

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



“INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO EN BENEFICIO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LA LOCALIDAD DE HUARASCALLE, ANCASH”

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO ELECTRICISTA

Presentado por:

DIONICIO PAICO, Carlos Alberto

NAUPARI QUIROZ, Victor Branco

Asesor:

Dr. RODRÍGUEZ ABURTO, César Augusto

CALLAO, Junio, 2016
PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

CONSTANCIA

EL PRESIDENTE DEL JURADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA.

HACE CONSTAR:

Que, los Bachilleres **DIONICIO PAICO, Carlos Alberto, NAUPARI QUIROZ, Victor Branco**, han sustentado su Proyecto de Tesis titulado **"INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO EN BENEFICIO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LA LOCALIDAD DE HUARASCALLE, ANCASH"**, el mismo que no cuenta con ninguna observación manifestando mi conformidad con la misma.

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que estime conveniente.

Callao, agosto 24, 2016


Dr. JUAN HERBER GRADOS GAMARRA
Presidente de Jurado
Resolución N° 391-2016-CFFIEE

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE TESIS SIN
CICLO DE TESIS

A los 24 días del mes de Agosto del 2016 siendo las 15:30 horas se reunió el Jurado Examinador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica conformado por los siguientes Docentes Ordinarios de la Universidad Nacional del Callao. (Res. N° 391-2016-CFFIEE)

Dr. Ing.	Juan Herber, Grados Gamarras	Presidente
Dr. Ing.	Marcelo Nuñez, Damas Niño	Secretario
Ing.	Fredy Adán, Castro Salazar	Vocal
Ing.	Pedro Antonio, Saucedo Huapaya	Suplente

Con el fin de dar inicio a la exposición de Tesis de los Señores Bachilleres en Ingeniería..... ELECTRICA....., quien habiendo cumplido con los requisitos establecidos en la normativa sustentarán la Tesis titulada: "INSTALACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO EN BENEFICIO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LA LOCALIDAD DE HUARASCALLE "ANCASH""

con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición, considerando lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos, correspondiente al otorgamiento del Título Profesional por la Modalidad de Tesis Sin Ciclo de Tesis, efectuadas las deliberaciones pertinentes se acordó:

Dar por Aprobado Calificativo Bueno nota: 16 a los expositores
 Señor Bachiller..... Dionicio Paico, Carlos Alberto
 Señor Bachiller..... Naupari Quiroz, Víctor Branco
 Señor Bachiller....., con lo cual se dio por concluida la sesión, siendo las 16:30 horas del día del mes y año en curso.

Es copia fiel del folio N° 91 Del libro de Actas de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica – UNAC.



 PRESIDENTE
 Dr. Ing. Juan Herber Grados Gamarras



 SECRETARIO
 Dr. Ing. Marcelo Nuñez Damas Niño



 VOCAL
 Ing.



 SUPLENTE
 Ing. Pedro Antonio, Saucedo Huapaya

DEDICATORIA

Carlos Alberto Dionicio Paico

A mi familia por estar presente en todo momento y ser el principal motivo por luchar. A mis amigos que muestran su amistad sincera en busca del desarrollo personal.

A Dios que hace que todo lo que hacemos sea posible, ya que en cada momento él está presente y permite que las oportunidades se creen.

Victor Branco Naupari Quiroz

A mi madre Dina por ser el ejemplo en mi vida y ser la persona a la que debo todo lo que soy. A mi abuela Beatriz por desde el cielo y en la tierra apoyarme con todo su amor y cariño.

A mi tío Mario por mostrarme que si alguien quiere algo de verdad en la vida, todo es posible. A mis hermanos Raúl y Margarita por apoyarme y querer siempre lo mejor para mí. A Erika por todo su apoyo y ser ese complemento que siempre quise encontrar.

A todos ustedes les dedicamos esta tesis.

AGRADECIMIENTO

Nuestra gratitud está dirigida a Dios por habernos dado la fuerza y el coraje para nunca declinar y poder llegar hasta donde hoy estamos.

Queremos agradecer a nuestros padres y a cada miembro de nuestras familias por ser el sustento de todo lo que podremos lograr en nuestras vidas.

Agradecimiento sincero a nuestro asesor Cesar Augusto Rodríguez Aburto por ser quien nos orientó e hizo posible poder desarrollar todo esta tesis.

También queremos agradecer a nuestros amigos y maestros que siempre estuvieron dispuestos a apoyarnos incondicionalmente.

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa” - Mahatma Gandhi

ÍNDICE

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	(13)
1.1 Determinación del problema	(13)
1.2 Formulación del problema	(14)
1.3 Objetivo de la investigación	(14)
1.4 Justificación	(14)
1.5 Importancia	(15)
II. MARCO TEÓRICO	(16)
2.1 Antecedentes del estudio	(16)
2.2 Marco teórico	(20)
2.3 Definiciones de términos básico	(59)
III. VARIABLES E HIPOTESIS	(64)
3.1 Variables de investigación	(64)
3.2 Operacionalización de las variables	(64)
3.3 Hipótesis general	(69)
IV. METODOLOGÍA	(70)
4.1 Tipo de investigación	(70)
4.2 Diseño de investigación	(71)
4.3 Población y muestra	(105)
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	(110)
4.5 Procedimiento de recolección de datos	(111)
4.6 Procesamiento estadístico de datos	(113)
V. RESULTADOS	(124)

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	(133)
6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados	(133)
VII. CONCLUSIONES	(135)
VIII. RECOMENDACIONES	(138)
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	(140)
ANEXOS	(142)
• Matriz de Consistencia	(143)
• Fundamento	(144)
• Archivo fotográfico y encuestas	(150)
• Procedimiento estadístico y análisis de datos	(162)
• Metodología	(186)

TABLAS DE CONTENIDO

- Figura N° 2.1: Distribución espectral de la radiación solar
- Figura N° 2.2: Distancia entre el sol y la tierra
- Figura N° 2.3: Altitud del sol
- Figura N° 2.4: Energía que llega a la superficie
- Figura N° 2.5: Componentes del panel fotovoltaico I
- Figura N° 2.6: Componentes del panel fotovoltaico II
- Figura N° 2.7: Componentes del panel fotovoltaico III
- Figura N° 2.8: Modelo del circuito equivalente
- Figura N° 2.9: Curva I-V
- Figura N° 2.10: Circuito equivalente de la célula fotovoltaica
- Figura N° 2.11: Resistencia en serie
- Figura N° 2.12: Resistencia en paralelo
- Figura N° 2.13: Ángulo de inclinación (β)
- Figura N° 2.14: Ángulo acimut (α)
- Figura N° 2.15: Tecnología de las baterías
- Figura N° 2.16: Profundidad de descarga
- Figura N° 2.17: Efecto de la temperatura
- Figura N° 4.1: Diagrama unifilar de un SFD
- Figura N° 4.2: Diagrama de conexionado de un SFD
- Figura N° 4.3: Irradiación solar en la provincia de Ancash
- Figura N° 4.4: Ubicación del lugar
- Figura N° 4.5: Localidad de Huarascalle
- Figura N° 4.6: Trazo de secuencia– Pregunta N° 1

Figura N° 4.7: Grafica descriptiva I – Pregunta N° 1

Figura N° 4.8: Grafica descriptiva II – Pregunta N° 1

Figura N° 4.9: Grafica descriptiva III – Pregunta N° 1

Figura N° 4.10: Encuesta – Pregunta N° 2

Figura N° 5.1: Encuesta – Pregunta N° 1

Figura N° 5.2: Encuesta – Pregunta N° 2

Figura N° 5.3: Encuesta – Pregunta N° 3

Figura N° 5.4: Encuesta – Pregunta N° 4

Figura N° 5.5: Encuesta – Pregunta N° 5

Figura N° 5.6: Encuesta – Pregunta N° 6

Figura N° 5.7: Encuesta – Pregunta N° 7

Figura N° 5.8: Encuesta – Pregunta N° 8

Figura N° 5.9: Encuesta – Pregunta N° 9

Tabla N° 2.1: Características físicas

Tabla N° 2.2: Características eléctricas

Tabla N° 3.1: Operacionalización de variables

Tabla N° 4.1: Tabla de carga DC – Casa tipo N° 1

Tabla N° 4.2: Tabla de carga CA – Casa tipo N° 2

Tabla N° 4.3: Tabla de carga DC – Vaso de leche

Tabla N° 4.4: Tabla de carga CA – Iglesia

Tabla N° 4.5: Tabla de carga DC – Club de madres

Tabla N° 4.6: Tabla de carga CA – Local comunal

Tabla N° 4.7: E.T. Modulo solar – Casa N° 1

Tabla N° 4.8: E.T. Baterías – Casa N° 1

Tabla N° 4.9: Modulo solar – Casa N° 1

Tabla N° 4.10: Baterías – Casa N° 1

Tabla N° 4.11: Corrientes nominales I – Casa N° 1

Tabla N° 4.12: Corrientes nominales II – Casa N° 1

Tabla N° 4.13: E.T. Unidad de control – Casa N° 1

Tabla N° 4.14: E.T. Modulo solar – Casa N° 2

Tabla N° 4.15: E.T. Baterías – Casa N° 2

Tabla N° 4.16: Modulo solar – Casa N° 2

Tabla N° 4.17: Baterías – Casa N° 2

Tabla N° 4.18: Corrientes nominales I – Casa N° 2

Tabla N° 4.19: Corrientes nominales II – Casa N° 2

Tabla N° 4.20: E.T. Unidad de control – Casa N° 2

Tabla N° 4.21: E.T. Inversor de corriente – Casa N° 2

Tabla N° 4.22: E.T. Modulo solar – Local vaso de leche

Tabla N° 4.23: E.T. Baterías – Local vaso de leche

Tabla N° 4.24: Modulo solar – Local vaso de leche

Tabla N° 4.25: Baterías – Local vaso de leche

Tabla N° 4.26: Corrientes nominales I – Local vaso de leche

Tabla N° 4.27: Corrientes nominales II – Local vaso de leche

Tabla N° 4.28: E.T. Unidad de control – Local vaso de leche

Tabla N° 4.29: E.T. Modulo solar – Local iglesia

Tabla N° 4.30: E.T. Baterías – Local iglesia

Tabla N° 4.31: Modulo solar – Local iglesia

Tabla N° 4.32: Baterías – Local iglesia

Tabla N° 4.33: Corrientes nominales I – Local iglesia

Tabla N° 4.34: Corrientes nominales II – Local iglesia

Tabla N° 4.35: E.T. Unidad de control – Local iglesia

Tabla N° 4.36: E.T. Inversor de corriente – Local iglesia

Tabla N° 4.37: E.T. Modulo solar – Local club de madres

Tabla N° 4.38: E.T. Baterías – Local club de madres

Tabla N° 4.39: Modulo solar – Local club de madres

Tabla N° 4.40: Baterías – Local club de madres

Tabla N° 4.41: Corrientes nominales I – Local club de madres

Tabla N° 4.42: Corrientes nominales II – Local club de madres

Tabla N° 4.43: E.T. Unidad de control – Local club de madres

Tabla N° 4.44: E.T. Modulo solar – Local comunal

Tabla N° 4.45: E.T. Baterías – Local comunal

Tabla N° 4.46: Modulo solar – Local comunal

Tabla N° 4.47: Baterías – Local comunal

Tabla N° 4.48: Corrientes nominales I – Local comunal

Tabla N° 4.49: Corrientes nominales II – Local comunal

Tabla N° 4.50: E.T. Unidad de control – Local comunal

Tabla N° 4.51: E.T. Inversor de corriente – Local comunal

Tabla N° 4.52: Población y vivienda

Tabla N° 4.53: Relación de viviendas domésticas y uso general

Tabla N° 4.54: Resumen de procedimiento de casos

Tabla N° 4.55: Lista de respuesta de encuestados

Tabla N° 4.56: Correlación de Pearson

Tabla N° 4.57: Estadísticas de fiabilidad

Tabla N° 4.58: Estadísticos descriptivos

Tabla N° 4.59: Frecuencia – Pregunta N° 1

RESUMEN

La presente investigación de tesis se enfocó en el desarrollo de un sistema fotovoltaico domiciliario para el beneficio de la calidad de vida de los pobladores de la localidad de Huarascalle en Ancash, Perú.

El proyecto estuvo enmarcado en el tipo de investigación aplicada al dimensionamiento de una instalación fotovoltaica domiciliaria, de acuerdo a la obtención de datos es proyectiva y fundamentada y según las fuentes de información es una investigación documental.

En la primera parte se presenta el planteamiento de la investigación en donde encontramos la identificación del problema que es el difícil acceso del suministro eléctrico en las localidades rurales del país, debido a las largas distancias de las viviendas en la misma comunidad y a la baja demanda eléctrica. En referencia al marco teórico, los antecedentes del estudio de este tipo de energía tanto en América Latina como en el Perú vienen siendo utilizados para el desarrollo de las comunidades rurales. Respecto a la metodología utilizada en la investigación, se dividió en dos etapas: La primera etapa fue la obtención de los datos de la población (mediante encuestas asistidas), la evaluación de los beneficios e impactos negativos de la electricidad y un previo análisis del diseño eléctrico. La segunda etapa planteamos la elaboración del diseño del sistema fotovoltaico domiciliario que comprende el estudio de irradiación solar y dimensionamientos de los equipos.

Los resultados de acuerdo a las encuestas realizadas nos direccionan a la conclusión que el suministro eléctrico mediante energía solar fotovoltaica en la localidad de Huarascalle beneficia en la calidad de vida de la población en distintos aspectos tanto en los sociales como productivos.

ABSTRACT

This thesis research is based on the development of a home photovoltaic system for the benefit of the quality of life for residents in the town of Huarascalle in Ancash, Peru.

The project was framed in the type of research applied to the sizing of a home photovoltaic installation. According to data collection, it is projective and substantiated, and according to sources of information it is documentary.

In the first part the approach to research, both problem identification as difficult access to electricity in rural areas of the country, due to its long distances of this study homes in the same community and low electricity demand is shown. Referring to the theoretical framework, the antecedents of the study in Latin America and Peru are using this energy for the development of rural communities. The methodology used in the research is divided into the stages of data: The first one is the collection of data, the pros and cons involves of electricity and a preliminary analysis of the electrical design. The second stage, the development of the design of home photovoltaic system comprising the study of solar radiation and measurement of the equipment.

The results according to surveys come to the conclusion that the power supplied by photovoltaic solar energy in the town of Huarascalle benefits the quality of life of the population in aspects such as the social and productive.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

En la actualidad la generación de energía eléctrica en el país se da principalmente por las grandes centrales hidráulicas teniendo como recurso a utilizar el agua y las centrales de generación térmica en base a los recursos gas, petróleo o algún derivado del mismo. Estos tipos de generación centralizada que se caracterizan por ser de gran potencia instalada han venido proporcionando suficiente energía y potencia para atender la creciente demanda eléctrica del país en zonas de alta demanda eléctrica permitiendo el desarrollo económico y energético del mismo. Sin embargo, en las zonas rurales el suministro eléctrico es de difícil acceso debido a la lejanía entre localidades de una misma zona, lo cual no permite el desarrollo de dichas poblaciones.

En nuestro país existen muchas comunidades rurales dispersas, debido a que se encuentran aisladas de las grandes ciudades y las concesionarias no logran cubrir esas áreas de demanda, es por ello que estas comunidades rurales no logran contar con suministro eléctrico. Asimismo considerando que el suministrar energía eléctrica para una pequeña potencia instalada conlleva una elevada inversión.

En el transcurso de los últimos 20 años la energía fotovoltaica a través de paneles fotovoltaicos ha contribuido a que las localidades rurales cuenten con suministro eléctrico, provocando que los pobladores se vean beneficiados en la mejora de la calidad de vida, por lo que este proyecto busca ese efecto y demostrar que el suministro eléctrico

mediante un sistema fotovoltaico beneficiará en la calidad de vida de los pobladores de la localidad rural de Huarascalle, Ancash.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿El suministro eléctrico mediante un sistema fotovoltaico domiciliario beneficiará a los pobladores de la localidad de Huarascalle en su calidad de vida?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar si el suministro eléctrico mediante un sistema fotovoltaico domiciliario beneficia en su calidad de vida a los pobladores de la localidad de Huarascalle, Ancash.

