

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FÍSICA



INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TITULO

PROFESIONAL DE INGENIERO FISICO

TITULADO

**ANALISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO AISLADO DE 7.2 kW_p EN EL PUESTO DE
VIGILANCIA FRONTERIZO PUERTO PARDO – MADRE DE**

DIOS

PRESENTADO POR:

ALVARO EDUARDO GÓMEZ CASTRO

Asesor:

Dr. MANFRED HORN

LIMA – PERU

2015

RESUMEN.....	4
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Objetivos.....	6
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	7
2.1. Energía Solar Fotovoltaica	7
2.2. Recurso Solar.....	9
2.2.1. Radiación Solar sobre la Tierra.....	9
2.3. Configuraciones de un Sistema Fotovoltaico	10
2.3.1. Sistema Aislado.....	11
2.3.2. Sistema Conectado a Red.....	12
2.3.3. Sistema Bimodal.	12
2.3.4. Sistema Híbrido.....	13
2.4. Componentes Principales de un Sistema Fotovoltaico Aislado	14
2.4.1. Modulo Fotovoltaico.....	14
2.4.2. Batería.	18
2.4.3. Controlador de Carga.	21
2.4.4. Inversor de Corriente.....	22
CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	23
3.1. Ubicación Geográfica.....	23
3.2. Descripción del Puesto de Vigilancia Fronterizo	24
3.3. Sistema Fotovoltaico Implementado	26
3.3.1. Fichas técnicas de los componentes principales	26
3.3.1.1. Batería A602/1415 SOLAR	29
3.3.1.2. Controlador de Carga Tristar MPPT 45	31
3.3.1.3. Inversor de Corriente Quattro 48/8000	33
3.3.1.4. Planos de la Instalación.....	35
3.3.2. Planos de la Instalación.....	35
3.3.3. Fotografías de la Instalación	37
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS TECNICO	38
4.1. Potencial de Radiación Solar.....	38
4.2. Estimación de la Demanda	39
4.2.1. Caso Teórico	39
4.2.2. Caso Real	41
4.3. Resultados.....	42
4.3.1. Caso Teórico	43
4.3.2. Caso Real	47
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	51

5.1.	Costos de Inversión	51
5.2.	Análisis del Costo de Ciclo de Vida.....	53
5.2.1.	Análisis CCV – Caso Teórico.....	54
5.2.2.	Análisis CCV – Caso Real	55
CAPÍTULO 6. OBSERVACIONES Y DISCUSIONES		56
CAPITULO 7. CONCLUSIONES.....		57
BIBLIOGRAFÍA.....		58
ANEXO 1. PLANOS DE LAS INSTALACIONES DEL P.V.F PUERTO PARDO.....		61
ANEXO 2. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LAS BASES DEL PROYECTO		64
ANEXO 3. ATLAS SOLAR DEL PERU		67
ANEXO 4. INFORME PVSYST CASO TEORICO.....		68
ANEXO 5. INFORME PVSYST CASO REAL		71
ANEXO 6. CALCULO DE TIEMPO DE REPOSICIÓN DE BATERÍAS.....		74

RESUMEN

En el presente informe se analizó el Sistema Fotovoltaico Instalado en el Puesto de Vigilancia de Frontera de la Comunidad Nativa de Puerto Pardo en el departamento de Madre de Dios.

El análisis técnico se realizó mediante la utilización de una herramienta informática llamada PVSyst, la cual permite realizar simulaciones de sistemas fotovoltaicos. Fueron considerados dos escenarios: el primero, considera que el puesto de vigilancia esta implementado al 100% de lo planificado. El segundo, considera el estado actual del puesto de vigilancia.

Con estos dos escenarios se realizó un análisis económico mediante la metodología del Costo de Ciclo de Vida para determinar cuál es el escenario más rentable.

Palabras claves (Keywords). Energia Solar Fotovoltaica. Sistema Fotovoltaico Aislado. PVSyst. Costo de Ciclo de Vida.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Por lo complicado de la geografía peruana y poblaciones dispersas es complicado tener el 100% de cobertura eléctrica. El Perú ha realizado notables esfuerzos en los últimos años para disminuir la brecha de electrificación. La cobertura eléctrica promedio nacional pasó de 57% en el año 1993, a 71 % el año 2003 y ha llegado a tener el 91% de cobertura en el año 2013. Las actuales políticas de inclusión social energética aseguran elevar aún más este porcentaje en los próximos años con la finalidad de acercarnos a un 100% [1].

Parte de este aumento es generado a través de generación eléctrica mediante energías renovables, en los últimos dos años 2013-2014, se llevó a cabo la Primera Subasta RER para Suministro de Energía a Áreas no Conectadas a RED (Instalaciones RER Autónomas) [2] donde se instalarán como mínimo 150,000 instalaciones fotovoltaicas domiciliarias en todo el Perú.

Adicional al plan de nacional, existen otras instituciones que utilizan tecnologías renovables no convencionales para energizar ciertos requerimientos como por ejemplo empresas de telecomunicaciones, mineras, organismo gubernamentales, gobiernos regionales y municipales, etc.

El Ministerio del Interior mediante la Resolución Ministerial 0270-2012-IN/0501 aprobó la Directiva N° 010-2012-IN “Normar Lineamientos Técnicos para el desarrollo de los Puestos de Vigilancia de Frontera como Complejo de Inclusión de Frontera”; el cual establece las normas y procedimientos técnicos-administrativos que permitan garantizar la adecuada ejecución del desarrollo de los Puestos de Vigilancia de Fronteras como Complejo de Inclusión de Fronteras a nivel nacional [3].

Se implementarán soluciones integrales para alojamiento, oficinas, servicios higiénicos y almacenaje, así como redes de agua, desagüe, luz y data necesaria para el funcionamiento de las instalaciones [4].

El 19 de abril de 2013, el Ministerio del Interior publicó las bases para la Licitación Pública N° 005-2013-IN-DGA-DL “Adquisición de Equipos para Sistema de Panel Solar para Puestos de Vigilancia” para cinco instalaciones ubicadas en los departamentos de Piura, Loreto y Madre de Dios, como parte del equipamiento para el mejoramiento de los Puestos de Vigilancia Fronterizo de la Policía Nacional del Perú [5].

El 26 de junio de 2013 se otorgó la Buena Pro de la Licitación Pública N° 005-2013-IN-DGA-DL al Consorcio Norte Renovables SAC – SUD Energías Renovables SL [6]. Este consorcio se encargó de realizar la ejecución de todo el proyecto de acuerdo a los términos de referencia.

1.2. Objetivos

- El objetivo principal es realizar un análisis del Sistema Fotovoltaico implementado en el Puesto de Vigilancia Fronterizo de la Comunidad Nativa de Puerto Pardo.
- Determinar el costo del kWh del Sistema Fotovoltaico propuesto.
- Analizar el comportamiento actual del Sistema Fotovoltaico y determinar el kWh del sistema.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Energía Solar Fotovoltaica

El aprovechamiento de la energía solar para la producción directa de electricidad se inició hace un poco más de 160 años, en el año 1839, el científico francés Edmond Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico al observar en un experimento con una celda electrolítica (dos electrodos metálicos dispuestos en una solución conductora), generó aumento de electricidad cuando la celda se exponía a la luz. A partir de entonces, se estudió el comportamiento de varios materiales expuestos a la luz hasta que, en 1954, Daryl Chapin, Calvin Fuller y Gerald Pearson desarrollaron la primera celda fotovoltaica de silicio con 6% de eficiencia, capaz de convertir la energía solar en electricidad suficiente para alimentar equipos eléctricos. En 1958, se comenzó a trabajar en el uso de celdas fotovoltaicas para aplicaciones espaciales y hasta hoy se reconoce como la fuente más adecuada para estas aplicaciones [7].

Desde entonces, la evolución del mercado fotovoltaico viene siendo bastante intensa en los últimos años. En el 2013, el mercado solar fotovoltaico mundial tuvo un año record, después de una breve desaceleración, la instalación de más capacidad que cualquier otra tecnología renovable excepto tal vez la energía hidroeléctrica. Más de 39 GW han sido añadidos, con lo que la capacidad instalada total asciende aproximadamente a 139 GW, casi toda la mitad de toda la capacidad fotovoltaica en funcionamiento se añadió en los últimos años, y 98% se ha instalado desde los inicios del 2004 [8].

Por primera vez desde 2004, más nueva capacidad se instaló en Asia que en Europa. Sólo en China se ha instalado más que en toda Europa, con más de 11 GW. Japón ocupó el segundo lugar con casi 7 GW, y los Estados Unidos el tercer lugar con más de 4 GW [9].

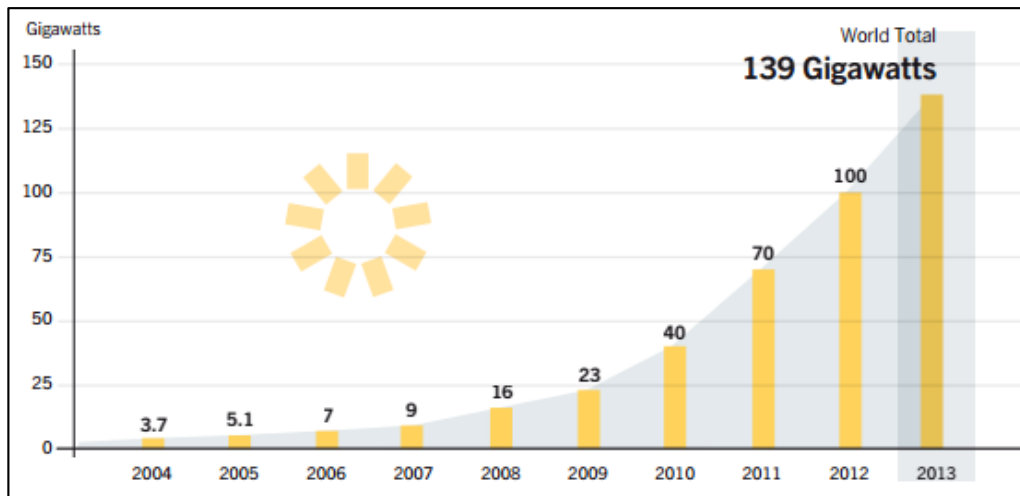


Figura 2-1. Capacidad Global Total Solar Fotovoltaica (2004 - 2013).

(Fuente: REN21)

Los precios de las celdas y los módulos cayeron rápidamente de \$4/Wp en el 2008 a \$0.8/Wp en el 2012, pero desde entonces se han estabilizado. Los precios en 2008 fueron mayores de lo esperado, dada la tendencia a la formación continua, debido a la escasez de capacidad de cristales de silicio. Los precios más bajos del mercado en el 2012 y 2013 pueden haber estado por debajo de los costos totales, incluido el retorno de la inversión. Sin embargo, existe una gran cantidad de evidencia que los costos de las células y módulos, tanto de Silicio o Películas delgadas, seguirán disminuyendo a medida que aumenta el despliegue y la tecnología mejora en las próximas dos décadas. Se espera que los costos de módulos caigan a \$0,3/Wp a \$0,4/Wp para el año 2035 [10].

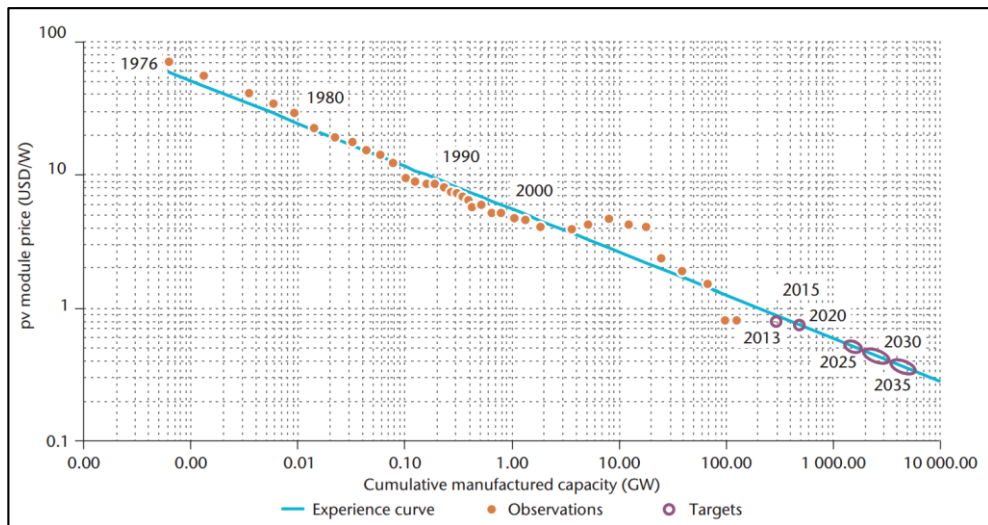


Figura 2-2. Precios de módulos y proyección al 2035 basado en la curva de aprendizaje (Fuente: IEA).

2.2. Recurso Solar

El sol es la principal fuente de energía para la tierra. Adicionalmente de ser responsable por el mantenimiento de la vida en el planeta, la radiación solar se constituye como una fuente inagotable de energía, habiendo un enorme potencial de su utilización por medio de sistemas de captación y conversión en otra forma de energía [11]. El sol es una estrella promedio, de masa igual a 2×10^{30} kg y radio de 6.96×10^8 m. En él se pueden encontrar la mayoría, sino todos los elementos de la tierra. El Hidrogeno (H) y el Helio (He) son los elementos más abundantes, representando el 80 y 18% respectivamente. Toda la energía generada por el sol se da por un proceso de fusión, en el cual el Hidrogeno es transformado en Helio, liberando grandes cantidades de energía [12].

2.2.1. Radiación Solar sobre la Tierra.

La radiación solar es del tipo electromagnético. La cantidad de radiación que incide sobre la superficie terrestre es bastante variable, siendo influenciada por la geometría Sol-Tierra, por las condiciones climáticas [13]. La irradiación solar que incide en la tierra, en la capa superior atmosférica, es denominada Irradiación Extraterrestre. La constante Solar (I_0) es definida como el valor de la irradiación extraterrestre que llega

sobre una superficie perpendicular a los rayos solares en la distancia promedio Tierra-Sol, y tiene un valor aproximado de 1367 W/m^2 . Considerando el radio medio y la constante solar se tendría una potencia aproximada de 174 mil TW [14].

Las pérdidas del flujo de potencia entre el espectro de la irradiación incidente en la capa superior de la atmosfera y el espectro de irradiación global que incide en una superficie terreste es de aproximadamente de 27%, resultando cerca de 1000 W/m^2 sobre la superficie [15].

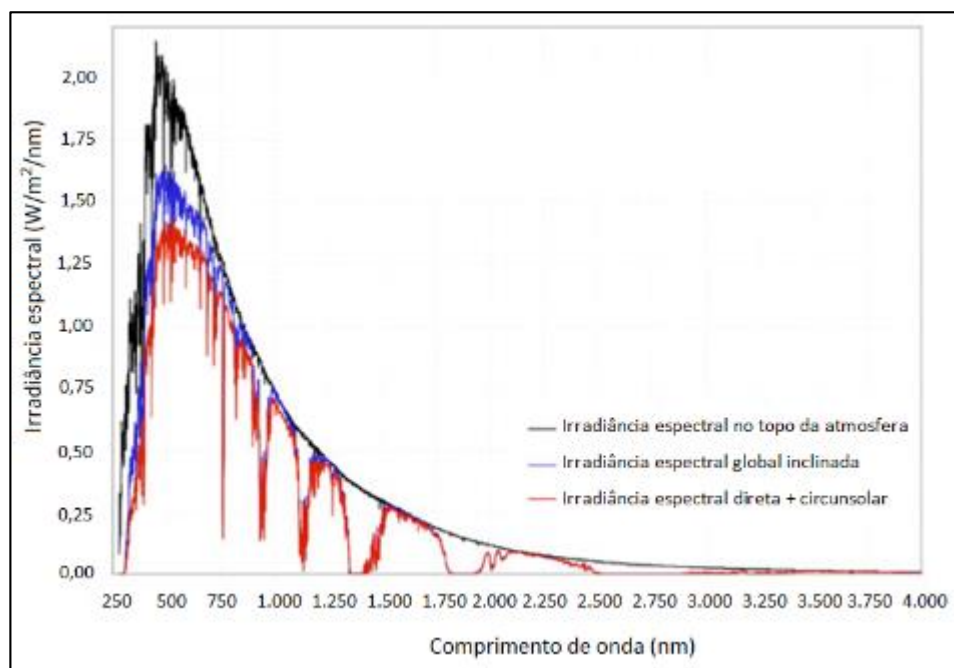


Figura 2-3. Distribución espectral de irradiación. (Fuente: Tavares. Galdinho).

2.3. Configuraciones de un Sistema Fotovoltaico

Un gran número de combinaciones son posibles para los sistemas fotovoltaicos. La configuración óptima para una aplicación depende de las cargas usuarias, el tipo de carga, el recurso solar, fuentes de energías auxiliares y muchos otros factores. Se realizara una breve descripción de algunas configuraciones:

2.3.1. Sistema Aislado.

Es un tipo de sistema que opera autónomamente y proporciona energía eléctrica a cargas independientes de la red eléctrica. El sistema aislado es más utilizado para cargas eléctricas pequeñas y medianas o cuando otras fuentes de energía no son adecuadas. Los sistemas aislados pueden ser diseñados para energizar cargas eléctricas en corriente alterna AC o en corriente continua DC y normalmente se almacena la energía en baterías [16].

Los sistemas fotovoltaicos aislados son clasificados por sus componentes y la manera en la cual operan en combinación con otras fuentes de energía.

- Sistemas de acoplamiento directo, es el tipo de sistema donde la salida del módulo fotovoltaico es directamente conectada a la carga DC [17].
- Sistemas autorregulados, es el tipo de sistema que no utiliza sistemas de control activo para proteger la batería [18].
- Sistemas de carga controlados, es el tipo de sistema que cuenta con controlador de carga para prevenir el daño a la batería [19].

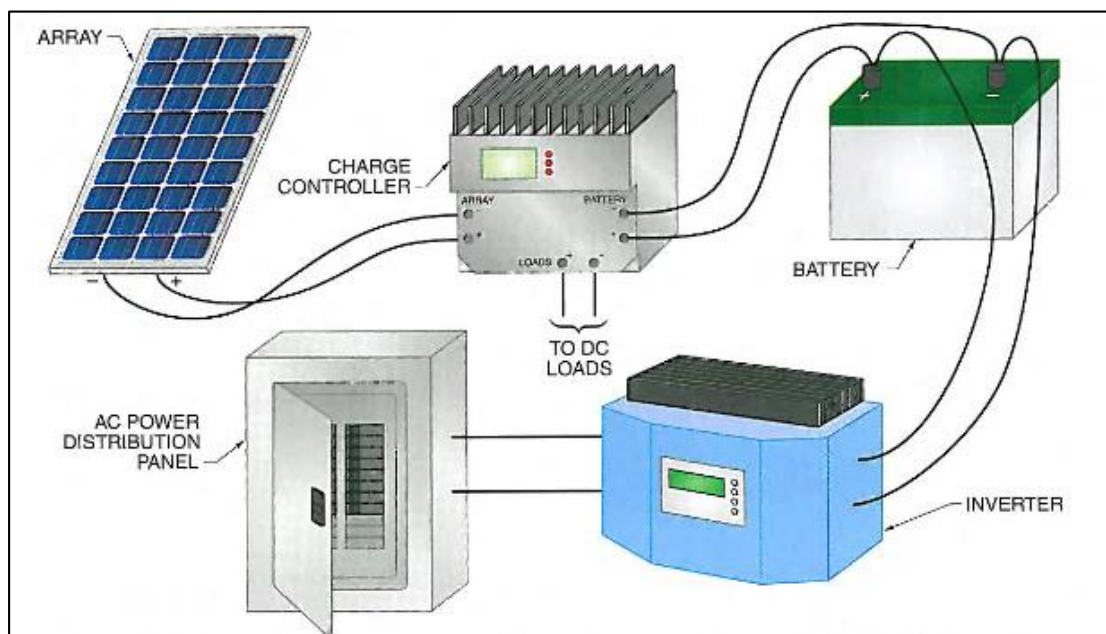


Figura 2-4. Sistema Fotovoltaico aislado para cargas AC. (Fuente: J.Dunlop, Photovoltaic Systems).

2.3.2. Sistema Conectado a Red.

Es un sistema fotovoltaico que opera en paralelo y es conectado a la red eléctrica. Estos sistemas son los más simples y con costo más reducido porque requiere de menos componentes y no utiliza baterías. El componente primario en un sistema conectado es el inversor, el cual convierte la salida DC del arreglo fotovoltaico a AC para sincronizarse con la red eléctrica [20].

