lo tanto, es necesario la elaboración de un plan estratégico de sostenibilidad adaptado particularmente a cada comunidad beneficiaria, ya que aun existiendo poblaciones que parecen muy semejantes entre sí, estas pueden diferir considerablemente entre ellas.

- **Sostenibilidad social:** Es necesario que las comunidades asuman como propio la instalación eléctrica, y estén dispuestos a realizar su mantenimiento durante su vida útil. Además, es realmente importante que tanto el hombre como la mujer pueda hacer uso de estas instalaciones.
- **Sostenibilidad técnica:** La tecnología transferida a la comunidad debe ser asumible tanto culturalmente como económicamente, con el objetivo de que su funcionamiento sea el correcto durante toda su vida útil.
- **Sostenibilidad económica:** Uno de los principales problemas de los sistemas de ERAF es el mantenimiento de los distintos equipos que forman el “kit”. Por lo tanto, puede resultar interesante que el sistema pueda ser utilizado para generar un determinado beneficio económico que sirva para costear los gastos de operación, mantenimiento, etc.
- **Sostenibilidad institucional:** Las diferentes comunidades deben tener una estructura organizativa que permita el correcto uso de las instalaciones, esto es, la comunidad debe asumir unas obligaciones y derechos para mantener el correcto funcionamiento del sistema eléctrico durante toda su vida útil.

3. Características de las Aldeas

Es muy importante identificar cada una de las características que definen el lugar/emplazamiento donde se realizará la ERAF, ya que éstas pueden significar una barrera o, en algunos casos una ventaja. Las características pueden ser tanto naturales como sociales, económicas y/o hasta políticas, e influyen en la viabilidad del proyecto.

El objetivo de tomar en cuenta estas características es conocer a la comunidad beneficiaria ya que se sabrá de su entorno y de sus verdaderas necesidades. Todos los integrantes de la comunidad deben aprobar y sentirse identificados con lo que recibirán, esto se logra brindando soluciones a problemáticas significativas para ellos, ya que si existe un porcentaje que no está de acuerdo, el proyecto no tendrá los resultados esperados.

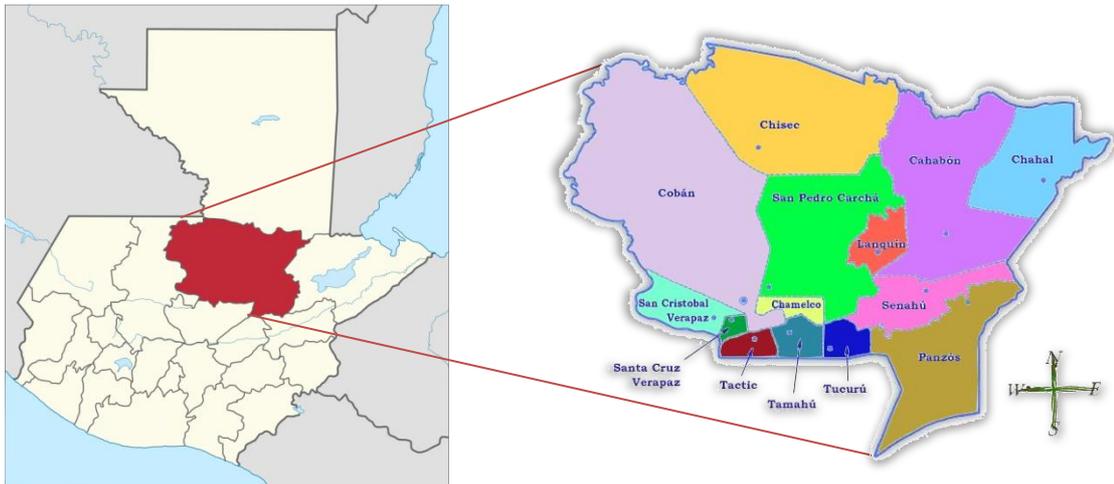
Las aldeas que recibirán el servicio eléctrico por medio de este proyecto recibirán numerosos beneficios a mediano y largo plazo, reconocidos por medio de las siguientes características:

3.1. Emplazamiento

El proyecto dispondrá de cuatro (4) emplazamientos ya que serán las aldeas a las cuales se le diseñará y dimensionará la ERAF para sus institutos de telesecundaria. Las aldeas serán: Panzamalá, Tzapur, Chamuchujl y Secum.

Estas aldeas se encuentran dentro del Municipio de San Pedro Carchá que es uno de los 333 municipios de la República de Guatemala y pertenece al Departamento de Alta Verapaz. Tiene una extensión territorial de 1.082 kilómetros cuadrados. Cuenta con una ciudad y cuatro barrios, además de 48 aldeas y 219 caseríos.

Imagen 3. División política del Departamento Alta Verapáz.



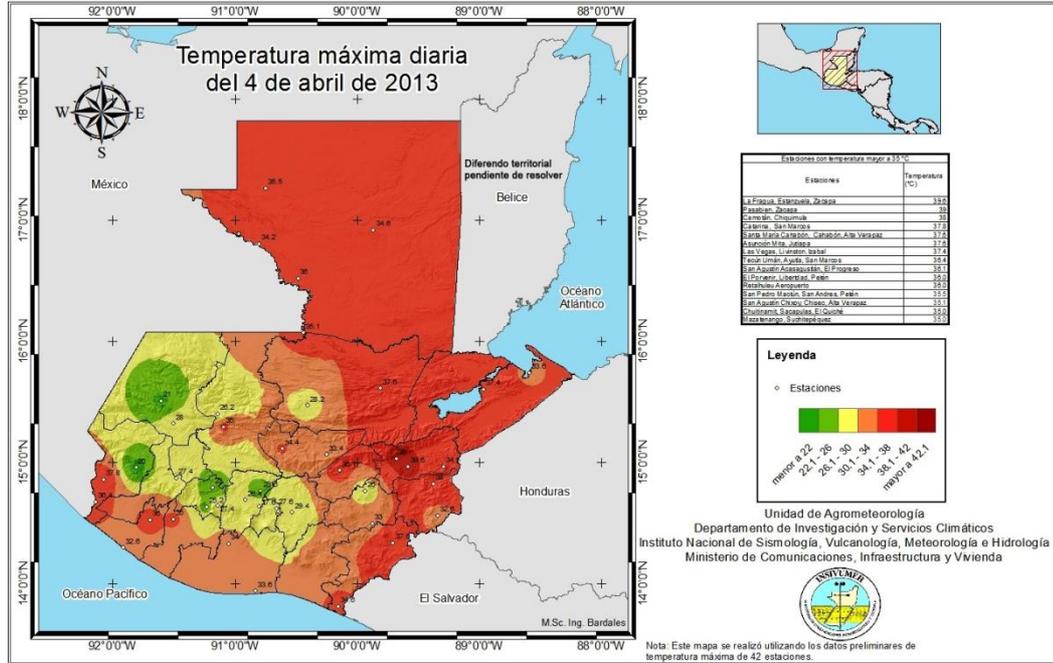
San Pedro Carchá limita al norte con Chisec y Fray Bartolomé de las Casas, al este con Cahabón, Lanquín y Senahú, al sur con Senahú, Tukurú y San Juan Chamelco y al oeste con Cobán y Chisec.

El municipio es uno de los más ricos en naturaleza en Guatemala y está enclavado en la Sierra de Chamá y en su territorio se encuentran 12 montañas; las principales son Caquipec, Chicoj, Mamatzul, Pocolá Secansín, Ulpán, Yalinjun y Cuatro Cerros. La topografía del lugar presenta zonas escarpadas, con inclinaciones entre 32 y 45 por ciento y planicies entre cero y cinco por ciento. La altura promedio es de 1.280 metros sobre el nivel del mar y la latitud y longitud es 15° 28'38" N 90° 18'38" O.

3.2. Clima

En Guatemala existe una gran diversidad de climas. El clima en la meseta central, como en Alta Verapaz, es bastante templado, con una media de 15°C en todo el año. El clima de las regiones costeras es de características más tropicales; la costa atlántica es más húmeda que la del Pacífico, con una temperatura cuya media o promedio anual es de 28,3 °C. La estación de lluvias se presenta entre mayo y noviembre. Las precipitaciones anuales de la zona norte oscilan entre los 1.525 mm y los 2.540 mm; la ciudad de Guatemala, en las montañas del sur, recibe cerca de 1.320 mm de promedio anual.

Imagen 4. Temperaturas máxima diaria en Guatemala.



Fuente: Unidad de Agrometeorología de Guatemala

Uno de los eventos climáticos de mayor impacto en Guatemala es el Fenómeno de El Niño, con importantes implicaciones en el clima, que se ha reflejado en la variación de los regímenes de lluvia. Bajo eventos severos se ha registrado una disminución importante en los acumulados de lluvia en el inicio de la época lluviosa.

El fenómeno se ha asociado a mayor incidencia de frentes fríos, aumento del número de huracanes en el Pacífico mientras que disminuyen en el Atlántico, Caribe y Golfo de México, tal como se ha venido observando en los últimos años. Estas condiciones atmosféricas causan inundaciones importantes en las cuencas de los ríos, principalmente los correspondientes a la vertiente del Pacífico las que se ven agravadas por la alta vulnerabilidad de muchas zonas pobladas establecidas en áreas de alto riesgo, como márgenes de ríos y laderas propensas a deslizamientos.

3.3. Demografía

Según el censo realizado en el 2.002 en Guatemala, San Pedro Carchá contaba con una población de 148.344 habitantes y de acuerdo a las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2.013 sería de alrededor 228.128 habitantes, de los cuales 114.064 son mujeres (50%) y 114.063 son

hombres (50%). Considerando la extensión territorial del municipio, se determina una densidad poblacional de 186 habitantes por kilómetro cuadrado.

La población del municipio es predominantemente rural con 209.877 habitantes (92%) y la urbana con 18.240 habitantes (8%), la misma se encuentra constituida por una sociedad dividida en grupos sociales y culturales heterogéneos, la mayoría de la población es indígena de la comunidad lingüística Q'eqchi', representándose por medio de 226.531 habitantes (99,30%), sin embargo también hay representatividad de otros grupos lingüísticos tales como Poqomchí, ladino, etc.

Tomando en cuenta las aldeas/caseríos consideradas en el presente proyecto, el número de habitantes por aldea sería la siguiente:

Tabla 3. Habitantes por aldea/caserío identificadas en el proyecto.

Aldea	No. Habitantes
Aldea Tzapur	1.108
Caserio Secum	439
Aldea Chamuchujl	843
Aldea Panzamalá	1.502

Fuente: Propio.

3.4. Comunidad Q'eqchi'

3.4.1. Características

La comunidad Q'eqchi' viven al norte de Guatemala, históricamente habitaban las verapaces, en los últimos 30 años se ha expandido a los departamentos cercanos y Belice.

Sus hablantes se concentran en el departamento de Alta Verapaz. La comunidad Q'eqchi' se extiende desde el departamento de Quiché, en el occidente, hasta el departamento de Izabal, en el oriente. Al sur colinda con el departamento de Baja Verapaz, y al norte, con el departamento de Petén y con el territorio de Belice.

3.4.2. Sistema Económico

Su actividad económica es netamente de agricultura de subsistencia, lo que producen es para consumo y una parte para el señor de la casa grande.

En la actualidad, prácticamente todos son propietarios de sus tierras, el tamaño de sus tierras oscila, pero una familia tipo medio posee unas 4 manzanas. De estas suele cultivar únicamente 2. Siembra frijol, pero solo para su “gasto”, acostumbrando esto a hacerlo en enero. La cosecha tiene lugar en abril. Obtiene unos 30 quintales de maíz al año (sembró 35 cuerdas para ello). Algunos no venden su maíz porque les sirve también para su gasto. Como no tienen sino necesidades, se ven en la obligación de salir a vender, como comerciante a la zona del Polochic o a Belice. Pueden ir dos veces por año más o menos y de allí sacan una regular cantidad de dinero. Los hombres compran regularmente dos mudas de una vez y las mujeres una. Otra posibilidad la tienen cuando “bajan” a trabajar a las fincas de la costa, es decir que buscan su complemento económico en estas migraciones. Otra de las posibilidades, también lo constituye volverse comerciante de temporadas.

3.5.3. Sistema Político

Son sociedades teocráticas, con un régimen despótico tributario, existiendo las siguientes jerarquías: Señores de Casas Grandes (principales), Cabezas de Calpul (administradores) y los macegales (comunidades agrícolas “el pueblo”).

Los nativos prehispánicos Q’eqchi’, vivían en poblados muy extensos y dispersos: grandes territorios cultivados en que los ranchos o chozas se hallaban junto a los sembradíos, distantes unas de otras y comunicadas por una red de veredas.

3.5. Organización social

San Pedro Carchá dispone de la siguiente Organización Social pero es importante resaltar que cuenta con los siguientes consejos para el fomento del desarrollo municipal:

Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES): Se dividen en primer nivel y de segundo nivel y éstos participan activamente en la toma de decisiones del gobierno local. Los COCODES de segundo nivel se reúnen periódicamente con el Concejo Municipal de Desarrollo para integrar prioridades y tomar decisiones sobre el desarrollo del municipio para priorizar y programar proyectos que encaminen al desarrollo social de manera integral.

Consejo Municipal de Desarrollo (COMUDE): por medio de este espacio la municipalidad fomenta la participación ciudadana activa en la toma de decisiones por medio de los representantes de los COCODES de segundo nivel quienes son los representantes de las distintas micro-regiones que comprende el municipio.

a. Administración local e instituciones.

En el municipio se cuenta con la sede municipal de algunas instituciones de gobierno y otras que únicamente desarrollan trabajo en el mismo por ser parte de su cobertura. Son ellas las responsables de brindar apoyo en los diferentes ámbitos y sectores.

Además cuenta con el apoyo de organizaciones no gubernamentales (ONGs) como: ABKADEK, Xna Ixim, Agua del Pueblo, *Plan International*, FUNDAMENO, Mercy Corps, Talita Kumi, Promudel, Bomberos Voluntarios.

b. Funciones del gobierno municipal.

El Consejo Municipal es el Órgano superior de deliberación y de decisión de los asuntos municipales. Al gobierno municipal corresponde al Consejo Municipal, el cual es responsable de ejercer la autonomía del municipio. Se integra por el alcalde, los sindicatos y los concejales, todos electos directa y popularmente tal y como lo establece la ley. El alcalde es el encargado de ejecutar y dar seguimiento a las políticas, planes, programas y proyectos autorizados por el Consejo Municipal.

En cuanto a la planificación de la inversión pública, esta es participativa, se parte con base a la priorización de los COCODES que integran el Municipio, de acuerdo a lo establecido en el acta de asamblea de las regiones. De esta forma se atienden las necesidades primordiales de las comunidades priorizadas. Para dar cumplimiento a los requerimientos de planificación, se ha creado un Plan Anual con objetivos estratégicos y operativos programados. Dentro de los requerimientos de la metodología de presupuesto por programas o por resultados, se hace una vinculación entre el Plan Operativo Anual y el Presupuesto, para que sea este el reflejo de lo planificado y a la inversa que el plan se vea reflejado en el presupuesto.

La Dirección Municipal de Planificación (DMP) toma en cuenta únicamente las propuestas que cumplan con los requerimientos necesarios y sobre todo que sean competencia municipal. Los proyectos se programan de acuerdo a la siguiente estructura:

b.1. Priorización de las comunidades.

b.2. Priorización de las microrregiones.

b.3. Priorización del Concejo Municipal para proyectos estratégicos que contribuyen al desarrollo del municipio.

c. Formas de organización comunitaria

El Sistema de Consejos de Desarrollo es el medio principal de participación de la población, en la gestión pública para llevar a cabo el proceso de planificación democrática del desarrollo y es así como se organiza la población del municipio.

3.6. Descripción de los Institutos de Telesecundaria

El Ministerio de Educación (MINEDUC) ha implementado programas que buscan dar cobertura educativa especialmente en el área rural a través de modalidades como Telesecundaria. En el año 2.009, el MINEDUC inició dentro del Proyecto BIRF 7430-GU “Calidad Educativa y Ampliación de la Educación Secundaria”, la implementación de 105 Institutos Nacionales de Educación Básica de telesecundaria e igual número de docentes en Alta Verapaz y también en todo el país, como fortalecimiento y ampliación de la modalidad. Actualmente en el municipio de San Pedro Carchá funcionan 32.

A continuación por medio de la tabla 4 se podrán identificar las características de los institutos de telesecundaria de las aldeas/caseríos seleccionadas para la realización del proyecto.

Tabla 4. Características generales de los institutos de telesecundaria de las aldeas seleccionadas.

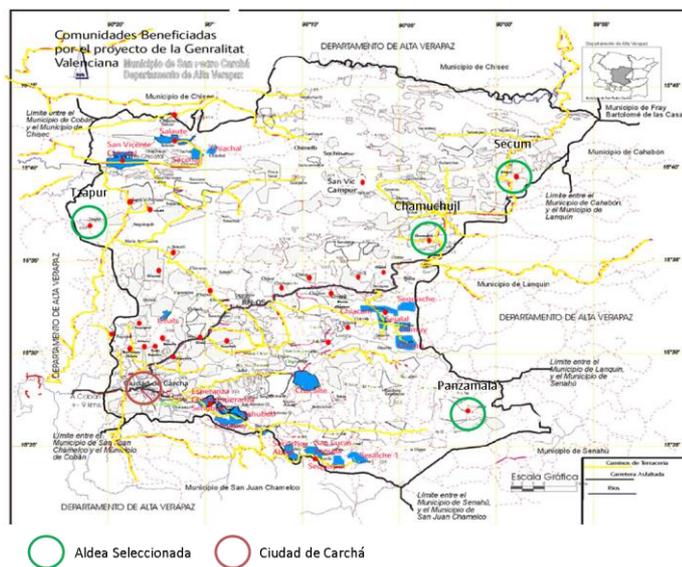
Aldea	Tipo de Escuela	No. De Aulas	Horario de Clase	N. de Alumnos (2014)	Tipo de Acceso	Distancia a San Pedro Carchá (Ciudad) (Km)	Servicio Eléctrico	Grupo Electrónico (Diesel)
Tzapur	Propia	3	14:00 - 18:00	88	Difícil	33	No	Si
Secum	Prestada	3	7:00 - 13:00 14:00 - 18:00	93	Difícil	87	No	No
Chamuchujl	Prestada	2	7:00 - 13:00 14:00 - 18:00	69	Fácil	67	No	No
Panzamalá	Propia	2	14:00 - 18:00	70	Fácil	80	No	Si

Fuente: Propio.

Cuando hablamos del “Tipo de Escuela” nos referimos a quién le pertenece la edificación que se ha dispuesto como instituto de telesecundaria, cuando es “Prestada” es porque puede pertenecerle

al MINEDUC o al COCODES y estas tienen como exigencia impartir clases tanto en la mañana como por la tarde pero, cuando es “Propia” le pertenece a la comunidad y han ofrecido la posibilidad de las clases por las tardes para que los jóvenes puedan realizar sus actividades laborales por la mañana y en la tarde tenga la posibilidad de mejorar su preparación intelectual. La característica de la distancia a la ciudad San Pedro Carchá es muy importante ya que ésta es la ciudad más importante del municipio y es donde se puede conseguir todas las provisiones, repuestos, equipos, implementos, etc.

Imagen 6. Distribución geográfica de las comunidades seleccionadas



Fuente: Proyecto Generalitat Valenciana.

Ahora en la siguiente tabla se detallarán las características a nivel estructural de la edificación de cada una de las instituciones de las aldeas/caseríos, importante para la etapa de instalación y montaje de los sistemas fotovoltaicos.

Tabla 5. Características de las edificaciones de los institutos de telesecundaria seleccionados

Aldea	Paredes		Techo		Suelo		Planos y Fotografías
	Material	Estado	Material	Estado	Material	Estado	
Tzapur	Bloque	Excelente	Chapa trapezoidal de aluminio	Bueno	Ladrillo	Bueno	Anexo A.1.4.
Secum	Bloque	Bueno	Chapa trapezoidal de	Bueno	Cemento	Bueno	Anexo A.1.1.

			acero				
Chamuchujl	Bloque	Bueno	Chapa trapezoidal de aluminio	Bueno	Cemento	Bueno	Anexo A.1.2.
Panzamalá	Bloque	Regular	Chapa trapezoidal de aluminio	Bueno	Cemento	Regular	Anexo A.1.3.

Fuente: Propio.

3.7. Vías de acceso

Este es un aspecto crítico para el Departamento Verapaz, ya que actualmente no cuenta con una buena red de comunicación terrestre entre cada uno de los municipios, ciudad, aldeas y/o caseríos que lo componen.

Por medio de la imagen 7 se puede apreciar que Alta Verapaz solo cuenta con una carretera asfaltada que atraviesa al Departamento de Norte a Sur y comunica con la Ciudad de Guatemala, la capital del país, pero desgraciadamente no involucra al Municipio San Pedro Carchá y la única forma de comunicación terrestre dentro del municipio es por medio de carretera de terracería, siendo una desventaja en temporada de lluvias ya que limita el tránsito a solo vehículos 4x4 y por ende, dificultando el acceso a toda su extensión.

Imagen 7. Vías de acceso terrestre del Departamento Alta Verapaz.

Fuente: La Prensa en el Aula. Guatemala.

4. Marco Regulatorio

A través de este apartado se expondrá de manera resumida el marco legal y regulatorio del sector de energía eléctrica de Guatemala, pero más enfocado hacia la ERAF que es lo que a este informe de proyecto final compete.

4.1. Constitución Política de la República de Guatemala

La *Constitución Política de la República de Guatemala* (Reformada por Acuerdo legislativo No. 18-93 del 17 de Noviembre de 1.993), define por medio de los siguientes artículos características relevantes del sector energético de Guatemala.

Tabla 6. Artículos de la Constitución Política de la República de Guatemala que influyen directa e indirectamente en la ERAF en el país.

Artículo	Definición	Detalle
119	Obligaciones del Estado. Son obligaciones fundamentales del Estado:	<p>a. Adoptar las medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente;</p> <p>b. Velar por la elevación del nivel de vida de todos los habitantes del país procurando el bienestar de la familia;</p> <p>c. Impulsar activamente programas de desarrollo rural que tiendan a incrementar y diversificar la producción nacional con base en el principio de la propiedad privada y de la protección al patrimonio familiar. Debe darse al campesino y al artesano ayuda técnica y económica;</p>
129	Electrificación	Se declara de urgencia nacional, la electrificación del país, con base en planes formulados por el Estado y las municipalidades, en la cual podrá participar la iniciativa privada.

130	Prohibición de monopolios	Se prohíben los monopolios y privilegios. El Estado limitará el funcionamiento de las empresas que absorban o tiendan a absorber, en perjuicio de la economía nacional, la producción en uno o más ramos industriales o de una misma actividad comercial o agropecuaria. Las leyes determinarán lo relativo a esta materia. El Estado protegerá la economía de mercado e impedirá las asociaciones que tiendan a restringir la libertad del mercado o a perjudicar a los consumidores.
-----	----------------------------------	--

Fuente: Propio.

4.2. Ley General de Electricidad de Guatemala

Motivado a los artículos 129 y 171 de la mencionada constitución se decreta la *Ley General de Electricidad* por medio del decreto 93-96, el cual fijó el inicio de la reforma del sector eléctrico del Guatemala, considerando lo siguiente:

“Que la oferta de energía eléctrica no satisface las necesidades de la mayor parte de la población guatemalteca, que no son proporcionales los requerimientos de una mayor oferta en relación con su creciente demanda y que la deficiencia de dicho sector es un obstáculo en el desarrollo integral del país, por lo que es necesario aumentar la producción, transmisión y distribución de dicha energía mediante la liberalización del sector.”

Dicha ley dispone de artículos de alta importancia para lo que la ERAF se refiere:

Tabla 7. Artículos de la Ley General de Electricidad de Guatemala que influyen directa e indirectamente en la ERAF en el país.

Artículo	Detalle
1	La presente ley norma el desarrollo el Conjunto de actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad, de acuerdo con los siguientes principios y enunciados:

	<p>a) Es libre la generación de electricidad y no se requiere para ello autorización o condición previa por parte del Estado, más que las reconocidas por la Constitución Política de la República de Guatemala y las leyes del país;</p>
10	<p>Los proyectos de generación y de transporte de energía eléctrica deberán adjuntar evaluación de impacto ambiental, que se determinará a partir del estudio respectivo, el que deberá ser objeto de dictamen por parte de la Comisión Nacional del Medio Ambiente -CONAMA- dentro de un plazo no mayor de sesenta (60) días a partir de su recepción.</p>
42	<p>La oposición del propietario o poseedor de la finca, sobre la cual se pretende constituir la servidumbre, solo podrá plantearse:</p> <p>a) Por ser perjudicial o desnaturalizarse el destino del predio que soportará la servidumbre.</p> <p>b) Por la existencia de otro predio donde resulta menos gravosa y más práctica la constitución de la servidumbre.</p> <p>c) Por no estar de acuerdo con el monto de la indemnización que se le propone.</p>
47	<p>El Estado podrá otorgar recursos para Costear total o parcialmente la inversión de proyectos de ERAF, de beneficio social o de utilidad pública, que se desarrollen fuera de una zona territorial delimitada. Los recursos que otorgue el Estado serán considerados como un subsidio, los cuales no podrán ser trasladados como costo al usuario. Las obras que se construyan con estos aportes serán administradas Y operadas por el adjudicatario, el que se obliga a mantenerlas en perfectas condiciones de uso. Los proyectos a que se refiere el párrafo anterior deberán contar con un informe favorable de evaluación socioeconómica del ministerio</p>

Fuente: Propio.

4.3. Reglamento de la Ley General de Electricidad de Guatemala

Con el objeto de normar el desarrollo de las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de electricidad, se acuerda el *Reglamento De La Ley General de Electricidad*

República De Guatemala por medio del Acuerdo Gubernativa No. 256-97, el pasado 21 de marzo de 1.997. Se consideró “*que para la adecuada aplicación de la Ley General de Electricidad, deben desarrollarse sus normas en forma reglamentaria, para cuya finalidad es procedente dictar las respectivas disposiciones legales*”.

Tabla 8. Artículos del Reglamento de la Ley General de Electricidad de Guatemala que influyen directa e indirectamente en la ERAF en el país.

Artículo	Definición	Detalle
77	Proyectos de Electrificación Rural	Para la aplicación del artículo 47 de la Ley, el Ministerio establecerá un procedimiento para la elaboración del informe de evaluación económica y social del proyecto, con el fin de resolver la procedencia o improcedencia de la solicitud.

Fuente: Propio.

La *Ley General de Electricidad* establece una estructura del sector de energía eléctrica de Guatemala de la siguiente manera:

Gráfico 4. Estructura jerárquica del sector de la Energía Eléctrica en Guatemala.



Fuente: Propio.

En Junio del 2.006 a través del Acuerdo Gubernativo No. 382-2.006 se modificó totalmente el Reglamento Orgánico del Ministerio de Energía y Minas ya que se consideró necesario para fortalecer la estructura orgánica para poder atender las políticas de modernización del Estado y así poder enfrentar los compromisos internacionales que se asuman a través de los diversos tratados comerciales que se suscriban.

Por medio del Artículo 2 de dicho reglamento se define la estructura orgánica del Ministerio de Energía y Minas, donde la Dirección General de Energía integra la Administración Funcional del Ministerio y dentro de esta Dirección se encuentra el Área de Electrificación Rural que forma parte del Departamento de Desarrollo Energético.

El Área de Electrificación Rural cumple con las siguientes Funciones:

1. Participar en el desarrollo de la energización rural en el país.
2. Efectuar evaluaciones socioeconómicas emitiendo los informes correspondientes para la búsqueda de financiamiento de proyectos de electrificación rural. Realizar análisis de expedientes de proyectos de electrificación rural; solicitudes de INDE (Instituto Nacional de Electrificación), municipalidades, diputados, etc.
3. Elaboración de estudios para proyectos de electrificación rural.
4. Supervisiones o evaluaciones de campo.

4.4. Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de Energía Renovable

Se decreta en el 2.003 la *Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable* bajo el Decreto No. 52-2.003, considerando lo siguiente:

“Que Guatemala cuenta con recursos naturales renovables suficientes en cantidad y calidad, y que su aprovechamiento otorgar al país una mayor independencia en la compra de los combustibles fósiles, facilitando con ello el suministro de energía económica a favor del consumidor final, de la población guatemalteca y de la región centro americana en general, minimizando así una fuga irreversible de divisas por concepto de compra de estos combustibles no disponibles localmente”.

Tabla 9. Artículos relevantes de la Ley de Incentivos para el desarrollo de proyectos de Energía Renovable.

Artículo	Definición	Detalle
2	Objeto	La presente Ley tiene por objeto promover el desarrollo de proyectos de energía renovable y establecer los incentivos fiscales , económicos y administrativos para el efecto.
3	Desarrollo	Para lograr el objetivo establecido en la presente Ley, el Ministerio de Energía y Minas deberá: a) Promover la localización e inventario de los recursos energéticos renovables, que sirvan para la generación de energía. b) Impulsar los estudios para estimar el potencial técnico utilizable. c) Fomentar y facilitar las inversiones para el desarrollo de generación de electricidad a través del uso racional de recursos energéticos renovables.
5	Incentivos	a) Exención de derechos arancelarios para las importaciones, incluyendo el Impuesto al Valor Agregado (IVA), cargas y derechos consulares sobre la importación de maquinaria y equipo , utilizados exclusivamente para la generación de energía en el área donde se ubiquen los proyectos de energía renovable. Previamente a la importación de la maquinaria y equipo que sean necesarios para desarrollar los proyectos de energía renovable, en cada caso las personas individuales y jurídicas que los realicen deberán solicitar la aplicación de la exención a la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), quien se encargará de calificar y autorizar la importación. Este incentivo tendrá vigencia exclusiva

		<p>durante el período de preinversión y el período de construcción, el cual no excederá de diez (10) años.</p> <p>b) Exención del pago del Impuesto Sobre la Renta. Este incentivo tendrá vigencia exclusiva a partir de la Fecha Inicio de Entrega (FIE), por un período de diez (10) años. Esta exención únicamente se otorga a las personas individuales y jurídicas que desarrollen directamente los proyectos y solamente por la parte que corresponda a dicho proyecto, ya que la exención no aplica a las demás actividades que realicen.</p> <p>c) Exención del Impuesto a las Empresas Mercantiles y Agropecuarias (IEMA). Este incentivo tendrá vigencia exclusiva a partir de la FIE, por un período de diez (10) años.</p>
--	--	---

El **Artículo 7** de la citada Ley indica que se deberá emitir el reglamento que permita la calificación y aplicación concreta de los incentivos correspondientes. Respectando esta exigencia, en Junio del 2.005 por medio del Acuerdo Gubernamental No. 211-2.005 se emite el *Reglamento de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable*. Los artículos más representativos de este Reglamento son los siguientes:

Tabla 10. Artículos relevantes del Reglamento de la Ley de Incentivos para el desarrollo de proyectos de Energía Renovable.

Artículo	Definición	Detalle
3	Solicitud	<p>La persona interesada en el desarrollo de un proyecto de energía renovable, deberá presentar ante el Ministerio, una solicitud escrita en original y copia simple con firma legalizada, conteniendo la siguiente información:</p> <p>a) Para las personas individuales: nombres y apellidos del solicitante, edad, estado civil, nacionalidad, profesión u oficio, domicilio, número de cédula de vecindad o pasaporte en caso de ser extranjero,</p>

		<p>Número de Identificación Tributaria (NIT) y lugar para recibir notificaciones. Si el presentado actúa en representación de otra persona individual, deberá adjuntar fotocopia legalizada del testimonio de la escritura pública de mandato respectivo.</p> <p>b) Para las personas jurídicas y empresas mixtas: nombre, razón o denominación social de la entidad solicitante, domicilio, lugar para recibir notificaciones y NIT. Datos de identificación personal del representante legal y NIT de éste. A la solicitud deberá acompañar fotocopia legalizada del nombramiento del representante legal, de las patentes de comercio de sociedad y de empresa y del testimonio de la escritura pública de constitución de la sociedad con sus modificaciones si las hubiere, inscritas en el Registro Mercantil.</p>
4	Trámite de la solicitud	<p>La Dirección, a través de las unidades técnicas y legales competentes, efectuará el análisis de la documentación presentada, formará un expediente para cada caso y, dentro del plazo de veinte días a partir de la fecha de recepción de la solicitud, estudiará y determinará si el proyecto utilizará fuentes renovables para la producción de energía y si procede o no su calificación para gozar de los incentivos solicitados, para lo cual emitirá la opinión correspondiente.</p> <p>Al vencimiento del plazo indicado en este artículo o antes del mismo, de contar con la opinión técnica relacionada, la Dirección elevará el expediente al Ministerio para que dentro de un plazo de diez días, contados a partir de la recepción del mismo, emita la resolución de calificación que establece la Ley.</p>
7	Requisitos de la Resolución	<p>La resolución de calificación que emita el Ministerio, deberá contener como mínimo los siguientes requisitos:</p>

		<p>a) Nombre, razón o denominación social del solicitante, su domicilio y NIT.</p> <p>b) Descripción, cantidad, costo, partida arancelaria y destino de la maquinaria y equipo, materiales (fungibles y de construcción) y otros asociados (accesorios, instrumentos de medición, repuestos), que se importarán para los efectos de lo estipulado en el artículo 5 literal a) de la Ley.</p> <p>c) Descripción de las etapas del proyecto y del grado de avance del mismo, con indicación de la fecha de culminación de cada una de ellas.</p> <p>d) Indicación precisa de la temporalidad para gozar de los incentivos o beneficios contemplados en la Ley, señalando la fecha de inicio y de terminación de la vigencia de los mismos.</p> <p>e) Indicación de que la exención del Impuesto Sobre la Renta aplica únicamente al titular que desarrolla directamente el proyecto.</p> <p>f) Obligaciones que deriven de la calificación.</p>
--	--	---

5. Metodología

La metodología seleccionada para la ejecución de este proyecto está constituida por tres partes y ha sido influenciada por diversas metodologías aplicadas alrededor del mundo por instituciones como Energías Sin Fronteras, Ingeniería sin Fronteras, Fundación Solar, etc., que ha sido sintetizada en el manual “Energía Solar Fotovoltaica y Cooperación al Desarrollo” (1.999), Elaborado por Energías sin Fronteras.

El objetivo de este apartado además de exponer cada parte de la metodología, será también dar una breve explicación de las acciones tanto realizadas como pendientes con su respectivo plan de acción.

5.1. Parte Inicial



5.1.1. Planteamiento del problema

La identificación del “problema” fue relativamente sencillo ya que nació de la iniciativa de una representante del *Plan International Inc*, siendo ésta una de las organizaciones con mayor antigüedad y presencia en el mundo trabajando en el desarrollo de los niños en condiciones de pobreza. En Guatemala tienen presencia a través de 6 Unidades de Programa en 4 Departamentos: Alta y Baja Verapaz, Jalapa e Izabal. Las principales actividades de esta organización son las siguientes:

- Primera infancia.
- Escuela inclusiva.
- Habilidades para la vida.
- Gobernanza.
- Protección de la niñez durante emergencias.

La representante labora en el Municipio San Pedro Carchá, Alta Verapaz, y su responsabilidad es la promoción, supervisión y atención de la educación para niños de pequeña y mediana edad en cada una de las aldeas pertenecientes a éste Municipio.

Como se comentó en el [Apartado 2](#), en estas aldeas se está impulsando la actividad escolar por medio de las ya implementadas “Telesecundaria”, que no es más que la impartición de conocimientos por medio de herramientas audiovisuales que por su naturaleza requieren de servicio eléctrico para poder operar.

Actualmente San Pedro Carchá cuenta con 32 institutos de “telesecundaria” pero 12 de ellos no cuentan con servicio eléctrico debido a que se encuentran en zonas de difícil acceso para las líneas de distribución de la red eléctrica de Guatemala, imposibilitando la ejecución de la actividad escolar y por ende, retrasando la preparación del futuro de estas aldeas.

5.1.2. Evaluación de tecnologías y recurso naturales

Las tecnologías evaluadas debían tener como principio ser renovables, debido al deseo de poner en práctica nuestros conocimientos adquiridos en el Máster de Energías Renovables y Mercado Energético (MERME) de la EOI.

Fue descartada la Eólica debido a que San Pedro de Carchá se encuentra en la zona central del país y ésta es considerada un lugar con poco recurso eólico. Cuenta con alto y buen recurso hídrico, pero por respetar la cultura Q’eqchi’ rechazamos la idea de realizar algún aprovechamiento mini hidráulico ya que es un recurso muy apreciado por ellos y no sería bien visto por los jefes de las comunidades. Debido a que la zona sur de Alta Verapaz cuenta con un buen recurso solar (*detalles en el [Apartado 6.1](#)*), además muchas comunidades de este Departamento han sido dotadas de ERAF y ha sido bien recibida, se determinó que la tecnología a implementar será la fotovoltaica, garantizando una facilidad tanto logística como económica para su implementación.

5.1.3. Selección de las comunidades receptores

Por medio del apoyo de *Plan International Guatemala* se pudo seleccionar las aldeas y caseríos que contaban con institutos de “telesecundaria” pero sin recurso eléctrico, éstos son las siguientes:

- Aldea Chiacam.
- Aldea Sepoc El Porvenir.
- Aldea Tzapur.

- Aldea San Vicente Campur.
- Aldea Chipac.
- Caserio Secum.
- Aldea Chamuchujl.
- Aldea Seacte.
- Aldea Panzamalá.
- Aldea Sequila.
- Aldea Chiquisis.
- Aldea Chirrequim.

5.1.4. Identificación de organismos potenciales a participar en el proyecto ERAF

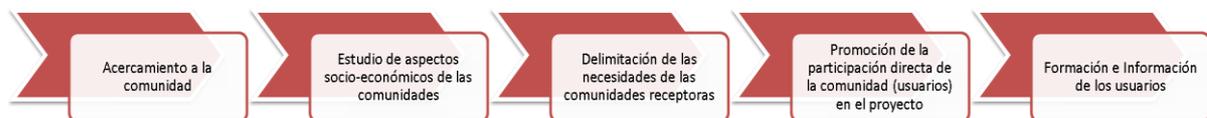
Los organismos *POTENCIALES* según su participación podrán ser los siguientes:

Tabla 11. Organismos *potenciales* según su participación.

Participación	Organismo
Desarrollador del Proyecto	Fundación Solar. Energías Sin Fronteras. Ingeniería Sin Fronteras. Redhintegral.
Socio Local	Plan Internacional Guatemala. IBIS Guatemala.
Acercamiento con la Comunidad	Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODES)
Soporte técnico e Instalación	Dirección General de Energía de Guatemala. Ministerio de Energías y Minas. INDE (Instituto Nacional de Electrificación). Fundación Solar. Energías Sin Fronteras.

	NRECA (National Rural Electric Cooperative Association). DeproSolar. Redhintegral.
Proveedores	DeproSolar Guatemala. Canadian Solar Inc.
Financiación	NRECA (National Rural Electric Cooperative Association) Guatemala. BANRURAL (Banco de Desarrollo Rural, S.A.) Guatemala. BCIE (Banco Centroamericano de Integración Económica). Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica (AEA). Ayuda de la Iglesia Noruega. AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo) Guatemala INDE (Instituto Nacional de Electrificación). Dirección General de Energía de Guatemala. MEM.

5.2. Parte Sociológica



5.2.1. Acercamiento a la comunidad

El acercamiento a la comunidad es vital, ya que para la correcta implementación de este tipo de proyectos se debe conocer a fondo todos los aspectos que puedan influir de manera directa y/o indirecta a los habitantes de la zona donde se trabajará. Desde dónde y cómo se ubicará el emplazamiento hasta los beneficios finales intangibles que adquirirán los usuarios, se podrán conocer con anterioridad apoyándose en el conocimiento previo de la comunidad, para esto es necesario la obtención de datos directos, preferiblemente de personas que residan en el lugar y no de instituciones gubernamentales, ya que por cuidar la imagen no resulta 100 por ciento honesta la información facilitada.

En este caso contamos con el apoyo de *Plan International Guatemala*, la cual se encuentra trabajando directamente con las comunidades y los datos, información y características de las mismas son tan específicos que ayudan a tener una fácil visualización de las verdaderas necesidades que presentan las aldeas/caseríos.

Conocer a la comunidad de manera directa ayudará a identificar características como: ingreso mensual por familia, gasto mensual por combustibles para la generación de energía térmica y lumínica, liderazgo entre familias para la formación de posibles Asambleas Comunitarias, ayuda estimada metálica aportada por las familias de los niños beneficiados por el proyecto, etc.

Gracias a este acercamiento se pudieron seleccionar las “aldeas modelo” más críticas según los siguientes criterios:

Gráfico 5. Identificación de aldeas por medio de criterios de evaluación críticos propios de las mismas.