1.4. Justificación

1.4.1. Social

La implementación y uso de la energía fotovoltaica para las localidades rurales es el medio adecuado para el beneficio de los pobladores. Los beneficios de la electricidad permiten el desarrollo tanto de la calidad de vida como en el desarrollo productivo que puede tener la comunidad con la utilización de la energía eléctrica.

1.4.2. Tecnológica

La implementación de la tecnología fotovoltaica no cuenta con impactos negativos comparables con las energías convencionales, logrando ser junto con otras energías renovables, las energías del futuro por no colaborar con el deterioro de la capa de ozono, ya que se alimentan de un recurso considerado infinito que es el sol. Los mantenimientos de las instalaciones solares fotovoltaicos, en su conjunto son fáciles de mantener, así que lo puede realizar el usuario.

1.4.3. Legal

El aspecto legal que justifica al proyecto es la *Ley general de Electrificación Rural*¹, la cual tiene políticas enmarcadas dirigidas hacia el desarrollo rural integral del país y que tiene como uno de sus objetivos el mejorar permanentemente la tecnología aplicada a proyectos de electrificación rural, promoviendo el uso de energías renovables.

1.5. Importancia

El estudio realizado sirve como un marco referencial inicial para la implementación de la energía solar fotovoltaica domiciliaria a la localidad de Huarascalles, así como a comunidades rurales en situaciones similares que al no contar con suministro de energía eléctrica debido a su dispersión demográfica puedan optar por este modelo de investigación en beneficio del desarrollo social y productivo.

¹ Ley N° 28749 publicada el 01.06.2006

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Desarrollo energético de los sistemas fotovoltaicos en América Latina

En la actualidad en Latinoamérica se está llevando a cabo un proyecto desarrollado por una la ONG Energética que cuenta con el apoyo del programa de asistencia para la gestión del sector energía, que es administrado por el Banco Mundial y la fundación Alimentaris, que busca llevar energía solar a zonas aisladas rurales de Latinoamérica y así utilizar la tecnología disponible en las áreas rurales con el fin de desplazar a los combustibles tradicionales. La idea es seleccionar, instalar y probar diferentes equipos de energía solar fotovoltaica.

Siguiendo los esfuerzos, desde la década de los 80s, en desarrollar este tipo de proyectos de energía renovable en las zonas más recónditas del continente donde no se logra el suministro de energía eléctrica por intermedio de instalaciones convencionales. Los proyectos de este tipo de energías renovables, se han convertido en una alternativa muy importante para la mejora de la calidad de vida y desarrollo de las comunidades, contribuyendo con la erradicación de la pobreza y las desigualdades dentro de la sociedad. Algunos proyectos destacados en Latinoamérica referente al suministro de energía solar fotovoltaica se realizaron en Honduras en el año 2000, con la primera etapa del proyecto piloto de aldeas solares en América Latina de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) fue en la aldea San Ramón, ubicada en la región sureña de Choluteca a unos 220 km de Tegucigalpa, que contaba con 843

habitantes y debido a que esta aldea tenía una fuerte concentración de energía solar en horas de la mañana y mediodía fue escogida, asimismo el propósito fue mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en lugares lejanos.

Se instalaron paneles fotovoltaicos de 4 kW para dotar de luz a los centros educativos, la plaza y el centro de salud de San Ramón Centro.

En el 2013 en Bolivia el Ministerio de Hidrocarburos y Energía puso en marcha un programa para instalar 7000 sistemas fotovoltaicos, que por el éxito que presentó se incrementó a 7564. Se instalaron en ocho municipios de Chuquisaca, 550 SFV en Incahuasi, 192 SFV en Villa Serrano, 1058 SFV en San Lucas, 50 SFV en Villa Abecia, 800 SFV en Culpina, 94 SFV en Tarabuco, 154 SFV en Icla y 200 SFV en Mojocoya. El mismo ministerio de ese país cuenta con el Programa de Electricidad para vivir con Dignidad (PEVD) que para el año 2013 ya benefició a alrededor de 5566 familias de 59 comunidades de áreas rurales. Este programa tiene como objetivo lograr el acceso universal al servicio público de electricidad en áreas urbanas y rurales hasta el año 2025.

También en Colombia en el año 2015 se instaló un proyecto piloto en una zona rural al norte del país en Montería. Se suministró con energía eléctrica específicamente a un colegio y un centro de salud por lo que iban a contar con suministro durante las 24 horas del día, se instalaron 3,2 kW que constó de 16 paneles y baterías. En la actualidad se busca seguir implementando el consumo en zonas rurales en los segmentos comerciales e institucionales como domiciliarios.

Todas estas realidades en Latinoamérica no son ajenas con las que el Perú empezó a desarrollar la implementación de este tipo de energías para el suministro de electricidad.

En el Perú, como en los países en donde se encuentra este tipo de tecnologías, se enfocaron en fortalecer y elevar las aptitudes relacionadas con el desarrollo de las comunidades beneficiadas.

2.1.2. Desarrollo energético de los sistemas fotovoltaicos en el Perú

En el marco del Perú los sistemas fotovoltaicos, llegaron con la finalidad de proporcionar una mayor calidad de vida a las comunidades alejadas de un sistema interconectado que no tiene la posibilidad de llegar a satisfacer sus necesidades, ya sea por condiciones económicas, geográficas, etc.

La finalidad de los primeros proyectos de electrificaciones fotovoltaica fue suministrar energía eléctrica a localidades rurales y aisladas, una de las primeras intenciones de electrificación rural se materializaron en la comunidad selvática de San Francisco en 1997, donde se desarrolló uno de los primeros proyectos con Sistemas fotovoltaicos el “Proyecto San Francisco” ubicado en la región de Ucayali en donde se tomó como medio de electrificación rural el poder suministrar energía eléctrica a localidades aisladas mediante la instalación de módulos fotovoltaicos domiciliarios financiados conjuntamente por el Estado y los usuarios de la localidad, asumiendo ellos la operación y mantenimiento.

Este tipo de electrificación a localidades rurales, según el proyecto, es muy conveniente desde el punto de vista económico cuando los costos entre un sistema convencional y uno mediante módulos fotovoltaico son considerablemente altos o también cuando para el

mismo nivel de inversión el número de usuarios beneficiados con los módulos fotovoltaicos es mayor.

Lo que respecta al punto de vista social este tipo de electrificación rural se enmarco en la necesidad y el potencial de desarrollo que pueden tener las comunidades alejadas a sistemas convencionales con un adecuado diseño y suministro eléctrico mediante paneles fotovoltaicos.

Los módulos fueron diseñados para suministrar energía eléctrica en el ámbito doméstico, básicamente para el uso de tres lámparas, un televisor B/N y un radio pequeño por un tiempo de 3 a 4 horas. Requerieron de un mantenimiento mínimo, principalmente de una limpieza de sus componentes, mientras que el reemplazo promedio de sus baterías fue estimado de 4 años y la vida útil de los paneles fotovoltaicos se estimó en 20 años.

La comunidad de San Francisco de Asis, contaba con 134 usuarios cuando se desarrolló el proyecto. Los habitantes de la localidad se dedicaban principalmente a la agricultura y a la producción de artesanías.

Respecto al clima de la zona se consideró y preveo que en la selva, la radiación solar promedio es un 20% menor que en la sierra, zona donde las instalaciones fotovoltaicas han venido teniendo mayor difusión. Por otra parte, la temperatura elevada de la zona, cercana a los 30 °C y que en ocasiones supera los 40 °C, influyen negativamente en la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos.

La demanda eléctrica del Proyecto San Francisco se estimó con visitas realizadas a comunidad en Loreto, Madre de Dios, que permitieron apreciar que instalaciones con módulos fotovoltaicos de 50 W, eran de capacidades suficientes para que los usuarios se encontrasen satisfechos.

Después de la electrificación de la comunidad de San Francisco de Asis se analizaron los resultados bajo entrevistas a usuarios de los sistemas fotovoltaicos instalados, a profesionales responsables, a proveedores de los sistemas fotovoltaicos, y a contratistas a cargo de las instalaciones, donde se pudo recabar información.

Se concluyó que de acuerdo a los antecedentes nacionales, los proyectos en zonas de la selva tienen en el Perú un elevado componente de investigación, sin embargo la tecnología es útil en dichas zonas. Asimismo no necesariamente una experiencia exitosa en el tema lleva a otra similar incluso en el mismo lugar. Sólo las experiencias acumuladas y una cuidadosa actualización, con aportes de especialistas, llevarán y permitirán al desarrollo de un “Como hacer” propio, y la confiabilidad de los servicios de electrificación fotovoltaica, en un plazo medio.

2.2. Marco teórico

2.2.1. La energía solar fotovoltaica

a. El sol

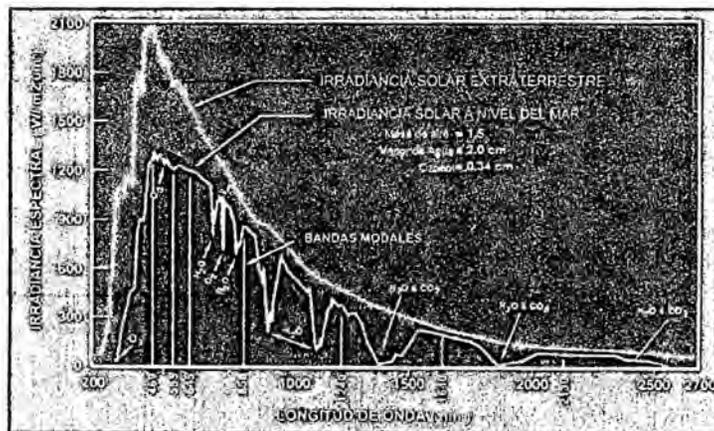
La gran mayoría de las fuentes de energía que se utilizan en la tierra derivan del sol. La forma de utilizar la energía solar, puede ser de varios tipos, la utilizada en la energía solar fotovoltaica es convertirla directamente en electricidad por intermedio de las placas fotovoltaicas.

b. Energía proveniente del sol

La totalidad de energía solar proveniente del sol que impacta en la tierra depende de 4 factores principalmente:

i) La emisión de radiación solar

El sol emite aproximadamente una cantidad total de radiación de $3.873 \times 10^{26} \text{ W}^2$ por lo que es necesario conocer la distribución espectral de esta radiación en función de la longitud de onda, la radiación emitida por el sol que se encuentra entre 0,15 (micrómetros o micras) y 4 micras.



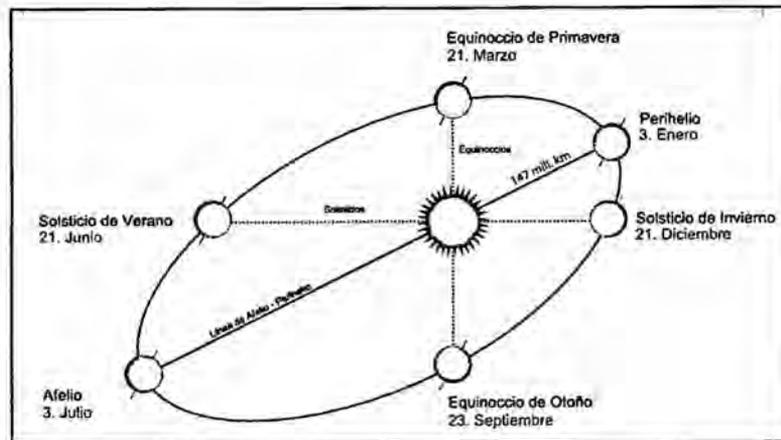
Fuente: Escuela de Energía Verde, *Energía Solar Fotovoltaica*, 2014

Figura N° 2.1: Distribución espectral de la radiación solar

² La Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA)

ii) La distancia existente entre el sol y la tierra

La tierra posee una órbita elíptica para girar alrededor del sol por la que la distancia hacia el sol varía continuamente, ese cambio continuo también se aprecia en el flujo de radiación solar que llega a la tierra.



Fuente: www.microsiervos.com, La Tierra en el perihelio, 2012

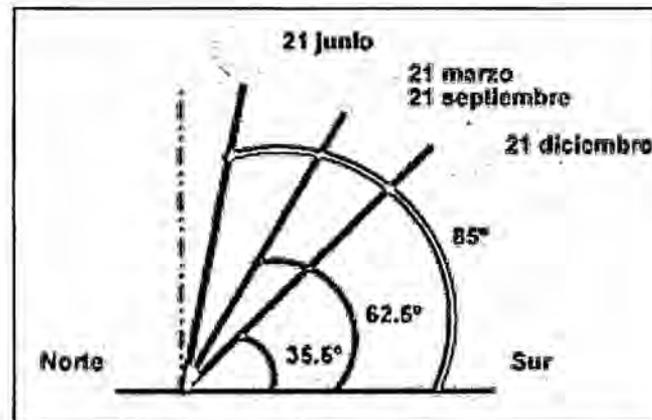
Figura N° 2.2: Distancia entre el sol y la tierra

También se debe de tomar en cuenta el ángulo de declinación solar (" δ "), ya que este es el ángulo entre el plano ecuatorial y la línea que une el centro del sol con el de la tierra. La continua variación de este ángulo es el que hace existan variaciones estacionales en la tierra y permite que haya regiones.

iii) La altitud a la que se encuentra el sol

La altitud del sol es el ángulo entre el plano tangente a la superficie terrestre y los rayos solares. Lo ideal es que los rayos provenientes del sol incidan perpendicularmente, este

ángulo va generar que a mayor sea la altitud del sol, mayor sea la radiación solar recibida por unidad de área que pueda ser aprovechada por el panel fotovoltaico.



Fuente: Escuela de Energía Verde, *Energía Solar Fotovoltaica*, 2014

Figura N° 2.3: Altitud del sol

iv) La longitud del día

Es el tiempo que está expuesta la superficie de la tierra a la radiación solar, esto afecta directamente a la cantidad de energía solar que recibe la tierra. En el ecuador la longitud del día está en promedio de 12 horas a lo largo del año, en los polos va desde la 0 horas en invierno a las 24 horas en verano.

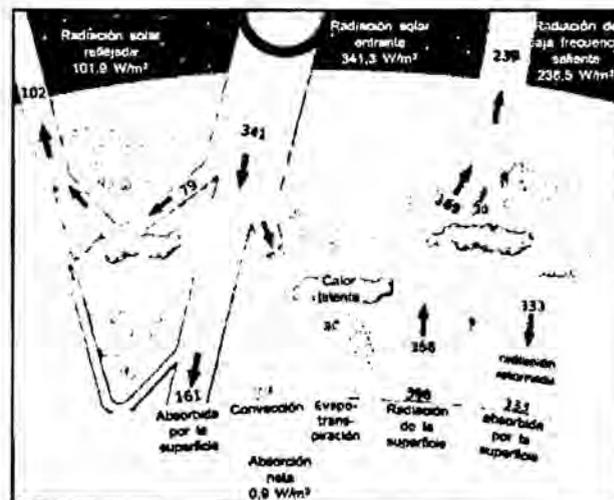
- **La constante solar**

La constante solar, se define como la cantidad de energía procedente del sol que llega, por unidad y área, a una superficie situada fuera de la atmósfera perpendicular a los rayos del sol para la distancia media sol-tierra ($1 UA$)³. El valor de esta constante varía entre 1338 y 1386 W/m².

³ Escuela de Energía Verde, véase página 54.

- De la atmosfera a la superficie

La energía (**341 W/m²**) una vez que llega a la atmosfera y hasta que llega a la superficie terrestre se distribuye de la siguiente manera, de los **341 W/m²** de energía, **79 W/m²** (**23%**) son reflejados por las nubes, aerosoles y la atmósfera, **78 W/m²** (**23%**) son absorbidos por la atmósfera y los **184 W/m²** (**54%**) restantes que llegan a impactar en la superficie terrestre **23 W/m²** (**7%**) son reflejados hacia la atmosfera nuevamente y los **161 W/m²** (**47%**) son absorbidos por la superficie y es el valor útil de energía solar.