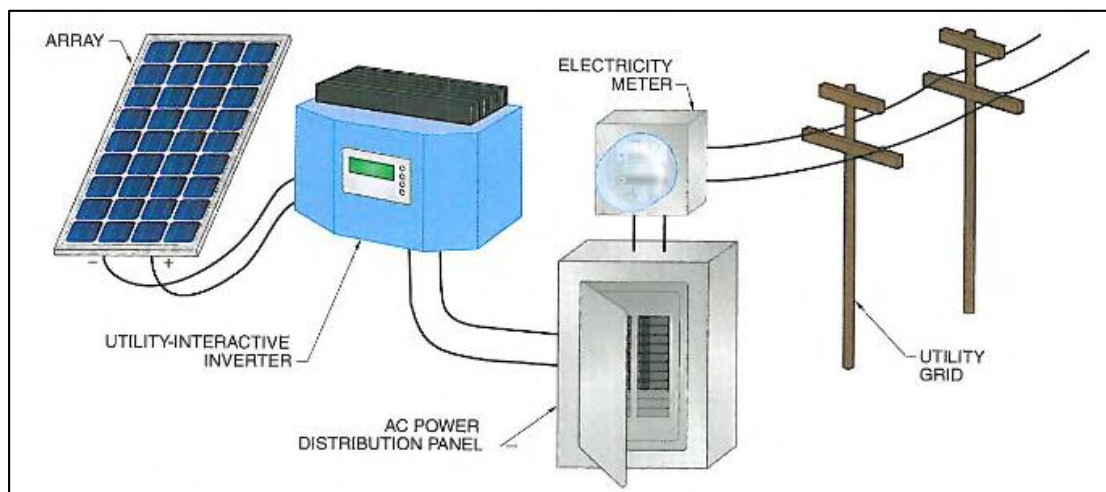


Figura 2-5. Sistema Fotovoltaico conectado a Red. (Fuente: J.Dunlop, Photovoltaic Systems).

2.3.3. Sistema Bimodal.

Es un sistema fotovoltaico que puede operar en modo aislado y conectado a red, y utiliza batería. El componente principal en un sistema bimodal es el inversor, quien extrae energía de las baterías en vez del arreglo fotovoltaico. En este caso, el arreglo simplemente actúa como una fuente de carga para el sistema de baterías. Opera en forma similar a los sistemas UPS y tienen muchos componentes similares [21].

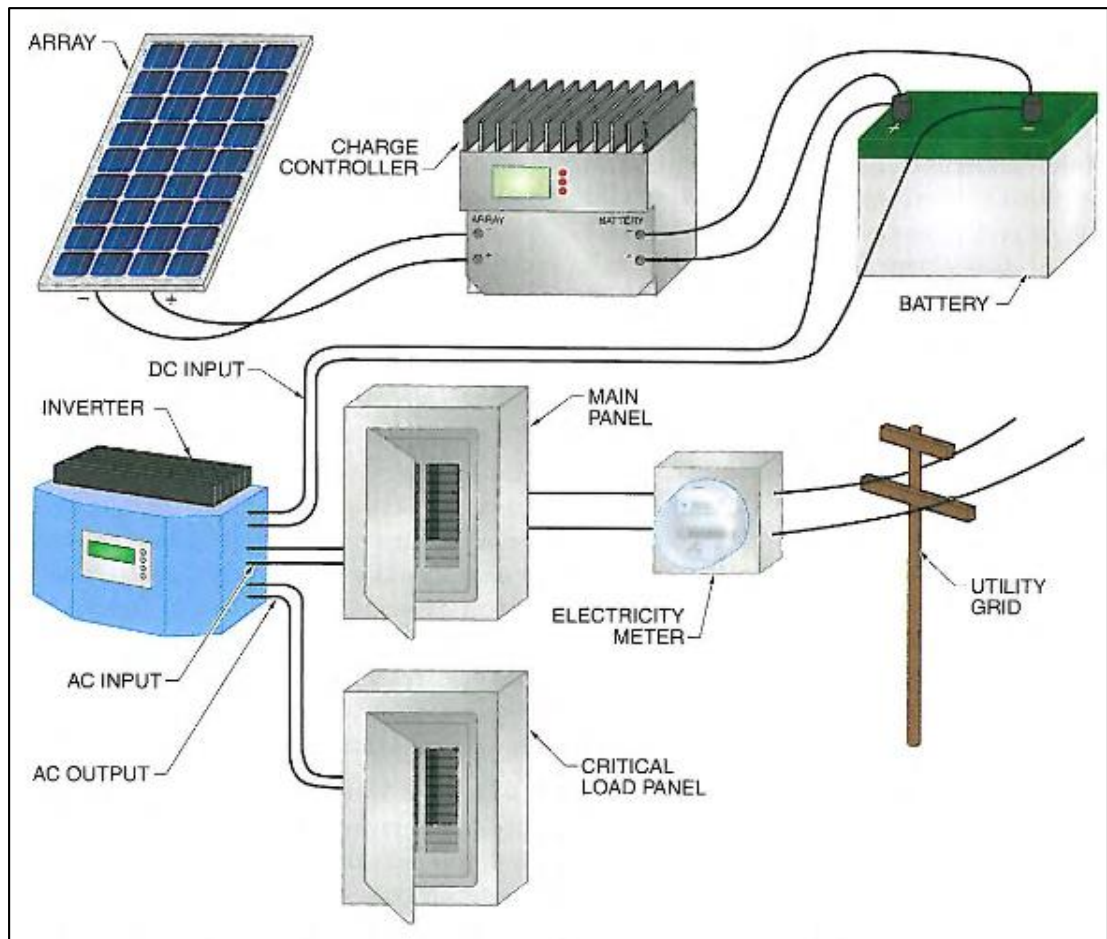


Figura 2-6. Sistema Fotovoltaico bimodal. (Fuente: J.Dunlop, Photovoltaic Systems).

2.3.4. Sistema Híbrido.

Es un sistema aislado que incluye dos o más fuentes de energía. Fuentes de energía comúnmente usados en sistemas híbridos son arreglos fotovoltaicos, generador, turbinas de viento y turbinas de micro hidro. Los sistemas híbridos ofrecen muchas ventajas sobre sistemas únicos de energía fotovoltaica o con generador eléctrico, incluyendo mayor confiabilidad y flexibilidad en los cumplimientos de cargas variables [22].

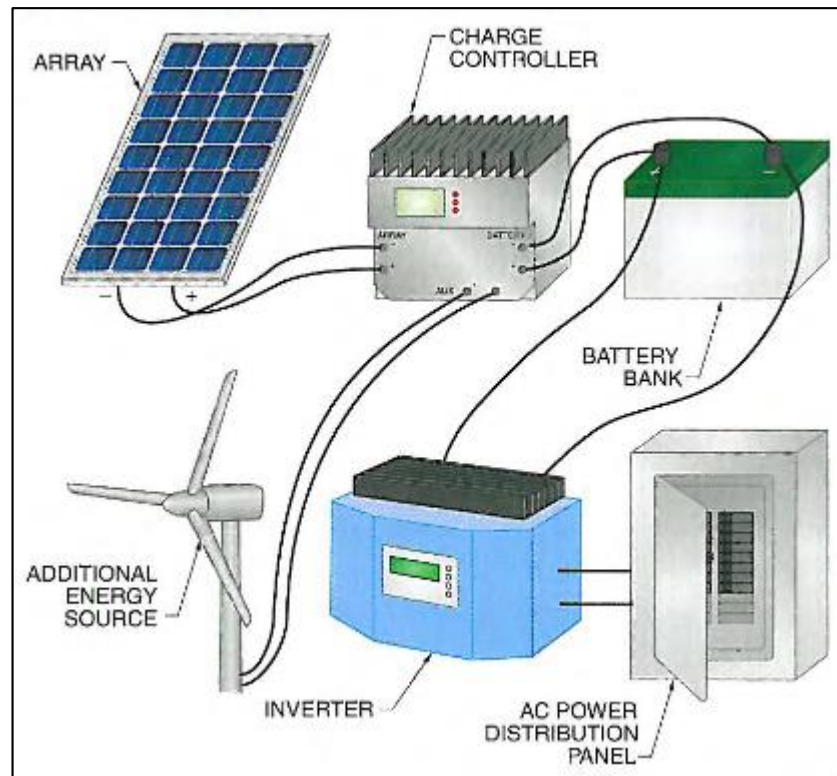


Figura 2-7. Sistema Híbrido. (Fuente: J.Dunlop, Photovoltaic Systems).

2.4. Componentes Principales de un Sistema Fotovoltaico Aislado

Un sistema fotovoltaico es constituido por un bloque generador, un bloque de acondicionamiento de energía y un bloque de almacenamiento. El bloque generador contiene los arreglos fotovoltaicos, constituidos por módulos fotovoltaicos en diferentes

2.4.1. Modulo Fotovoltaico.

La mayoría de los materiales utilizados en la conversión fotovoltaica son cristalinos, caracterizándose por tener una estructura de átomos que se repite. Actualmente, el silicio es el material más utilizado en la producción de celdas fotovoltaicas, pudiendo ser encontrado en las formas monocristalina, multicristalina o policristalina y amorfa. Existen también nuevos materiales en estudio, algunos ya en estado de comercialización, que se basan en la combinación de los semiconductores de las

familias de la tabla periódica 3A y 5A, tales como el Arseniuro de galio (GaAs); y 2A y 6A, como diseleniuro de Cobre-Indio (CuInSe_2) y el Telururo de Cadmio (CdTe). Estas tecnologías, en combinación con el silicio amorfo, se conocen como tecnologías de película delgada, debido a sus características de construcción [23].

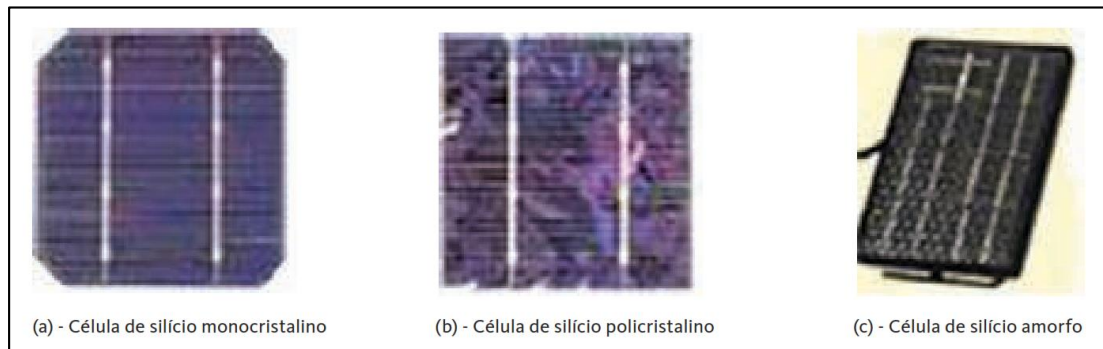


Figura 2-8. Tipos de celdas fotovoltaicas. (Fuente: E. Fagundes, J. Tavares, Sistemas Híbridos).

Actualmente, la investigación en el campo tecnológico, en particular en relación con el silicio cristalino, se dirigen a la mejoría de la absorción de la radiación solar. En ese sentido han desarrollado capas anti-reflectantes más eficientes, minimizando la cantidad de radiación reflejada en la superficie de las celdas fotovoltaicas. El diseño y la forma de los contactos metálicos delanteros se han mejorado con el fin de optimizar el compromiso entre el área expuesta a la radiación y la zona para recoger las cargas creadas. La textura de la superficie del material en las celdas se produce con el fin de maximizar el uso de la radiación solar incidente sobre ellos. Por lo tanto, las pruebas de laboratorio realizadas con módulos de silicio cristalino comerciales que muestran eficiencias superiores al 20% ya son posibles [24].

En términos de eficiencia de conversión fotovoltaica, la tecnología del silicio cristalino (c-Si) es una de las tecnologías utilizadas en aplicaciones terrestres para generar energía eléctrica, que tiene la eficiencia comercial más alta, alrededor de 15% para los paneles disponibles en el mercado. Las tecnologías de películas delgadas, siendo inherentemente menos eficiente y también debido a que todavía no inicia su desenvolvimiento, en la actualidad cuenta con un rendimiento del 8% para los módulos comerciales, lo que significa que se necesita aproximadamente el doble de la superficie

de los módulos fotovoltaicos de capa fina para la misma energía proporcionada por los módulos de c-Si. A pesar de los módulos de capa fina ya tienen hoy un precio más bajo por watt pico (Wp) que el c-Si, el área de superficie para una potencia instalada dada debe ser tomada en cuenta en el análisis económico, cuando la elección de una u otra tecnología fotovoltaica [25].

El módulo también tiene la función de proteger las celdas de la intemperie, aislarlos eléctricamente de contacto exteriores y proporcionar rigidez mecánica al conjunto. El módulo fotovoltaico comprende, además de las células, de tiras de metal pequeñas para interconectar las celdas responsables de proporcionar la salida de los contactos externos; por un material encapsulante dispuesto directamente sobre las celdas, típicamente un polímero aislante y transparente (EVA – Vinilo de Acetato Etileno), por un vidrio templado, anti-reflectante para la cubierta; la parte posterior, normalmente hecha de cloruro de polivinilo, una caja de conexiones situada en la parte posterior del módulo, y una estructura metálica que soporta todo el dispositivo [26].

- Características eléctricas

Las características eléctricas de los módulos más importantes son: potencia, tensión y corriente. Las curvas características corriente versus tensión y potencia versus tensión, típicas de una celda del módulo fotovoltaico.

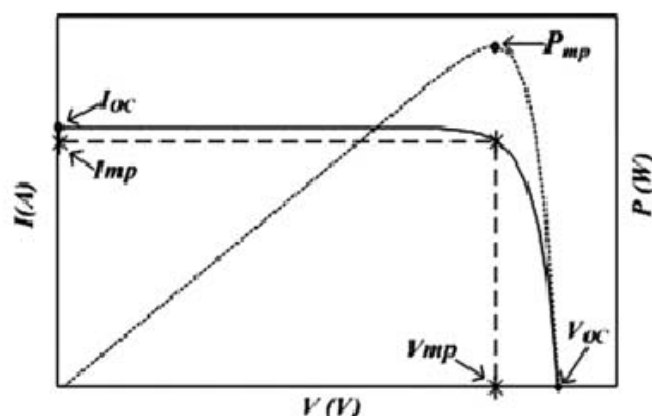


Figura 2.9 Características Eléctricas de Módulos fotovoltaicos. (Fuente: E. Fagundes, J. Tavares, Sistemas Híbridos).

Las características eléctricas de los módulos son basadas en condiciones estándar: irradiancia de 1000 W/m, temperatura de la celda de 25 ° C y la masa de aire (AM) igual a 1,5. En estas condiciones, los valores de corriente de corto circuito (Isc) y la tensión de circuito abierto (Voc) son los máximos valores alcanzables cuando el módulo opera sin carga. Bajo carga, el valor de potencia máxima (Pmp) se obtiene por el producto de los valores máximos de corriente y Tensión (Imp y Vmp). Idealmente, los generadores fotovoltaicos deberían siempre operan en el punto de máxima potencia, pero, en la práctica, operan en un punto de la curva I-V correspondiente a las características I-V de la carga [27].

Otra forma de analizar los parámetros de la máxima potencia de la celda es a través de su Facto de Forma (FF). Cuanto mayor el factor de forma, mas aproximado a un rectángulo será la curva, consecuentemente, mayor será su área. El factor de forma asume valores siempre menores que la unidad, debe calcularse por la razón entre el producto IM x VM por el producto Isc x Voc. Para las celdas de silicio mono y policristalino, el parámetro varía poco de una celda a otra y conociéndose su valor, se puede calcular la potencia máxima de la celda a través de la ecuación [28].

$$P_{mp} = FF \times I_{sc} \times V_{oc} \quad (1)$$

Entre los factores que influyen en las características de la celda, la irradiancia y la temperatura son los más importantes. Los bajos niveles de irradiación reducen la corriente generada sin causar una reducción considerable de la tensión, mientras que los valores altos de temperatura de la celda reducen la tensión en mayor medida que el aumento de corriente, trasladando de este modo el punto de máxima potencia a la izquierda [29].

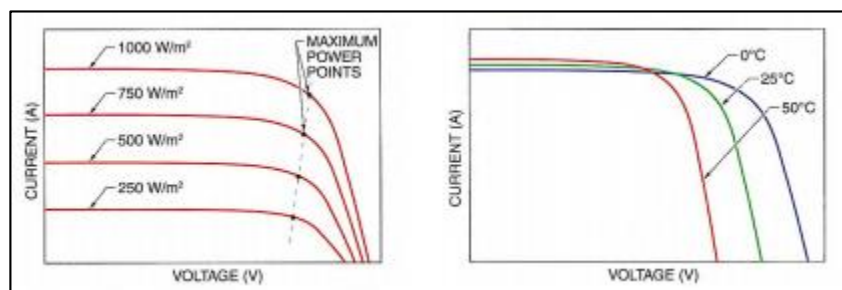


Figura 2.10. Influencia de la irradiancia (Izq.) y la temperatura (Der.) en los módulos fotovoltaicos. (Fuente: J.Dunlop, Photovoltaic Systems).

2.4.2. Batería.

En sistemas fotovoltaicos aislados, el uso de sistemas de almacenamiento de energía se hace necesario para atender la demanda en periodos en los cuales la generación es nulo o insuficiente (la noche o en días lluviosos o nublados). Así, parte de la energía solar convertida en energía eléctrica por los módulos fotovoltaicos durante el día es almacenada para ser utilizada en otros momentos para atender la demanda [30].

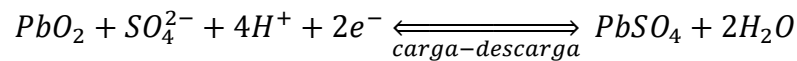
Una batería es un conjunto de celdas o vasos electroquímicos, conectados en serie y/o en paralelo, capaces de almacenar energía eléctrica en forma de energía química por medio de un proceso electroquímico de oxidación y reducción que ocurre en su interior. Cuando una batería cargada es conectada a una carga eléctrica, ocurre el proceso inverso, es decir, una corriente continua es producida por la conversión de energía química en energía eléctrica [31].

De los acumuladores electroquímicos existentes, la de batería de Plomo-ácido sigue siendo la tecnología más utilizada. Baterías con tecnología más modernas, tales como Níquel-Cadmio (NiCd), Níquel-Hidrato metálico (NiMH), ion de Litio (Li-ion), entre otras, aunque presentan ventajas (mayor eficiencia, mayor vida útil, mayor profundidad de descarga), generalmente no son todavía más viables económicamente en la mayoría de los sistemas fotovoltaicos [32].

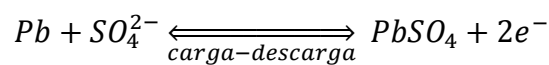
La batería de plomo-ácido está constituida básicamente por un ánodo de dióxido de plomo, también llamado electrodo positivo; un cátodo de plomo, también llamado electrodo negativo, y un electrolito de ácido sulfúrico diluido en el agua. Durante el proceso de carga, debe estar conectado a los terminales de la batería un generador CC (Por ejemplo: Módulos fotovoltaicos), con una tensión superior a la batería, así que haya una inyección de corriente por el electrodo positivo. El proceso es reversible, y la batería se descarga cuando se conecta a sus terminales a una carga eléctrica, circulando la corriente en la dirección opuesta de la corriente de carga [33].

Las reacciones químicas que ocurren durante el funcionamiento de las baterías son las siguientes:

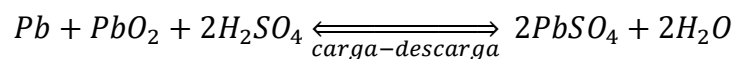
- Electrodo positivo



- Electrodo negativo



- Reacción global de la celda



Cuando se está cargando la batería, el electrodo positivo tiene un depósito de dióxido de plomo mientras que el negativo se acumula plomo. Este proceso implica la liberación de ácido sulfúrico del electrolito, aumentando su concentración. En la descarga, la reacción química que se produce hace que tanto la placa positiva y negativa tengan un depósito de sulfato de plomo, absorbiendo ácido sulfúrico del electrolito y en consecuencia la disminución de su concentración [34].

Adicionalmente a los elementos que la componen las baterías pueden ser clasificadas básicamente como abiertas y cerradas. Las abiertas son aquellas donde el nivel del electrolito debe ser periódicamente verificado. En las selladas, o de válvula regulada (VRLA) el electrolito es confinado en el separador o está en forma de gel, éstas son conocidas como “libres de mantenimiento” [35].

2.4.2.1. Baterías estacionarias de placas tubulares (OPzS y OPzV), las baterías OPzS y OPzV representan características constructivas semejantes, siendo las OPzS baterías estacionarias con placas tubulares positivas conteniendo electrolito líquido y separadores especiales, en cuanto las OPzV son baterías estacionarias con placas tubulares conteniendo electrolito (H_2SO_4) inmovilizado en un gel y válvulas de seguridad. Su principal diferencia es la configuración de los electrodos positivos,

constituidos por placas tubulares, que son evueltas por tubos permeables a través de los cuales el electrodo circula. La principal función de esos tubos es mantener una materia activa confinada, el cual permite un aumento de la vida cíclica de la batería [36].

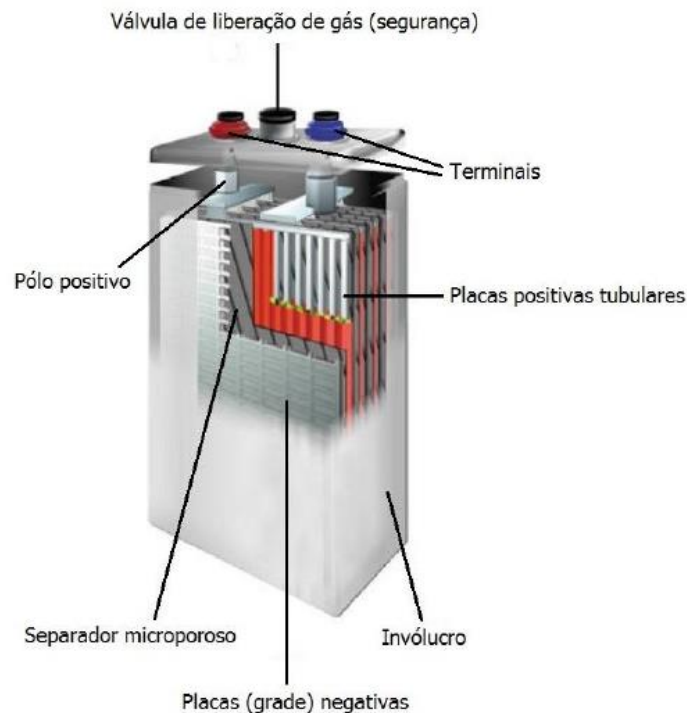


Figura 2.11. Vista en corte de un batería del tipo OPzV. (Fuente: J. Tavares. M.Galindo, Manual de Engenharia FV).