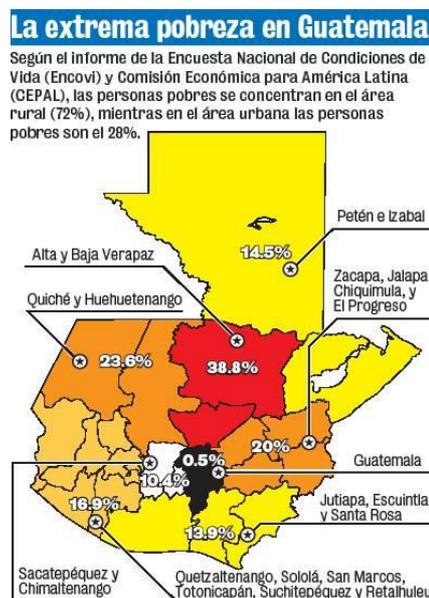
5.2.2. Estudio de aspectos socio-económicos de las comunidades

Es importante resaltar que Alta Verapaz es el Departamento con el mayor porcentaje de pobreza rural y extrema pobreza de Guatemala. El Banco Mundial reflejó en el 2.013 por medio del mapa de Pobreza Rural del 2.011 construido a partir de la información de los Censos Rurales Municipales de 2.008 a 2.011 y de la Encuesta de Condiciones de Vida (ENCOVI), que “*el 89,6 por ciento de la población rural vive en pobreza, mientras que 46,7 por ciento vive en extrema pobreza*”.

La población que reside en este Departamento son descendientes de la etnia Q’eqchi’ (*Ver Apartado 3.4*), la cual es la población Maya más antigua y con mayor presencia en Guatemala. Su actividad económica es la agricultura, debido a la poca preparación intelectual y escasa disponibilidad de servicios básicos como la electricidad, no han podido mejorar los procesos productivos o diversificar las actividades económicas.

Cuando hablamos de pobreza no solo nos referimos a la económica sino general, donde entran aspectos como educación, servicios básicos, nutrición, etc. La urgencia que presenta Alta Verapaz es el factor que impulsa este proyecto, para poder ofrecerles la posibilidad a estas comunidades de obtener un servicio educativo que los ayude a adquirir las herramientas que motive la superación y la construcción de un futuro mejor.

Imagen 8. Mapa de Pobreza Rural 2.011.



Fuente: Encuesta de Condiciones de Vida (ENCOVI).

5.2.3. Delimitación de las necesidades de las comunidades receptoras

Las necesidades de estas comunidades son diversas, pero en este caso nos limitaremos solo a cubrir el servicio educativo necesario por medio de la implementación de sistemas de ERAF.

5.2.4. Promoción de la participación directa de la comunidad (usuarios) en el proyecto

Para garantizar que el proyecto sea un éxito y presente una verdadera utilidad para la comunidad, la clave es involucrar a los usuarios en la ejecución del mismo, de esta manera ellos tendrán el sentimiento de pertenencia de estos bienes que recibirán y le darán la importancia que realmente se merece por medio del cuidado, mantenimiento y seguridad y así alargar su vida útil para gozar del servicio de una manera continua.

5.2.5. Formación e Información de los usuarios

Es recomendable capacitar a los usuarios para asegurar lo identificado en el punto anterior. Motivar a que sean ellos los que le puedan realizar los mantenimientos preventivos y correctivos básicos necesarios, permite que reconozcan el valor que tienen los equipos, brinda una oportunidad de empleo a estos posibles “técnicos especializados” e impulsa a la comunidad a superarse para seguir manteniendo el sistema que les ofrece tantos beneficios.

Para este proyecto lo que se recomienda es que se seleccione a unos usuarios para que sean los “técnicos especializados” dedicados a garantizar el buen funcionamiento de los equipos y del sistema. El resto de los usuarios deberán pagar una cuota mínima para los honorarios de estos técnicos. Esta es una práctica ya implementada en comunidades en Alta Verapaz la cual ha tenido excelente resultados.

Por último, además de la participación y la formación, se deberá informar a los usuarios directos del sistema sobre cuáles deberán ser las buenas prácticas a tomar en cuenta para el correcto uso, ya que de esta manera evitamos a que se recorte la vida útil de equipos críticos. Toda este proceso de formación se realizará por medio de un “Comité de Desarrollo Comunal” liderado por los desarrolladores del proyecto.

5.3. Parte Técnica



5.3.1. Viabilidad técnica

Para asegurar una viabilidad técnica de este tipo de proyectos renovables hay que tomar en cuenta características como el clima, la topografía, vías de acceso, etc., (Ver [Apartado 3](#)), ya que de estar expuestos a barreras naturales que no permitan la correcta logística para el transporte de equipos y repuestos no se garantizará el éxito de esta ERAF, al igual que la calidad del recurso natural para la generación eléctrica.

5.3.2. Diseño Técnico

Como es lógico, los responsables del diseño y dimensionamiento técnico deberán ser personas especialistas en el área. Lo ideal sería que la misma comunidad participe en el esta etapa pero por

ser muy difícil contar con personas capacitadas para ello, lo común es que los responsables sean instituciones externas especializadas, pero en nuestro caso, ya que forma parte del alcance de este Proyecto Final de Master y el diseño será un objetivo a cumplir (*Ver detalles en el [Apartado 7](#)*).

5.3.3. Evaluación económica

Por ser un proyecto en su concepto social, deberá tener un robusto análisis económico donde se consideren todas las variables que puedan participar en esta evaluación. La comunidad recibirá esta electrificación por medio de la financiación a través de instituciones con la capacidad y experiencia en gestionar este tipo de acciones, es decir, a pesar de ser inversiones no muy representativas (en algunos casos), la evaluación económica debe presentarse de la manera más clara y transparente posible para que pueda tener una valoración positiva. (*Ver detalles en el [Apartado 9](#)*).

5.3.4. Montaje e instalación

El montaje de los equipos deberá garantizar una durabilidad superior a la vida útil de los equipos, contar con una alta calidad pero igualmente con una considerable sencillez. Es necesario tomar en cuenta los detalles que puedan afectar de manera negativa a las estructuras y al correcto funcionamiento del sistema. (*Ver detalles en el [Apartado 8](#)*).

Para este proyecto, lo recomendable será contar con la participación de la Unidad de ERAF, perteneciente a la Dirección General de Energía de Guatemala, para una pre y post evaluación y de esta manera garantizar el correcto montaje/instalación de los equipos que se llevará a cabo a través de usuarios supervisados por la entidad que funcione como *SopORTE técnico e Instalación*.

5.3.5. Mantenimiento

Además del aporte de los equipos y del servicio eléctrico, se deberá aportar un manual de “Buenas prácticas y Mantenimiento” específico para cada sistema y se le será entregado al responsable de esta actividad de la comunidad. Parte del proyecto no es solo el diseño y la instalación, sino también la conservación a lo largo de su funcionamiento por medio de un buen mantenimiento. (*Ver detalles en el [Apartado 12](#)*).

5.3.6. Evaluación

Algo que no se puede olvidar es que un sistema de ERAF debe contar con una evaluación posterior a su puesta en marcha, lo que recomiendan ONGs dedicadas a esta área es que se realice al menos en un período de 2 años para poder garantizar su éxito.

Esta evaluación se deberá hacer bajo dos aspectos: técnico y social.

Tabla 12. Evaluación Sistemas ERAF.

Técnico	Social
Correcta ejecución de los mantenimientos.	Impactos positivos y negativos a la sociedad posterior a la recepción del servicio eléctrico. Aceptación y satisfacción de los usuarios.
Satisfacción de la demanda energética por parte de los equipos.	Grado de integración de los servicios a la comunidad.
Análisis de una posible expansión del sistema para el incremento de la utilidad del mismo.	Efectos en las relaciones entre los distintos grupos sociales de la comunidad.

Fuente: Propio.

6. Obtención datos de partida (Radiación, consumos)

6.1. Recurso Solar

La irradiación solar necesaria para el estudio del recurso solar se determinó a través del software *METEONORM*, debido a que esta se basa en un período de diez años de medidas para los datos de radiación. Adicionalmente garantiza una variabilidad asociada por extrapolación temporal menor de 2% del promedio anual de radiación, demostrando de esta manera que los datos obtenidos son apropiados para esta evaluación solar.

Si bien el software *METEONORM* es de pago, es el más utilizado para evaluar el recurso solar en proyectos fotovoltaicos, ya que presenta menores desviaciones que otros softwares o bases de datos de radiación (*Genossenschaft METEOTEST*, 2010).

La siguiente tabla recoge los valores medios mensuales de la irradiación diaria sobre superficie horizontal en kWh/m² del municipio de San Pedro Carchá.

Tabla 13. Datos de irradiación global y difusa en el plano horizontal y temperatura ambiente en San Pedro Carchá.

	Gh (kWh/m ²)	Dh (kWh/m ²)	Ta (°C)
Enero	110	66	17,6
Febrero	122	65	18,6
Marzo	153	69	19,6
Abril	165	66	21
Mayo	153	70	21
Junio	159	77	20,3
Julio	160	80	20,3
Agosto	163	72	20,5
Septiembre	150	78	20,2
Octubre	127	75	19,7
Noviembre	106	57	18,5
Diciembre	110	55	18,1
Anual	1.677	832	19,6

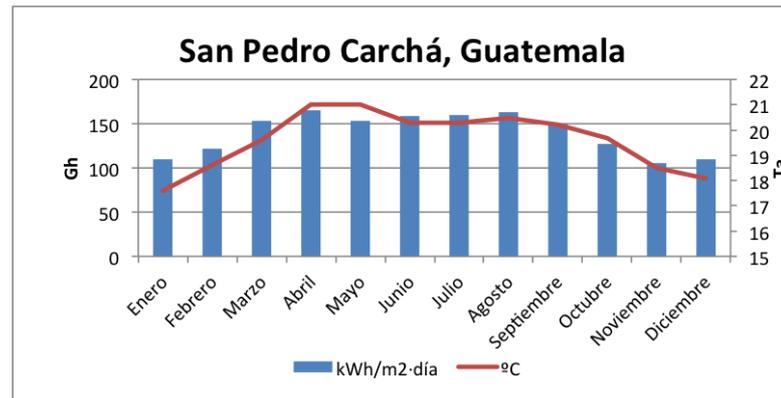
Gh: Irradiación global en el plano horizontal.

Dh: Irradiación Difusa en el plano horizontal.

Ta: Temperatura Ambiente.

Se ha señalado la mínima, correspondiente al mes de Noviembre, ya que para el pre-diseño del sistema de generación fotovoltaico se empleará el llamado “*método del mes peor*”. Este método consiste en calcular las dimensiones del sistema para que pueda funcionar en el mes en el que la demanda de energía es mayor respecto a la energía solar disponible.

Gráfico 6. Comportamiento mensual del recurso solar en San Pedro Carchá



Fuente: METEONORM.

6.2. Estimación consumos

La estimación de los consumos eléctricos de las diferentes escuelas fue uno de los puntos más complejos a la hora de llevar a cabo este proyecto. Hay que tener en cuenta que las cuatro (4) escuelas son diferentes entre sí, variando tanto su horario como cargas a satisfacer y elementos de suministro eléctrico ya presentes en ella (grupo diésel).

En el presente proyecto se dispone de datos reales de cargas a satisfacer de las diferentes escuelas, presentando todas ellas los mismos equipos, pero en distinto número y horario de uso, ya que como se comentó anteriormente, Secum y Chamuchujl no son propiamente escuelas de Telesecundaria (imparten clase por las mañanas de primaria), mientras que Panzamalá y Tzapur sólo funcionan como escuelas de Telesecundaria (clases por la tarde).

En las siguientes tablas se muestra el perfil de las escuelas de las diferentes aldeas, mostrando en color verde el horario específico de funcionamiento de los diferentes equipos.

Tabla 13. Perfil de consumo de las escuelas de Secum y Chamuchujl.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Televisor																									
Reproductor																									
Speaker																									
Microscopio																									
Impresora																									
Ordenador																									
Luminaria																									

Fuente: Propio.

Tabla 14. Perfil de consumo de las escuelas de Telesecundaria de Panzamalá y Tzapur.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Televisor																									
Reproductor																									
Speaker																									
Microscopio																									
Impresora																									
Ordenador																									
Luminaria																									

Fuente: Propio.

Las cargas que se encuentran en las diferentes escuelas se definen por medio de los kits que éstas disponen por aula:

- Luminarias 22W. → Cantidad: 4.
- Televisor Samsung LED 46'' 119 W. → Cantidad: 1.
- Reproductor BLU-RAY Samsung 12,6 W. → Cantidad: 1.
- Speaker Genius 50 W. → Cantidad: 1.
- Ordenador 185 W. → Cantidad: 1.
- Microscopio Am Scope 6W. → Cantidad: 1.
- Impresora 11W. → Cantidad: 1.

6.2.1. Secum

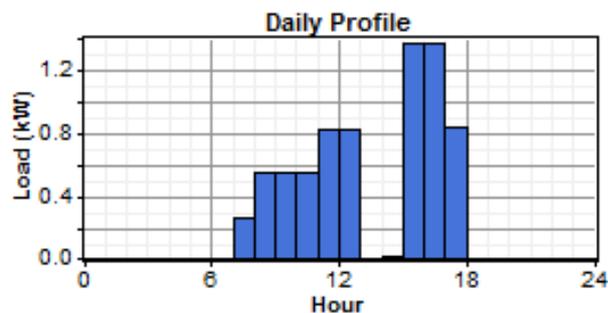
Las clases de Telesecundaria en la aldea de Secum tienen lugar en una instalación donde se imparte clases a niños por las mañanas, por los que las horas de uso serán tanto a la mañana como a la tarde. Como se observa en la *Tabla 4*, Secum dispone de 3 aulas y esto afectará en el número de unidades de cada ítem.

Tabla 15. Estimación de Cargas y Consumos por equipos de Secum.

ITEM	Unidades	Potencia (W)	Horas Uso diario (h/d)	Consumo (Wh)
Luminaria	12	22	6	1.584
Tele+BR+Speaker	3	181,6	6	3.268,8
Microscopio	3	6	1	18
Ordenador	3	185	4	2.220
Impresora	3	11	1	33
TOTAL				7.123,8

Fuente: Propio.

Gráfico 7. Perfil de consumo de la escuela de Secum.



Fuente: HOMER

Se puede observar en la figura que los picos se producen principalmente antes y después de la 13:00, debido al funcionamiento conjunto de los ordenadores y televisores sobre todo a la tarde (Telesecundaria). Se deduce que la potencia máxima demandada por las cargas sucede en torno a las 17:00, siendo aproximadamente de 1,4 kW.

6.2.2. Chamuchujl

El caso de Chamuchujl es similar al de Secum: clases a niños (primaria) por las mañanas y por la tarde las instalaciones se usan para la Telesecundaria. A diferencia de Secum, Chamuchujl dispone de 2 aulas para impartir clase.

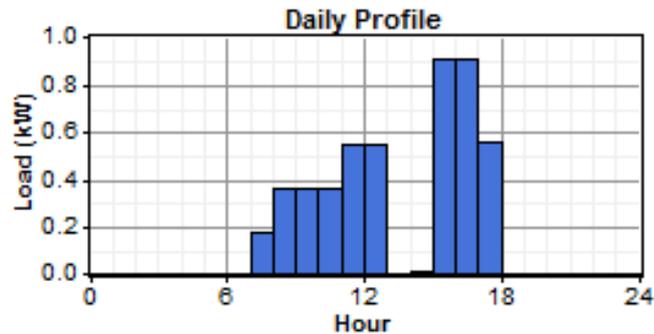
La información respecto a los equipos presentes en la aldea de Chamuchujl se muestra a continuación:

Tabla 16. Estimación de Cargas y Consumos por equipos de Chamuchujl.

ITEM	Unidades	Potencia (W)	Horas Uso diario (h/d)	Consumo (Wh)
Luminaria	8	22	6	1.065
Tele+BR+Speaker	2	181,6	6	2.179,2
Microscopio	2	6	1	12
Ordenador	2	185	4	1.480
Impresora	2	11	1	22
TOTAL				4.749,2

Fuente: Propio.

Gráfico 8. Perfil de consumo de la escuela de Chamuchujl.



Fuente: HOMER

El perfil es similar al de la aldea de Secum, pero debido a que sólo disponen de 2 aulas, la potencia necesaria es menor, siendo aproximadamente de 0,9 kW.

6.2.3. Panzamalá

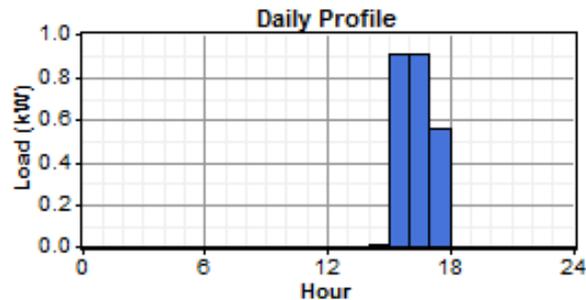
La escuela de la aldea de Panzamalá es una escuela de Telesecundaria propiamente dicha, por lo que su horario será de 13:00 a 18:00. Panzamalá dispone de 3 aulas y un grupo diésel, para las horas en las que la luz empieza a disminuir, por lo que necesitan gastar una gran cantidad de diésel para que la enseñanza pueda tener lugar.

Tabla 17. Estimación de Cargas y Consumos por equipos de Panzamalá.

ITEM	Unidades	Potencia (W)	Horas Uso diario (h/d)	Consumo (Wh)
Luminaria	8	22	3	528
Tele+BR+Speaker	2	181,6	3	1.089,6
Microscopio	2	6	1	12
Ordenador	2	185	2	740
Impresora	2	11	1	22
TOTAL				2.391,6

Fuente: Propio.

Gráfico 9. Perfil de consumo de la escuela de Panzamalá.



Fuente: HOMER

Se observa que la potencia máxima demandada por las cargas sucede en torno a las 17:00, siendo aproximadamente de 0,9 kW.

6.2.4. Tzapur

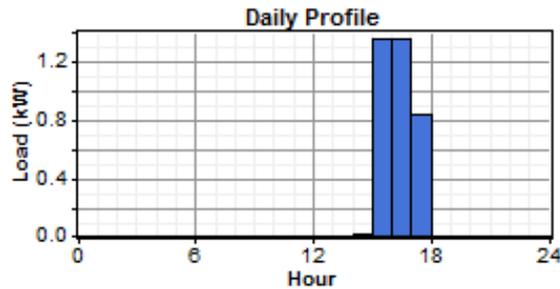
El caso de la escuela de Tzapur es muy similar a la de Panzamalá, escuela de Telesecundaria propia con la única diferencia de que la escuela dispone de 3 aulas, por lo que el consumo será mayor. Comparándola con la aldea de Secum, la potencia máxima demandada es similar, ya que disponen de los mismos equipos, si bien Secum funciona más horas y no dispone de grupo diésel como es Tzapur.

Tabla 18. Estimación de Cargas y Consumos por equipos de Tzapur.

ITEM	Unidades	Potencia (W)	Horas Uso diario (h/d)	Consumo (Wh)
Luminaria	12	22	3	792
Tele+BR+Speaker	3	181,6	3	1.634,4
Microscopio	3	6	1	18
Ordenador	3	185	2	1.110
Impresora	3	11	1	33
TOTAL				3.587,4

Fuente: Propio.

Gráfico 10. Perfil de consumo de la escuela de Tzapur.



Fuente: HOMER

Se puede observar que la potencia máxima demandada ocurre alrededor 17:00, siendo aproximadamente de 1,4 kW.

6.3. Cálculo de la energía solicitada por la carga, L

Las cargas que se conectan a una ERAF pueden ser de corriente alterna/continua. En este caso, la información que se nos ha dado es que las cargas de las diferentes aldeas funcionan con corriente alterna (AC) de 230V, por lo tanto la energía total, L_T , que debe entregar la ERAF es:

$$L_T = \frac{L_{dc}}{\eta_r} + \frac{L_{ac}}{\eta_{inv}}$$

$$L_T = \frac{L_{ac}}{\eta_{inv}}$$

Donde:

- L_{dc} es la energía debida a las cargas en corriente continua
- L_{ac} es la energía debida a las cargas de corriente alterna.
- η_r y η_{inv} son los rendimientos del regulador y el inversor.

Parte de la energía producida por el generador fotovoltaico llega a las cargas después de haber sido transformada por la batería. Por lo tanto se utilizará un rendimiento promedio, que tendrá en cuenta la eficiencia de la batería (η_{bat}) en los diferentes estados de carga y el porcentaje de energía que transita directamente entre el generador y las cargas. Así, otras pérdidas que han de ser tenidas en cuenta son las debidas al efecto Joule en los cables (η_c).

Por lo tanto se tiene, como ya se ha mencionado, todo el consumo es AC, la energía solicitada por las cargas de las diferentes aldeas resulta:

$$L = \frac{L_T}{\eta_{bat} \cdot \eta_c}$$

Como valores orientativos suele utilizarse $\eta_{inv} = 0,9$; $\eta_{bat} = 0,85$; $\eta_{bat} = 0,85$.

Tabla 19. Energía solicitada por la carga por Aldea.

Aldea	Energía solicitada por la carga, L (Wh/d)
Secum	9.502
Chamuchujl	6.334
Panzamalá	3.190
Tzapur	4.785

Se puede observar que las escuelas con mayor demanda de energía son las de las aldeas de Secum y Chamuchujl, lo cual concuerda con lo esperado ya que tanto Secum (3 aulas) como Chamuchujl (2 aulas) tienen clases de primaria por la mañana además de las de Telesecundaria por la tarde.

7. Diseño de la ERAF

7.1. Introducción

Un sistema de ERAF es una instalación capaz de producir energía eléctrica para satisfacer el consumo una serie de cargas eléctricas no conectadas a la red, normalmente usando un sistema de acumulación eléctrica con el objetivo de hacer frente a períodos en los que la generación es inferior al consumo.

En los siguientes apartados se realiza una explicación de los diferentes componentes que componen una ERAF. Sin embargo, es necesario mencionar un caso especial, los sistemas híbridos, ya que tanto Panzamalá como Tzapur se encuadran en este tipo de instalación.

Por sistema híbrido se entiende una instalación en la que la energía solar fotovoltaica constituye la fuente principal de energía, y un grupo electrógeno (existente o no) funciona como respaldo a la tecnología fotovoltaica en caso de avería de esta o de déficit de potencia eléctrica para satisfacer las cargas.

Cabe resaltar que la instalación de una ERAF pura supone una inversión elevada, con unos costes de mantenimiento bajos. Por otro lado, la compra de un grupo electrógeno no resulta muy elevada, pero los gastos de mantenimiento y los del combustible no son despreciables, siendo éste último, especialmente crítico en las comunidades mencionadas anteriormente.

En resumen, la instalación del generador fotovoltaico permite reducir considerablemente las horas de funcionamiento del motor diésel, disminuyendo por lo tanto los litros de combustible empleados para su funcionamiento y su mantenimiento.

Imagen 9. Grupo Electrógeno de Panzamalá.

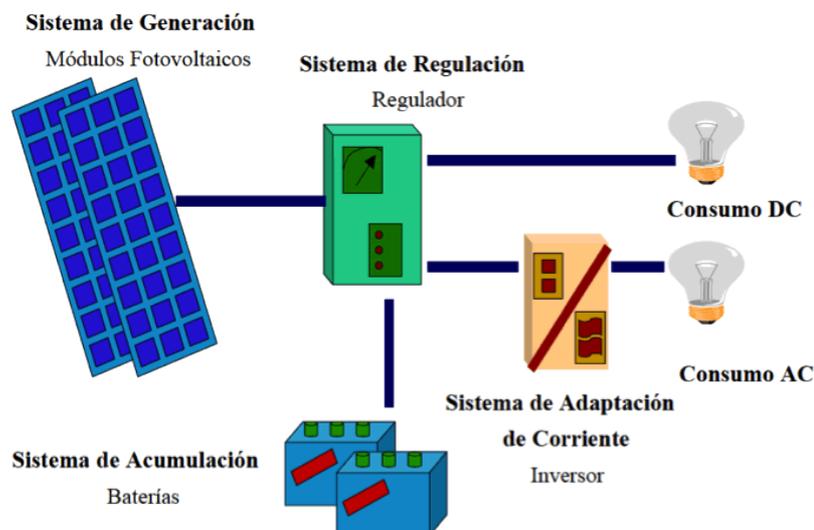


7.2. Descripción de los componentes

Cada sistema fotovoltaico de las diferentes escuelas presenta un esquema general que comprende los siguientes componentes:

- Un generador fotovoltaico, que estará formado por un número determinado de módulos en serie y paralelo.
- Un acumulador, que en este caso será un conjunto de baterías que sirven para almacenar la energía eléctrica.
- Un regulador de carga, que es un equipo electrónico capaz de evitar la sobrecarga y la descarga excesiva de un acumulador cuando se alcanzan determinados umbrales.
- Un inversor, para transformar la corriente continua generada por el sistema fotovoltaico en corriente alterna que alimenta a las cargas.
- Cargas a satisfacer, (Luminarias, televisor, radio etc.)
- El sistema de cableado, que incluye tanto los cables como los elementos de protección, interruptores, etc.

Imagen 10. Sistema Fotovoltaico Autónomo



7.2.1. El generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico constituye el elemento principal de una instalación fotovoltaica, estando formado por un número determinado de paneles solares conectados en serie y/o paralelo. El objetivo de los paneles solares es captar la radiación solar y transformarla en energía eléctrica.

En la actualidad existen en el mercado numerosos tipos de módulos fotovoltaicos. La elección del generador fotovoltaico se ha hecho en base a una serie de criterios, que es necesario analizarlos con detalle para el caso de una instalación aislada. Por lo tanto, la elección del modelo y marca del módulo se ha basado en los siguientes puntos:

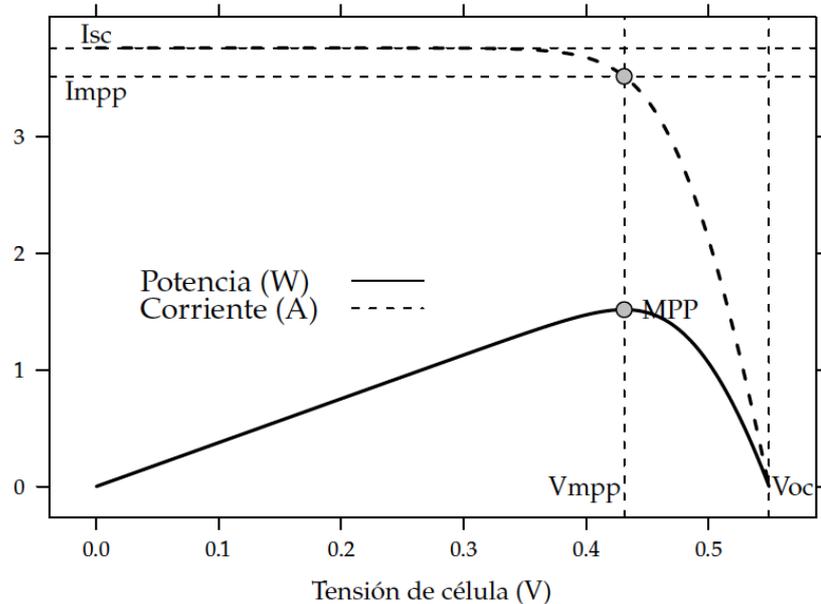
- Módulo de silicio policristalino comúnmente usado para instalaciones fotovoltaicas aisladas. Así mismo, la tensión debe de ser adecuada teniendo en cuenta el banco de baterías.
- Fabricante que garantice el correcto funcionamiento de los módulos durante un tiempo aproximado de 20 años de vida útil.
- Mejor rendimiento en el caso de aumentos repentinos de la temperatura o fenómenos de suciedad.
- Tamaño fácil de manejar que permita un fácil transporte.
- Garantía frente a posibles defectos de fabricación.
- Estructura robusta.

7.2.1.1. Parámetros de diseño del generador fotovoltaico

Los dos puntos extremos de cortocircuito y circuito abierto en una célula solar quedan definidos por dos parámetros, la corriente de cortocircuito, I_{sc} , y la tensión de circuito abierto, V_{oc} :

- Corriente de cortocircuito (I_{sc}): se define como la corriente que circula por el panel fotovoltaico cuando se cortocircuita el panel, esto es, cuando $V=0$. Esta corriente I_{sc} es la máxima que puede proporcionar el panel.
- Tensión de circuito abierto (V_{sc}): es la tensión del panel cuando no circula corriente eléctrica, esto es, cuando $I=0$. Esta tensión V_{oc} coincide con la máxima tensión que puede suministrar el módulo fotovoltaico.

Imagen 11. Curvas corriente -tensión (línea discontinua) y potencia-tensión de una célula solar (Libro: *Energía Solar Fotovoltaica*, Óscar Perpiñán).



- Punto de máxima potencia (Pmpp): es la potencia máxima entregada por la célula. La potencia entregada por la célula en este punto se considera la potencia nominal ($P_{mpp} = I_{mpp} \cdot V_{mpp}$). El valor de esta potencia máxima en condiciones estándar se indica comúnmente como Vatio-pico (Wp).
- Factor de Forma (FF): definido como el cociente entre la potencia máxima que el panel puede proporcionar y la potencia teórica máxima en los puntos I_{sc} y V_{oc} . Se puede observar en la *Imagen 11* cómo se comporta esta relación entre dos superficies. Normalmente, los valores de FF están comprendidos entre 0,7 y 0,8.

$$FF = \frac{I_{mpp} \cdot V_{mpp}}{I_{sc} \cdot V_{oc}}$$

- Eficiencia de conversión (η): se define la eficiencia de conversión de una célula solar como el cociente entre la potencia máxima que puede suministrar el módulo y la potencia luminosa (PL) que capta el panel.

$$\eta = \frac{I_{mpp} \cdot V_{mpp}}{P_L}$$

- Productividad del sistema (Y_f): definida como el cociente entre la energía producida y la potencia nominal del generador fotovoltaico:

$$Y_f = \frac{E_{ac} \text{ kWh}}{P_g^* \text{ kWp}}$$

- Performance ratio (PR): se define el *performance ratio*, PR, como un factor que incluye las pérdidas de un sistema fotovoltaico independientemente de las condiciones meteorológicas. Aunque el rango de valores del PR es muy amplio, estos suelen variar entre mínimos de 0,4 y máximos de 0,85.

7.2.2. El acumulador electroquímico

Uno de los principales problemas a los que los sistemas fotovoltaicos se enfrentan es la variabilidad del recurso, la irradiación solar. Por lo tanto, es necesario una serie de equipos auxiliares, acumulador electroquímico, para almacenar la energía eléctrica generada durante los períodos de irradiación, de forma que esta pueda ser utilizada en los momentos de baja o nula radiación.

Imagen 12. Baterías Hoppecke OpzS.



Este acumulador (o conjunto de baterías), debe estar diseñado para estar sometido a ciclados diarios y anuales de carga y descarga. No obstante, además de acumular energía eléctrica, las

baterías son capaces de suministrar electricidad a voltaje constante, así como aportar picos de intensidad superiores a los que proporciona el generador fotovoltaico.

La disponibilidad de acumuladores electroquímicos empleados en ERAF en el mercado es muy amplia, basándose casi todas las configuraciones en baterías estacionarias de ácido-plomo.

7.2.2.1. Parámetros de diseño del acumulador electroquímico

- Capacidad nominal (C_b): definida como la carga eléctrica que puede ser extraída de una batería hasta su descarga total. Se mide en Amperios-hora (Ah). En el caso de acumuladores fotovoltaicos se suele referir a tiempos de descarga de 100 horas (C_{100}).
- Estado de carga (SoC): se define como el cociente entre la capacidad de la batería parcialmente cargada y su capacidad nominal.
- Profundidad máxima de descarga PD_{max} : la profundidad de descarga es el porcentaje de energía que se extrae en una descarga de una batería plenamente cargada. La PD_{max} viene limitada por el regulador y suele estar alrededor del 70% de su capacidad nominal.
- Capacidad útil o disponible (C_u): es la capacidad de la que realmente se dispone en función de su capacidad nominal y profundidad máxima de descarga.

$$C_u = PD_{max} \cdot C_b$$

7.2.3. El regulador de carga

Un regulador de carga es un dispositivo electrónico cuyo objetivo es evitar las situaciones de sobrecarga y sobredescarga de la batería, con el fin de aumentar su vida útil.

Por una parte, controla la corriente que circula desde el generador fotovoltaico hacia la batería (carga), y por otra parte, la intensidad que circula desde la batería hacia las cargas a satisfacer (descarga). En el caso de que la batería ya se encuentre cargada, el regulador interrumpe el paso de la corriente de carga; y si ha llegado a su nivel máximo de descarga, el regulador cesa la corriente de descarga.

7.2.3.1. Parámetros de diseño del regulador de carga

- Tensión de trabajo: normalmente 12, 24 ó 48 V.

- Intensidad máxima que puede circular a través de él, aconsejándose un 20% superior a la intensidad máxima generada por el generador fotovoltaico.

7.2.4. El inversor

El inversor es un equipo electrónico que es capaz de convertir la corriente continua en alterna. En algunos casos, si las cargas son en continua, no es necesario que la ERAF incluya un inversor.

Estos inversores tienen un funcionamiento similar a los inversores de conexión a red, pero con un par de matices. En el caso de un ERAF/híbrido, el inversor no está conectado a red, por lo que en una ERAF, el inversor debe funcionar como fuente de tensión. Además, también debe disponer de una fiabilidad antes sobretensiones, con el objetivo de distinguir si la sobretensión se debe al arranque de un grupo diésel (tolera la sobreintensidad) o un cortocircuito (cese intensidad).

7.2.4.1 Parámetros de diseño del inversor

- Potencia nominal (VA): es la potencia que el inversor es capaz de suministrar de forma permanente.
- Eficiencia del inversor: se define como el cociente entre la potencia eléctrica que el inversor es capaz de entregar a la salida, y la potencia eléctrica de entrada que llega del generador fotovoltaico.
- Tensión máxima de entrada: es el máximo valor de tensión que el inversor puede soportar sin sufrir avería.
- Tensión nominal de salida: se define como la tensión de las cargas a la que se puede conectar el inversor, siendo normalmente 230 V_{dc} en monofásica y 400 V_{ac} para trifásica).

Imagen 13. Inversor de corriente.



7.3. Procedimiento de cálculo del diseño del ERAF

El objeto de este apartado es realizar el cálculo de los diferentes elementos que forman la instalación fotovoltaica y sus respectivos parámetros técnicos. Como se comentó anteriormente, se realizará el diseño de 4 “escuelas tipo” diferentes. Sin embargo, todas las escuelas se dimensionarán siguiendo un procedimiento de cálculo común.

Este procedimiento es el comúnmente denominado *método del mes peor*. El *método del mes peor* consiste en dimensionar el sistema con el objetivo de que pueda funcionar el mes peor- definido como aquel con peor relación entre la demanda de energía y la radiación incidente-. En el caso de las escuelas de telesecundaria, el consumo es constante a lo largo del año, por lo que el mes peor es aquel con menor valor medio de radiación diaria en el plano del generador.

Otro parámetro importante que es necesario definir es el número máximo de días de autonomía (C_s), esto es, el número máximo de días en el que la instalación puede funcionar sin recibir radiación solar. El dimensionado se hará para que todo el consumo durante esos días se haga únicamente a través de la energía almacenada en la batería. En el supuesto de que la batería no fuera suficiente, se recurriría al uso del grupo electrógeno.

En base a los sistemas instalados y en funcionamiento, es posible establecer valores de C_a y C_s que se adaptan bien a las aplicaciones más comunes, sin llevar a cabo el cálculo detallado del

funcionamiento del sistema. Esta aproximación al dimensionado del sistema suele ser la técnica más empleada en la electrificación rural.

$$C_A=1,1 \quad C_S=5$$

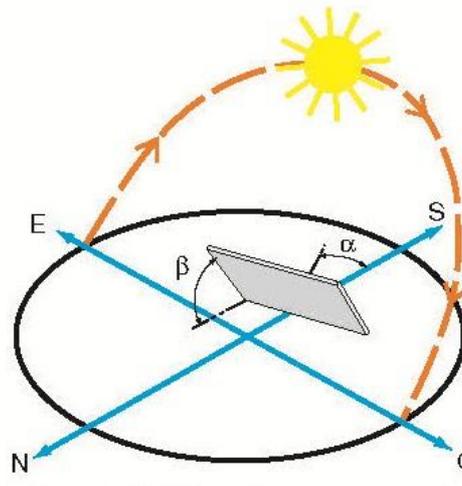
El proceso de cálculo empleado en las 4 escuelas consta de los siguientes pasos:

1. Datos previos (obtención de la energía solar disponible/mes peor, orientación de los paneles y obtención de los consumos).

Tras la obtención de los consumos de la escuela de telesecundaria, es necesario obtener la orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos.

En los sistemas fotovoltaicos, la orientación del generador debe ser hacia el horizonte Sur en el hemisferio Norte (y hacia el horizonte Norte en el Hemisferio Sur). En este proyecto, el municipio de San Pedro de Carchá se encuentra a una latitud norte de $15^\circ 28'$, por lo que se orientarán en el lado del tejado orientado hacia el sur. Por lo tanto, el ángulo de acimut óptimo (α) será igual a 0° .

Imagen 14. Ángulo de Inclinación según la posición del sol.



En cuanto al ángulo de inclinación (β), debido a que las escuelas tendrán consumos constantes a lo largo del año, el objetivo es maximizar la radiación en los meses de menor radiación, y por lo tanto la inclinación óptima debe $\beta = |\phi| + 10^\circ \approx 25^\circ$.

2. Selección del inversor y de la tensión nominal de la instalación.

A la hora de diseñar el ERAF, primeramente se elegirá la tensión de trabajo. Para ello es necesario estimar la potencia máxima que será necesaria para satisfacer el consumo de la escuela. En el [Apartado 6.2](#), se calculó esta potencia, y el inversor será elegido en base a esa potencia máxima demandada por las cargas.

En cuanto la tensión de trabajo, se elegirá una tensión de trabajo de que esté dentro del rango que ofrezca el inversor, optando preferentemente por valores de 12, 24 ó 48 V. Este valor de tensión nominal es un dato de referencia dentro del intervalo que sirve para identificar cada inversor. Tanto el acumulador como el regulador es necesario que se seleccionen para este valor de tensión nominal.

3. Cálculo de la intensidad que ha de entregar el conjunto de paneles-Número de paneles.

Se ha optado por la selección del mismo módulo fotovoltaico en cada escuela, debido a las facilidades que conlleva tanto a nivel económico como de transporte e instalación. Los módulos elegidos han sido los módulos de CANADIAN SOLAR, modelo CS6P-255P.

La elección de esta potencia (típica en sistemas ERAF de gran potencia) se debe básicamente a la limitación del espacio, ya que los módulos irán instalados en el tejado de las diferentes escuelas y el espacio es fijo.

La corriente del generador en el punto MPP (Punto de máxima potencia de un generador fotovoltaico) en condiciones STC es:

$$\eta_G \cdot A_G \cdot G_{stc} = I_g^* \cdot V_b$$

$$I_g^* = \frac{C_A \cdot Q_L \cdot G_{stc}}{G_d(\beta, \alpha)}$$

- η_G , eficiencia del generador.
- A_G , área del generador fotovoltaico.
- G_{stc} , irradiancia incidente en condiciones estándar de medida.
- I_g^* , corriente del generador en condiciones estándar.
- V_b , tensión en funcionamiento de una batería.
- $G_d(\beta, \alpha)$, promedio de la irradiación global diaria incidente en el plano del generador.

El número de ramas en paralelo (N_p) se calcula dividiendo la intensidad necesaria por el generador fotovoltaico dividido por la intensidad en el punto MPP:

$$N_p = \frac{I_g^*}{I_{mppM}}$$

Para calcular el número de módulos en serie, se ha tenido en cuenta el efecto de la temperatura para corregir la tensión, obteniéndose el número de módulos en serie a partir de la tensión de trabajo (tensión de batería) y tensión MPP del módulo:

$$N_s = \frac{V_b}{V_{mppM}}$$

Basados en estos cálculos, se obtiene el número de ramas en serie y paralelo del generador fotovoltaico. La potencia del generador se puede estimar por lo tanto:

$$P_g = N_p \cdot I_{mppM} \cdot N_s \cdot V_{mppM}$$

4. Cálculo de la capacidad de acumulación necesaria

Una vez elegida la tensión de trabajo junto a los valores de C_A y C_S , se deben configurar la batería de acuerdo a esta tensión elegida. Conviene recordar que es la batería la que impone la tensión de trabajo. En base a la tensión de la batería, V_b , se obtiene:

$$L = V_b \cdot Q_L$$

La energía solicitada por la carga, L , se obtiene a partir del consumo de cada escuela de telesecundaria. Por lo tanto, la carga a satisfacer en amperios-hora es:

$$Q_L = L/V_b$$

Siendo Q_L la carga a satisfacer en amperio-hora. Y por lo tanto, la capacidad útil de la batería (C_U) en amperios-hora:

$$C_U = C_S \cdot Q_L$$

Considerando una Profundidad de Descarga (PD) de 0,7:

$$C_B = \frac{C_S}{PD} = C_{100}$$

Habitualmente, la documentación técnica de los fabricantes incluye la capacidad a C_{10} . Sin embargo, los regímenes de funcionamiento más habituales en los sistemas fotovoltaicos son del orden de C_{100} . Como regla general puede emplearse la relación $C_{100} \approx 1,35 \cdot C_{10}$

$$C_{10} = \frac{C_{100}}{1,35}$$

Con esta capacidad C_{10} , se procede a la elección de un modelo de batería comercial y a la configuración del acumulador o banco de baterías. Es importante resaltar el inconveniente de instalar baterías en paralelo, debido al incremento de fallos en su funcionamiento.