Fuente: www.mareawikinaturales.wikispaces.com, *La atmósfera*

Figura N° 2.4: Energía que llega a la superficie

2.2.2. Componentes del panel fotovoltaico

a. Cubierta de vidrio (exterior)

La importancia de esta cubierta es que va reducir significativamente el reflejo de la radiación solar, esto va provocar que absorba mayor radiación la célula solar y por ende que se produzca una mayor conversión de potencia entregada por el panel fotovoltaico. La cubierta está compuesta por vidrio templado y anti-reflectante que puede lograr una transmisión de radiación solar de hasta más del 90%. Sus principales características son la resistencia mecánica, la alta transmisividad de radiación solar y su bajo contenido en hierro.

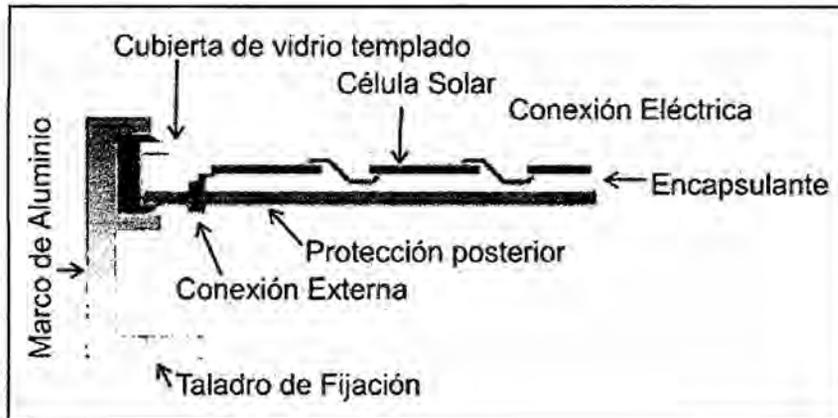
b. Cubierta posterior

Constituida generalmente por varias capas de vidrios opacas que sirven para reflejar la luz que logra pasar entre las células fotovoltaicas, haciendo que vuelvan a incidir sobre estas.

c. Encapsulante

Compuesta de silicona o frecuentemente de EVA (etilen-vinil-acetado), es especialmente importante que no sea afectado en su transparencia por su continua exposición al sol y deberá de tener un índice de refracción cercana al del vidrio protector con el fin de no alterar las condiciones de la radiación incidente en el panel fotovoltaico y por ende la generación de electricidad.

Sobre esta plancha están las células solares adheridas con silicona, el mismo que es un perfecto sellador para evitar el ingreso de aire, agua o partículas en suspensión menores al tamaño M10 hacia el grupo de células solares.



Fuente: www.iie.org.mx, *Como se fabrica un panel fotovoltaico*

Figura N° 2.5: Componentes del panel fotovoltaico I

d. Marco metálico

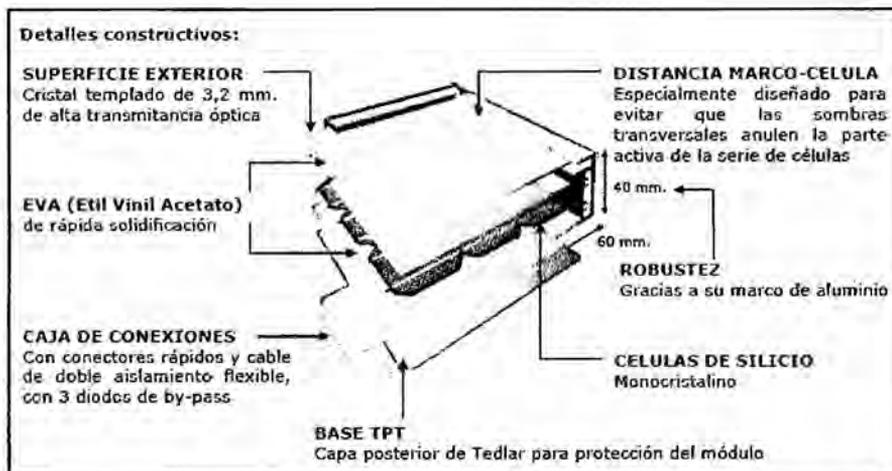
En el caso de un marco de aluminio este da una suficiente rigidez y estanqueidad al conjunto del panel, incorporando los elementos de sujeción a la estructura exterior. La sujeción del marco metálico y los componentes que forman el modulo se realiza bajo diferentes tipos de sistemas resistentes a las condiciones particulares de trabajo del panel fotovoltaico.

e. Células solares

Es la parte principal de un módulo solar, la calidad de las células varia debido a la naturaleza y objetivos de utilización de su energía desde cargar pilas hasta producciones mayores.

Las células solares están compuestas por silicio (Si), este elemento actúa en las células solares como fuente de fotoelectrones y es el que proporciona el campo eléctrico para liberar las cargas y crear un flujo de corriente.

En la superficie de la celda dirigida en ángulo perpendicular hacia el sol la más alta radiación solar incidente promedio es 1000 w/m².



Fuente: www.eliseosebastian.com, *Elementos del panel solar fotovoltaico*

Figura N° 2.6: Componentes del panel fotovoltaico II

f. Caja de terminales (conexión)

Esta caja se encuentra en la parte posterior del panel, debe de ser resistente a cambios climatológicos rigurosos debido a que se encuentra expuesta al medio ambiente. Su función es que desde los bornes de salida se va a transmitir la corriente eléctrica producida por los paneles hacia el regulador, batería o carga directamente a consumo.

g. Cableado y borneras de conexión

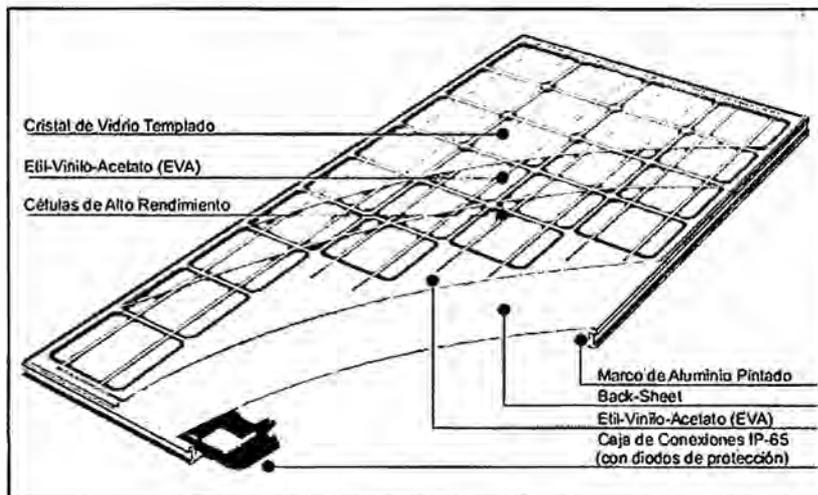
Medio por el cual circula la corriente generada por el panel fotovoltaico, las borneras y las conexiones son protegidas de la intemperie por medio de cajas estancas.

h. Diodos de protección

La función principal del diodo bypass es prevenir el consumo cuando las células fotovoltaicas están sombreadas o dañadas, permitiendo el paso de la corriente a través de él y no por la resistencia en paralelo de la célula fotovoltaica que generaría temperaturas excesivas en el panel.

Otro diodo de protección es el diodo de bloqueo que sirve para evitar que la batería se descargue cuando no reciba radiación solar en horas de la noche, colocándose en paralelo con la asociación de células para tal fin.

Los módulos solares tienen que estar preparados para distintas situaciones (mayor consideración con módulos de gran potencia), como es el caso de descargas atmosféricas, por lo que los enchufes en la instalación a suministrar energía deben de tener toma a tierra.



Fuente: www.eliseosebastian.com, *Elementos del panel solar fotovoltaico*

Figura N° 2.7: Componentes del panel fotovoltaico III

2.2.3. Funcionamiento de la energía solar fotovoltaica

a. La célula solar fotovoltaica y el efecto fotovoltaico

Es un dispositivo electrónico capaz de convertir de forma directa la radiación solar proveniente del sol en energía eléctrica.

La energía eléctrica que se produce es en corriente continua (CC) y es suministrada a una carga externa conectada por intermedio de un circuito a uno o varios grupos de células que se agrupan en unidades compactas individuales que son denominados módulos fotovoltaicos.

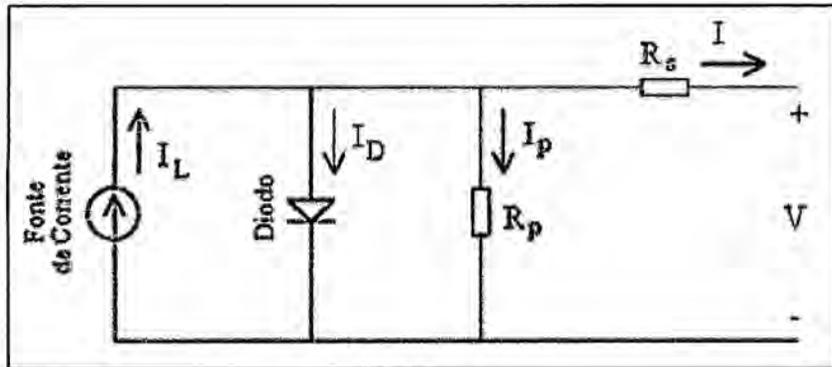
El efecto fotovoltaico se produce debido a los materiales semiconductores con los que se diseñan los módulos fotovoltaicos, que tienen la propiedad de aumentar su densidad de electrones libres bajo el estímulo de la temperatura o la luz.

b. Funcionamiento de la célula solar

El funcionamiento de la célula solar se debe a los fotones que vienen desde el sol que van a impactar sobre la superficie del panel, pero algunos de estos van a traspasar el panel, otros serán reflejados y los demás serán absorbidos por la célula solar.

Estos fotones son los que van a liberar un electrón hacia la banda de conducción, este electrón liberado luego va a crear un hueco con carga positiva y va a circular en dirección opuesta a la de los electrones. Para poder generar energía eléctrica se necesita que los

electrones y huecos vayan en direcciones opuestas para poder crear un campo eléctrico en el interior del semiconductor.

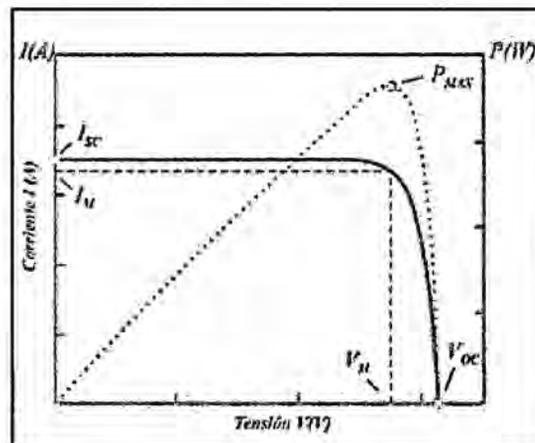


Fuente: Hecktheuer, *Circuito equivalente de una celda fotovoltaica*, 2011

Figura N° 2.8: Modelo del circuito equivalente

c. Parámetros de funcionamiento

Para poder entender los parámetros eléctricos de las células fotovoltaicas, tenemos que hablar de la curva I-V, para poder analizar las características de corriente-tensión.



Fuente: www.eliseosebastian.com, *Característica de célula fotovoltaica*

Figura N° 2.9: Curva I-V

i) Intensidad/Corriente de cortocircuito, (I_{sc}/I_{cc}):

La intensidad de corriente eléctrica y la corriente de cortocircuito en las células fotovoltaicas tienen valores similares en su mayoría, por lo que tras cortocircuitar en uno de los terminales para hacer la tensión en bornes cero, provocara la corriente máxima que pueda obtenerse de una célula que será la corriente de cortocircuito.

ii) Tensión/Voltaje en circuito abierto, (V_{oc}/V_{ca}):

La tensión en circuito abierto va ser la máxima tensión que se pueda generar con la célula y es cuando no se tiene ningún dispositivo conectado en bornes, por ende no se tendrá ninguna consumo y la intensidad circulante será igual a cero.

iii) Potencia (P):

La potencia que extraemos de la célula viene dada por el producto de corriente y tensión como se ve en la formula siguiente:

$$P = I \cdot V \dots^4$$

iv) Potencia máxima o Potencia Pico, (P_m):

La potencia máxima o pico, es la que puede generar una célula fotovoltaica bajo condiciones estándar de radiación en la célula y se obtiene mediante el producto de la tensión pico y la intensidad pico.

⁴ Escuela de Energía Verde, véase página 79.

Es el punto de operación ($I_m = I_{pmp}$, $V_m = V_{pmp}$) en el cual la potencia de la carga es máxima y se conoce como el punto de máxima potencia (P_m). Se obtiene la máxima potencia generada para un voltaje menor del voltaje de circuito abierto, siendo V_m o V_{pmp} , y para una corriente I_m o I_{pmp} .

v) Factor de forma (FF)

Es el cociente entre la máxima potencia generada, y el producto $I_{sc} \cdot V_{oc}$, se le denomina **Factor de Forma o Fill Factor** y se expresa como porcentaje. Este factor muestra lo cuadrada que es la curva I-V de la célula, y se obtiene un valor superior cuanto mayor sea la calidad de la célula solar.

$$FF = \frac{P_m}{I_{sc} \cdot V_{oc}} \dots^5$$

Siendo:

FF : Factor de Forma.

P_m : Potencia máxima, en W.

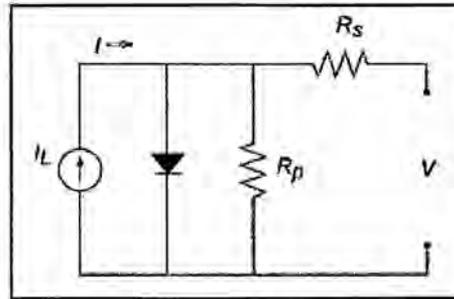
I_{sc} : Intensidad de cortocircuito, en A.

V_{oc} : Tensión en circuito abierto, en V.

d. Circuito equivalente de la célula fotovoltaica

⁵ Escuela de Energía Verde, véase página 80.

La curva I-V se modela con bastante exactitud utilizando el modelo del circuito equivalente de la célula que está conformado por una fuente de corriente, un diodo (unión PN) y las respectivas resistencias tanto en serio como en paralelo ya que tienen un efecto muy importante en los sistemas fotovoltaicos.

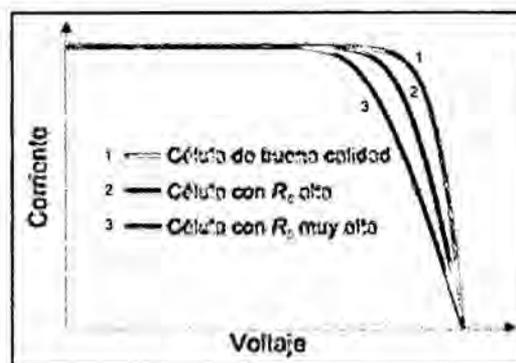


Fuente: Escuela de Energía Verde, *Energía Solar Fotovoltaica*, 2014

Figura N° 2.10: Circuito equivalente de la célula fotovoltaica

i) La resistencia en serie (R_s):

A mayor sea la resistencia en serie generada en el propio diseño del sistema fotovoltaica, menor será el factor de forma de la célula, debido a que la parte de la curva I-V que se ve más afectada por la R_s es la que va desde el punto de máxima potencia al de circuito abierto, este efecto se puede reducir con un buen diseño de los contactos metálicos frontales para poder reducir la R_s .



