



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE SUFICIENCIA

**ENERGÍA FOTOVOLTAICA COMO ALTERNATIVA
PARA PROMOVER EL ACCESO UNIVERSAL A LA
ENERGÍA EN LA PROVINCIA DE HUAYTARA,
DEPARTAMENTO DE HUANCVELICA, PERÚ, 2017**

Presentada por el Bachiller:

ALFARO MARROQUÍN. Deysi Alexandra

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental

LIMA – PERÚ

2017

DEDICATORIA

Dedicado especialmente a mi madre, por ser el pilar de mi vida, mi guía y fortaleza, cuyo apoyo incondicional me impulsa a seguir adelante.

Deysi Alexandra

AGRADECIMIENTO

Agradezco a especialmente a Dios por darme la oportunidad de vivir y ser mejor cada día. Asimismo, quiero agradecer a la Universidad Alas Peruanas por brindarme el conocimiento necesario para el desarrollo en el presente trabajo de suficiencia.

Deysi Alexandra.

RESUMEN

El Fondo de Inclusión Social Energético (FISE) lleva a cabo la implementación del Programa Masivo Fotovoltaico para zonas aisladas, con el objetivo de brindar acceso a la energía eléctrica a hogares rurales a través del uso de paneles fotovoltaicos en áreas no conectadas a redes eléctricas, lo que permitirá mejorar la calidad de vida de la población en los ámbitos de educación, salud y comunicación. En este sentido, en el presente trabajo de suficiencia se evalúa la viabilidad técnica y social de la utilización de la energía fotovoltaica como una tecnología madura para promover el acceso universal a la energía en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica, considerando disponibilidad, capacidad y ventaja del recurso energético en esta región del país.

Palabras Clave: Acceso a la energía eléctrica, áreas no conectadas a red, calidad de vida, disponibilidad y ventaja del recurso energético.

ABSTRACT

The Social Inclusion Energy Fund (FISE) undertook the implementation of the "Photovoltaic massive program to remote areas", with the aim of providing access to electricity to rural households energy through the use of photovoltaic panels in areas not connected to power grids, which will improve the quality of life of the population in the areas of education, health and communication. In this sense, the present work sufficiency technical and social viability of using photovoltaic energy as a mature technology to promote universal access to energy in the province of Huaytara, Huancavelica is evaluated, considering availability, and advantage of energy resources in this region.

Key words: Access to electricity, areas not connected to the grid, quality of life, availability and advantage of the energy resource.

.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INDICE DE CONTENIDOS	6
INDICE DE TABLAS	8
INDICE DE FIGURAS	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LA EMPRESA	13
1.1. Antecedentes de la empresa	13
1.2. Perfil de la empresa	14
1.3. Actividades de la empresa	15
1.3.1. Misión	15
1.3.2. Visión	16
1.3.3. Objetivos	16
1.4. Organización actual de la empresa	17
1.5. Descripción del entorno de la empresa	18
Capítulo II: REALIDAD PROBLEMÁTICA	21
2.1. Descripción de la realidad problemática	21
2.2. Análisis del problema	23
2.3. Objetivo del proyecto	24
Capítulo III: DESARROLLO DEL PROYECTO	26
3.1. Proyecto	26
3.1.1. Descripción	26

3.1.2. Desarrollo del Proyecto	27
3.1.3. Presupuesto del proyecto	50
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
GLOSARIO DE TÉRMINOS	61
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Ranking de distritos ordenados jerárquicamente por pobreza.	32
TABLA 2. Estándares mínimos en el uso final de la energía para la satisfacción de las necesidades humanas.	37
TABLA 3. Requerimiento de energía eléctrica de pobladores rurales.	37
TABLA 4. Número de viviendas rurales beneficiarias.	38
TABLA 5. Energía y potencia requerida (ET).	39
TABLA 6. Principales características de los paneles solares.	41
TABLA 7. Número de paneles requeridos según tipo.	42
TABLA 8. Factor de cobertura solar del proyecto (F).	43
TABLA 9. Principales características de las baterías.	45
TABLA 10. Cantidad de baterías.	45
TABLA 11. Especificaciones conductores RH-2-AWG/MCM cable bipolar.	48
TABLA 12. Componentes del sistema fotovoltaico.	49
TABLA 13. Materiales por vivienda rural.	50
TABLA 14. Presupuesto por Materiales.	50
TABLA 15. Presupuesto por mano de obra (incluye equipos para la instalación).	51
TABLA 16. Presupuesto por Transporte.	51
TABLA 17. Costo Total Directo.	51
TABLA 18. Costos Indirectos.	52

TABLA 19. Costo Total.	52
TABLA 20. Actividades por Mantenimiento Preventivo.	53
TABLA 21. Actividades por Mantenimiento Correctivo y tasa de falla.	53
TABLA 22. Presupuesto por Mantenimiento Anual.	54
TABLA 23. Presupuesto de Mantenimiento.	54
TABLA 24. Costos Totales.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Estructura organizacional del FISE.	18
FIGURA 2. Lineamientos de gestión del FISE.	19
FIGURA 3. Uso de combustibles que utilizan los hogares para cocinar, por regiones.	22
FIGURA 4. Componentes de un sistema fotovoltaico.	27
FIGURA 5. Mapa de la provincia de Huaytara.	28
FIGURA 6. Mapa solar región Huancavelica.	29
FIGURA 7. Irradiación global media del departamento de Huancavelica (Datos en kWh/m ² -día).	30
FIGURA 8. Viviendas particulares con ocupantes presentes, por disponibilidad de alumbrado eléctrico, según vivienda.	31
FIGURA 9. Viviendas particulares con ocupantes presentes, por disponibilidad de alumbrado eléctrico, según población.	31
FIGURA 10. Redes de media y alta tensión existentes en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica.	33
FIGURA 11. Redes de media y alta tensión existentes, en ejecución y en proyecto en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica.	34
FIGURA 12. Centros poblados en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica.	35
FIGURA 13. Cocinas mejoradas, departamento de Huancavelica.	36
FIGURA 14. Factor de cobertura solar mensual del proyecto.	44

INTRODUCCIÓN

El proyecto titulado “Energía Fotovoltaica como una alternativa para promover el acceso universal a la energía en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica, Perú, 2017” se elaboró sobre la base de la bibliografía especializada encontrada y las herramientas metodológicas planteadas por diversas instituciones, entre las que tenemos al proyecto FISE, el SENAMHI, el INEI, entre otros; a partir de los cuales se evaluó la potencialidad de la energía fotovoltaica para promover el acceso universal a la energía de la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica.

Ahora bien, se ha elegido el departamento de Huancavelica¹ por cuanto constituye el grupo de departamentos con mayor incidencia de pobreza, la cual fluctúa entre 52.3% y 47.4%. Asimismo, según el FISE² es una de las regiones que utiliza con mayor frecuencia la leña como fuente de energía (62%), seguido de gas GLP (22%) y otros (16%).

De otro lado, de conformidad con lo establecido en el numeral 7.3 del Plan de Acceso Universal a la Energía 2013-2022, la ampliación de la frontera energética se realizará mediante programas de expansión de la red eléctrica, dentro de los cuales se encuentran los programas de sistemas fotovoltaicos rurales, considerando para ello las necesidades humanas básicas y

¹ Constituye el grupo de departamentos con mayor índice de pobreza junto con Amazonas, Ayacucho y Cajamarca.

² Artículo Académico, Propuesta Metodológica para el logro del acceso universal a la energía en el Perú, Año 3 – N° 2 – Abril 2017. Proyecto FISE – Osinergmin. Pág. 12.

concretas (salud, educación y otros), la factibilidad técnica en el uso del recurso energético y la viabilidad económica del mismo.

Es de precisar, que en el presente trabajo se pretende evaluar únicamente la sustentabilidad técnica y social de la utilización de la energía fotovoltaica como una tecnología madura para promover el acceso universal a la energía en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica, considerando disponibilidad, capacidad y ventaja del recurso energético en esta región del país, todo lo cual se somete a la consideración del jurado, para su evaluación y recomendaciones.

La Autora.

Capítulo I

Generalidades de la Empresa

1.1. Antecedentes de la empresa

El Fondo de Inclusión Social Energético (en adelante, FISE) fue creado en el año 2012 mediante la Ley N° 29852, Ley que crea el Sistema de Seguridad Energética en Hidrocarburos y el Fondo de Inclusión Social Energético³, como un sistema de compensación energética que permite brindar seguridad al sistema energético nacional, así como de compensación social y de servicio universal a los sectores más vulnerables de la población.

De conformidad con el artículo 9 de la referida Ley, el encargado de administrar el FISE es el Ministerio de Energía y Minas; sin embargo, se encargó al Osinergmin, en adición a las funciones de regulación y supervisión de los sectores de energía y minería, de manera transitoria la administración del FISE, inicialmente por dos años (Ley N° 29852) y prorrogándose hasta el 12 de abril del 2017 (Ley N° 30114, Ley de Presupuesto del Sector Público para el año Fiscal 2014⁴).

Ahora bien, mediante el Decreto Supremo N° 021-2012-EM⁵ se reglamentó de la Ley N° 29852, estableciéndose las disposiciones para su aplicación, tales como los criterios de focalización de usuarios FISE, la forma de aplicación de los recargos por aportes al FISE, la

³ Publicada en el diario oficial "El Peruano" con fecha 13 de abril de 2012.

⁴ Publicada en el diario oficial "El Peruano" el 02 de diciembre del 2013.

⁵ Publicada en el diario oficial "El Peruano" el 09 de junio del 2012.

implementación de las actividades para alcanzar los fines del FISE y en especial las relacionadas con el desarrollo de nuevos suministros y/o concesiones en la frontera energética.

Por su parte, con la dación de la Ley N° 29969 también en el ejercicio 2012, se dictó disposiciones orientadas a expandir la frontera energética en los segmentos vulnerables de la población, es decir, acercar la energía a las localidades o centros poblados que no cuentan con suministro energético, mediante suministros de hidrocarburos, gas natural, renovables, entre otros, para los usos finales en iluminación, cocción, calefacción, refrigeración y/o usos productivos.

Con el fin de fortalecer esta nueva estrategia de desarrollo, el Estado Peruano aprobó el Plan de Acceso Universal a la Energía 2013 - 2022, logrando establecer finalmente una política energética a nivel nacional y a largo plazo.

En el año 2015, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), planteó los nuevos Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) donde incluye como su séptimo objetivo el garantizar a la población una energía asequible y sostenible, reconociendo a nivel mundial la importancia del acceso a la energía.

En ese contexto, como parte del de la ampliación de la frontera energética, el MEM aprobó la ejecución del Programa Masivo Fotovoltaico para zonas aisladas no conectadas a la red, a través del Programa Anual de Promociones 2016, comprometiendo un monto de S/ 12,351,009.00 (doce millones trescientos cincuenta y un mil nueve, con 00/100 Soles) para su ejecución hasta finalizar el periodo en mención.

1.2. Perfil de la empresa

El FISE es un un sistema de compensación energética, que permite brindar seguridad al sistema, así como, un esquema de compensación social y de servicio universal para los sectores más vulnerables de la población. Asimismo, sus fines están orientados a mitigar la

pobreza energética del país y el desarrollo de infraestructura en materia de energía, lo que contribuirá a mejorar la calidad de vida de la población vulnerable del país

Para el cumplimiento de estos fines, el FISE cuenta con los siguientes recursos para su financiamiento:

- Recargo en la facturación mensual para los usuarios libres de electricidad de los sistemas interconectados definidos como tales por el Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley 25844, a través de un cargo equivalente en energía aplicable en las tarifas de transmisión eléctrica.
- Recargo al transporte por ductos de los productos líquidos derivados de hidrocarburos y líquidos de gas natural, equivalente a US\$ 1.00 por barril a los mencionados productos. El recargo se aplicará en cada venta primaria que efectúen los productores e importadores.
- Recargo equivalente a US\$ 0,055 por MPC (Miles de Pies Cúbicos) en la facturación mensual de los cargos tarifarios de los usuarios del servicio de transporte de gas natural por ductos.

Con lo recaudado el FISE puede llevar a cabo la ejecución de sus fines a través de diversos proyectos energéticos establecidos por el Ministerio de Energía y Minas, en beneficio de más peruanos.

1.3. Actividades de la empresa

1.3.1. Misión

Administrar técnica y eficientemente el Fondo de Inclusión Social Energético, para que sus recursos promuevan efectivamente el servicio universal energético, priorizando a las poblaciones vulnerables.

1.3.2. Visión

Al 2017, consolidar una administración eficiente y efectiva para contribuir al logro del acceso universal a la energía, constituyéndonos como referente del sector energético nacional e internacional.

1.3.3. Objetivos

El FISE tiene cuatro grandes propósitos para lograr el acceso universal a la energía de la población, los cuales son:

A. La masificación del gas natural para viviendas y vehículos.

El fondo debe promover la promoción y el acceso de la población al uso del gas natural (GN), gas natural vehicular (GNV) y gas natural licuado (GNL); el cual será abastecido en el país a través de ductos tradicionales o ductos virtuales.

B. La ampliación de la frontera energética utilizando energías renovables.

Se promueve el uso de fuentes de energías y tecnologías que aprovechen el recurso energético disponible del lugar. Es decir, buscará cubrir de manera eficiente las necesidades energéticas de toda la población para contar con iluminación, comunicación, cocción, calefacción, refrigeración y usos productivos. En el desarrollo de este propósito se podrá ver la realización de proyectos relacionados a la instalación de paneles solares, implementación de biodigestores, instalación de calefactores y otros; los cuales tendrán por objetivo utilizar la energía de manera integral y sostenible.

C. La promoción para el acceso al GLP (balones de gas doméstico) en los sectores vulnerables urbanos y rurales.

El fondo deberá promocionar el uso del gas licuado de petróleo (GLP) y realizar las actividades necesarias para que la población en situación de vulnerabilidad pueda acceder a

este; todo ello con la finalidad de promover el reemplazo del uso de la leña, bosta y otros combustibles contaminantes y dañinos para la salud.

D. El mecanismo de compensación de la tarifa eléctrica residencial.

Este mecanismo considera la compensación del cargo fijo y/o el cargo por energía de la opción tarifaria BT5B y otras opciones tarifarias aplicables a los usuarios residenciales en todos los sistemas eléctricos del país.

1.4. Organización actual de la empresa

La Administración FISE ha sido organizado en dos divisiones:

A. La División de Operaciones, encargada de los procesos de gestión de recaudos, transferencias y desembolsos de los recursos del FISE.