5. Elección del regulador

El parámetro más importante a la hora de seleccionar el tipo de regulador es la intensidad máxima que puede soportar, siendo recomendable que sea un 20% superior a la de funcionamiento del sistema. Además, la tensión de funcionamiento debe de estar concorde a la tensión del sistema.

$$I_{maxReg} = 1,20 \cdot I_g^*$$

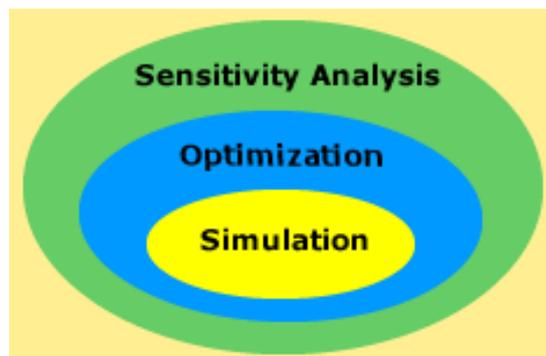
6. Optimización en HOMER y elección de alternativa

Una vez obtenidos los datos del pre-dimensionado de la instalación fotovoltaica en los apartados anteriores, se procede a la optimización del sistema mediante el uso del programa *HOMER*.

HOMER es un software que se emplea para la optimización de sistemas de potencia distribuida, permitiendo evaluar tanto aspectos relacionados con el diseño como aspectos económicos.

Para utilizar *HOMER*, es necesario proporcionar los datos de entrada que describan las opciones tecnológicas (calculadas en los apartados anteriores), costes de componentes y disponibilidad de recursos. *HOMER* emplea estos datos de entrada para simular diferentes configuraciones del sistema, o combinaciones de componentes, generando resultados que se pueden visualizar como una lista de posibles configuraciones ordenadas por *Valor Actual Neto* (VAN). También es capaz de desplegar resultados de simulación en una amplia variedad de tablas y gráficos que ayuda a comparar las configuraciones y evaluarlas en base a sus ventajas económicas/técnicas.

Imagen 15. Principio funcionamiento del *HOMER*.



- **Simulación:** Con los datos de entrada calculados en el pre-diseño, *HOMER* simula la operación de un sistema llevando a cabo cálculos de balance de energía para cada una de las 8.760 horas del año. Compara la demanda eléctrica y térmica en cada hora con la energía que el sistema puede suministrar, calculando los flujos de energía para cada componente del sistema. Debido a que los sistemas del presente proyecto incluyen baterías y generadores, *HOMER* también decide para cada hora como operan estos generadores y la carga/descarga de las baterías.

HOMER realiza los cálculos de balance de energía para configuración que se considere en cada sistema y determina si la configuración es factible (si puede satisfacer o no la demanda eléctrica bajo las condiciones que se han especificado).

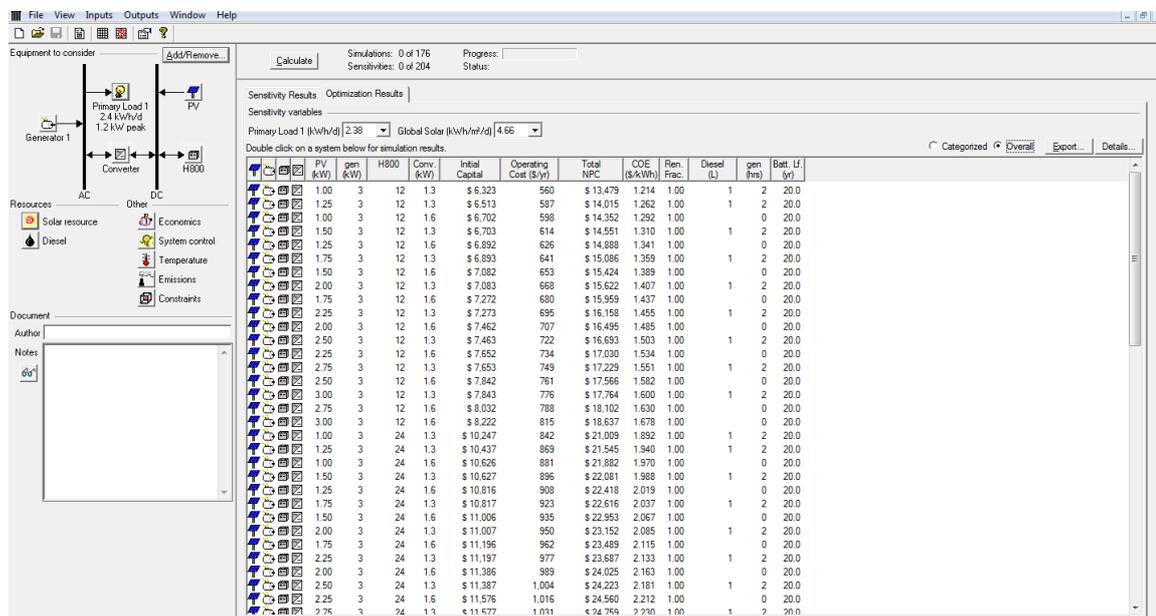
- **Optimización:** Tras la simulación de todas las configuraciones del sistema, *HOMER* despliega una lista de configuraciones, ordenadas por VAN, que se emplean para comparar las diferentes opciones de diseño del sistema.
- **Análisis de sensibilidad:** *HOMER* es capaz de repetir el proceso de optimización para cada variable sensible que se especifique. En este documento se ha realizado análisis de sensibilidad de 5 variables conjuntas:
 1. **Promedio mensual de la irradiación global diaria.** Esta variable se elige debido que la radiación solar puede variar dependiendo del día y la posible presencia de sombras en el sistema fotovoltaica.
 2. **Carga a satisfacer por el sistema.** Debido a que el consumo puede variar entre las diferentes horas del día y épocas del año se ha optado por analizar esta variable.
 3. **Ángulo de acimut.** En algunas escuelas no se dispone de la información acerca de la orientación en la que se encuentran, por lo que es necesario evaluar cómo afecta la desviación respecto el valor óptimo (0°).
 4. **Ángulo de inclinación.** Similar al caso anterior, en qué grado afecta la variación de la inclinación del tejado al diseño del sistema.
 5. **Precio del litro de diésel (\$/L).** En el caso de los sistemas híbridos, se ha evaluado como afecta la variación en el costo de combustible a la optimización del sistema en *HOMER*.

Tras la simulación, optimización y análisis de sensibilidad de los sistemas de las diferentes aldeas, se elige una opción que sea la óptima tanto económicamente (menor inversión y operaciones de mantenimiento) como viable técnicamente (satisfaga el consumo teniendo en

cuenta el análisis de sensibilidad y permita un correcto funcionamiento de los diferentes equipos con el objetivo de alargar su vida útil).

Mencionar que en las aldeas con sistemas híbridos (Panzamalá/Tzapur) se ha limitado el consumo de diésel a 30 L/año a la hora de optimizar, debido a que uno de los principales problemas de estas comunidades es la dificultad de hacer frente al coste del combustible.

Imagen 16. Interfaz de *HOMER*.



7.4. Dimensionado del ERAF de las escuelas de Telesecundaria

En base al procedimiento de cálculo explicado anteriormente, se mostrarán los resultados obtenidos para las escuelas de las 4 aldeas.



7.4.1. Secum

7.4.1.1. Datos de partida. Orientación e Inclinación

Puesto que los módulos fotovoltaicos se instalarán sobre el tejado de la escuela, el ángulo de inclinación viene marcado por el ángulo de la cubierta, no difiriendo demasiado respecto el ángulo óptimo como se observa en la siguiente imagen:

Imagen 17. Escuela de Secum.



Este valor se considera aceptable, ya que es muy similar al ángulo óptimo.

7.4.1.2. Dimensionado inversor

En el [Apartado 6.2.1](#), se obtuvo una potencia máxima demandada por las cargas en torno a 1,4 kW (alrededor 17:00).

Por lo tanto, se elegirá un inversor preliminar con características de tensión nominal (Vdc), Potencia de salida (W), y eficiencia máxima (η_{inv}) mostradas en la tabla. El inversor corresponde al modelo Inversor Phoenix C24/2000 de la marca *Victron Energy*.

Tabla 20. Datos del inversor de la escuela de Secum.

INVERSOR	
V_{NInv}	24 V
P_{NInv}	1600 W
η_{inv}	92%

7.4.1.3. Dimensionado del generador fotovoltaico

El módulo fotovoltaico tomado como referencia ha sido el mismo para las diferentes escuelas: *CANADIAN SOLAR CS6P-255P*.

Tabla 21. Datos del módulo fotovoltaico *CANADIAN SOLAR CS6P-255P*.

MÓDULO FOTOVOLTAICO	
V_{mppM}	30,2 V
I_{mppM}	8,43 A
V_{oc}	37,4 V
I_{sc}	9,00 A
P_{max}	255 W

Respecto al generador fotovoltaico, los cálculos teóricos de corriente del generador en el punto MPP en condiciones STC, número de ramas en paralelo/serie y potencia del generador se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 22. Datos del generador fotovoltaico de la escuela de Secum.

GENERADOR FOTOVOLTAICO	
I_g^*	123,3 A
V_{dc}	24 V

N_a	0,8 (1)
N_p	14,6 (15)

Basados en estos cálculos, es necesario una configuración de:

CANADIAN SOLAR CS6P-255P (15 ramas de 1 módulo en serie).

- $P_g^* = 3,825 \text{ kW}$

7.3.1.4 Dimensionado del acumulador

Los resultados obtenidos en el dimensionado del acumulador son los siguientes:

Tabla 23. Datos del acumulador de la escuela de Secum.

ACUMULADOR ELECTROQUÍMICO	
Q_L	395,9 Ah
C_U	1.979,6 Ah
C_B	2.828,0 Ah
C_{10}	2.094,8 Ah
PD_{max}	70%

En esta escuela, se optará por el modelo *Hoppeke 16 OpzS 2000* (Vasos 2 V) para satisfacer la tensión de trabajo, 24 V.

7.4.1.5 Dimensionado del regulador

La intensidad máxima admitida por el regulador es:

Tabla 24. Datos del regulador de la escuela de Secum.

REGULADOR	
I_{maxReg}	147,9 A
V_{dc}	24 V

En base a estos parámetros, se elegirán dos reguladores de 70 A conectados en paralelo. El modelo seleccionado es el *Controlador de carga BlueSolar MPPT 150/70*.

7.4.1.6. Optimización HOMER y elección de la alternativa

Con los datos calculados en los apartados anteriores, se procede a realizar la simulación, optimización y análisis de sensibilidad en el programa HOMER y se obtiene el siguiente resultado óptimo:

System Architecture: 3 kW PV 2.5 kW Rectifier
 12 Hoppecke 16 OPzS 20
 2.5 kW Inverter

Primary Load 1 (kWh/d) 7.08 Global Solar (kWh/m²/d) 4.66

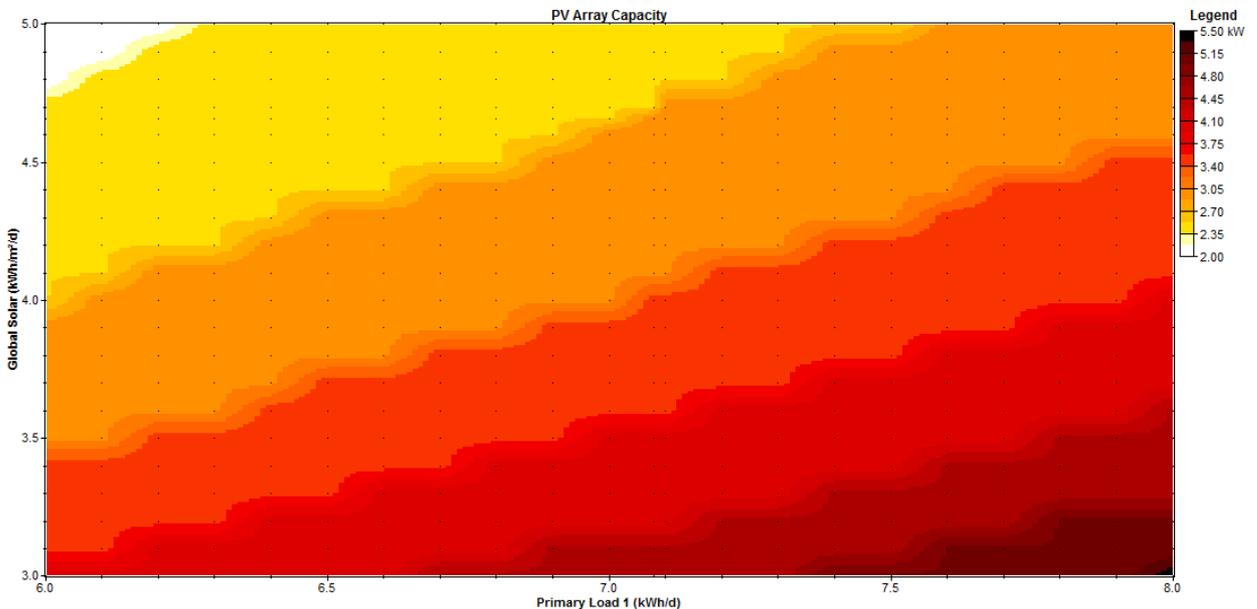
Double click on a system below for simulation results.

	PV (kW)	H2000	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Batt. Lf. (yr)
	3.0	12	2.5	\$ 19,675	974	\$ 32,126	0.972	1.00	20.0
	3.0	12	2.6	\$ 19,844	985	\$ 32,432	0.982	1.00	20.0
	3.5	12	2.5	\$ 20,055	1,028	\$ 33,197	1.005	1.00	20.0
	3.5	12	2.6	\$ 20,224	1,039	\$ 33,503	1.014	1.00	20.0
	4.0	12	2.5	\$ 20,435	1,082	\$ 34,269	1.037	1.00	20.0
	4.0	12	2.6	\$ 20,604	1,093	\$ 34,575	1.047	1.00	20.0
	4.5	12	2.5	\$ 20,815	1,136	\$ 35,340	1.070	1.00	20.0

Con esta arquitectura se procede a analizar la influencia de la radiación solar (Global Solar, kWh/m²d) y la carga a satisfacer (Primary Load, kWh/d) en función de la potencia del generador fotovoltaico para las diferentes configuraciones, con el objetivo de ver si la opción óptima calculada por HOMER es la satisfactoria. Además, se analiza la batería y sus estados de carga durante las horas y meses del año.

En el siguiente gráfico se observa que la opción óptima de 3 kW PV es lo suficientemente robusta a las variaciones de carga y radiación global, por lo que se considera una opción aceptable.

Gráfico 11. Evaluación de la capacidad fotovoltaica en Secum según el comportamiento de las Cargas vs Radiación Global.



Comparando la optimización del *HOMER* con el primer pre-diseño, la potencia del generador pasa de 3,825 kW (pre-diseño) a 3 kW y el inversor aumenta de 1,60 kW (pre-diseño) a 2,5 kW. Por lo tanto, la elección definitiva del sistema fotovoltaico se observa en el siguiente resumen:

Tabla 25. Sistema final óptimo seleccionado para Secum.

GENERADOR FOTOVOLTAICO
12 ramas de 1 módulo en serie CANADIAN SOLAR CS6P-255P (Ver Anexo A.3.1.) $P_g = 3,060 \text{ kW}$
INVERSOR
Inversor Phoenix C24/3000 de la marca Victron Energy (Ver Anexo A.3.2.) $P_{inv} = 2,50 \text{ kW}$
ACUMULADOR ELECTROQUÍMICO
12 vasos (2V) en serie del modelo Hoppeke 16 OpzS 2000 (Ver Anexo A.3.7.) $V_{dc} = 24 \text{ V}$

REGULADOR DE CARGA
2 reguladores de carga BlueSolar MPPT 150/70 (Ver Anexo A.3.4)
$I_{\max\text{Reg}} = 140 \text{ A}$

7.4.2. Chamuchujl

7.4.2.1. Datos de partida. Orientación e inclinación

En el caso de la aldea de Chamuchujl, el ángulo de acimut (α) será igual a 0° , pero en cuanto al ángulo de inclinación (β), este viene dado por el ángulo de la cubierta, siendo de 20° .

Imagen 18. Escuela de Chamuchujl.



Este valor se considera aceptable, ya que aun siendo inferior al óptimo es todavía superior a 15° que es el límite para conseguir que la lluvia pueda desplazar la suciedad acumulada en los paneles.

7.4.2.2. Dimensionado inversor

En el [Apartado 6.2.2.](#), se obtuvo un valor que la potencia máxima demandada por las cargas en torno a 1 kW. El inversor seleccionado al modelo *Inversor Phoenix C24/1200* de la marca *Victron Energy*.

Tabla 26. Sistema final óptimo seleccionado para Chamuchujl.

INVERSOR	
V_{NInv}	24 V
P_{NInv}	1000 W
η_{inv}	92-94%

7.4.2.3. Dimensionado del generador fotovoltaico

Respecto al generador fotovoltaico, los cálculos teóricos de corriente del generador en el punto MPP en condiciones STC, número de ramas en paralelo/serie y potencia del generador se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 27. Datos del generador fotovoltaico de la escuela de Chamuchujl.

GENERADOR FOTOVOLTAICO	
I_g^*	82,17 A
V_{dc}	24 V
N_a	0,8 (1)
N_p	9,74 (10)

Basados en estos cálculos, es necesario una configuración de:

CANADIAN SOLAR CS6P-255P (10 ramas de 1 módulo en serie)

- $P_g^* = 2,550 \text{ kW}$

7.4.2.4 Dimensionado del acumulador

Los resultados obtenidos en el dimensionado del acumulador son los siguientes:

Tabla 28. Datos del acumulador de la escuela de Chamuchujl.

ACUMULADOR ELECTROQUÍMICO	
Q_L	263,9 Ah
C_U	1.319,7 Ah
C_B	1.885,3 Ah
C_{10}	1.396,6 Ah
PD_{max}	70%

En esta escuela, se optará por 12 vasos conectados en serie del modelo Hoppeke 12 OpzS 1500 para satisfacer la tensión de trabajo, 24 V.

7.4.2.5 Dimensionado del regulador

La intensidad máxima que debe ser admitida por el regulador es:

Tabla 29. Datos del regulador de la escuela de Chamuchujl.

REGULADOR	
I_{maxReg}	98,6 A
V_{Reg}	24 V

En base a estos parámetros, se elegirá un regulador de 85 A. El modelo seleccionado es el *Controlador de carga BlueSolar MPPT 150/85*. Si bien la intensidad es menor a la recomendada, sigue siendo superior a la intensidad del generador.

7.4.2.6. Optimización HOMER y elección de la alternativa

El sistema optimizado que obtiene HOMER es el siguiente:

OpzS 1000), por lo que el dimensionado se considera satisfactorio. La elección definitiva del sistema fotovoltaico se observa en la siguiente tabla:

Tabla 30. Sistema final óptimo seleccionado para Chamuchujl.

GENERADOR FOTOVOLTAICO
<p>10 ramas de 1 módulo en serie CANADIAN SOLAR CS6P-255P (Ver Anexo A.3.1)</p> <p>$P_g = 2,550 \text{ kW}$</p>
INVERSOR
<p>Inversor Phoenix C24/1200 de la marca Victron Energy (Ver Anexo A.3.2.)</p> <p>$P_{inv} = 1,00 \text{ kW}$</p>
ACUMULADOR ELECTROQUÍMICO
<p>12 vasos (2V) en serie del modelo Hoppeke 10 OpzS 1000 (Ver Anexo A.3.6.)</p> <p>$V_{dc} = 24 \text{ V}$</p>
REGULADOR DE CARGA
<p>Regulador de carga BlueSolar MPPT 150/85 (Ver Anexo A.3.4.)</p> <p>$I_{maxReg} = 85 \text{ A}$</p>

7.4.3. Panzamalá

7.4.3.1. Datos de partida. Orientación e inclinación

El ángulo de inclinación (β), viene dado por el ángulo del tejado, siendo de 8-10°.

Imagen 19. Escuela de Panzamalá.



Este valor se encuentra por debajo del valor de 15°, por lo que será necesario un plan de mantenimiento y limpieza más intenso que en el caso de las otras escuelas.

Señalar que la aldea de Panzamalá dispone de un grupo diésel de 3 kW, por lo que el sistema fotovoltaico será el llamado sistema “híbrido”.

7.4.3.2. Dimensionado inversor

La potencia máxima demandada por las cargas se observa que está en torno a 1 kW.

El inversor elegido en este caso tiene que tener en cuenta la presencia del grupo diesel, por lo que se elige un inversor que permita la entrada de alimentación CA (Corriente Alterna). Se ha optado por modelo Inversor/cargador *Multiplus C24/1200/25* de la compañía *Victron Energy*.

Tabla 31. Datos del inversor de la escuela de Panzamalá.

INVERSOR	
V_{NInv}	24 V
P_{NInv}	1000 W
η_{inv}	93-94%

7.4.3.3. Dimensionado del generador fotovoltaico

El número de ramas en paralelo/serie y potencia del generador se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 32. Datos del generador fotovoltaico de la escuela de Panzamalá.

GENERADOR FOTOVOLTAICO	
I_g^*	41,4 A
V_{dc}	24 V
N_a	0,8 (1)
N_p	4,9 (5)

Basados en estos cálculos, es necesario una configuración de:

CANADIAN SOLAR CS6P-255P (5 ramas de 1 módulo en serie)

- $P_g^* = 1,275 \text{ kW}$

7.4.3.4. Dimensionado del acumulador

Los resultados obtenidos en el dimensionado del acumulador son los siguientes:

Tabla 33. Datos del acumulador de la escuela de Panzamalá.

ACUMULADOR ELECTROQUÍMICO	
Q_L	132,9 Ah
C_U	664,6 Ah
C_B	949,4 Ah
C_{10}	703,2 Ah

PD_{max}	70%
------------	-----

En esta escuela, se optará por el *modelo Hoppeke 8 OpzS 800* (Vasos 2 V) para satisfacer la tensión de trabajo, 24 V.

7.4.3.5. Dimensionado del regulador

La intensidad máxima admitida por el regulador es:

Tabla 34. Datos del regulador de la escuela de Panzamalá.

REGULADOR	
I_{maxReg}	49,7 A
V_{Reg}	24 V

En base a estos parámetros, se elige un regulador de 70 A. El modelo seleccionado es el Controlador de carga *BlueSolar MPPT 150/70*.

7.4.3.6. Optimización HOMER y elección de la alternativa

Con los datos calculados en los apartados anteriores, se procede a realizar la simulación, optimización y análisis de sensibilidad en el programa *HOMER* obteniendo el siguiente resultado óptimo:

System Architecture:	1 kW PV	1.3 kW Inverter
	3 kW Generator 1	1.3 kW Rectifier
	12 Hoppeke 8 OPzS 800	Cycle Charging

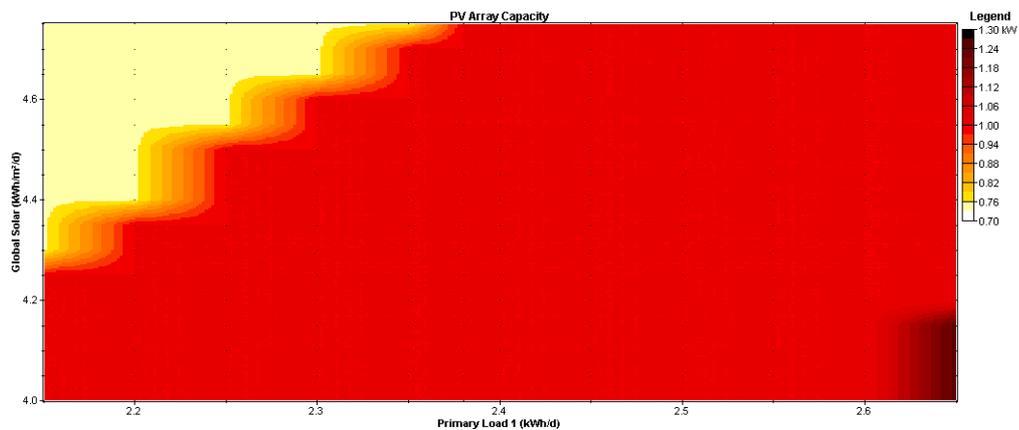
Primary Load 1 (kWh/d) 2.38 Global Solar (kWh/m²/d) 4.66

Double click on a system below for simulation results.

	PV (kW)	gen (kW)	H800	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	gen (hrs)	Batt. Lf. (yr)
	1.00	3	12	1.3	\$ 6,323	560	\$ 13,479	1.214	1.00	1	2	20.0
	1.25	3	12	1.3	\$ 6,513	587	\$ 14,015	1.262	1.00	1	2	20.0
	1.00	3	12	1.6	\$ 6,702	598	\$ 14,352	1.292	1.00		0	20.0
	1.50	3	12	1.3	\$ 6,703	614	\$ 14,551	1.310	1.00	1	2	20.0
	1.25	3	12	1.6	\$ 6,892	626	\$ 14,888	1.341	1.00		0	20.0
	1.75	3	12	1.3	\$ 6,893	641	\$ 15,086	1.359	1.00	1	2	20.0
	1.50	3	12	1.6	\$ 7,082	653	\$ 15,424	1.389	1.00		0	20.0
	2.00	3	12	1.3	\$ 7,083	668	\$ 15,622	1.407	1.00	1	2	20.0
	1.75	3	12	1.6	\$ 7,272	680	\$ 15,959	1.437	1.00		0	20.0
	2.25	3	12	1.3	\$ 7,273	695	\$ 16,158	1.455	1.00	1	2	20.0
	2.00	3	12	1.6	\$ 7,462	707	\$ 16,495	1.485	1.00		0	20.0

En el siguiente gráfico se observa la potencia del generador fotovoltaico y su capacidad para satisfacer una determinada carga y radiación solar, permitiendo la opción de 1 kW PV captar la mayor parte del área del gráfico, y por lo tanto, siendo robusta esta opción.

Gráfico 13. Evaluación de la capacidad fotovoltaica en Panzamalá según el comportamiento de las Cargas vs Radiación Global.



Al comparar la opción optimizada del *HOMER* con el primer pre-diseño, la potencia del generador óptima disminuye de 1,275 (pre-diseño) a 1 kW y la potencia del inversor aumenta de 1 kW a 1,3 kW. La elección definitiva del sistema fotovoltaico se observa la siguiente tabla:

Tabla 35. Sistema final óptimo seleccionado para Panzamalá.

GENERADOR FOTOVOLTAICO
4 ramas de 1 módulo en serie CANADIAN SOLAR CS6P-255P

(Ver Anexo A.3.1.)
$P_g = 1,020 \text{ kW}$
INVERSOR
Inversor Multiplus C24/1600/40 de la marca Victron Energy (Ver Anexo A.3.3.)
$P_{inv} = 1,30 \text{ kW}$
ACUMULADOR ELECTROQUÍMICO
12 vasos (2V) en serie del modelo Hoppeke 8 OpzS 800 (Ver Anexo A.3.5.)
$V_{dc} = 24 \text{ V}$
REGULADOR DE CARGA
Regulador de carga BlueSolar MPPT 150/70 (Ver Anexo A.3.4.)
$I_{maxReg} = 70 \text{ A}$

7.4.4. Tzapur

7.4.4.1. Datos de partida. Orientación e inclinación

En cuanto la aldea de Tzapur, el ángulo de acimut óptimo (α) será igual a 0° . Por otro lado, el ángulo de inclinación (β) observa en la siguiente imagen:

Imagen 20. Escuela de Tzapur.



En la escuela de Tzapur, este ángulo se encuentra cerca al óptimo teórico.

7.4.4.2. Dimensionado inversor

En el [Apartado 6.2.4.](#), se obtuvo un valor de potencia máxima demandada por las cargas en torno a 1,4 kW.

El inversor seleccionado es el Inversor/cargador *Multiplus C24/2000/50* de la compañía *Victron Energy*. Este inversor considera la presencia del grupo diesel, permitiendo la entrada de alimentación CA.

Tabla 36. Datos del inversor de la escuela de Tzapur.

INVERSOR	
V_{NInv}	24 V
P_{NInv}	1.600 W
η_{inv}	93-94%

7.4.4.3. Dimensionado del generador fotovoltaico

Los cálculos teóricos de corriente del generador en el punto MPP en condiciones STC, número de ramas en paralelo/serie y potencia del generador se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 37. Datos del generador fotovoltaico de la escuela de Tzapur.

GENERADOR FOTOVOLTAICO	
I_g^*	62,1 A
V_{dc}	24 V
N_a	0,8 (1)
N_p	7,4 (8)

Basados en estos cálculos, es necesario una configuración de:

CANADIAN SOLAR CS6P-255P (8 ramas de 1 módulo en serie)

- $P_g^* = 2,040$ kW

7.4.3.4 Dimensionado del acumulador

Los resultados del diseño acumulador son los siguientes:

Tabla 38. Datos del acumulador de la escuela de Tzapur.

ACUMULADOR ELECTROQUÍMICO	
Q_L	199,4 Ah
C_U	996,9 Ah
C_B	1424,2 Ah
C_{10}	1054,9 Ah

PD_{max}	70%
------------	-----

Para este caso, se opta por el modelo *Hoppeke 10 OpzS 1000* (Vasos 2 V) para satisfacer la tensión de trabajo, 24 V.

7.4.3.5 Dimensionado del regulador

La intensidad recomendable para el regulador debe de ser al menos de:

Tabla 39. Datos del regulador de la escuela de Tzapur.

REGULADOR	
I_{maxReg}	73,5 A
V_{Reg}	24 V

El modelo seleccionado es el Controlador de carga *BlueSolar MPPT 150/85*.

7.4.3.6. Optimización HOMER y elección de la alternativa

La simulación, optimización y análisis de sensibilidad en HOMER da lugar a los siguientes resultados:

System Architecture:	1.5 kW PV	2 kW Inverter
	3 kW Generator 1	2 kW Rectifier
	12 Hoppeke 10 OPzS 10Cycle Charging	

Sensitivity variables

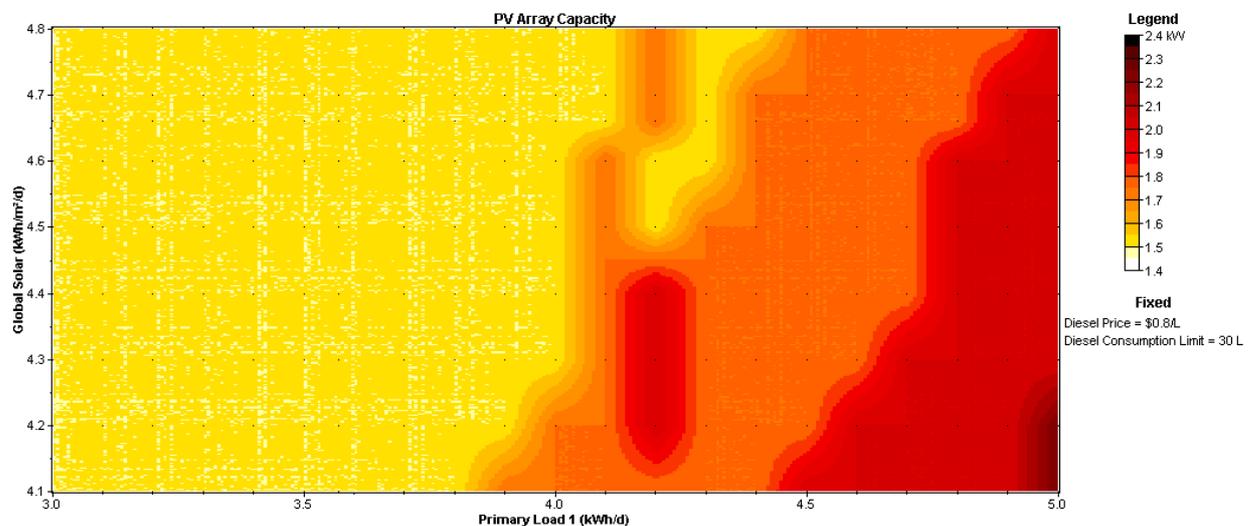
Primary Load 1 (kWh/d) 3.57 Global Solar (kWh/m²/d) 4.66 Diesel Price (\$/L) 0.8 Diesel Consumption Limit (L) 30

Double click on a system below for simulation results.

	PV (kW)	gen (kW)	H1000	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	gen (hrs)	Batt. Lf. (yr)
	1.50	3	12	2.0	\$ 9,859	657	\$ 18,255	1.096	1.00	0	20.0	
	1.75	3	12	2.0	\$ 10,049	684	\$ 18,791	1.128	1.00	0	20.0	
	2.00	3	12	2.0	\$ 10,239	711	\$ 19,326	1.160	1.00	0	20.0	
	1.50	3	12	2.5	\$ 10,418	704	\$ 19,423	1.166	1.00	0	20.0	
	2.25	3	12	2.0	\$ 10,429	738	\$ 19,862	1.192	1.00	0	20.0	
	1.75	3	12	2.5	\$ 10,608	731	\$ 19,959	1.198	1.00	0	20.0	
	2.50	3	12	2.0	\$ 10,619	765	\$ 20,398	1.225	1.00	0	20.0	
	2.00	3	12	2.5	\$ 10,798	759	\$ 20,495	1.230	1.00	0	20.0	
	1.50	3	12	3.0	\$ 10,978	752	\$ 20,592	1.236	1.00	0	20.0	
	2.75	3	12	2.0	\$ 10,809	792	\$ 20,933	1.257	1.00	0	20.0	
	2.25	3	12	2.5	\$ 10,988	786	\$ 21,030	1.263	1.00	0	20.0	
	1.75	3	12	3.0	\$ 11,168	779	\$ 21,127	1.268	1.00	0	20.0	

En el siguiente gráfico se observa que la opción óptima de 1,5 kW PV es lo suficientemente robusta a las variaciones de carga y radiación global, por lo que se considera una opción aceptable.

Gráfico 14. Evaluación de la capacidad fotovoltaica en Tzapur según el comportamiento de las Cargas vs Radiación Global.



Al comparar la opción optimizada del *HOMER* con el primer pre-diseño, la potencia del generador óptima disminuye de 2,040 (pre-diseño) a 1,5 kW y la potencia del inversor aumenta de 1,6 kW a 2 kW. La elección definitiva del sistema fotovoltaico se observa la siguiente tabla:

Tabla 40. Sistema final óptimo seleccionado para Tzapur.

GENERADOR FOTOVOLTAICO
<p>6 ramas de 1 módulo en serie CANADIAN SOLAR CS6P-255P (Ver Anexo A.3.1.)</p> <p>$P_g = 1,530 \text{ kW}$</p>
INVERSOR
<p>Inversor Multiplus C24/3000/70 de la marca Victron Energy (Ver Anexo A.3.3.)</p> <p>$P_{inv} = 2,50 \text{ kW}$</p>
ACUMULADOR ELECTROQUÍMICO
<p>12 vasos (2V) en serie del modelo <i>Hoppeke 10 OpzS 1000</i> (Ver Anexo A.3.6.)</p> <p>$V_{dc} = 24 \text{ V}$</p>
REGULADOR DE CARGA
<p>Regulador de carga BlueSolar MPPT 150/85 (Ver Anexo A.3.4.)</p> <p>$I_{maxReg} = 85 \text{ A}$</p>

8. Instalación y montaje del ERAF

Un objetivo esencial en la instalación de los sistemas fotovoltaicos es maximizar la potencia instalada en la mínima superficie disponible. El terreno en este proyecto es un factor limitante debido a que los módulos fotovoltaicos se instalarán sobre el tejado de las diferentes escuelas.

También es importante resaltar la importancia de comunicación con la comunidad, debido a que es necesario buscar la implicación de sus miembros y así aumentar las probabilidades de éxito del proyecto.

Tras realizar el dimensionado de la ERAF, es necesario realizar una serie de acciones para asegurar la correcta instalación de los paneles fotovoltaicos y los equipos auxiliares:

- Elección del lugar físico de la instalación, teniendo en cuenta los aspectos sociales y técnicos.
- Modo de conexión de los paneles fotovoltaicos.
- Elección de la ubicación del inversor, regulador, baterías, etc.
- Selección de la estructura de soporte para los módulos fotovoltaicos.
- Disposición del cableado.

8.1. Ubicación de los módulos fotovoltaicos

Tras analizar el emplazamiento de las diferentes aldeas del estudio y la estructura de las escuelas de Telesecundaria, se ha optado por la instalación de los paneles sobre el tejado de cada una de ellas. Esta opción se debe principalmente a una serie de motivos:

- Desde un punto de vista técnico, las aldeas de X y X han sido construidas recientemente, por lo que no se espera ningún problema de índole estructural al instalar los paneles sobre la cubierta.
- Desde el punto de vista social, uno de los problemas a los que muchas veces se enfrentan los sistemas de electrificación rural es la posibilidad de robo de los módulos fotovoltaicos. De esta manera, al estar situados sobre el tejado, hace más difícil un posible hurto.
- En cuanto a las sombras, es imprescindible que los módulos estén ubicados en un lugar libre de sombras. Tras analizar las 4 aldeas del presente proyecto, se observó que debido a las irregularidades del terreno y posibles sombras de los diferentes edificios el lugar óptimo es el tejado de las escuelas de telesecundaria.

8.1.1. Desviaciones respecto diseño teórico

Cuando se realiza el diseño de un ERAF, el denominador común es la incertidumbre respecto a los datos de partida, esto es, hasta que se llega al emplazamiento donde se va a realizar la instalación no se puede contrastar los datos de partida con los reales y ver las desviaciones que existen.

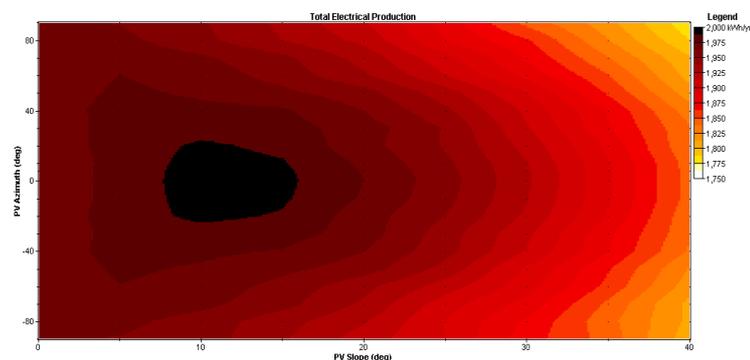
Al realizar el dimensionado, se tuvo en cuenta las variaciones que puede sufrir el sistema de partida debido a la modificación del lugar de instalación de los módulos:

- **Orientación de las escuelas**, relacionado con el ángulo de acimut. Aun cuando se dispone del plano de alguna escuela, hasta que se llegue al emplazamiento no se va a comprobar que ángulo de acimut tendrán los módulos fotovoltaicos.
- **Pendiente del tejado**. Se ha hecho un cálculo orientativo del ángulo de las cubiertas, pero pueden variar respecto al tejado real.

En los siguientes gráficos se observa la energía producida por el ERAF/Sistema híbrido de las diferentes escuelas con una orientación e inclinación cualesquiera, para la configuración elegida en cada una de las escuelas tras la optimización en *HOMER*:

Escuela de Tzapur

Gráfico 15. Variación de la energía producida por el sistema respecto a una orientación e inclinación determinada. Escuela Tzapur.

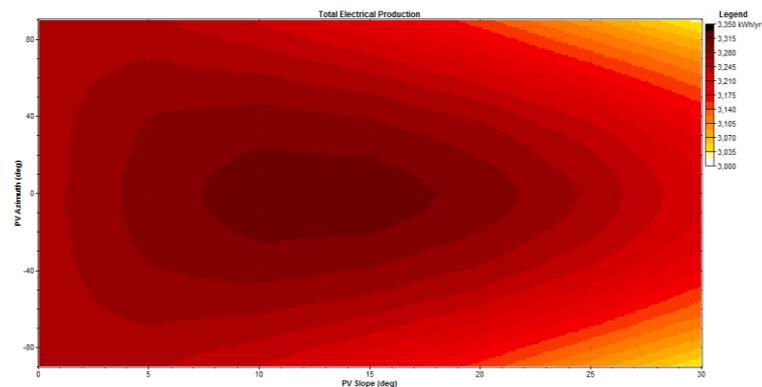


En el gráfico anterior se observa que la mayor producción tiene lugar a acimut 0° y pendiente entre 15°-20°, lo cual es lo esperado. También se concluye que la producción disminuye a medida que aumenta la pendiente del módulo fotovoltaico y la orientación se desvía del sur hacia este/oeste. No obstante, la variación de energía eléctrica total producida entre la situación óptima

y el peor caso es menor del 10%, lo que indica que el sistema es suficientemente robusto frente a estas variaciones.

Escuela de Chamuchujl

Gráfico 16. Variación de la energía producida por el sistema respecto a una orientación e inclinación determinada. Escuela Chamuchujl.