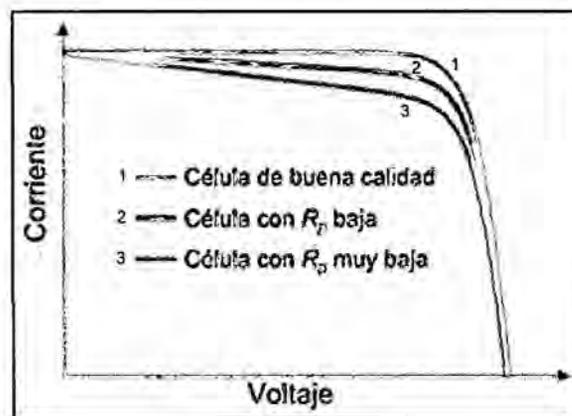
Fuente: Escuela de Energía Verde, *Energía Solar Fotovoltaica*, 2014

Figura N° 2.11: Resistencia en serie

ii) La resistencia en paralelo (R_p):

A menor R_p , mayor corriente podrá fluir a través de ella y por tanto más se reducirá el factor de forma de la célula y por ende su eficiencia, debido a que la corriente eléctrica en vez de pasar por la unión PN va a pasar por la resistencia en paralelo y así se estaría reduciendo el voltaje de la célula.

Afecta la resistencia en paralelo sobre todo al primer tramo de la curva I-V.



Fuente: Escuela de Energía Verde, *Energía Solar Fotovoltaica*, 2014

Figura N° 2.12: Resistencia en paralelo

e. Clasificación de las células solares

i) Según el tipo de material

Podemos clasificar las células en:

- De material simple: Si, Ge, Se.

- De compuesto binario: CdTe, AsGa, InP, CdS.
- De compuesto ternario: AlGaAs, CuInSe₂.

ii) Atendiendo a la estructura cristalina interna

Podemos encontrar los siguientes tipos:

- **Monocristalino**

El rendimiento de este tipo de células suele variar entre el 15% y el 18%. Al ser difíciles de fabricar, su precio suele ser más elevado. La estructura atómica se encuentra muy ordenada y presenta un color azul metálico.

- **Multicristalino**

En este caso presentan un rendimiento que varía entre el 12% y el 15%. La estructura atómica no se presenta tan ordenada como ocurre con el monocristalino, lo cual le hace que no presenten tan buen rendimiento.

- **Policristalino**

Aunque también presenta una estructura que se basa también en pequeños cristales o granos en este caso el tamaño del grano es mucho menor que en los multicristalinos debido a los métodos de fabricación que se emplean.

2.2.4. Equipos principales de un proyecto de energía fotovoltaica

a. El modulo fotovoltaico

Dentro del generador FV, el módulo FV es la unidad más pequeña, este está constituido por una serie de células FV conectadas entre sí (serie y/o paralelo) que varían en función del tipo de módulo. De la misma manera que las células FV se asocian para formar el módulo, los módulos se asocian dando lugar al generador FV.

Las células fotovoltaicas deben ser encapsuladas para brindarles de protección química y mecánica así como garantizar el aislamiento eléctrico.

b. El generador/captador fotovoltaico

El generador FV está compuesto por módulos FV asociados entre sí en serie y paralelo con el fin de conseguir los valores de voltaje y corrientes requeridos, esos voltajes y corrientes van a depender del tipo de carga que deseamos suministrar energía eléctrica.

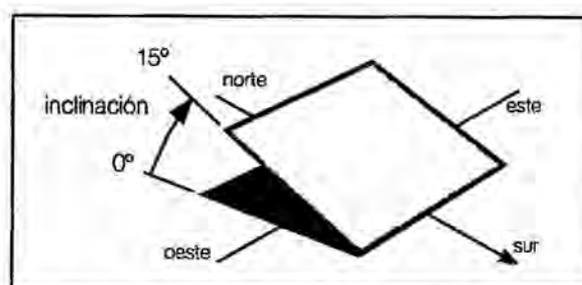
Dependiendo de la configuración de las instalaciones, los módulos pueden poseer las mismas características técnicas o tener diferentes características, pero dentro de un mismo generador fotovoltaico debemos tener siempre módulos del mismo tipo para poder evitar las “perdidas por conexión” que son pérdidas causadas por la interconexión de módulos solares.

i) Pérdidas por orientación e inclinación

Para determinar que orientación e inclinación presentará una instalación, siempre se hará buscando los valores que garanticen pérdidas mínimas de energía, por tanto se debe de determinar los límites en la orientación e inclinación de las estructuras que soportaran a los módulos fotovoltaicos, determinando el ángulo de inclinación y de acimut.

ii) Ángulo de inclinación (β)

La inclinación de un módulo fotovoltaico se define como el *ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal*⁶. Usualmente la inclinación coincide con la latitud del lugar de la instalación.



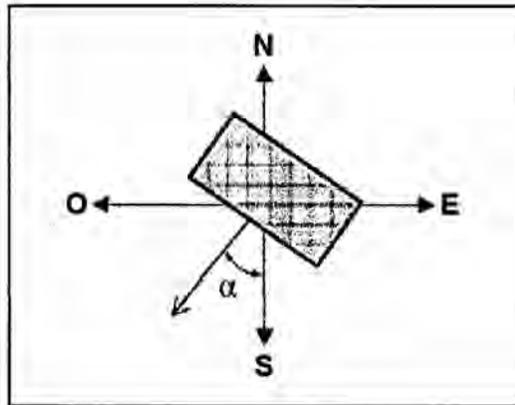
Fuente: www.eliseosebastian.com, *Inclinación de los paneles solares*

Figura N° 2.13: Ángulo de inclinación (β)

⁶ www.calculationsolar.com, véase artículo "CALCULO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED".

iii) Ángulo acimut (α)

Se define como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar⁷. Para paneles fotovoltaicos que se encuentran en el hemisferio sur, se deben de orientar hacia el norte para que el acimut tome el valor de 0° .



Fuente: www.yubasolar.net, *Instalación solar para vivienda datos de partida*

Figura N° 2.14: Ángulo acimut (α)

c. El inversor fotovoltaico

El inversor es un dispositivo de potencia encargado de la transformación de la energía continua producida por los módulos fotovoltaicos en energía alterna para consumo de equipos en CA.

i) Tipos de inversores

Existen dos grupos de inversores el conmutado de línea y el autoconmutados:

⁷ www.calculationsolar.com, véase artículo "CALCULO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED".

- **Conmutados de línea**

Son inversores que usan interruptores tiristores, capaces de controlar el tiempo de activación de la conducción, pero no el tiempo de parada.

- **Autoconmutados**

Son los más utilizados en instalaciones con aplicaciones de energía distribuida a red. Están basados en el uso de transistores IGBT y MOSFET, con el uso de dispositivos de conmutación que controlan libremente los estados de conducción y no conducción de los transistores.

d. El controlador de carga

Los controladores o reguladores de carga es uno de los componentes principales en un sistema fotovoltaico, son equipos que controlan el voltaje y la corriente de un panel fotovoltaico y que derivan la corriente tanto al banco de baterías como a las cargas eléctricas para su consumo.

i) Clases de reguladores

- Para intensidades pequeñas

⇒ Reguladores shunt

⇒ Reguladores paralelos

- Para intensidades elevadas

- ⇒ Reguladores serie
- ⇒ Reguladores de doble circuito
- ⇒ Reguladores de dos niveles de carga
- ⇒ Reguladores multietapa

El objetivo de todos es el mismo pero se diferencia en su forma de operación, forma de trabajo, forma de funcionamiento y en el precio.

ii) Controladores de carga MPPT (Maximum power point tracking)

Estos controladores de carga regulan la carga de la o las baterías de ciclo profundo, buscando el punto en el que los paneles solares fotovoltaicos empleados para la carga producen la mayor cantidad de energía eléctrica. Los controladores de carga con MPPT incluyen una función electrónica que buscan el balance perfecto entre voltaje y corriente, en el cual los paneles solares fotovoltaicos alcancen su máxima potencia logrando incrementar la producción del conjunto o arreglo de paneles solares fotovoltaicos del sistema.

e. Banco de baterías

La función primordial de las baterías es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.

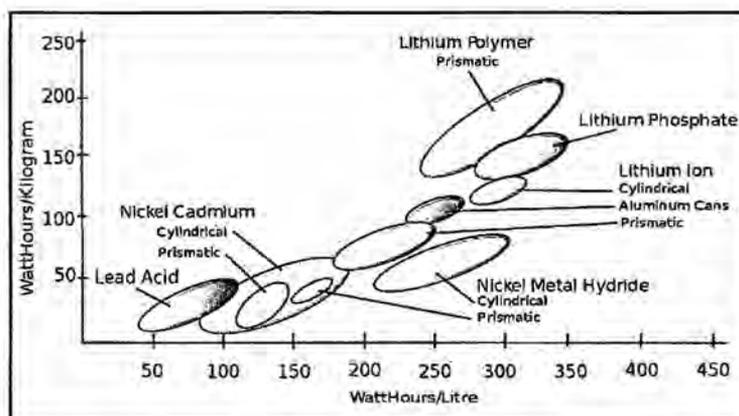
Otra importante función de las baterías es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar. Tal es el caso de un motor,

que en el momento del arranque puede demandar una corriente de 4 a 6 veces su corriente nominal durante unos pocos segundos.

i) Tipos de baterías

Existen diferentes tipos de baterías de plomo según el material de sus componentes internos. Para su utilización en sistemas fotovoltaicos se usa en la gran mayoría baterías a base de plomo por su buena relación del precio por energía disponible.

La figura siguiente muestra las diferentes tecnologías de baterías comparando sus capacidades en relación a su peso y volumen.



Fuente: www.deltavolt.pe, *Baterías para Sistemas Solares*

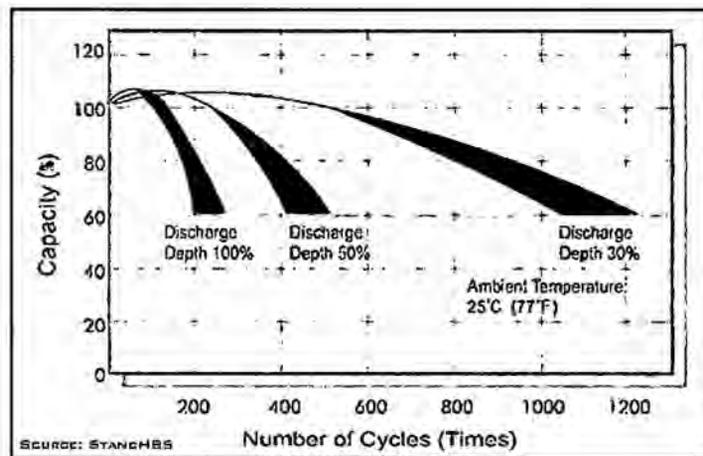
Figura N° 2.15: Tecnología de las baterías

ii) Condiciones que afectan la vida de las baterías

Las baterías de plomo son muy usadas en los sistemas fotovoltaicos ya que brindan energía por tiempos relativamente largos pero cuando se descargan en forma profunda,

pierden su vida útil. Es importante instalar suficiente capacidad del banco de baterías para no descargarlas a menos de 50% de su valor nominal.

La figura siguiente muestra la relación de la profundidad de descarga y el número de ciclos.

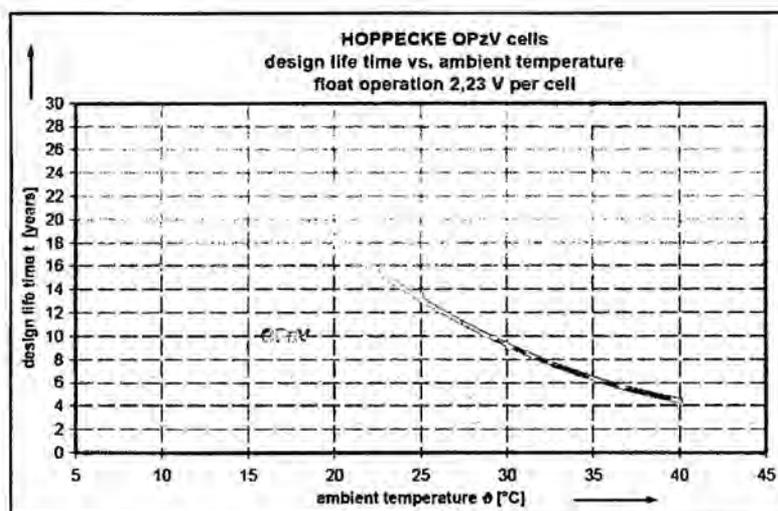


Fuente: www.deltavolt.pe, *Baterías para Sistemas Solares*

Figura N° 2.16: Profundidad de descarga

La temperatura tiene gran influencia sobre la batería, una temperatura entre 20 y 25°C es lo óptimo para una batería en uso, a más temperatura, la vida útil de la batería se reduce. Por otro lado a temperaturas bajas la capacidad de almacenar energía disminuye pero no se reduce la vida útil de la batería, por lo que si una batería se encuentra sin uso, es recomendable mantenerla a una temperatura bajo los 20° C.

La figura siguiente aprecia este fenómeno:



Fuente: www.deltavolt.pe, *Baterías para Sistemas Solares*

Figura N° 2.17: Efecto de la temperatura

f. El cableado

Se debe de distinguir dos tipos de cableado, el cableado en corriente continua (CC) y el cableado en corriente alterna (CA). Los conductores tanto de corriente continua como corriente alterna, deberán tener una sección adecuada respectivamente para así poder evitar caídas de tensión y calentamientos excesivos que superen las características técnicas eléctricas y mecánicas de los conductores.

El cableado en un sistema fotovoltaico ira desde los módulos fotovoltaicos (que podrán estar cableados entre sí en serie o paralelo), para ir hacia el controlador de carga, todo este tramo en CC, si se contara con un sistema de baterías, la CC luego del controlador de carga se dirigiría hacia ahí y hacia las cargas en CC. El tramo en CA será después del inversor CC/CA que es suministrado de energía desde el banco de baterías, por lo que a partir del inversor la corriente será alterna para suministrar energía a cargas eléctricas en CA.

i) Cableado en corriente continua (CC)

Los tramos de cables en corriente continua serán tramos compuestos de dos conductores activos, el positivo y el negativo. Es preferible usar cables que están especialmente concebidos para aplicaciones fotovoltaicas.

- **Dimensionamiento del cableado CC**

Para dimensionar el cableado en CC se usa la siguiente expresión del cálculo de la sección del cable:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot e} \dots^8$$

Siendo:

S : Sección del cable, en mm².

L : Longitud del cableado, en m.

I : Intensidad de corriente que circula por el conductor, en A.

γ : Conductividad eléctrica del material, para el cobre 56 para 20 °C.

e : Porcentaje de caída de tensión.

V : Tensión nominal de operación, en V.

⁸ REBT – ITC-BT 19 – UNE 20460-5-523 (2004) – IEC 60364-5-523 (1999) / PEÑARANDA BERNAL, Juan. PROYECTO INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA. Titulación Técnica Industrial. Cartagena. Universidad Politécnica de Cartagena. 2013. Véase Capítulo 1.2 página 30.

ii) Cableado en corriente alterna (CA)

El cableado en corriente alterna se ubicará en los tramos compuestos para alimentar cargas monofásicas de dos conductores activos y para alimentar cargas trifásicas, se debe de implementar conductores que soporten más de los 220 V nominales que consumen las cargas en CA.

- **Dimensionamiento del cableado CA**

Para la elección de la sección del conductor se basa en dos criterios, se debe de considerar el más desfavorable por ende el conductor de mayor sección.

- El criterio de caída de tensión.
- El criterio térmico o de intensidad máxima admisible.