B. La División de Desarrollo de Proyectos y Estudios, encargada de desarrollar y liderar los procesos de planeamiento, gestión de proyectos, comunicación e imagen, así como los estudios de impacto del FISE.

Asimismo, cuenta con órganos de apoyo. Estos son:

- i) Soporte administrativo.
- ii) Soporte legal y,
- iii) Soporte tecnológico.

La estructura organizacional del FISE se presenta a continuación:

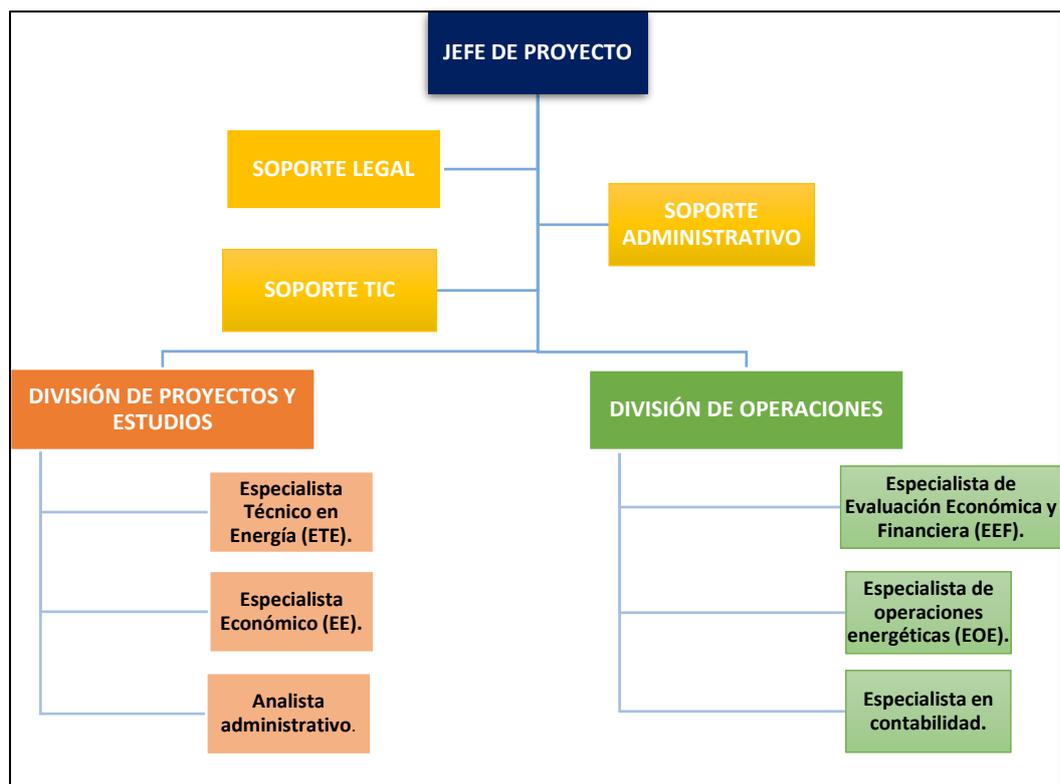


Figura 1: Estructura Organizacional del FISE. *Fuente:* Proyecto FISE (2014).

1.5. Descripción del entorno de la empresa

El FISE está destinado a expandir la frontera energética en los segmentos vulnerables de la población, es decir, acercar la energía a las localidades o centros poblados que no cuentan con suministro energético, mediante suministros de hidrocarburos, gas natural, renovables, entre otros, para los usos finales en iluminación, cocción, calefacción, refrigeración y/o usos productivos.

1.5.1. Beneficiarios

Los proyectos energéticos financiados por el FISE están dirigidos a personas que pertenecen al sector vulnerable del Perú, ya sea en el sector rural o rural-urbano. En el caso particular de la ampliación de la frontera energética, este programa tiene como beneficiarios a

los hogares, escuelas y postas médicas ubicados en centros poblados alejados y dispersos del país, que no cuenten con electricidad por red pública.

1.5.2. Lineamientos de Gestión

El FISE, bajo la administración de Osinergmin, desarrolla una serie de acciones que le permiten identificar oportunidades de mejora para la optimización de su gestión, gracias a estas actividades continuas se han podido ejecutar con éxito los diversos proyectos y programas encomendados.

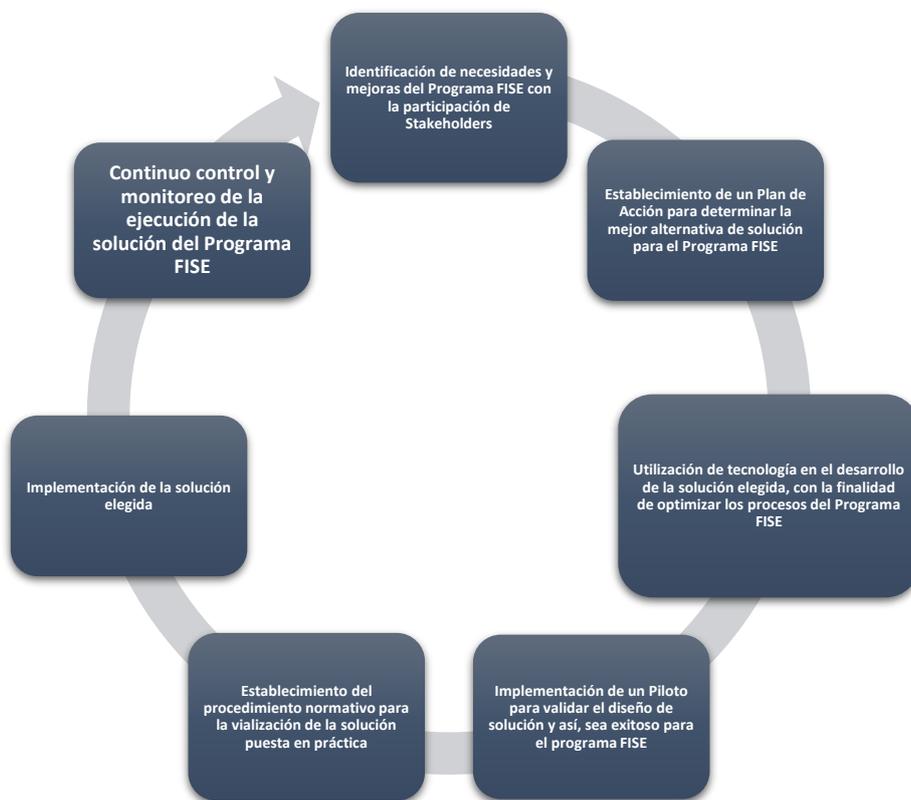


Figura 2: Lineamientos de Gestión del FISE. Fuente: Proyecto FISE (2014).

1.5.3. Programa Masivo Fotovoltaico

El Programa Masivo Fotovoltaico para zonas aisladas no conectadas a red tiene el objetivo de brindar acceso a la energía eléctrica a través del uso de paneles fotovoltaicos, conocidos también como paneles solares.

El desarrollo del programa inició cuando el Osinergmin, por encargo del Ministerio de Energía y Minas, realizó el concurso público bajo la modalidad de subasta denominada Suministro de Electricidad con Recursos Energéticos Renovables en Áreas No Conectadas a Red. Este concurso, iniciado en septiembre del año 2013, culminó con la adjudicación de la buena pro a Ergon Perú S.A.C. el 07 de noviembre del año 2014 y con la suscripción de los Contratos de Inversión el 30 de abril del año 2015.

Capítulo II

Realidad Problemática

2.1. Descripción de la Realidad Problemática

El Perú, según el reporte sobre Desarrollo Humano 2015 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se encuentra en el puesto 84 de 187 países, con un Índice de Desarrollo Humano de 0.734, ubicándose ligeramente por debajo del promedio (0.744).

Ahora bien, según el INEI en el caso del acceso al alumbrado eléctrico por red pública, en el 2014 se estimaba un 92.9% de cobertura, una cifra bastante alentadora; sin embargo, la situación se desdibuja cuando hablamos del sector rural, donde tan sólo se alcanzaría un 75.5% de acceso.

Asimismo, el 84,0% de los hogares pobres y el 96,0% de los hogares no pobres tienen energía eléctrica por red pública. El 9,8% de los hogares pobres todavía utilizan la vela para alumbrarse.

La situación es preocupante, por cuanto, tenemos casi un 25% de la población rural que no tiene acceso al alumbrado eléctrico, lo cual aunado a la carencia de infraestructura, problemas de comunicación, carencia de una adecuada dotación de servicios de educación,

salud, conocimientos productivos (capital humano), dificulta el crecimiento y desarrollo de las zonas rurales.

Ahora bien, según el Informe Técnico Evaluación de la Pobreza Monetaria 2009-2014 el departamento de Huancavelica constituye el grupo de departamentos con mayor incidencia de pobreza, la cual fluctúa entre 52.3% y 47.4%. Asimismo, según el FISE es una de las regiones que utiliza con mayor frecuencia la leña como fuente de energía (62%).

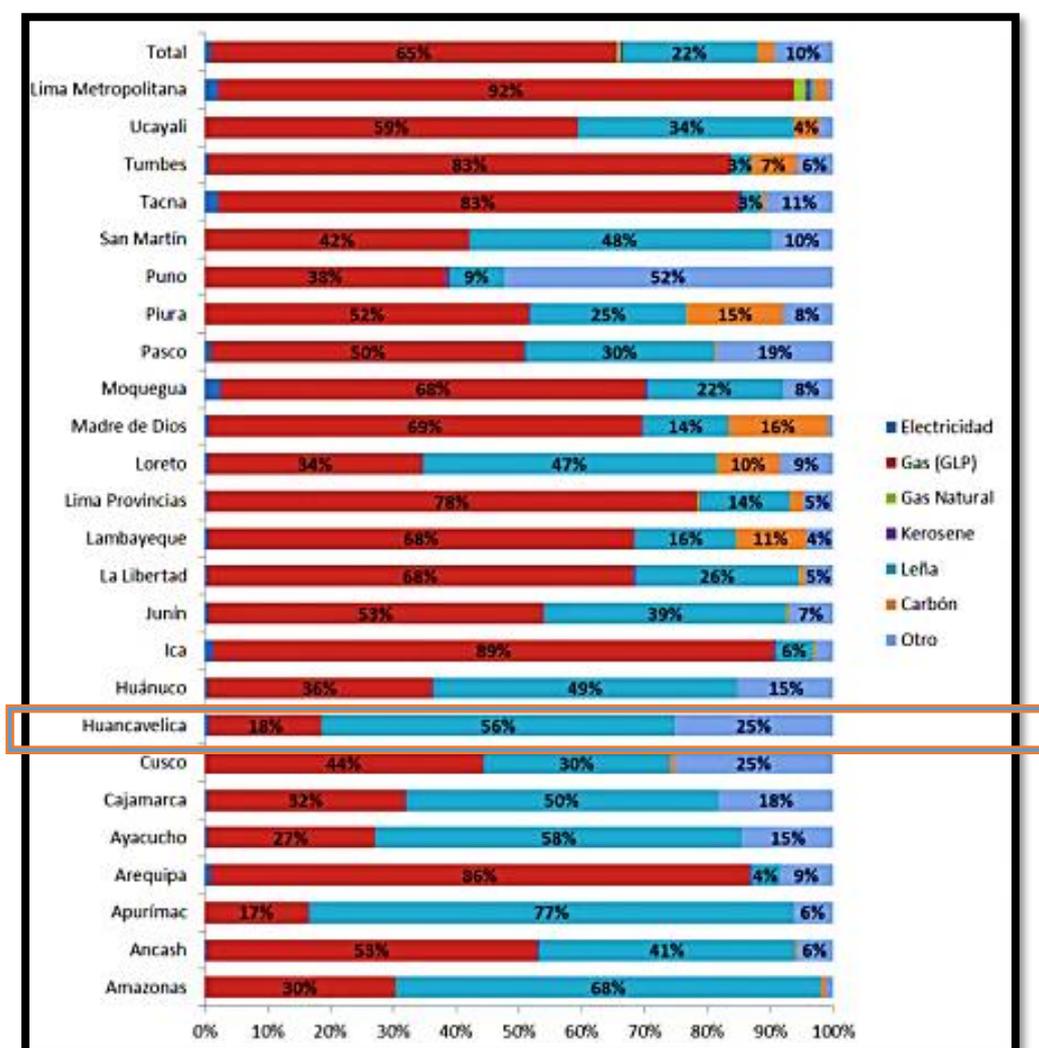


Figura 3. Uso de combustibles que utilizan los hogares para cocinar, por regiones.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, ENAHO 2012.

Elaborado: Oficina de Estudios Económicos – Osinermin, 2013.

En tal sentido, la región de Huancavelica es una de las regiones más pobres del país y que según el FISE⁶ contiene a los distritos más pobres y vulnerables en variables socio-económicas, entre los cuales se encuentra la provincia de Huaytará, la cual presenta serias brechas en la provisión de los servicios de energía.

Por lo cual, considerando las limitaciones para el acceso universal a la energía de los sectores rurales, resulta necesario evaluar la factibilidad técnica del uso de los sistemas fotovoltaicos en la provincia de Huaytará a efecto de promover el acceso universal a la energía.

2.2. Análisis del Problema

El desarrollo de infraestructura energética requiere de una institucionalidad que garantice la sostenibilidad de los servicios energéticos. En este contexto, la Ley de Concesiones Eléctricas cuya puesta en vigencia se produjo con la implementación de las reformas regulatorias (1993) es claramente promotor de las inversiones privadas; por ello, las áreas geográficas que acumulan una razonable densidad de consumo de electricidad han sido un mercado atractivo para las empresas privadas.

Es importante señalar que las empresas privadas solicitan la concesión eléctrica para desarrollar actividades energéticas, en la medida que identifiquen oportunidad de negocio con las reglas existentes. En esta línea, las áreas geográficas que correspondan a mercados incipientes en las que no es factible el funcionamiento y la operación de las empresas de servicio público privado, no tienen la cobertura del servicio.

En consecuencia, en nuestro país el acceso universal a los servicios públicos de energía es un problema que esta muy ligado a las poblaciones ubicadas en áreas geográficas dispersas

⁶ Artículo Académico, Propuesta Metodológica para el logro del acceso universal a la energía en el Perú, Año 3 – N° 2 – Abril 2017. Proyecto FISE – Osinergmin. Pág. 32.

y con bajo nivel adquisitivo, en las que los incentivos diseñados para mercados consolidados no ofrece oportunidad concreta.