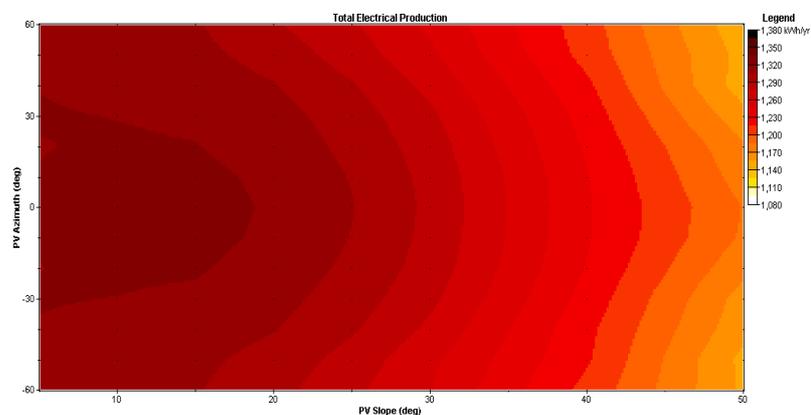


El gráfico anterior corresponde a la escuela de Chamuchujl, presentando una forma similar al caso anterior. La variación de energía eléctrica total producida presenta poca variación entre el caso óptimo y la variación de la pendiente y acimut (10% para el peor caso mostrado).

Los siguientes casos corresponden a las aldeas de Panzamalá y Secum, presentando un comportamiento análogo a los casos descritos anteriormente.

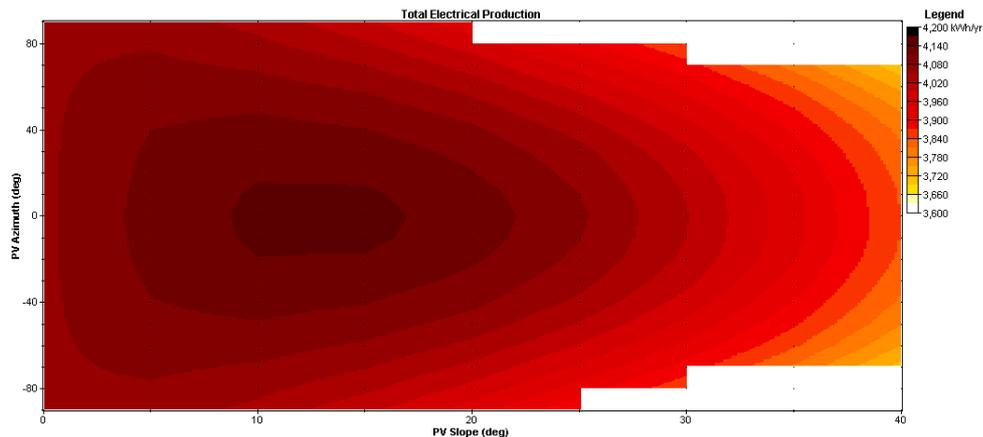
Escuela de Panzamalá

Gráfico 17. Variación de la energía producida por el sistema respecto a una orientación e inclinación determinada. Escuela Panzamalá.



Escuela de Secum

Gráfico 18. Variación de la energía producida por el sistema respecto a una orientación e inclinación determinada. Escuela Secum.



8.2. Elección de la ubicación del inversor, regulador, baterías

Como se ha venido comentando en el presente documento, el acumulador electroquímico es uno de los elementos a los que hay que prestar más atención en una instalación ERAF. El manejo de baterías implica manejar compuestos químicos corrosivos, y muy sensibles a la temperatura. Es por ese motivo, que las baterías deben almacenarse en un recinto seco y bien ventilado dentro de la escuela. Además, debe evitarse el contacto directo de las baterías con el suelo, por lo que se precisa construir una estructura de soporte (madera o plástico) para separarlas del suelo y disponer de un sistema anti-derrame.

Respecto la ubicación del inversor, regulador y demás equipos eléctricos, deben ser agrupados en un cuadro eléctrico con el objetivo de facilitar el mantenimiento y seguridad de la instalación. Este cuadro eléctrico es preferible que se ubique en la misma sala de las baterías, para reducir la distancia de cableado.

8.3. Selección de la estructura de soporte para los módulos fotovoltaicos.

La estructura de soporte mantiene los paneles fijos en la inclinación y orientación elegida. Estas estructuras deben ser suficientemente robustas para resistir vientos fuertes y de materiales

apropiados para evitar la corrosión (en el caso de los metales) o la putrefacción (en el caso de la madera). Además, deben tener un diseño simple para facilitar el montaje.

Las estructuras de soporte tendrán la orientación y el ángulo de inclinación requeridas para el funcionamiento óptimo del generador fotovoltaico (Ver [Apartado 8.1](#)) y serán instalados en los techos de las diferentes escuelas de Telesecundaria.

Los fabricantes de equipos solares disponen de una amplia gama de estructuras soporte normalizadas. El material empleado en la mayoría de ellas es el acero galvanizado en caliente, aunque cuando se trata de pequeños sistemas de un módulo se emplea también aluminio anodizado. Además, las estructuras incluyen la tornillería en acero inoxidable necesaria para el correcto montaje de los paneles.

En este caso, se han escogido estructuras del fabricante *Renusol*, modelo *MetaSole* (Ver [Anexo A.3.11.](#)). Será necesaria una estructura para cada panel fotovoltaico a instalar, por lo que serían necesarias doce estructuras para la escuela de Secum, diez estructuras para la de Chamuchujl y seis y cuatro estructuras para las de Tzapur y Panzamalá respectivamente.

Se trata de un sistema compacto de rápido montaje de sólo cuatro componentes diferentes:

- Un pie de fijación de peso optimizado.
- Dos tornillos para chapa fina especialmente revestidos.
- Una pinza terminal.
- Una minipinza terminal.

Este sistema es perfectamente compatible con el módulo fotovoltaico escogido de Canadian Solar CS6P-255P pues ambos comparten los enmarcados según IEC 61215 / 61646 y la certificación IEC 61730.

8.4. Disposición del cableado.

Tras haber seleccionado y calculado las características de los diferentes equipos del sistema fotovoltaico, es necesario calcular la longitud y sección de los cables que unirán las diferentes partes del sistema. Los principales criterios a la hora de elegir la sección del cableado son el criterio térmico (efecto Joule) y el de la caída de tensión.

Una recomendación es instalar los paneles fotovoltaicos, el inversor y el acumulador lo más cerca posible, con el objetivo de disminuir la longitud del cableado y consecuentemente reducir su coste y caída de tensión.

La sección de los cables se obtiene a partir de la longitud del cableado (L) y de la corriente que circula por ellos (I), teniendo en cuenta siempre que las respectivas caídas de tensión (ΔV) sean inferiores a los máximos permitidos.

Tabla 41. Caídas de tensión por tramo.

Tramo	Caída de tensión (ΔV)
Entre módulos Fotovoltaicos	0,5 %
Generador Fotovoltaico-Regulador	3 %
Regulador-Batería	1 %
Regulador-Inversor	1 %
Inversor-Cuadro de distribución	3 %

Fuente: IDAE

Por lo tanto, para calcular la sección S según el criterio de caída de tensión, se puede aplicar las siguientes ecuaciones para los tramos en continua y alterna respectivamente:

$$S_{dc} = \frac{2 \cdot L_{dc} \cdot I_{dc}}{56 \cdot \Delta V_{dc}}$$

$$S_{1ac} = \frac{2 \cdot L_{1ac} \cdot I_{1ac}}{56 \cdot \Delta V_{1ac}}$$

Donde:

- S_{dc} y S_{1ac} son la sección de los conductores en corriente continua y alterna respectivamente.
- L_{dc} y L_{ac} son la distancia a cubrir en un circuito de continua y alterna respectivamente.
- I_{dc} y I_{1ac} son la corriente nominal (punto MPP) que circula por el circuito de corriente continua y alterna.
- ΔV_{dc} y ΔV_{1ac} son las caídas de tensión existente entre la entrada y salida del circuito de continua y alterna.

Debido a que la sección de cableado en el mercado está normalizada, siempre es necesario optar por la sección disponible inmediatamente superior a la calculada.

8.4.1. Conexión entre paneles fotovoltaicos

La conexión entre paneles fotovoltaicos se realizará a la intemperie, ya que los módulos serán instalados en el tejado de las escuelas de Telesecundaria.

La I_{dc} se ha considerado un 25% superior a la intensidad de cortocircuito de los módulos (I_{sc}).

No cabe duda que las medidas que se proporcionan son consideraciones los más reales posibles pero menos exactos que si se estuviera en el lugar de implementación. Dicho esto, se ha considerado que por cada módulo fotovoltaico, se estima 1 metro de cable.

Se utilizarán cables solares con conectores integrados marca *Victron Energy MC4 (PV-ST01)* (Ver [Anexo A.3.9.](#)).

8.4.2. Conexión entre generador fotovoltaico y regulador

Se empleara el mismo tipo de cable que para la conexión entre paneles por tratarse también de conexiones a la intemperie. Serán necesarios dos cables unipolares, uno para el polo positivo y otro para el negativo.

La longitud del cable desde donde se ubica el generador fotovoltaico y el regulador de carga, alojado en el interior de las escuelas es de 3 m aproximadamente.

Se utilizarán cables de aluminio XHHW-2MC marca *Viakon*. (Ver [Anexo A.3.10.](#)).

8.4.3. Conexión entre regulador y acumulador

Se utilizarán cables de aluminio XHHW-2MC marca *Viakon*. La longitud del cable se estima en 2m.

8.4.4. Conexión entre regulador e inversor

La I_{dc} se calcula según:

$$I_{reg-inv} = I_{m\acute{a}x_inv} = \frac{P_{inv}}{V_N \times \eta_{inv}}$$

Se puede considerar que la longitud del cable es de 2 m. Se utilizarán cables de aluminio XHHW-2MC marca *Viakon*.

8.4.5. Conexión entre inversor y cuadro de distribución

Como se comentó en el apartado anterior de conexión entre paneles fotovoltaicos, se trata de una estimación, la cual se intenta asemejar lo más posible a la situación de las escuelas de telesecundaria de cada aldea.

Cabe indicar que dichas escuelas de cada aldea difieren unas a otras dos a dos. Las escuelas de Tzapur y Secum tienen 3 aulas mientras que las de Chamuchujl y Panzamalá tienen 2 aulas. Por lo tanto, se considerará una distancia media para el primer grupo y para otra para el segundo de forma que resulten 12m y 8m respectivamente.

Se utilizarán cables de cobre THHW-2LS marca *Viakon*. (Ver [Anexo A.3.8.](#)).

8.4.6 Resultados

- Chamuchujl: ($\eta_{inv} = 94\%$; $P_{Ninv} = 1200 VA$)

Tramo	L (m)	Idc (A)	ΔV (V)	Scál (mm ²)	S (mm ²)
Entre módulos FV	1	12	0,12	3,57	4,00
Generador FV - Regulador	3	82	0,72	12,20	33,62
Regulador - Acumulador	2	85	0,24	25,30	33,62
Regulador - Inversor	2	54	0,24	16,07	21,15

Tramo	L (m)	Iac (A)	ΔV (V)	Scál (mm ²)	S (mm ²)
Inversor - Cuadro Distribución	8	4	6,9	37,65	42,4

- Panzamalá: ($\eta_{inv} = 94\%$; $P_{Ninv} = 1600 VA$)

Tramo	L (m)	Iac (A)	ΔV (V)	Scál (mm ²)	S (mm ²)
Entre módulos FV	1	12	0,12	3,57	4,00
Generador FV - Regulador	3	42	0,72	6,25	33,62
Regulador - Acumulador	2	70	0,24	20,83	33,62
Regulador - Inversor	2	71	0,24	21,13	21,15

Tramo	L (m)	Iac (A)	ΔV (V)	Scál (mm ²)	S (mm ²)
Inversor - Cuadro Distribución	8	4	6,9	37,65	42,4

- Secum: ($\eta_{inv} = 94\%$; $P_{Ninv} = 3000 VA$)

Tramo	L (m)	Iac (A)	ΔV (V)	Scál (mm ²)	S (mm ²)
Entre módulos FV	1	12	0,12	3,57	4,00
Generador FV - Reguladores	3	123	0,72	18,30	33,62
Regulador 1 - Acumulador	2	70	0,24	20,83	33,62
Regulador 2 - Acumulador	2	70	0,24	20,83	33,62

Regulador - Inversor	2	133	0,24	39,58	42,41
----------------------	---	-----	------	-------	-------

Tramo	L (m)	Iac (A)	ΔV (V)	Scál (mm ²)	S (mm ²)
Inversor - Cuadro Distribución	12	6	6,9	84,71	85,0

- Tzapur: ($\eta_{inv} = 94\%$; $P_{Ninv} = 3000 VA$)

Tramo	L (m)	Iac (A)	ΔV (V)	Scál (mm ²)	S (mm ²)
Entre módulos FV	1	12	0,12	3,57	4,00
Generador FV - Regulador	3	62	0,72	9,23	33,62
Regulador - Acumulador	2	85	0,24	25,30	33,62
Regulador - Inversor	2	133	0,24	39,58	42,41

Tramo	L (m)	Iac (A)	ΔV (V)	Scál (mm ²)	S (mm ²)
Inversor - Cuadro Distribución	12	6	6,9	84,71	85,0

9. Presupuesto

En este apartado se analizan los costes de la implantación del sistema fotovoltaico autónomo en las 4 diferentes escuelas. Como se comentó anteriormente, HOMER genera resultados que se pueden visualizar como una lista de posibles configuraciones ordenadas por Valor Actual Neto (VAN). HOMER también es capaz de desplegar resultados de simulación en una amplia variedad de tablas y gráficos que ayuda a comparar las configuraciones y evaluarlas en base a sus ventajas económicas.

Sin embargo, estos costes no suelen coincidir con el presupuesto final, ya que hay que tener en cuenta otros gastos que no es posible introducir en el HOMER como inputs (cableado, regulador, etc). El presupuesto que se obtiene en HOMER sirve como referencia para evaluar los costes de los diferentes componentes y los flujos de caja a lo largo de la vida útil de la instalación.

Además de los datos del simulador HOMER, se mostrarán los gastos aproximados, éstos incluyen la instalación y el transporte. Los proveedores y sus respectivos servicios son los siguientes:

- **Canadian Solar Inc:** Paneles solares. Incluye envío a las instalaciones de Depro Solar Guatemala.
- **Depro Solar Guatemala:** Los demás equipos que componen el sistema ERAF. Incluye el envío e instalación de los componentes a cada una de las comunidades.

A continuación se mostrará el presupuesto de las diferentes aldeas tanto en HOMER como en el análisis más detallado. Posteriormente, se comparan y analizan los resultados.

9.1. Secum

9.1.1. Flujos de caja simulación *HOMER*

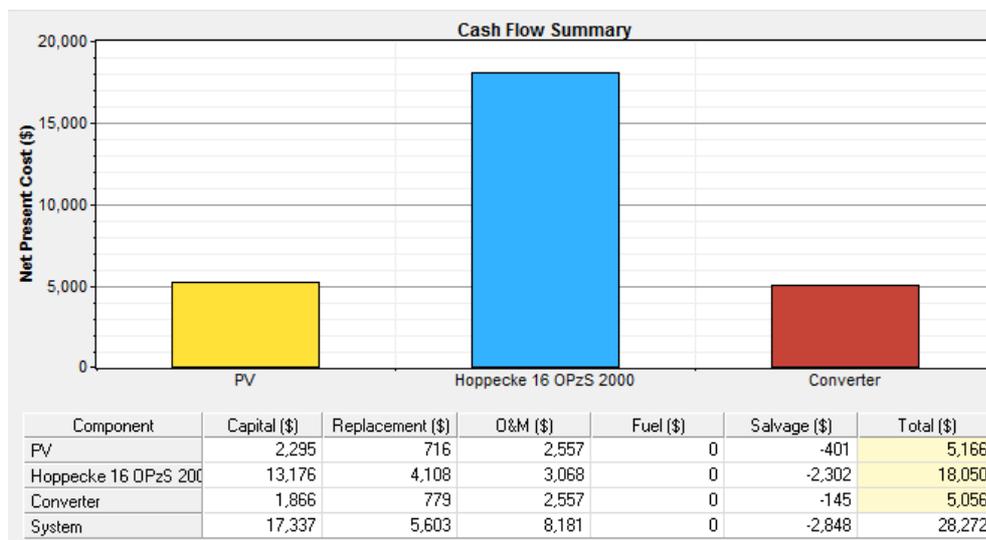
En la siguiente tabla se observa un resumen en el que se muestra Valor Actual Neto (NPC), el coste liberalizado de energía y los gastos de operación del sistema de Secum. Se ha considerado 25 años de duración de la instalación con variaciones en la vida útil de los componentes, siendo necesario reemplazos.

Tabla 42. Total NPC, LCOE y Gastos de operación escuela Secum.

TOTAL NPC (USD)	28.272
LEVELIZED COE (USD/kWh)	0,856
OPERATING COST (USD/Año)	855

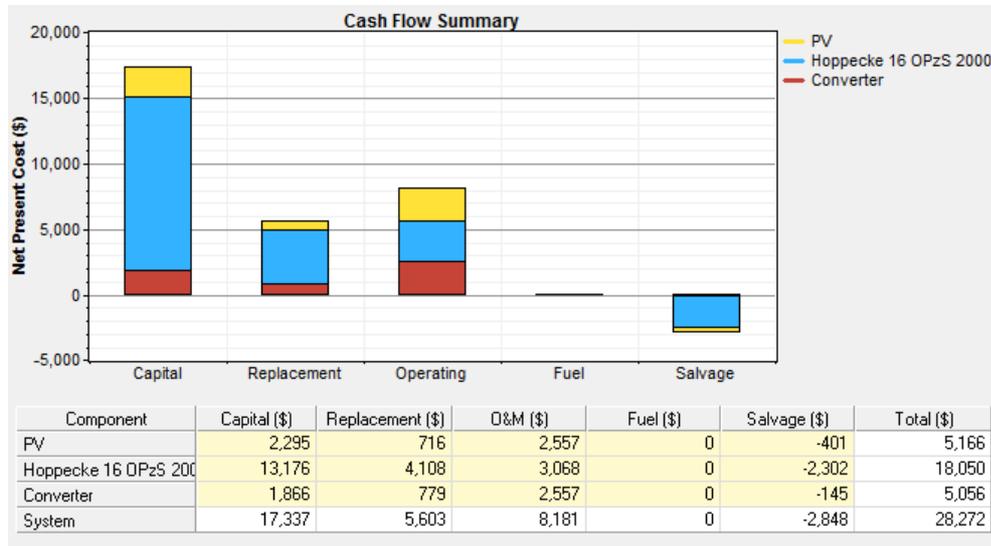
Respecto los flujos de caja y Net Present Cost de los diferentes equipos (PV, Baterías e Inversor) se muestra en la siguiente figura:

Gráfico 19. Relación de costos por equipos de la escuela de Secum.



En el gráfico anterior se muestran diferentes parámetros económicos sobre los componentes del sistema fotovoltaico. Por una parte se muestra en el gráfico de barras el NPC de los diferentes componentes. En la tabla resumen se observa el coste de capital de cada uno de los elementos así como el gasto de reemplazo y operación y mantenimiento. El resumen en la tabla posterior es similar, si bien se muestra la porción de cada componente en los flujos de caja, de reemplazo y operación.

Gráfico 20. Resumen de flujos de caja de la escuela de Secum.



9.1.2. Presupuesto general

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto general desglosado y más en detalle, en el que se incluyen los reguladores, estructura de soporte y cableado de la instalación:

Tabla 43. Presupuesto general escuela Secum

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Unidad	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Módulo Fotovoltaico	CS6P 255P	12	und	191,25	2295
Batería	H2000	12	und	1098	13176
Regulador de carga	MPPT 150/70	2	und	883,62	1767,24
Inversor	Phoenix 24/3000	1	und	1866,27	1866,27
Estructura soporte	Estructura	12	und	51,65	619,8
Cable solar	MC4 (PV-ST01) (Ø4mm ²)	12	m	13,59	163,08
Cable Generador FV - Regulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	3	m	1,34	4,02
Cable Regulador 1 - Acumulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	2	m	1,34	2,68
Cable Regulador 2 - Acumulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	2	m	1,34	2,68
Cable Regulador - Inversor	AL XHHW-2MC (Ø42,41mm ²)	2	m	1,71	3,42
Cable Inversor - Cuadro Distribución	CU THHW-2LS (Ø85mm ²)	12	m	10,78	129,36
					\$20.029,55

9.2. Chamuchujl

9.2.1. Flujos de caja simulación HOMER

En la siguiente tabla se observa un resumen en el que se muestra Net Present Cost (NPC), el Levelized Cost of Energy y los gastos de operación del sistema de Chamuchujl:

Tabla 44. Total NPC, LCOE y Gastos de operación escuela Chamuchujl.

TOTAL NPC (USD)	18.876
LEVELIZED COE (USD/kWh)	0,852
OPERATING COST (USD/Año)	753

Los gráficos mostrados a continuación son análogos a los mostrados en el caso de la aldea de Secum:

Gráfico 21. Relación de costos por equipos de la escuela de Chamuchujl.

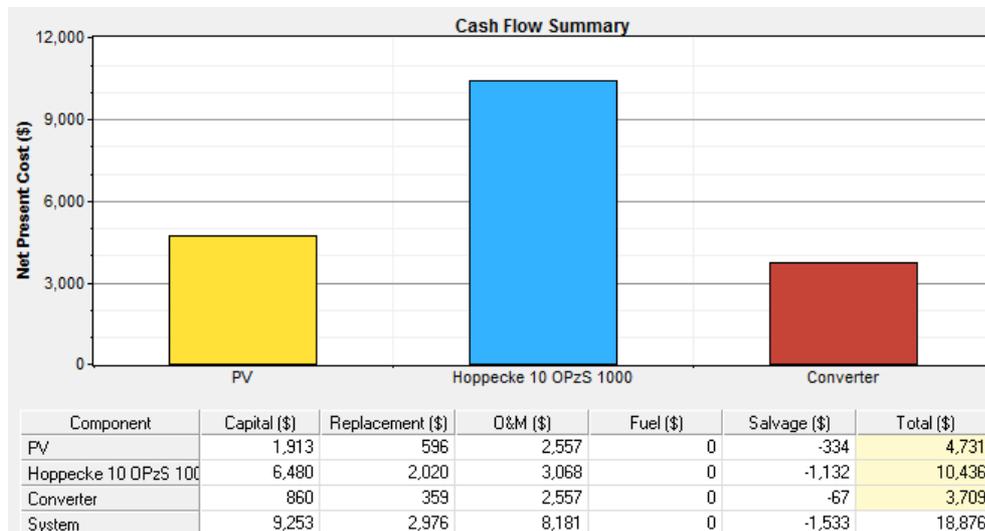
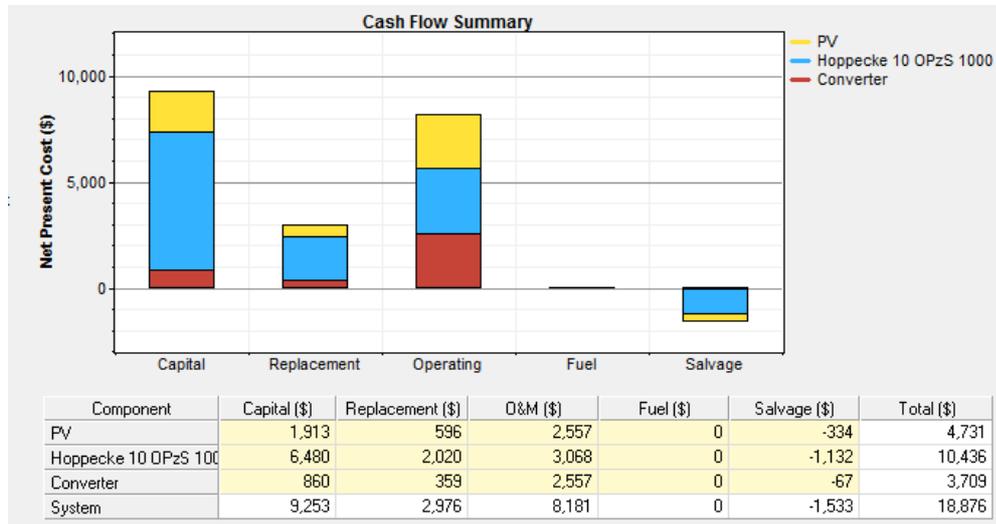


Gráfico 22. Resumen de flujos de caja de la escuela de Chamuchujl



9.2.2. Presupuesto general

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto general desglosado:

Tabla 45. Presupuesto general escuela Chamuchujl.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Unidad	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Módulo Fotovoltaico	CS6P 255P	10	und	191,25	1912,5
Batería	H1000	12	und	540	6480
Regulador de carga	MPPT 150/85	1	und	992,38	992,38
Inversor	Phoenix C24/1200	1	und	860,4	860,4
Estructura soporte	Estructura	10	und	51,65	516,5
Cable solar	MC4 (PV-ST01) (Ø4mm ²)	10	m	13,59	135,9
Cable Generador FV - Regulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	3	m	1,34	4,02
Cable Regulador - Acumulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	2	m	1,34	2,68
Cable Regulador - Inversor	AL XHHW-2MC (Ø21,15mm ²)	2	m	0,9	1,8
Cable Inversor - Cuadro Distribución	CU THHW-2LS (Ø42,4mm ²)	12	m	7,03	84,36
					\$10.990,54

9.3. Panzamalá

9.3.1. Flujos de caja simulación HOMER

Resumen sobre NPC, Levelized Cost of Energy y los gastos de operación del sistema de Panzamalá se muestran a continuación:

Tabla 46. Total NPC, LCOE y Gastos de operación escuela Panzamalá.

TOTAL NPC (USD)	14.802
LEVELIZED COE (USD/kWh)	1,268
OPERATING COST (USD/Año)	624

Los resúmenes de flujos de caja se muestran a continuación:

Gráfico 23. Relación de costos por equipos de la escuela Panzamalá.

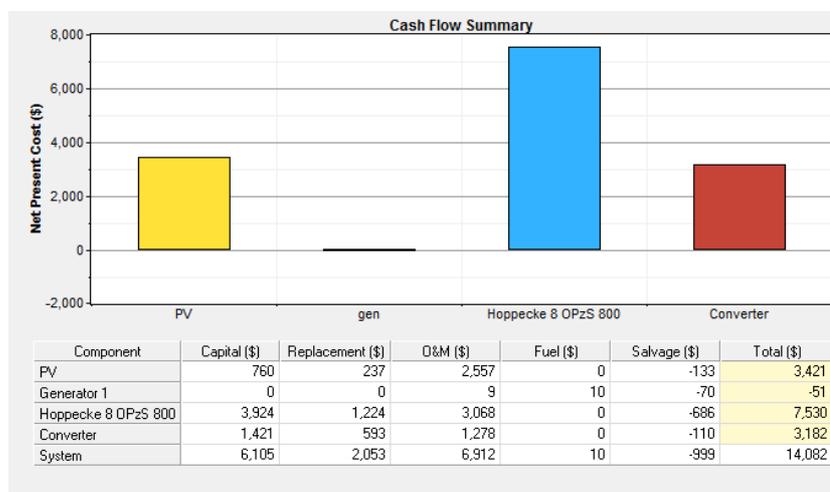
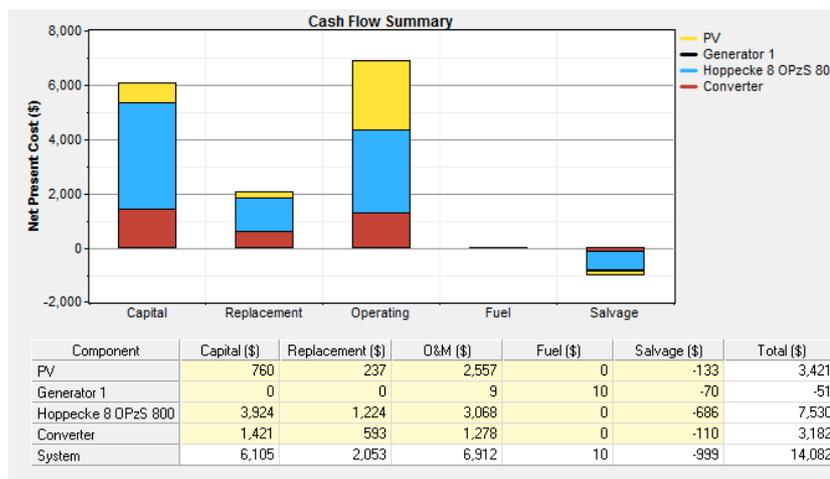


Gráfico 24. Resumen de flujos de caja de la escuela Panzamalá.



9.3.2. Presupuesto general

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto general desglosado con detalle:

Tabla 47. Presupuesto general escuela Panzamalá.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Unidad	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Módulo Fotovoltaico	CS6P 255P	4	und	191,25	765
Batería	H800	12	und	327	3924
Regulador de carga	MPPT 150/70	1	und	883,62	883,62
Inversor	MultiPlus C24/1600/40	1	und	1421,78	1421,78
Estructura soporte	Estructura	4	und	51,65	206,6
Cable solar	MC4 (PV-ST01) (Ø4mm ²)	4	m	13,59	54,36
Cable Generador FV - Regulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	3	m	1,34	4,02
Cable Regulador - Acumulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	2	m	1,34	2,68
Cable Regulador - Inversor	AL XHHW-2MC (Ø21,15mm ²)	2	m	0,9	1,8
Cable Inversor - Cuadro Distribución	CU THHW-2LS (Ø42,4mm ²)	12	m	7,03	84,36
					\$7.348,22

9.4. Tzapur

9.4.1. Flujos de caja simulación HOMER

Resumen sobre NPC, Levelized Cost of Energy y los gastos de operación del sistema de Tzapur se muestran a continuación:

Tabla 48. Total NPC, LCOE y Gastos de operación escuela Tzapur.

TOTAL NPC (USD)	19.728
LEVELIZED COE (USD/kWh)	1,184
OPERATING COST (USD/Año)	775

Y, los resúmenes de flujos de caja en la escuela de Tzapur:

Gráfico 25. Relación de costos por equipos de la escuela Tzapur.

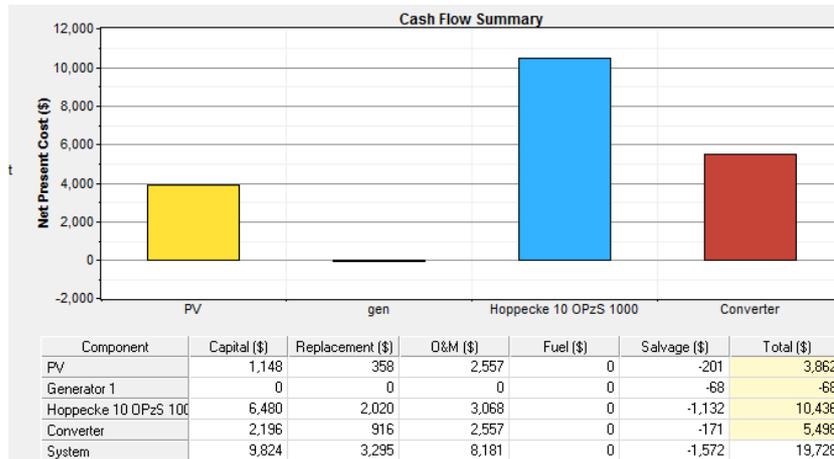
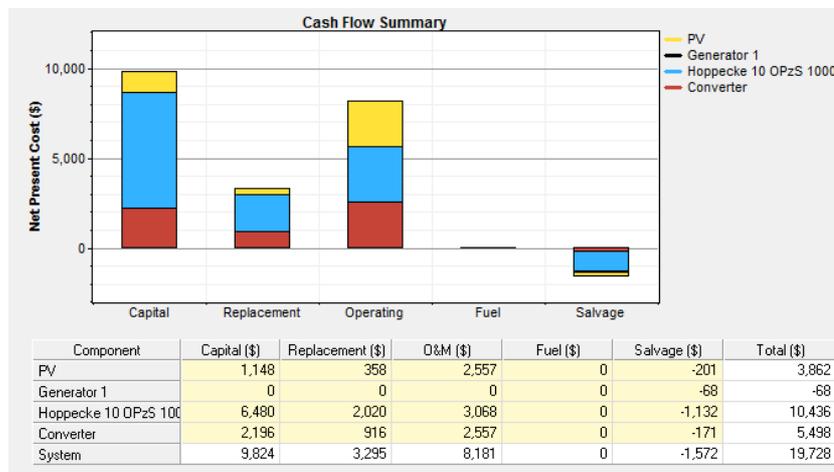


Gráfico 26. Resumen de flujos de caja de la escuela Tzapur.



9.4.2. Presupuesto general

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto general desglosado y más en detalle, en el que se incluyen los reguladores, estructura de soporte y cableado de la instalación:

Tabla 49. Presupuesto general escuela Tzapur.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Unidad	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Módulo Fotovoltaico	CS6P 255P	6	und	191,25	1147,5
Batería	H1000	12	und	540	6480
Regulador de carga	MPPT 150/85	1	und	992,38	992,38
Inversor/Cargador	MultiPlus 24/3000/70	1	und	2196,75	2196,75
Estructura soporte	Estructura	6	und	51,65	309,9
Cable solar	MC4 (PV-ST01) (Ø4mm ²)	6	m	13,59	81,54
Cable Generador FV - Regulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	3	m	1,34	4,02
Cable Regulador - Acumulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	2	m	1,34	2,68
Cable Regulador - Inversor	AL XHHW-2MC (Ø42,41mm ²)	2	m	1,71	3,42
Cable Inversor - Cuadro Distribución	CU THHW-2LS (Ø85mm ²)	12	m	10,78	129,36
					\$11.347,55

9.5. Análisis de los resultados

Respecto a los resúmenes de flujos de caja; si se analiza los costes de capital, reemplazo y operación de los diferentes componentes del sistema, se concluye que la batería sigue es el componente con mayor peso en la inversión. En cuanto a la operación y mantenimiento, mencionar que se ha estimado un gasto fijo a dividir entre los 3 componentes por facilidad de cálculo del HOMER, por lo que semejan similares.

Los órdenes de presupuesto de mayor a menor según el análisis económico de las configuraciones seleccionadas son:

Secum > Tzapur > Chamuchujl > Panzamalá

En cuanto al presupuesto general detallado, en las tablas se puede observar que el presupuesto mayor coincide con la aldea de Secum, lo cual es coherente ya que es la escuela con mayor consumo (3 clases de horario mañana y tarde); mientras que el menor presupuesto es la correspondiente a la aldea de Panzamalá (2 clases con horario único tarde).

También es importante destacar la variación de costes del inversor entre las aldeas con sistema diésel y sin, debido a la necesidad de un inversor especial que se adapta a sistemas híbridos. Si bien el gasto de diésel es insignificante, esa ha sido una de las premisas a la hora del diseño del sistema, debido a la imposibilidad de las comunidades de hacer frente al consumo de diésel.

10. Estrategia para la Implementación del Proyecto

Llevar a cabo un proyecto de ERAF no es una tarea fácil, se requiere de mucha ayuda local, apoyo de instituciones/organismos que promuevan el desarrollo social en comunidades desfavorecidas, del gobierno local y de instrumentos de financiación- siendo éste un elemento crucial para la implementación-. Muchas veces no se cuenta con financiación pública y es necesario solicitar financiación privada, teniendo como consecuencia la dependencia de instituciones con experiencia y proyectos realizados relacionados con el área, para respaldar la ayuda a solicitar.

La problemática que presentan los institutos de telesecundaria en las comunidades de San Pedro Carchá, Alta Verapaz es real y es por ello que además del diseño, dimensionamiento, protocolo de mantenimiento, etc., uno de los objetivos que define este proyecto final de máster es la elaboración de un plan estratégico para la posible implementación de esta ERAF.

10.1. Estructura Organizacional

La primera pregunta que siempre se formula para el desarrollo de ERAF es, ¿Cómo comenzar? Para responder esta incógnita hay que seguir los pasos del [Apartado 5.1.](#)

Hay que tener muy clara la estrategia a implementar y por tratarse de proyecto, deben existir una dirección y sus respectivos entregables. A continuación se presenta una estructura organizacional para el desarrollo de la ERAF en San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Gráfico 27. Estructura organizacional de la ERAF en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.



- **Desarrollador del Proyecto:** Es el líder del proyecto y será el que demandará entregables a los demás integrantes del proyecto. Preferiblemente deberá contar con experiencia en la dirección de este tipo de proyectos y haber realizado actividades en el país y/o región donde se ubica el emplazamiento a beneficiar.
- **Socio Local:** Es la mano derecha del Desarrollador del Proyecto en relación a la comunidad. Por lo general el Socio Local es quién eleva la problemática al Desarrollador debido a que son ONGs que trabajan de manera directa con la comunidad. Liderará cada una de las actividades a desarrollar y/o contactos puntuales con organismos/personas de relevancia dentro de la comunidad.
- **Soporte técnico e Instalación:** Será el encargado de impartir a la comunidad las capacitaciones de mantenimiento y correcto uso necesarias previas a la recepción de los equipos, coordinación de toda la actividad de instalación y montaje del sistema de ERAF y posterior evaluación técnica del sistema. En ocasiones podrá ser el Desarrollador del Proyecto, el proveedor de los equipos, instituciones públicas pertenecientes al área de electrificación rural del país, etc.
- **Financiación:** Podrán ser entidades tanto públicas como privadas. Es vital que el solicitante de la ayuda financiera (Desarrollador del Proyecto) cuente con experiencia y con proyectos en operación relacionadas con la ERAF ya que es muy tomado en cuenta. (Ver [Anexo A.5](#))
- **Proveedores:** Responderá por el suministro de los equipos requeridos para la implementación del sistema ERAF. Es recomendable que sea local o que disponga de un centro de distribución lo más cercano al emplazamiento, de esta manera disminuir el costo logístico, y además, que incluya en la oferta la capacitación de los beneficiarios y el apoyo en la instalación de montaje. Hay que asegurar el cumplimiento de la garantía de cada uno de los equipos por parte del proveedor.

En el [Apartado 5.1.4](#) se encuentran cada uno de los organismos identificados según la actividad a realizar en el proyecto.

10.2. Actividades para la correcta implementación del proyecto ERAF

Otro factor que influye en la implementación de estos proyectos y es muy importante, es el apoyo de la comunidad. Cada uno de los integrantes de ésta se deben sentir identificados con el beneficio que van a recibir, esto se logra desarrollando actividades que promuevan la participación directa de los habitantes por medio de su opinión, mano de obra, aporte económico, ejecución de asambleas, etc.

Es necesario que el Desarrollador del Proyecto detalle cada una de las actividades a realizar junto con el Socio Local, ya que éste es el que conoce mejor a la comunidad. Estas actividades deben ser cuantificables y contar con un seguimiento para su correcta ejecución. Por medio de la Tabla 50, se propone la secuencia en que se deberán realizar las actividades en cada comunidad.

Tabla 50. Actividades principales a realizar en cada comunidad.

No.	Actividades Programada (en base al cronograma del documento de proyecto)	Detalles
1	Establecimiento de línea base	Realizar encuestas dirigidas a cada familia para medir el impacto que tendrá la implementación de la ERAF en los institutos de telesecundaria. La situación comunitaria deberá ser analizada dentro del contexto de composición familiar, vivienda y saneamiento, género, actividades productivas e ingresos económicos. Conocimientos de la tecnología fotovoltaica y otras energías renovables.
2	Desarrollo de reuniones de socialización	Realizar reuniones de socialización del proyecto por comunidad a nivel de COCODES y Asamblea General comunitaria donde participen todas las familiar involucradas.
3	Instalación de equipos fotovoltaicos y capacitación técnica a familias	Organizar grupos por sector geográfico dentro de la comunidad (10-20 personas por grupo), para desarrollar procesos formativos en temas de: energía renovable/instalación del módulo fotovoltaico, cuidado y mantenimiento, ambiente y mejoramiento de calidad de vida.
4	Fortalecimiento del Comité de Desarrollo Comunitario (COCODE)	Brindar capacitación y asistencia al COCODE de cada comunidad fortaleciendo las áreas organización y administración, a través del desarrollo de tres capacitaciones con los temas: "Organización comunitaria con equidad de género"; "Gestión de proyectos comunitarios"; y "Administración financiera de proyectos comunitarios".

5	Selección de integrantes de la Unidad Administrativa (Ver Gráfico 28)	Llevar a cabo una asamblea general la elección democrática de la Unidad Administradora del Proyecto, detallando que las principales funciones de la Unidad Administradora, las cuales son la administración de fondos e implementación de actividades que coadyuven la correcta utilización, mantenimiento y reparación de los sistemas fotovoltaicos de la comunidad.
6	Capacitación y asistencia de Unidad Administrativa	Coordinar con los técnicos instaladores del proveedor de los equipos brindar asistencia y capacitación práctica in situ por comunidad a los instaladores comunitarios que son parte de la Unidad Administradora, así mismo durante las instalaciones capacitar a los docentes de las escuelas en los aspectos técnicos básicos.
7	Desarrollo de taller con temática ambiental y mejoramiento de vida a través de la Implementación de pilotos (reciclaje)	Por medio de las reuniones con COCODES, Unidad Administradora, Comité de escuela, catedráticos, alumnos y mujeres beneficiarias, establecer la idea de fabricar eco ladrillos con basura plástica que la misma comunidad ha generado a manera de darle una utilidad que favorezca a la comunidad y al medio ambiente, consensuando que se realizarán basureros y se jardineara la escuela con los eco ladrillos.