Las ventajas de la OPzV son:

- No requieren reposición de agua.
- Pueden ser utilizadas en cualquier posición.
- No liberan gases, por lo tanto no representan riesgo de incendio o explosión.
- No tienen problemas de derrame del electrolito.
- Tienen menos restricciones en el transporte.

La mayor desventaja de este tipo de baterías es su elevado costo. Aunque por su mayor vida útil, es una opción viable en algunas aplicaciones.

2.4.3. Controlador de Carga.

El controlador de carga, también conocido como un regulador de carga o tensión, es un dispositivo electrónico que funciona con corriente continua, el cual es incluido en la mayoría de los sistemas aislados con el objetivo de proteger la batería contra cargas y descargas excesivas, aumentando la vida útil. Los controladores deben desconectar el generador fotovoltaico cuando la batería alcanza la carga plena e interrumpir el suministro de energía cuando el estado de carga de la batería alcanza un nivel mínimo de seguridad. Para mejorar el desempeño del controlador de carga, este puede también incorporar un sensor de temperatura, con la función de compensar el efecto de la variación de temperatura en los parámetros de la batería [37].

Los procesadores modernos son equipados con microprocesadores de electrónica de potencia que operan por modulación de anchos de pulsos (PWM, por sus siglas en inglés) y efectúan la carga de la batería en 3 estados:

- En bruto (Bulk), se da cuando la batería esta descargada y el controlador aplica la mayor corriente que el módulo fotovoltaico puede entregar. Hasta que se alcanza una tensión final de carga preestablecida. Con este proceso se repone el 80-90% de la capacidad de la batería.
- Absorción, en esta fase la tensión de la batería se mantiene constante en el valor de tensión de carga por un intervalo de tiempo acumulado hasta que la batería se considere totalmente cargada.
- Flotación, en esta fase la tensión de la batería se mantiene constante con una corriente controlada en PWM, sin embargo el nivel de tensión de flotación, que es menor al de absorción [38].

2.4.3.1. Controlador MPPT, los controladores de Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT por sus siglas en inglés) del panel fotovoltaico para aumentar la eficiencia del proceso de carga. Para esto el equipo funciona en una tensión de entrada más elevada que los controladores convencionales e incluye un convertidor DC-DC como la primera etapa, a fin de alcanzar en un mejor desempeño entre la curva I-V del panel y la batería. Los controladores MPPT tienen una eficiencia entre el 92-97%. La función del MPPT es optimizar la extracción de la potencia del generador

fotovoltaico, a través del ajuste continuo o periódico de sus valores de tensión y corriente para cada condición de irradiación y temperatura de la celda fotovoltaica, de modo que este siempre esta polarizado en un punto de máxima potencia [39].

2.4.4. Inversor de Corriente.

El inversor de corriente es el dispositivo responsable de convertir la corriente continua de los equipos de generación y almacenada por la batería, en corriente alterna, también conocido como convertidor de CC - CA. El principio de funcionamiento se basa en mecanismos de conmutación que alteran el flujo de corriente entre los sentidos positivo y negativo. Las técnicas utilizadas en la conversión son diversas, y su calidad depende de la energía suministrada por el inversor a la carga [40].

Entre las principales características de los inversores son sus voltajes de entrada de funcionamiento (DC) y de salida (AC), frecuencia de salida, potencia, capacidad de reacción, la eficiencia y la forma de onda de salida. El inversor puede ser monofásico o trifásico, dependiendo de las necesidades del sistema. Inversores monofásicos pueden reunirse para asistir a un sistema trifásico, siempre siguiendo ciertas recomendaciones. Con relación a la conmutación, los inversores pueden ser conmutados por la red (conmutación naturales) o auto conmutados (conmutación forzada). Algunos modelos tienen un control de descarga de la batería, eliminando el uso del controlador hacia la carga de la batería (consumo) [41].

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1. Ubicación Geográfica

El proyecto se desarrolló en la Comunidad Nativa Puerto Pardo, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios. Las coordenadas geográficas son 12.5°S y 68.66°O. El centro poblado se encuentra a aproximadamente 80 km aguas abajo del río Madre de Dios.

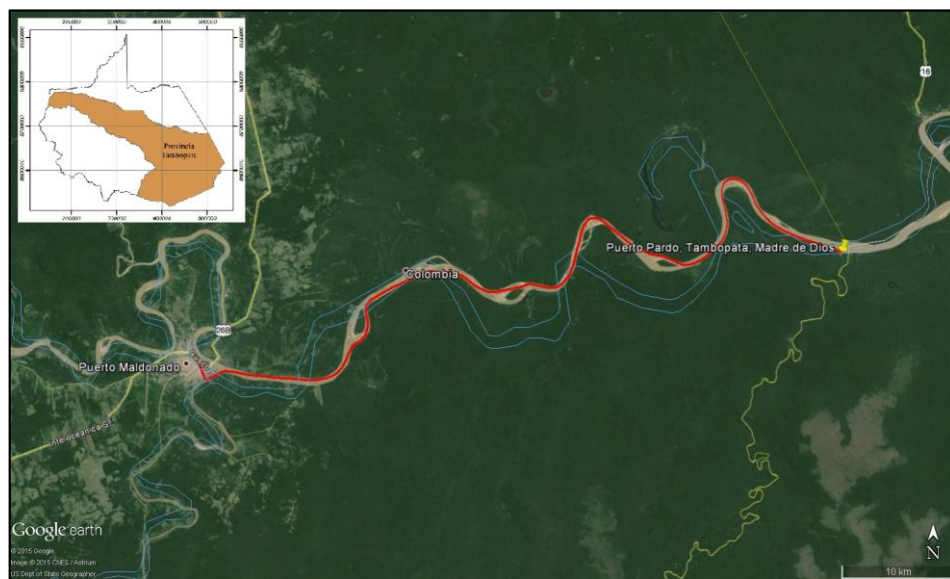


Figura 3.1. Recorrido fluvial a Puerto Pardo. (Fuente: Propia).



Figura 3.2. Entrada a Puerto Pardo. (Fuente: Propia).

La comunidad cuenta con una Institución Educativa Inicial, una Institución Básica Regular N 52004, un puesto Capitanía de la Marina de Guerra y un Puesto de Vigilancia de Frontera de la Policía Nacional del Perú.

La comunidad cuenta con 44 viviendas, pero no todas están habitadas por la migración de la población a Puerto Maldonado por temporada escolar.

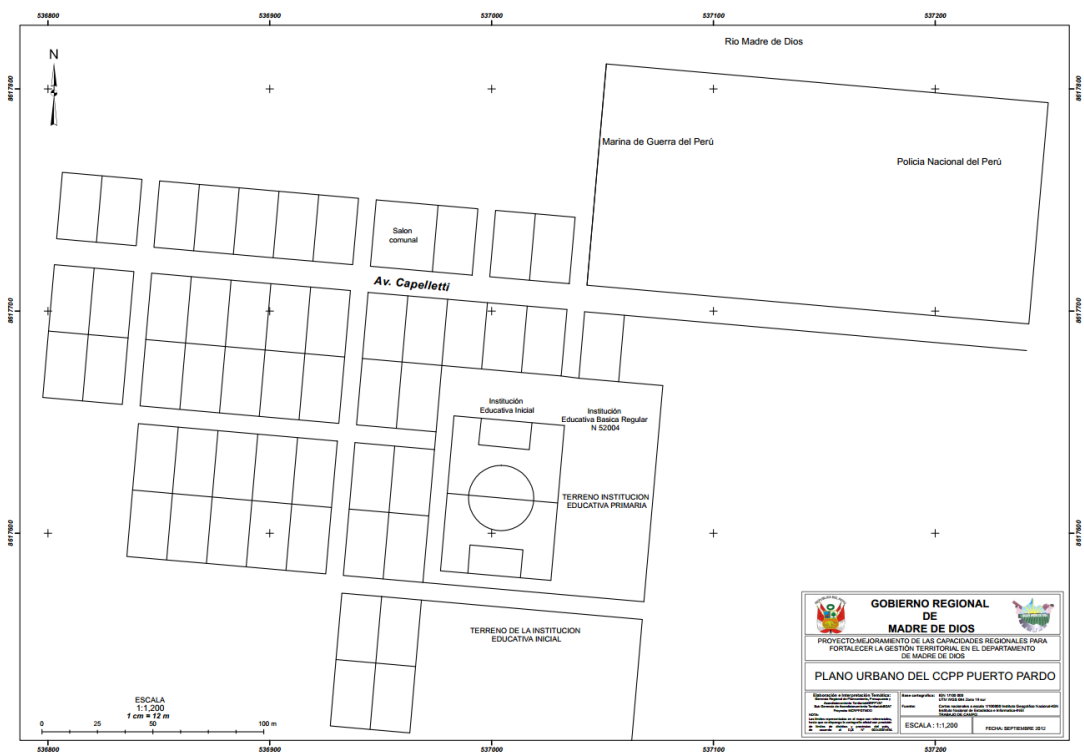


Figura 3.3. Plano Urbano del CCPP Puerto Pardo. (Fuente: Gob. Reg. de Madre de Dios).

3.2. Descripción del Puesto de Vigilancia Fronterizo

El Puesto de vigilancia de frontera tiene un área total de 353 m², un área techada de 280 m² dividida en dos bloques, uno para la zona administrativa y de descanso de los suboficiales y encargados de 179 m²; y otro para la zona de detención y el comedor 101 m².

El puesto contará con instalaciones sanitarias de agua y desagüe completa, el primero contará con un sistema de bombeo de agua. Las instalaciones eléctricas interiores y

exteriores serán energizadas por el Sistema Fotovoltaico instalado. La instalación interior cuenta con tomacorrientes, puntos de luz con fluorescentes dobles de 40 watts. Los dormitorios, oficinas y áreas comunes cuentan con ventiladores de techo. Los planos de arquitectura e instalaciones eléctricas son mostrados en el Anexo 1.



Figura 3.4. Vista exterior del Puesto de Vigilancia de Puerto Pardo.
(Fuente: Norte Renovables).



Figura 3.5. Vista interior del Puesto de Vigilancia de Puerto Pardo.
(Fuente: Norte Renovables).

3.3. Sistema Fotovoltaico Implementado

Las especificaciones técnicas de las bases para la Licitación Pública N° 005-2013-IN-DGA-DL “Adquisición de Equipos para Sistema de Panel Solar para Puestos de Vigilancia” se muestran en el Anexo 2. A continuación se muestran un cuadro de resumen de los componentes principales del sistema fotovoltaico solicitado e implementado.

Tabla 1. Componentes solicitados e instalados en el CCPP Puerto Pardo.

(Fuente: Propia).

Componente del Sistema Fotovoltaico	Característica Solicitada	Característica Implementada
<i>Arreglo Fotovoltaico</i>	Mínimo 7.2 kWp, Celdas monocristalinas a 48 VDC	7.2 kWp (40x180Wp) celdas monocristalinas a 48VDC
<i>Banco de Baterías</i>	Mínimo 1200 Ah/48 VDC (57600 Wh)	1382 Ah@C100 a 48 VDC (66336 Wh)
<i>Controlador de Carga</i>	Mínimo 160 Amperios en tecnología MPPT	180 Amperios en tecnología MPPT (4 x 45Amp)
<i>Inversor de Corriente</i>	Mínimo 6000 W a 48 VDC	8000 W a 48 VDC

3.3.1. Fichas técnicas de los componentes principales

3.3.1.1. Modulo Fotovoltaico TM-M572180

TM-SERIES MONOCRYSTALLINE

TM-M572180 · TM-M572175 · TM-M572170
180W / 175W / 170W



FEATURES

- High module conversion efficiency up to 15.4%, through superior manufacturing technology.
- Guaranteed 0 to +5% power tolerance.
- Robust and corrosion free modules. Entire module certificated to withstand high wind loads and snow loads up to 5400Pa.
- Anodized aluminum frame improves load resistance capabilities.
- Highly transparent, low-iron, and tempered glass and antireflective coating.
- Excellent performance under low light environments.

BENEFITS

- International certificates to ensure the best quality and performance.
- Manufacturing process certified under the ISO 9001 standards.
- Product liability insurance.
- Local technical support.
- Enhanced design for easy installation and long term reliability.



TM-M572180 180W · TM-M572175 175W · TM-M572170 170W

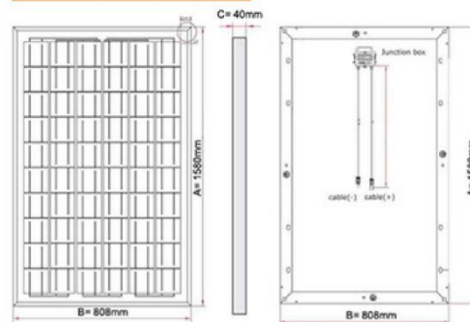


WARRANTIES

- 10-years warranty on material and workmanship.
- Linear power output warranty: power output decrease yearly. Year 25 rated power output not below than 80%.
- Additional warranted production insurance by top world insurance companies.



PHYSICAL CHARACTERISTICS



www.tamesol.com

TM-SERIES MONOCRYSTALLINE

TM-M572180 · TM-M572175 · TM-M572170
180W / 175W / 170W



ELECTRICAL SPECIFICATION

STC	TM-M572180	TM-M572175	TM-M572170
Nominal Power (Pmax)	180 W	175 W	170 W
Voltage at Pmax (Vmp)	36 V	35.5 V	35.5 V
Current at Pmax (Imp)	5 A	4.93 A	4.79 A
Open Circuit Voltage (Voc)	43.9 V	43.3 V	43.4 V
Short Circuit Current (Isc)	5.3 A	5.23 A	5.08 A
Module efficiency	15.37%	15.06%	14.75%
Power Tolerance		0, +5%	
Max. system voltage		1.000 V DC	
Max. series fuse rating		20 A	
Operating temperature range		-40 °C to +85 °C	

Electric characteristics at standard conditions (STC)
STC conditions: irradiance: 1.000W/m², cell temperature: 25°C, AM=1.5

NOCT	TM-M572180	TM-M572175	TM-M572170
Nominal Power (Pmax)	129 W	125 W	122 W
Voltage at Pmax (Vmp)	31.3 V	30.8 V	30.9 V
Current at Pmax (Imp)	4.13 A	4.08 A	3.95 A
Open Circuit Voltage (Voc)	39 V	38.4 V	38.5 V
Short Circuit Current (Isc)	4.57 A	4.51 A	4.37 A

Electric characteristics at normal operation conditions (NOCT)
NOCT conditions: irradiance: 800W/m², ambient temperature: 20°C, AM=1.5, wind speed: 1m/s

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature (NOCT)	45 ± 2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.45 %/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.33 %/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.06 %/°C
Temperature coefficient of Vmp	-0.420 %/°C

PACKAGING

Modules per pallet	26
N° of pallets per HC container (40')	28

PARTNER

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Solar cells	Mono-crystalline silicon 125 x 125 mm
Cell arrangement	72 cells in series
Dimensions	1580x808x40 mm
Weight	15.6 kg
Max. load	5400 Pa
Front cover	Low-iron tempered glass 3.2 mm
Frame	Anodized aluminum alloy
Encapsulant	EVA (ethylene vinyl acetate)
Junction box (protection degree)	IP65
Bypass diodes	6
Cables (length / area)	≥1000 mm / 4 mm ²
Connectors	MC4

V2 - January 2013 - © Tamesol Desa S.L. All rights reserved.

www.tamesol.com

3.3.1.2. Batería A602/1415 SOLAR

Network Power > Sonnenschein A600 SOLAR > Benefits



Sonnenschein A600 SOLAR

Unmatched dryfit Gel technology for renewable energy storage

Sonnenschein A600 SOLAR is a premium range, developed specifically for applications where cycling is required. It has extraordinary energy-saving features in addition to robust reliability, proven for decades in many installations worldwide.

Your benefits:

- > **Exceptional cycling performance** – 3000+ cycles* at 60 % Depth of Discharge C_{10}
- > **dryfit Gel** – VRLA technology
- > **Lowest energy consumption** – saving costs
- > **Strong tubular plate technology** – for longer life in the toughest conditions
- > **Proof against deep discharge** – greater long-term energy delivery
- > **Horizontal mounting possible** – easy installation and maintenance
- > **Completely recyclable** – low CO₂ footprint



Specifications:

- > Nominal capacity 294 – 3919 Ah C_{120} (20°C)
- > Cycling performance at 20 °C (with IU charging): 2400 cycles at 60 % Depth of Discharge (C_{10}) at 20 °C
For enhanced performance and for systems ≥ 48 V we recommend IUI charging, to reach 3000+ cycles at 20 °C
- > Designed in accordance with IEC 61427 and IEC 60896-21/22
- > Long shelf life up to 2 years at 20 °C without recharge due to the very low self discharge rate
- > Also available as flame-retardant version on request (V0)
- > Manufactured in Europe in our ISO 9001 certified production plants
- > Trouble-free transport of operational cells, no restrictions for rail, road, sea and air transportation (IATA, DGR, clause A67)
- > Approval: UL (Underwriter Laboratories)



Nominal capacity 294 – 3919 Ah C_{120}



Single cell



Tubular plate



Recyclable



Valve regulated lead-acid batteries



Proof against deep discharge



Maintenance-free (no topping up)



3000+ cycles* at 60 % DoD C_{10}

*With IUI charging, at 20 °C

Sonnenschein A600 SOLAR

Technical data

Technical characteristics and data

Type	Part number	Nom. voltage	Nominal capacity C_{120}	Discharge current	Length (l)	Width (b/w)	Height up to top of cover (h1)	Height incl. connectors (h2)	Weight	Terminal	Pole pairs
		V	1.85 Vpc 20 °C Ah	A	max. mm	max. mm	max. mm	max. mm	approx. kg		
A602/295 SOLAR	NGS6020295HS0FA	2	294	2.45	105	208	357	399	19.0	F-M8	1
A602/370 SOLAR	NGS6020370HS0FA	2	367	3.05	126	208	357	399	23.0	F-M8	1
A602/440 SOLAR	NGS6020440HS0FA	2	440	3.66	147	208	357	399	27.0	F-M8	1
A602/520 SOLAR	NGS6020520HS0FA	2	519	4.32	126	208	473	515	30.0	F-M8	1
A602/625 SOLAR	NGS6020625HS0FA	2	623	5.19	147	208	473	515	35.0	F-M8	1
A602/750 SOLAR	NGS6020750HS0FA	2	727	6.05	168	208	473	515	39.0	F-M8	1
A602/850 SOLAR	NGS6020850HS0FA	2	848	7.06	147	208	648	690	49.0	F-M8	1
A602/1130 SOLAR	NGS6021130HS0FA	2	1131	9.42	212	193	648	690	66.0	F-M8	2
A602/1415 SOLAR	NGS6021415HS0FA	2	1413	11.7	212	235	648	690	80.0	F-M8	2
A602/1695 SOLAR	NGS6021695HS0FA	2	1695	14.1	212	277	648	690	95.0	F-M8	2
A602/1960C SOLAR	NGS6021960HS0FB	2	1959	16.3	212	277	717	759	115	F-M8	2
A602/2600 SOLAR	NGS6022600HS0FA	2	2613	21.7	216	400	775	816	160	F-M8	3
A602/3270 SOLAR	NGS6023270HS0FA	2	3266	27.2	214	489	774	816	198	F-M8	4
A602/3920 SOLAR	NGS6023920HS0FA	2	3919	32.6	214	578	774	816	238	F-M8	4

Capacities $C_1 - C_{120}$ (20 °C) in Ah

Type	C_1 1.67 Vpc	C_3 1.75 Vpc	C_5 1.77 Vpc	C_{10} 1.80 Vpc	C_{100} 1.85 Vpc	C_{120} 1.85 Vpc
A602/295 SOLAR	123	167	193	218	286	294
A602/370 SOLAR	154	209	241	272	357	367
A602/440 SOLAR	185	251	290	326	429	440
A602/520 SOLAR	229	307	342	380	505	519
A602/625 SOLAR	275	369	410	456	606	623
A602/750 SOLAR	321	431	479	532	707	727
A602/850 SOLAR	367	513	626	681	829	848
A602/1130 SOLAR	489	684	834	908	1105	1131
A602/1415 SOLAR	612	855	1043	1135	1382	1413
A602/1695 SOLAR	734	1026	1252	1363	1658	1695
A602/1960C SOLAR	824	1209	1359	1573	1937	1959
A602/2600 SOLAR	1047	1548	1782	2025	2547	2613
A602/3270 SOLAR	1309	1935	2228	2532	3184	3266
A602/3920 SOLAR	1571	2322	2673	3038	3821	3919

3.3.1.3. Controlador de Carga Tristar MPPT 45



TRISTAR MPPT™

CONTROLADOR DE PANELES SOLARES CON DETECCIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA



45 o 60 amperios hasta 150 Voltios a circuito abierto

Producto mostrado con instrumento opcional.