Por lo tanto, la labor de aseguramiento le corresponde en un primer nivel al estado, quien debe asumirla con recursos propios o mediante cualquier otro mecanismo (subsidios cruzados, obligaciones de servicio universal, fondos de servicio universal, etc). Asimismo, el desarrollo de infraestructura para el acceso universal a los servicios energéticos no debe estar anclado únicamente a la ampliación de las redes eléctricas convencionales, sino a todas las opciones tecnológicas que permitan cumplir los objetivos del acceso universal, entre ellas, los sistemas de autoabastecimiento con paneles fotovoltaicos.

De otro lado, debe considerarse que los paneles fotovoltaicos, producen energía gratuita –sin considerar el costo de inversión–, son fácilmente adaptables a cualquier tipo de vivienda, no dependen de redes eléctricas en media o baja tensión y no producen gases contaminantes, ruidos, o residuos.

En tal sentido, resulta necesario determinar si tomando en cuenta las necesidades energéticas de la población estudiada y el aspecto técnico es posible plantear a la energía fotovoltaica como una alternativa viable para el acceso universal a la energía de la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica.

2.3. Objetivos del Proyecto.

2.3.1. Objetivo general.

Determinar si la Energía Fotovoltaica constituye una alternativa viable para promover el acceso universal a la energía en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica, Perú, 2017.

2.3.2. Objetivos específicos.

- A. Determinar el nivel de demanda energética de la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica, Perú, 2017.
- B. Determinar el potencial de la energía fotovoltaica en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica, Perú, 2017.
- C. Determinar el presupuesto estimado para la instalación de paneles fotovoltaicos para la satisfacción de la demanda energética en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica, Perú, 2017.
- D. Determinar el costo estimado mensual de la energía a ser asumida por los usuarios de la la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica, Perú, 2017.

Capítulo III

Desarrollo del Proyecto

3.1. Proyecto

Energía fotovoltaica como alternativa para promover el acceso universal a la energía en la provincia de Huaytara, departamento de Huancavelica, Perú, 2017.

3.1.1. Descripción

El presente proyecto pretende promover el acceso universal a la energía en la provincia de Huaytara, departamento de Huancavelica, mediante un sistema fotovoltaico autoabastecedor, es decir, un módulo fotovoltaico que genera la energía eléctrica necesaria en el suministro de cada vivienda, para lo cual se evaluó la demanda energética de la zona de estudio, asimismo, se tomo en consideración que las viviendas en las cuales se aplicará el proyecto no contaban con suministro eléctrico convencional.

Asimismo, con la finalidad de evaluar la potencialidad de la energía fotovoltaica para lograr el objetivo del acceso universal a la energía de la zona de estudio, se evaluó las características físicas y climatológicas de la zona de estudio, proyectándose el sistema fotovoltaico autoabastecedor necesario para suministrar de la energía eléctrica mínima necesaria para cada una de las viviendas seleccionadas.

Finalmente, conviene precisar que cada sistema fotovoltaico autoabastecedor tendrá minimamente los componentes que se presentan en la figura siguiente:

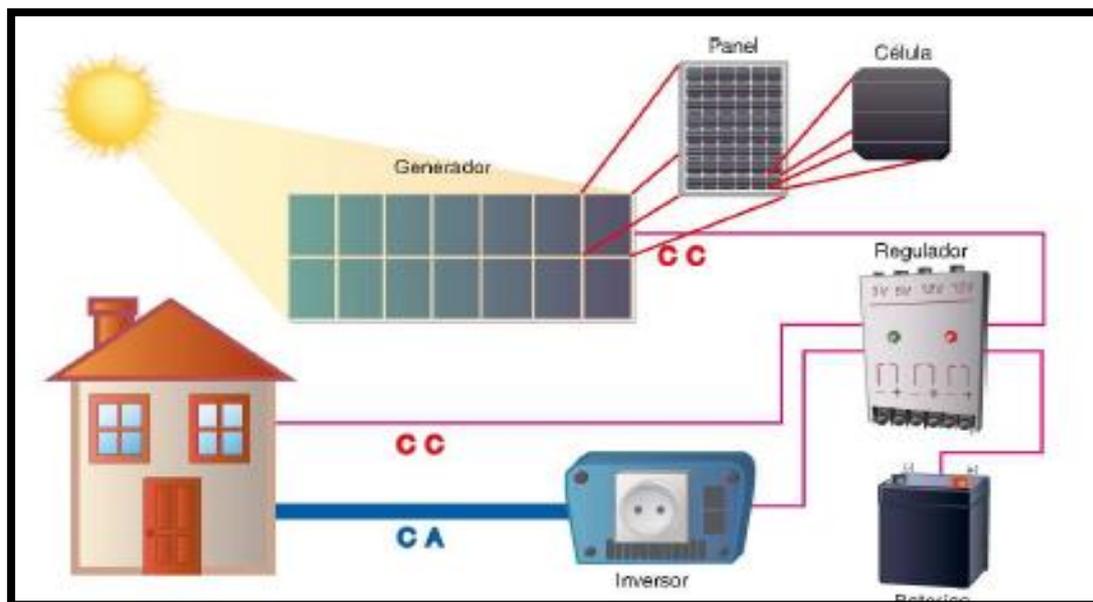


Figura 4. Componentes de un Sistema Fotovoltaico. Fuente: Chávez Guerrero, Mónica Alejandra. "Proyecto De Factibilidad Para Uso De Paneles Solares En Generación Fotovoltaica De Electricidad En El Complejo Habitacional "San Antonio De Riobamba". (2012).

3.1.2. Desarrollo del Proyecto

A. Descripción de la zona de estudio

La Provincia de Huaytará es una de las siete provincias que conforman el departamento de Huancavelica, tiene 16 distritos y su capital es la ciudad de Huaytará, ubicada en la zona de los andes centrales del Perú, limitando por el norte con la Provincia de Castrovirreyna, la Provincia de Huancavelica y la Provincia de Angaraes; por el sur y por el este con el departamento de Ayacucho; y, por el sur y por el oeste con el departamento de Ica.

Tiene una extensión de 6 458,39 kilómetros cuadrados y una población aproximada de 23 247 habitantes (censo INEI 2007).

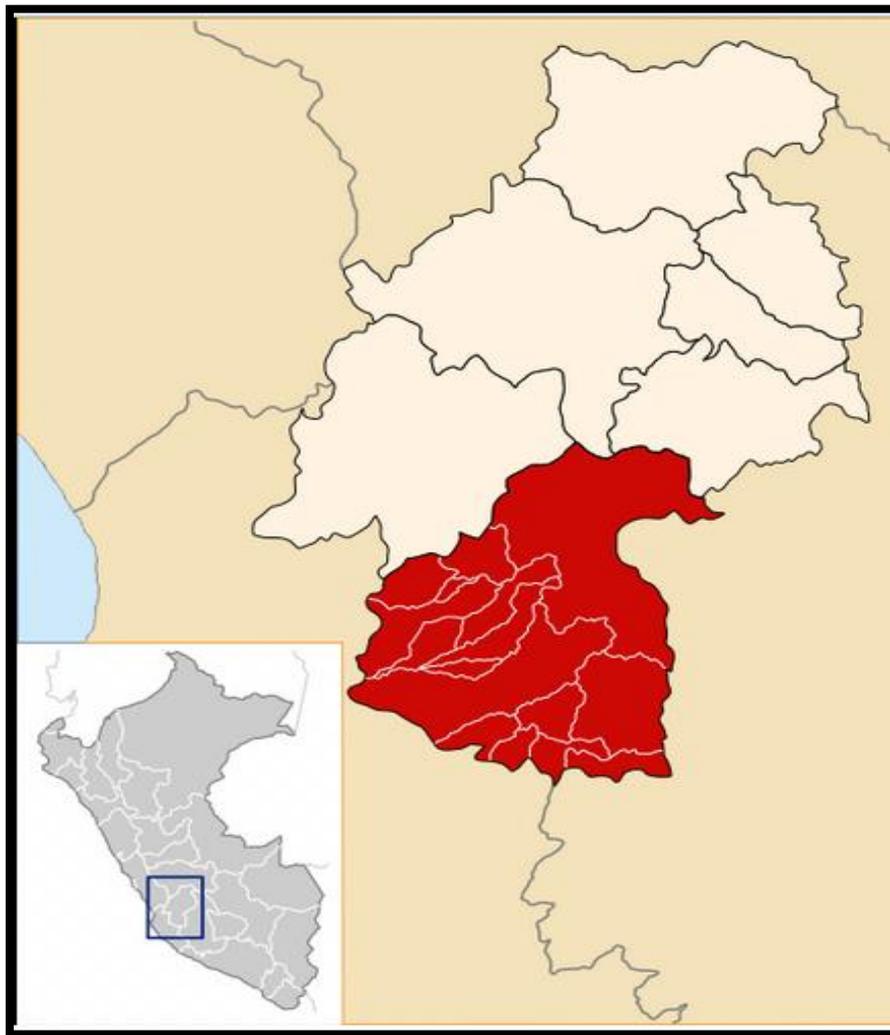


Figura 5. Mapa De la provincia de Huaytara. *Fuente:* Extraida de Wikipedia.Org.

B. Determinación del Potencial de Recurso Solar

Para determinar la incidencia de irradiación solar promedio utilizamos los mapas solares del departamento de Huancavelica, cuyos datos se detallan a continuación:

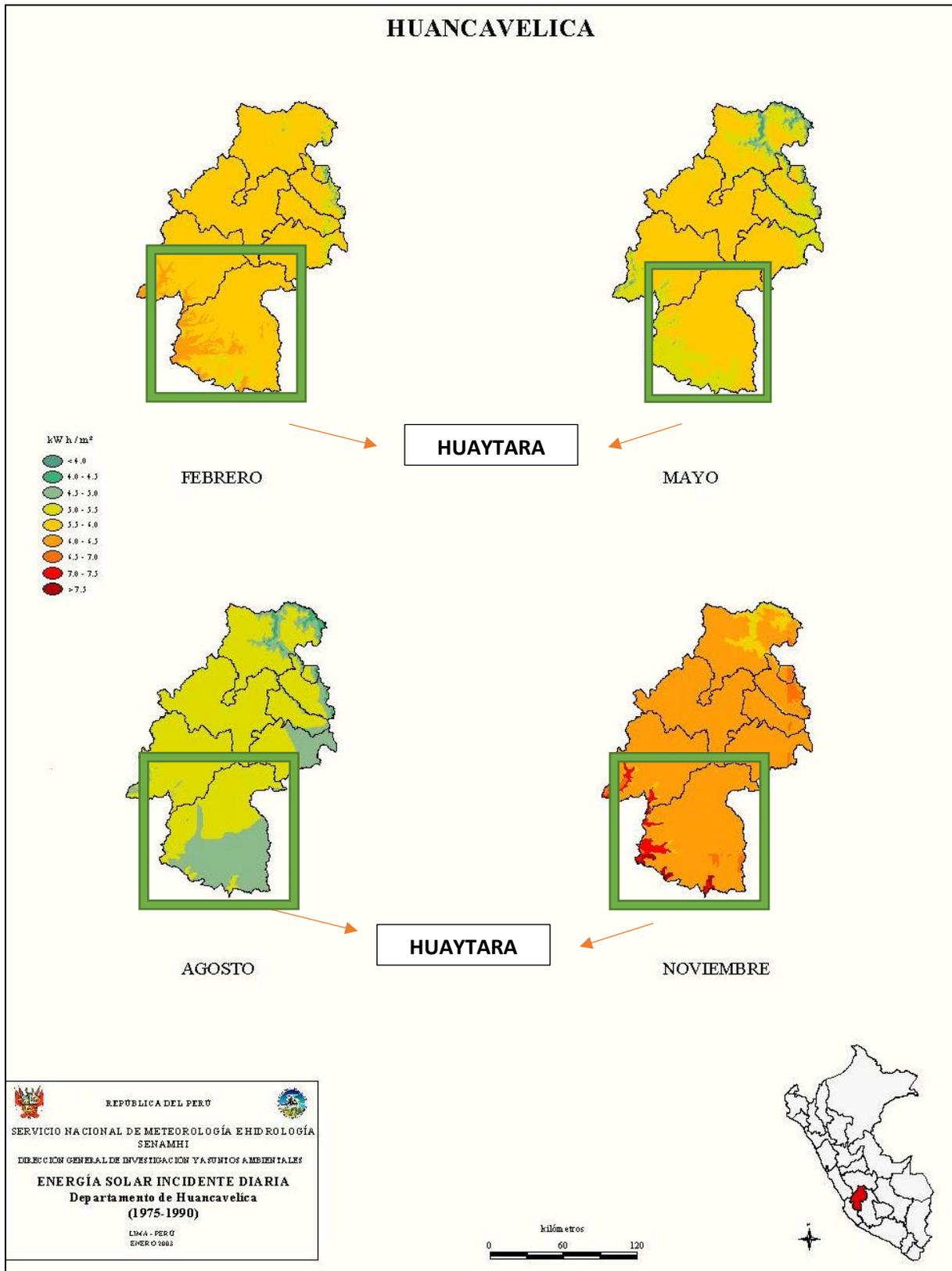


Figura 6. Mapa Solar Región Huancavelica. Fuente: Senamhi – Peru.

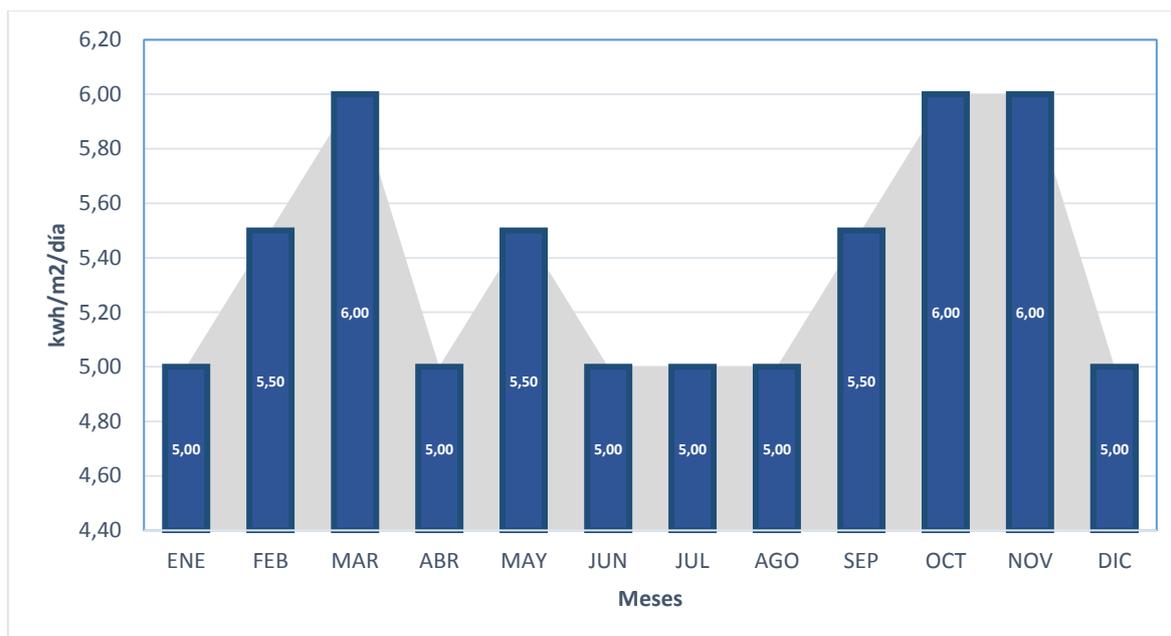


Figura 7: Irradiación Global Media Del Departamento De Huancavelica (Datos En Kwh/M²-Día). Fuente: Elaboración Propia. Datos: Senamhi – Perú.