10.2.1. Unidad Administradora del Proyecto

Las funciones principales de la Unidad Administradora deberán ser la administración de fondos e implementación de actividades que coadyuven a la correcta utilización, mantenimiento y reparación de los sistemas fotovoltaicos. Se creará una Unidad Administradora por comunidad.

El Socio Local será el encargado de supervisar la Unidad por medio de la realización de la Asamblea General Comunitaria, donde participará un coordinador(a) electo democráticamente que será el que velará por todos los aspectos técnicos, económicos y sociales que afecten la instalación ERAF y el COCODE de la comunidad, que podrá atender propuestas sobre posibles incrementos de potencia del sistema, modificaciones del sistema o duplicación del mismo en otras áreas requeridas por los habitantes.

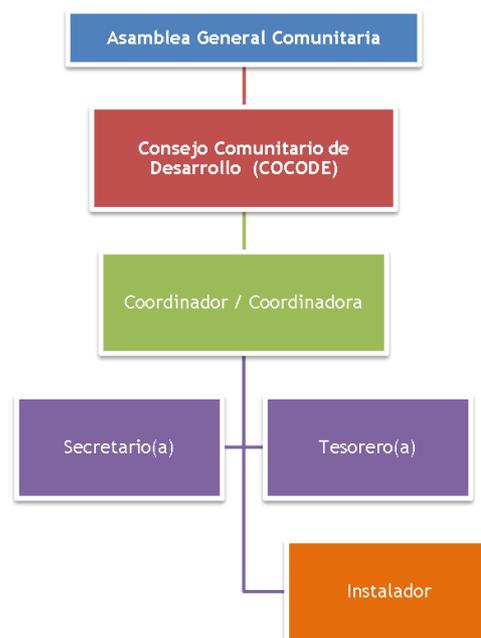
La Unidad deberá presentar informes de sus acciones a la Asamblea General Comunitaria y al Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) en donde lleven registros contables (incluyendo un estado de cuentas actualizado de la agencia bancaria), acciones de mantenimiento y reparaciones de sistemas e informe de pagos mensuales por los beneficiarios.

10.2.2. Acciones a implementar por la Asamblea General Comunitaria

A través de reuniones con Asambleas Generales Comunitarias se establecieron dos acciones importantes:

1. Recaudación de fondos por familia para el mantenimiento y reparación de los sistemas ERAF.
2. Recaudación de mensualidades por familia como medio de ahorro para la compra a futuro de accesorios/materiales perecederos del sistema ERAF (batería, inversor, regulador, panel fotovoltaico, etc).
3. Apertura de cuenta bancaria mancomunada para el resguardo de los fondos a recaudar por parte de la Unidad. Los movimientos de depósitos y retiros bancarios deberán ser registrados en un libro de inventario y estado de cuenta bancaria de cada comunidad.
4. Entrega de medios ilustrativos de información como manuales, guías, afiches y rótulos a los institutos de telesecundaria beneficiados para incrementar el grado de adopción y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos.

Gráfico 28. Organigrama de la Unidad Administrador del Proyecto.



Por medio del siguiente gráfico se podrá tener un resumen de las acciones estratégicas a cumplir para garantizar una correcta y efectiva implementación del proyecto ERAF en las comunidades.

Gráfico 29. Acciones estratégicas a cubrir para garantizar la correcta implementación del proyecto.



11. Impacto Medioambiental

11.1. Descripción general del proyecto en relación con la utilización de recursos naturales

La utilización de energías renovables para el abastecimiento eléctrico en las escuelas sustituye o reduce el consumo de combustibles fósiles (en aquellas que tengan un grupo electrógeno), evitando así la emisión a la atmósfera de dióxido de carbono, óxidos de azufre y nitrógeno, así como otros contaminantes y gases de efecto invernadero, causantes del calentamiento global.

➤ Fase de construcción y montaje:

- Montaje de los módulos fotovoltaicos y cables de conexión:

Instalación de los módulos fotovoltaicos sobre el techo de la escuela y sus cables de interconexión, así como de las canalizaciones y crucetas de los mismos.

- Instalación de los inversores, rectificadores, reguladores y cables a cargas:

Instalación de los inversores, rectificadores, reguladores y baterías alojados en el interior de las escuelas y los cables de interconexión a las diferentes cargas, así como de las canalizaciones y crucetas de los mismos.

- Instalación de los equipos de acumulación (baterías):

Las baterías a instalar son de plomo ácido y deben de mantenerse en una posición vertical en todo momento y apropiadamente sujetas. Se instalarán sobre unos recipientes/bandejas que contendrán el líquido en caso de derrame. Las baterías deben mantenerse limpias en todo momento, incluyendo su lugar de almacenamiento o de uso.

➤ Fase de desmantelamiento:

- Retirada de toda la instalación:

Si se produjese el fin de la actividad, sería necesario el desmantelamiento completo de la instalación, desde los módulos fotovoltaicos, pasando por los equipos inversores, rectificadores, hasta los cables.

- Retirada de las baterías:

Será necesario vaciar el contenido líquido antes de operar con las baterías. Esto se hará bajo medidas de seguridad como guantes y en lugar destinado propiamente a ello.

11.2. Estudio del medio

- **Climatología:**

San Pedro Carchá se encuentra a una altura de 1.350 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es templado.

- **Orografía:**

El municipio está enclavado en la Sierra de Chamá y en su territorio se encuentran 12 montañas, las principales son Caquipec, Chicoj, Mamatzul, Pocolá Secansín, Ulpán, Yalinjun y Cuatro Cerros. La topografía del lugar presenta zonas escarpadas, con inclinaciones entre 32 y 45 por ciento y planicies entre cero y cinco por ciento. La altura promedio es de 1280 metros sobre el nivel del mar.

- **Flora:**

La zona boscosa de San Pedro Carchá cubre 52.630 hectáreas, que representan 628.6 kilómetros cuadrados, que a la vez constituyen el 58,10 por ciento del territorio del municipio. Debido a la diversidad climática del lugar, la cobertura forestal está compuesta en un 64 por ciento de bosques latifoliados que son árboles de hoja ancha de clima cálido y húmedo. El 36 por ciento restante está compuesto por coníferos de clima templado y frío, que permanecen con hojas todo el año y los frutos son en forma de conos.

En base a la clasificación de zonas de vida del municipio, existe cinco distintos tipos de bosque: Bosque muy húmedo subtropical cálido, subtropical frío, pluvial subtropical, pluvial montano bajo y húmedo subtropical templado.

Existen variedad de flores caseras como el geranio, rosas y claveles. Dentro de los hongos se encuentra el anacate y la lengua de vaca. En las especies de helechos existe la cola de quetzal, calaguala y cabellera de Venus.

- **Fauna:**

La fauna de San Pedro Carchá es variada, y muchas de sus especies están en peligro de extinción, como lo son el venado, el jabalí y el tepezcuintle. Todo ello, debido en gran parte a la desaparición de refugios de vida silvestre por el avance de la frontera agrícola y la caza indiscriminada.

En el municipio existen aves, reptiles, insectos, anfibios y mamíferos.

11.3 Identificación, análisis y valoración-evaluación de impactos

Los impactos apreciables en el medio ambiente producto del desarrollo del Proyecto fotovoltaico se resumen en los generados en sus fases de construcción y montaje y de funcionamiento.

A continuación se indicará qué factores ambientales, y en qué grado, se verán afectados por las actuaciones del proyecto. Previamente cabe señalar que la valoración de los impactos tiene carácter cualitativo, al resultar muy difícil, si no imposible, medirlos cuantitativamente.

➤ Fase de construcción y montaje:

En este apartado se contemplan todas las interacciones derivadas de la instalación de los módulos fotovoltaicos y demás dependencias que conformarán el sistema fotovoltaico. Los factores del medio afectados durante esta fase y su valoración son los siguientes:

- **Calidad del aire:**

Durante la ejecución de la instalación no se estima que se produzca afección sobre la calidad del aire ya que no existen emisiones de ruidos, gases o partículas que pudiesen perturbar dicha calidad.

Caracterización del efecto:

* Mínimo	* Negativo
* Temporal	* Simple
* Directo	* Reversible
* Recuperable	* Continuo

Valoración del Impacto Ambiental: COMPATIBLE

- **Vegetación:**

Durante la ejecución de las obras no se estima se produzca afección sobre la vegetación localizada salvo la que pudiese suceder en caso de derrame del líquido contenido en los sistemas de acumulación.

Caracterización del efecto:

* Mínimo	* Negativo
* Temporal	* Simple
* Directo	* Reversible
* Recuperable	* Continuo

Valoración del Impacto Ambiental: COMPATIBLE.

- **Fauna:**

Se valora la afección a las especies faunísticas en cuanto a la alteración de sus hábitats naturales y molestias ocasionadas por las perturbaciones que habitualmente se asocian a las obras: ruidos, partículas en suspensión, etc.

Debido a la escasa naturalidad del ámbito del proyecto, producida por la alteración de su estado natural, los valores faunísticos no son relevantes en su interior, habiendo sido todos recogidos en el inventario ambiental.

Caracterización del efecto:

* Mínimo	* Negativo
* Temporal	* Simple
* Indirecto	* Reversible
* Recuperable	* Continuo

Valoración del Impacto Ambiental: COMPATIBLE.

- **Paisaje:**

Se estima la alteración paisajística que supone ejecutar las obras previstas: distribución de acopios de materiales e instalación de los módulos fotovoltaicos sobre los techos de las escuelas.

Caracterización del efecto:

* Mínimo	* Negativo
* Permanente	* Simple
* Directo	* Irreversible
* Recuperable	* Continuo

Valoración del Impacto Ambiental: MODERADO.

➤ Fase de funcionamiento:

En este apartado se estudian las interacciones que el funcionamiento y explotación del sistema producen sobre cada uno de los factores medioambientales. Los impactos detectados tienen la siguiente valoración:

- **Condiciones climáticas:**

La operatividad del sistema fotovoltaico no se traducirá en ninguna incidencia negativa sobre las condiciones climáticas de la zona, no teniendo en particular influencia en incrementos de la temperatura local ni regional, pues la generación de energía eléctrica directamente a partir de la irradiación solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero.

Caracterización del efecto:

* Mínimo	* Positivo
* Permanente	* Simple
* Directo	* Reversible
* Recuperable	* Continuo

Valoración del Impacto Ambiental: COMPATIBLE POSITIVO.

- **Calidad del aire:**

El sistema fotovoltaico es silencioso. Se considera también en este caso el efecto positivo en tanto a la reducción de la necesidad de obtención de energía a través de fuentes contaminantes del

aire, (en emisiones de partículas, temperatura, ruidos y vibraciones), por lo que se contribuye a la disminución de las emisiones de gases contaminantes a una escala no local.

Caracterización del efecto:

* Mínimo	* Positivo
* Permanente	* Simple
* Directo	* Reversible
* Recuperable	* Continuo

Valoración del Impacto Ambiental: COMPATIBLE POSITIVO.

- **Vegetación:**

Las repercusiones sobre la vegetación debidas a la fase de explotación del sistema fotovoltaico son nulas.

Caracterización del efecto:

* Mínimo	* Positivo
* Permanente	* Simple
* Directo	* Reversible
* Recuperable	* Discontinuo

Valoración del Impacto Ambiental: COMPATIBLE.

- **Fauna:**

A la explotación del sistema fotovoltaico no se le asocia ninguna perturbación, que pudieran repercutir de manera negativa sobre las especies faunísticas.

Caracterización del efecto:

* Mínimo	* Positivo
----------	------------

* Permanente	* Simple
* Directo	* Reversible
* Recuperable	* Discontinuo

Valoración del Impacto Ambiental: COMPATIBLE.

- **Paisaje:**

A lo largo de la fase de funcionamiento el paisaje se verá ligeramente alterado por la presencia de los módulos fotovoltaicos, así como de sus soportales creados.

Caracterización del efecto:

* Mínimo	* Negativo
* Permanente	* Simple
* Directo	* Reversible
* Recuperable	* Discontinuo

Valoración del Impacto Ambiental: COMPATIBLE.

11.4 Conclusión: Valoración/Evaluación

Una vez analizados los impactos de efectos apreciables producidos por las acciones fundamentales del Proyecto asociadas a sus dos fases de desarrollo:

- I. Fase de construcción: preparación y acondicionamiento del terreno, de la obra civil y de la instalación de los módulos fotovoltaicos.
- II. Fase Operativa: funcionamiento y explotación del sistema fotovoltaico.

La EVALUACIÓN GLOBAL del Proyecto fotovoltaico resulta COMPATIBLE en base a un total de 9 impactos significativos detectados y valorados de la siguiente forma: 2 COMPATIBLES POSITIVOS, 6 COMPATIBLES Y 1 MODERADO.

12. Mantenimiento de la Instalación

12.1. Formación de los usuarios

Con el concepto de “formación de los usuarios” hacemos referencia tanto a la formación que han de recibir los miembros de las comunidades encargados del montaje, operación y mantenimiento de la instalación como a la formación que han de recibir en general todos los beneficiarios. Este proceso es vital para garantizar la sostenibilidad del sistema.

Por todo ello, es necesario programar seminarios o cursos de formación para el conjunto de los usuarios en relación al uso eficiente y racional de la energía. Con ello se les concienciará para que lleven a la práctica las medidas de ahorro y uso eficiente de la energía.

Se debe tener en cuenta que la mayoría de las averías producidas en este tipo de instalaciones se deben al uso incorrecto de las mismas por parte de los usuarios. Por ejemplo por consumir más energía de la estimada o por pedir al inversor más potencia que aquella para la que está diseñada.

Por todo ello, es de seria importancia, proporcionar a los usuarios toda la información necesaria sobre el funcionamiento del sistema, los cuidados que han de tener para sacar el mayor rendimiento posible y a distinguir entre una avería y una incidencia de funcionamiento, como puede ser el caso de cortes del regulador por descarga de la batería.

12.2. Mantenimiento de la instalación

La intención de este proyecto es que, en la medida de lo posible, los miembros de las comunidades participen en todas las fases del proyecto, especialmente a partir de la fase de montaje. Para ello, los jefes de las comunidades deberán nombrar personas responsables de operación y mantenimiento de conservación.

Se debe facilitar los conocimientos básicos sobre energía solar fotovoltaica así como los fundamentos de los principales componentes de la instalación y las nociones necesarias para afrontar las tareas normales de mantenimiento.

Los formadores deben ser preferiblemente técnicos locales junto con miembros de la ONG y/o técnicos especialistas con experiencia en temas de electrificación rural.

Tras el montaje y puesta en marcha del proyecto, hay que seguir unas pautas de mantenimiento que contribuyan a mejorar el rendimiento de la instalación y a prolongar la vida de la misma.

Medidas sencillas y básicas como mantener los paneles limpios o reponer el líquido de las baterías pueden mejorar sobremanera el funcionamiento y prevenir averías.

Las personas nombradas encargadas del mantenimiento llevarán a cabo las tareas normales de mantenimiento y solucionarán las averías más habituales.

La revisión y mantenimiento completo de la instalación se realizará al menos dos veces al año.

A continuación se recogen las medidas de mantenimiento preventivo más usuales en las instalaciones fotovoltaicas, recomendadas en el manual de uso y mantenimiento del sistema solar fotovoltaico comunitario del *Programa EURO-SOLAR*. No hemos considerado otras tareas de mantenimiento que requieren mayor capacitación y que han de correr a cargo del suministrador o de un técnico más especializado. Además, también se recogen las actividades principales de mantenimiento del grupo electrógeno.

Tabla 51. Actividades principales a realizar en cada comunidad.

Frecuencia	Semanal	Mensual	Semestral
Paneles	Inspección Visual Limpieza Eliminación de sombras	-	Inspección Visual Comprobación conexiones y cables Medida de las características de los paneles
Acumulador	Inspección Visual	Limpieza Vigilancia de corrosión Comprobación del nivel de disolución Comprobación del estado de las celdas	Medida de la tensión sin carga de los elementos Vigilancia de la estratificación Reciclaje de baterías
Sistemas de regulación y control	Inspección Visual	-	Inspección Visual Comprobación conexiones y cables Comprobación de tensiones en el regulador

➤ Paneles solares:

Inspección visual: Su objetivo es detectar fracturas en el panel o puntos de oxidación en los circuitos o soldaduras de los paneles. Dado que los paneles son muy resistentes, las fracturas suelen ser producidas por golpes, tanto por acciones externas como en el transporte de la obra. Las oxidaciones suelen deberse a la entrada de humedad en el panel por fallo o rotura del encapsulado. Si se detectan defectos en el encapsulado, pero aún no hay oxidaciones, se debe limpiar el interior del panel y sellarse con silicona o algún material impermeable. En caso de que se haya oxidado el circuito es recomendable su sustitución.

Limpieza: Para optimizar el rendimiento de los paneles y evitar averías, es importante mantener la cubierta transparente de los mismos. Las capas de polvo uniformes reducen la intensidad de la radiación, con lo que disminuye ligeramente la energía generada (en torno a un 5% anual). Las acumulaciones puntuales de suciedad o las manchas por excrementos de ave y similares son más perjudiciales. La limpieza de los paneles se debe realizar con agua (nunca a presión) y, si fuese necesario, con jabón no abrasivo. Se debe evitar que el agua quede acumulada sobre el panel.

Eliminación de sombras: Debe comprobarse que en la proximidad de los paneles hayan crecido árboles o se haya colocado algún objeto que genere sombra sobre los paneles fotovoltaicos.

Comprobación de conexiones eléctricas y tendido de los cables: Hay que comprobar que todos los terminales de los cables están bien apretados y no se han oxidado. También hay que verificar que no se han producido filtraciones de agua a la caja de terminales o a los capuchones de protección de los terminales, ya que la humedad produce pérdidas de la energía generada. Si fuese necesario, se deben limpiar los bornes de conexión y sellar la caja de terminales.

Medida de las características de los paneles: Es recomendable que en alguna visita de mantenimiento se compruebe el funcionamiento de cada panel midiendo la intensidad en las horas centrales de un día soleado y comprobando que la intensidad medida se aproxima a la nominal del panel. Esta acción debe realizarse cuando sea posible, no es necesaria una frecuencia semestral.

➤ Acumulador

El mantenimiento del acumulador es el que requiere mayor atención, ya que un mal mantenimiento de las baterías empeora notablemente su rendimiento y acorta significativamente su vida útil. Deben tenerse en cuenta los peligros de la disolución electrolítica contenida en las baterías y tomar las precauciones correspondientes. Deben evitarse llamas o cigarrillos encendidos cerca del acumulador. Las operaciones de mantenimiento deben realizarse con guantes y ropa adecuada para evitar quemaduras en caso de accidente. Realizar las operaciones con un embudo es

una medida sencilla pero muy efectiva para evitar accidentes. La degradación de las baterías suele estar provocada por descargas profundas y continuadas producidas por abusos en el consumo. Por tanto, es importante informar a los usuarios para que racionalicen su consumo. Además, un ajuste adecuado del regulador puede evitar en parte estos problemas.

Otra causa habitual de degradación de las baterías es la disminución del nivel de la disolución electrolítica. Cuando el nivel es tan bajo que no cubre totalmente las placas suele producirse la sulfatación de las mismas.

Inspección visual: Para detectar problemas de suciedad, fugas de líquidos, corrosión del exterior o de los terminales, etc. En caso de detectar alguna anomalía, se procedería a realizar alguna de las medidas que se señalan seguidamente.

Limpieza: Se elimina el polvo y los depósitos de electrolito que pueda haber sobre la superficie de todos los elementos del acumulador.

Vigilancia de la corrosión: Se inspeccionan los bornes de la batería, se limpian los posibles depósitos de sulfato y se cubren con vaselina neutra todas las conexiones.

Comprobación del nivel de la disolución: Se debe comprobar el nivel de la disolución electrolítica en todos los vasos del acumulador. Si es necesario, se añade agua destilada o desmineralizada (nunca con ácido).

Medida de la tensión sin carga de los elementos: Se desconecta cada elemento del acumulador y se mide con un polímetro la tensión entre sus bornes. Se analizan las medidas obtenidas, que deberían ser similares para todos los elementos y acordes con las especificaciones del fabricante. Las medidas han de realizarse una vez que se ha comprobado que el nivel de la disolución electrolítica es el adecuado. Diferencias importantes en un elemento pueden indicar una avería en el mismo o la necesidad de una carga de igualación.

Vigilancia de la estratificación: Se trata de detectar si existen residuos sólidos en el fondo de las baterías. En caso de que sean transparentes, esto puede realizarse con una simple inspección visual. En caso de que existan sedimentos se provoca burbujeo para homogeneizar el electrolito, bien aplicando una carga de igualación o bien mediante aire comprimido.

Reciclaje de baterías: Al completarse la vida útil de la batería, se han de tomar medidas para su reciclaje. Es importante no desprenderse de ella de cualquier modo porque pueden resultar muy dañinas para el medio ambiente.

➤ Sistema de regulación y control

Para detectar una anomalía en este sistema basta con comprobar que los valores de tensión e intensidad marcados son razonables. Si no es así habrá que acudir a las instrucciones del fabricante o en última instancia, llevarlo a reparar.

Es importante notar que en muchas ocasiones el fallo puede estar provocado por un usuario que pide a la instalación una potencia superior a la de diseño.

Semestralmente habría que realizar las siguientes tareas:

Inspección visual: Se han de comprobar las conexiones y el cableado, ajustándolos en caso necesario.

Se debería comprobar si se mantienen las tensiones de sobrecarga y sobre descarga según los esquemas que indique el fabricante.

➤ Grupo electrógeno

- a) Controlar el nivel de aceite: Debe estar entre las marcas MIN y MAX de la varilla. Si el motor está caliente se habrá de esperar entre 3 y 5 minutos para el control.
- b) Aceite y filtros de aceite: Se ha de respetar siempre el intervalo de cambio de aceite recomendado y sustituir el filtro de aceite al mismo tiempo.
- c) Filtro del aire: El filtro del aire debe sustituirse cuando el indicador del filtro así lo indique. El grado de suciedad del filtro del aire de admisión depende de la concentración del polvo en el aire y del tamaño elegido del filtro por lo que los intervalos de limpieza no se pueden generalizar, sino que es preciso definirlos para cada caso individual.
- d) Sistema de refrigeración: el sistema de refrigeración debe llenarse con un refrigerante que proteja el motor contra la corrosión interna y contra la congelación si el clima lo exige. Puesto que los aditivos anticorrosión se hacen menos eficaces con el tiempo, el refrigerante debe sustituirse.

13. Conclusiones

1. La clave para una exitosa implementación de proyectos ERAFs es seguir una correcta metodología donde se garantice lo siguiente:
 - 1.1. **Socio Local:** Mientras mayor contacto directo con la comunidad, mayor información relevante para los primeros pasos del proyecto.
 - 1.2. **Modelos Tipo:** Por medio del diseño de modelos tipos se asegura un esfuerzo más puntual para buscar una solución óptima frente a la problemática presentada.
 - 1.3. **Análisis Socio-Cultural de la población:** Conocer aspectos sociales y culturales de la población permitirá medir el nivel de participación de los mismos en el proyecto.
 - 1.4. **Pre-Diseño y Optimización:** El pre-diseño facilita datos de inicio para conocer la magnitud de la necesidad y ésta se debe optimizar por medio de herramientas computacionales como el software *HOMER*.
 - 1.5. **Mantenimiento:** El correcto funcionamiento a lo largo de la vida útil de cada uno de los equipos que integran el sistema de ERAF se consigue a través de un correcto mantenimiento.
 - 1.6. **Evaluación y seguimiento:** El proyecto no se deberá terminar una vez su puesta en marcha, lo recomendable es realizar evaluaciones periódicas para poder garantizar los impactos positivos tanto técnicos como sociales.
2. Los beneficios obtenidos por las comunidades seleccionadas en el presente proyecto de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, son los siguientes:
 - 2.1. Asegurar la preparación académica básica a 320 estudiantes en total.
 - 2.2. Generación de 4 puestos de empleo en cada una de las comunidades.
 - 2.3. Promoción del uso racional y sostenible de la energía en las comunidades.
 - 2.4. Disminución de la contaminación medio ambiental.
 - 2.5. Ahorro económico por la disminución del consumo de combustible para el funcionamiento del grupo electrógeno.
3. El proyecto podría servir de ejemplo para otras comunidades que padecen de las mismas necesidades en los diferentes Departamentos de Guatemala.
4. Se hace necesaria la capacitación de la comunidad para su importante participación dentro del desarrollo del proyecto.
5. El gobierno guatemalteco actualmente no dispone de recursos suficientes como para apoyar económicamente a proyectos de electrificación rural aislada, por tal motivo se ve necesario

contar con financiación privada externa. La evaluación económica de cada uno de los desarrollos ERAF para cada comunidad reflejan cantidades manejables por dichas entidades.

14. Bibliografía

14.1. Libros consultados

- PERPIÑÁN, O.; *Energía Solar Fotovoltaica*, 2013.
- INGENIERÍA SIN FRONTERAS: *Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo*. Instituto de Estudios Políticos para América latina, 1999.
- FRAILE MORA, J.: *Máquinas eléctricas*. McGraw-Hill, 2003.
- GÓMEZ-VIDAL, P: *Contribución al Desarrollo Tecnológico de la Seguridad y Protección a las Personas en Aplicaciones Fotovoltaicas Conectadas a la Red*. Tesis doctoral, Escuela Politécnica Superior-Universidad de Jaén, 2000.
- MUÑOZ CANO, JAVIER: *Recomendaciones sobre el uso de corriente alterna en la electrificación rural fotovoltaica*. Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación.
- E. LORENZO: *La electrificación rural fotovoltaica en el ámbito de la cooperación*. Instituto de Energía Solar.
- ENERGÍA SIN FRONTERAS: *Energía y cooperación: Guía de Buenas Prácticas*.
- INGENIERÍA SIN FRONTERAS: *Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo*. Instituto de Estudios Políticos para América latina, 1999.
- PROYECTO ARECA: *Análisis del mercado Guatemalteco de Energía Renovable*. Banco Centromamericano de Integración Económica.
- GOBIERNO DE GUATEMALA: *Política Energética 2013-2027*.
- DEL VALLE GASANZ, J.J.: *Guía metodológica para el desarrollo de proyectos de electrificación rural mediante sistemas fotovoltaicos aislados*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad Carlos III de Madrid, 2011.
- EURO-SOLAR: *Manual técnico de replicabilidad de energías renovables y desarrollo rural*. 2013.
- ALONSO ABELLA, M: *Sistemas fotovoltaicos*. Era Solar.
- “Reglamento de la Ley General de Electricidad”. Guatemala.
- “Reglamento de la Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de Energía Renovable”. Guatemala.

14.2. Web consultadas

Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.

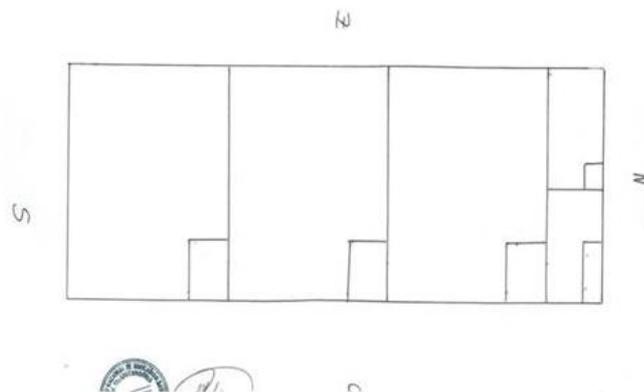
- <http://www.homerenergy.com/>
- <http://www.canadiansolar.com/>
- <http://meteonorm.com/>
- <http://www.victronenergy.com.es/>
- <http://www.hoppeckeonline.com/>
- <http://www.one.org.ma/>

A. Anexos

A.1. Aldeas

A.1.1. Secum

Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.



A.1.2. Chamuchujl

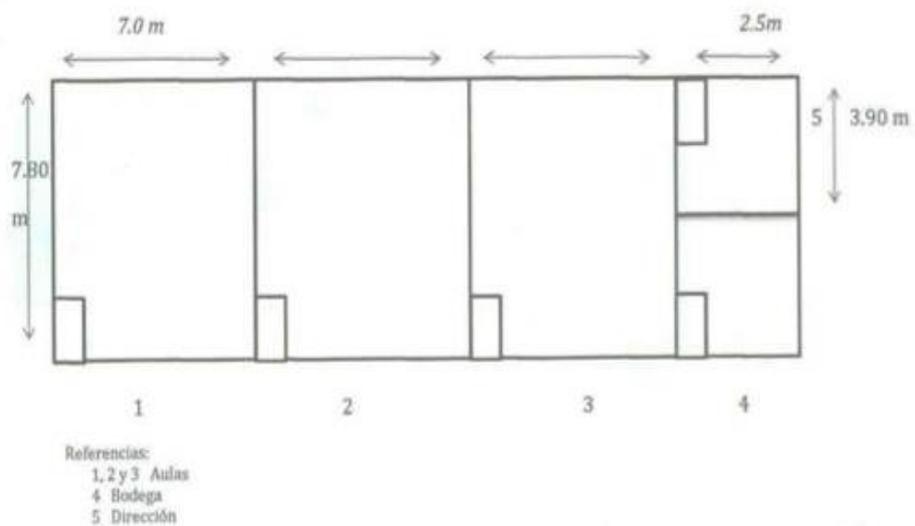
Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.



Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.



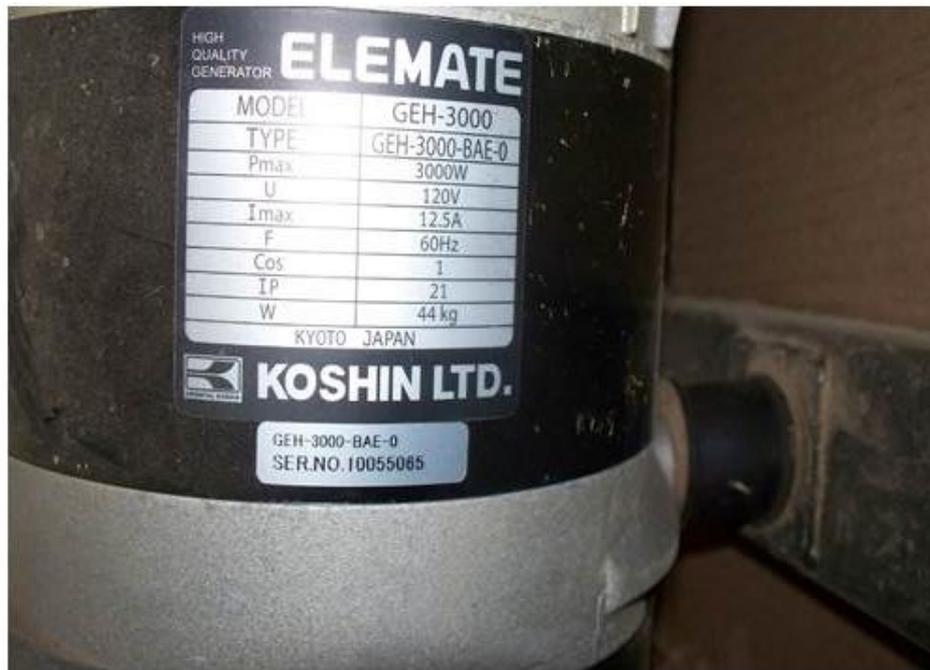
*PLANO DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA DE TELESECUNDARIA DE LA ALDEA CHAMUCHUJL,
CARCHÁ, A.V.*



A.1.3. Panzamalá



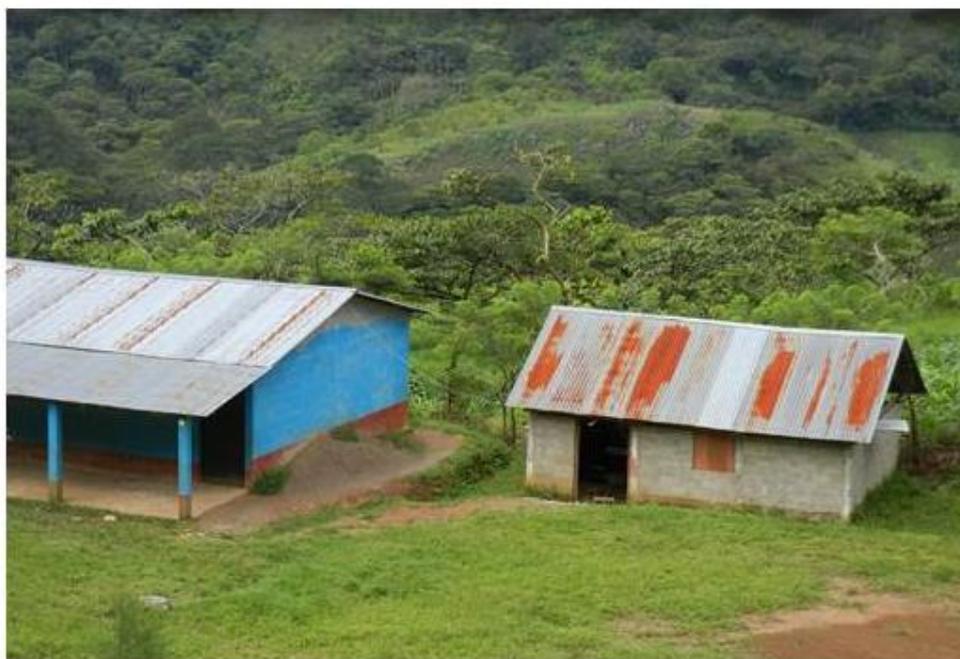
Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.



Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.



A.1.4. Tzapur



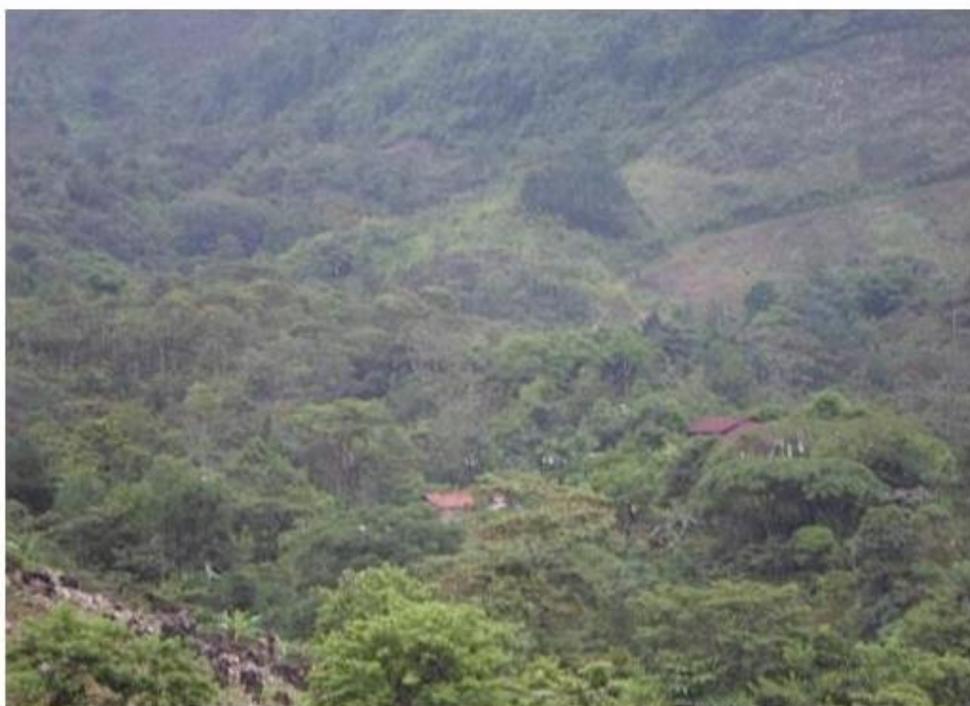
Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.



Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.

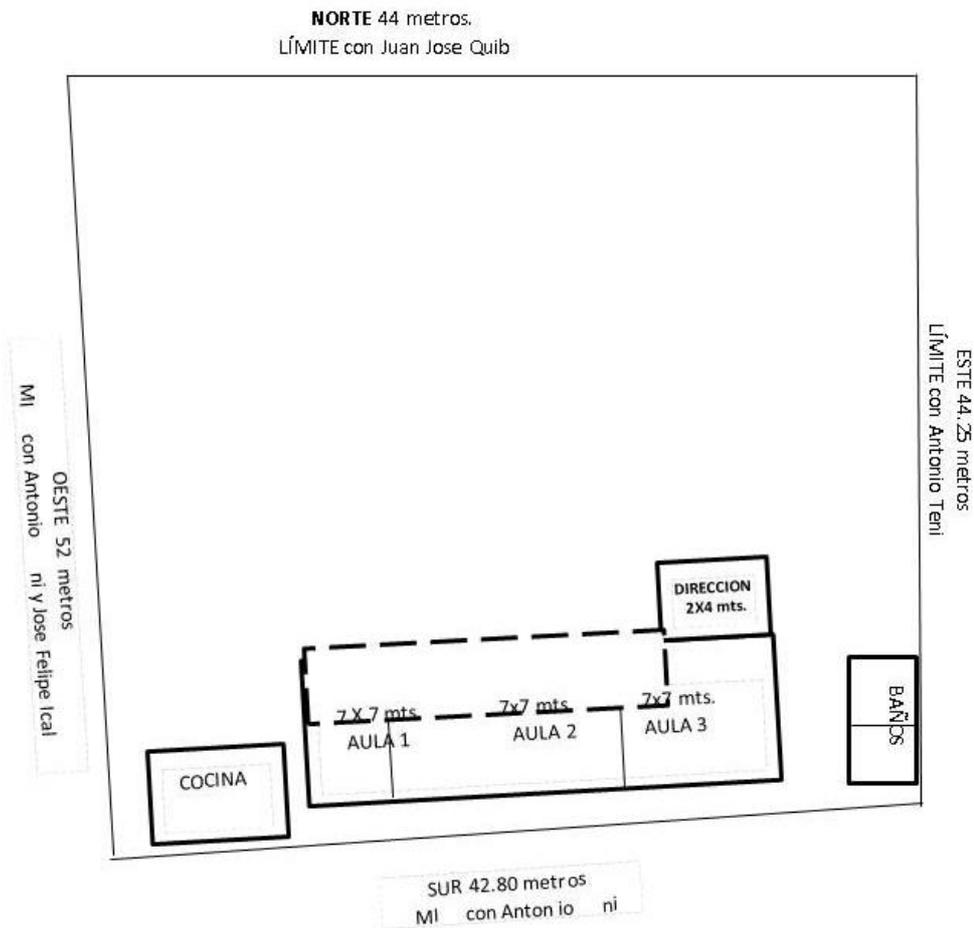


Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.



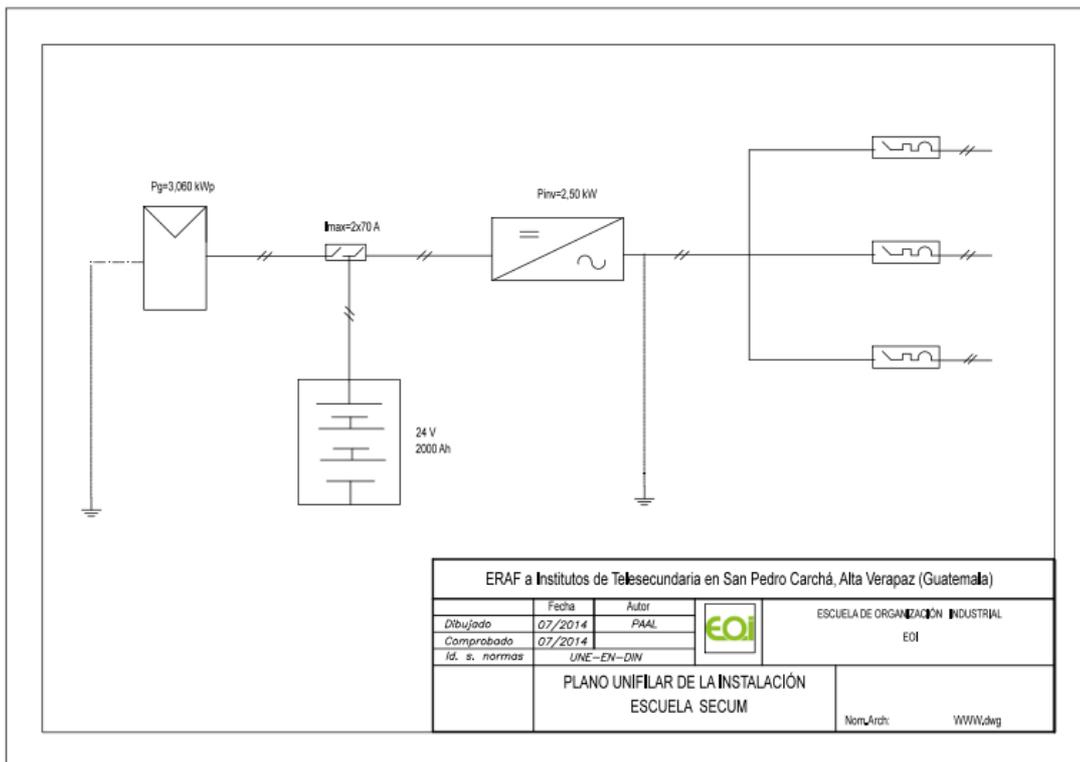
Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.