El controlador de paneles solares **TriStar MPPT** de Morningstar, con tecnología **TrakStar Technology™**, es un avanzado controlador de carga de baterías con capacidad de detección del punto de máxima potencia (MPPT) para paneles fotovoltaicos independientes de la red eléctrica, de hasta 3 KW de potencia. Este controlador tiene un incomparable rendimiento pico del 99% y mucho menos pérdidas de energía que otros controladores MPPT del mercado.

El TriStar MPPT aplica un avanzado algoritmo de seguimiento de carga para extraer la máxima potencia del panel fotovoltaico. Hace un barrido extremadamente rápido de toda la curva I-V para determinar la ubicación del pico de potencia. Este producto es el primer controlador de paneles fotovoltaicos con conexión Ethernet integrada para acceder a la Internet. También ofrece hasta 200 días de registro de datos.

Principales características y beneficios

■ Máxima extracción de energía

La tecnología **TrakStar MPPT** ofrece:

- Detección del punto de potencia pico superior al de otros controladores MPPT
- Barrido rápido de toda la curva I-V
- Reconocimiento de varios picos de potencia durante períodos de sombra o en instalaciones combinadas de grupos de paneles fotovoltaicos
- Excelente respuesta a la salida del sol y con bajo nivel de irradiación solar

■ Fiabilidad extremadamente alta

- Factor térmico de alto margen, sin ventiladores de enfriamiento
- Diseño con circuitos en paralelo para reducir la sobrecarga y prolongar la vida útil de los componentes electrónicos
- Sin relés mecánicos
- Tiene protección contra cortocircuito en el panel
- Inductores encapsulados en epoxi y tarjetas de circuito impreso con revestimiento normalizado

■ Muy alto rendimiento

- Rendimiento pico del 99%
- Algoritmo exclusivo de seguimiento de carga que reduce al mínimo las pérdidas de energía
- Bajo consumo energético
- Servicio continuo a plena carga a 45 °C sin pérdida de capacidad nominal
- Selectos componentes electrónicos de alta capacidad para reducir las pérdidas por calentamiento

■ Funciones completas de interconexión en red y comunicaciones

Permite monitorear el sistema, registrar datos y ajustar parámetros. Utiliza protocolo MODBUS™ de configuración abierta y software **MS View** de Morningstar.

- **Meterbus:** Para comunicaciones entre productos compatibles de Morningstar
- **Conexión serie RS-232:** Para conectar a una computadora personal
- **EIA-485:** Para comunicaciones entre varios dispositivos comunes a un bus colector
- **Ethernet:** Para conexión a la Internet o a una red local. Visualización con programa navegador de la Internet y envío de mensajes y texto.

■ Registro de mediciones y datos

- El instrumento opcional **TriStar** y el instrumento remoto brindan datos detallados de operación, alarmas y fallas
- Indicación de estado del sistema en pantalla de tres LEDs
- Hasta 200 días de registro de datos via instrumentos o conectores de comunicación

Estado del sistema:

53.60V	28C	54.2A
2867W		MPPT

Registro de datos:

Today	Batt	Day: -1	Batt
	46.4 Vmin		47.2 Vmin
Today	Solar	Day: -1	Solar
	58.9 Amax		56.8 Amax
Today	Solar	Day: -1	Solar
	107.2 Vmax		105.5 Vmax

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Parámetros eléctricos

	TS-MPPT-45	TS-MPPT-60
• Corriente máxima de batería	45 amp.	60 amp.
• Entrada nominal máxima del panel	12 Voltios 24 Voltios 48 Voltios	600 Watts 1200 Watts 2400 Watts
	800 Watts 1600 Watts 3200 Watts	

	TS-MPPT-45 y TS-MPPT-60
• Rendimiento pico	99%
• Voltaje nominal del sistema	12, 24, 36 o 48 VCC
• Voltaje máximo del panel a circuito abierto	150 VCC
• Rango de voltaje de servicio de batería	8-72 VCC
• Consumo propio máximo	2.7 Watts
• Protección contra picos transitorios	4500 Watts/conector

Protecciones electrónicas

- Panel solar: Sobrecarga, cortocircuito, alto voltaje
- Batería: Alto voltaje
- Alta temperatura
- Descargas atmosféricas y picos transitorios
- Corriente inversa (de noche)

Carga de batería

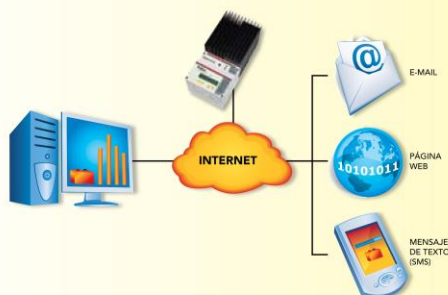
- Algoritmo de carga: 4 etapas
 - Etapas de carga: Principal (a corriente constante), absorción, flotante, ecualización (balance de carga)
 - Compensación de temperatura:
 - Coeficiente: -5 mV/°C/celda (25° de ref.)
 - Rango: -30 °C a +80 °C
 - Selector de carga: Absorción, flotante, ecualización, HVD
- Nota: Incluye sensor remoto de temperatura.

Características físicas

- Dimensiones: 29.1 x 13.0 x 14.2 cm
11.4 x 5.1 x 5.6 pulgadas
4.2 kg / 9.2 libras
- Peso
- Medida máxima del conductor: 35 mm² / 2 AWG
- Aberturas para conductos: M20; ½, 1, 1-¼ pulgadas
- Caja: Tipo 1 (para interiores, ventilada)
IP20

Condiciones ambientales

- Temperatura ambiente: -40 °C a +45 °C
- Temperatura de almacenamiento: -55 °C a +100 °C
- Humedad: 100%, sin condensación
- Protección climática: Encapsulado de epoxi
Revestimiento normalizado
Terminales para atmósfera marina



Conectores de comunicación

	TS-MPPT-45	TS-MPPT-60
• MeterBus	Sí	Sí
• RS-232	Sí	Sí
• EIA-485	No	Sí
• Ethernet	No	Sí

Opciones

- Instrumento 2 TriStar (TS-M-2)
- Instrumento remoto 2 TriStar (TS-RM-2)
- Centralizador de instrumentos (HUB-1)
- Excitador de relés (RD-1)

Normas

- Cumple con normas CE
- Inscrito en ETL (UL1741)
- cETL (CSA C22.2 No. 107.1-01)
- Cumple con Parte 15, Clase B de FCC
- Cumple con el Código Eléctrico Nacional de EE.UU. (NEC)
- Cumple con RoHS
- Fabricado en una planta aprobada por normas ISO 9001.

GARANTÍA: Cinco años de garantía. Comuníquese con Morningstar o su distribuidor autorizado para obtener los términos completos de la garantía.

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO DE MORNINGSTAR:



8 Pheasant Run
Newtown, PA 18940 USA
Tel: +1 215-321-4457 Fax: +1 215-321-4458
E-mail: info@morningstarcorp.com
Website: www.morningstarcorp.com



3.3.1.4. Inversor de Corriente Quattro 48/8000



Quattro
48/5000/70-50/30



Quattro
24/3000/70-50/30

Dos entradas CA con conmutador de transferencia integrado

El Quattro puede conectarse a dos fuentes de alimentación CA independientes, por ejemplo a la red del pantalán o a un generador, o a dos generadores. Se conectará automáticamente a la fuente de alimentación activa.

Dos salidas CA

La salida principal dispone de la función "no-break" (sin interrupción). El Quattro 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 Quattro le llega alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo

Hasta 10 unidades Quattro pueden funcionar en paralelo. Diez unidades 48/10000/140, por ejemplo, darán una potencia de salida de 90 kW/100 kVA y una capacidad de carga de 1400 amperios.

Capacidad de funcionamiento trifásico

Se pueden configurar tres unidades para salida trifásica. Pero eso no es todo: hasta 10 grupos de tres unidades pueden conectarse en paralelo para proporcionar una potencia del inversor de 270 kW/300kVA y más de 4.000A de capacidad de carga.

PowerControl – En casos de potencia limitada del generador, del pantalán o de la red

El Quattro es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la red del pantalán (16A por cada Quattro 5kVA a 230 VCA). Se puede establecer un límite de corriente para cada una de las entradas CA. Entonces, el Quattro tendrá en cuenta las demás cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga de baterías, evitando así sobrecargar el generador o la red del pantalán.

PowerAssist – Refuerzo de la potencia del generador o de la red del pantalán

Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión, permitiendo que el Quattro complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, Quattro 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.

Energía solar: Potencia CA disponible incluso durante un apagón

El Quattro puede utilizarse en sistemas FV, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas eléctricos alternativos.

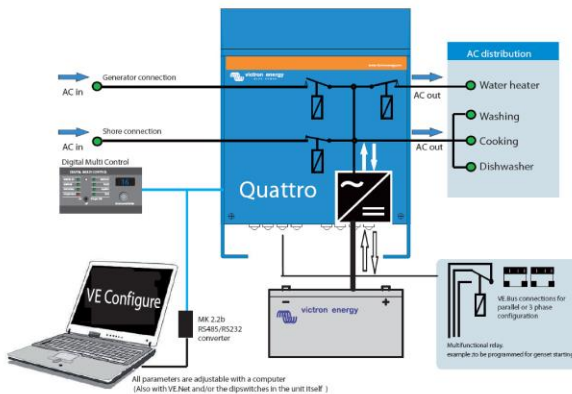
La configuración del sistema no puede ser más sencilla

Una vez instalado, el Quattro 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 en trifásico; ¡sin necesidad de ordenador!

Además, también se puede utilizar un VE.Net en vez de los conmutadores DIP.

Y hay sofisticados programas disponibles (VE.Bus Quick Configure y VE.Bus System Configurator) para configurar varias nuevas y avanzadas características.



	12/3000/120-50/30 24/3000/70-50/30	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100
PowerControl / PowerAssist	Si			
Conmutador de transferencia integrado	Si			
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 V CA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1			
Corriente máxima (A)	50 / 30	2x100	2x100	2x100
INVERSOR				
Rango de tensión de entrada (V CC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V			
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VAC ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%			
Potencia cont. de salida a 25 °C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000
Potencia cont. de salida a 25 °C (W)	2500	4500	7000	9000
Potencia cont. de salida a 40 °C (W)	2200	4000	6300	8000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96
Consumo en vacío (W)	15 / 15	25 / 25 / 25	30 / 35	35
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	10 / 10	20 / 20 / 20	25 / 30	30
Consumo en vacío en modo búsqueda (W)	4 / 5	5 / 5 / 6	8 / 10	10
CARGADOR				
Tensión de carga de 'absorción' (V CC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6
Tensión de carga de "flotación" (V CC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2
Modo de "almacenamiento" (V CC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8
Corriente de carga batería casa (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140
Corriente de carga batería de arranque (A)	4 (sólo modelos de 12 y 24V)			
Sensor de temperatura de la batería	Si			
GENERAL				
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50
Relé programable (6)	1x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g			
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema			
Puerto com. de uso general (7)	1x	2x	2x	2x
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -20 a +50 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%			
CARCASA				
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Categoría de protección: IP 21			
Conexiones de la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)			
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm. ² (6 AWG)	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45/41	45
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280
NORMATIVAS				
Seguridad	EN 60335-1, EN 60335-2-29			
Emisiones / Inmunidad	EN55014-1, EN 55014-2, EN 61000-3-3, EN 61000-6-3, EN 61000-6-2, EN 61000-6-1 2004/104/EC			
Directiva de automoción				
1) Puede ajustarse a 60 Hz; 120 V 60 Hz si se solicita				
2) Claves de protección:	3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1			
a) cortocircuito de salida	4) a 25 °C de temperatura ambiente			
b) sobrecarga	5) Se desconecta si no hay fuente CA externa disponible			
c) tensión de la batería demasiado alta	6) Relé programable que puede configurarse como alarma general, subtensión CC o señal de arranque para el generador			
d) tensión de la batería demasiado baja	Capacidad nominal CA: 230V/4A			
e) temperatura demasiado alta	Capacidad nominal CC: 4A hasta 35VDC, 1A hasta 60VDC			
f) 230 V CA en la salida del inversor	7) Entre otras funciones, para comunicarse con una batería BMS de Lítio-Ion			
g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta				



Panel Multi Control Digital

Una solución práctica y de bajo coste de seguimiento remoto, con un selector rotatorio con el que se pueden configurar los niveles de Power Control y Power Assist.



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.



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)
- **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 en una página web mediante una conexión GPRS. El acceso a esta web es gratuito.
- **Victron Ethernet Remote**
Para conectar a Ethernet.



Monitor de baterías BMW

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).

3.3.2. Planos de la Instalación

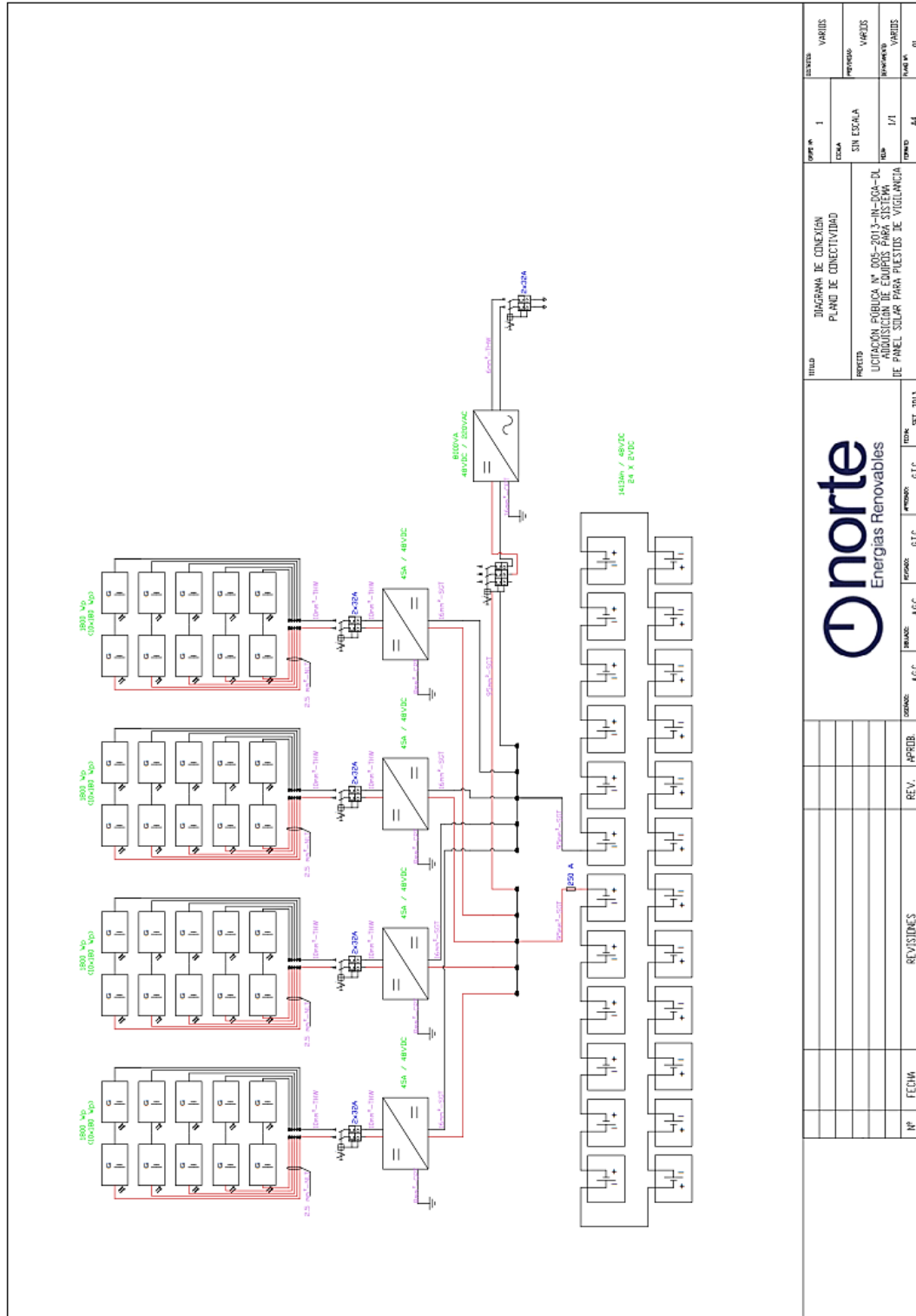



Figura 3.6. Diagrama Eléctrico del Sistema Fotovoltaico Instalado.

(Fuente: Norte Renovables).

		TÍTULO	DIAGRAMA DE CONEXIÓN PLANO DE CONECTIVIDAD	OPERA. N°	1	DESCRIPCIÓN	VARIOS						
		PROYECTO	PROYECTO PÚBLICO N° 005-2013-IN-DGA-EL ADICIONAMIENTO DE EQUIPOS PARA SISTEMA DE PÁNELES SOLARES PARA PUESTOS DE VIGILANCIA	ESCALA	SIN ESCALA	REVISIÓN	VARIOS						
N°	FECHA	REVISIONES	REV.	APROB.	ORDEN	ACC.	REVISOR	G.T.C.	ACC.	REVISOR	G.T.C.	FECHA	SET. 2013

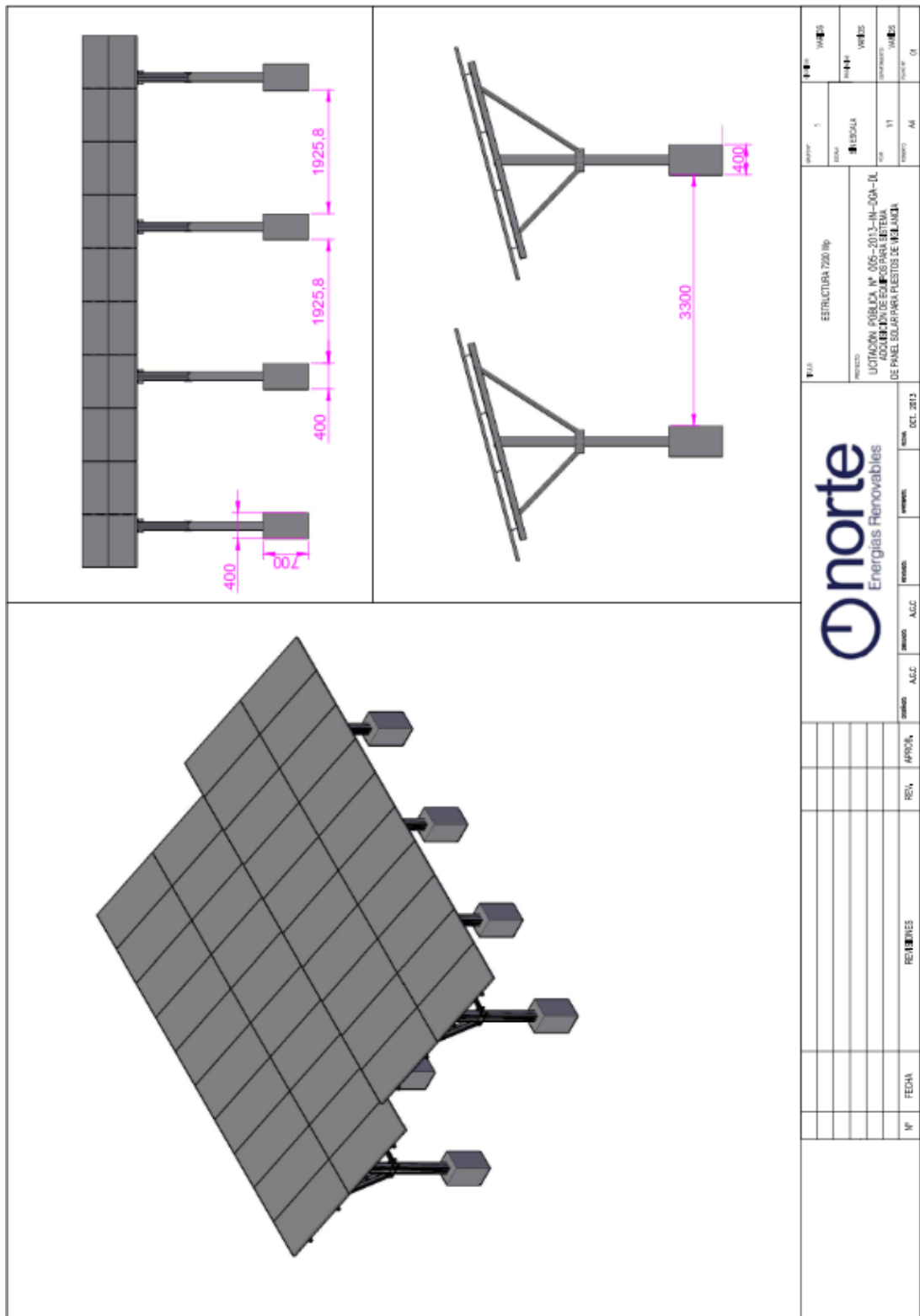


Figura 3.7. Plano de la estructura para el Sistema Fotovoltaico Instalado.

(Fuente: Norte Renovables).

3.3.3. Fotografías de la Instalación



Figura 3.8. Arreglo fotovoltaico y estructuras inslados. (Fuente: Norte Renovables).



Figura 3.9. Banco de baterías y tablero de control y potencia. (Fuente: Norte Renovables).

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS TECNICO

En el presente capítulo se realizará una simulación del sistema fotovoltaico mediante el software PVSyst (www.pvsyst.com). PVSyst es una herramienta que sirve para desarrollar instalaciones fotovoltaicas que permite el estudio, la simulación y análisis de datos completa de los sistemas fotovoltaicos. Este software permite dimensionar el tamaño de las instalaciones teniendo en cuenta la radiación solar que recibiría en función de su ubicación gracias a su base de datos meteorológica, que permite su diseño en 3D y que tiene en cuenta la proyección de sombras gracias a la simulación del movimiento del sol durante el día [46].