⇒ **Calculo del conductor por caída de tensión**

Mediante este criterio se limita las perdidas por caída de tensión en el cable. Debemos de tener en cuenta que los valores de la conductividad del conductor varían en función del material a utilizar así como de la temperatura máxima de servicio permanente que pueda soportar el conductor, por ejemplo en el caso del cobre tenemos estas diferencias:

$$\gamma(\text{Cu } 90^\circ) = 44 \text{ m. mm}^{-2} \cdot \Omega^{-1}$$

$$\gamma(\text{Cu } 70^\circ) = 48 \text{ m. mm}^{-2} \cdot \Omega^{-1}$$

$$\gamma(\text{Cu } 20^\circ) = 56 \text{ m. mm}^{-2} \cdot \Omega^{-1}$$

Por otro lado con respecto a la tensión nominal de operación tendremos en el tramo de CC a la tensión máxima del generador FV en condiciones estándar de medida (1000 W/m² y 25 °C) y en el caso del tramo de CA deberá ser de $V = 220 \text{ V}$ para el caso de un sistema monofásico.

⇒ **Calculo del conductor por capacidad de corriente**

Se debe de verificar la sección del cable por el criterio de corriente máxima que puede circular por el cable. Esta corriente máxima es la corriente de cortocircuito que circula por un módulo o por un ramal de un grupo de módulos conectados en serie.

Asimismo se debe de considerar la norma IEC 60364-7-7-712, en el cual se especifica que la sección del conductor deberá de soportar 1,25 veces la corriente de cortocircuito del generador en condiciones estándar.

Se diferencia dos tramos, uno en CC y otro en CA:

- Tramo en CC

La intensidad máxima transportada en cada serie corresponde a la intensidad de cortocircuito del módulo escogido.

$$I_{\max} = 1,25 \cdot I_{SC} \dots ^9$$

⁹ Escuela de Energía Verde, véase página 146.

Siendo:

I_{sc} : Intensidad de corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico, en A.

I_{max} : Intensidad de corriente máxima de cortocircuito del panel fotovoltaico, en A.

- Tramo en CA

La intensidad máxima será definida con el inversor escogido.

$$I_{max} = 1,25 \cdot I_{inversor} \dots^{10}$$

Siendo:

$I_{inversor}$: Intensidad de corriente del inversor, en A.

I_{max} : Intensidad de corriente máxima del inversor, en A.

g. Protecciones eléctricas

Las protecciones eléctricas en instalaciones son muy importantes ya que con ellas podemos detectar y eliminar cualquier incidente en la instalación, garantizando la protección de los dispositivos y de las personas en el entorno de la instalación de acuerdo a la norma IEC 60947-2

¹⁰ Escuela de Energía Verde, véase página 147.

i) Anomalías en los sistemas fotovoltaicos

Existen tres fenómenos que debemos de considerar en los tramos de corriente continua y corriente alterna de nuestra instalación eléctrica.

- **Sobrecargas**

La sobrecarga genera calentamientos excesivos de los cables lo que provoca su daño prematuro y reduce su vida útil, la no corrección de una sobrecarga puede con el pasar del tiempo ocasionar un cortocircuito en la instalación.

- **Cortocircuitos**

El cortocircuito es un punto de trabajo que no es peligroso para el generador FV (la corriente está limitada a un valor muy cercano a la máxima operación del mismo) sin embargo si que puede dañar el inversor por lo que se deberá de prever una protección adecuada para el inversor.

- **Sobrecorrientes**

La protección contra estos fenómenos se realiza con unos aparatos llamados pararrayos. Son unos descargadores de corriente que poseen una resistencia del tipo inversa cuyo valor disminuye al aplicar sobre ella mayor tensión como son las descargas atmosféricas.

2.2.5. Normativa peruana en sistemas fotovoltaicos domiciliarios

a. Especificación Técnica del Sistema Fotovoltaico y sus componentes para Electrificación Rural

Esta especificación técnica establece las características generales físicas, de funcionamiento, condiciones de operación y protecciones, que deben cumplir el Sistema Fotovoltaico (SFV) y sus componentes, para su aplicación en instalaciones eléctricas de Electrificación Rural¹¹.

El Sistema Fotovoltaico a instalar debe de tener las siguientes condiciones ambientales:

- Altitud sobre nivel del mar: Hasta 5 000m
- Humedad relativa: 50 a 95%
- Temperatura ambiente: - 15°C a 40°C
- Precipitación pluvial: Moderada a intensa
- Irradiancia Solar máxima: 1200 W/m²
- Velocidad del viento: hasta 120 km/h

Lo componentes del sistema fotovoltaico están compuestos por:

- Un generador fotovoltaico compuesto por uno o más módulos fotovoltaicos.
- Un banco de baterías compuesto por uno o más baterías.

¹¹ Norma DGE Especificación Técnica del Sistema Fotovoltaico y sus componentes para Electrificación Rural, véase página 3.

- Una unidad de Control formado por uno o más controladores de carga, un convertidor de tensión (opcional), un inversor de corriente (únicamente para suministros que requieran corriente alterna).
- Lámparas en corriente continua.
- Accesorios principales (soportes, gabinete de control entre otros).

El sistema fotovoltaico se dimensiona en base a las características climáticas y geográficas del lugar de la instalación eléctrica, para lugar donde no se tenga la ubicación exacta se dimensionaran en base a las siguientes condiciones extremas del área:

- Irradiancia solar mínima mensual anual: 3,5 kWh/m²-día
- Irradiancia solar instantánea máxima anual: 1200 W/m²
- Humedad relativa: 90%
- Rango de temperaturas ambiente: - 10 °C a 45 °C
- Velocidad máxima del viento: 120 km/h
- Altura sobre nivel del mar: 5000 m

Algunas de las especificaciones técnicas más relevantes que menciona la norma se muestran a continuación:

- Generales, especificaciones relacionadas con características generales, certificaciones, información técnica que deben acompañar a cada componente.
- Físicas, especificaciones referidas a las características constructivas, elementos y partes que conforman los componentes.

- Eléctricas, especificaciones referidas a las características eléctricas y de funcionamiento.
- Funcionamiento en condiciones extremas de operación, especificaciones destinadas a garantizar el funcionamiento de los componentes en eventuales condiciones críticas.
- Protecciones, especificaciones destinadas a proteger un componente o más en casos fortuitos.

i) Para el modulo fotovoltaico

- Debe de estar certificado de acuerdo a la norma internacional IEC 61215 “Módulos fotovoltaico (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre, calificación del diseño y aprobación de tipo”, norma IEC 61730 “Requisitos de seguridad de los módulos fotovoltaicos (FV)”, IEC 61215 y IEC 61730.
- Luego de 25 años de operación, su potencia máxima real no debe de disminuir por debajo del 80 % de la potencia máxima nominal, en condiciones estándar.
- Compuesto mínimo por 36 células fotovoltaicas de silicio policristalino o monocristalino.
- La potencia máxima real del módulo fotovoltaico, al momento de ser suministrado, no deberá de ser menor al 5 % ni mayor que el 10 % de su potencia máxima nominal (Wp).
- La eficiencia del módulo debe ser mayor o igual a 13 % a Condiciones Estándar de Medida.
- Debe de tener como mínimo, dos (02) diodos de “by pass”.

ii) Para el controlador de carga

- Debe ser de tipo electrónico.
- Su vida útil no debe de ser menor a 10 años en condiciones de operación indicadas por el fabricante.
- Deberá de funcionar en cualquier condición de batería desconectada, con el generador eléctrico (generando) y las cargas de consumo encendidas o apagadas, garantizando una tensión de salida a las cargas no mayor de 1,25 veces la tensión nominal del sistema.
- Debe de tener como mínimo las siguientes protecciones:
 - Protección al módulo fotovoltaico ante retorno de corriente.
 - Protección a la batería ante sobrecargas y sobre descargas.
 - Protección contra cortocircuitos, lado del módulo fotovoltaico y de la carga de consumo.
 - Protección contra polaridad inversa en cualquier línea: modulo fotovoltaico, batería y carga de consumo.
 - Protección contra sobretensión en la entrada del módulo fotovoltaico.
 - Protección contra funcionamiento sin batería.
 - Protección contra sobretemperatura.

iii) Para la batería

- Deberá ser del tipo plomo.

- El tiempo de vida de la batería no podrá ser menor a 900 ciclos para una profundidad de descarga de 50 % para cualquier tipo de batería plomo-ácido.
- El contenedor de la batería se recomienda que sea de un material con retardante al fuego o llama.

iv) Para la lámpara en CC

- Podrá ser del tipo fluorescente compacto o del tipo LED.
- El casquillo deberá ser rosca tipo Edison 27.
- La potencia nominal será como máximo 11 W y la potencia luminosa como mínimo 550 lúmenes.

v) Para el inversor CC/CA

- Debe ser de onda senoidal pura.
- Su vida útil no debe ser menor a 10 años en condiciones de operación indicadas por el fabricante.
- Debe de tener una eficiencia superior al 80 % para factores de carga desde el 15 % de su potencia nominal y para todo el rango de tensiones de entrada.
- La tensión de salida en corriente alterna, para cualquier factor de carga, debe ser de 220 V +/- 7,5 %.
- La frecuencia para cualquier factor de carga, debe ser de 60 +/- 1 Hz.
- Deberá soportar, como mínimo, sobrecargas de 25 %, de su potencia nominal, durante 30 minutos a 25 ° C.

- Deberá contar con un sistema de protecciones contra cortocircuito (en ingreso y salida) y contra sobrecargas, sin que se requiera de un elemento externo para tal función.
- Deberá de estar protegido contra inversiones de polaridad en el lado de corriente continua.

vi) Para el sistema fotovoltaico

- El generador fotovoltaico debe ser instalado con un Angulo de inclinación entre 15 ° a 20 ° con respecto a la horizontal y con orientación Norte, libre de sombras proyectadas.
- Para el diseño del sistema fotovoltaico se deberá utilizar el valor de irradiación mensual más bajo del año.
- La capacidad de la batería debe permitir un mínimo de 3 días de autonomía.

b. Norma Técnica de Edificaciones EM.080 Instalaciones con energía solar

El objetivo de la presente norma es establecer *las mínimas condiciones técnicas que se deben incluir en el diseño y construcción de una vivienda en las que se incluya e aprovechamiento de energía solar*¹².

¹² N.T.E. EM.080 Instalaciones con Energía Solar, véase página 3.

Asimismo nos permite adecuar el diseño y construcción del sistema fotovoltaico domiciliario para un óptimo aprovechamiento de energía solar y así contribuir a disminuir la contaminación ambiental.

Cuenta con referencias normativas como es la NTP 399.403.2006: Sistemas Fotovoltaicos hasta 500 Wp. Especificaciones Técnicas y Método para la Calificación Energética, la Resolución Ministerial R.M. N° 091-2002-EM/VME Norma DGE Terminología en Electricidad y Símbolos Gráficos en Electricidad, entre otras.

Esta norma se divide en subtemas que se desarrollaran en el proyecto, son los siguientes:

i) Datos Técnicos

Los datos técnicos mínimos de los módulos fotovoltaicos que deberán ser proporcionados por el proveedor son:

Características Físicas	Unidades
Altura	Milímetros (mm)
Ancho	Milímetros (mm)
Espesor	Milímetros (mm)
Peso	Kilogramos (kg)

Fuente: *N.T.E. EM.080 Instalaciones con Energía Solar*

Tabla N° 2.1: Características físicas

Características Eléctricas	Unidades
Potencia pico (Pmax)	Watt (W)
Corriente Cortocircuito (Isc)	Ampere (A)
Tensión circuito abierto (Voc)	Volt (V)
Corriente máxima potencia (Imax)	Ampere (A)
Tensión máxima potencia (Vmax)	Volt (V)

Fuente: *N.T.E. EM.080 Instalaciones con Energía Solar*

Tabla N° 2.2: Características eléctricas

ii) Lugar de ubicación

Los módulos fotovoltaicos se pueden instalar en tejados, patios, ventanas, balcones, etc. No debe de existir sombra (producidas por la vegetación, tierra, edificaciones cercanas u otras), principalmente en horarios centrales del día. Se debe de considerar una separación adecuada entre los módulos para permitir la circulación del aire.

Criterio importante es que deben mantener un fácil acceso para los servicios de limpieza, mantenimiento, así como los espacios mínimos para una buena circulación de los usuarios. Esto también aplica a la batería y al controlador.

Los módulos deben procurarse estar alejados de las fuentes contaminantes como son las chimeneas industriales de combustión, carreteras polvorientas, entre otros.

Es importante ubicar los módulos de manera cercana a la unidad de control y batería, para que en el caso del cable no sea elevado su costo (debido a la distancia) y a la vez que no existan muchas pérdidas.

La unidad de control y batería de almacenamiento deben instalarse dentro de un espacio con temperaturas adecuadas para estos componentes y con una ventilación adecuada de aire circulante. Además de evitar que estén expuestas directamente a la luz del sol.

La instalación de los cables debe cumplir con lo estipulado en el Código Nacional de Electricidad¹³.

iii) Orientación e Inclinación

Con respecto a la orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos debe analizarse de una forma que sea óptima la radiación solar para el suministro eléctrico hacia las viviendas.

Los paneles fotovoltaicos estacionarios deben estar orientados hacia el norte y mantener un ángulo de inclinación equivalente a la latitud del lugar de instalación más 10 grados¹⁴.

iv) Estructura de Soporte

Si el montaje se realiza en el tejado, las estructuras de soporte deben fijarse a las vigas u algún elemento de la estructura de la vivienda.

La estructura del techo debe estar en la capacidad para soportar cargas extras como la del viento.

Si en el caso se utilice estructuras metálicas, estas deberán pintarse con un esmalte anticorrosivo para la protección del panel fotovoltaico.

¹³ N.T.E. EM.080 Instalaciones con Energía Solar, véase página 6.

¹⁴ N.T.E. EM.080 Instalaciones con Energía Solar, véase página 7.

Considerarse que el cálculo y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de los módulos permitan las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los paneles fotovoltaicos.

v) Superficie y Peso

La superficie que se requiere para una instalación con paneles fotovoltaicos depende de la irradiación solar, potencia y energía que se requiera. *Para cálculos preliminares de diseño arquitectónico se puede considerar que para cada kWp de paneles fotovoltaicos se requiere una superficie aproximada de 10m²¹⁵.*

El peso del panel fotovoltaico varía de acuerdo a la superficie que ocupa. *Se puede considerar 15 kg/m²¹⁶.* El peso de la estructura de soporte para el panel fotovoltaico dependerá del material empleado que puede ser hierro, aluminio, madera, etc.

vi) Protecciones y elementos de seguridad eléctrica

La instalación fotovoltaica incorporara los elementos y las características necesarias para garantizar en todo momento la calidad y la seguridad del suministro eléctrico (frente contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, etc.) de modo que cumplan las directivas del Código Nacional de Electricidad¹⁷.

¹⁵ N.T.E. EM.080 Instalaciones con Energía Solar, véase página 7.

¹⁶ N.T.E. EM.080 Instalaciones con Energía Solar, véase página 7.

¹⁷ N.T.E. EM.080 Instalaciones con Energía Solar, véase página 7-8.

Por otro lado la Toma a Tierra debe ser conectada al marco metálico del panel fotovoltaico. En el caso de dos paneles o más se deberá de conectar en los marcos metálicos entre si utilizando alambre conductor para puesta a tierra. *El propósito de esta conexión es conducir cualquier carga eléctrica inducida en la superficie del panel a tierra, cuando se producen tormentas eléctricas*¹⁸.

2.3. Definición de términos

- *Actividad*: Son las diferentes acciones que se desarrolla a lo largo de un proyecto esta tiene una durabilidad, un costo, y asignación de recursos.
- *Angulo de azimut X*: Angulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar.
- *Angulo de inclinación B*: Angulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal.
- *Bateria*: Fuente de tensión continua formada por un conjunto de vasos electroquímicos interconectados.
- *Capacidad nominal C_{20} (Ah)*: Cantidad de carga que es posible extraer de una batería en 20 horas, medida a una temperatura de 20 °C.
- *Capacidad útil*: Capacidad disponible o utilizable de la batería.

¹⁸ N.T.E. EM.080 Instalaciones con Energía Solar, véase página 8.