PLANO DEL TERRENO DEL INEB DE TELESECUNDARIA, ALDEA TZAPUR, CARCHA, A.V.

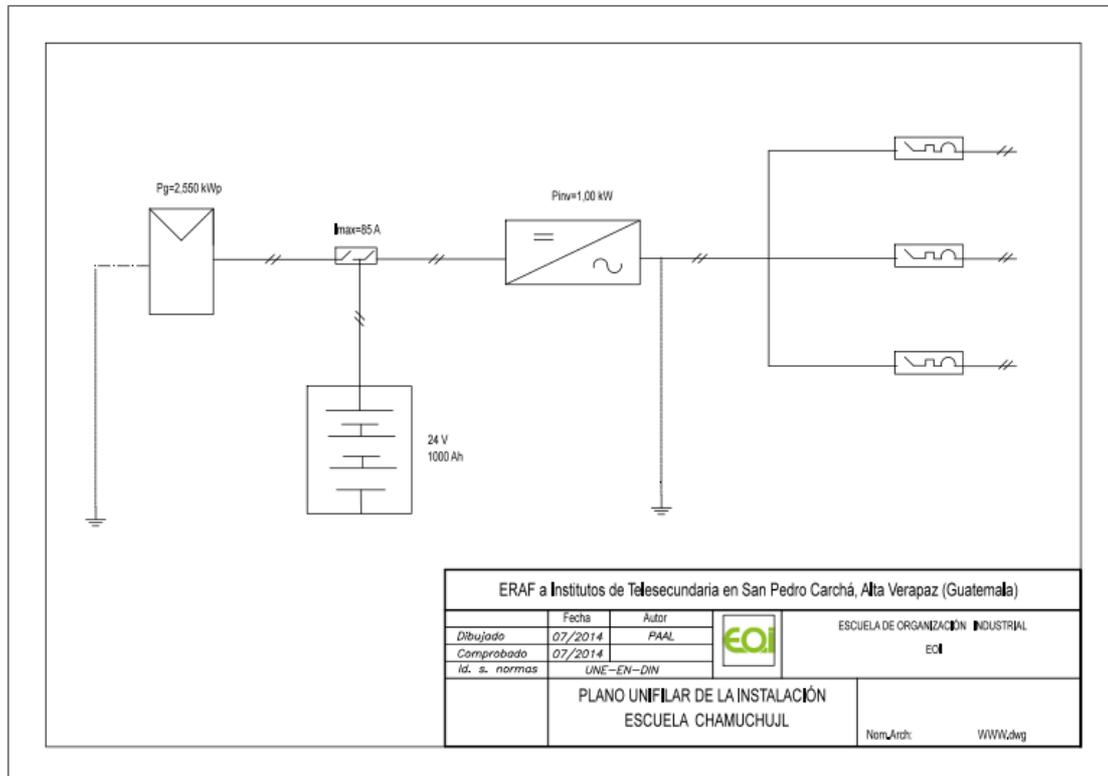


A.2. Diagramas Unifilares

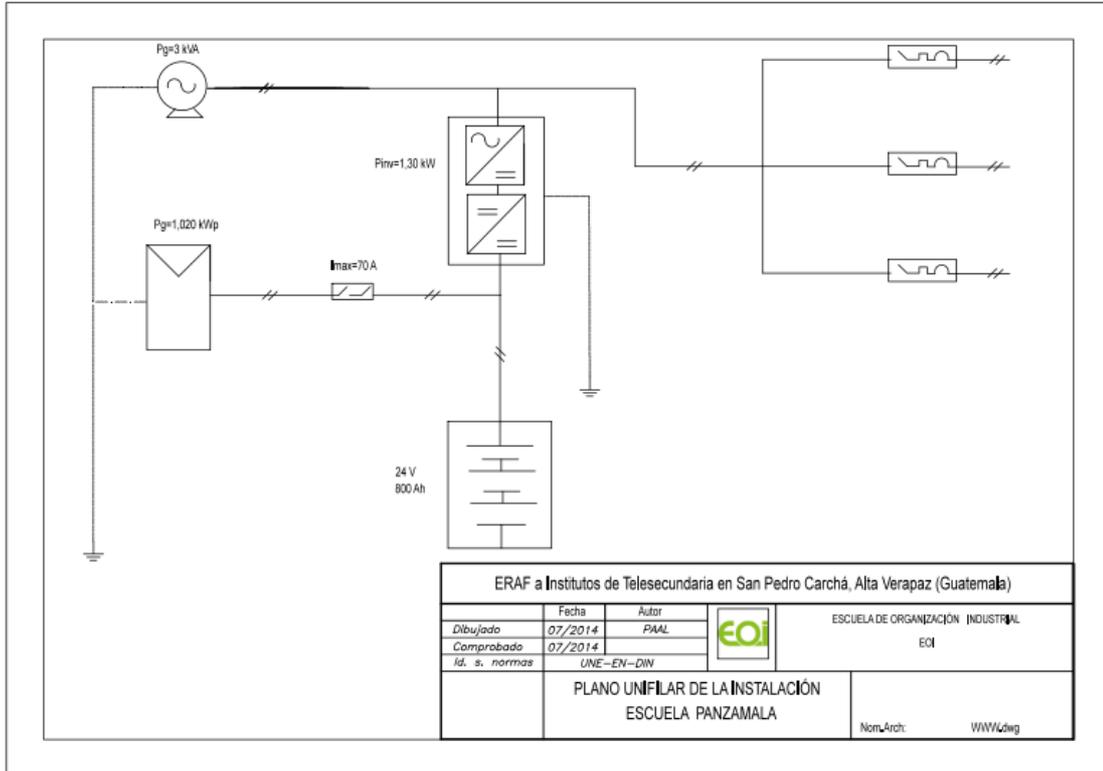
A.2.1. Secum



A.2.2. Chamuchujl

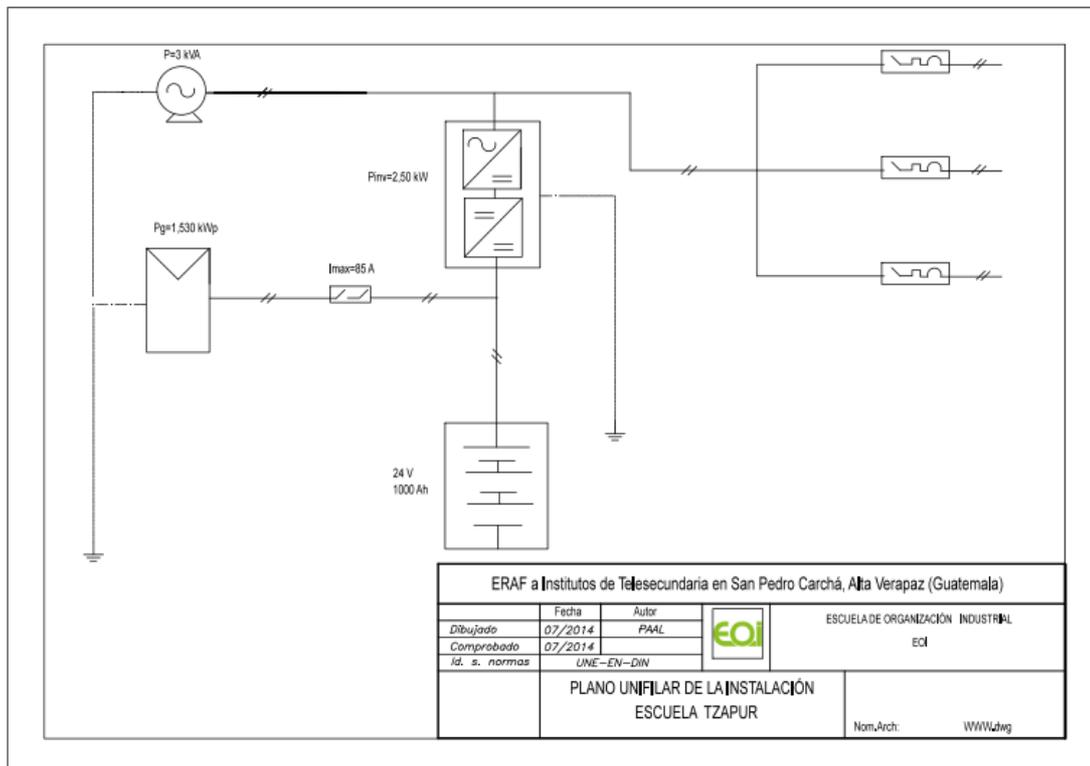


A.2.3. Panzamalá



Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.

A.2.4. Tzapur



A.3. Data Sheets

A.3.1. Panel Solar Fotovoltaico CS6P-250. Canadian Solar.





*Black frame product can be provided upon request.

CS6P-250 | 255P

THE BEST IN CLASS

Canadian Solar's modules are the best in class in terms of power output and long term reliability. Our meticulous product design and stringent quality control ensure our modules deliver an exceptionally high PV energy yield in live PV system as well as in PVsyst's system simulation. Our accredited in-house PV testing facilities guarantee all module component materials meet the highest quality standards possible.

PRODUCT | KEY FEATURES

- Excellent module efficiency up to 15.85%
- High performance at low irradiance above 96.5%
- Positive power tolerance up to 5W
- High PTC rating up to 91.88%
- Anti-glare module surface available
- IP67 junction box long-term weather endurance
- Heavy snow load up to 5400pa
- Salt mist, ammonia and blown sand resistance, for seaside, farm and desert environment

PRODUCT | WARRANTY & INSURANCE



25 Year Industry leading linear power output warranty
10 Year Product warranty on materials and workmanship

25 YEARS Warranty Insurance
Canadian Solar provides 100% non-cancellable, immediate warranty insurance

PRODUCT & MANAGEMENT SYSTEM | CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE/CE/MCS/RET/KEMCO/SII/CEC AU/INMETRO/CQC/CGC
UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / FSEC (US Florida)
UL 1703: CSA | IEC 61701 ED2: VDE | IEC 62716: TÜV | IEC60068-2-68: SGS
PV CYCLE (EU) | UN19177 Reaction to Fire: Class I

ISO9001:2008	Quality management system
ISOTS16949:2009	The automotive industry quality management system
ISO14001:2004	Standards for environmental management system
QC080000:2012	The certificate for hazardous substances process management
OHSAS18001:2007	International standards for occupational health and safety

*Please contact your sales representative for the entire list of certificates applicable to your products.

CANADIAN SOLAR INC.

Founded in 2001 in Canada, Canadian Solar Inc., (NASDAQ: CSIQ) is the world's TOP 3 solar power company. As a leading manufacturer of solar modules and PV project developer with about 6 GW of premium quality modules deployed around the world in the past 13 years, Canadian Solar is one of the most bankable solar companies in Europe, USA, Japan and China. Canadian Solar operates in six continents with customers in over 90 countries and regions. Canadian Solar is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world.

www.canadiansolar.com
support@canadiansolar.com

Canadian Solar Inc.
545 Speedvale Avenue West
Guelph | Ontario N1K 1E6 | Canada





ELECTRICAL DATA | STC

Electrical Data	CS6P-250P	CS6P-255P
Nominal Maximum Power (Pmax)	250 W	255 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	30.1 V	30.2 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.30 A	8.43 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.2 V	37.4 V
Short Circuit Current (Isc)	8.87 A	9.00 A
Module Efficiency	15.54 %	15.85 %
Operating Temperature	-40 °C~+85 °C	
Maximum System Voltage	1000V (IEC) / 1000V (UL) / 600V (UL)	
Maximum Series Fuse Rating	15 A	
Application Classification	Class A	
Power Tolerance	0~+5 W	

*Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25 °C.

ELECTRICAL DATA | NOCT

Electrical Data	CS6P-250P	CS6P-255P
Nominal Maximum Power (Pmax)	181 W	185 W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	27.5 V	27.5 V
Optimum Operating Current (Imp)	6.60 A	6.71 A
Open Circuit Voltage (Voc)	34.2 V	34.4 V
Short Circuit Current (Isc)	7.19 A	7.29 A

*Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20 °C, wind speed 1 m/s.

MODULE | MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6inch
Cell Arrangement	60 (6 x 10)
Dimensions	1638 x 982 x 40mm (64.5 x 38.7 x 1.57in)
Weight	18.5kg (40.8 lbs)
Front Cover	3.2mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
Junction BOX	IP67, 3 diodes
Cable	4mm ² (IEC)/4mm ² B.12AWG 1000V(UL1000V)/12AWG(UL600V), 1000mm (650mm is optional)
Connectors	MC4 or MC4 comparable
Standard Packaging	24pcs, 504kg (quantity and weight per pallet)
Module Pieces Per Container	672pcs (40'HQ)

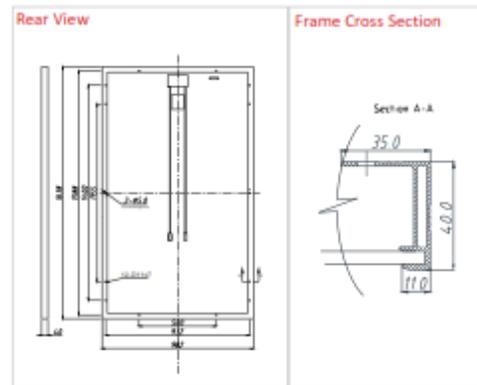
TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.43 %/°C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.34 %/°C
Temperature Coefficient (Isc)	0.065 %/°C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

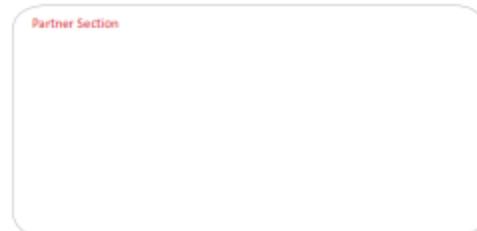
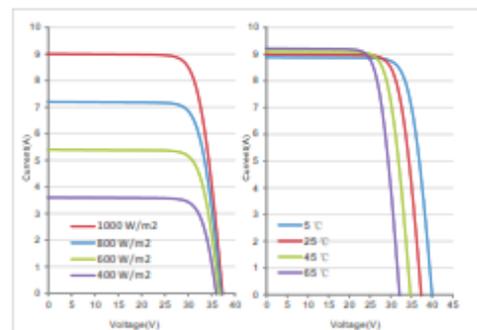
PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Industry leading performance at low irradiation, +96.5% module efficiency from an irradiance of 1000W/m² to 200W/m²(AM 1.5, 25 °C)

MODULE | ENGINEERING DRAWING



CS6P-255P | I-V CURVES



As there are different certification requirements in different markets, please contact your sales representative for the specific certificates applicable to your products. The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of this datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

www.canadiansolar.com
support@canadiansolar.com

Canadian Solar Inc. May 2014. All rights reserved
PV Module Product Datasheet | V4.13. EN
Caution: Please read safety and installation instructions before using the product.

A.3.2. Inversor Phoenix. Victron Energy



Phoenix Inverter
24/5000

SinusMax - Diseño superior

Desarrollado para uso profesional, la gama de Inversores Phoenix es ideal para innumerables aplicaciones. El criterio utilizado en su diseño fue el de producir un verdadero inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada pero sin comprometer su rendimiento. Al utilizar tecnología híbrida de alta frecuencia, obtenemos como resultado un producto de la máxima calidad, de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas, a cualquier carga.

Potencia de arranque adicional

Una de las características singulares de la tecnología SinusMax consiste en su muy alta potencia de arranque. La tecnología de alta frecuencia convencional no ofrece un rendimiento tan extraordinario. Los inversores Phoenix, sin embargo, están bien dotados para alimentar cargas difíciles, como frigoríficos, compresores, motores eléctricos y aparatos similares.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo y trifásico.

Hasta 6 unidades del inversor pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/5000, por ejemplo, proporcionarán 24 kW / 30 kVA de potencia de salida. También es posible su configuración para funcionamiento trifásico.

Transferencia de la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Si se requiere un conmutador de transferencia automático, recomendamos usar el Inversor/cargador MultiPlus en vez de este. El conmutador está incluido en este producto y la función de cargador del MultiPlus puede deshabilitarse. Los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción, ya que el MultiPlus dispone de un tiempo de conmutación muy corto (menos de 20 milisegundos).



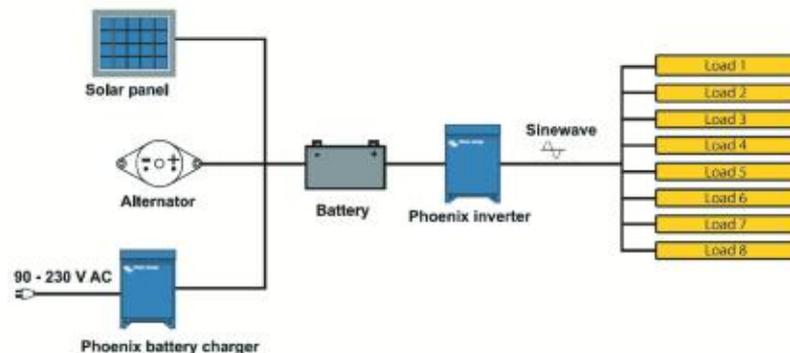
Phoenix Inverter Compact
24/1000

Interfaz para el ordenador

Todos los modelos disponen de un Puerto RS-485. Todo lo que necesita conectar a su PC es nuestro interfaz MK2 (ver el apartado "Accesorios"). Este interfaz se encarga del aislamiento galvánico entre el Inversor y el ordenador, y convierte la toma RS-485 en RS-232. También hay disponible un cable de conversión RS-232 en USB. Junto con nuestro software VEConfigure, que puede descargarse gratuitamente desde nuestro sitio Web www.victronenergy.com, se pueden personalizar todos los parámetros de los inversores. Esto incluye la tensión y la frecuencia de salida, los ajustes de sobretensión o subtensión y la programación del relé. Este relé puede, por ejemplo, utilizarse para señalar varias condiciones de alarma distintas, o para arrancar un generador. Los Inversores también pueden conectarse a VENet, la nueva red de control de potencia de Victron Energy, o a otros sistemas de seguimiento y control Informáticos.

Nuevas aplicaciones para inversores de alta potencia

Las posibilidades que ofrecen los inversores de alta potencia conectados en paralelo son realmente asombrosas. Para obtener ideas, ejemplos y cálculos de capacidad de baterías, le rogamos consulte nuestro libro "Electricity on board" (electricidad a bordo), disponible gratuitamente en Victron Energy y descargable desde www.victronenergy.com.



Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.

Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/5000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Sí				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VDC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 60V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	3000
Potencia cont. de salida 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Potencia cont. de salida 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficiencia máx. 12/24/48 V (%)	92 / 94	92 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6
GENERAL					
Relé programable (3)	Sí				
Protección (4)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -20 a +50°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye		Pernos M8		2+2 Pernos M8
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-5TT8I		Abrazadera-resorte		Bornes atornillados
Peso (kg)	10		12		18 30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110		520x255x125		362x258x218 444x328x240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunitad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	
<p>1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V. 2) Carga no lineal, factor de potencia 0,9. 3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CC o como señal de arranque de un generador (es necesario el interfaz MK2 y el software VECConfigure). Capacidad nominal CA 230V / 4A Capacidad nominal CC 4 A hasta 33VDC, 1 A hasta 60VDC.</p> <p>4) Protección: a) Cortocircuito de salida b) Sobrecarga c) Tensión de la batería demasiado alta d) Tensión de la batería demasiado baja e) Temperatura demasiado alta f) 230 V CA en la salida del inversor g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta</p>					



Panel de Control para inversor Phoenix

También puede utilizarse un inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.



Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:

- **Convertidor MK2.2 VE.Bus a RS232**
Se conecta al puerto RS232 de un ordenador (ver "Guía para el VECConfigure")
- **Convertidor MK2-USB VE.Bus a USB**
Se conecta a un puerto USB (ver Guía para el VECConfigure")
- **Convertidor VE.Net a VE.Bus**
Interfaz del VE.Net (ver la documentación VE.Net)
- **Convertidor VE.Bus a NMEA 2000**
- **Victron Global Remote**
El Global Remote de Victron es un módem que envía alarmas, avisos e informes sobre el estado del sistema a teléfonos móviles mediante mensajes de texto (SMS). También puede registrar datos de monitores de baterías Victron, Multi, Quattro e inversores en una web mediante una conexión GPRS. El acceso a esta web es gratuito.
- **Victron Ethernet Remote**
Para conectar a Ethernet.



Monitor de baterías BMV

El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).

A.3.3. Inversor/Cargador MultiPlus. Victron Energy.



MultiPlus
24/3000/70



MultiPlus Compact
12/2000/80

Multi funcional, con gestión de potencia inteligente

El MultiPlus reúne, en una sola carcasa compacta, un potente inversor sinusoidal, un sofisticado cargador de baterías con tecnología adaptable y un conmutador de transferencia de CA de alta velocidad. Además de estas funciones principales, el MultiPlus dispone de varias características avanzadas, tal y como se describe más abajo.

Dos salidas CA

La salida principal dispone de la función "no-break" (sin interrupción). El MultiPlus se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la red eléctrica/generador. Esto ocurre tan rápido (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

La segunda salida sólo está activa cuando a una de las entradas del MultiPlus le llega alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo (segunda salida disponible sólo en los modelos con conmutador de transferencia de 30A).

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo

Hasta 6 Multis pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/3000/120, por ejemplo, darán una potencia de salida de 25 kW/30 kVA y una capacidad de carga de 720 amperios.

Capacidad de funcionamiento trifásico

Además de la conexión en paralelo, se pueden configurar tres unidades del mismo modelo para una salida trifásica. Pero eso no es todo: se pueden conectar en paralelo hasta 6 juegos de tres unidades que proporcionarán una potencia de salida de 75 kW / 90 kVA y más de 2000 amperios de capacidad de carga.

PowerControl – Potencia limitada del generador, del pantalán o de la red

El Multi es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la red del pantalán (casi 10 A por cada Multi de 5kVA a 230 VCA). En el Panel Multi Control puede establecerse una corriente máxima proveniente del generador o del pantalán. El MultiPlus tendrá en cuenta las demás cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga, evitando así sobrecargar el generador o la red del pantalán.

PowerAssist – Aumento de la capacidad eléctrica del pantalán o del generador

Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión. Permite que el MultiPlus complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, MultiPlus compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente del pantalán o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

Cargador variable de cuatro etapas y carga de bancadas de baterías dobles

La salida principal proporciona una potente carga al sistema de baterías por medio de un avanzado software de "carga variable". El software ajusta con precisión el proceso automático de tres etapas adaptándose a las condiciones de la batería y añade una cuarta etapa para prolongados periodos de carga lenta. El proceso de carga variable se describe con más detalle en la hoja de datos del Phoenix Charger y en nuestro sitio web, en el apartado "Información Técnica". Además de lo anterior, el MultiPlus puede cargar una segunda batería utilizando una salida de carga ilimitada independiente, pensada para cargar una batería de arranque del motor principal o del generador (dicha salida disponible únicamente en los modelos de 12V y 24V).

La configuración del sistema no puede ser más sencilla

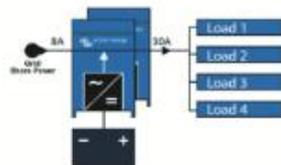
Una vez instalado, el MultiPlus está listo para funcionar.

Si ha de cambiarse la configuración, se puede hacer en cuestión de minutos mediante un nuevo procedimiento de configuración del conmutador DIP. Con los conmutadores DIP se puede incluso programar el funcionamiento en paralelo y el trifásico; ¡sin necesidad de ordenador!

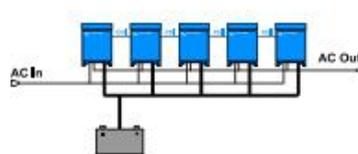
También se puede utilizar un VE.Net en vez de los conmutadores DIP.

Y hay disponible un sofisticado software (VE.Bus Quick Configure y VE.Bus System Configurator) para configurar varias nuevas y avanzadas características.

PowerAssist con 2 MultiPlus en paralelo



Cinco unidades en paralelo: potencia de salida 25 kVA



Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.

MultiPlus	12 voltios 24 voltios 48 voltios	C 12/800/33 C 24/800/16	C 12/1200/36 C 24/1200/23	C 12/1600/70 C 24/1600/46	C 12/2000/96 C 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70 48/3000/33	24/3000/120 48/3000/70
PowerControl		Si	Si	Si	Si	Si	Si
PowerAssist		Si	Si	Si	Si	Si	Si
Conmutador de transferencia (A)		16	16	16	30	16 ó 30	100
Funcionamiento en paralelo y en trifásico		Si	Si	Si	Si	Si	Si
INVERSOR							
Rango de tensión de entrada (V CC)	9,5 – 17 V 19 – 33 V 38 – 66 V						
Salida	Tensión de salida: 230 VAC ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1% (1)						
Potencia cont. de salida a 25 °C (VA) (3)	800	1200	1600	2000	3000	5000	
Potencia cont. de salida a 25 °C (W)	700	1000	1300	1600	2500	4500	
Potencia cont. de salida a 40 °C (W)	650	900	1200	1450	2200	4000	
Pico de potencia (W)	1600	2400	3000	4000	6000	10.000	
Eficiencia máxima (%)	92 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94 / 95	94 / 95	
Consumo en vacío (W)	8 / 10	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25	
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	5 / 8	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20	
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	2 / 3	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6	
CARGADOR							
Entrada CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 V CA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1						
Tensión de carga de 'absorción' (V CC)	14,4 / 28,8 / 57,6						
Tensión de carga de flotación (V CC)	13,8 / 27,6 / 55,2						
Modo de almacenamiento (V CC)	13,2 / 26,4 / 52,8						
Corriente de carga batería casa (A) (4)	35 / 16	50 / 25	70 / 40	80 / 50	120 / 70 / 35	120 / 70	
Corriente de carga batería de arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)						
Sensor de temperatura de la batería	Si						
GENERAL							
Salida auxiliar (A) (5)	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	Si (16A)	Si (25A)	
Relé programable (6)	Si						
Protección (2)	a - d						
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema						
Puerto com. de uso general (7)	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	Si (8)	Si	
Remote on-off	Si						
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -20 a +30 °C (refrigerado por aire) Humedad (sin condensación) : máx. 95%						
CARACA							
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Categoría de protección: IP 21						
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,3 metros			Pernos M8	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)		
Conexión 230 V CA	Conector G-ST181			Abrazadera de resorte	Bornes de tornillo de 13 mm ² (8 AWG)		
Peso (kg)	10	10	10	12	18	30	
Dimensiones (a x an x p en mm.)	375x214x110			320x258x125	362x258x218	444x328x240	
NORMATIVAS							
Seguridad	EN 60335-1, EN 60335-2-29						
Emisiones / Inmunidad	EN55014-1, EN 55014-2, EN 61000-3-3						
Directiva de automoción	2004/104/EC						

1) Puede ajustarse a 60 Hz, 120 V ó 60 Hz si se solicita
2) Claves de protección:
a) cortocircuito de salida
b) sobrecarga
c) tensión de la batería demasiado alta
d) tensión de la batería demasiado baja
e) temperatura demasiado alta
f) 230 V CA en la salida del inversor
g) oscilación de la tensión de entrada demasiado alta

3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1
4) a 25 °C de temperatura ambiente
5) Se desconecta si no hay fuente CA externa disponible
6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, como alarma general, subvoltaje DC o señal de arranque para el generador
Capacidad nominal CA: 250V/4A
Capacidad nominal CC: 4A hasta 35VDC, 1A hasta 60VDC
7) Entre otras funciones, para comunicarse con una batería BMS de Lito-Ion



Multi Control Digital

Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector rotatorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.



Panel Blue Power

Se conecta a un Multi o a un Quattro y a todos los dispositivos VE.Net, en particular al controlador de baterías VE.Net.

Representación gráfica de corrientes y tensiones. display of currents and voltages.



Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:

- **Convertidor MK2.2 VE.Bus a RS232**
Se conecta al puerto RS232 de un ordenador (ver "Guía para el VEConfigure")

- **Convertidor MK2-USB VE.Bus a USB**
Se conecta a un puerto USB (ver Guía para el VEConfigure*)

- **Convertidor VE.Net a VE.Bus**
Interfaz del VE.Net (ver la documentación VE.Net)

- **Convertidor VE.Bus a NMEA2000**

- **Victron Global Remote**

El Global Remote es un módem que envía alarmas, avisos e informes sobre el estado del sistema a teléfonos móviles mediante mensajes de texto (SMS). También puede registrar datos de monitores de baterías Victron, Multi, Quattro e Inversores a una web mediante una conexión GPRS. El acceso a esta web es gratuito.

- **Victron Ethernet Remote**
Para conectar a Ethernet.



Monitor de baterías BMV

El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería. Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).

A.3.4. Controlador de Carga MPPT 150/70 y 150/85. Victron Energy.



Controladores de carga solar
MPPT 150/70 y 150/85

Tensión FV hasta 150 V

Los controladores BlueSolar MPPT 150/70- y 150/85 podrán cargar una batería de tensión nominal inferior a partir de unas placas FV de tensión nominal superior.

El controlador ajustará automáticamente la tensión nominal de la batería a 12, 24, 36, ó 48 V.

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT, por sus siglas en inglés).

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local que puede no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo del BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando en el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40 °C (104 °F).

Algoritmo de carga flexible

Varios algoritmos preprogramados. Un algoritmo programable.

Ecuación manual o automática.

Sensor de temperatura de la batería. Sonda de tensión de la batería opcional.

Relé auxiliar programable

Para disparar una alarma o arrancar el generador

Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa.

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/70	MPPT 150/85
Tensión nominal de la batería	12 / 24 / 36 / 48 V	Selección Automática
Corriente de carga nominal	70A @ 40 °C (104 °F)	85A @ 40 °C (104 °F)
Potencia máxima de entrada de los paneles solares 1)	12 V: 1000 W / 24 V: 2000 W / 36V: 3000 W / 48V: 4000 W	12 V: 1200 W / 24 V: 2400 W / 36 V: 3600 W / 48 V: 4800 W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo	
Tensión mínima FV	Tensión de la batería más 7 V para arranque Tensión de la batería más 2 V operativos	
Consumo en espera	12 V: 0,55 W / 24 V: 0,75 W / 36 V: 0,90 W / 48 V: 1,00 W	
Eficacia a plena carga	12 V: 95 % / 24 V: 96,5 % / 36 V: 97 % / 48 V: 97,5 %	
Carga de absorción	14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V	
Carga de flotación	13,7 / 27,4 / 41,1 / 54,8 V	
Carga de equalización	15,0 / 30,0 / 45 / 60 V	
Sensor de temperatura remoto de la batería	Sí	
Ajuste de la compensación de temperatura por defecto	-2,7 mV/°C por celda de batería de 2 V	
Interruptor on/off remoto	No	Sí
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V CA/4 A	Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC
Puerto de comunicaciones	VE.Can: dos conectores RJ45 en paralelo, protocolo NMEA2000	
Funcionamiento en paralelo	Sí, a través de VE.Can Máx. 25 unidades en paralelo	
Temperatura de trabajo	-40 °C a 60 °C con reducción de corriente de salida por encima de 40 °C	
Refrigeración	Convección natural	asistida por ventilador silencioso
Humedad (sin condensación)	Máx. 95 %	
Tamaño de los terminales	35 mm ² / AWG2	
Material y color	Aluminio, azul RAL 5012	
Clase de protección	IP20	
Peso	4,2 kg	
Dimensiones (al x an x p)	350 x 160 x 135 mm	
Montaje	Montaje vertical de pared solo interiores	
Seguridad	EN60335-1	
EMC	EN51000-6-1, EN51000-6-3	

1) Si se conectara más potencia solar, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado

A.3.5. Baterías Hoppecke OPZS - 8 OPzS 800. Hoppecke.

Baterías Hoppecke OPZS - 8 OPzS 800



Las baterías Hoppecke tienen una gran resistencia al ciclado y son especialmente adecuadas para aplicaciones fotovoltaicas profesionales. También se utilizan en aplicaciones cíclicas en las que se requieren cargas y descargas continuas. Estas baterías están diseñadas para dar una respuesta satisfactoria ante cualquier tipo de carga y descarga. La reserva electrolítica y el sistema de recombinación Aquagen prolongan los intervalos de mantenimiento de 5 a 10 veces. Esto significa que la batería está virtualmente libre de mantenimiento. Estas baterías tienen una expectativa de vida de hasta 20 años, 1500 ciclos a una profundidad de descarga del 80% y 6000 ciclos al 20%.

Características Técnicas

Capacidad de descarga en 100h C100 1,85V	1220 Ah
Capacidad de descarga en 10h C10 1,80V	915 Ah
Capacidad de descarga en 5h C5 1,77V	789 Ah
Dimensiones: largo x ancho x altura	215 x 193 x 710 mm
Peso elemento de 2V	61,3 Kg
Estimación de vida útil	20 years / 6000 cycles at 20% of discharge
Garantía del producto	2 years

A.3.6. Baterías Hoppecke OPZS - 10 OPzS 1000. Hoppecke.

Baterías Hoppecke OPZS - 10 OPzS 1000



Las baterías Hoppecke tienen una gran resistencia al ciclado y son especialmente adecuadas para aplicaciones fotovoltaicas profesionales. También se utilizan en aplicaciones cíclicas en las que se requieren cargas y descargas continuas. Estas baterías están diseñadas para dar una respuesta satisfactoria ante cualquier tipo de carga y descarga. La reserva electrolítica y el sistema de recombinación Aquagen prolongan los intervalos de mantenimiento de 5 a 10 veces. Esto significa que la batería está virtualmente libre de mantenimiento. Estas baterías tienen una expectativa de vida de hasta 20 años , 1500 ciclos a una profundidad de descarga del 80% y 6000 ciclos al 20%.

Características Técnicas

Capacidad de descarga en 100h C100 1,85V	1520 Ah
Capacidad de descarga en 10h C10 1,80V	1143 Ah
Capacidad de descarga en 5h C5 1,77V	986 Ah
Dimensiones: largo x ancho x altura	215 x 235 x 710 mm
Peso elemento de 2V	74,6 Kg
Estimacion de vida util	20 years / 6000 cycles at 20% of discharge
Garantia del producto	2 years

A.3.7. Baterías Hoppecke OPZS - 16 OPzS 2000. Hoppecke.

Baterías Hoppecke OPZS - 16 OPzS 2000



Las baterías Hoppecke tienen una gran resistencia al ciclado y son especialmente adecuadas para aplicaciones fotovoltaicas profesionales. También se utilizan en aplicaciones cíclicas en las que se requieren cargas y descargas continuas. Estas baterías están diseñadas para dar una respuesta satisfactoria ante cualquier tipo de carga y descarga. La reserva electrolítica y el sistema de recombinación Aquagen prolongan los intervalos de mantenimiento de 5 a 10 veces. Esto significa que la batería está virtualmente libre de mantenimiento. Estas baterías tienen una expectativa de vida de hasta 20 años , 1500 ciclos a una profundidad de descarga del 80% y 6000 ciclos al 20%.

Características Técnicas

Capacidad de descarga en 100h C100 1,85V	2900 Ah
Capacidad de descarga en 10h C10 1,80V	2146 Ah
Capacidad de descarga en 5h C5 1,77V	1864 Ah
Dimensiones: largo x ancho x altura	215x400x815 mm
Peso elemento de 2V	151,5 Kg
Estimacion de vida util	20 years / 6000 cycles at 20% of discharge
Garantía del producto	2 years

A.3.8. Cables THW-2-LS. Viakon.




Alambres y Cables para Baja Tensión

Alambres y Cables THW-2-LS / THHW-LS RAD® RoHS

DESCRIPCIÓN GENERAL

Alambre o cable de cobre suave, con aislamiento termoplástico de policloruro de vinilo (PVC).

ESPECIFICACIONES

- NOM-001-SEDE Instalaciones eléctricas (utilización).
- NOM-063-SCFI Productos eléctricos- conductores - requisitos de seguridad.
- NMX-J-010-ANCE Conductores con aislamiento termoplástico a base de policloruro de vinilo, para instalaciones hasta 600V.
- Directiva RoHS 2002/95/CE, directiva de la Comunidad Europea para el control del uso de sustancias peligrosas.

CERTIFICACIONES



600 V
90°C

ATRIBUTOS




PRINCIPALES APLICACIONES

- Los alambres y cables Viakon® THW-2-LS / THHW-LS RAD® RoHS son productos de uso general para sistemas de distribución a baja tensión e iluminación, en edificios públicos y habitacionales, construcciones industriales, centros recreativos y comerciales.
- La norma de instalaciones eléctricas exige su uso en lugares de alta concentración pública.
- Por sus excelentes características de no propagación de incendio, baja emisión de humos y bajo contenido de gas ácido, se recomiendan para áreas confinadas donde se concentran grandes cantidades de personas como teatros, oficinas, hospitales, etc.
- Puede instalarse en conduit, ductos o charolas.
- Aprobados para usarse en charolas, portan la marca SR y CT según requisitos de la NOM-001-SEDE.

CARACTERÍSTICAS

- Tensión máxima de operación: 600 V.
- No propagación del incendio, baja emisión de humos y bajo contenido de gas ácido.
- Temperaturas máximas de operación en el conductor:
- 60°C En presencia de aceite.

Copyright © 2013 Conductores Monterrey S.A. de C.V. Derechos reservados. www.viakon.com

Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.

- 90°C En ambiente seco, húmedo o mojado
- 105°C En emergencia.
- 150°C En corto circuito.
- Nota: La condición de emergencia se limita a 1 500 h acumulativas durante la vida del cable y no más de 100 h en periodos de doce meses consecutivos. Las condiciones de corto circuito en el conductor se basan en lo indicado por la norma ICEA P-32-382.

VENTAJAS

- Se instala sin necesidad de lubricante externo, ya que su recubrimiento exterior contiene el lubricante necesario para realizar el mismo tendido, con un esfuerzo de jalado 50% menor al tradicional.
- Menos esfuerzo de "jalado" representa menos tiempo de instalación y gran productividad en los proyectos de instalación.
- Viakon® THW-2-LS / THHW-LS RAD® RoHS se desliza con facilidad dentro del ducto, reduciendo la posibilidad de dañar el aislamiento y aumentando la expectativa de vida, así como la confiabilidad del cable en operación.
- Con Viakon® THW-2-LS / THHW-LS RAD® RoHS se evitan reprocesos durante la instalación, ya que por su Recubrimiento
- Altamente Deslizable, el cable corre por el ducto o tubería al primer intento.
- Satisfacen la prueba de resistencia a la propagación del incendio (NMX-J-093), de baja emisión de humos (NMX-J-474) y de bajo contenido de gas ácido (NMX-J-472).
- Productos marcados como CT se pueden instalar en charolas ya que cumplen la prueba de resistencia a la propagación de la flama en conductores eléctricos (NMX-J-498), y aquellos productos marcado como SR pueden instalarse a la intemperie debido a que cumplen la prueba de resistencia a la intemperie del aislamiento (NMX-J-553).
- Apropriados para instalarse en lugares mojados, secos o en presencia de aceites.
- Ofrecen excelentes características eléctricas, químicas y mecánicas.
- Cuenta con certificado de conformidad de producto ANCE y con constancia de aceptación de prototipo LAPEM-CFE.
- Por su excelente comportamiento durante la prueba de absorción de humedad método eléctrico (capacitancia), es apropiado para instalarse en ambientes secos, húmedos o mojados.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

- Se fabrican en los siguientes calibres:
- Alambres de 2,08 a 8,37 mm² (14 a 8 AWG).
- Cables de 2,08 a 507 mm² (14 AWG a 1 000 kcmil).
- La marca SR aplica para los calibres 4 AWG y mayores en cables color negro.
- La marca CT aplica en los calibres 4 AWG y mayores, en todos los colores.
- La marca VW-1 aplicable a todos los calibres, es señal de cumplir con la prueba Vertical y Horizontal de Flama, de acuerdo a los nuevos requerimientos de la norma NMX-J-010-ANCE y UL 83.



ALAMBRE VIAKON® THW-2 / THHW-2 LS RAD® 600V								
Núm de artículo	Designación	Área nominal de la sección transversal	Espesor nominal del aislamiento	Diámetro exterior aproximado	Peso total aproximado	Capacidad de conducción de corriente*		
						60°C	75°C	90°C
	AWG	mm ²	mm	mm	kg/100 m			
SLZY25	14	2,08	0,76	3,2	2,8	20	20	25
SLX476	12	3,31	0,76	3,6	4,1	25	25	30
SLG583	10	5,26	0,76	4,1	6,1	30	35	40
SLG582	8	8,37	1,14	5,5	10,2	40	50	55

Estos números de artículo corresponden a conductores con aislamiento de color negro y en empaque de carrete. Si se requiere en otros colores o empaques, favor de solicitarlo.* Basada en la tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE para una temperatura ambiente de 30°C.

NOTA: Las dimensiones y pesos están sujetos a tolerancias de manufactura.