4.1. Potencial de Radiación Solar

El CC.PP. Puerto Pardo de acuerdo al Atlas Solar elaborado por el Senamhi tiene un rango de irradiación incidente diario en promedio anual entre 5 y 5.5 kWh/m² (Ver Anexo 3). Para los cálculos realizados en este informe se utilizó la base de datos del software Meteoronorm, quien genera la data de las estaciones meteorológicas cercanas y en zonas donde no hay estaciones, por la interpolación entre las diferentes estaciones. En el Perú cuenta con la base de datos de 26 estaciones meteorológicas y una de ellas se encuentra en Puerto Maldonado.

La irradiación obtenida para el CC.PP Puerto Pardo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Datos de Irradiación Global Horizontal del CCPP Puerto Pardo.

(Fuente: Software Meteornorm).

Mes	Irradiación Global Horizontal (kWh/m²)
Enero	5.38
Febrero	5.11
Marzo	5.28
Abril	5.38
Mayo	5.23
Junio	5.06
Julio	5.50
Agosto	5.33
Septiembre	5.21
Octubre	5.30
Noviembre	5.47
Diciembre	5.11
Año	5.28

4.2. Estimación de la Demanda

En el presente informe se analizarán dos alternativas, las cuales son descritas a continuación:

4.2.1. Caso Teórico

Es la demanda con todas las cargas a instalar en el Puesto de Vigilancia una vez concluidas todas las etapas del plan de desarrollo de los puestos de vigilancia de fronteras. Las cuales incluyen equipamiento de oficinas, equipamiento de dormitorios y sistema de abastecimiento de agua y desagüe.

Del plano de instalaciones eléctricas en el Anexo 1, de la información de las siguientes etapas de implementación y de la inspección visual inicial, obtenemos el cuadro de cargas del Puesto de Vigilancia para el Caso Teórico.

Tabla 3. Cuadro de Cargas – Caso Teórico del Puesto de Vigilancia de Puerto Pardo. (Fuente: Propia).

Cargas	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Horas de uso	Demanda (kWh)
Ventiladores	17	60	1020	4	4.1
Fluorescentes Interiores	52	40	2080	4	8.3
Fluorescentes Exteriores	16	40	640	4	2.6
Motobomba 1 1/2 HP	1	1100	1100	0.5	0.6
Televisor	3	90	270	3	0.8
Computadoras	3	250	750	10	7.5
Refrigerador	1	250	250	20	5.0
Telefono Portero	1	300	300	0.25	0.1
Cargado de Celular	4	10	40	2	0.1
Total			6450		29.0

Por tratarse de una zona de frontera no se obtuvo la demanda diaria para el diseño del Sistema Fotovoltaico, por lo que para la realización de los cálculos se asume el siguiente comportamiento de la demanda.

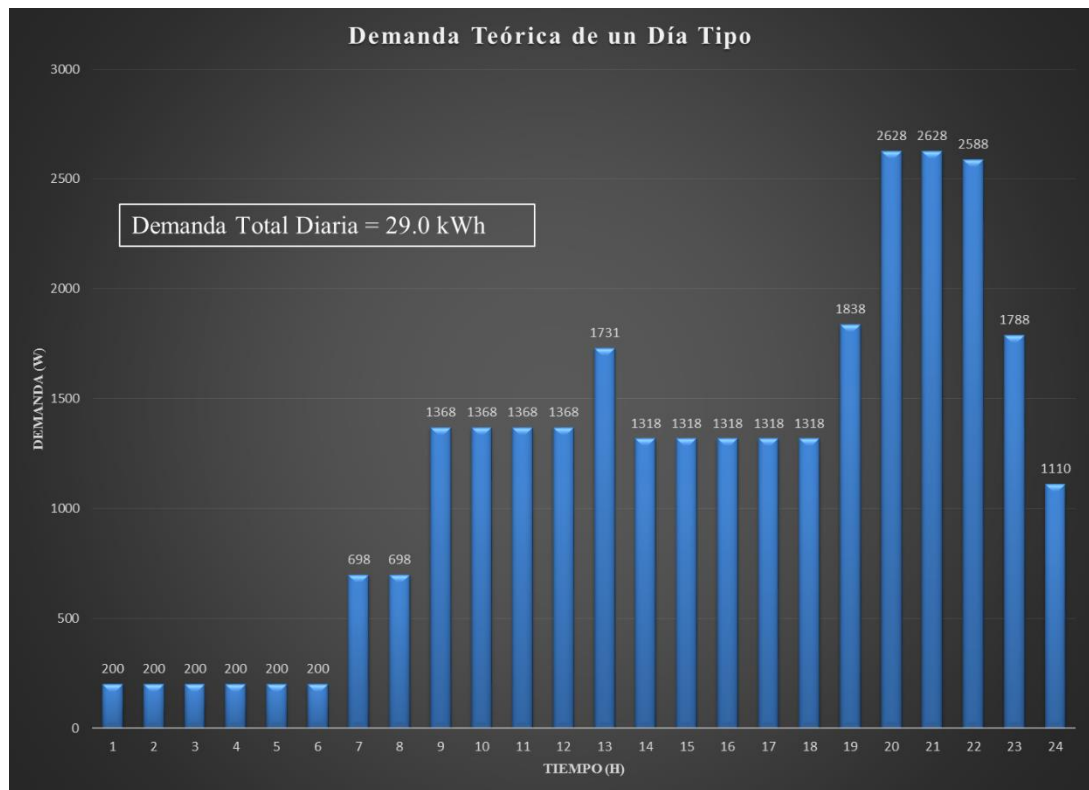


Figura 4.1. Demanda estimada para el caso Teórico del Puesto de Vigilancia de Puerto Pardo. (Fuente: Propia).

4.2.2. Caso Real

Es la demanda con las cargas que están implementadas y operativas en el Puesto de Vigilancia al momento de realizar el informe.

Mediante una inspección visual se obtiene el cuadro de cargas del Puesto de Vigilancia para el Caso Real.

Tabla 4. Cuadro de Cargas – Caso Real del Puesto de Vigilancia de Puerto Pardo. (Fuente: Propia).

Cargas	Unidades	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Horas de uso	Demanda (kWh/día)
Ventiladores	17	60	1020	6	6.1
Fluorescentes Interiores	52	40	2080	4	8.3
Fluorescentes Exteriores	16	40	640	4	2.6
Televisor	1	90	90	11	1.0
Cargado de Celular	3	10	30	2	0.1
Total			3860		18.1

Mediante entrevistas y observaciones a los habitantes del Puesto de Vigilancia se obtiene el comportamiento de la demanda del Puesto de Vigilancia para el Caso Real.

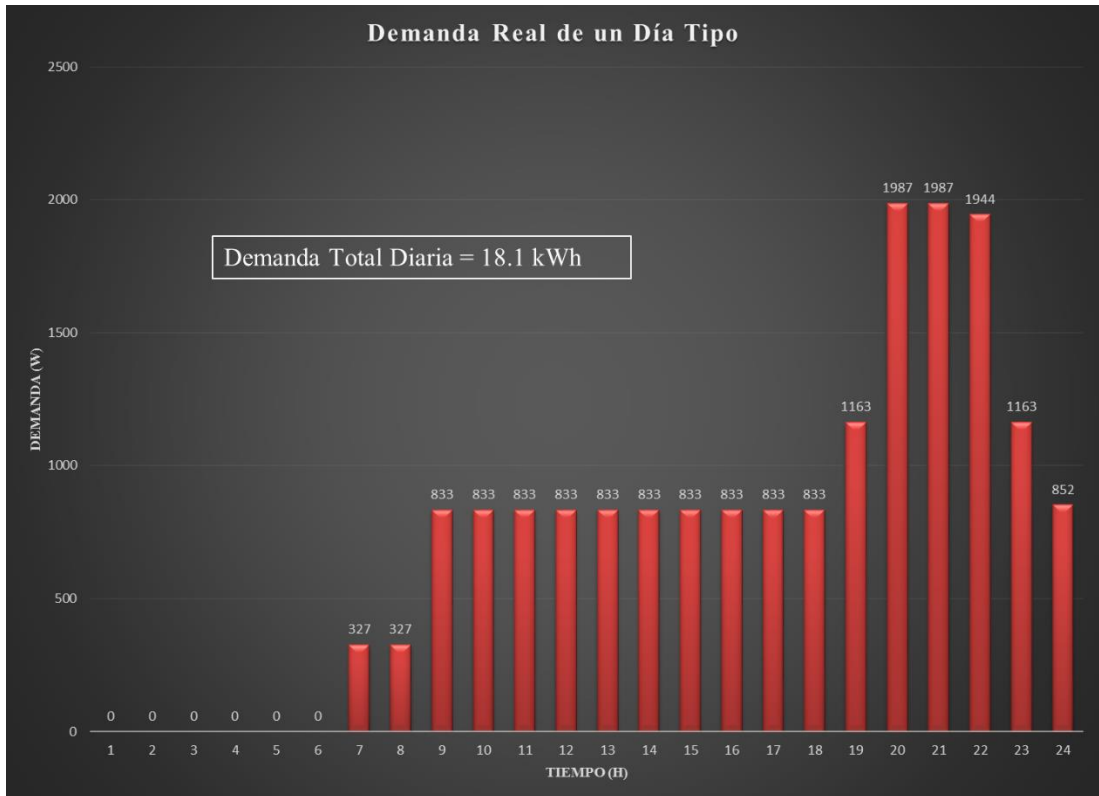


Figura 4.2. Demanda estimada para el caso Real del Puesto de Vigilancia de Puerto Pardo. (Fuente: Propia).

4.3. Resultados

Los resultados obtenidos en el PVSyst luego de ingresar toda la información elaborada.

4.3.1. Caso Teórico

Tabla 5. Resultados Principales obtenidos del PVSyst – Caso Teórico. (Fuente: PVSyst).

	T Amb	GlobHor		GlobEff		E Avail	EUnused	E Miss	E User	E Load	SolFrac
	°C	kWh/m ² .mes	kWh/m ² .dia	kWh/m ² .mes	kWh/m ² .dia	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
Enero	26.9	166.7	5.38	143	4.61	813	9.4	119.2	778.9	898.1	0.867
Febrero	26.7	143.1	5.11	130.2	4.65	728	0.4	142.3	668.9	811.2	0.825
Marzo	26.8	163.7	5.28	159.7	5.15	899	9.1	68.7	829.5	898.1	0.924
Abril	26.7	161.3	5.38	171.1	5.70	1025	167.5	58.6	810.6	869.2	0.933
Mayo	25.5	162.2	5.23	186.3	6.01	1118	142.2	0	898.1	898.1	1
Junio	24.7	151.9	5.06	181.8	6.06	1094	134.8	0	869.2	869.2	1
Julio	25	170.4	5.50	202.6	6.54	1289	299.4	0	898.1	898.1	1
Agosto	26.7	165.2	5.33	181.3	5.85	1086	134.7	0	898.1	898.1	1
Septiembre	27.3	156.2	5.21	156.9	5.23	879	8.3	59.6	809.6	869.2	0.931
Octubre	27.9	164.4	5.30	153.2	4.94	879	65.5	101.3	796.9	898.1	0.887
Noviembre	27.2	164.2	5.47	143.3	4.78	803	8.9	156.3	712.9	869.2	0.82
Diciembre	27.2	158.5	5.11	135.6	4.37	780	28.7	197.3	700.9	898.1	0.78
Año	26.55	1927.7	5.28	1945.1	5.33	11393	1008.9	903.2	9671.8	10575	0.915

T Amb: Temperatura ambiental

GlobHor: Irradiación Global Horizontal

GlobEff: Irradiación Efectiva

E Avail: Energía Solar Disponible

EUnused: Energía no utilizada (batería cargada)

E Miss: Energía Faltante

E User: Energía suministrada al Usuario

E Load: Energía Necesaria del Usuario

SolFrac: Fracción Solar (E User/ E Load)

Tabla 6. Resultados Normalizados obtenidos del PVSyst – Caso Teórico. (Fuente: PVSyst).

	Yr	Lu	Yu	Lc	Ya	Ls	Yf	PR
	kWh/m².día		kWh/kWp/día		kWh/kWp/día		kWh/kWp/día	
Enero	4.8	0.042	4.8	1.025	3.74	0.248	3.49	0.726
Febrero	4.83	0.002	4.83	1.075	3.75	0.431	3.32	0.688
Marzo	5.32	0.041	5.32	1.174	4.11	0.393	3.72	0.698
Abril	5.86	0.775	5.86	1.009	4.08	0.326	3.75	0.64
Mayo	6.17	0.637	6.17	1.052	4.48	0.455	4.02	0.652
Junio	6.22	0.624	6.22	1.047	4.55	0.522	4.02	0.647
Julio	6.7	1.341	6.7	0.825	4.53	0.51	4.02	0.601
Agosto	6.02	0.603	6.02	1.044	4.37	0.345	4.02	0.669
Septiembre	5.39	0.038	5.39	1.205	4.15	0.4	3.75	0.695
Octubre	5.11	0.293	5.11	1.050	3.77	0.201	3.57	0.698
Noviembre	4.96	0.041	4.96	1.113	3.81	0.509	3.3	0.665
Diciembre	4.55	0.129	4.55	0.917	3.51	0.368	3.14	0.69
Año	5.5	0.381	5.5	1.044	4.07	0.391	3.68	0.669

Yr: Energía Incidente Referencial en la superficie FV

Yu: Potencial Normalizado de Producción FV

Ya: Producción Normalizado del Arreglo FV

Yf: Producción Normalizado del Sistema (E User/Potencia nominal)

PR: Relación de Desempeño (Yf/Yr)

Lu: Energía No Utilizada Normalizada (E Unused/Potencia nominal)

Lc: Perdidas del Arreglo FV Normalizado (Yu-Ya-Lu)

Ls: Perdidas del Sistema Normalizada (Ya-Yf)

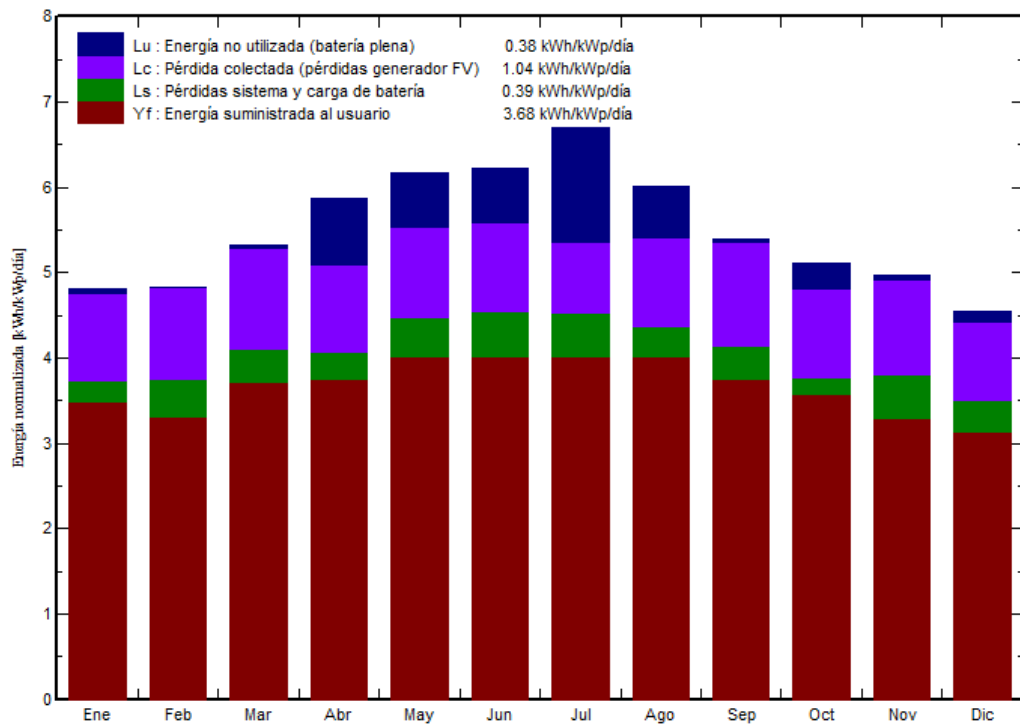


Figura 4.3. Producciones Normalizadas para el Caso Teórico. (Fuente: PVSyst).

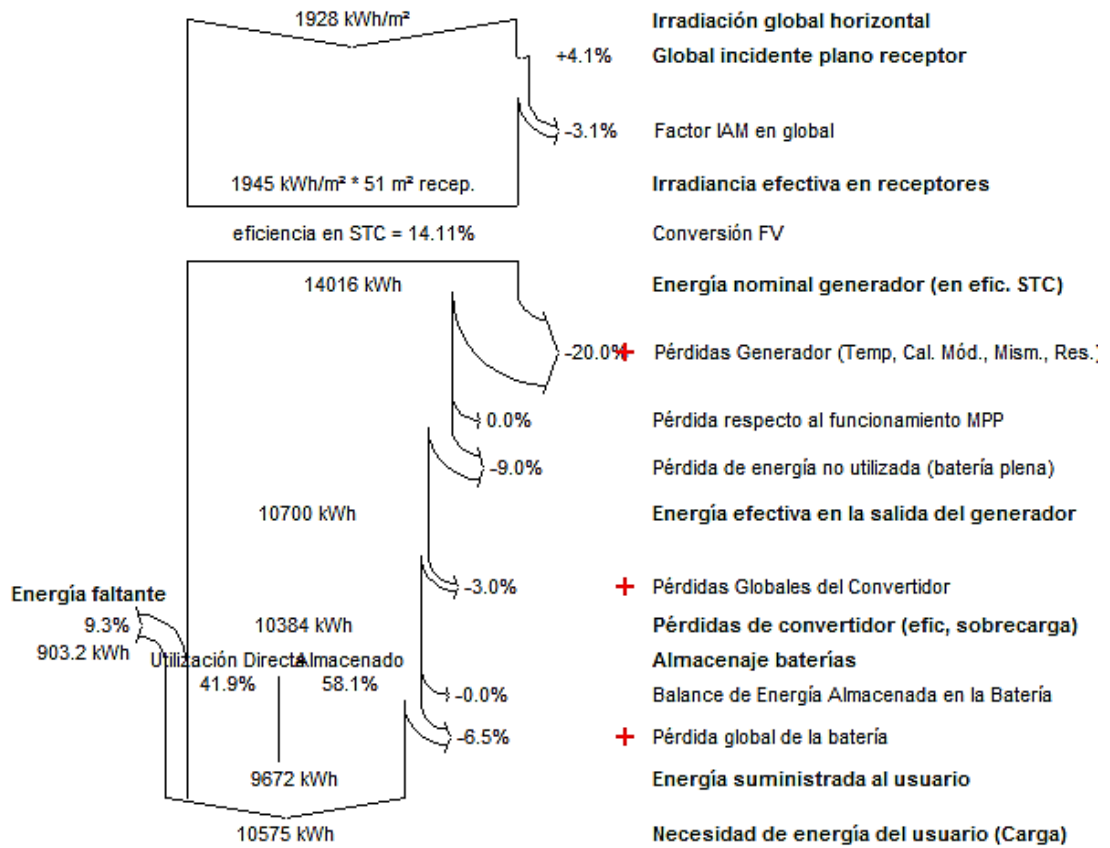


Figura 4.4. Diagrama de Pérdidas para el Caso Teórico. (Fuente: PVSyst).

4.3.2. Caso Real

Tabla 7. Resultados Principales obtenidos del PVSyst – Caso Real. (Fuente: PVSyst).

	T Amb	GlobHor		GlobEff		E Avail	EUnused	E Miss	E User	E Load	SolFrac
	°C	kWh/m ² .mes	kWh/m ² .dia	kWh/m ² .mes	kWh/m ² .dia	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
Enero	26.9	166.7	5.38	143	4.61	887	251.6	0	560.6	560.6	1
Febrero	26.7	143.1	5.11	130.2	4.65	801	226.1	0	506.3	506.3	1
Marzo	26.8	163.7	5.28	159.7	5.15	1029	395.2	0	560.6	560.6	1
Abril	26.7	161.3	5.38	171.1	5.70	1085	476.5	0	542.5	542.5	1
Mayo	25.5	162.2	5.23	186.3	6.01	1195	547	0	560.6	560.6	1
Junio	24.7	151.9	5.06	181.8	6.06	1208	584.8	0	542.5	542.5	1
Julio	25	170.4	5.50	202.6	6.54	1371	722.9	0	560.6	560.6	1
Agosto	26.7	165.2	5.33	181.3	5.85	1174	529.2	0	560.6	560.6	1
Septiembre	27.3	156.2	5.21	156.9	5.23	1009	398.4	0	542.5	542.5	1
Octubre	27.9	164.4	5.30	153.2	4.94	941	321	0	560.6	560.6	1
Noviembre	27.2	164.2	5.47	143.3	4.78	888	271.6	0	542.5	542.5	1
Diciembre	27.2	158.5	5.11	135.6	4.37	847	228.4	0	560.6	560.6	1
Año	26.55	1927.7	5.28	1945.1	5.33	12434	4952.6	0	6600.1	6600.1	1

T Amb: Temperatura ambiental

GlobHor: Irradiación Global Horizontal

GlobEff: Irradiación Efectiva

E Avail: Energía Solar Disponible

EUnused: Energía no utilizada (batería cargada)

E Miss: Energía Faltante

E User: Energía suministrada al Usuario

E Load: Energía Necesaria del Usuario

SolFrac: Fracción Solar (E User/ E Load)

Tabla 8. Resultados Normalizados obtenidos del PVSyst – Caso Real. (Fuente: PVSyst).