- *Célula solar o fotovoltaica*: Dispositivo que transforma la energía solar en energía eléctrica.
- *Condiciones Estándar de Medida (CEM)*: Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas como referencia para caracterizar células, módulos y generadores fotovoltaicos.
- *Estado de carga*: Cociente entre la capacidad residual de una batería, en general parcialmente descargada, y su capacidad nominal.
- *Factor de irradiación (FI)*: Porcentaje de radiación incidente para un generador de orientación e inclinación (X, B) respecto a la correspondiente para una orientación e inclinación óptimas ($X = 0^\circ, B_{opt}$).
- *Factor de sombreado (FS)*: Porcentaje de radiación incidente sobre el generador respecto al caso de ausencia total de sombras.
- *FV*: Fotovoltaico.
- *Generador fotovoltaico*: Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.
- G_{dm} : Valor medio mensual o anual de irradiación diaria sobre superficie horizontal en kWh/(m². día).

- $G_{dm}(X_{opt}, B_{opt})$: Valor medio mensual o anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador orientado de forma óptima (X_{opt}, B_{opt}) en kWh/(m², día).
- $G_{dm}(X, B)$: Valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano de generador en kWh/(m², día) y en el que se hayan descontado las pérdidas por sombreado.
- *Inversor*: Convertidor de corriente continua en corriente alterna.
- *Irradiación*: Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto periodo de tiempo. Se mide en kWh/m².
- *Irradiancia*: Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m².
- *Lámpara fluorescente de corriente continua*: Conjunto formado por un balastro y un tubo fluorescente.
- *Modulo fotovoltaico*: Conjunto de células solares interconectadas entre sí y encapsuladas entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.
- *Potencia máxima del generador*: Potencia máxima que puede entregar el modulo en las CEM.

- *Profundidad de descarga (PD)*: Cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal.
- *Punto de máxima potencia*: Punto de la curva I-V en donde el producto I·V tiene su valor máximo.
- *Radiación solar*: Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.
- *Rama solar*: Subconjunto de módulos fotovoltaicos interconectados, en serie o en serie – paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.
- *Regulador de carga*: Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas.
- *Rendimiento del inversor*: Relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada del inversor.
- *Rendimiento energético de la instalación o "performance ratio", PR*: Eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo para el periodo de diseño.
- *SFD*: Sistema Fotovoltaico Domiciliario

- *Watt pico (Wp)*: Unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, que significa la cantidad de potencia máxima que puede generar el modulo a condiciones estándar de funcionamiento.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Variables de investigación

a. Variable independiente

X: Sistema fotovoltaico domiciliario

b. Variable dependiente

Y: Calidad de vida

3.2. Operacionalización de variables

Las variables están ligadas a las propias del sistema fotovoltaico domiciliario que se relacionan con la variable de calidad de vida. Como se observa en la tabla siguiente:

Variable	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente: Sistema fotovoltaico domiciliario	Componentes de un Sistema Fotovoltaico	<ul style="list-style-type: none"> • Paneles fotovoltaicos • Regulador de tensión • Inversor de CC a CA • Baterías
	Factores de la fuente de energía	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de radiación solar • Distancia existente entre el Sol y la Tierra • Altitud a la que se encuentra el Sol. • Longitud del día
Variable Dependiente: Calidad de vida	Social	<ul style="list-style-type: none"> • Economía • Producción • Educación • Salud • Comunicación
	Tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> • Iluminación • Funcionamiento de artefactos eléctricos.

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 3.1: Operacionalización de variables

La variable independiente “Sistema Fotovoltaico” tiene una amplia relación con los indicadores propuestos, como se describe a continuación:

a. Componentes de un sistema fotovoltaico

- **Paneles Fotovoltaicos:** Parte del SFD encargado de la captación de la irradiación emitida del sol para ser aprovechada.
- **Regulador de Tensión:** Parte principal del SFD encargado de mantener en niveles estables los parámetros eléctricos con el fin de no incurrir en pérdidas o fallas y llevar un control óptimo del sistema.
- **Inversor de CC a CA:** Parte final del SFD encargado de transformar la corriente eléctrica para ser suministrada a cargas en corriente alterna.
- **Baterías:** Parte fundamental del SFD que se encarga de poder suministrar energía eléctrica cuando no se cuenta con la irradiación necesaria para el funcionamiento del sistema.

b. Factores de la fuente de energía

- **Emisión de radiación solar:** Las ondas electromagnéticas transmitidas hacia la tierra desde el sol tienen un valor fundamental en relación a la cantidad de energía que capta en el área del panel (irradiancia) para el funcionamiento del SFD.
- **Distancia existente entre el Sol y la Tierra:** En todo el año la distancia entre el Sol y la Tierra es variable por lo tanto el flujo de radiación emitida por el Sol también

lo es y es directamente proporcional a la irradiancia (potencia incidente por unidad de superficie de radiación electromagnética) que es aprovechada por el SFD.

- **Altitud a la que se encuentra el Sol:** A mayor altitud del sol (mientras más en perpendicular incidan los rayos del sol), mayor será la radiación solar recibida por unidad de área en el panel fotovoltaico y esto proporcionará mayor energía eléctrica al SFD.
- **Longitud del día:** Es el tiempo que está expuesta la superficie del panel fotovoltaico a la radiación solar, esto afecta directamente a la energía eléctrica suministrada por el SFD a las cargas eléctricas de consumo.

La variable dependiente “Calidad de vida” tiene una amplia relación con los indicadores propuestos, como se describe a continuación:

a. Social

- **Economía:** El desarrollo económico que pueda tener un grupo poblacional tiene un impacto directo en su calidad de vida por ya no tener la limitación monetaria y pudiendo ejecutar mejoras a ese desarrollo.
- **Producción:** El desarrollo productivo de un grupo poblacional se encuentra estrechamente relacionado con el desarrollo de la calidad de vida de las personas, pudiendo no solo producir objetos y alimentos típicos para autoconsumo, sino también iniciarse en la producción productiva para comercio y/o intercambio.

- Educación: La mejora de la calidad de vida de un grupo población guarda relación con su nivel de competencia educacional, logrando una retribución recíproca en tanto el nivel de educación sea superior.
- Salud: La calidad de vida guarda un alto porcentaje de su valor en el estado adecuado de la salud, por lo que un grupo población podría tener los distintos factores para ser descrita como una buena calidad de vida pero no será suficiente si no se cuenta con una salud óptima duradera.
- Comunicación: El desarrollo de la calidad de vida y la comunicación se entrelazan de una forma informativa constante al introducir y atraer la comunicación hacia afuera del grupo poblacional, permitiendo el desarrollo económico, productivo y social.

b. Tecnológico

- Iluminación: El continuo desarrollo de la calidad de vida relacionada con la iluminación es directa, proporcionando oportunidades tanto en el ámbito de la educación y producción, pudiendo realizar acciones que normalmente se tendrían que realizar en horas de iluminación solar natural.
- Funcionamiento de artefactos eléctricos: La posibilidad de utilización de artefactos eléctricos repercute en la calidad de vida por ser una forma más fácil y rápida de realizar ciertas actividades que usualmente se hacen de formas

convencionales provocando al grupo poblacional mayor tiempo y energía en la realización de demás actividades adicionales.

3.3. Hipótesis general

El suministro eléctrico mediante un sistema fotovoltaico domiciliario beneficia la calidad de vida de los pobladores en la localidad de Huarascal, Ancash.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de investigación

4.1.1. Según el objeto de estudio

Investigación aplicada: Se empleará la teoría de dimensionamiento de una instalación fotovoltaica domiciliaria.

4.1.2. Según las técnicas de obtención de datos

Investigación proyectiva: Se propondrá un diseño eléctrico fotovoltaico para solucionar el problema del suministro de energía eléctrica en la localidad en beneficio de la calidad de vida de la población.

4.1.3. Según las fuentes de información

Investigación documental: Se recopilará y seleccionará como base para la investigación a los estudios similares realizados en sistemas fotovoltaicos domiciliarios; criterios de expertos para definir el beneficio de los módulos fotovoltaicos en electrificación y usos específicos que brinda la utilización de este tipo de energía renovable en comunidades rurales.

4.2. Diseño de la investigación

Los aspectos que se tomaron en cuenta para el desarrollo de la ingeniería, son los siguientes:

a. Datos de la población

- Número de personas que habitan la localidad: 144
- Número de familias: 48
- Número de cargas especiales: 01 vaso de leche, 01 iglesia, 01 club de madres y 01 local comunal.

b. Impactos del suministro eléctrico

- Beneficios de la electricidad en la localidad de Huarascalles (Anexo-2).
- Desventajas de la electricidad en la localidad de Huarascalles (Anexo-2).

c. Análisis de las cargas

- Identificación de los tipos de usuarios:
 - Familiar: 44 viviendas
 - Productivo: 4 viviendas
 - Especial : 4 locales

La elaboración del diseño del sistema fotovoltaico domiciliario se desarrolló en las siguientes etapas:

a. Estudio de la irradiación solar

- Se utilizó el Software RETScreen para obtener los datos de irradiación mínima, media y máxima anual diaria de la localidad.
- Se obtuvo la energía total anual media que llega al lugar de la instalación del SFD.
- Se utilizó el valor mínimo anual diario y su mes correspondiente donde se diseñó el SFD.

Los resultados obtenidos fueron:

- Irradiación mínima: 5.03 kWh/m²/día (mes de Junio)
- Irradiación media: 5.93 kWh/m²/día
- Irradiación máxima: 6.81 kWh/m²/día (mes de Noviembre)
- Energía total anual media: 2164.45 kWh/m²/día

b. Posicionamiento del sistema fotovoltaico

- Se orientaron los paneles del SFD hacia el centro del ecuador geográfico para una óptima irradiación solar.
- La inclinación óptima se determinó desde la latitud del lugar.

- Para Perú:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \cdot \varnothing$$

Siendo:

β_{opt} : Inclinación óptima para el panel fotovoltaico, en grados sexagesimales.

\varnothing : Latitud del lugar, en grados sexagesimales.

El resultado obtenido fue:

- Inclinación óptima (β_{opt}): 10.26° (se recomienda orientarlos a 15° para una adecuada limpieza del panel a través del viento y lluvia)

c. Análisis de las pérdidas por orientación y sobras

- El factor de irradiación se calculó en base a la inclinación del panel fotovoltaico.

$$FI = 1 - \left[1.2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 \right] \text{ para } \beta \leq 15$$

Siendo:

FI : Factor de irradiación.

β : Inclinación del panel fotovoltaico para un ángulo menor a 15 °, en grados sexagesimales.

β_{opt} : Inclinación óptima para el panel fotovoltaico, en grados sexagesimales.

- Las pérdidas por orientación se calcularon en base al factor de irradiación.

$$\text{Perdidas por orientacion} = 1 - \text{FI}$$

Siendo:

FI : Factor de irradiación.

- El Factor de sombreado se calculó en base a los obstáculos que tenga el panel fotovoltaico, que en este caso no habrán.
- Las pérdidas por sombra se calcularon en base al factor de sombreado.

$$\text{Perdidas por sombras} = 1 - \text{FS}$$

Siendo:

FS : Factor de sombreado.

Los resultados obtenidos fueron:

- Factor de Irradiación (FI) =0.9973
- Factor de Sombreado (FS) =1.000

d. Calculo de la irradiación incidente en el panel fotovoltaico

- Se utilizó la irradiación mínima anual diaria sobre una superficie horizontal para el mes de diseño

$$G_{dm}(0)$$

Siendo:

$G_{dm}(0)$: Irradiación mínima anual (HSP) para el periodo de diseño, en kWh/m²/d.

- Se utilizó la irradiación mínima anual diaria para una inclinación arbitraria.

$$G_{dm}(\alpha = 0, \beta_{opt})$$

Siendo:

$G_{dm}(\alpha = 0, \beta_{opt})$: Irradiación mínima anual afectada por el ángulo óptimo para el periodo de diseño y orientación óptima, en kWh/m²/d.

- Se calculó el factor K de la irradiación mínima anual y la irradiación media anual para el mes de diseño.

$$K = \frac{G_{dm}(\alpha = 0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$$

Siendo:

K : Factor de relación entre la irradiación mínima anual optima y la de sobre una superficie horizontal.

- Se calculó la irradiación incidente en el panel fotovoltaico.

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) \times K \times FI \times FS$$

Siendo:

$G_{dm}(\alpha, \beta)$: Irradiación incidente en el panel fotovoltaico considerando las pérdidas, en kWh/m²/d.

Los resultados obtenidos fueron:

- Irradiación mínima anual diaria $G_{dm}(0)$: 5.03 kWh/m²/día
- Irradiación mínima anual diaria $G_{dm}(x=0, B_{opt})$: 5.12 kWh/m²/día
- $K = 1.017$
- Irradiación incidente $G_{dm}(x, B)$: 5.10 kWh/m²/día

e. Dimensionamiento del consumo eléctrico de la instalación

- Se estimó las cargas en CC y CA de la instalación.

Caso N° 1: Casa N° 1

Carga eléctrica	Cantidad	Potencia	Potencia Instalada	Operación	Energía
DC		(W)	(W)	(horas/día)	(Wh/día)
Luminaria	2	9	18	5	90
Tv B/N	1	20	20	4	80
Radio	1	16	16	4	64
Total			54		234

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.1: Tabla de carga DC - Casa tipo N° 1

Caso N° 2: Casa N° 2

Carga eléctrica CA	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Instalada (W)	Operación (horas/día)	Energía (Wh/día)
Luminaria	4	9	36	5	180
Tv	1	115	115	4	460
Frigorífico	1	85	85	12	1020
Radio	1	80	80	4	320
Bomba de presión	2	60	120	4	480
Total			436		2460

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.2: Tabla de carga CA - Casa tipo N° 2

Caso N° 3: Local vaso de leche

Carga eléctrica CC	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Instalada (W)	Operación (horas/día)	Energía (Wh/día)
Luminaria	4	9	36	5	180
Frigorífico	2	85	170	12	2040
Total			206		2220

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.3: Tabla de carga DC - Vaso de leche

Caso N° 4: Local iglesia

Carga eléctrica CA	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Instalada (W)	Operación (horas/día)	Energía (Wh/día)
Luminaria	11	9	99	5	495
Radio	1	200	200	4	800
Total			299		1295

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.4: Tabla de carga CA - Iglesia

Caso N° 5: Local club de madres

Carga eléctrica DC	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Instalada (W)	Operación (horas/día)	Energía (Wh/día)
Luminaria	4	9	36	5	180
Radio	1	16	16	4	64
Total			52		244

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.5: Tabla de carga DC - Club de madres

Caso N° 6: Local comunal

Carga eléctrica CA	Cantidad	Potencia (W)	Potencia Instalada (W)	Operación (horas/día)	Energía (Wh/día)
Luminaria	8	9	72	5	360
Parlante	1	200	200	4	800
Tv	1	115	115	4	460
Total			387		1620

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.6: Tabla de carga CA - Local comunal

f. Dimensionamiento de la batería fotovoltaica

- Se calculó el valor de la energía que producen las cargas en DC.
- Se calculó el valor de la energía que producen las cargas en CA.
- Se calculó el valor de la energía de la instalación afectado por la eficiencia del inversor y de la batería.

$$L(\text{Wh}) = \frac{L_{cc}}{\eta_g} + \frac{L_{ca}}{\eta_g \cdot \eta_{inv}}$$

$$L(\text{Ah}) = \frac{L(\text{Wh})}{V_{bat}}$$

Siendo:

L(Wh) : Energía requerida para la instalación, en Wh.

L(Ah) : Energía requerida para la instalación, en Ah.

Lcc : Energía requerida de cargas en CC, en Wh.

L_{ca} : Energía requerida de cargas en CA, en Wh.

η_g : Eficiencia de la batería.

η_{inv} : Eficiencia del inversor.

V_{bat} : Tensión de la batería, en Vcc.

- Se calculó la capacidad de la batería afectada por los días de autonomía y máxima profundidad.

$$C_B(\text{Ah}) = \frac{L(\text{Ah}) \cdot N}{PD_{\max}}$$

Siendo:

$C_B(\text{Ah})$: Capacidad de la batería de la instalación fotovoltaica, en Ah.