Sobre la base de la información indicada, se ha procedido a determinar la incidencia de irradiación diaria promedio anual, siendo de **5.42 kwh/m²/día**, valor sobre el cual se realizarán los cálculos pertinentes. Asimismo, es de precisar que, se observa una irradiación global mínima de 5.00 kwh/m²/día para los meses de enero, abril, junio, julio, agosto y diciembre, así como, una irradiación global máxima de 6.00 kwh/m²/día para los meses de marzo, octubre y noviembre.

C. Determinación de la demanda energética.

– Disponibilidad de alumbrado eléctrico.

Este indicador muestra la disponibilidad o no de suministro eléctrico por parte de los miembros de un hogar, observándose que el 35.99% de las viviendas de la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica no cuenta con disponibilidad de alumbrado eléctrico, como se muestra en la figura 8.

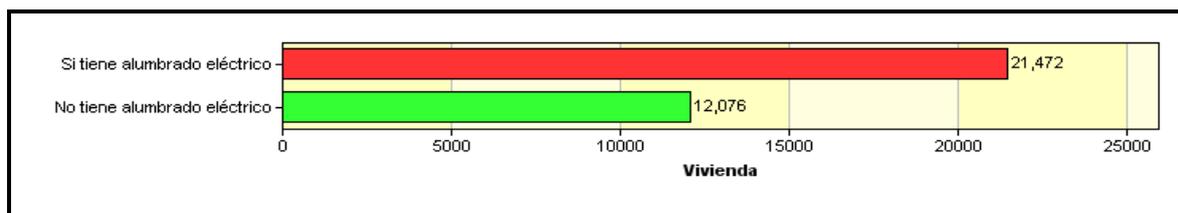


Figura 8: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por disponibilidad de alumbrado eléctrico, según vivienda. Fuente: Inei – Censos Nacionales de población y vivienda 2007.

Asimismo, el 34.37% de la población no tiene disponibilidad de alumbrado eléctrico.

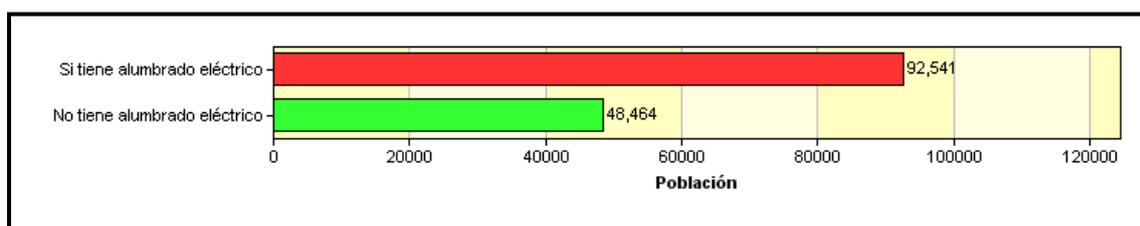


Figura 9: Viviendas particulares con ocupantes presentes, por disponibilidad de alumbrado eléctrico, según población. Fuente: Inei – Censos Nacionales de población y vivienda 2007.

– **Por el nivel de pobreza y vulnerabilidad.**

Se toma en cuenta las variables socio-económicas, dado que existe una relación estrecha entre los bajos niveles socio-económicos y las brechas en la provisión de los servicios de energía, es decir, capacidad energética y capacidad para la provisión de servicios de energía en dicho distrito, para lo cual se toma como base el mapa de pobreza citado por el Proyecto FISE, como sigue:

Tabla 1:

Ranking de distritos ordenados jerárquicamente por pobreza.

Provincia	Distrito	Población según mapa de pobreza (2009)	%	%	%	%	%	%	%
			Incidencia pobreza	Posición por quintil de pobreza	Poblac. con una NBI	Poblac. con dos NBI	Poblac. con tres NBI	Poblac. con cuatro NBI	Poblac. con cinco NBI
Angaraes	Huanca-Huanca	1 716	93,9	Quintil 1	32,6	25,8	19,8	5,1	2,4
Huaytara	Pilpichaca	3 798	91,5	Quintil 1	19,7	30,9	21,6	11,0	2,1
Huaytara	Querco	893	71,5	Quintil 2	56,8	31,9	5,4	3,1	0,6
Huaytara	San Antonio de Cusicancha	1 692	71,3	Quintil 2	42,5	27,9	15,7	4,0	0,6
Castrovirreyna	Chupamarca	1 167	66,5	Quintil 2	42,1	18,5	8,1	0,8	0,5
Tayacaja	Tintay Puncu	9 545	71,3	Quintil 2	26,2	39,1	25,5	7,8	0,5
Huancavelica	Cuenca	2 208	95,7	Quintil 1	50,4	28,6	3,2	1,8	0,4
Huaytara	Santiago de Chocorvos	3 319	87,3	Quintil 1	48,8	29,8	11,7	1,5	0,4
Angaraes	Lircay	25 270	75,8	Quintil 2	36,8	22,8	9,5	3,2	0,3
Castrovirreyna	Aurahua	2 203	77,2	Quintil 1	46,2	28	8,3	1,7	0,3
Churcampa	Anco	6 750	86,3	Quintil 1	44,4	24,1	10,6	1,2	0,1
Huancavelica	Yauli	29 764	87	Quintil 1	50,8	29,2	7,8	1,1	0,1
Tayacaja	Huaribamba	7 820	90,2	Quintil 1	32,8	18,4	5,7	1,1	0,1
Acobamba	Anta	8 665	85,2	Quintil 1	51,2	21,2	5,3	0,9	0,1
Angaraes	Congalla	4 430	87,2	Quintil 1	40,0	30,8	11,3	2,3	0,0
Huaytara	Santiago de Quirahuara	703	80,9	Quintil 1	51,9	25,3	11,8	2,0	0,0
Churcampa	Cosme	4 246	84,6	Quintil 1	42,5	24,1	7,2	1,5	0,0
Castrovirreyna	Tantara	782	78,5	Quintil 1	31,7	21,5	13,7	1,4	0,0
Huaytara	Ocoyo	2 054	79,5	Quintil 1	49,9	28,7	13,6	1,4	0,0
Tayacaja	San Marcos de Rocchac	3 192	82,3	Quintil 1	46,7	18,9	7,2	1,4	0,0
Churcampa	El Carmen	3 142	82,6	Quintil 1	52,4	24,3	6,1	1,2	0,0
Churcampa	Paucarbamba	7 490	79,6	Quintil 1	52,8	27,4	10,3	0,7	0,0
Angaraes	Cochaccasa	3 352	82	Quintil 1	40,3	26,0	8,4	0,7	0,0
Castrovirreyna	Mollepampa	1 604	87,8	Quintil 1	49,8	30,0	7,9	0,7	0,0
Tayacaja	Surcubamba	5 167	87,1	Quintil 1	63,0	22,8	6,0	0,7	0,0

Fuente: Mapa de pobreza 2009 - INEI. Elaborado: Proyecto FISE, 2014.

Sobre el particular, cabe indicar que la provincia de Huaytará tiene a seis (06) de los veinte (20) distritos más pobres o vulnerables en términos de variables socio-económicas del Perú.

– **Cobertura de redes de media tensión, distritos y centros poblados.**

Al correlacionar el trazo de la red de media tensión actual, y lo proyectado con el número de centros poblados circundantes, se puede apreciar plenamente las zonas en las cuales no es factible, o al menos no se tiene proyectada la extensión de las redes de media tensión, para la correlación indicada se usará una herramienta metodológica planteada por el Proyecto FISE, nos referimos al mapa energético:

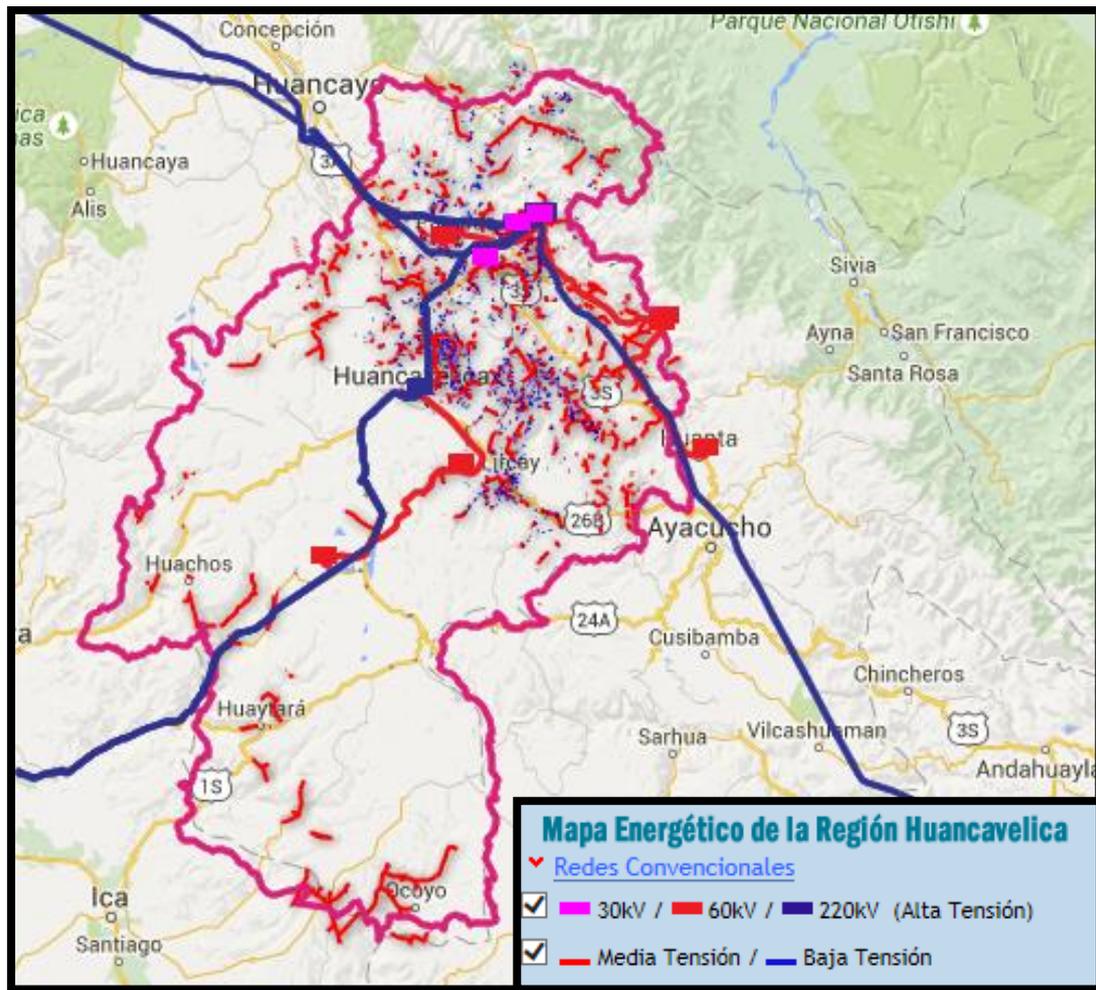


Figura 10. Redes de media y alta tensión existentes en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica. *Fuente:* Mapa Energético, Proyecto Fise.

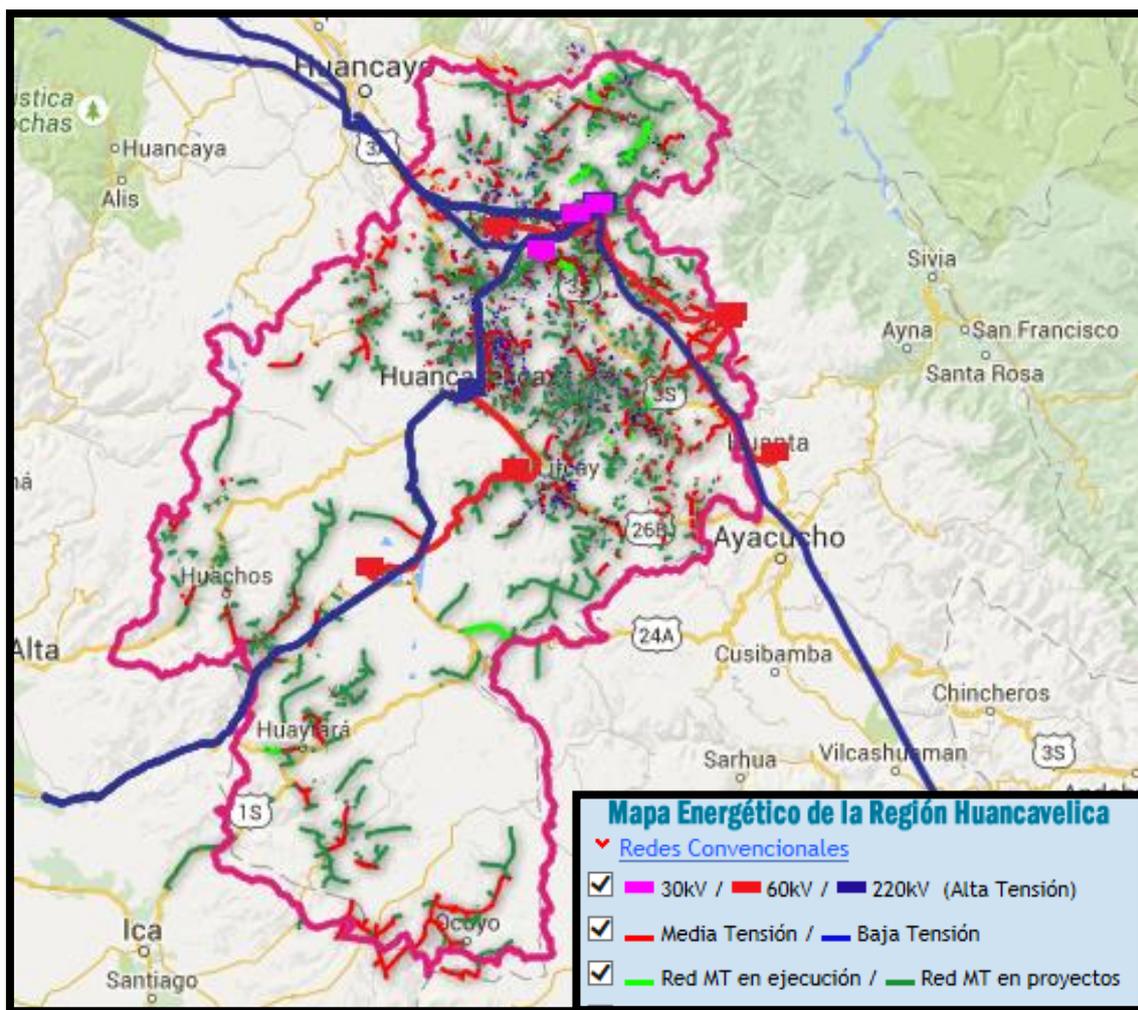


Figura 11. Redes de media y alta tensión existentes, en ejecución y en proyecto en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica. Fuente: Mapa Energético, Proyecto Fise.