	Yr	Lu	Yu	Lc	Ya	Ls	Yf	PR
	kWh/m².día		kWh/kWp/día		kWh/kWp/día		kWh/kWp/día	
Enero	4.8	1.127	4.8	0.702	2.97	0.464	2.51	0.523
Febrero	4.83	1.122	4.83	0.726	2.98	0.467	2.51	0.52
Marzo	5.32	1.771	5.32	0.606	2.95	0.435	2.51	0.472
Abril	5.86	2.206	5.86	0.747	2.91	0.399	2.51	0.428
Mayo	6.17	2.451	6.17	0.727	2.99	0.479	2.51	0.407
Junio	6.22	2.707	6.22	0.539	2.97	0.46	2.51	0.404
Julio	6.7	3.239	6.7	0.475	2.99	0.475	2.51	0.375
Agosto	6.02	2.371	6.02	0.668	2.98	0.465	2.51	0.417
Septiembre	5.39	1.844	5.39	0.618	2.93	0.418	2.51	0.466
Octubre	5.11	1.438	5.11	0.783	2.89	0.382	2.51	0.491
Noviembre	4.96	1.257	4.96	0.732	2.97	0.463	2.51	0.506
Diciembre	4.55	1.023	4.55	0.629	2.9	0.391	2.51	0.551
Año	5.5	1.880	5.5	0.663	2.95	0.441	2.51	0.457

Yr: Energía Incidente Referencial en la superficie FV

Yu: Potencial Normalizado de Producción FV

Ya: Producción Normalizado del Arreglo FV

Yf: Producción Normalizado del Sistema (E User/Potencia nominal)

PR: Relación de Desempeño (Yf/Yr)

Lu: Energía No Utilizada Normalizada (E Unused/Potencia nominal)

Lc: Perdidas del Arreglo FV Normalizado (Yu-Ya-Lu)

Ls: Perdidas del Sistema Normalizada (Ya-Yf)

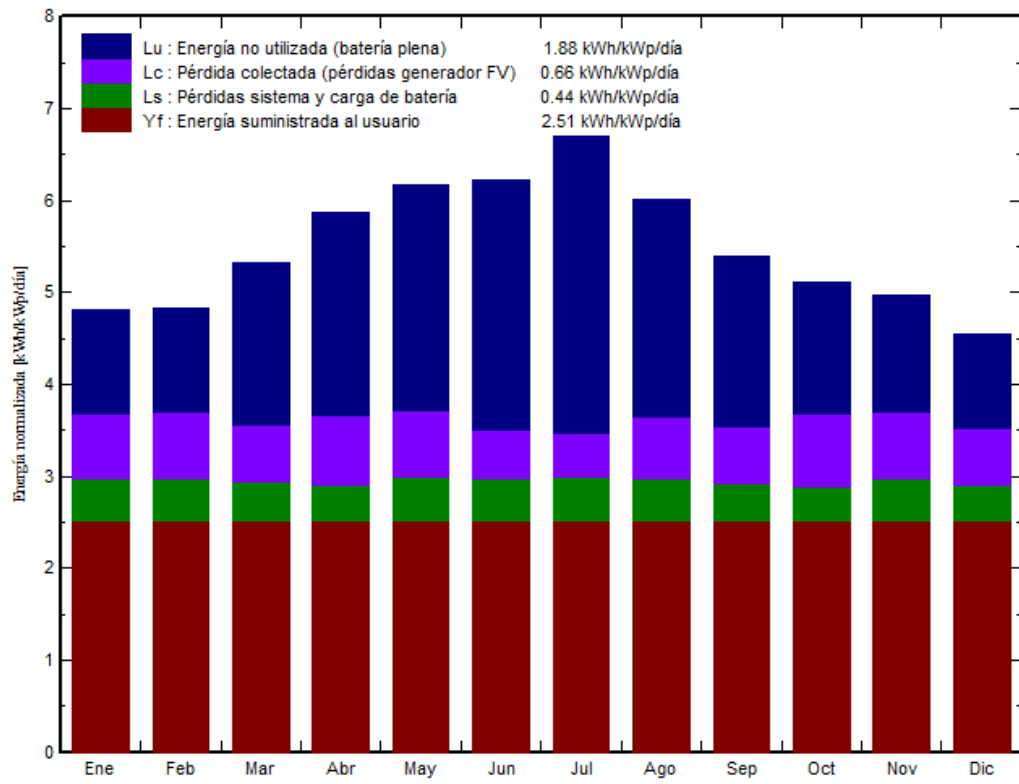


Figura 4.5. Producciones Normalizadas para el Caso Real. (Fuente: PVSyst).

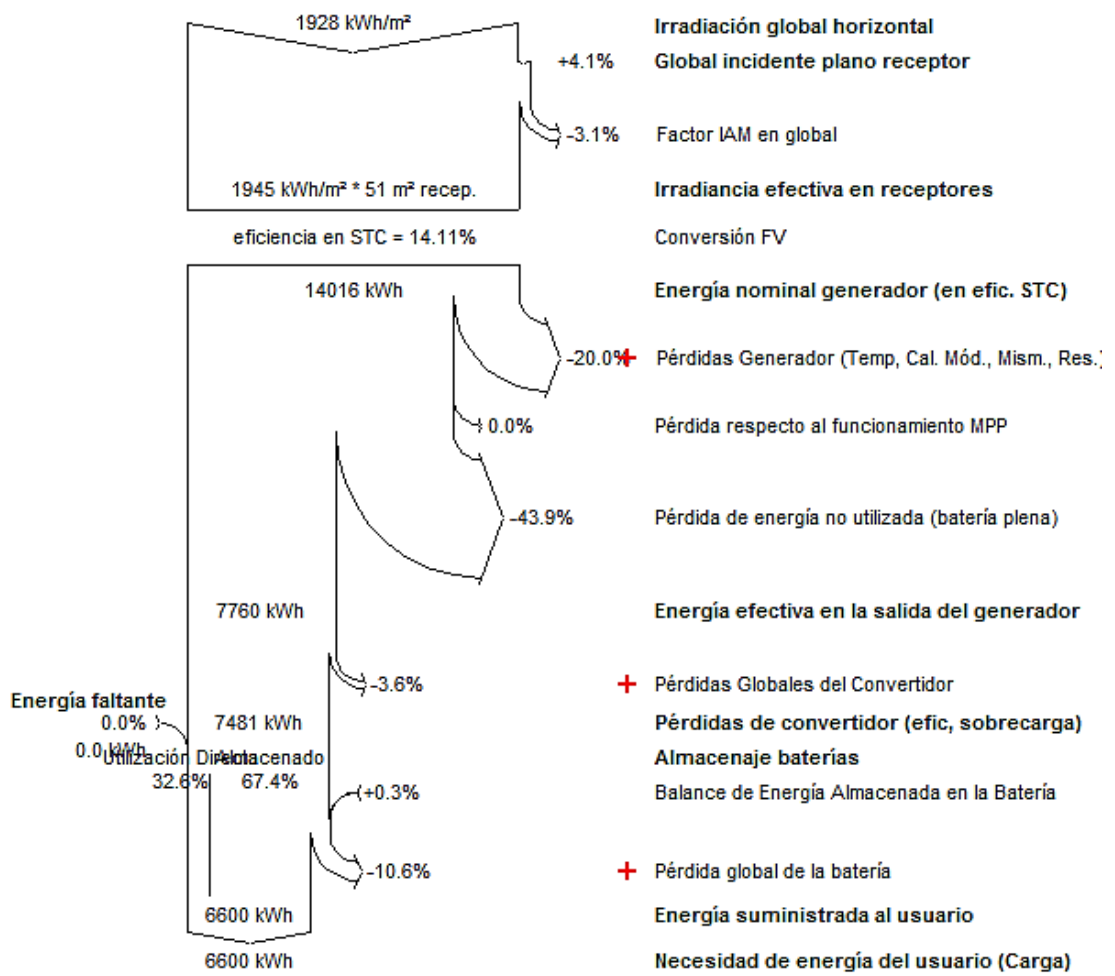


Figura 4.6. Diagrama de Pérdidas para el Caso Real. (Fuente: PVSyst).

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS ECONÓMICO

En el presente capítulo se realizará el análisis económico de los casos presentados en el capítulo anterior, utilizando el Costo del Ciclo de Vida (CCV) para poder hacer una comparación y determinar cuál es la mejor alternativa desde el punto de vista económico.

5.1. Costos de Inversión

El costo adjudicado al consorcio ejecutor en la LICITACION PUBLICA N° 005-2013-IN-DGA-DL. “ADQUISICIÓN DE EQUIPOS PARA SISTEMA DE PANEL SOLAR PARA PUESTOS DE VIGILANCIA” fue de S/. 798,765.65 Nuevos soles incluido el Impuesto General a las Ventas (IGV), para 5 sistemas fotovoltaicos.

Por lo tanto el costo para total para el Sistema Instalado en el Puesto de Vigilancia Fronterizo de Puerto Pardo fue de S/. 159,753.13 incluido IGV.

Tabla 9. Inversión Total del Proyecto. (Fuente: Norte Renovables).

Concepto	Monto Total Soles (Inc. IGV)	Monto Total Dólares (Inc. IGV)
Costo de Inversión del Sistema Fotovoltaico del Puesto de Vigilancia Puerto Pardo	S/. 159,753.13	\$ 57,465.15

Este monto incluye todas las partidas relacionadas desde la compra de equipos, la ingeniería del diseño, el traslado hasta la CCNN de Puerto Pardo y la instalación de todos los componentes.

De forma aproximada y manteniendo en reserva la utilidad de las empresas ejecutoras del proyecto se mostrara en la Tabla 9 los montos del proyecto en forma desagregada.

Tabla 10. Inversión por partidas del proyecto. (Fuente: Norte Renovables).

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	MONTO NUEVOS SOLES (INC. IGV)	MONTO DOLARES (INC. IGV)
1	SUMINISTRO DE COMPONENTES	S/. 126,280.61	\$ 44,424.68
1.1	ARREGLO FV	S/. 20,204.90	\$ 7,107.95
1.2	BATERIAS	S/. 41,672.60	\$ 14,660.14
1.3	EQUIPOS ELECTRONICOS	S/. 20,204.90	\$ 7,107.95
1.4	ESTRUCTURAS (INCLUYE TABLERO Y RACKS)	S/. 11,365.26	\$ 3,998.22
1.5	CASETA DE DRYWALL	S/. 25,256.12	\$ 8,884.94
1.6	ACCESORIOS ELECTRICOS	S/. 1,262.81	\$ 444.25
1.7	CERCO	S/. 6,314.03	\$ 2,221.23
2	MONTAJE ELECTROMECHANICO	S/. 6,314.03	\$ 2,771.23
3	TRANSPORTE DE MATERIALES	S/. 12,628.06	\$ 5,042.47
4	GASTOS GENERALES	S/. 14,530.42	\$ 5,226.77
	TOTAL	S/. 159,753.13	\$ 57,465.15

*Los montos son referenciales e incluyen los costos de ingeniería, utilidad e IGV.

El costo total del suministro de materiales se descompone gráficamente de la siguiente manera.

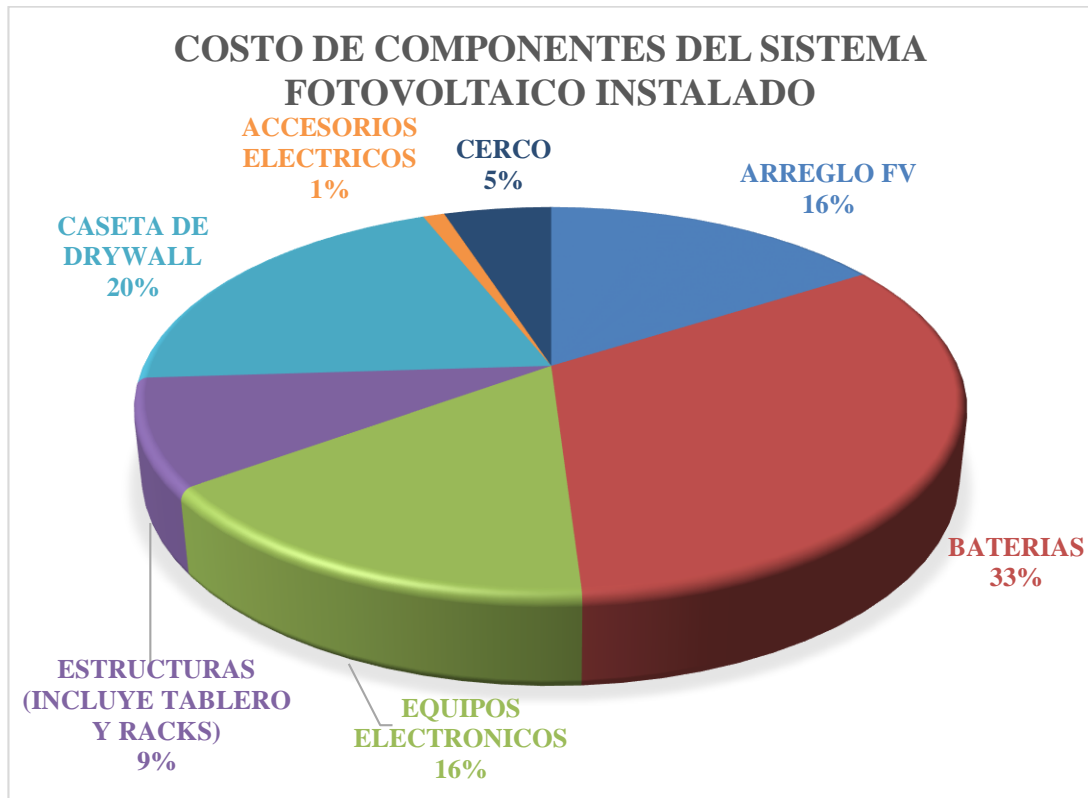


Figura 5.1. Costo de componentes en forma porcentual. (Fuente: Norte Renovables).

5.2. Análisis del Costo de Ciclo de Vida

El presente análisis del Costo de Ciclo de Vida es elaborado según el modelo del manual del laboratorio de Sandia.

El tiempo de reposición del banco de baterías utilizado en el modelo es calculado en el Anexo 6.

5.2.1. Análisis CCV – Caso Teórico

ANÁLISIS DEL COSTO DEL CICLO DE VIDA (CCV)

Ciudad del análisis	Puerto Pardo	Año de análisis	2015
Tarifa	-		
Años de ciclo de vida útil	20	Tasa de inflación general	3%
Tasa de inversión	12.0%	Tasa de inflación de combustible	5%
Tasa de descuento	9.0%	Inflación diferencial del combustible	2%
Sistema:	7.2 kW		

Item	Valor actual de un año	Valor actual uniforme en X años	cantidad en dolares		Factor de valor actual	Monto de valor actual
Inversion Inicial			57465.15	X	1	57465.15
Operación y mantenimiento						
- Inspección anual		20	574.65	X	9.13	5245.73
Costos de energía						
- Combustible de generador						
Reparaciones y reposicion						
Banco de Baterias 1	10		17181.38	X	0.422	7257.60
Valor residual						
- 20% de original	20		11493.03	X	0.178	2050.71
COSTO TOTAL DEL CICLO DE VIDA ÚTIL						67917.77
ENERGÍA GENERADA ANUALMENTE (kWh)*					9,671.00	
ENERGÍA GENERADA EN x AÑOS (kWh)*					193,420.00	
PRECIO DE LA TARIFA SOLAR (US\$ / kWh)						0.35

* Valores Aproximados

5.2.2. Análisis CCV – Caso Real

ANÁLISIS DEL COSTO DEL CICLO DE VIDA (CCV)

Ciudad del análisis	Puerto Pardo	Año de análisis	2015
Tarifa	-		
Años de ciclo de vida útil	20	Tasa de inflación general	3%
Tasa de inversión	12.0%	Tasa de inflación de combustible	5%
Tasa de descuento	9.0%	Inflación diferencial del combustible	2%
Sistema:	7.2 kW		

Item	Valor actual de un año	Valor actual uniforme en X años	cantidad en dolares		Factor de valor actual	Monto de valor actual
Inversion Inicial			57465.15	X	1	57465.15
Operación y mantenimiento						
- Inspección anual		20	574.65	X	9.13	5245.73
Costos de energía						
- Combustible de generador						
Reparaciones y reposicion						
Banco de Baterias 1	13		17181.38	X	0.326	5604.20
Valor residual						
- 20% de original	20		11493.03	X	0.178	2050.71
COSTO TOTAL DEL CICLO DE VIDA ÚTIL						66264.37
ENERGÍA GENERADA ANUALMENTE (kWh)*					6,600.10	
ENERGÍA GENERADA EN x AÑOS (kWh)*					132,002.00	
PRECIO DE LA TARIFA SOLAR (US\$ / kWh)						0.50

* Valores Aproximados

CAPÍTULO 6. OBSERVACIONES Y DISCUSIONES

- El sistema fotovoltaico para el Caso Teórico proporciona el 91% de la energía requerida anual para las condiciones establecidas en el presente informe. Solamente en los meses de Mayo a Agosto es posible proporcionar el 100% de la demanda.
- La eficiencia global del sistema para el Caso Teórico es en promedio anual del 67%.
- De toda energía suministrada al usuario para el Caso Teórico, el 58% es proporcionada por el banco de baterías y el 42 % es proporcionada por el arreglo fotovoltaico durante el tiempo de generación
- El sistema fotovoltaico para el Caso Real proporciona el 100% de la energía requerida anual para las condiciones establecidas en el presente informe. Lo cual es lo que se espera porque la demanda se redujo aproximadamente en 38%.
- Para el Caso Real, se desperdicia aproximadamente el 40% de la energía solar disponible por el hecho de la reducción de la demanda.
- La eficiencia global del sistema para el Caso Real es en promedio anual del 45%.
- De toda energía suministrada al usuario para el Caso Real, el 67% es proporcionada por el banco de baterías y el 33 % es proporcionada por el arreglo fotovoltaico durante el tiempo de generación.
- Para ambos casos solo se requiere un cambio del banco de baterías para el periodo de 20 años analizados.
- Al no estar finalizado toda la implementación del sistema, el costo de la energía por cada kilo Vatio hora (kWh) utilizado tiene un aumento aproximado del 41%.

CAPITULO 7. CONCLUSIONES

- El sistema fotovoltaico implementado proporciona aproximadamente el 91 % de la curva de demanda asumida en el caso Teórico (26.4 kWh/día) y el sistema tiene una eficiencia del 66.9%, donde las mayores pérdidas se dan en el arreglo fotovoltaico por pérdidas de temperatura como la predominante. Con este escenario el banco de batería tendrá una vida útil de 10 años para mantener el 80% de capacidad, el cuál es el punto crítico de todo sistema fotovoltaico y el más caro de todos los componentes.
- El costo del kWh del sistema fotovoltaico para el Caso Teórico es de 0.35 \$/kWh (aproximadamente 1.13 S./kWh).
- Actualmente el sistema fotovoltaico implementado proporciona el 100 % de la curva de demanda asumida en el caso Real. Por esta reducción de la demanda al no estar el Puesto de vigilancia finalizado, el sistema tiene una reducción de la eficiencia a 45.7%, donde las mayores pérdidas se dan porque la batería se encuentra en flotación y la energía que el arreglo fotovoltaico puede suministrar no tiene donde entregarla. Con este escenario el banco de batería tendrá una vida útil de 13 años para mantener el 80% de capacidad, el cuál es el punto crítico de todo sistema fotovoltaico y el más caro de todos los componentes. El costo del kWh del sistema fotovoltaico para el Caso Real es de 0.50 \$/kWh (aproximadamente 1.60 S./kWh).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/2ResEje-2014-2025%20Vf.pdf>
(consultado el 12/12/14)
- [2] <http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/EnergiasRenovables.html>
(consultado el 12/12/14)
- [3] Bases para la la contratación de Bienes **ADJUDICACIÓN DE MENOR CUANTÍA N° 078-2012-IN-DGA DERIVADA DE LA LICITACION PÚBLICA N° 022-2012-IN-DGA. “ADQUISICIÓN E INSTALACIÓN DE PUESTOS DE VIGILANCIA DE FRONTERA”**
- [4] https://www.mininter.gob.pe/userfiles/RM-Nro_0270-2012-IN-0501.pdf
(consultado el 12/12/14)
- [5] Bases para la la contratación de Bienes **LICITACION PUBLICA N° 005-2013-IN-DGA-DL. “ADQUISICIÓN DE EQUIPOS PARA SISTEMA DE PANEL SOLAR PARA PUESTOS DE VIGILANCIA”**
- [6] <http://zonasegura.seace.gob.pe/mon/docs/procesos/2013/25/2583864/445030235rad7C8F5.pdf> (consultado el 12/12/14)
- [7] E. Fagundes, J. Tavares. Sistemas Híbridos. Soluções Energéticas para a Amazônia. Ministerio de Minas e Energia, Brasilia. p. 37-38, (2008).
- [8] REN21. Renewables 2014 Global Status Report. p. 47-50. (2014).
- [9] International Energy Agency. Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy. p. 9. 2014.
- [10] Ibid. p. 22-23.
- [11] J. Tavares. M.Galindo. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.GTES-CEPEL-DTE-CRESESB. Rio de Janeiro. p. 67. (2014).
- [12] E. Fagundes, J. Tavares. Op. Cit., p.39

- [13] Ibid. p. 45.
- [14] Ibid. p. 76.
- [15] Ibid. p. 80.
- [16] James P. Dunlop. Photovoltaic Systems. American Technical Publishers, Incorporated. p. 102. (2010).
- [17] Ibid. p. 102.
- [18] Ibid. p. 103.
- [19] Ibid. p. 103
- [20] Ibid. p. 105-106
- [21] Ibid. p. 107-108
- [22] Ibid. p. 110.
- [23] E. Fagundes, J. Tavares. Op. Cit., p.57.
- [24] Ibid. p. 60.
- [25] Ibid. p. 60.
- [26] Ibid. p. 64.
- [27] Ibid. p. 67.
- [28] Ibid. p. 67.
- [29] Ibid. p. 68.
- [30] J. Tavares. M.Galindo. Op. Cit., p.163.
- [31] Ibid. p. 164.
- [32] Ibid. p. 164.
- [33] E. Fagundes, J. Tavares. Op. Cit., p.138.