CABLE VIAKON® THW-2 / THHW-2 LS RAD® 600V									
Núm de artículo	Designación	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	Espesor nominal del aislamiento	Diámetro exterior aproximado	Peso total aproximado	Capacidad de conducción de corriente* Ampere		
		mm ²		mm			kg/100 m	60°C	75°C
SLX509	14	2.08	19	0,76	3,4	2,9	20	20	25
SLX579	12	3.31	19	0,76	3,9	4,2	25	25	30
SLX589	10	5,26	19	0,76	4,5	6,2	30	35	40
SLX596	8	8,37	19	1,14	5,9	10,4	40	50	55
SLX600	6	13,3	19	1,52	7,6	16,8	55	65	75
SLC327	4	21,2	19	1,52	8,8	24,8	70	85	95
SLC326	2	33,6	19	1,52	10,3	37,2	95	115	130
SLN133	1	42,4	19	2,03	12,2	49,0	110	130	150
SLC325	1/0	53,5	19	2,03	13,2	59,9	125	150	170
SLC334	2/0	67,4	19	2,03	14,3	73,7	145	175	195
SLC324	3/0	85,0	19	2,03	15,6	90,9	165	200	225
SLC323	4/0	107	19	2,03	17,0	112,6	195	230	260
SLC322	250	127	37	2,41	19,0	134,2	215	255	290
SLC321	300	152	37	2,41	20,3	158,4	240	285	320
SLC333	350	177	37	2,41	21,6	182,4	260	310	350
SLC332	400	203	37	2,41	22,7	207,4	280	335	380
SLC331	500	253	37	2,41	24,8	254,9	320	380	430
SLG436	600	304	61	2,79	27,6	306,4	355	420	475
SLF793	750	380	61	2,79	30,2	383,5	400	475	535
SLG437	1 000	507	61	2,79	34,0	504,3	455	545	615

Estos números de artículo corresponden a conductores con aislamiento de color negro y en empaque de carrete. Si se requiere en otros colores o empaques, favor de solicitarlo.* Basada en la tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE para una temperatura ambiente de 30°C.

NOTA: Las dimensiones y pesos están sujetos a tolerancias de manufactura.

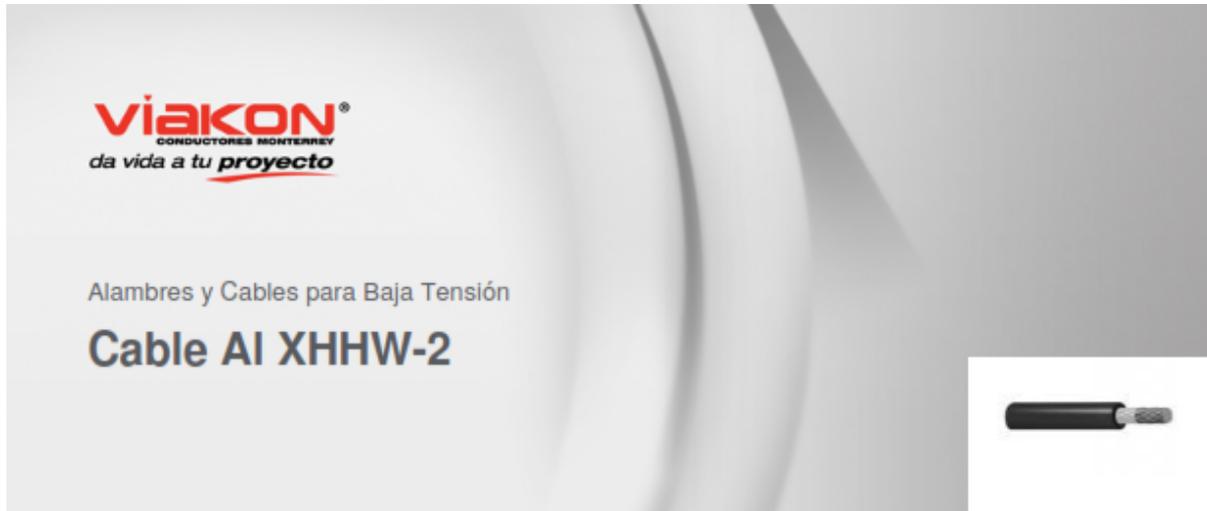
A.3.9. Cable PV-ST01. Victron Energy.

AWG to Metric Conversion Chart				
AWG Number	Ø [Inch]	Ø [mm]	Ø [mm²]	Resistance [Ohm/m]
4/0 = 0000	0.460	11.7	107	0.000161
3/0 = 000	0.410	10.4	85.0	0.000203
2/0 = 00	0.365	9.26	67.4	0.000256
1/0 = 0	0.325	8.25	53.5	0.000323
1	0.289	7.35	42.4	0.000407
2	0.258	6.54	33.6	0.000513
3	0.229	5.83	26.7	0.000647
4	0.204	5.19	21.1	0.000815
5	0.182	4.62	16.8	0.00103
6	0.162	4.11	13.3	0.00130
7	0.144	3.66	10.5	0.00163
8	0.128	3.26	8.36	0.00206
9	0.114	2.91	6.63	0.00260
AWG Number	Ø [Inch]	Ø [mm]	Ø [mm²]	Resistance [Ohm/m]
10	0.102	2.59	5.26	0.00328
11	0.0907	2.30	4.17	0.00413
12	0.0808	2.05	3.31	0.00521
13	0.0720	1.83	2.62	0.00657
14	0.0641	1.63	2.08	0.00829
15	0.0571	1.45	1.65	0.0104
16	0.0508	1.29	1.31	0.0132
17	0.0453	1.15	1.04	0.0166
18	0.0403	1.02	0.823	0.0210
19	0.0359	0.912	0.653	0.0264
AWG Number	Ø [Inch]	Ø [mm]	Ø [mm²]	Resistance [Ohm/m]
20	0.0320	0.812	0.518	0.0333
21	0.0285	0.723	0.410	0.0420
22	0.0253	0.644	0.326	0.0530
23	0.0226	0.573	0.258	0.0668
24	0.0201	0.511	0.205	0.0842
25	0.0179	0.455	0.162	0.106
26	0.0159	0.405	0.129	0.134
27	0.0142	0.361	0.102	0.169
28	0.0126	0.321	0.0810	0.213

Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.

29	0.0113	0.286	0.0642	0.268
AWG Number	Ø [Inch]	Ø [mm]	Ø [mm²]	Resistance [Ohm/m]
30	0.0100	0.255	0.0509	0.339
31	0.00893	0.227	0.0404	0.427
32	0.00795	0.202	0.0320	0.538
33	0.00708	0.180	0.0254	0.679
34	0.00631	0.160	0.0201	0.856
35	0.00562	0.143	0.0160	1.08
36	0.00500	0.127	0.0127	1.36
37	0.00445	0.113	0.0100	1.72
38	0.00397	0.101	0.00797	2.16
39	0.00353	0.0897	0.00632	2.73
40	0.00314	0.0799	0.00501	3.44

A.3.10. Cables AI XHHW-2. Viakon.



DESCRIPCIÓN GENERAL

Cable formado por un cable de aleación de aluminio AA-8176, cinta separadora poliéster (opcional), con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE).

ESPECIFICACIONES

- Los cables de aluminio Viakon® 8000 XHHW-2 cumplen con las siguientes especificaciones:
- NOM-001-SEDE Instalaciones Eléctricas (utilización).
- NOM-063-SCFI Productos Eléctricos conductores-requisitos de Seguridad.
- NMX-J-451-ANCE Cables de energía de baja tensión con aislamiento de polietileno de cadena cruzada
- o a base de etileno propileno para instalaciones hasta 600V.
- Nota: Para productos con aprobación UL 44 consulte a nuestro Departamento de Ingeniería.

PRINCIPALES APLICACIONES

- Los cables de aluminio Viakon® 8000 XHHW-2 son productos de uso general empleados en sistemas de distribución de baja tensión e iluminación, en edificios públicos instalaciones industriales, centros recreativos y comerciales.
- Son adecuados para usarse en circuitos de energía o de control por su diámetro reducido.
- Por cumplir las pruebas correspondientes, portan la marca CT según requisitos de la NOM-001-SEDE.

CARACTERÍSTICAS

- Tensión máxima de operación: 600 V.
- Temperaturas máximas de operación en el conductor:
- 90°C En ambiente seco, humedo y mojado.
- 130°C En emergencia.
- 250°C En corto circuito.
- Nota: La condición de emergencia se limita a 1 500 h acumulativas durante la vida del cable y no más de 100h en periodos de doce meses consecutivos. Las condiciones de corto circuito en el conductor se basan en lo indicado por la norma ICEA P-32-382.
- Se fabrican en calibres de 13.3 a 380.0 mm² (6 AWG a 750 kcmil), cableado compacto.
- Aislamiento color negro que lo hace resistente a la luz solar.
- Para cables con aislamiento de color diferente al negro consultar a nuestro departamento de Ventas.
- La marca CT aplica en calibres 4 AWG y mayores, en todos los colores.

Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.

VENTAJAS

- Apropriados para instalarse en lugares mojados, húmedos, o secos.
- Ofrecen excelentes características eléctricas, físicas y mecánicas.
- Menor diámetro que permite la instalación de un mayor número de cables en un mismo tubo conduit.
- Su aislamiento termofijo ofrece mayor estabilidad térmica.
- Cumplen la prueba de resistencia a la propagación de la flama en conductores eléctricos colocados en charola vertical (NMX-J-498).

Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.



CABLE VIAKON ® 8000 AL-XHHW-2								
Designación	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	Espesor nominal del aislamiento	Diámetro exterior aproximado	Peso total aproximado	Capacidad de conducción de corriente*		
						60°C	75°C	90°C
AWG/Kcmil	mm ²		mm	mm	kg/100 m			
6	13,30	7	1,14	6,7	5,8	40	50	60
4	21,15	7	1,14	7,8	8,3	55	65	75
2	33,02	7	1,14	9,2	12,3	75	90	100
1	42,41	19	1,40	10,5	16,0	85	100	115
1/0	53,49	19	1,40	11,4	19,4	100	120	135
2/0	67,43	19	1,40	12,4	23,8	115	135	150
3/0	85,01	19	1,40	13,6	29,2	130	155	175
4/0	107,22	19	1,40	15,0	35,9	150	180	205
250	126,7	37	1,65	16,7	43,2	170	205	230
300	152,0	37	1,65	17,9	50,9	190	230	255
350	177,3	37	1,65	19,1	58,5	210	250	280
400	202,7	37	1,65	20,2	66,1	225	270	305
500	253,4	37	1,65	22,1	81,0	260	310	350
600	304,0	61	2,03	24,9	99,5	285	340	385
750	380,0	61	2,03	27,3	122,0	320	385	435

* Basada en la tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE para una temperatura ambiente de 30°C.

NOTA: Las dimensiones y pesos están sujetos a tolerancias de manufactura.

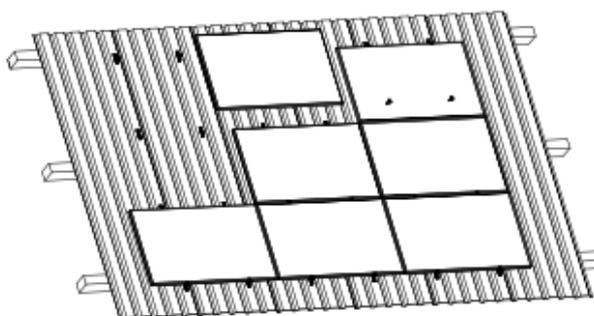
Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.



A.3.11. Estructura MetaSole Renusol.



Ficha Técnica **MetaSole**



Datos Generales

Sistema	Sistema de montaje sobre cubierta para tejado trapezoidal de aluminio y acero
Tipo de edificio	Edificios comerciales, industriales y agrícolas
Tipos de cubiertas	Tejado de chapa trapezoidal de aluminio y acero (grosor de la chapa desde 0,40 mm hasta 1,5 mm), tejado engrapado con bordes levantados chapa trapezoidal tipo sandwich según la autorización del fabricante
Materiales	Acero inoxidable, aluminio y EPDM
Inclinación del módulos	Instalación paralela al tejado
Peso neto	Inferior a 1,3 kg por kWp
Inclinación de la cubierta	min. 5°, max. 45°
Ventilación	Cumple las prescripciones de la normativa del gremio alemán de tejadores

Compatibilidad con módulos FV

Tipo	Módulos PV enmarcados
Dimensiones máximas	Longitud: ilimitada, anchura: ilimitada
Disposiciones	horizontal
Compatibilidad	Módulos enmarcados según IEC 61215 / 61646 y certificación IEC61730

Instalación

Tiempo de instalación	1 kWp < 10 minutos / 0,03 h por cada m² de superficie de módulo
-----------------------	---

Certificaciones

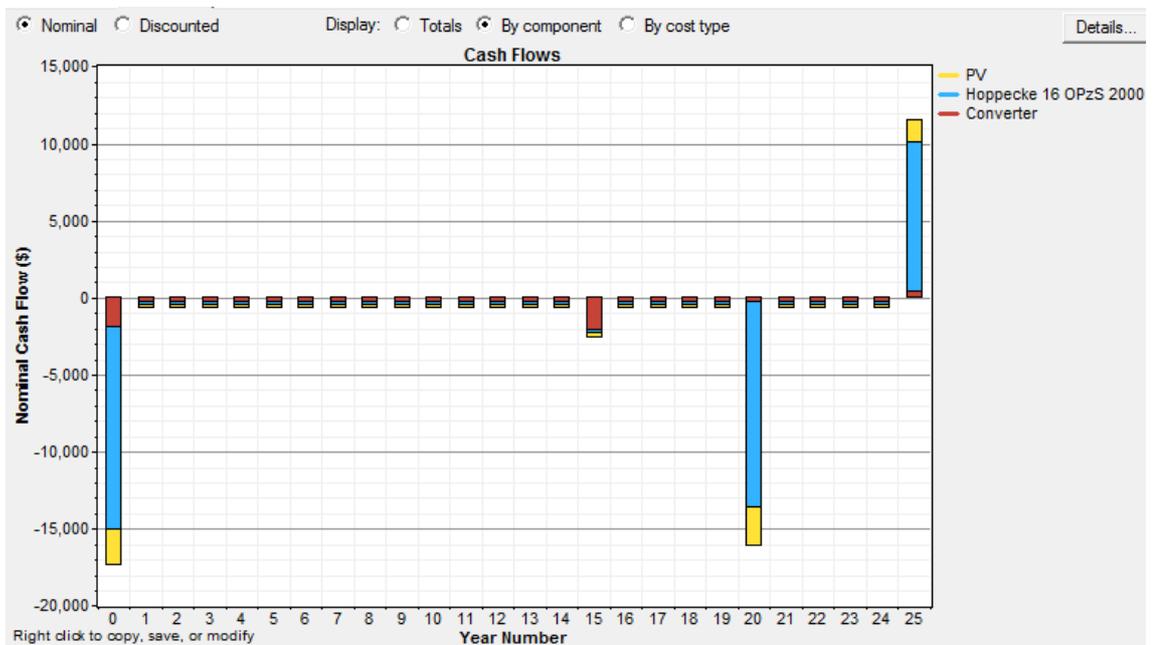
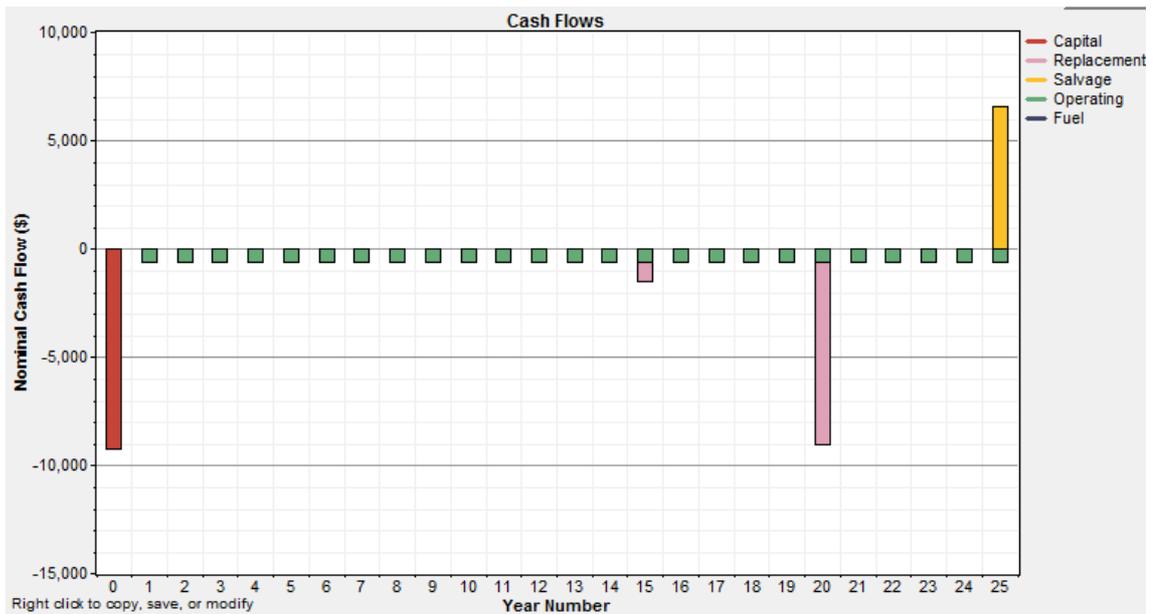
TÜV (DE)	Sí / 33130
Prueba de estanqueidad	Sí / MFPA 5.1/10-535
Autorización de inspección de obras	Sí / Z-14.4-627, Z-14.1-4, Z-14.1-537

Beneficios

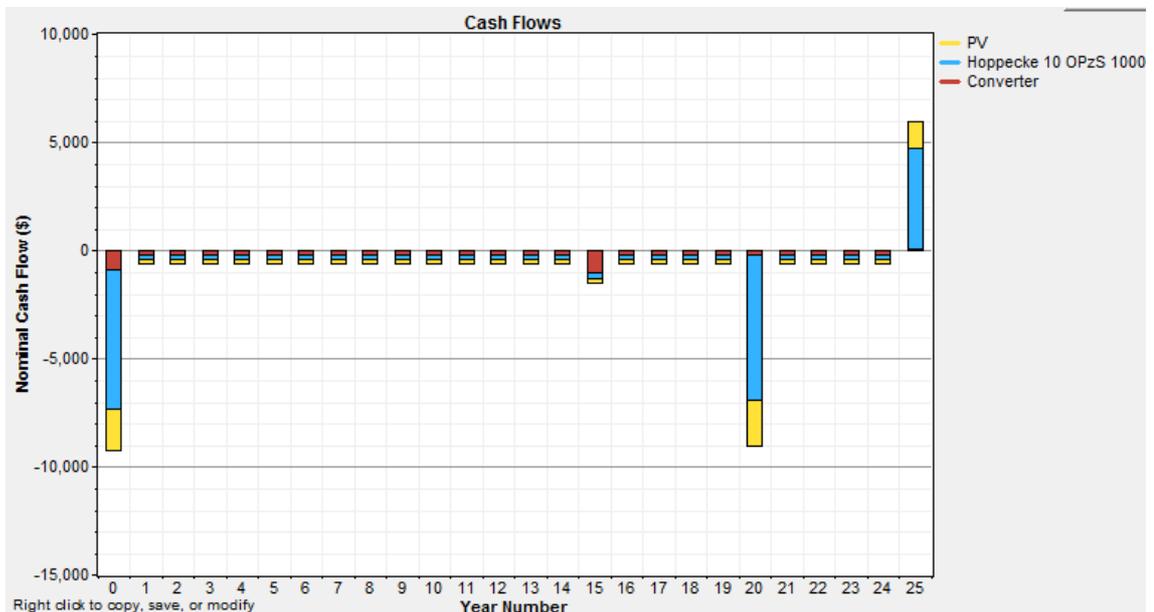
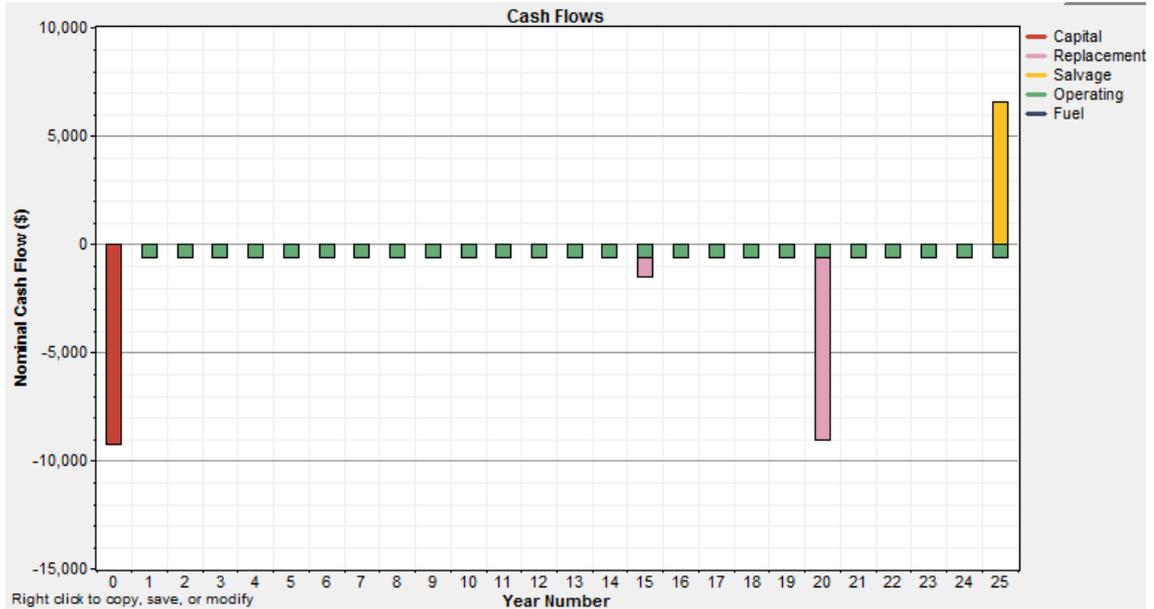
Garantía del producto	10 años
Formación	Sí / in situ a demanda
Configurador web	Sí
Soporte	Telefónico, correo electrónico, in situ

A.4. Flujos de Cajas

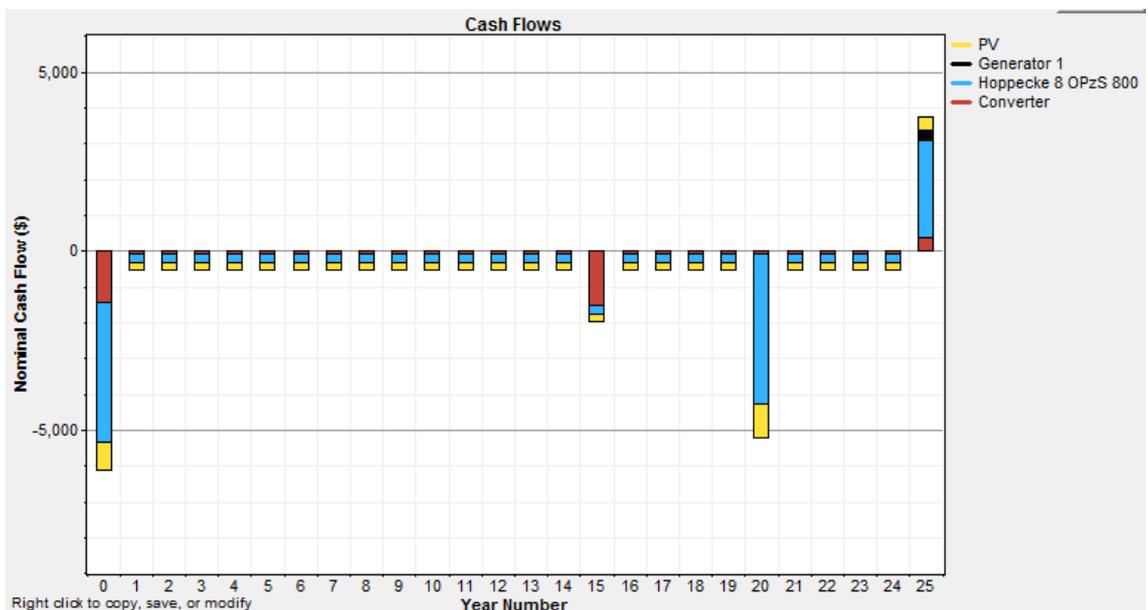
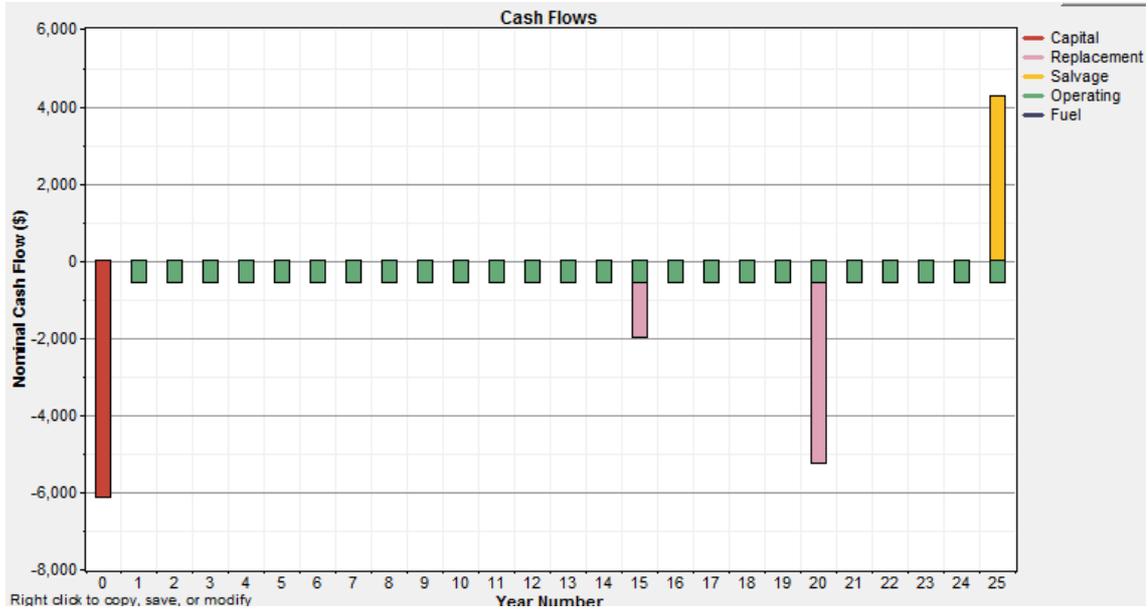
A.4.1. Secum



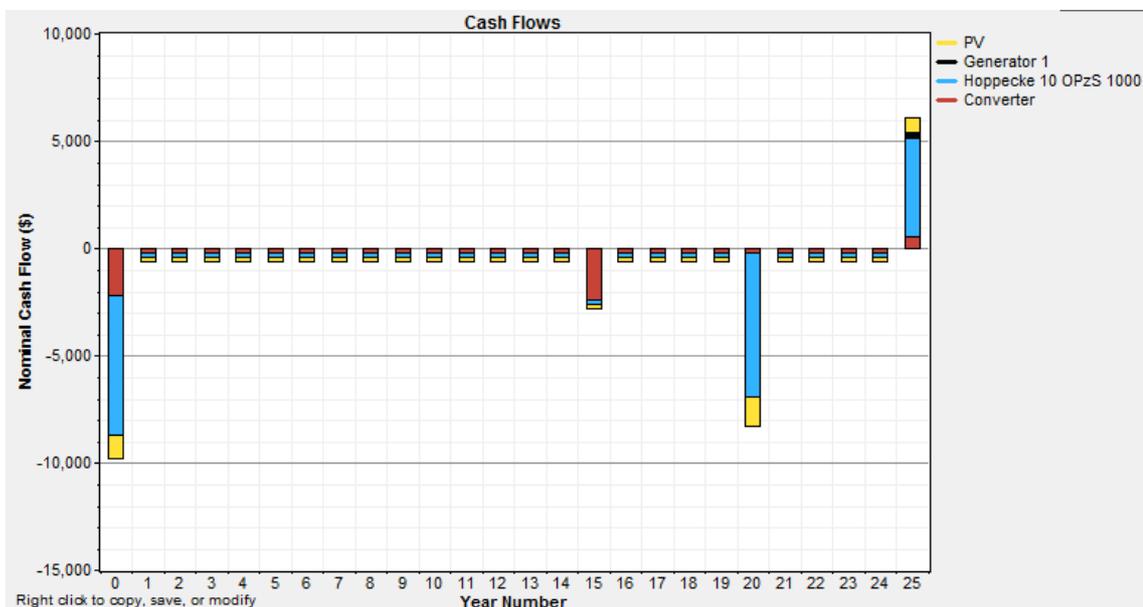
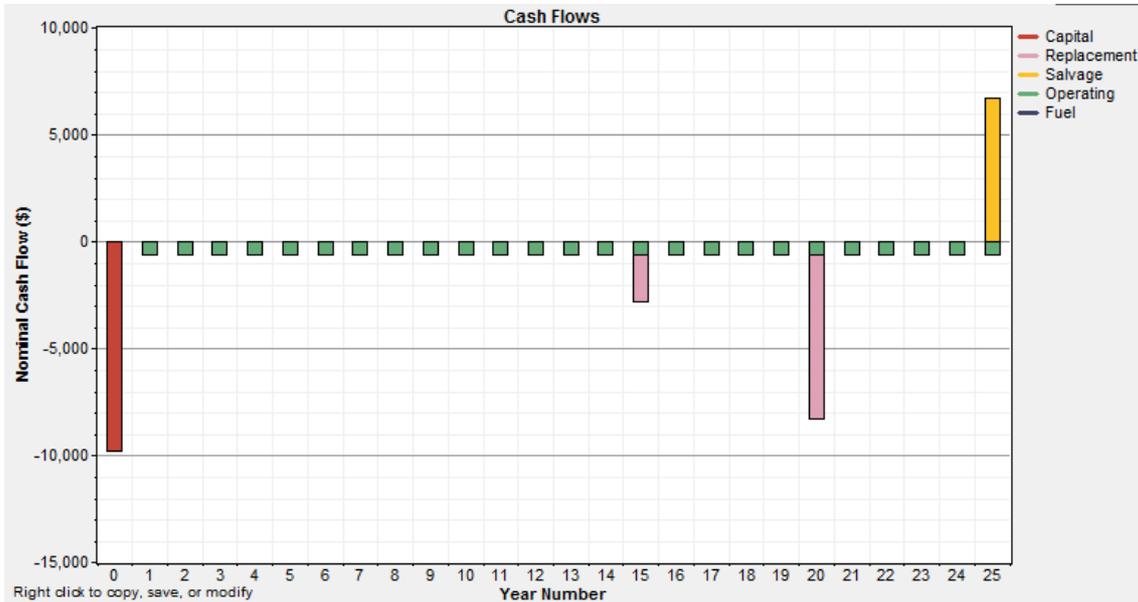
A.4.2. Chamuchujl



A.4.3. Panzamalá



A.4.4. Tzapur



A.5. Formulario para solicitud ayuda financiera

A.5.1. Energía Sin Fronteras



Energía sin Fronteras

FORMULARIO DE SOLICITUD DE ACTUACIÓN

Rellene y mándenos este formulario. Próximamente les indicaremos si estamos en condiciones de proseguir con el estudio de su solicitud.

DATOS DEL SOLICITANTE DEL PROYECTO

Nombre:	<input type="text"/>
Organización:	<input type="text"/>
Cargo en la organización:	<input type="text"/>
Nacionalidad:	<input type="text"/>
e-mail de contacto	<input type="text"/>
Tfnos. de contacto	<input type="text"/>
¿Será responsable del proyecto?	Si/No <input type="checkbox"/> . Describalo

¿Cómo conoció a Energía sin Fronteras y porqué acude a ella:

¿Tiene firmado algún acuerdo con EsF? Si/No ?

¿Solicita Asesoramiento sólo Si/No o Asesoramiento y Ejecución Si/No ?

¿Tipo de acción: Acceso a energía Si/No ; Acceso a agua Si/No ;
Saneamiento Si/No ?

Describe brevemente la actuación que propone:

1



Energía sin Fronteras

¿Qué relación mantiene con la comunidad beneficiaria?:

DATOS DE LA ORGANIZACIÓN SOLICITANTE (Contraparte local)

Denominación:	<input type="text"/>
Naturaleza Jurídica:	<input type="text"/>
Inscrita en el Registro de:	<input type="text"/>
Domicilio:	<input type="text"/>
Localidad:	<input type="text"/>
Provincia:	<input type="text"/>
País:	<input type="text"/>
Teléfono:	<input type="text"/>
Correo electrónico:	<input type="text"/>
Años de existencia:	<input type="text"/>
Fines Institucionales	<input type="text"/>

Resumen de proyectos realizados en los últimos 3 años:

¿Qué puede su organización aportar al proyecto?:

- **Contribución a los costes** Si/No . Describalo
- **Medios técnicos** Si/No . Describalo
- **Medios humanos** Si/No . Describalo

DATOS DE LA COMUNIDAD BENEFICIARIA DEL PROYECTO

Designación de la comunidad beneficiaria	<input type="text"/>
Localización del proyecto (localidad, provincia)	<input type="text"/>



Energía sin Fronteras

Distancia a la próxima capital provincial

Población de la zona del proyecto

¿Cuántas personas se beneficiarán directamente de la actuación:

Empty response box for the first three questions.

¿Cuáles son los modos de vida y subsistencia de la población de la zona?

Empty response box for the question about modes of life and subsistence.

Describe el colectivo directamente afectado por la actuación

Empty response box for the question about the affected collective.

¿Cuales son los principales problemas que afronta la comunidad?

Empty response box for the question about community problems.

¿Cómo está organizada la comunidad beneficiaria?

Empty response box for the question about community organization.

¿ La comunidad está organizada para gestionar alguna actividad común?



DATOS DEL PROYECTO

¿Dispone de una memoria del proyecto Si/No ?

Defina el objetivo específico del proyecto:

¿Cómo surgió la idea de este proyecto?

¿Qué necesidades espera satisfacer con este proyecto?

¿Cómo se cubren actualmente estas necesidades?

¿Ha intervenido la comunidad beneficiaria en la identificación y elaboración del proyecto?

¿Posee y adjunta una expresión de la voluntad de la población beneficiaria? Si/No

¿Forma parte el proyecto de algún programa más amplio en la zona?



Energía sin Fronteras

Si/No En caso afirmativo Cuál?

¿El proyecto recibiría algún tipo de apoyo (económico, de gestión...etc.) por alguna institución superior? Si/No En caso afirmativo Cuál?

¿Existen capacidades, tanto humanas como materiales, en la zona para ocuparse de la explotación del proyecto? Si/No Describalas

Cuál es el presupuesto estimado del proyecto?

¿Dispone de un presupuesto detallado por partidas? **SI/NO**

¿Cuál es la cantidad solicitada a Energía sin Fronteras?

Indique la fase de desarrollo de su proyecto:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Idea Previa. | <input type="checkbox"/> Anteproyecto. |
| <input type="checkbox"/> Concepto consolidado. | <input type="checkbox"/> Diseño de proyecto realizado |
| <input type="checkbox"/> Estudio preliminar | <input type="checkbox"/> Proyecto en Marcha. |

¿A su juicio, ¿qué tecnologías podrían utilizarse?:

Para energía:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Grupos electrógenos (gasoil, etc) | <input type="checkbox"/> Hidroeléctrica |
| <input type="checkbox"/> Placas solares fotovoltaicas | <input type="checkbox"/> No sabemos |
| <input type="checkbox"/> Eólica | |

Para agua:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Perforación de pozo y bombeo | <input type="checkbox"/> Captación desde una nueva toma |
| <input type="checkbox"/> Rehabilitación de una toma superficial/pozo existente | <input type="checkbox"/> Captación de río o lago. |

¿Existe acceso en el país a esta(s) tecnología(s)?

- Sí No No sabemos

DOCUMENTOS A APORTAR (en la fase posterior de estudio, en caso de ser aceptada su solicitud)

Para apoyar su solicitud, deberán aportar los siguientes documentos. Si ya dispone de ellos, los puede adjuntar al mandarnos el formulario completado.

- Memoria de proyecto
- Presupuesto detallado si dispone de ello, con indicación de las aportaciones exteriores pedidas
- Copia del registro oficial de su organización (no aplicable a órdenes religiosas)
- Informe detallado de las actividades de desarrollo realizadas por la organización durante los tres últimos años.
- Cartas de las autoridades locales (administrativas, tradicionales) apoyando el proyecto

5

Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a
Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá,
Alta Verapaz, Guatemala.



Energía sin Fronteras

- *Carta de los beneficiarios en la que solicitan el proyecto y se comprometen a contribuir a su realización y a asegurar su continuidad.*
- *Mapa de la zona que indique la localización del proyecto. Es aceptable un esquema claro hecho a mano*
- *Memoria de actividades, sus Estatutos y sus Balances anuales y Cuentas de Resultados del último año disponible*

Fecha:

Firma:

A.5.2. Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica (AEA)



Formulario de Perfil del Proyecto

El Comité Técnico Asesor de la Alianza necesita este formulario de perfil del proyecto para hacer una pre-calificación y pre-selección de proyectos potenciales a apoyar. Si el Comité acepta el proyecto, se invitará al desarrollador del proyecto a presentar una propuesta más completa.

Nombre del proyecto (asunto y país):

Las propuestas pueden ser presentadas por una sola institución o por un grupo de instituciones bajo el liderazgo de una de ellas.

a) Datos del líder del proyecto:

Organización:

Dirección:

Persona de contacto:

Posición:

Teléfono:

Fax:

E-mail:

b) Datos de otros miembros del Grupo:

Organización:

Dirección:

Persona de contacto:

Posición:

Teléfono:

Fax:

E-mail:

Organización:

Dirección:

Persona de contacto:

Posición:

Teléfono:

Fax:

E-mail:

Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.

c) Antecedentes. Breve descripción de su capacidad para ejecutar los proyectos propuestos.

d) Descripción del proyecto. Incluya la ubicación, beneficiarios y un breve análisis de los problemas existentes, a fin de justificar el proyecto.

e) Objetivo general. Defina el objetivo principal, de qué manera responde a las prioridades nacionales en materia de energías renovables y explique el contexto futuro una vez que los problemas se hayan resuelto.

f) Objetivo específico. Defina uno o más objetivos específicos. Estos objetivos deben contribuir a la consecución del objetivo general.

g) Resultados. Explique los resultados que deben obtenerse con el fin de alcanzar los objetivos. También explique el impacto del proyecto.

h) Actividades. Presente las actividades que deben llevarse a cabo para poder lograr los resultados.

i) Indicadores de impacto. Por favor presente información sobre los principales indicadores de impacto relacionados con el proyecto (Elija los apropiados).

INDICADORES DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL	UNIDADES	INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL	UNIDADES
Ahorro económico	_____ US\$	Reducción de toneladas de emisión de CO ₂	_____ ton/CO2
Nivel de ingresos mejorado	_____ US\$	Hectáreas reforestadas	_____ Hcs.
Inversión promovida	_____ US\$	Reducción de Kerosene	_____ litros
Capacidad instalada	_____ kW	Reducción de fuel oil	_____ litros
Familias beneficiadas	_____ familias	Reducción de Diesel	_____ Kg
Generación de empleos	_____ personas	Reducción de GLP	_____ Kg
Energía limpia producida	_____ kW/h	Reducción de leña	_____ litros
Capacitación y manuales	_____ personas capacitadas		_____ Kg

Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.

i) Aspectos transversales. Por favor, seleccione los temas cubiertos con el proyecto:

- () Grupos vulnerables () Cuestiones de género () Aspectos medioambientales
() Buena gestión () Paz y seguridad humana

j) Duración del proyecto

Meses

j) Recursos del proyecto - Describa los principales recursos del proyecto, incluyendo consultorías, equipos y servicios

Consultorías	<input type="text"/>	USD
Equipo	<input type="text"/>	USD
Servicios	<input type="text"/>	USD

l) Costo del proyecto - Cálculo del costo total del proyecto (Euros).

USD

m) Financiación del proyecto – Estime la contribución que se espera de la Alianza y la contribución de cada uno de los miembros.

Alianza USD

Grupo USD

Lugar y Fecha

Firma y sello de la
Organización Líder

Por favor, envíe este formulario a:
Unidad de Coordinación Regional de la
Alianza en Energía y Medio Ambiente con Centroamérica
info.aea@sica.int
Tel. (503) 2248 8800, fax (503) 2248 8899

NOTA: Debe obtenerse la aprobación de la Unidad de Coordinación Nacional del país a fin de asegurar el cumplimiento de la propuesta con los objetivos de la Alianza.

ANEXO 1

El Comité Técnico Asesor AEA requiere que se complete este Anexo a fin de evaluar la capacidad operativa de la organización desarrolladora que lidera el proyecto:

A) Escritura de Constitución Legal: Sí_ No_

B) Contabilidad Formal: Sí_ No_

C) Especifique la experiencia previa en la gestión y ejecución de otros proyectos con fondos de cooperación internacional:

Periodo	Donante	Monto en USD
---------	---------	--------------

D) Especifique los recursos disponibles para la ejecución del proyecto:

Valor ACTIVOS USD_____ No. de Personal _____ Oficinas _____

E) Explique la experiencia y capacidad técnica para la ejecución del proyecto propuesto (incluyendo la experiencia de las organizaciones asociadas)

F) ¿Ha desarrollado antes otros proyectos con un perfil similar a éste? Sí_ No_



Resumen Ejecutivo

Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.