Sobre el particular, cabe indicar que aun considerando los proyectos a corto y mediano plazo para la extensión de la frontera energética por redes convencionales, existen distritos como Ocoyo, Querco, entre otros, los cuales por diversos motivos (dificultad de acceso, baja rentabilidad económica) no tendrían acceso a la red energética. Esta situación resulta preocupante considerando que todas estas zonas y otras no abastecidas se encuentran pobladas, como se muestra a continuación:

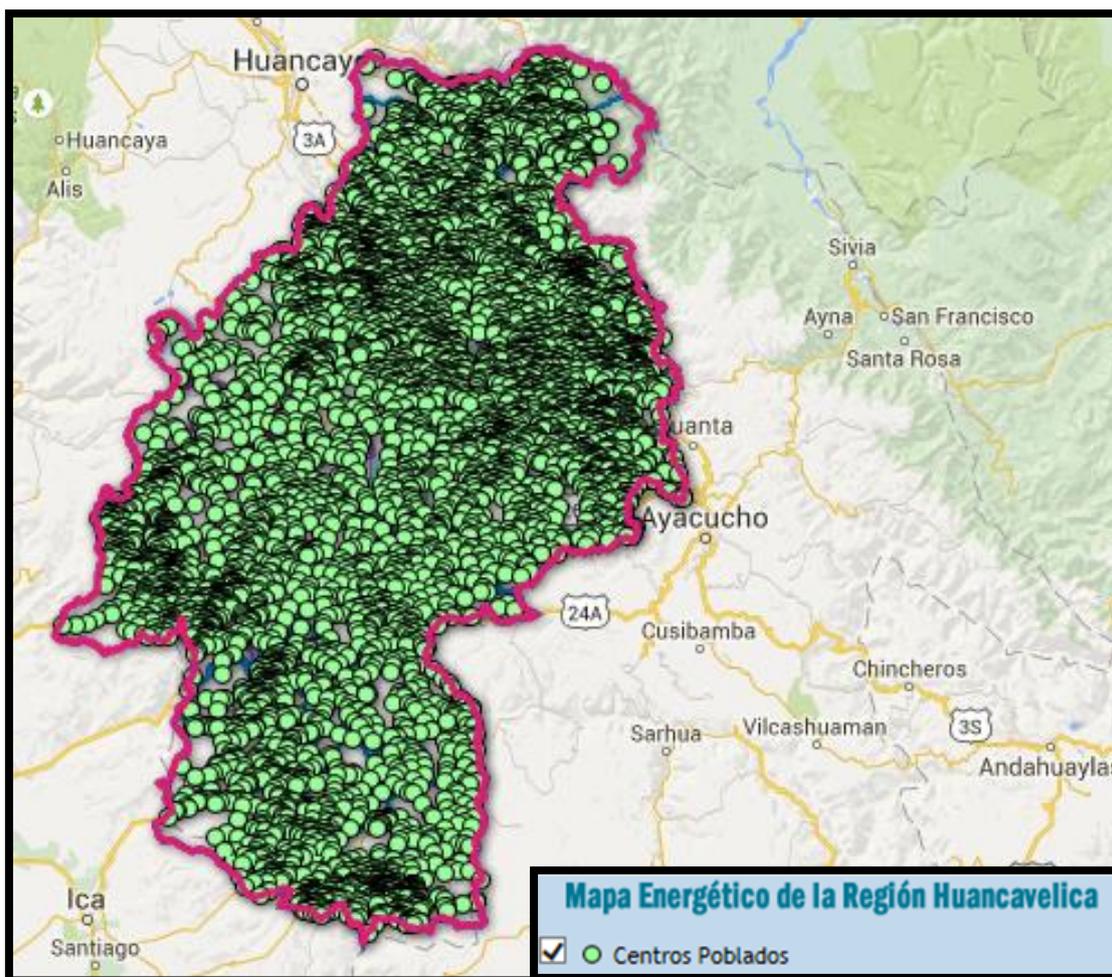


Figura 12. Centros poblados en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica. *Fuente:* Mapa Energético, Proyecto Fise.

En tal sentido, queda acreditada la demanda energética existente en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica, que actualmente no se encuentra cubierta por las redes convencionales y en las cuales se propone la aplicación de tecnologías renovables maduras, como es el caso de los paneles fotovoltaicos.

D. Consumo Energético.

De acuerdo a lo establecido en la Resolución Ministerial N° 203-2013-MINEM que aprobó el Plan de Acceso Universal a la Energía 2013-2022, el acceso universal a la energía se concretaría si se cumple con dos objetivos fundamentales:

- 100% de acceso a la electricidad: Iluminación, comunicación, servicios comunitarios.

- 100% de acceso a tecnologías/combustibles para cocinar y calentar: cocinas mejoradas, gas natural, GLP, biogás (biodigestores), entre otros.

Sobre el particular, cabe indicar que el presente proyecto se centrará únicamente en lo referido al acceso a la electricidad, toda vez que el acceso a tecnologías para cocinar ha sido cubierto mediante los programas de cocinas mejoradas, gas natural, GLP, biogás (biodigestores), entre otros, como se observa:

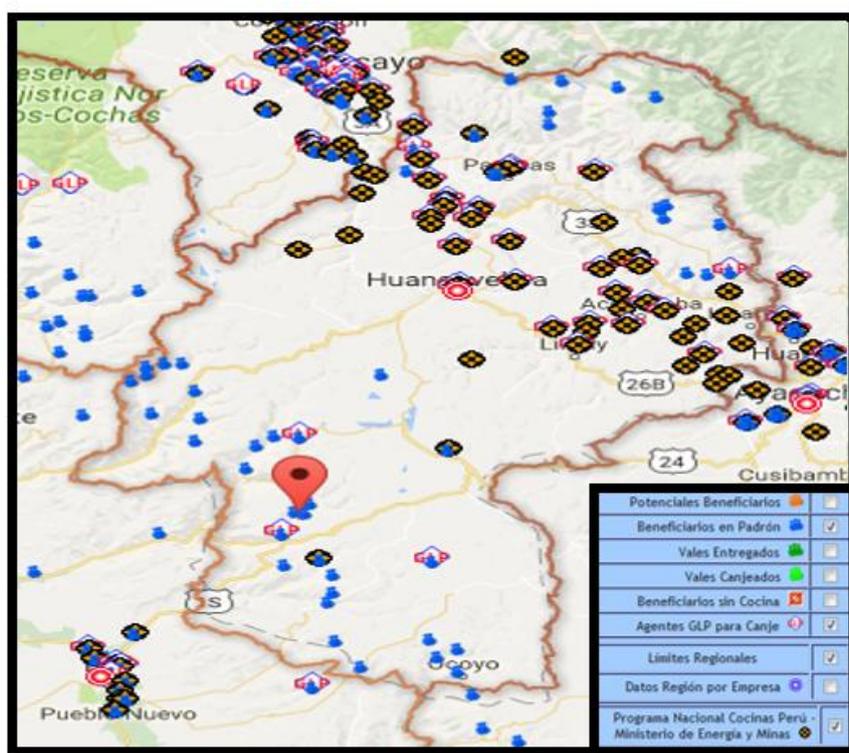


Figura 13. Cocinas mejoradas, departamento de Huancavelica. *Fuente:* Mapa Energético, Proyecto Fise.

Asimismo, de la experiencia internacional e investigaciones de campo se identifican los siguientes estándares en el uso final de la energía para la satisfacción de las necesidades humanas de iluminación:

Tabla 2:

Estándares mínimos en el uso final de la energía para la satisfacción de las necesidades humanas.

USOS FINALES DE LA ENERGÍA	INDICADORES	ESTÁNDAR MÍNIMO
Iluminación	1.1	300 lúmenes por un mínimo de 4 horas por noche a nivel del hogar.
Información y comunicaciones	5.1	Personas que pueden comunicar información electrónica desde su hogar.
	5.2	Personas que pueden tener acceso a los medios electrónicos de interés para sus vidas y sus condiciones de vida en su hogar.

Fuente: Practical Action: Poor people's energy (Outlook 2012). Elaborado: Proyecto FISE, 2014.

Por tanto, sobre la base de lo indicado precedentemente se ha estimado el requerimiento de los usuarios de las viviendas típicas rurales, tomando en consideración que nos referimos a pobladores que anteriormente no tenían acceso al suministro eléctrico.

Tabla 3:

Requerimiento de energía eléctrica de pobladores rurales.

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA (W)	HORAS DE USO	ENERGIA DIARIA (Wh/día)
Lámparas LED 12V DC	3	7	5	105
Radio Grabadoras 5V DC	1	15	3	45
Televisor B/N 12V DC	1	22	1	22
TOTAL				172

Fuente: Elaboración propia.

E. Número de Beneficiarios

Según los datos obtenidos de los estudios realizados por el Proyecto FISE, se determinó que la provincia de Huaytará tiene 16 distritos y 240 localidades, en las cuales existen alrededor

de 1074 viviendas rurales identificadas, las cuales serían las beneficiarias del servicio de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica, como se detalla a continuación:

Tabla 4:

Número de viviendas rurales beneficiarias.

Nº	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	Nº DE LOCALIDADES	Nº DE VIVIENDAS	POBLACIÓN
1	Huancavelica	Huaytará	Huayacundo Arma	6	14	70
2	Huancavelica	Huaytará	Quito Arma	10	51	255
3	Huancavelica	Huaytará	San Antonio de Cusicancha	20	75	375
4	Huancavelica	Huaytará	Huaytara	8	36	180
5	Huancavelica	Huaytará	Pilpichica	61	330	1650
6	Huancavelica	Huaytará	San Antonio de Tambo	8	17	85
7	Huancavelica	Huaytará	Ayavi	5	32	160
8	Huancavelica	Huaytará	Santo Domingo de Capillas	7	42	210
9	Huancavelica	Huaytará	San Francisco de Sangayaico	8	36	180
10	Huancavelica	Huaytará	Santiago de Chocorvos	29	149	745
11	Huancavelica	Huaytará	San isidro de Huirpacancha	4	20	100
12	Huancavelica	Huaytará	Cordova	14	59	295
13	Huancavelica	Huaytará	Ocoyo	25	111	555
14	Huancavelica	Huaytará	Laramarca	8	23	115
15	Huancavelica	Huaytará	Querco	16	35	175
16	Huancavelica	Huaytará	Santiago de Quirahuara	11	44	220
TOTAL				240	1074	5370

Elaborado: Proyecto FISE, 2014.

F. Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

El consumo de potencia y energía requerida “Et (Wh)” se determinará en base a demanda energética determinada en la provincia de Huaytara, región Huancavelica:

Tabla 5:*Energía y potencia requerida (ET).*

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA (W)	HORAS DE USO	ENERGIA DIARIA (Wh/día)	VIVIENDAS BENEFICIARIAS	TOTAL (Wh/día)
Lámparas LED 12V DC	3	7	5	105	1074	112770
Radio Grabadora	1	15	3	45		48330
Televisor B/N	1	22	1	22		23628
TOTAL		44	9	172	1074	184728
TOTAL ET Kwh/día						184.73

Fuente: Elaboración propia.

A partir del consumo energético teórico E_t , calculado precedentemente, debemos calcular el consumo energético real E_r (Wh) necesario para hacer frente a las múltiples pérdidas que van a existir en la instalación fotovoltaica, del siguiente modo:

$$E_r = E_t / R$$

Donde R es el parámetro de rendimiento global de la instalación fotovoltaica definido como:

$$R = (1 - K_b - K_v) \cdot (1 - (K_a \cdot N / P_d))$$

Donde los factores de la ecuación anterior son las siguientes:

K_b : Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador:

0.05 en sistemas que no demanden descargas intensas

0.1 en sistemas con descargas profundas

K_v : Coeficiente de pérdidas varias, que agrupa otras pérdidas como rendimiento de red, efecto Joule, etc.:

0.05 – 0.15 como valores de referencia.

K_a : Coeficiente de autodescarga diaria:

0.002 para baterías de baja autodescarga Ni-Cd.

0.005 para baterías estacionarias de Pb-acido (las más habituales).

0.012 para baterías de alta autodescarga (arranque de automóviles).

N : N° de días de autonomía de la instalación: serán los días que la instalación deba operar bajo una irradiación mínima (días nublados continuos) en los cuales se va a consumir más energía de la que el sistema fotovoltaico será capaz de generar:

4 – 10 días como valores de referencia.

Pd : Profundidad de descarga de la batería: no excederá el 80% (referida a la capacidad nominal del acumulador) ya que la eficiencia de este decrece en gran medida con ciclos de carga – descarga muy profunda.