$L(\text{Ah})$: Energía requerida para la instalación, en Ah.

N : Número de días de autonomía requeridos.

PD_{\max} : Máxima profundidad de descarga de la batería.

g. Configuración de las baterías fotovoltaicas

- Se utilizó el arreglo de baterías que cumpla con las necesidades de la instalación.

$$\text{Baterias}_{\text{paralelo}} = \frac{C_B(\text{Ah})}{C_{\text{nominal}}}$$

$$\text{Baterias}_{\text{serie}} = \frac{V_{\text{sist}}}{V_{\text{bat}}}$$

Siendo:

CB(Ah) : Capacidad de la batería para la instalación fotovoltaica, en Ah.

Cnominal : Capacidad nominal de la batería a utilizar, en Ah.

Vsist : Tensión del sistema, en Vcc.

Vbat : Tensión de la batería, en Vcc.

h. Dimensionamiento del generador fotovoltaico

- Se utilizó las especificaciones técnicas del panel fotovoltaico que cumpla con el dimensionamiento del generador fotovoltaico.

$$P_{mp,min} = \frac{L(Wh) \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR}$$

$$E_{panel} = 0,9 \cdot I_{mp} \cdot G_{dm}(\alpha, \beta)$$

Siendo:

Pmp,min : Potencia mínima del generador fotovoltaico, en W.

L(Wh) : Energía requerida para la instalación, en Wh.

GCEM : Generador en condiciones estándares de medida.

Gdm(α,β) : Irradiación incidente en el panel fotovoltaico considerando las pérdidas, en kWh/m²/d.

PR : Rendimiento energético de la instalación.

Imp : Intensidad de corriente pico del panel fotovoltaico, en A.

Epanel : Energía suministrada por un panel fotovoltaico, en Wh.

i. Configuración del generador fotovoltaico

- Se utilizó el arreglo de paneles que cumpla con las necesidades de la instalación.

$$\text{Paneles}_{\text{paralelo}} = \frac{L(\text{Ah})}{0,9 \cdot I_{\text{mp}} \cdot G_{\text{dm}}(\alpha, \beta)}$$

$$\text{Paneles}_{\text{serie}} = \frac{V_{\text{sist}}}{V_{\text{panel}}}$$

Siendo:

L(Ah) : Energía requerida para la instalación, en Ah.

Imp : Intensidad de corriente pico del panel fotovoltaico, en A.

Gdm(α,β) : Irradiación incidente en el panel fotovoltaico considerando las perdidas, en kWh/m²/d.

Vsist : Tensión del sistema, en Vcc.

Vpanel : Tensión del panel fotovoltaico, en Vcc.

j. Dimensionamiento del regulador de carga

- Se calculó el número de reguladores necesarios.

$$\text{N}^{\circ} \text{ reguladores} = \frac{I_{\text{regulador}}}{I_{\text{nominal regulador}}}$$

Siendo:

Iregulador: Intensidad de corriente de cortocircuito de entrada al regulador, en A.

Inominal regulador: Intensidad de corriente nominal del regulador a utilizar, en A.

- Del lado del generador
 - Se calculó la intensidad de corriente continua del tramo “Generador – Regulador” (la intensidad de corriente deberá ser menor que las E.T. de entrada del regulador).

- Del lado de las cargas eléctricas
 - Se calculó la intensidad de corriente continua del tramo “Regulador de carga – Cargas en DC” (la intensidad de corriente deberá ser menor a las E.T. de salida del regulador de carga).

 - De ser el caso necesario para poder obtener salidas en 12 Vdc de un sistema de 24 Vdc se calculó la corriente continua del tramo “Caja estanca – Convertidor DC/DC.

 - Se calculó la intensidad de corriente continua del tramo “Batería – Inversor” (la intensidad de corriente deberá ser menor a las E.T. de entrada del inversor).

- Del lado de la batería
 - Se calculó la intensidad de corriente continua del tramo “Regulador – Batería” (la intensidad de corriente deberá ser menor a las E.T. de salida del regulador).

k. Dimensionamiento del inversor

- Se calculó la potencia del inversor en base a las cargas en CA.

$$P_{\text{inversor}} = 1,25 \cdot P_{\text{total ca}}$$

Siendo:

$P_{\text{total ca}}$: Potencia eléctrica requerida por la instalación, en W.

P_{inversor} : Potencia eléctrica del inversor a utilizar, en W.

- Del lado de la batería
 - Se utilizó la intensidad de corriente continua del tramo “Batería – Inversor” (la intensidad de corriente deberá ser inferior a las E.T. de entrada del inversor).

- Del lado de las cargas
 - Se calculó la intensidad de corriente alterna del tramo “Inversor – Cargas en CA” (la intensidad de corriente deberá ser inferior a las E.T. de salida del inversor).
- l. Cálculo de la intensidad de corriente

- Se calculó la intensidad de corriente desde los ramales de cada panel al generador.

$$I_{\text{generador}} = N^{\circ} \text{ ramales} \cdot I_{\text{sc}}$$

Siendo:

I_{sc} : Intensidad de corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico, en A.

$I_{\text{generador}}$: Intensidad de corriente de salida del generador, en A.

- Se calculó la intensidad de corriente del tramo “Generador – Regulador”.

$$I_{\text{regulador}} = I_{\text{generador}}$$

$$I_{\text{regulador max}} = 1,25 \cdot I_{\text{generador}}$$

Siendo:

$I_{\text{regulador}}$: Intensidad de corriente de entrada al regulador, en A.

$I_{\text{generador}}$: Intensidad de corriente de salida del generador, en A.

$I_{\text{regulado max}}$: Intensidad de corriente máxima de entrada al regulador, en A.

- Se calculó la intensidad de corriente del tramo “Regulador – Cargas en DC”.

$$I_{\text{carga cc}} = \frac{P_{\text{total cc}}}{V_{\text{sist cc}}}$$

$$I_{\text{carga cc max}} = 1,25 \cdot \frac{P_{\text{total cc}}}{V_{\text{sist cc}}}$$

Siendo:

$I_{\text{carga cc}}$: Intensidad de corriente necesaria para las cargas en CC, en A.

$I_{\text{carga cc max}}$: Intensidad de corriente máxima para las cargas en CC, en A.

$P_{\text{total cc}}$: Potencia eléctrica total de las cargas CC, en W.

$V_{\text{sist cc}}$: Tensión eléctrica del sistema, en Vcc.

- Se calculó la intensidad de corriente del tramo “Regulador – Batería”.

$$I_{\text{bateria}} = I_{\text{regulador}}$$

$$I_{\text{bateria max}} = 1,25 \cdot I_{\text{regulador}}$$

Siendo:

$I_{\text{regulador}}$: Intensidad de corriente de cortocircuito de entrada al regulador, en A.

I_{bateria} : Intensidad de corriente de entrada de la batería, en A.

$I_{\text{bateria max}}$: Intensidad de corriente máxima de entrada de la batería, en A.

- Se calculó la intensidad de corriente del tramo “Batería - Inversor”.

$$I_{\text{inversor cc}} = \frac{P_{\text{total ca}}}{V_{\text{sist cc}}}$$

$$I_{\text{inversor cc max}} = 1,25 \cdot \frac{P_{\text{total ca}}}{V_{\text{sist cc}}}$$

Siendo:

$P_{\text{total ca}}$: Potencia eléctrica total de las cargas CA, en W.

$V_{\text{sist cc}}$: Tensión eléctrica del sistema, en Vcc.

$I_{\text{inversor cc}}$: Intensidad de corriente continua de entrada al inversor, A.

$I_{\text{inversor cc max}}$: Intensidad de corriente continua máxima de entrada al inversor, en A.

- Se calculó la intensidad de corriente del tramo “Inversor – Cargas en CA”.

$$I_{\text{carga ca}} = \frac{P_{\text{total ca}}}{V_{\text{sist ca}}}$$

$$I_{\text{carga ca max}} = 1,25 \cdot \frac{P_{\text{total ca}}}{V_{\text{sist ca}}}$$

Siendo:

$P_{\text{total ca}}$: Potencia eléctrica total de las cargas CA, en W.

$V_{\text{sist ca}}$: Tensión eléctrica del sistema, en Vca.

$I_{\text{inversor ca}}$: Intensidad de corriente de salida del inversor, en A.

$I_{\text{inversor ca max}}$: Intensidad de corriente máxima de salida del inversor, A.

m. Dimensionamiento del cableado

- Se dimensionó la sección del cableado que cumplan con los criterios de caída de tensión y el criterio de intensidad máxima.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot e}$$

Siendo:

S: Sección del conductor, en mm².

L : Longitud, en m.

I : Intensidad de corriente que circula por el conductor, en A.

γ : Conductividad eléctrica del material, para el cobre 56.

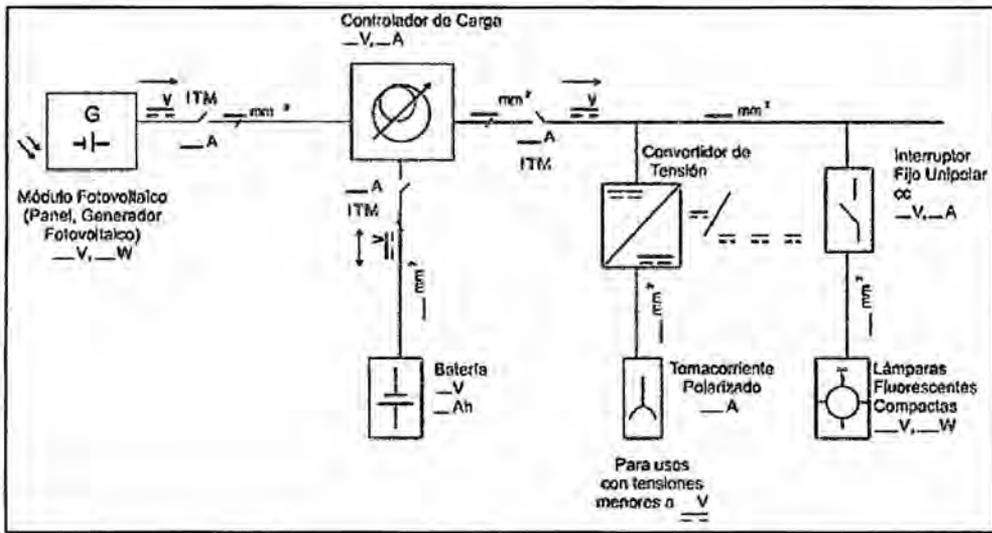
e : Porcentaje de caída de tensión.

n. Protecciones eléctricas

- Se calculó los valores de los interruptores para las protecciones en CD de cada tramo.
- Se calculó el valor de los interruptores para la protección en CA en el tramo “Inversor – cargas en CA”.

Esquemas propuestos para el sistema fotovoltaico doméstico (SFD):

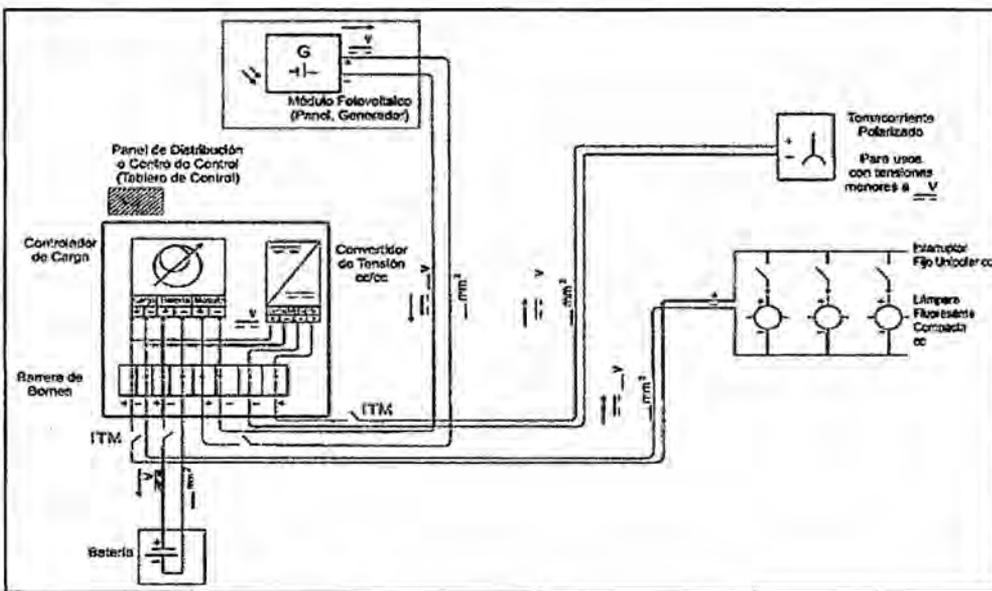
a. Diagrama unifilar de un Sistema Fotovoltaico Doméstico



Fuente: Ministerio de Energía y Minas, *Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos*

Figura N° 4.1: Diagrama unifilar de un SFD

b. Diagrama de conexionado de un Sistema Fotovoltaico Doméstico



Fuente: Ministerio de Energía y Minas, *Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos*

Figura N° 4.2: Diagrama de conexionado de un SFD

Se muestran a continuación los datos importantes de cada caso de vivienda:

- Caso N° 1: Casa N° 1

a) Datos de componentes:

MODULO SOLAR	
Marca	SUNTECH
Modelo	STP-085D-12/BEA
Potencia del modulo solar	85 Wp
Tensión Nominal del panel solar	12 Vdc
Tensión de circuito abierto Voc	22 Vdc
Corriente Máxima Imp	4.83 A
Corriente de corto circuito Isc	5.13 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.7: E.T. Modulo solar – Casa N° 1

BATERÍAS	
Marca	VICTRON
Modelo	Vitron Deep Cycle GEL 110/12
Capacidad	110 Ah
Tensión Nominal de batería	12 Vdc
Profundidad de descarga	70%
Días de autonomía	3

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.8: E.T. Baterías – Casa N° 1

b) Resultados del diseño:

MODULO SOLAR	
Potencia del arreglo	85 Wp
Módulos en serie	1
Módulos en paralelo	1
Cantidad total de módulos	1
Exceso obtenido	13.77%

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.9: Modulo solar – Casa N° 1

BATERÍAS	
Capacidad mínima	93 Ah
Capacidad total del banco	110 Ah
Baterías en serie	1
Baterías en paralelo	1
Cantidad total de baterías	1
Días de autonomía resultante	4.06

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.10: Baterías – Casa N° 1

c) Corrientes nominales:

Modulo - Arreglo	
Corriente de cortocircuito del modulo Isc	5.13 A
Corriente de diseño del modulo	6.41 A
Regulador - Bateria	
Corriente a potencia máxima	5.13 A
Corriente de diseño a potencia máxima	6.41 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.11: Corrientes nominales I – Casa N° 1

Arreglo - Regulador	
Corriente de cortocircuito del arreglo Isc	5.13 A
Corriente de diseño del arreglo	6.41 A
Regulador - Caja estanca	
Corriente nominal de consumo dc	4.50 A
Corriente de diseño de consumo dc	5.63 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.12: Corrientes nominales II – Casa N° 1

d) E.T. de los componentes:

UNIDAD DE CONTROL	
Corriente - arreglo solar	5.13 A
Corriente de diseño - arreglo solar	6.41 A
Corriente - consumo dc	4.50 A
Corriente de diseño - consumo dc	5.63 A
Corriente - batería	5.13 A
Corriente de diseño - batería	6.41 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.13: E.T. Unidad de control – Casa N° 1

- Caso N° 2: Casa N° 2

a) Datos de componentes:

MODULO SOLAR	
Marca	SUNTECH
Modelo	STP-260-24/Vb-1
Potencia del modulo solar	260 Wp
Tensión Nominal del panel solar	24 Vdc
Tensión de circuito abierto Voc	44 Vdc
Corriente Máxima Imp	7.47 A
Corriente de corto circuito Isc	8.09 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.14: E.T. Modulo solar – Casa N° 2