[34] Ibid. p. 138.

[35] Ibid. p. 136.

[36] J. Tavares. M.Galindo. Op. Cit., p.187-188.

[37] Ibid. p. 203-205.

[38] Ibid. p. 214.

[39] Ibid. p. 215,244

[40] E. Fagundes, J. Tavares. Op. Cit., p.163-164.

[41] Ibid. p. 164,167.

[42] Frank Kreith, D. Yogi Goswami. Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy. CRC Press. p. 3-4. (2007).

[43] Ibid. p. 3-4.

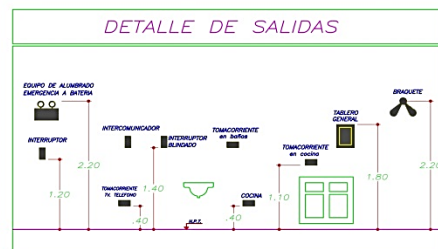
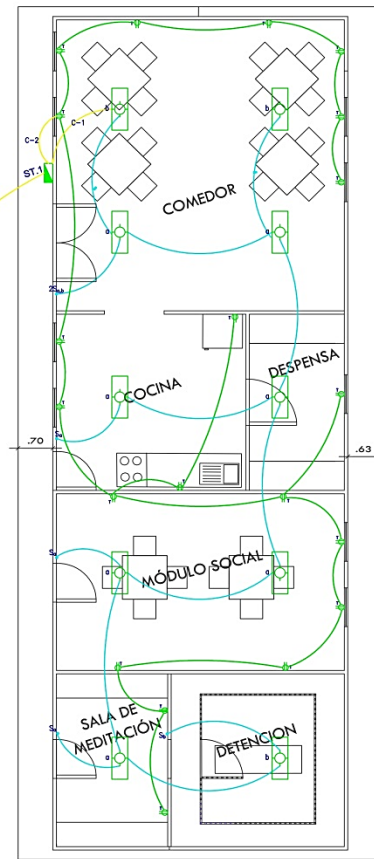
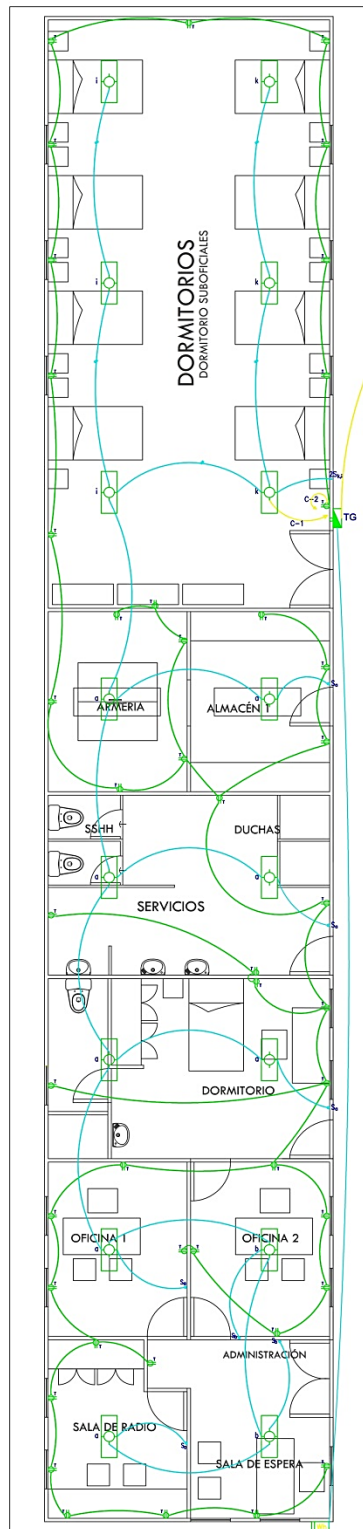
[44] Sandia National Laboratories. Stand-Alone Photovoltaic Systems. p. 60-61. (1995).

[45] Frank Kreith, D. Yogi Goswami. Op.Cit., p.3-4,3-5.

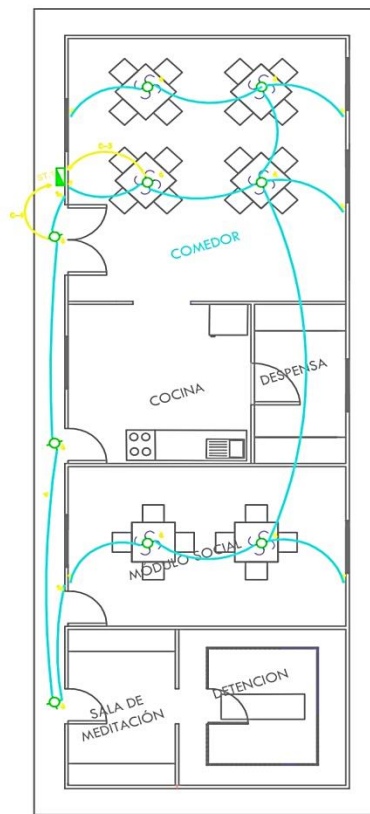
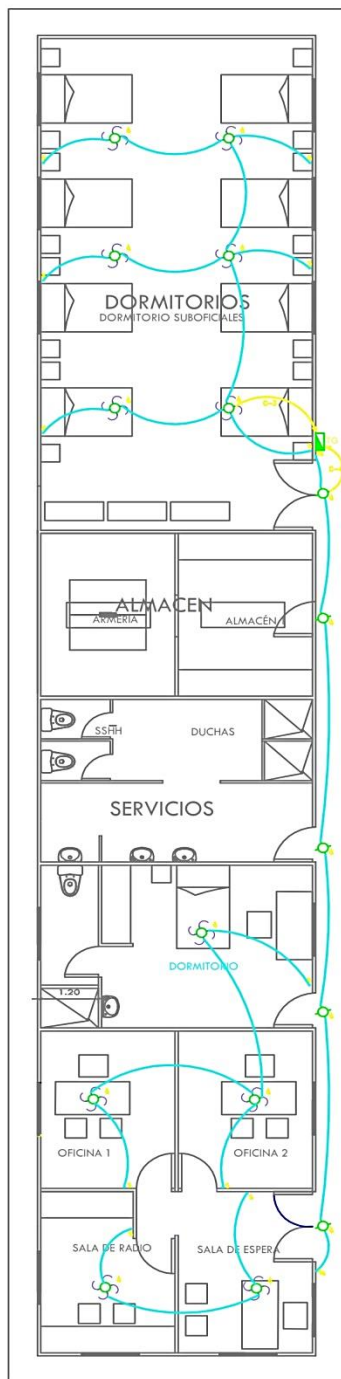
[46] <http://energiadoblezero.com/herramientas-de-diseno-y-calculo/pvsyst>
(consultado el 23/06/15)

ANEXO 1. PLANOS DE LAS INSTALACIONES DEL P.V.F PUERTO PARDO





MINISTERIO DEL INTERIOR	
ADQUISICION E INSTALACION DE PUESTO DE VIGILANCIA DE FRONTERA ADJUDICACION DE MENOR CUANTIA N° 078-2012-IN-DGA PVF PUERTO PARDO - PUERTO MALDONADO	
INSTALACIONES ELECTRICAS LUMINARIAS - TOMACORRIENTES	
Escala : 1/50	
ESC. 1:50	IE -1
	REVISION 1



Escala : 1/50

MINISTERIO DEL INTERIOR		
ADQUISICION E INSTALACION DE PUESTO DE VIGILANCIA DE FRONTERA ADJUDICACION DE MENOR CUANTIA N° 078-2012-IN-SDA PVF PUERTO PARDO - PUERTO MALDONADO		
INSTALACIONES ELECTRICAS VENTILADORES - ILM. EXTERIOR		
	IE -2	 REVISION
ESC. 1:50		

ANEXO 2. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LAS BASES DEL PROYECTO

MINISTERIO DEL INTERIOR

LICITACIÓN PÚBLICA N° 005-2013-IN-DGA-DL "ADQUISICIÓN DE EQUIPOS PARA SISTEMA DE PANEL SOLAR PARA PUESTOS DE VIGILANCIA"

		PVF es de 4:30 horas 5 horas.
V	SAN JUAN DE APOSENTO	De Puerto Maldonado se utiliza la vía terrestre de la Carretera interoceánica; a 1 hora se encuentra el desvío hacia la localidad de San Juan de Aposento (entre 20 y 30 km) es trocha carrozable; del Pueblo San Juan de Aposento al San Juan de Aposento Alto (media hora en moto lineal), hay trocha, de ahí al Puesto de Vigilancia de Frontera PNP es un camino de herradura, ingresan motos lineales o acémilas 1 hora y media a dos horas.

La Distribución Arquitectónica de cada Unidad Policial Fronteriza es típica para los 5 establecimientos; La ubicación donde se encuentra el Tablero General difiere en 20 mts aprox. a la caseta proyectada donde se instalarán los componentes (Banco de Baterías, Controlador e inversor) del Sistema Solar.

El postor deberá incluir en su propuesta los costos de los racks y gabinetes necesarios para las baterías, controladores de carga e inversores de onda, estos deberán cumplir con la norma NEMA 4.

Nema - Tipo 4.- Cajas construidos para el uso de interior o al aire libre para proporcionar un grado de protección al personal contra el acceso a partes peligrosas, para proporcionar un grado de protección del equipo en el interior de la envolvente contra la penetración de cuerpos sólidos extraños (Polvo arrastrado por el viento), para proporcionar un grado de protección con respecto a los efectos nocivos para la el equipo debido a la entrada de agua (lluvia, aguanieve, nieve, agua salpicando, y la manguera agua proyectada), que proporciona un nivel adicional de protección contra la corrosión, y no se dañan por la formación externa de hielo en el gabinete.

El acondicionamiento del área será por cuenta del contratista; deberá incluirse una caseta para alojar los componentes del sistema solar, como son el banco de baterías y los equipos electrónicos; esta será fabricada en material drywall, contara con techo de cobertura liviana, puerta de seguridad y ventilación. Deberá ser contigua al tablero General de cada establecimiento. El terreno alrededor de las Unidades policiales Fronterizas se encuentra libre.

Únicamente en la unidades Policiales Fronterizas pertenecientes a la Región Madre de Dios se deberá construir una base a 80 cms. del suelo mediante 4 columnas y una loza que soporte el peso del Banco de baterías y componentes del sistema. Sobre esta loza se construirá la caseta de material Drywall.

Así mismo se proveerá de un cerco perimétrico construido en malla metálica, con marco de Angulo de fierro y parantes de tubo anclados al piso mediante zapatas de concreto.

La caseta construida en Drywall es solicitada para ubicar un ambiente exclusivo a los componentes del sistema; también se solicita las cajas tipo nema 4 para permitir la seguridad de los mismos en dicho ambiente.

El Plano de conectividad será presentado por el postor en su propuesta técnica formulando su solución planteada.

III. Requerimientos Mínimos de la Adquisición (1 Panel Solar Monocristalino)

El Sistema tendrá que ser diseñado a una tensión de Servicio 48 voltios la cual se ajusta técnicamente a la dimensión del sistema 7.2kW. Serán de tipo Silicio Monocristalino.

Rango de Potencia 120 Watts.- 250 Watts que sumados den una potencia de 7.200 Watts., es decir no tienen que ser exclusivamente de 120W, pueden ser de 150, 180, 200, 230 o 250 Watts.

Potencia Nominal, en el punto de máxima Potencia eléctrica.

El Postor debe tomar en cuenta que la eficiencia del módulo solar fotovoltaico deberá especificarse a 1000 W/m2 bajo condiciones de irradiancia de AM 1.5 y a 25 °C y la potencia debe estar entre los rangos de 120 a 250 Watts c/u de los Módulos fotovoltaicos.

Tensión Nominal, en el punto de máxima Potencia eléctrica.

Correspondiente a la diferencia de potencial (Volts) que se desarrolla en el punto de Potencia Máxima en AM 1.5, entre sus terminales de salida.

Corriente Nominal, en el Punto de máxima Potencia eléctrica.

Corresponde a la magnitud en corriente de salida (Amperes), que desarrolla en el punto de Potencia Máxima en AM 1.5, entre sus terminales de salida

MINISTERIO DEL INTERIOR

LICITACIÓN PÚBLICA N° 005-2013-IN-DGA-DL, "ADQUISICIÓN DE EQUIPOS PARA SISTEMA DE PANEL SOLAR PARA PUESTOS DE VIGILANCIA"

Tensión en circuito abierto del Módulo Solar Fotovoltaico.

El Postor debe proporcionar la máxima diferencia de potencial (Voltaje entre sus terminales) bajo una irradiancia de AM 1.5 a 25° C de temperatura de la celda Solar.

Corriente en corto circuito.

El Postor debe proporcionar el dato de la máxima corriente foto generada, cuando sus terminales están en corto circuito, a una irradiancia de AM 1.5 y 25 ° C de temperatura de la Celda solar

Coefficientes Térmicos para Potencia, Voltaje y Corriente

El Postor deberá dar los tres coeficientes térmicos en magnitud, e indicando cuáles de ellos son positivos y cuales son negativos.

Módulo Solar Fotovoltaico con diodo de bloqueo y diodo de paso.

El Postor indicara si los módulos llevan integrado dentro de su estructura y en su caja de conexiones un diodo, o dos diodos en cada módulo, uno de bloqueo y otro de paso.

Eficiencia y relación de potencia pico por metros cuadrados de superficie.

El Postor deberá entregar la relación de eficiencia referido a unidades de superficie para una irradiancia de 1000W/m²

Número de Celdas Solares en serie por módulo.

El Postor deberá proporcionar el número de celdas solares conectadas en serie/módulo
Garantía 10 años

III. Requerimientos Mínimos de la Adquisición (2.Batería Solar)

Las baterías deberán configurarse a una tensión de servicio de 48 V., pudiendo los postores decidir qué tipo de batería utilizar. Siempre y cuando la capacidad de almacenamiento (57,600 Watts) no varíe. Garantía 5 AÑOS

Las baterías deberán configurarse a 48 v, pudiendo los postores decidir qué tipo de batería utilizar. Siempre y cuando la capacidad de almacenamiento (57,600 Watts) no varíe. Garantía 5 AÑOS

III. Requerimientos Mínimos de la Adquisición (3.Controlador de Carga Robusta)

Voltaje de Servicio 48 V de acuerdo a la nueva configuración.

Se considerará 01 Inversores de Onda Pura 48V/220 V/ monofásico /Potencia de entrega 6,000 Watts. 5 AÑOS DE GARANTIA

III. Requerimientos Mínimos de la Adquisición (4.Inversor de Onda Pura)

Se considerará 01 Inversores de Onda Pura 48V/220 V/ Monofásico /Potencia de entrega 6,000 Watts. 5 años de garantía.

Controladores de carga 48 V/ sumados otorguen 240 o más amperios. Garantía 5 años

Se considerará 01 Inversores de Onda Pura 48V/220 V/ monofásico /Potencia de entrega 6,000 Watts. 5 AÑOS DE GARANTIA

III. Requerimientos Mínimos de la Adquisición (Componentes de cada sistema)

La configuración será la siguiente:

- Paneles Solares- Potencia de entrega 7,200 Watts.
- 41 Baterías – Capacidad de almacenamiento 57,600 WATTS DE POTENCIA EXPLICAR LA RAZON, TIEMPO DE RADIACION (4.0 kwh/m2/dia) POR POTENCIA DEL SISTEMA Y CAPACIDAD DE DESCARGA DEL 50% por puesto de vigilancia Fronteriza.
- Controladores de carga 48 V/ Potencia de Entrega 7,200 Watts. 2 DE 80 AMP. C/U O 1 DE 160AMP MUST BE MPPT. GARANTIA 5 AÑOS
- Inversores de Onda Pura 48V/220 V/ monofásico /Potencia de entrega 6,000 Watts, 5 AÑOS DE GARANTIA
- Estructura de Soporte.
- Puesta a Tierra.

MINISTERIO DEL INTERIOR

LICITACIÓN PÚBLICA N° 005-2013-IN-DGA-DL "ADQUISICIÓN DE EQUIPOS PARA SISTEMA DE PANEL SOLAR PARA PUESTOS DE VIGILANCIA"

- o En su totalidad las instalaciones fotovoltaicas estarán aterradas con un sistema de protección a tierra, a través del tablero de distribución.
- o Se instalarán pararrayo tetrapuntal Franklin, aterradas a un pozo a tierra.
- o Los valores de la Resistencia de Puesta Tierra deberán ser menores a 10 Ohmios.
- o La puesta a tierra consistirá básicamente en uno o más electrodos enterrados conectados mediante conductor de cobre desnudo de 16mm² de diámetro.
- Cerco perimétrico de la zona donde se instalara la Matriz Solar (paneles y estructura)

Se considerará 01 Inversores de Onda Pura 48V/220 V/ monofásico /Potencia de entrega 6,000 Watts 5 AÑOS

Los paneles solares serán de tecnología Silicio Monocristalino los cuales sumados en la totalidad los mismos que componen el sistema otorguen una potencia de 7,200 Watts., es decir podrán considerarse las siguientes potencias 120, 150, 180, 200, 230 o 250 Watts. El controladores de carga serán de 48V los cuales sumados provean 240 o más amperios de corriente.

El inversor de corriente deberá ser de 48V / 220V salida monofásico, para una potencia de entrega de 6 KW.

El sistema será diseñado en 48 voltios, para una entrega de Potencia de 7,200 Watts.

ANEXO 3. ATLAS SOLAR DEL PERU



ANEXO 4. INFORME PVSYSY CASO TEORICO

PVSYSY V6.12		Página 1/3	
Sistema Aislado: Parámetros de la simulación			
Proyecto : Proyecto Aislado at Puerto Pardo			
Lugar geográfico	Puerto Pardo	País	Peru
Ubicación	Latitud 12.5°S	Longitud	68.5°W
Hora definido como	Hora Legal Huso hor. UT-4	Altitud	178 m
Datos climatológicos:	Puerto Pardo	Síntesis - Meteonorm 6.1	
Variante de simulación : Tesis Puerto Pardo Teorico Final			
	Fecha de simulación	30/08/15 15h58	
Parámetros de la simulación			
Orientación Plano Receptor	Inclinación	20°	Acimut 0°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Measured
Características generador FV			
Módulo FV	Si-mono	Modelo TM-M572180	
		Fabricante Tamesol	
Número de módulos FV	En serie	2 módulos	En paralelo 20 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos	40	Pnom unitaria 180 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC)	7.20 kWp	En cond. funciona. 6.37 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp	64 V	I mpp 100 A
Superficie total	Superficie módulos	51.1 m²	
Factores de pérdida Generador FV			
Pérdidas por polvo y suciedad del generador		Fracción de Pérdidas	3.0 %
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (viento) 0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador	9.7 mOhm	Fracción de Pérdidas 1.3 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de Pérdidas -0.8 %
Pérdidas Mismatch Módulos			Fracción de Pérdidas 1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo 0.05
Parámetro del Sistema	Tipo de sistema	Sistema Aislado	
Batería	Modelo	A602/1415 SOLAR	
	Fabricante	Sonnenschein	
Características del banco de baterías	Tensión	48 V	Capacidad Nominal 1135 Ah
	N° de unidades	24 en serie	
	Temperatura	Fijo (20°C)	
Regulador	Modelo	MPPT 180(4x45)	
	Fabricante	Morningstar	
	Tecnología	MPPT converter	Coef. temp. -5.0 mV/°C/elem.
Convertidor	Eficiencias Máx. y EURO	99.0/97.0 %	
Umbral de Regulación Baterías	Carga	56.6/50.4 V	Descarga 45.6/50.4 V
	Comando de Generador Auxiliar	47.3/51.6 V	
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios media	Constante durante el año 29.0 kWh/Día	

PVsysy Evaluation mode

Traducción sin garantía, Sólo el texto inglés está garantizado.