Para el presente estudio se han considerado los siguientes valores de las constantes de pérdidas:

$$\mathbf{Kb} = 0.1$$

$$\mathbf{Kv} = 0.05$$

$$\mathbf{Ka} = 0.005$$

$$\mathbf{N} = 4$$

$$\mathbf{Pd} = 0.7$$

Para hallar el rendimiento de la instalación fotovoltaica R, se reemplaza los valores indicados en la siguiente ecuación:

$$\mathbf{R} = (1 - \mathbf{Kb} - \mathbf{Kv}) \cdot (1 - (\mathbf{Ka} \cdot \mathbf{N} / \mathbf{Pd}))$$

$$\mathbf{R} = (1 - 0.1 - 0.05) \cdot (1 - (0.005 \cdot 4 / 0.7))$$

$$\boxed{\mathbf{R} = 0.728}$$

Ahora bien, a partir de la fórmula de la energía real del sistema fotovoltaico el consumo energético real Er es:

$$\mathbf{Er} = \mathbf{Et} / \mathbf{R}$$

$$\mathbf{Er} = 184.728 / 0.728$$

$$\boxed{\mathbf{Er} = 253.75 \text{ kWh/día}}$$

En tal sentido, conociendo la demanda de electricidad real (E_r), la radiación solar promedio de la provincia de Huaytará y la eficiencia promedio del panel FV, se calcula el tamaño del panel Fotovoltaico (W_p) que cubra esta demanda con la siguiente fórmula:

$$A_r = 1200 \left(\frac{E_r}{I_d} \right)$$

Donde:

- **A_r** : Tamaño del panel solar
- **E_r** : Energía demandada real
- **I_d** : Irradiación Solar promedio

Sobre el particular, conviene recordar los datos obtenidos con anterioridad:

- **E_r (Wh/día)** = 253.75 kWh/día
- **I_d (Wh/m²/día)** = 5.42 kwh/m²

Reemplazamos en la fórmula inicial y obtenemos lo siguiente:

$$A_r = 1200 \left(\frac{E_r}{I_d} \right)$$

$$A_r = 1200 \left(\frac{253.75}{5.42} \right)$$

$$\boxed{A_r = 56,180.81 W_p}$$

Habiendo calculado el tamaño del panel en 56,180.81 W_p , corresponde determinar el número de paneles requeridos, para lo cual se consideró los consignados en los tipos de paneles consignados por el Proyecto FISE, como se indica:

Tabla 6:

Principales Características de los Paneles Solares

PANEL SOLAR (TIPO)	PESO Lb.	POTENCIA W_p
Poli/Monocromatico	18	80
Poli/monocromatico	18	75
Poli/monocromatico	17	60

Poli/monocromatico	12	50
Poli/monocromatico	11	40

Elaborado: Proyecto FISE, 2014.

En tal sentido, teniendo en cuenta la potencia (Wp) señalados en el cuadro anterior, se procede a proyectar el número de paneles solares necesarios para satisfacer la máxima potencia requerida para satisfacer nuestra demanda, como se detalla en el cuadro siguiente:

Tabla 7:

Número de paneles requeridos según tipo.

PANEL SOLAR (TIPO)	PESO Lb.	POTENCIA (Wp)	Ar (Wp)	Nº DE PANELES*
Poli/Monocromático	18	80	56,180.81	703
Poli/monocromático	18	75	56,180.81	750
Poli/monocromático	17	60	56,180.81	937
Poli/monocromático	12	50	56,180.81	1124
Poli/monocromático	11	40	56,180.81	1405

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se ha redondeado el número obtenido al número entero inmediato siguiente de la cantidad obtenida en la división.

Del análisis de la Tabla 7, podemos afirmar que el panel solar de 80 Wp constituye la mejor opción que cumple con los requerimientos necesarios para abastecer a la población de Huaytará, cuyo módulo constará de 703 paneles; sin embargo, considerando que se trata de 1074 viviendas beneficiarias y con la finalidad de que cada vivienda cuente con un sistema fotovoltaico propio, asumiremos que la mejor opción es el panel de 60Wp, siendo necesario adquirir 1074 paneles.

Ahora bien, con la finalidad de comprobar el funcionamiento de los paneles solares propuestos, se procederá a calcular el Factor de Utilización o cobertura solar del mes “i” (Fi) de la instalación.

Sobre el particular, es de precisar que este factor es la relación entre la energía fotovoltaica disponible y la consumida, como se señala a continuación:

$$F = \frac{\text{Energía Disponible}}{\text{Energía Consumida}}$$

$$F = \frac{NP * 0.9 * Wp * Id}{\text{Energía Consumida}}$$

$$F = \frac{1074 * 0.9 * 60 * 5.42}{253.75} * \frac{1}{1000}$$

$$\boxed{F = 1.24}$$

Donde:

NP = Numero de paneles.

W_p = Potencia del panel seleccionado.

Id = Irradiación solar media mensual.

Reemplazando los valores para cada mes del año tenemos los resultados siguientes:

Tabla 8:

Factor de cobertura solar del Proyecto (F)

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
HUANCAVELICA	HUAYTARA	1.14	1.26	1.37	1.26	1.26	1.14	1.14	1.14	1.26	1.37	1.37	1.14	1.14	1.37	1.24

Fuente: Elaboración Propia.

En tal sentido, puede mencionarse que se cumple plenamente con el potencial energético necesaria durante los 12 meses del año, logrando un factor de cobertura media anual de 124%, un factor de cobertura mínimo de 114% y máximo de 137%, asimismo, se observa que en todos los meses el factor de cobertura es superior al 100%, se observa que en todos los meses el factor de cobertura es superior al 100%.

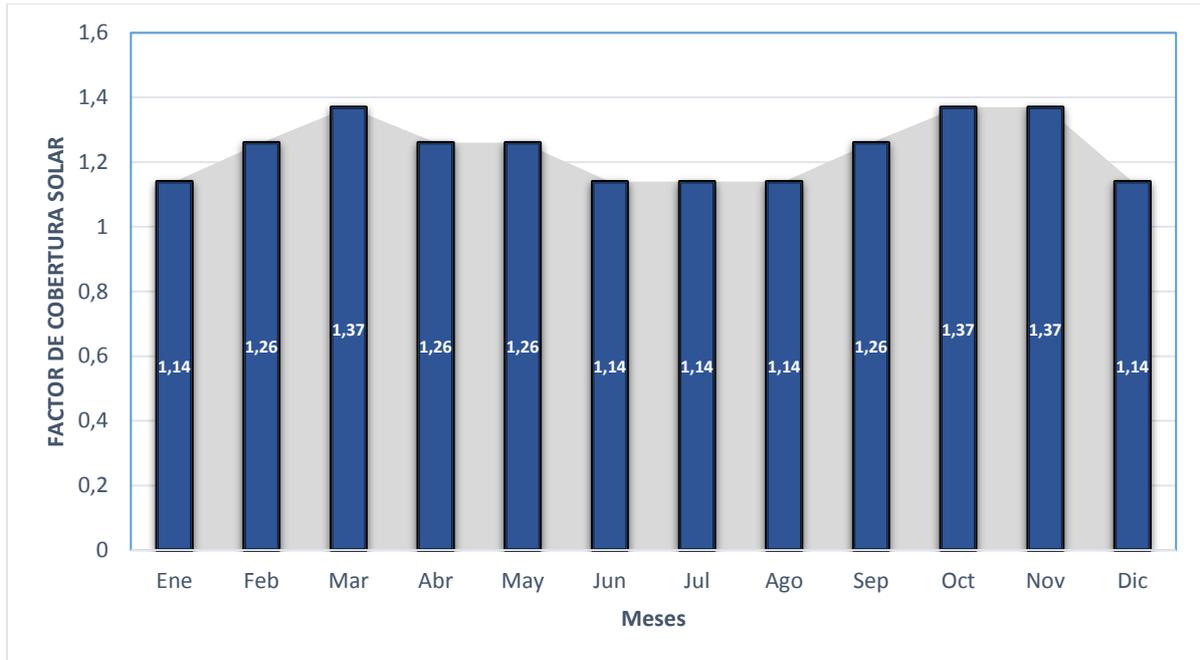


Figura 14. Factor de cobertura solar mensual del Proyecto. Fuente: Elaboración Propia.

– **Cálculo del número y capacidad de baterías**

Para el cálculo del tamaño de las baterías, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño} = \frac{(\text{AUT} * \text{Er})}{(\text{REND} * \text{DESC})}$$

$$\text{Tamaño} = \frac{(4 * 253.75)}{(80\% * 70\%)}$$

$$\text{Tamaño} = 1812.5 \text{ KWh}$$

$$\boxed{\text{Tamaño} = 1812500 \text{ Wh}}$$

Donde:

AUT = Días sin brillo solar.

Er = Consumo energético real.

REND = Eficiencia de la batería.

DESC = Descarga de la Batería.

Luego del cálculo realizado se determinó que el tamaño de las baterías es de 1,812,500

Wh.

Para el cálculo de la cantidad de baterías, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de Baterías} = \frac{\text{Tamaño}}{(\text{Ah} * \text{V})}$$

Donde:

Ah = Amperios hora.

V = Voltios.

$$\text{N}^{\circ} \text{ de Baterías} = \frac{1812500}{(\text{Ah} * \text{V})}$$

Habiendo calculado el tamaño de las baterías en 1,812,500 Wh, corresponde determinar el número de baterías requeridas, para lo cual se consideró los datos consignados en el proyecto FISE, como se indica:

Tabla 9:

Principales características de las baterías.

BATERIA TIPO (V)	VOLTIOS	AMPERIOS HORA	PESO Lb.
Descarga profunda	12	512	410
Descarga profunda	12	614	480
Descarga profunda	12	819	630
Descarga profunda	12	1024	780
Descarga profunda	12	1229	930
Descarga profunda	12	255	162
Descarga profunda	12	100	63

Elaborado: Proyecto FISE, 2014.

En tal sentido, teniendo en cuenta los datos señalados en el cuadro anterior, se procede a proyectar el número de baterías necesarias para satisfacer nuestra demanda, como se detalla en el cuadro siguiente:

Tabla 10:

Cantidad de baterías.

BATERIA TIPO (V)	VOLTIOS	AMPERIOS HORA	PESO LB.	Nº DE BATERIAS	REDONDEO Nº DE BATERIAS*
Descarga profunda	12	512	410	147.50	148
Descarga profunda	12	614	480	123.00	123
Descarga profunda	12	819	630	92.21	93

Descarga profunda	12	1024	780	73.75	74
Descarga profunda	12	1229	930	61.45	62
Descarga profunda	12	255	162	296.16	297
Descarga profunda	12	100	63	755.21	756

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se ha redondeado el número obtenido al número entero inmediato siguiente de la cantidad obtenida en la división.

El tipo y número de baterías más óptimo es el de 100 Amperios por hora, donde se requieren 756 baterías; sin embargo, se consideran 1074 baterías por tratarse de esa cantidad de usuarios.

– **Cálculo de la capacidad de la unidad de control**

Al respecto, conviene precisar que la capacidad del regulador debe estar en función a la máxima corriente que circule por el sistema de 60 Wp, para ello hay que hallar las corrientes que circulen por los tramos:

Tramo panel – controlador – batería:

$$I = \frac{60 \text{ Wp}}{12}$$

$$\boxed{I = 5 \text{ A}}$$

Tramo controlador – cargas DC:

$$I = \frac{44 \text{ Wp}}{12}$$

$$\boxed{I = 3.66 \text{ A}}$$

En consecuencia, el controlador a elegir para cada vivienda, tendrá una capacidad mínima de 5 A (máxima corriente que circula por el sistema).

Según la información disponible, se ha considerado conveniente seleccionar el regulador de 10 A. y 12 V., del tipo PWM de estado sólido con protección electrónica, que

deberá realizar el corte de la carga de consumo tomando como referencia el voltaje de la batería, este controlador deberá permitir el acceso a su sistema electrónico en caso de reparaciones.

– **Cálculo de los conductores**

A continuación, se realizará el dimensionamiento de los conductores de 12V-DC, en los siguientes tramos:

Tramo del panel a la unidad de control y batería:

Al respecto, debemos tomar en consideración que cada vivienda formará un sistema independiente, por lo cual para el dimensionamiento del conductor tomaremos en cuenta la máxima corriente que circula por el sistema equivalente a 5 A., tensión $U = 12V.$, longitud $L = 8m$ (estimado del panel al controlador), sistema de instalación con cable de cobre a la intemperie.

Para el cálculo de la caída de tensión tomamos la fórmula para corriente continua (igual que alterna monofásica con $\cos \varphi = 1$):

$$S = \frac{2 * L * I}{\gamma * \Delta U}$$

Siendo:

$\gamma = 58 \text{ m}/\Omega.\text{mm}^2$ (valor para cobre a 20 °C máxima temperatura en conductor para cables termoestables.

$\Delta U =$ caída de tensión admisible en V.

Ahora bien, en el caso en concreto se tomará una caída de tensión máxima de 2% en el tramo, de conformidad con lo establecido en la Norma N° 003-2007-EM/DGE Reglamento Técnico: Especificaciones Técnicas y Procedimientos de evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural.

Por tanto:

$$\Delta U = 0.02 * 12$$

$$\boxed{\Delta U = 0.24 \text{ V}}$$

$$S = \frac{2 * 8 * 3.8}{58 * 0.24}$$

$$S = 4.36 \text{ mm}^2$$

Ahora bien, para la determinación de los conductores a emplear, se consideró los consignados en el cuadro siguiente:

Tabla 11:

Especificaciones Conductores Rh-2-Awg/Mcm Cable Bipolar

SECCION	SECCION NOMINAL	Nº HILOS	DIÁMETRO HILO	ESPEJOR AISLAMIENTO	DIÁMETRO PREVISTO	PESO PREVISTO	CAPACIDAD CORRIENTE
AWG	mm ²		mm	mm	mm	Kg/Km	A
20	0.52	15	0.204	0.46	1.87	7	9
18	0.82	24	0.204	0.46	2.11	10	14
16	1.31	24	0.255	0.46	2.40	15	19
14	2.08	39	0.255	0.46	2.79	23	29
12	3.31	61	0.255	0.51	3.36	35	33
10	5.26	98	0.255	0.62	4.20	55	48
8	8.37	154	0.255	0.73	5.41	89	67

Fuente: http://www.kapekinternacional.com/catalogos/conductores_electricos/CONDUCTORES%20ELECTRICOS.pdf

En ese sentido, el cable a emplear por sus buenas propiedades a la intemperie sería un conductor de cobre flexible de $2 \times 5.26 \text{ mm}^2$ (10 AWG/MCM). De tipo RHW-2, con aislamiento resistente a radiaciones solares.