2013-2014

Alumno(s)

Hernández Lorenzo, Luis Manuel
Ledo Castro, Armando Alejandro
Martínez Riera, Adrián
Ocampo Míguez, Pablo

Tutor

Perpiñán, Oscar



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons Reconocimiento, No comercial, Compartir igual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia. Más información: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Índice

1. Introducción y Objetivos	3
1.1. Introducción	3
1.2. Objetivos General y Específicos	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
2. Planteamiento del Problema	4
2.1. Problemática con la Energía Eléctrica en los Institutos	5
3. Características de las Aldeas	5
3.1. Emplazamiento.....	5
3.2. Clima	6
3.3. Demografía.....	6
3.4. Descripción de los Institutos de Telesecundaria	7
4. Metodología Implementada	8
4.1. Parte Inicial	9
4.2. Parte Sociológica	9
.....	9
4.3. Parte Técnica.....	10
5. Metodología del dimensionado del ERAF de las escuelas de Telesecundaria.....	10
5.1. Obtención datos de partida (radiación, consumos)	10
5.1.1. Recurso Solar.....	10
5.1.2. Estimación del consumo.....	12
6.2. Pre-diseño del sistema (<i>Método del mes peor</i>)	14
6.3. Simulación, Optimización y Análisis Sensibilidad <i>HOMER</i>	14
6.4. Elección de la alternativa	16
7. Resultados del diseño de los ERAF.....	16
8. Estudio económico y presupuesto	17
9. Estrategia para la Implementación del Proyecto	19

1. Introducción y Objetivos

1.1. Introducción

Guatemala presenta unos retrasos importantes en cuanto al ingreso promedio de sus habitantes y en otros indicadores de desarrollo relevantes. De los 13,7 millones de habitantes, 57% viven en pobreza y 21% de éstos lo hacen en condiciones de extrema pobreza, dificultando su incorporación a la vida económica, entre otras razones, por el alto componente de población rural. Resaltar por ejemplo, que uno de cada dos guatemaltecos vive en el campo.

Resulta también relevante analizar que, si bien Guatemala ha logrado mejoras importantes en el grado de cobertura eléctrica, el consumo por habitante sigue siendo bajo. En 2.007 se logró prestar este importante servicio a un 83,7% de la población, cuando en 1.990 la cobertura se encontraba en un 35,8%.

El principio de este proyecto nace por medio de una problemática planteada por la ONG *Plan Internacional en Guatemala*, siendo ésta una organización que lucha alrededor del mundo en contra la pobreza infantil, y unos de sus objetivos en el país es garantizar un mejor futuro a través de la inserción de niños de bajos recursos a la preparación académica.

Plan Internacional Guatemala se concentra en el Municipio (Ayuntamiento) San Pedro Carchá, Departamento (Comunidad Autónoma) Alta Verapaz, siendo ésta la región más desfavorecida del país en temas de servicios básicos, educación, salud, economía etc. El gobierno implementó en zonas rurales un sistema de impartición de estudios básicos a través de institutos de telesecundaria y San Pedro Carchá cuenta con 32 de éstos pero, debido a la deficiencia de red eléctrica que presenta el municipio (44,6% de electrificación), 12 no cuentan con este servicio, retrasando la aplicación de esta iniciativa y la formación del futuro de las comunidades.

La implementación de sistemas de ERAF (*Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica*) es la opción a ofrecerles a estas comunidades como solución a la problemática que actualmente presentan, ya que podrán obtener el servicio eléctrico de una manera directa, constante y económica. Esto garantiza un crecimiento positivo de estas comunidades mediante herramientas que les permitirán salir de los actuales altos niveles de pobreza.

1.2. Objetivos General y Específicos

1.2.1. Objetivo General

Diseño, dimensionamiento y estrategia para la financiación de un sistema de ERAF a Institutos de Telesecundaria en las aldeas de Secum, Chamuchujl, Panzamalá y Tzapur del Municipio San Pedro Carchá, Departamento Alta Verapaz, Guatemala.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Selección de la mejor configuración del sistema por medio de la herramienta computacional para la optimización de sistemas fotovoltaicos *HOMER*.
- Elaboración de plan de mantenimiento para cada equipo que integra el sistema y así garantizar su correcto funcionamiento a lo largo de su vida útil.
- Promoción del uso racional y sostenible de la energía en la comunidad.

2. Planteamiento del Problema

El municipio de San Pedro Carchá cuenta con 32 Institutos de Telesecundaria, contando sólo 6 de ellos con aulas propias y estando éstas en malas condiciones. Los restantes funcionan en las escuelas del nivel primario, situación que complica el proceso de enseñanza/aprendizaje, ya que los estudiantes de Telesecundaria adolescentes tienen que utilizar el mobiliario de los niños y niñas, es decir, no está de acuerdo a su edad. Además, tampoco se cuenta con lugares apropiados para el resguardo de su equipo y materiales de estudio.

El panorama en que se encuentran los establecimientos y programas alternativos de Telesecundaria hace que los jóvenes de las regiones de influencia de Plan Guatemala en San Pedro Carchá se enfrenten entre otros, a problemas como:

- Condiciones inapropiadas para recibir sus procesos de aprendizaje.
- Baja calidad educativa.
- Limitado acceso a los programas alternativos.
- Materiales y recursos no apropiados para el aprendizaje.
- Poco fortalecimiento de capacidades en docentes.
- Poca participación activa de padres y madres de familia en la escuela.

2.1. Problemática con la Energía Eléctrica en los Institutos

El Ministerio de Educación (MINEDUC) de Guatemala ha implementado programas que buscan dar cobertura educativa especialmente en el área rural a través de modalidades como Telesecundaria. En el año 2009, el MINEDUC inició dentro del Proyecto BIRF 7430-GU “Calidad Educativa y Ampliación de la Educación Secundaria”, la implementación de 105 Institutos Nacionales de Educación Básica de telesecundaria e igual número de docentes en Alta Verapaz y también en todo el país, como fortalecimiento y ampliación de la modalidad. Actualmente en el municipio de San Pedro Carchá funcionan 32.

De los 32 establecimientos que cubre *Plan International*, actualmente 12 de ellos no cuentan con energía eléctrica, la cual es necesaria para poder ejecutar de manera adecuada el modelo de telesecundaria. Además, debido al horario de clases de Telesecundaria (13:00-18:00), es necesario contar con energía ya que a esas horas prevalece la oscuridad, haciendo que los estudiantes deban hacer doble esfuerzo para poder realizar sus estudios.

Durante el año 2013, se dotó a la mayoría de los establecimientos con el equipo audiovisual, así como de un equipo de laboratorio en donde se brindó un microscopio el cual también requiere para su uso electricidad.

Por otro lado, algunas escuelas vieron la necesidad de adquirir un motor eléctrico diésel gracias a los propios recursos financieros de los padres. El problema surge en el doble gasto de la compra de este grupo electrógeno como la de la compra de diaria de combustible, gastos que no todos los padres de familia pueden realizar.

3. Características de las Aldeas

3.1. Emplazamiento

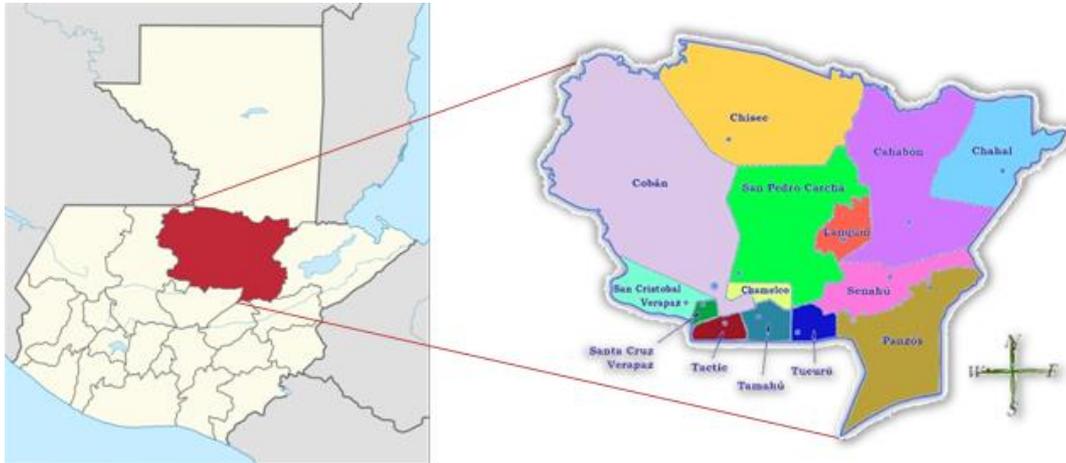
Las aldeas de Secum, Chamuchujl, Panzamalá y Tzapur se encuentran dentro del Municipio San Pedro Carchá que es uno de los 333 municipios de la República de Guatemala y pertenece al Departamento de Alta Verapaz. Tiene una extensión territorial de 1.082 kilómetros cuadrados. Cuenta con una ciudad y cuatro barrios, además de 48 aldeas y 219 caseríos.

San Pedro Carchá limita al norte con Chisec y Fray Bartolomé de las Casas, al este con Cahabón, Lanquín y Senahú, al sur con Senahú, Tukurú y San Juan Chamelco y al oeste con Cobán y Chisec. La topografía del lugar presenta zonas escarpadas, con inclinaciones entre 32 y 45 por ciento y

Electrificación Rural Aislada Fotovoltaica (ERAF) a Institutos de Telesecundaria en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.

planicies entre cero y cinco por ciento. La altura promedio es de 1.280 metros sobre el nivel del mar y la latitud es 15° 28'38" N 90° 18'38" O.

Imagen 1. División política del Departamento Alta Verapaz.



Fuente: Municipalidad de Alta Verapaz.

3.2. Clima

En Guatemala existe una gran diversidad de climas. El clima en la meseta central, como en Alta Verapaz, es bastante templado, con una media de 15°C en todo el año. La estación de lluvias se presenta entre mayo y noviembre. Las precipitaciones anuales de la zona norte oscilan entre los 1.525 mm y los 2.540 mm; la ciudad de Guatemala, en las montañas del sur, recibe cerca de 1.320 mm de promedio anual.

3.3. Demografía

Según el censo realizado en el 2.002 en Guatemala, San Pedro Carchá contaba con una población de 148.344 habitantes y de acuerdo a las proyecciones del *Instituto Nacional de Estadística* (INE) en 2.013 sería de alrededor 228.128 habitantes.

La población del municipio es predominantemente rural con 209.877 habitantes (92%) y la urbana con 18.240 habitantes (8%), la misma se encuentra constituida por una sociedad dividida en grupos sociales y culturales heterogéneos, la mayoría de la población es indígena de la comunidad lingüística Q'eqchi', representándose por medio de 226.531 habitantes (99,30%), sin embargo también hay representatividad de otros grupos lingüísticos tales como Poqomchi, ladino, etc.

Tabla 1. Habitantes por aldea/caserío identificadas en el proyecto.

Aldea	No. Habitantes
Aldea Tzapur	1.108
Caserio Secum	439
Aldea Chamuchujl	843
Aldea Panzamalá	1.502

Fuente: Plan International

3.4. Descripción de los Institutos de Telesecundaria

Los Institutos de Telesecundaria comienzan en Guatemala como un Programa experimental en el año 1998 (Acuerdo Ministerial No. 39-98 de fecha 3 de marzo de 1998), con 130 docentes adscritos a igual número de telesecundarias en las que se atendieron a 3.250 alumnos en 5 Departamentos del país.

Definen a estos institutos como, “*un servicio formal y escolarizado del Sistema Educativo Nacional que ofrece estudios de secundaria a jóvenes guatemaltecos. Telesecundaria contribuye a satisfacer la demanda de educación secundaria conjuntamente con otras modalidades en este Nivel*”. (Manual de Autoformación Docente, DIGECADE, MINEDUC, 2008).

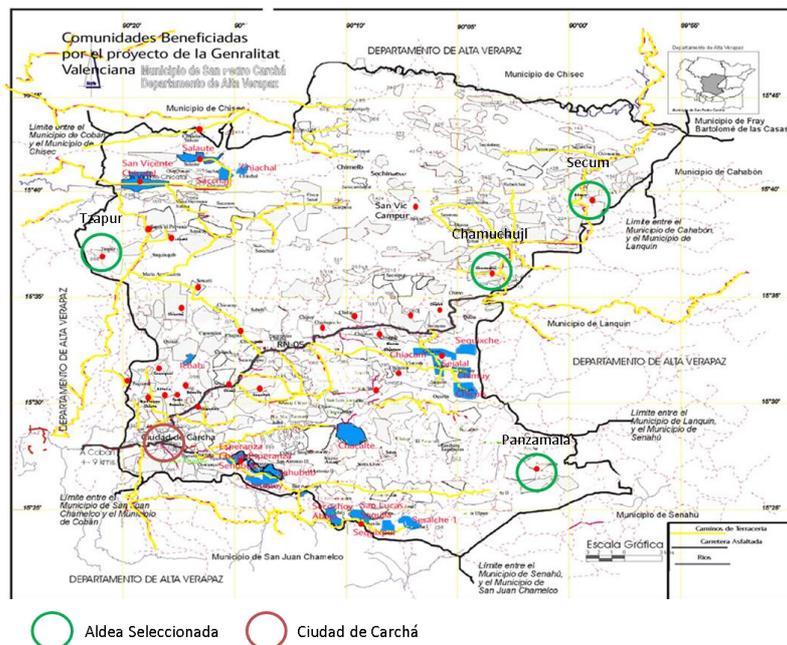
Tabla 2. Habitantes por aldea/caserío identificadas en el proyecto.

Aldea	Tipo de Escuela	No. De Aulas	Horario de Clase	N. de Alumnos (2014)	Tipo de Acceso	Distancia a San Pedro Carchá (Ciudad) (Km)	Servicio Eléctrico	Grupo Electrónico (Diesel)
Tzapur	Propia	3	14:00 - 18:00	88	Difícil	33	No	Si
Secum	Prestada	3	7:00 - 13:00	93	Difícil	87	No	No

			14:00 - 18:00					
Chamuchujl	Prestada	2	7:00 - 13:00 14:00 - 18:00	69	Fácil	67	No	No
Panzamá	Propia	2	14:00 - 18:00	70	Fácil	80	No	Si

Fuente: Plan International

Imagen 2. Distribución geográfica de las comunidades seleccionadas.

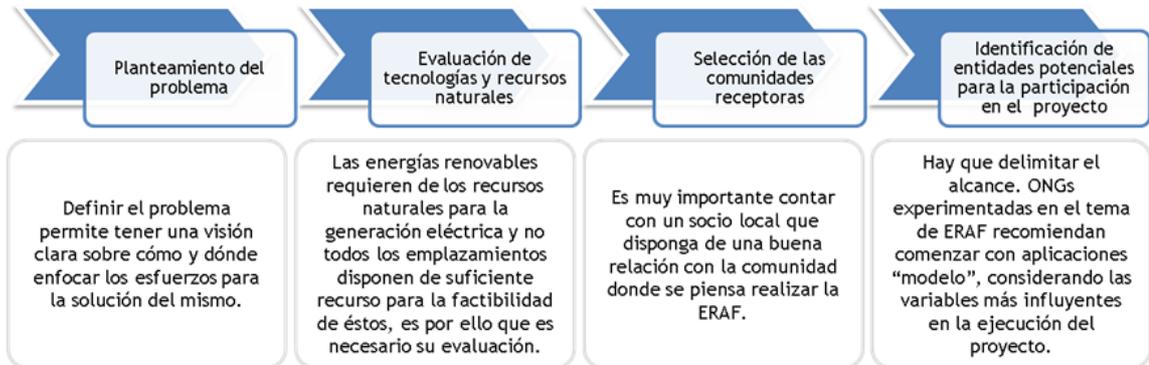


Fuente: Proyecto Generalitat Valenciana.

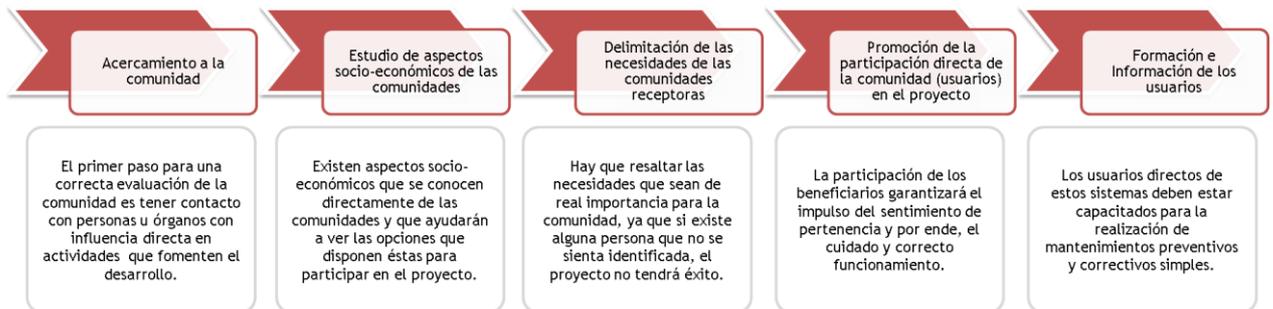
4. Metodología Implementada

La metodología seleccionada para la ejecución de este proyecto está constituida por tres partes y ha sido influenciada por diversas metodologías aplicadas alrededor del mundo por instituciones como Energías Sin Fronteras, Ingeniería sin Fronteras, Fundación Solar, etc., que ha sido sintetizada en el manual “Energía Solar Fotovoltaica y Cooperación al Desarrollo” (1999), elaborado por Ingeniería sin Fronteras.

4.1. Parte Inicial

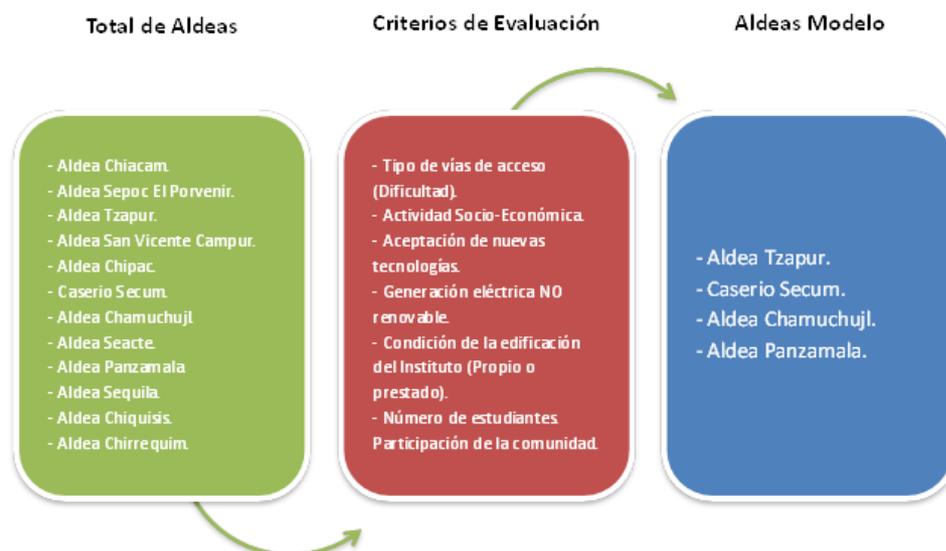


4.2. Parte Sociológica

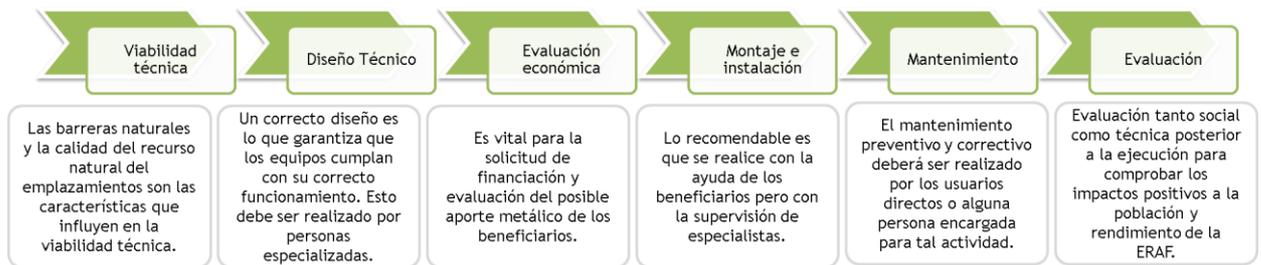


4.2.1. Identificación de las aldeas/caseríos

Gráfico 1. Identificación de aldeas por medio de criterios de evaluación críticos propios de las mismas.



4.3. Parte Técnica



5. Metodología del dimensionado del ERAF de las escuelas de Telesecundaria

El objeto de este apartado es realizar el cálculo de los diferentes elementos que forman la instalación fotovoltaica y sus respectivos parámetros técnicos. Como se comentó anteriormente, se realizará el diseño de 4 “escuelas tipo” diferentes. Sin embargo, todas las escuelas se dimensionarán siguiendo un procedimiento de cálculo común.



5.1. Obtención datos de partida (radiación, consumos)

5.1.1. Recurso Solar

La irradiación solar necesaria para el estudio del recurso solar se determinó a través del software *METEONORM*, debido a que esta se basa en un período de diez años de medidas para los datos de radiación. Adicionalmente garantiza una variabilidad asociada por extrapolación temporal menor de 2% del promedio anual de radiación, demostrando de esta manera que los datos obtenidos son apropiados para esta evaluación solar.

Si bien el software *METEONORM* es de pago, es el más utilizado para evaluar el recurso solar en proyectos fotovoltaicos, presentando menores desviaciones que otros softwares o bases de datos de radiación.

La siguiente tabla recoge los valores medios mensuales de la irradiación diaria sobre superficie horizontal en kWh/m² del municipio de San Pedro Carchá.

Tabla 3. Datos de irradiación global y difusa en el plano horizontal y temperatura ambiente en San Pedro Carchá

	G _h (kWh/m ²)	D _h (kWh/m ²)	Ta (°C)
Enero	110	66	17,6
Febrero	122	65	18,6
Marzo	153	69	19,6
Abril	165	66	21
Mayo	153	70	21
Junio	159	77	20,3
Julio	160	80	20,3
Agosto	163	72	20,5
Septiembre	150	78	20,2
Octubre	127	75	19,7
Noviembre	106	57	18,5
Diciembre	110	55	18,1
Anual	1.677	832	19,6

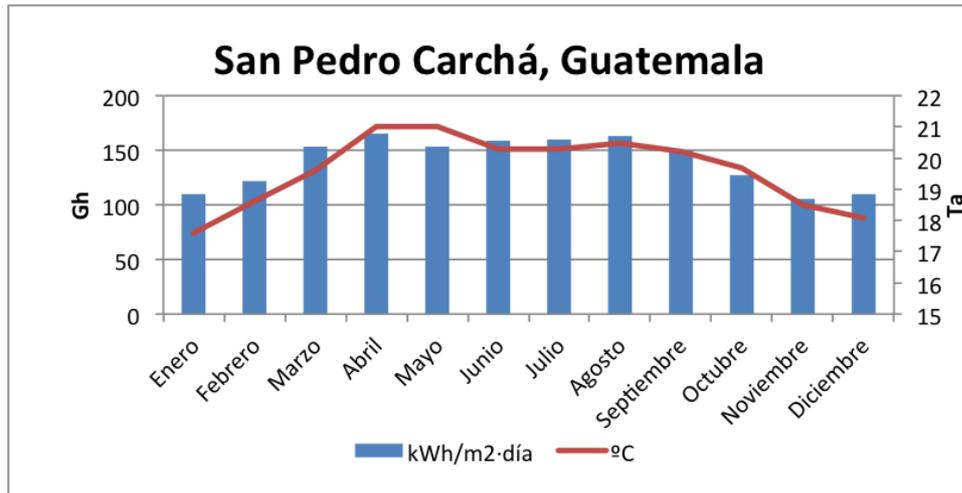
G_h: Irradiación global en el plano horizontal

D_h: Irradiación Difusa en el plano horizontal

Ta: Temperatura Ambiente

Se ha señalado la mínima, correspondiente al mes de Noviembre, ya que para el pre-diseño del sistema de generación fotovoltaico se empleará el llamado “*método del mes peor*”. Este método consiste en calcular las dimensiones del sistema para que pueda funcionar en el mes en el que la demanda de energía es mayor respecto a la energía solar disponible.

Gráfico 2. Comportamiento mensual del recurso solar en San Pedro Carchá.



Fuente: METEONORM.

5.1.2. Estimación del consumo

La estimación de los consumos eléctricos de las diferentes escuelas fue uno de los puntos más complejos a la hora de llevar a cabo este proyecto. Hay que tener en cuenta que las cuatro (4) escuelas son diferentes entre sí, variando tanto su horario como cargas a satisfacer y elementos de suministro eléctrico ya presentes en ella (grupo diésel).

En las siguientes tablas se muestra el perfil de las escuelas de las diferentes aldeas, mostrando en color verde el horario específico de funcionamiento de los diferentes equipos.

Tabla 4. Perfil de consumo de las escuelas de Secum y Chamuchujl.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Televisor																									
Reproductor																									
Speaker																									
Microscopio																									
Impresora																									
Ordenador																									
Luminaria																									

Tabla 5. Perfil de consumo de las escuelas de Telesecundaria de Panzamalá y Tzapur.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Televisor																									
Reproductor																									
Speaker																									
Microscopio																									
Impresora																									
Ordenador																									
Luminaria																									

Las cargas que se encuentran en las diferentes escuelas se definen por medio de los kits que éstas disponen por aula:

- Luminarias 22W → Cantidad: 4
- Televisor Samsung LED 46'' 119 W → Cantidad: 1
- Reproductor BLU-RAY Samsung 12,6 W → Cantidad: 1
- Speaker Genius 50 W → Cantidad: 1
- Ordenador 185 W → Cantidad: 1
- Microscopio Am Scope 6W → Cantidad: 1
- Impresora 11W → Cantidad: 1

En la siguiente tabla se muestran los equipos que dispone las diferentes escuelas y el consumo total diario asociado los respectivos equipos:

Tabla 6. Estimación de Cargas y Consumos diarios por equipos de cada aldea.

ITEM	Consumo (Wh/d)			
	Secum	Chamuchujl	Panzamalá	Tzapur
Luminaria	1.584	1.065	528	792
Tele+BR+Speaker	3.268,8	2.179,2	1.089,6	1.634,4
Microscopio	18	12	12	18
Ordenador	2.220	1.480	740	1.110
Impresora	33	22	22	33
Total	7.123,8	4.749,2	2.391,6	3.587,4

6.2. Pre-diseño del sistema (*Método del mes peor*)

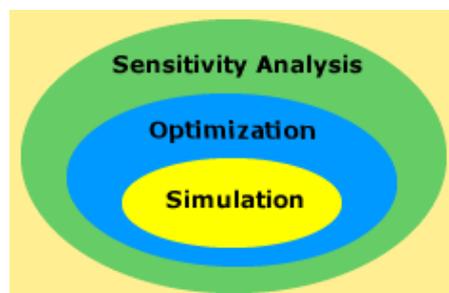
El *método del mes peor* consiste en dimensionar el sistema con el objetivo de que pueda funcionar el mes peor- definido como aquel con peor relación entre la demanda de energía y la radiación incidente-. En el caso de las escuelas de telesecundaria, el consumo es constante a lo largo del año, por lo que *el mes peor* es aquel con menor valor medio de radiación diaria en el plano del generador.

6.3. Simulación, Optimización y Análisis Sensibilidad HOMER

Para la elección de la configuración óptima entre las diferentes alternativas se ha llevado a cabo un análisis de sensibilidad.

HOMER es un software que se emplea para la optimización de sistemas de potencia distribuida, permitiendo evaluar tanto aspectos relacionados con el diseño como aspectos económicos.

Para utilizar *HOMER*, es necesario proporcionar al modelo los datos de entrada que describan las opciones tecnológicas (calculadas en el pre-diseño), costes de componentes y disponibilidad de recursos.



HOMER es capaz de repetir el proceso de optimización para cada variable sensible que se especifique. En este documento se ha realizado análisis de sensibilidad de 5 variables conjuntas:

- **Promedio mensual de la irradiación global diaria.** Esta variable se elige debido que la radiación solar puede variar dependiendo del día y la posible presencia de sombras en el sistema fotovoltaica.
- **Carga a satisfacer por el sistema.** Debido a que el consumo puede variar entre las diferentes horas del día y épocas del año se ha optado por analizar esta variable.
- **Ángulo de acimut.** En algunas escuelas no se dispone de la información acerca de la orientación en la que se encuentran, por lo que es necesario evaluar cómo afecta la desviación respecto el valor óptimo (0°).

- **Ángulo de inclinación.** Similar al caso anterior, en qué grado afecta la variación de la inclinación del tejado al diseño del sistema.
- **Precio del litro de diésel (\$/L).** En el caso de los sistemas híbridos, se ha evaluado como afecta la variación en el costo de combustible a la optimización del sistema en *HOMER*.

En las siguientes gráficas se observa un ejemplo de este análisis para la aldea de Chamuchujl. Más información acerca de las otras aldeas puede ser encontrada en el informe final del proyecto.

Gráfico 3. Variación de la potencia del generador PV necesaria en función de la radiación solar y la carga a satisfacer. Escuela Chamuchujl.

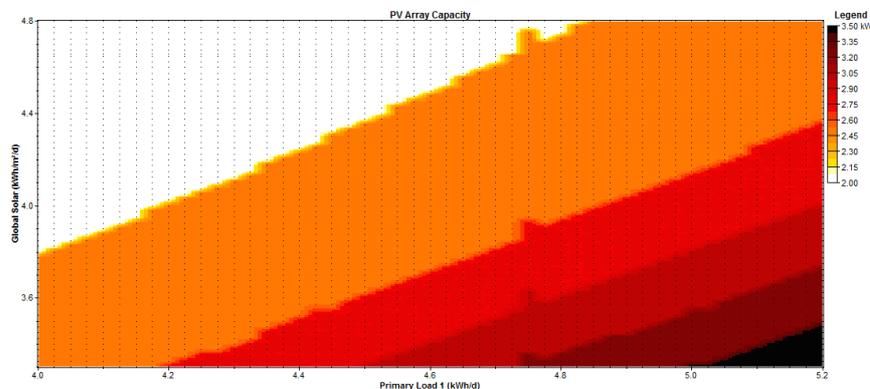
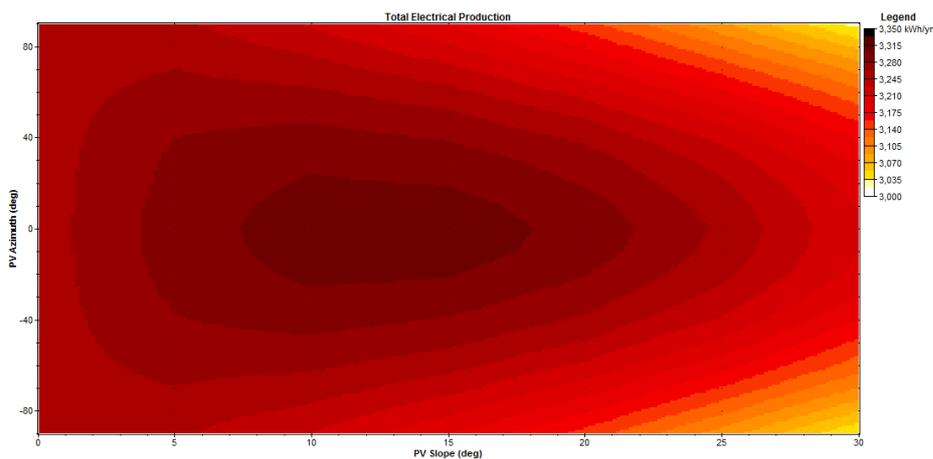


Gráfico 4. Variación de la energía producida por el sistema respecto a una orientación e inclinación determinada. Escuela Chamuchujl.



6.4. Elección de la Alternativa

Tras la simulación, optimización y análisis de sensibilidad de los sistemas de las diferentes aldeas, se elige una opción que sea la óptima tanto económicamente (menor inversión y operaciones de mantenimiento) como viable técnicamente (satisfaga el consumo teniendo en cuenta el análisis de sensibilidad y permita un correcto funcionamiento de los diferentes equipos con el objetivo de alargar su vida útil).

Mencionar que en las aldeas con sistemas híbridos (Panzamalá/Tzapur) se ha limitado el consumo de diésel a 30 L/año a la hora de optimizar, debido a que uno de los principales problemas de estas comunidades es la dificultad de hacer frente al coste del combustible.

7. Resultados del diseño de los ERAF

En la *tabla 7* se muestra los ERAF y sus respectivas configuraciones obtenidos según el pre-diseño, y en la *tabla 8* la configuración óptima seleccionada tras haber llevado a cabo la simulación y optimización en *HOMER*.

Tabla 7. Configuración de la ERAF por aldea según el Pre-diseño.

Aldea	Generador Fotovoltaico	Inversor	Acumulador Electroquímico	Regulador De Carga
Secum	15 ramas de 1 módulo en serie CS6P-255P $P_g = 3,825 \text{ kW}$	Inversor Phoenix C24/2000 Victron Energy $P_{inv} = 1,60 \text{ kW}$	12 vasos (2V) en serie del modelo Hoppeke 16 OpzS 2000 $V_{dc} = 24 \text{ V}$	2 regulador de carga BlueSolar MPPT 150/70 $I_{maxReg} = 140 \text{ A}$
Chamuchujl	10 ramas de 1 módulo en serie CS6P-255P $P_g = 2,550 \text{ kW}$	Inversor Phoenix C24/1200 Victron Energy $P_{inv} = 1,00 \text{ kW}$	12 vasos (2V) en serie del modelo Hoppeke 12 OpzS 1500 $V_{dc} = 24 \text{ V}$	Regulador de carga BlueSolar MPPT 150/85 $I_{maxReg} = 85 \text{ A}$
Panzamalá	5 ramas de 1 módulo en serie CS6P-255P $P_g = 1,275 \text{ kW}$	Inversor Multiplus C24/1200/25 Victron Energy $P_{inv} = 1,00 \text{ kW}$	12 vasos (2V) en serie del modelo Hoppeke 8 OpzS 800 $V_{dc} = 24 \text{ V}$	Regulador de carga BlueSolar MPPT 150/70 $I_{maxReg} = 70 \text{ A}$

Tzapur	8 ramas de 1 módulo en serie CS6P-255P $P_g = 2,040 \text{ kW}$	Inversor Multiplus C24/2000/50 Victron Energy $P_{inv} = 1,60 \text{ kW}$	12 vasos (2V) en serie del modelo Hoppeke 10 OpzS 1000 $V_{dc} = 24$	Regulador de carga BlueSolar MPPT 150/85 $I_{maxReg} = 85 \text{ A}$
---------------	--	--	---	---

Tabla 8. Configuración de la ERAF por aldea según la optimización mediante HOMER.

Aldea	Generador Fotovoltaico	Inversor	Acumulador Electroquímico	Regulador de Carga
Secum	12 ramas de 1 módulo en serie CS6P-255P $P_g = 3,060 \text{ kW}$	Inversor Phoenix C24/3000 Victron Energy $P_{inv} = 2,50 \text{ kW}$	12 vasos (2V) en serie del modelo Hoppeke 16 OpzS 2000 $V_{dc} = 24 \text{ V}$	2 Regulador de carga BlueSolar MPPT 150/70 $I_{maxReg} = 140 \text{ A}$
Chamuchujl	10 ramas de 1 módulo en serie CS6P-255P $P_g = 2,550 \text{ kW}$	Inversor Phoenix C24/1200 Victron Energy $P_{inv} = 1,00 \text{ kW}$	12 vasos (2V) en serie del modelo Hoppeke 10 OpzS 1000 $V_{dc} = 24 \text{ V}$	2 Regulador de carga BlueSolar MPPT 150/85 $I_{maxReg} = 85 \text{ A}$
Panzamalá	4 ramas de 1 módulo en serie CS6P-255P $P_g = 1,020 \text{ kW}$	Inversor Multiplus C24/1600/40 Victron Energy $P_{inv} = 1,30 \text{ kW}$	12 vasos (2V) en serie del modelo Hoppeke 8 OpzS 800 $V_{dc} = 24 \text{ V}$	Regulador de carga BlueSolar MPPT 150/70 $I_{maxReg} = 85 \text{ A}$
Tzapur	6 ramas de 1 módulo en serie CS6P-255P $P_g = 1,530 \text{ kW}$	Inversor Multiplus C24/3000/70 Victron Energy $P_{inv} = 2,50 \text{ kW}$	12 vasos (2V) en serie del modelo Hoppeke 10 OpzS 1000 $V_{dc} = 24$	Regulador de carga BlueSolar MPPT 150/70 $I_{maxReg} = 85 \text{ A}$

8. Estudio económico y presupuesto

En la siguiente tablas se puede observar el resumen económico de los sistemas fotovoltaicos instalados en las 4 escuelas de Telesecundaria. El presupuesto mayor coincide con la aldea de Secum, lo cual es coherente ya que es la escuela con mayor consumo (3 clases de horario mañana y tarde); mientras que el menor presupuesto es la correspondiente a la aldea de Panzamalá (2 clases con horario único tarde). Resaltar que en estos presupuestos se incluye el transporte y montaje de la instalación, que la realizará el proveedor *Depro Solar*, con sede en Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.

Tabla 9. Desglose del presupuesto de electrificación de las diferentes escuelas.

SECUM

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Unidad	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Módulo Fotovoltaico	CS6P 255P	12	und	191,25	2295
Batería	H2000	12	und	1098	13176
Regulador de carga	MPPT 150/70	2	und	883,62	1767,24
Inversor	Phoenix 24/3000	1	und	1866,27	1866,27
Estructura soporte	Estructura	12	und	51,65	619,8
Cable solar	MC4 (PV-ST01) (Ø4mm ²)	12	m	13,59	163,08
Cable Generador FV - Regulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	3	m	1,34	4,02
Cable Regulador 1 - Acumulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	2	m	1,34	2,68
Cable Regulador 2 - Acumulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	2	m	1,34	2,68
Cable Regulador - Inversor	AL XHHW-2MC (Ø42,41mm ²)	2	m	1,71	3,42
Cable Inversor - Cuadro Distribución	CU THHW-2LS (Ø85mm ²)	12	m	10,78	129,36
					\$20.029,55

CHAMUCHUJL

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Unidad	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Módulo Fotovoltaico	CS6P 255P	10	und	191,25	1912,5
Batería	H1000	12	und	540	6480
Regulador de carga	MPPT 150/85	1	und	992,38	992,38
Inversor	Phoenix C24/1200	1	und	860,4	860,4
Estructura soporte	Estructura	10	und	51,65	516,5
Cable solar	MC4 (PV-ST01) (Ø4mm ²)	10	m	13,59	135,9
Cable Generador FV - Regulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	3	m	1,34	4,02
Cable Regulador - Acumulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	2	m	1,34	2,68
Cable Regulador - Inversor	AL XHHW-2MC (Ø21,15mm ²)	2	m	0,9	1,8
Cable Inversor - Cuadro Distribución	CU THHW-2LS (Ø42,4mm ²)	12	m	7,03	84,36
					\$10.990,54

PANZAMALÁ

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Unidad	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Módulo Fotovoltaico	CS6P 255P	4	und	191,25	765
Batería	H800	12	und	327	3924
Regulador de carga	MPPT 150/70	1	und	883,62	883,62
Inversor	MultiPlus C24/1600/40	1	und	1421,78	1421,78
Estructura soporte	Estructura	4	und	51,65	206,6
Cable solar	MC4 (PV-ST01) (Ø4mm ²)	4	m	13,59	54,36
Cable Generador FV - Regulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	3	m	1,34	4,02
Cable Regulador - Acumulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	2	m	1,34	2,68
Cable Regulador - Inversor	AL XHHW-2MC (Ø21,15mm ²)	2	m	0,9	1,8
Cable Inversor - Cuadro Distribución	CU THHW-2LS (Ø42,4mm ²)	12	m	7,03	84,36
					\$7.348,22

TZAPUR

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Unidad	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Módulo Fotovoltaico	CS6P 255P	6	und	191,25	1147,5
Batería	H1000	12	und	540	6480
Regulador de carga	MPPT 150/85	1	und	992,38	992,38
Inversor/Cargador	MultiPlus 24/3000/70	1	und	2196,75	2196,75
Estructura soporte	Estructura	6	und	51,65	309,9
Cable solar	MC4 (PV-ST01) (Ø4mm ²)	6	m	13,59	81,54
Cable Generador FV - Regulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	3	m	1,34	4,02
Cable Regulador - Acumulador	AL XHHW-2MC (Ø33,62mm ²)	2	m	1,34	2,68
Cable Regulador - Inversor	AL XHHW-2MC (Ø42,41mm ²)	2	m	1,71	3,42
Cable Inversor - Cuadro Distribución	CU THHW-2LS (Ø85mm ²)	12	m	10,78	129,36
					\$11.347,55

9. Estrategia para la Implementación del Proyecto

Para la implementación de la ERAF en San Pedro Carchá en Alta Verapaz se recomienda manejar la siguiente estructura, la cual permitirá una buena comunicación entre cada uno de los participantes del proyecto y una adecuada ejecución al momento de cumplir con los lapsos de entrega establecidos.

Gráfico 5. Estructura organizacional para la ejecución del proyecto ERAF en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.



Gráfico 6. Condiciones estratégicas a cubrir para garantizar la correcta implementación del proyecto.