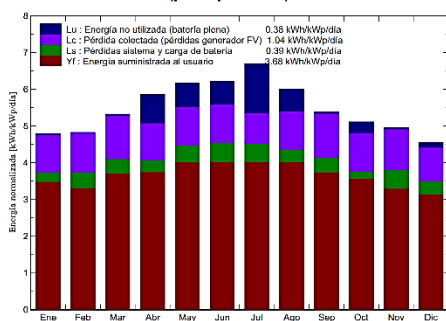
Sistema Aislado: Resultados principales

Proyecto : Proyecto Aislado at Puerto Pardo
Variante de simulación : Tesis Puerto Pardo Teorico Final

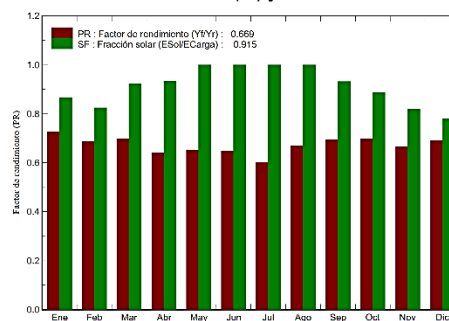
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado
Orientación Campos FV	inclinación	20° acimut 0°
Generador FV	N° de módulos	40 Pnom total 7.20 kWp
Batería	Modelo	A602/1415 SOLAR Tecnología errada, Gel
banco de baterías	N° de unidades	24 Tensión/Capacidad 48 V / 1135 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Constante durante el año global 10.57 MWh/año

Resultados principales de la simulación	Energía disponible	11393 kWh/año	Produc. específico	1582 kWh/kWp/año
Producción del Sistema	Energía utilizada	9672 kWh/año	Exced. (inutilizado)	1009 kWh/año
Pérdida de carga	Factor de rendimiento (PR)	66.9 %	Fracción solar SF	91.5 %
	Fracción de tiempo	9.0 %	Energía faltante	903 kWh/año

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 7.20 kWp



Factor de rendimiento (PR) y Fracción solar SF



Tesis Puerto Pardo Teorico Final Balances y resultados principales

	GlobHor	GlobEff	E Avail	EUused	E Miss	E User	E Load	SolFrac
	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
Enero	166.7	143.0	813	9.4	119.2	778.9	898.1	0.867
Febrero	143.1	130.2	728	0.4	142.3	668.9	811.2	0.825
Marzo	163.7	159.7	899	9.1	68.7	829.5	898.1	0.924
Abril	161.3	171.1	1025	167.5	58.6	810.6	869.2	0.933
Mayo	162.2	186.3	1118	142.2	0.0	898.1	898.1	1.000
Junio	151.9	181.8	1094	134.8	0.0	869.2	869.2	1.000
Julio	170.4	202.6	1289	299.4	0.0	898.1	898.1	1.000
Agosto	165.2	181.3	1086	134.7	0.0	898.1	898.1	1.000
Septiembre	156.2	156.9	879	8.3	59.6	809.6	869.2	0.931
Octubre	164.4	153.2	879	65.5	101.3	796.9	868.1	0.887
Noviembre	164.2	143.3	803	8.9	156.3	712.9	869.2	0.820
Diciembre	158.5	135.6	780	28.7	197.3	700.9	898.1	0.780
Año	1927.7	1945.1	11393	1008.9	903.2	9671.8	10575.0	0.915

Legendas: GlobHor Irradiación global horizontal E Miss Energía faltante
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados E User Energía suministrada al usuario
 E Avail Energía Solar Disponible E Load Necesidad de energía del usuario (Carga)
 EUused Pérdida de energía no utilizada (batería plena) SolFrac Fracción solar (EUtilizada/ECarga)

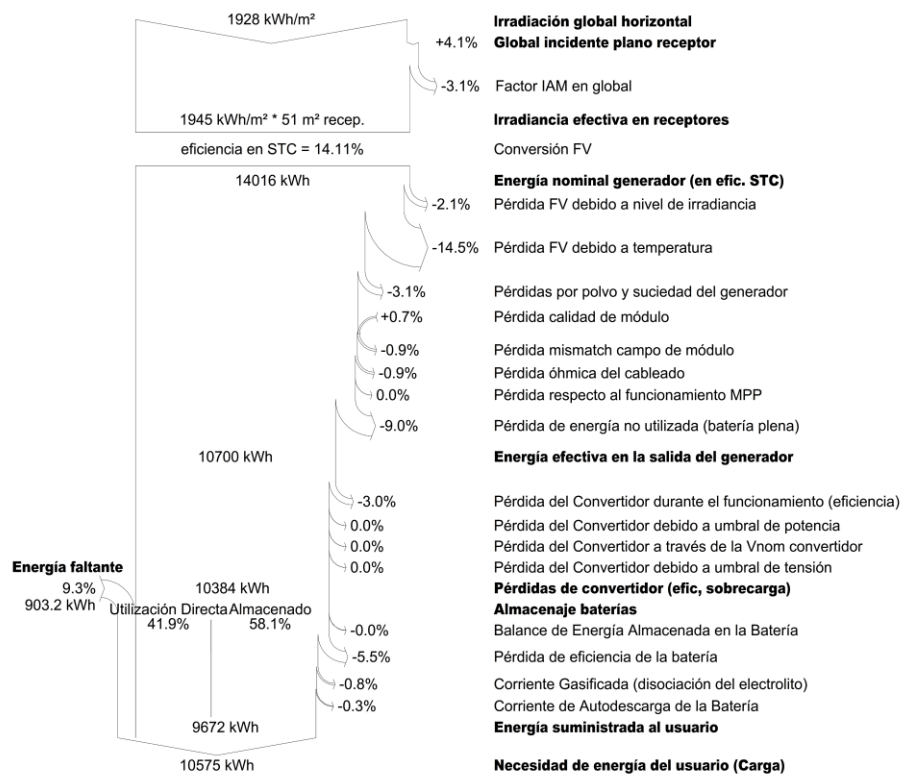
Sistema Aislado: Diagrama de pérdidas

Proyecto : Proyecto Aislado at Puerto Pardo

Variante de simulación : Tesis Puerto Pardo Teorico Final

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado	
Orientación Campos FV	inclinación	20°	acimut 0°
Generador FV	N° de módulos	40	Pnom total 7.20 kWp
Batería	Modelo	A602/1415 SOLAR	Tecnología errada, Gel
banco de baterías	N° de unidades	24	Tensión/Capacidad 48 V / 1135 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Constante durante el año	global 10.57 MWh/año

Diagrama de pérdida durante todo el año



ANEXO 5. INFORME PVSYSY CASO REAL

PVSYSY V6.12		Página 1/3	
Sistema Aislado: Parámetros de la simulación			
Proyecto : Proyecto Aislado at Puerto Pardo			
Lugar geográfico	Puerto Pardo	País	Peru
Ubicación	Latitud 12.5°S	Longitud	68.5°W
Hora definido como	Hora Legal	Altitud	178 m
	Albedo 0.20		
Datos climatológicos:	Puerto Pardo	Síntesis - Meteonorm 6.1	
Variante de simulación : Tesis Puerto Pardo_Real_Final			
	Fecha de simulación	30/08/15 16h50	
Parámetros de la simulación			
Orientación Plano Receptor	Inclinación 20°	Acimut	0°
Modelos empleados	Transposición Perez	Difuso	Measured
Características generador FV			
Módulo FV	Si-mono Modelo TM-M572180		
	Fabricante Tamesol		
Número de módulos FV	En serie 2 módulos	En paralelo	20 cadenas
N° total de módulos FV	N° módulos 40	Pnom unitaria	180 Wp
Potencia global generador	Nominal (STC) 7.20 kWp	En cond. funciona.	6.37 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)	V mpp 64 V	I mpp	100 A
Superficie total	Superficie módulos		51.1 m²
Factores de pérdida Generador FV			
Pérdidas por polvo y suciedad del generador		Fracción de Pérdidas	3.0 %
Factor de pérdidas térmicas	Uc (const) 20.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida Óhmica en el Cableado	Res. global generador 9.7 mOhm	Fracción de Pérdidas	1.3 % en STC
Pérdida Calidad Módulo		Fracción de Pérdidas	-0.8 %
Pérdidas Mismatch Módulos		Fracción de Pérdidas	1.0 % en MPP
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05
Parámetro del Sistema			
	Tipo de sistema	Sistema Aislado	
Batería	Modelo A602/1415 SOLAR		
	Fabricante Sonnenschein		
Características del banco de baterías	Tensión 48 V	Capacidad Nominal	1135 Ah
	N° de unidades 24 en serie		
	Temperatura Fijo (20°C)		
Regulador	Modelo MPPT 180(4x45)		
	Fabricante Morningstar		
	Tecnología MPPT converter	Coef. temp.	-5.0 mV/°C/elem.
Convertidor	Eficiencias Máx. y EURO 99.0/97.0 %		
Umbral de Regulación Baterías	Carga 56.6/50.4 V	Descarga	45.6/50.4 V
	Comando de Generador Auxiliar 47.3/51.6 V		
Necesidades de los usuarios :Cons. domésticos diarios			
	media	Constante durante el año	18.1 kWh/Día

Sistema Aislado: Resultados principales

Proyecto : Proyecto Aislado at Puerto Pardo
Variante de simulación : TESIS Puerto Pardo_Real_Final

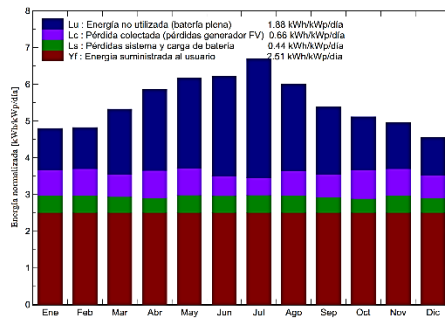
Parámetros principales del sistema

Tipo de sistema	Aislado
Orientación Campos FV	inclinación 20° acimut 0°
Generador FV	N° de módulos 40 Pnom total 7.20 kWp
Batería	Modelo A602/1415 SOLAR Tecnología errada, Gel
banco de baterías	N° de unidades 24 Tensión/Capacidad 48 V / 1135 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios Constante durante el año global 6600 kWh/año

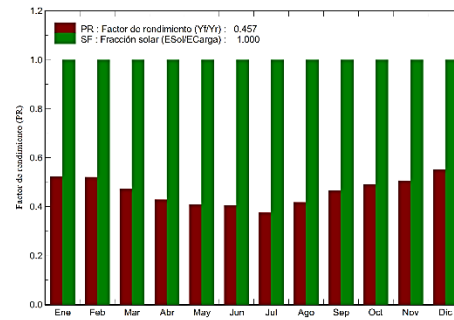
Resultados principales de la simulación

Producción del Sistema	Energía disponible 12434 kWh/año	Produc. específico	1727 kWh/kWp/año
	Energía utilizada	Exced. (inutilizado)	4953 kWh/año
Pérdida de carga	Factor de rendimiento (PR)	45.7 %	Fracción solar SF
	Fracción de tiempo	0.0 %	Energía faltante
			100.0 %
			0 kWh/año

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 7.20 kWp



Factor de rendimiento (PR) y Fracción solar SF



TESIS Puerto Pardo_Real_Final
Balances y resultados principales

	GlobHor	GlobEff	E Avail	EUused	E Miss	E User	E Load	SolFrac
	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
Enero	166.7	143.0	887	251.6	0.000	560.6	560.6	1.000
Febrero	143.1	130.2	801	226.1	0.000	506.3	506.3	1.000
Marzo	163.7	159.7	1029	395.2	0.000	560.6	560.6	1.000
Abril	161.3	171.1	1085	476.5	0.000	542.5	542.5	1.000
Mayo	162.2	186.3	1195	547.0	0.000	560.6	560.6	1.000
Junio	151.9	181.8	1208	584.8	0.000	542.5	542.5	1.000
Julio	170.4	202.6	1371	722.9	0.000	560.6	560.6	1.000
Agosto	165.2	181.3	1174	529.2	0.000	560.6	560.6	1.000
Septiembre	156.2	156.9	1009	398.4	0.000	542.5	542.5	1.000
Octubre	164.4	153.2	941	321.0	0.000	560.6	560.6	1.000
Noviembre	164.2	143.3	888	271.6	0.000	542.5	542.5	1.000
Diciembre	158.5	135.6	847	228.4	0.000	560.6	560.6	1.000
Año	1927.7	1945.1	12434	4952.6	0.000	6600.1	6600.1	1.000

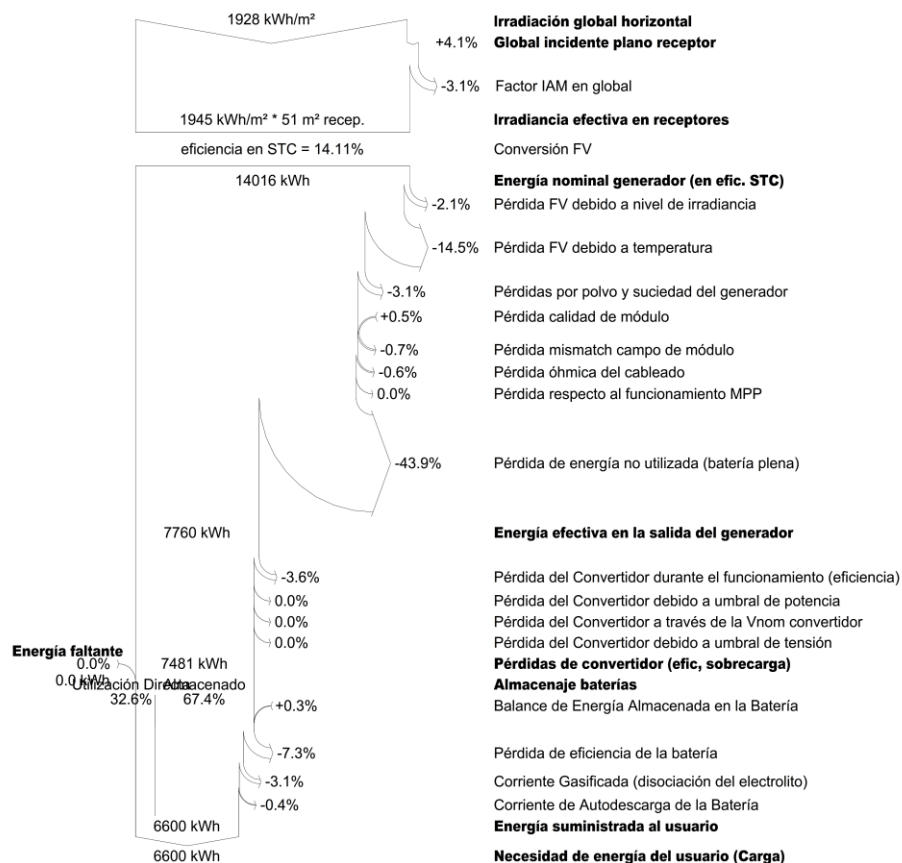
Legendas: GlobHor Irradiación global horizontal E Miss Energía faltante
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados E User Energía suministrada al usuario
 E Avail Energía Solar Disponible E Load Necesidad de energía del usuario (Carga)
 EUused Pérdida de energía no utilizada (batería plena) SolFrac Fracción solar (EUtilizada/ECarga)

Sistema Aislado: Diagrama de pérdidas

Proyecto : Proyecto Aislado at Puerto Pardo
Variante de simulación : Tesis Puerto Pardo_Real_Final

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Aislado	
Orientación Campos FV	inclinación	20°	acimut 0°
Generador FV	N° de módulos	40	Pnom total 7.20 kWp
Batería	Modelo	A602/1415 SOLAR	Tecnología errada, Gel
banco de baterías	N° de unidades	24	Tensión/Capacidad 48 V / 1135 Ah
Necesidades de los usuarios	Cons. domésticos diarios	Constante durante el año	global 6600 kWh/año

Diagrama de pérdida durante todo el año



ANEXO 6. CALCULO DE TIEMPO DE REPOSICIÓN DE BATERÍAS

Las baterías A602/1415 SOLAR tienen el siguiente comportamiento del ciclado en función de la Profundidad de descarga a una temperatura ambiental promedio de 20°C.

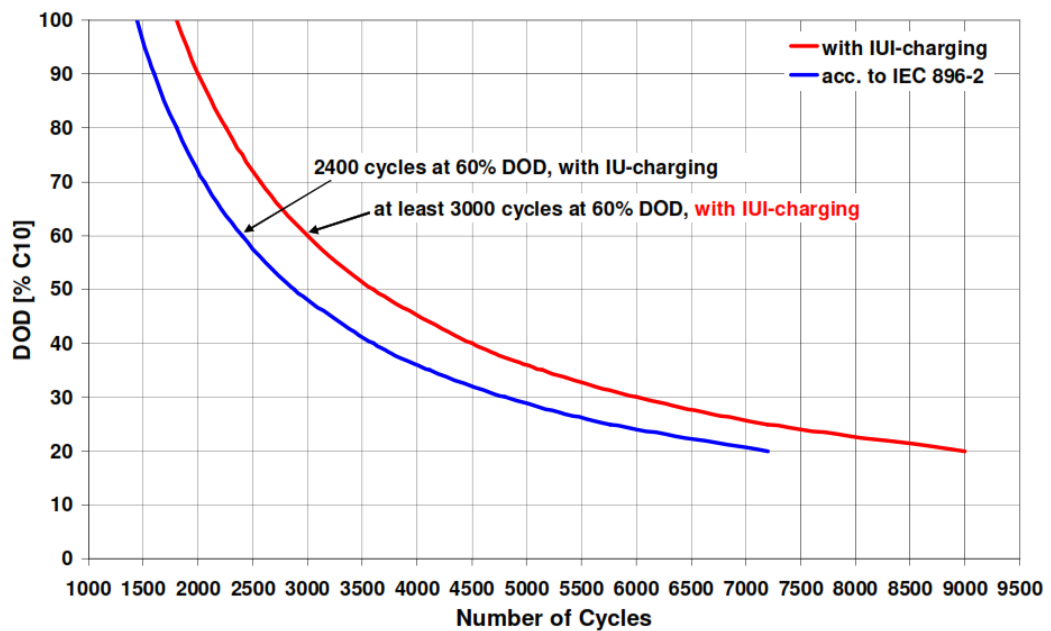


Figura Anexo 3-1. Curva Profundidad de descarga Vs Número de Ciclos.

(Fuente: Exide-Sonnenschein).

A una temperatura distinta de la nominal, el ciclado de la batería tiene el siguiente comportamiento, la cual indica que se reduce el número de ciclos al aumentar la temperatura del ambiente.

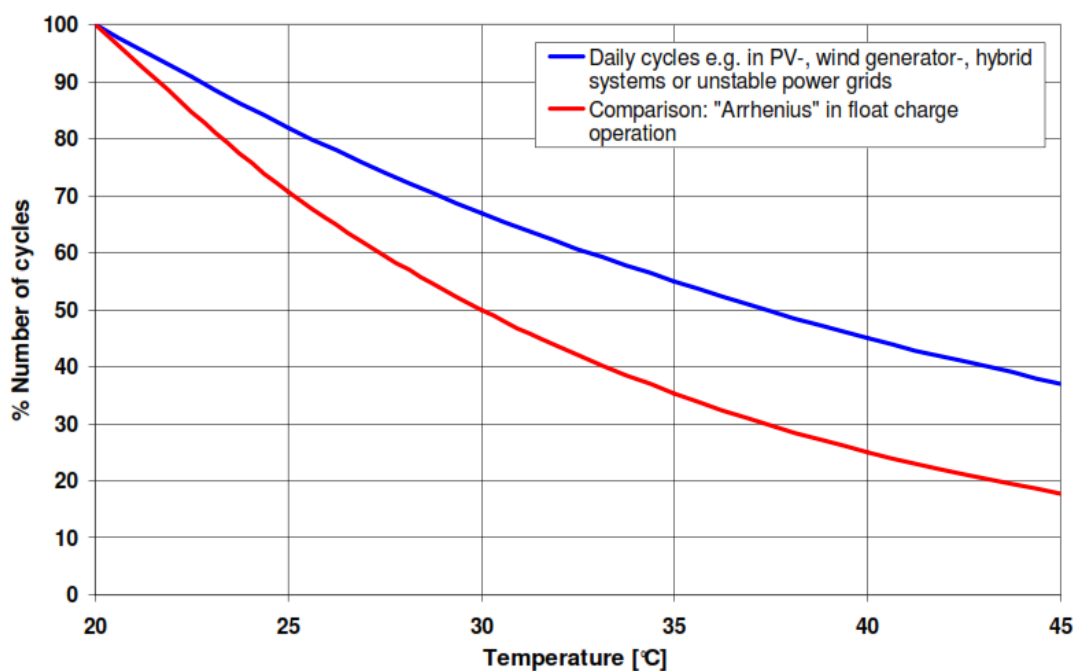


Figura Anexo 3-2. Curva % Número de Ciclos Vs Temperatura.

(Fuente: Exide-Sonnenschein).

Para el Caso Teórico, de la Tabla 5 obtenemos que la energía proporcionada al usuario es de aproximadamente 26.5 kWh/día y de la figura 4.4 se obtiene que el 58% de esta carga es proporcionada por el banco de baterías.

Con estos datos obtenemos la siguiente información

Demanda Suministrada (kWh/día)	58% Batería (kWh/día)	Capacidad Extraída (Ah)	% Ciclado
26.5	15.4	320.2	28%

Utilizando las gráficas de las baterías podemos aproximar lo siguiente:

Ciclos a 20° C	Ciclos a 27° C (Ciclos 20°C * 0.75)	Años a 27°C
5058.94	3794.20	10.39

Por lo que se puede concluir que la duración del banco de baterías para el caso teórico es de aproximadamente 10 años.

Para el Caso Real, de la Tabla 7 obtenemos que la energía proporcionada al usuario es de aproximadamente 18.0 kWh/día y de la figura 4.6 se obtiene que el 67.4% de esta carga es proporcionada por el banco de baterías.

Con estos datos obtenemos la siguiente información

Demanda Suministrada (kWh/día)	58% Batería (kWh/día)	Capacidad Extraída (Ah)	% Ciclado
18.0	12.6	251.3	22%

Utilizando las gráficas de las baterías podemos aproximar lo siguiente:

Ciclos a 20° C	Ciclos a 27° C (Ciclos 20°C * 0.75)	Años a 27°C
6442.74	4832.05	13.24

Por lo que se puede concluir que la duración del banco de baterías para el caso teórico es de aproximadamente 13 años.