Tramo de la Unidad de Control a la Batería:

Para este tramo se ha considerado una longitud máxima de 4m, por lo que para el cálculo de la sección emplearemos la misma fórmula anterior:

$$S = \frac{2 * L * I}{y * \Delta U}$$

$$S = \frac{2 * 4 * 5}{58 * 0.24}$$

$$S = 2.87 \text{ mm}^2$$

Es decir, el cable a emplear según la Tabla 11 es de calibre 3.3 mm² (12 AWG/MCM), del tipo (NMT) bipolar.

Tramo de la Unidad de Control a las Cargas de Consumo:

Para este tramo se considera una longitud máxima de 6m, valor máximo de la Intensidad de corriente en el tramo equivalente a 3.66 Amp., haciendo los cálculos correspondientes tenemos:

$$S = \frac{2 * 6 * 3.66}{58 * 0.24}$$

$$S = 3.15 \text{ mm}^2$$

Para este tramo, según la Tabla 11, se utilizará el de calibre 3.3mm² (12 AWG/MCM), del tipo (NMT) bipolar.

G. Propuesta de sistema fotovoltaico autoabastecedor por vivienda

El sistema fotovoltaico a requerir por cada vivienda rural del distrito de Huaytará tendría los siguientes componentes:

Tabla 12:

Componentes Del Sistema Fotovoltaico.

DESCRIPCION	CAPACIDAD NOMINAL	UNIDAD	CANTIDAD	TENSION NOMINAL
MODULO FOTOVOLTAICO	60	WATTS PICO	1074	12V
CONTROLADOR DE CARGA	10	AMPERIOS	1074	12V
BATERIA	100	AMP/HORA	1074	12V
CONVERTIDOR CC/CC	1	AMPERIO	1074	12V

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se estima que los materiales a adquirir por cada vivienda rural serán los siguientes:

Tabla 13:*Materiales por vivienda rural.*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Módulo Fotovoltaico de 60 Wp	1
Estructura en fierro galvanizado	1
Controlador de Carga de 10 A	1
Convertor CC/CC de 1 A	1
Batería sellada de 100 Ah	1
Caja de Control y Conexiones	1
Caja Metálica para Batería	1
Lámparas LED 12 V	3
Accesorios y Cables THW 10AWG (8m) y NMT 12 AWG (25m)	33 m

Fuente: Elaboración propia.

De otro lado, el diagrama de instalación en cada vivienda rural se presenta en el Anexo 1 y 2.

3.1.3. Presupuesto del Proyecto

A. Costos de Instalación

El presupuesto para el diseño e instalación de un sistema solar fotovoltaico se ha elaborado considerando costos directos, indirectos y costo total del proyecto.

– Costos directos

Tabla 14:*Presupuesto por materiales.*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
Módulo Fotovoltaico de 60 Wp	1074	203.40	218,451.60
Estructura en fierro galvanizado	1074	84.75 ⁷	91,021.50
Controlador de Carga de 10 A	1074	67.80	72,817.20
Convertor CC/CC de 12 V a 5 V	1074	23.48 ⁸	25,217.52
Batería sellada de 100 Ah	1074	471.96 ⁹	506,885.04
Caja de Control y Conexiones	1074	144.90 ¹⁰	155,622.60

⁷ <http://www2.osinerg.gob.pe/Resoluciones/pdf/2014/Informe-No.0322-2014-GART.pdf>

⁸ http://www.miniinbox.com/es/modulo-ajustable-reductor-lm2596-dc-dc-con-una-pantalla-del-medidor-de-tension-y-accesorios_p3206320.html?prm=2.6.1.1

⁹ <http://www.kuhn.cl/webstore/energiasolar/fotovoltaica/baterias.html>

¹⁰ <http://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/35984X/Tablero-Empotrable-12-Polos/35984X>

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
Caja de PVC para Batería	1074	67.15 ¹¹	72,119.10
Lámparas LED 12 V (3 m)	1074	3.99 ¹²	4,285.26
Cables THW 10AWG (8 m)	1074	18.65 ¹³	20,027.95
Cables NMT 12 AWG (25 m)	1074	137.50 ¹⁴	147,675.00
TOTAL		1223.578	1,314,122.77

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15:

Presupuesto por mano de obra (incluye equipos para la instalación).

DESCRIPCIÓN	COSTO NETO HORA (A)	(A) + 25 % CONTRATISTA	HORAS POR PANEL	UNITARIO	TOTAL (S/)
Capataz	11.63	14.53	4	58.13	62,436.62
Operario	10.57	13.21	4	52.85	56,760.59
Oficial	7.96	9.95	4	39.79	42,731.16
Peón	7.16	8.95	4	35.81	38,458.05
TOTAL				186.58	200,386.43

Fuente: Elaboración propia. Datos : Osinergmin – GART.

Tabla 16:

Presupuesto de Transporte.

DESCRIPCIÓN	VALOR HORA	HORAS	VIAJES	TOTAL (S/)
Sistema solar fotovoltaico. (Camión 10 Tn)	52.44	8	2	839.09
Componentes del Sistema. (Camión 4 Tn)	41.63	8	2	666.07
TOTAL				1505.16

Fuente: Elaboración propia. Datos : Osinergmin – GART.

¹¹ <http://www.naturaenergy.cl/products/caja-porta-bateria-ip67-de-10-a-100-ah/>

¹² <http://www.provientocom.pe/focosled.html>

¹³ <http://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/221597/Cable-THW-10-AWG-Azul-7-hilos/221597>

¹⁴ <http://www.promart.pe/cable-vulcanizado-3x12-awg-rollo-x-100-m/p?sc=2>

Tabla 17:*Costo Total Directo.*

REQUERIMIENTOS	COSTOS UNITARIOS (S/)	COSTOS TOTALES (S/)
Materiales.	1223.578	1,314,122.77
Mano de obra.	186.58	200,386.43
Transporte.	1.40	1505.16
TOTAL	1,411.56	1,516,014.36

Fuente: Elaboración propia.– **Costos Indirectos:****Tabla 18:***Costos Indirectos.*

DESCRIPCIÓN	% DEL COSTO DIRECTO	COSTOS UNITARIOS (S/)	COSTOS TOTALES (S/)
Ingeniería y Recepción.	11.17%	157.67	169,338.80
Gastos Generales.	6.00%	84.69	90,960.86
Interés.	2.50%	35.29	37,900.36
TOTAL		277.65	298,200.02

Fuente: Elaboración propia. Datos : Osinergmin – GART.

- **Costos Total:** Una vez que se calcula el costo directo y el costo indirecto podemos sacar el costo total del proyecto sumando el costo directo e indirecto.

Tabla 19:*Costo Total.*

DESCRIPCIÓN	COSTOS UNITARIOS (S/)	COSTOS TOTALES (S/)
Costos directos.	1411.56	1,516,014.36
Costos indirectos.	277.65	298,200.02
TOTAL	1689.21	1,814,214.38

Fuente: Elaboración propia.

B. Costos de Mantenimiento y Supervisión

Los costos de mantenimiento comprenden los costos en que se incurre para la gestión de las actividades de mantenimiento preventivo¹⁵ y mantenimiento correctivo¹⁶, incluyendo el cambio o restitución de elementos con una vida útil menor a 20 años.

Tabla 20:

Actividades Por Mantenimiento Preventivo.

COMPONENTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	PERSONAL A CARGO
Panel Fotovoltaico	Inspección minuciosa. (Supervisión)	Anual.	Operario.
	Limpieza e inspección visual.	Bimestral.	Oficial.
Controlador de Carga	Inspección minuciosa. (Supervisión)	Anual.	Operario.
	Medición de parámetros eléctricos con multímetro.	Bimestral.	Oficial.
Batería	Inspección minuciosa. (Supervisión)	Anual.	Operario.
	Revisión del nivel del electrolito y rellenado de con agua destilada	Bimestral.	Oficial.
	Medición de la densidad de los vasos de la batería entre 1,20 a 1,23 g/cm ³	Cuatrimestral.	Oficial.

Fuente: Osinergmin – GART.

Tabla 21:

Actividades Por Mantenimiento Correctivo y Tasa de Falla.

ACTIVIDAD	TASA DE FALLAS
Reemplazo del Panel Solar, por falla o defectos de funcionamiento	0.10%
Desbloqueo del controlador de carga	0,25%
Reemplazo de Controlador de 10 A, por falla o defecto de funcionamiento	0,20%
Reemplazo de Batería de 100 Ah, por falla o defecto de funcionamiento	0,92%
Cambio de fusibles de conversor cc/cc	1,50%
Reactivación de batería mediante carga lenta	3,00%
Reemplazo de conversor cc/cc por falla o defecto de funcionamiento	0,20%

Fuente: Osinergmin – GART.

¹⁵ Los costos de mantenimiento preventivo han sido calculados en función de las frecuencias de mantenimiento y rendimientos óptimos, incluyendo los costos de inspección minuciosa o supervisión..

¹⁶ Los costos de mantenimiento correctivo consideran en su cálculo una tasa de falla estándar de los elementos que conforman el sistema fotovoltaico.

– **Costos de Mantenimiento**

Tabla 22:

Presupuesto Por Mantenimiento Anual.

DESCRIPCIÓN	USUARIOS	COSTO PROMEDIO POR USUARIO (\$)	COSTO PROMEDIO POR USUARIO (\$/)	COSTO TOTAL
Materiales	1074	5.69	19.29	20,716.49
Mantenimiento Preventivo	1074	30.45	103.23	110,864.19
Mantenimiento Correctivo	1074	3.24	10.98	11,796.39
Cambio de Equipos por vida útil	1074	33.62	113.97	122,405.71
Costo Total			247.47	265,782.78

Fuente: Elaboración propia. Datos : Osinergmin – GART.

Tabla 23:

Presupuesto de Mantenimiento.

FRECUENCIA	DURACIÓN DEL PROYECTO	COSTO POR PANEL (\$/)	TOTAL PANELES (\$/)
Anual	20 años	265,782.78	5,315,655.60

Fuente: Elaboración propia.

C. Presupuesto del Proyecto

Tabla 24:

Costos Totales.

DESCRIPCIÓN	COSTOS UNITARIOS (\$/)	COSTOS TOTALES (\$/)
Costos de Instalación.	1,689.21	1,814,214.38
Costos de Mantenimiento (incluye supervisión).	4,949.4	5,315,655.60
TOTAL	6,638.61	7,129,869.98

Fuente: Elaboración propia. Datos : Osinergmin – GART.

D. Costo de la Energía Eléctrica

Para estimar el costo de la energía eléctrica en el presente proyecto, primero calcularemos la energía fotovoltaica disponible a lo largo de la duración del proyecto, como se señala a continuación:

$$\text{Energía Disponible} = NP * 0.9 * Wp * 365 * 5.42 * \frac{1}{1000}$$

$$\text{Energía Disponible} = 1074 * 0.9 * 60 Wp * 365 * 5.42 * \frac{1}{1000}$$

$$\text{Energía Disponible} = 114,733.48 \text{ Kw.h}$$

Considerando que el proyecto tiene una duración estimada de 20 años, la energía disponible quedaría de la siguiente forma:

$$\text{Energía Disponible Total Proyecto} = 114,733.48 * 20$$

$$\text{Energía Disponible Total Proyecto} = 2,294,669.74 \text{ Kw.h}$$

Ahora bien, calculada la energía disponible durante los 20 años del proyecto, procederemos a dividir el costo total del proyecto entre la referida energía disponible, como se aprecia a continuación:

$$\text{Costo de la Energía} = \frac{7,129,869.98}{2,294,669.74}$$

$$\text{Costo de la Energía} = 3.11 \frac{\text{S/}}{\text{Kw.h}}$$

En este sentido, el costo al mes estaría determinado por la multiplicación entre el consumo mensual por el costo de la energía, como sigue a continuación:

$$\text{Costo de la Energía al mes} = \text{Costo de Energía} * \text{Consumo Mensual}$$

$$\text{Costo de la Energía al mes} = 3.11 * 8.91 * 1074$$

$$\text{Costo Total de la Energía al mes} = \text{S/ } 29,760.65$$

$$\text{Costo Unitario de la Energía al mes}^{17} = \text{S/ } 27.71$$

¹⁷ Se considera un consumo mensual promedio de 8.91 KWh.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Una de las provincias con una elevada demanda energética es la provincia de Huaytará en departamento de Huancavelica, con 16 distritos y 240 localidades, en las cuales existen alrededor de 1074 viviendas rurales identificadas, por cuanto según los datos del INEI únicamente el 35.99% de viviendas cuentan con disponibilidad de alumbrado eléctrico. Asimismo, los distritos de Pilpichica, Querco, San Antonio de Cusicancha, entre otros se encuentran entre los distritos mas pobres y vulnerables según el mapa de pobreza del FISE, en los cuales no se tiene proyectada la extensión de redes de energía convencionales. De acuerdo a los factores climatológicos, incidencia de radiación, entre otros, se ha determinado que la provincia de Huaytará tiene un panorama altamente favorable para el desarrollo de la energía fotovoltaica.

SEGUNDA: Considerando las características propias de la provincia de Huaytará, así como la cantidad de población beneficiada con el proyecto, se ha dimensionado el sistema fotovoltaico en un total de 1074 paneles fotovoltaicos de 60 Wp, 1074 controladores de carga con una capacidad nominal de 10 Amperios, 1 batería de 100 A/hora por vivienda, así como, 1 convertidor CC/CC con una capacidad nominal de 1 A por vivienda.

TERCERA: El presupuesto estimado para la realización del presente proyecto es de S/ 7,129,869.98, con un costo unitario (por panel) ascendente a la suma de S/ 6,638.61, costos que incluyen los costos de instalación (materiales, mano de obra y transporte), mantenimiento (correctivo, preventivo, incluyendo de supervisión), costos que serán asumidos inicialmente por el Proyecto FISE.

CUARTA: Se determinó un costo de la energía mensual por vivienda (panel fotovoltaico) ascendente a la suma de S/ 27.71, costo que servirá para financiar las actividades de mantenimiento y supervisión, así como, para que a lo largo de los 20 años, se recupere el neto de los costos de inversión. Cabe indicar, que el costo mensual calculado constituye una suma asequible y razonable que puede ser asumida por la población beneficiada con el proyecto.

QUINTA: Por lo tanto, en el desarrollo del presente trabajo ha quedado demostrado que los sistemas fotovoltaicos de autoabastecimiento constituyen una alternativa viable para lograr el acceso universal a la energía, sobre todo para las poblaciones alejadas, como es el caso de la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica.

RECOMENDACIONES

- Existe una vasta normativa relacionada con el acceso universal a energía; sin embargo, los planes y políticas aprobadas en muchos casos deben aplicarse articuladamente con proyectos concretos, de tal forma que se aproveche la experiencia y se compartan proyectos en bien de la población.
- El sector rural merece especial atención, para que se cubra la brecha de acceso universal, que casi llega al 25%.
- Si se decide por la instalación de sistemas fotovoltaicos de autoabastecimiento, luego de diseñado y de determinado su tamaño, el usuario debe ser instruido en cómo operar su sistema. Para esto debe dársele un entrenamiento rápido, pero sencillo, y completo junto con un manual con texto y diagramas fáciles de comprender.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arraiza Bermudez, Lucía. (2008). *Electrificación de Zonas Rurales Aisladas* (Tesis de Master). Recuperada de <https://www.iit.comillas.edu/docs/TM-08-107.pdf>
- García, E. y Gonzales, J. (2015). *El consumo mínimo de energía eléctrica y su relación con la selección de beneficiarios del Vale de Descuento FISE*. Proyecto FISE - Osinergmin, Perú.
- García Ochoa, Rigoberto (2014). *Pobreza Energética en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <http://www.cepal.org/es/publicaciones/36661-pobreza-energetica-america-latina>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2016). *Evolución de la pobreza Monetaria 2009 – 2015*. Perú.
- Ladino Peralta, Rafael Eduardo. (2011). *La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Caso: Vereda Carupana, municipio de Tauramena, departamento de Casanare*. (Tesis de Maestría). Recuperada de <http://hdl.handle.net/10554/1085>.
- Ministerio de Energía y Minas. (2014). *Plan Energético Nacional 2014-2025*. Perú.
- Murillo, V.; García, E. y Carcausto, D. (2015). *Mapa Energético: Herramienta de gestión para el acceso universal a la energía*. Proyecto FISE - Osinergmin, Perú.

- Murillo, V.; García, E. y Carcausto, D. (2015). *Propuesta Metodológica para el logro del Acceso Universal a la Energía en el Perú*. Proyecto FISE - Osinergmin, Perú.
- Pérez de los Reyes, Caridad. (2008). *Aplicaciones de la energía solar al tratamiento térmico de suelos de invernadero*. (Tesis Doctoral). Recuperada de <http://hdl.handle.net/10396/435>
- Perpiñán Lamigueiro, Oscar (2011). *Energía Solar Fotovoltaica*. <http://oscarperpinan.github.io/>
- Piriz Sagahon, Imanol Y. (2013). *Energía solar térmica y fotovoltaica aislada para pequeñas comunidades en Perú* (Tesis de Master). Recuperada de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/20215>.
- Prialé, P.; Murillo, V.; García, E. y Abanto, C. (2014). *Acceso Universal a la Energía: Compensación Social y Promoción para el Acceso al GLP como fuente de energía menos contaminante para la población más vulnerable del Perú*. Proyecto FISE - Osinergmin, Perú.
- Programa de Ahorro de Energía. Ministerio de Energía y Minas. Manual Digital de Instalación y Mantenimiento de Equipos Fotovoltaicos. <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/uso/4/04/introduccion.htm>
- Salvador Jácome, Julio. *Acceso Universal a la Energía en el Perú, Reto y Realidad*. http://www.fonamperu.org/general/energia/documentos/Informes/Acceso_Universal_a_la_energia_en_el_Peru.pdf.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Se extrajo parcialmente los conceptos contemplados en el artículo 1 del Decreto Supremo N° 012-2011-EM, Reglamento de Generación de Electricidad con Energías Renovables:

5.1. Consumo nacional de electricidad:

Es el total de energía eléctrica producida anualmente en el país, incluida la autoproducción y la importación, menos la exportación.

5.2. Osinergmin:

Es el Organismo Supervisor de la Inversión en Minería y Energía.

5.3. RER:

Recursos Energéticos Renovables, conforme a lo establecido en el artículo 3 de la Ley. Toda generación con RER tiene prioridad en el despacho diario de carga que efectúa el COES, para lo cual se le considerará con costo variable de producción igual a cero (0), independientemente si el Generador RER es Adjudicatario o no.

5.4. SEIN:

Es el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

5.5. Autoabastecimiento:

Categoría de generación de energía eléctrica destinada a la satisfacción de necesidades propias de personas físicas o morales.

5.6. Autoabastecimiento remoto:

Es el suministro a cargo de proyectos de autoabastecimiento localizados en un sitio diferente al de la central generadora utilizando la red de transmisión del servicio público.

5.7. Capacidad:

Es la potencia máxima a la cual puede suministrar energía eléctrica una unidad generadora, una central de generación o un dispositivo eléctrico, la cual es especificada por el fabricante o por el usuario.

5.8. Celdas fotovoltaicas:

Dispositivos que generan electricidad a partir del efecto fotovoltaico.

5.9. Consumo:

Energía entregada a los usuarios del servicio público de electricidad.

5.10. Convertidor de corriente (Alternador):

Dispositivo que permite convertir corriente directa a corriente alterna.

5.11. Efecto fotovoltaico:

Es un fenómeno físico a través del cual ciertos dispositivos fabricados con semiconductores, uniones del tipo P-N, son capaces de absorber la luz del Sol y convertirla en electricidad del tipo corriente directa (CD) sin ningún proceso intermedio.

5.12. Electrificación rural:

Dar acceso a la electricidad a comunidades rurales, generalmente lejanas de las redes de distribución.

5.13. Energías limpias:

Se consideran energías limpias a aquellas que provienen de fuentes renovables, grandes hidroeléctricas, carboeléctricas y ciclos combinados que cuenten con captura y secuestro de

carbono (CO₂) y energía nuclear. La característica común entre las energías limpias es su nula o muy baja emisión de contaminantes a la atmósfera.

5.14. Energías renovables:

Aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica.

5.15. Generación distribuida:

Instalaciones de generación en el sitio mismo donde se consume y dimensionadas para cubrir parcial o totalmente las necesidades del usuario.

5.16. Inversor:

Dispositivo que convierte la energía de corriente continua procedente de un generador fotovoltaico en corriente alterna.

5.17. Módulo solar:

Conjunto de unidades que operan con energía solar.

5.18. Proyecto de autoabastecimiento:

Desarrollo de una unidad de generación, con la finalidad de abastecer los requerimientos de energía eléctrica propia o entre los miembros de una sociedad de particulares.

5.19. Sistema eléctrico:

Integrado por los participantes públicos y privados, conectados a la red eléctrica nacional, y que intervienen en la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

5.20. Tecnologías limpias:

Sistemas para generar electricidad mediante el uso de energías renovables (eólica, geotermia, hidroeléctrica menor que 30 MW, la biomasa y la solar), las grandes hidroeléctricas,

carboeléctricas y ciclos combinados, que cuenten con captura y secuestro de bióxido de carbono (CO₂) y energía nuclear.

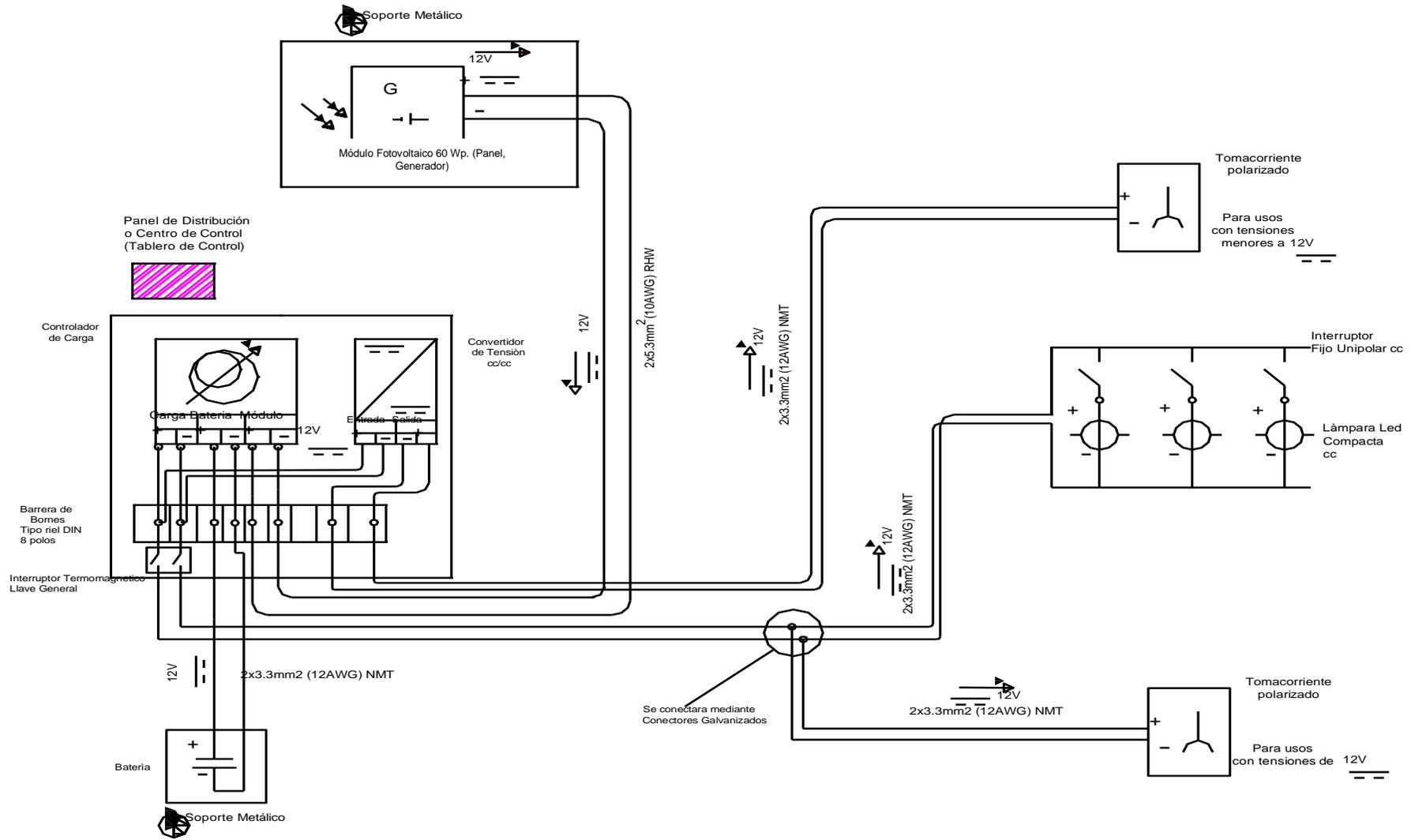
5.21. Voltaje:

Potencia electromotriz medida en voltios entre dos puntos.

ANEXOS

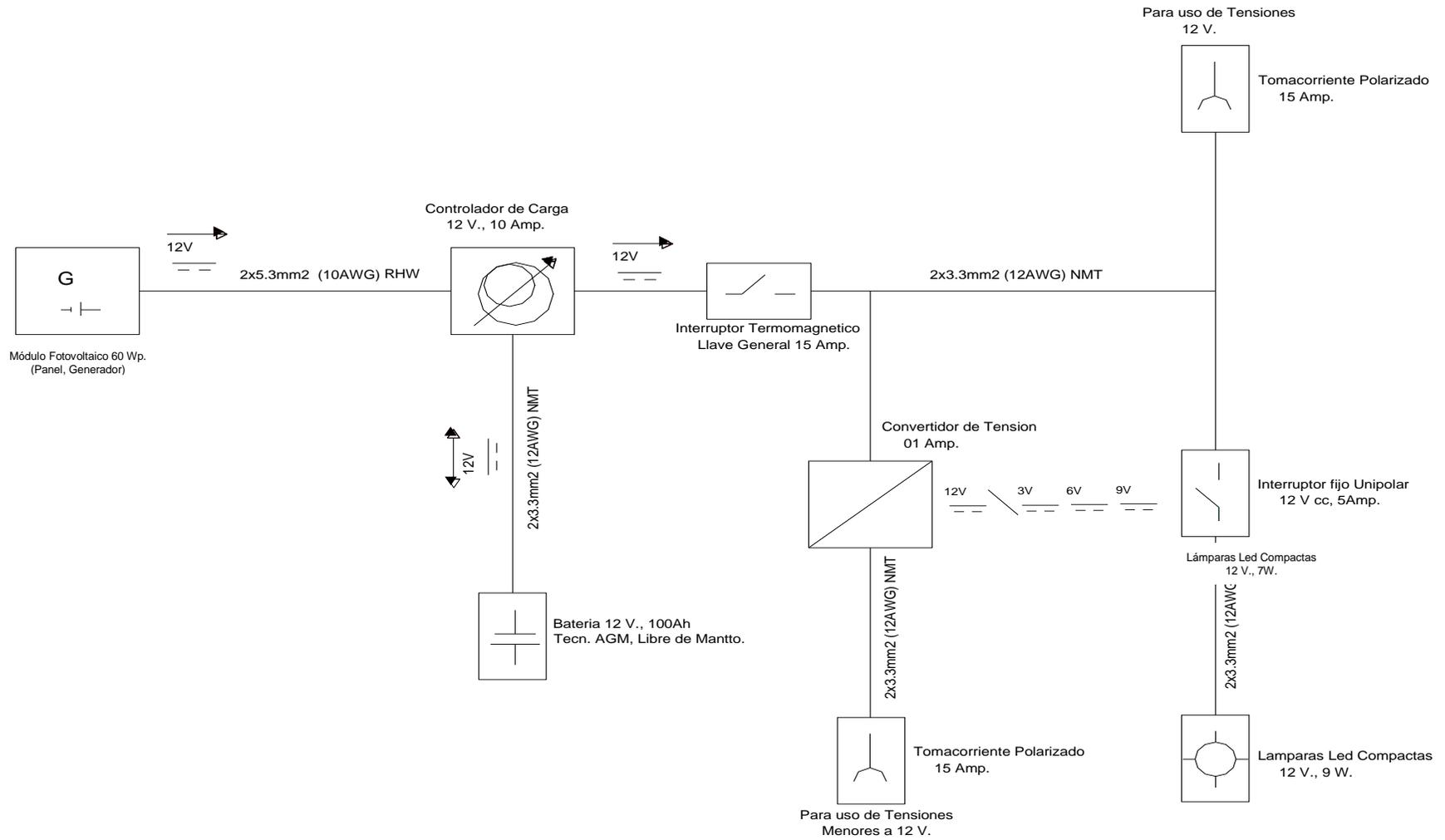
ANEXO 1:**Esquema de Instalación del Sistema Fotovoltaico Domiciliario**

ESQUEMA DE INSTALACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO



ANEXO 2:**Diagrama Unifilar del Sistema Fotovoltaico Domiciliario**

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO



ANEXO 3:
Cotización Sistema Fotovoltaico