BATERÍAS	
Marca	VICTRON
Modelo	Vitron Deep Cycle GEL 220/12
Capacidad	220 Ah
Tensión Nominal de batería	12 Vdc
Profundidad de descarga	70%
Días de autonomía	3

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.15: E.T. Baterías – Casa N° 2

b) Resultados del diseño:

MODULO SOLAR	
Potencia del arreglo	1040 Wp
Módulos en serie	1
Módulos en paralelo	4
Cantidad total de módulos	4
Exceso obtenido	13.81%

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.16: Modulo solar – Casa N° 2

BATERÍAS	
Capacidad mínima	574 Ah
Capacidad total del banco	660 Ah
Baterías en serie	2
Baterías en paralelo	3
Cantidad total de baterías	6
Días de autonomía resultante	3.94

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.17: Baterías – Casa N° 2

c) Corrientes nominales:

Modulo - Arreglo	
Corriente de cortocircuito del modulo I_{sc}	8.09 A
Corriente de diseño del modulo	10.11 A
Regulador - Batería	
Corriente a potencia máxima	32.36 A
Corriente de diseño a potencia máxima	40.45 A
Batería - Inversor	
Corriente nominal de consumo dc/ac	18.17 A
Corriente de diseño de consumo dc/ac	22.71 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.18: Corrientes nominales I – Casa N° 2

Arreglo - Regulador	
Corriente de cortocircuito del arreglo I _{sc}	32.36 A
Corriente de diseño del arreglo	40.45 A
Regulador - Caja estanca	
Corriente nominal de consumo dc	0.00 A
Corriente de diseño de consumo dc	0.00 A
Inversor - Cargas AC	
Corriente nominal de consumo ac	1.98 A
Corriente de diseño de consumo ac	2.48 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.19: Corrientes nominales II – Casa N° 2

d) E.T. de los componentes:

UNIDAD DE CONTROL	
Corriente - arreglo solar	32.36 A
Corriente de diseño - arreglo solar	40.45 A
Corriente - consumo dc	0.00 A
Corriente de diseño - consumo dc	0.00 A
Corriente - batería	32.36 A
Corriente de diseño - batería	40.45 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.20: E.T. Unidad de control – Casa N° 2

INVERSOR DE CORRIENTE	
Potencia de diseño	545.00 W
Tensión de ingreso	24 Vdc
Tensión de salida	220 Vac
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente - consumo ac	1.98 A
Corriente de diseño - consumo ac	2.48 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.21: E.T. Inversor de corriente – Casa N° 2

- Caso N° 3: Local vaso de leche

a) Datos de componentes:

MODULO SOLAR	
Marca	SUNTECH
Modelo	STP-260-24/Vb-1
Potencia del modulo solar	260 Wp
Tensión Nominal del panel solar	24 Vdc
Tensión de circuito abierto Voc	44 Vdc
Corriente Máxima Imp	7.47 A
Corriente de corto circuito Isc	8.09 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.22: E.T. Modulo solar – Local vaso de leche

BATERÍAS	
Marca	VICTRON
Modelo	Vitron Deep Cycle GEL 165/12
Capacidad	165 Ah
Tensión Nominal de batería	12 Vdc
Profundidad de descarga	70%
Días de autonomía	3

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.23: E.T. Baterías – Local vaso de leche

b) Resultados del diseño:

MODULO SOLAR	
Potencia del arreglo	780 Wp
Módulos en serie	1
Módulos en paralelo	3
Cantidad total de módulos	3
Exceso obtenido	11.28%

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.24: Modulo solar – Local vaso de leche

BATERÍAS	
Capacidad mínima	440 Ah
Capacidad total del banco	495 Ah
Baterías en serie	2
Baterías en paralelo	3
Cantidad total de baterías	6
Días de autonomía resultante	3.85

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.25: Baterías – Local vaso de leche

c) Corrientes nominales:

Modulo - Arreglo	
Corriente de cortocircuito del modulo Isc	8.09 A
Corriente de diseño del modulo	10.11 A
Regulador - Batería	
Corriente a potencia máxima	24.27 A
Corriente de diseño a potencia máxima	30.34 A
Bateria - Inversor	
Corriente nominal de consumo dc/ac	0.00 A
Corriente de diseño de consumo dc/ac	0.00 A
Caja estanca - DC/DC	
Corriente nominal de consumo dc/dc	1.50 A
Corriente de diseño de consumo dc/dc	1.88 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.26: Corrientes nominales I – Local vaso de leche

Arreglo - Regulador	
Corriente de cortocircuito del arreglo Isc	24.27 A
Corriente de diseño del arreglo	30.34 A
Regulador - Caja estanca	
Corriente nominal de consumo dc	8.58 A
Corriente de diseño de consumo dc	10.73 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.27: Corrientes nominales II – Local vaso de leche

d) E.T. de los componentes:

UNIDAD DE CONTROL	
Corriente - arreglo solar	24.27 A
Corriente de diseño - arreglo solar	30.34 A
Corriente - consumo dc	8.58 A
Corriente de diseño - consumo dc	10.73 A
Corriente - batería	24.27 A
Corriente de diseño - batería	30.34 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.28: E.T. Unidad de control – Local vaso de leche

- Caso N° 4: Local iglesia

a) Datos de componentes:

MODULO SOLAR	
Marca	SUNTECH
Modelo	STP-270-24/Vb-1
Potencia del modulo solar	270 Wp
Tensión Nominal del panel solar	24 Vdc
Tensión de circuito abierto Voc	45 Vdc
Corriente Máxima Imp	7.71 A
Corriente de corto circuito Isc	8.20 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.29: E.T. Modulo solar – Local iglesia

BATERÍAS	
Marca	VICTRON
Modelo	Vitron Deep Cycle GEL 165/12
Capacidad	165 Ah
Tensión Nominal de batería	12 Vdc
Profundidad de descarga	70%
Días de autonomía	3

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.30: E.T. Baterías – Local iglesia

b) Resultados del diseño:

MODULO SOLAR	
Potencia del arreglo	540 Wp
Módulos en serie	1
Módulos en paralelo	2
Cantidad total de módulos	2
Exceso obtenido	11.57%

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.31: Modulo solar – Local iglesia

BATERÍAS	
Capacidad mínima	302 Ah
Capacidad total del banco	330 Ah
Baterías en serie	2
Baterías en paralelo	2
Cantidad total de baterías	4
Días de autonomía resultante	3.74

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.32: Baterías – Local iglesia

c) Corrientes nominales:

Modulo - Arreglo	
Corriente de cortocircuito del modulo I_{sc}	8.20 A
Corriente de diseño del modulo	10.25 A
Regulador - Batería	
Corriente a potencia máxima	16.40 A
Corriente de diseño a potencia máxima	20.50 A
Batería - Inversor	
Corriente nominal de consumo dc/ac	12.46 A
Corriente de diseño de consumo dc/ac	15.57 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.33: Corrientes nominales I – Local iglesia

Arreglo - Regulador	
Corriente de cortocircuito del arreglo Isc	16.40 A
Corriente de diseño del arreglo	20.50 A
Regulador - Caja estanca	
Corriente nominal de consumo dc	0.00 A
Corriente de diseño de consumo dc	0.00 A
Inversor - Cargas AC	
Corriente nominal de consumo ac	1.36 A
Corriente de diseño de consumo ac	1.70 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.34: Corrientes nominales II – Local iglesia

d) E.T. de los componentes:

UNIDAD DE CONTROL	
Corriente - arreglo solar	16.40 A
Corriente de diseño - arreglo solar	20.50 A
Corriente - consumo dc	0.00 A
Corriente de diseño - consumo dc	0.00 A
Corriente - batería	16.40 A
Corriente de diseño - batería	20.50 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.35: E.T. Unidad de control – Local iglesia

INVERSOR DE CORRIENTE	
Potencia de diseño	373.75 W
Tensión de ingreso	24 Vdc
Tensión de salida	220 Vac
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente - consumo ac	1.36 A
Corriente de diseño - consumo ac	1.70 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.36: E.T. Inversor de corriente – Local iglesia

- Caso N° 5: Local club de madres

a) Datos de componentes:

MODULO SOLAR	
Marca	SUNTECH
Modelo	STP-090D-12/BEA
Potencia del modulo solar	90 Wp
Tensión Nominal del panel solar	12 Vdc
Tensión de circuito abierto Voc	22 Vdc
Corriente Máxima Imp	5.06 A
Corriente de corto circuito Isc	5.37 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.37: E.T. Modulo solar – Local club de madres

BATERÍAS	
Márca	VICTRON
Modelo	Vitron Deep Cycle GEL 110/12
Capacidad	110 Ah
Tensión Nominal de batería	12 Vdc
Profundidad de descarga	70%
Días de autonomía	3

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.38: E.T. Baterías – Local club de madres

b) Resultados del diseño:

MODULO SOLAR	
Potencia del arreglo	90 Wp
Módulos en serie	1
Módulos en paralelo	1
Cantidad total de módulo.	1
Exceso obtenido	14.30%

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.39: Modulo solar – Local club de madres

BATERÍAS	
Capacidad mínima	97 Ah
Capacidad total del banco	110 Ah
Baterías en serie	1
Baterías en paralelo	1
Cantidad total de baterías	1
Días de autonomía resultante	3.90

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.40: Baterías – Local club de madres

c) Corrientes nominales:

Modulo - Arreglo	
Corriente de cortocircuito del modulo Isc	5.37 A
Corriente de diseño del modulo	6.71 A
Regulador - Batería	
Corriente a potencia máxima	5.37 A
Corriente de diseño a potencia máxima	6.71 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.41: Corrientes nominales I – Local club de madres

Arreglo - Regulador	
Corriente de cortocircuito del arreglo Isc	5.37 A
Corriente de diseño del arreglo	6.71 A
Regulador - Caja estanca	
Corriente nominal de consumo dc	4.33 A
Corriente de diseño de consumo dc	5.42 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.42: Corrientes nominales II – Local club de madres

d) E.T. de los componentes:

UNIDAD DE CONTROL	
Corriente - arreglo solar	5.37 A
Corriente de diseño - arreglo solar	6.71 A
Corriente - consumo dc	4.33 A
Corriente de diseño - consumo dc	5.42 A
Corriente - batería	5.37 A
Corriente de diseño - batería	6.71 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.43: E.T. Unidad de control – Local club de madres

- Caso N° 6: Local comunal

a) Datos de componentes:

MODULO SOLAR	
Marca	SUNTECH
Modelo	STP-260-24/Vb-1
Potencia del modulo solar	260 Wp
Tensión Nominal del panel solar	24 Vdc
Tensión de circuito abierto Voc	44 Vdc
Corriente Máxima Imp	7.47 A
Corriente de corto circuito Isc	8.09 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.44: E.T. Modulo solar – Local comunal

BATERÍAS	
Marca	VICTRON
Modelo	Vitron Deep Cycle GEL 220/12
Capacidad	220 Ah
Tensión Nominal de batería	12 Vdc
Profundidad de descarga	70%
Días de autonomía	3

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.45: E.T. Baterías – Local comunal

b) Resultados del diseño:

MODULO SOLAR	
Potencia del arreglo	780 Wp
Módulos en serie	1
Módulos en paralelo	3
Cantidad total de módulos	3
Exceso obtenido	29.62%

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.46: Modulo solar – Local comunal

BATERÍAS	
Capacidad mínima	378 Ah
Capacidad total del banco	440 Ah
Baterías en serie	2
Baterías en paralelo	2
Cantidad total de baterías	4
Días de autonomía resultante	3.99

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.47: Baterías – Local comunal

c) Corrientes nominales:

Modulo - Arreglo	
Corriente de cortocircuito del modulo I_{sc}	8.09 A
Corriente de diseño del modulo	10.11 A
Regulador - Batería	
Corriente a potencia máxima	24.27 A
Corriente de diseño a potencia máxima	30.34 A
Batería - Inversor	
Corriente nominal de consumo $dclac$	16.13 A
Corriente de diseño de consumo $dclac$	20.16 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.48: Corrientes nominales I – Local comunal

Arreglo - Regulador	
Corriente de cortocircuito del arreglo Isc	24.27 A
Corriente de diseño del arreglo	30.34 A
Regulador - Caja estanca	
Corriente nominal de consumo dc	0.00 A
Corriente de diseño de consumo dc	0.00 A
Inversor - Cargas AC	
Corriente nominal de consumo ac	1.76 A
Corriente de diseño de consumo ac	2.20 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.49: Corrientes nominales II – Local comunal

d) E.T. de los componentes:

UNIDAD DE CONTROL	
Corriente - arreglo solar	24.27 A
Corriente de diseño - arreglo solar	30.34 A
Corriente - consumo dc	0.00 A
Corriente de diseño - consumo dc	0.00 A
Corriente - batería	24.27 A
Corriente de diseño - batería	30.34 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.50: E.T. Unidad de control – Local comunal

INVERSOR DE CORRIENTE	
Potencia de diseño	483.75 W
Tensión de ingreso	24 Vdc
Tensión de salida	220 Vac
Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente - consumo ac	1.76 A
Corriente de diseño - consumo ac	2.20 A

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla N° 4.51: E.T. Inversor de corriente – Local comunal

4.3. Población y muestra

4.3.1. Características del lugar

La localidad de Huarascal se ubica en el distrito de Huaylas, provincia de Huaylas, región Ancash a aproximadamente 1.5 horas (En carro) de la provincia de Caraz y a una altura de 2782 m.s.n.m.

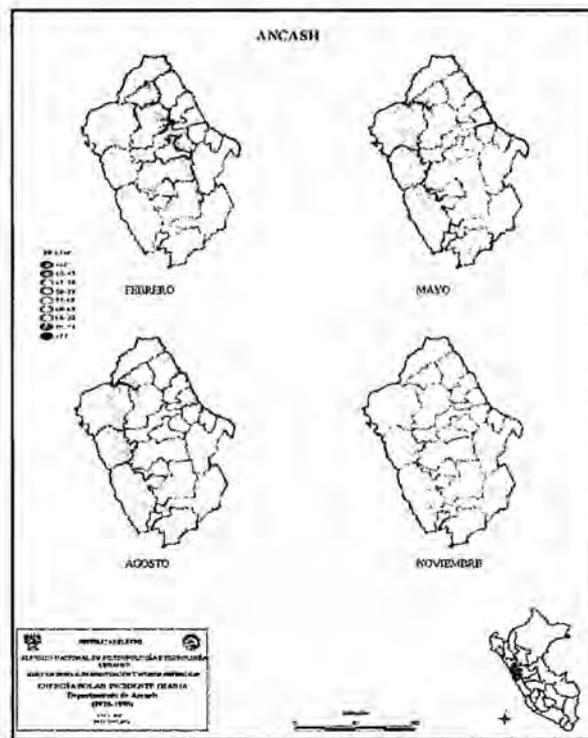
- Datos climatológicos

Temperatura mínima/máxima : 10 °C / 25 °C

Humedad relativa mínima/máxima : 15 % / 20%

- Irradiación solar

Se observa un alto grado de irradiación en la zona donde se encuentra la localidad de Huarascal.



Fuente: www.dge.minem.gob.pe, *Atlas de Energía Solar del Perú*, 2013

Figura N° 4.3: Irradiación solar en la provincia de Ancash

4.3.2. Delimitación del lugar

La delimitación del lugar se centra dentro de la provincia de Huaylas, específicamente en la localidad de Huarascalle.



Fuente: Hidrandina S.A.

Figura N° 4.4: Ubicación del lugar

- La coordenada UTM de la localidad Huarascalle es:

Zona 18 L

Norte: 9018213.67 m

Este: 180429.41 m



Fuente: Google Earth

Figura N° 4.5: Localidad de Huarascalle

4.3.3. Tamaño de la muestra

Se han identificado viviendas que tienen pequeños comercios ubicados en su propiedad, además se han identificado 4 ambientes de uso general, a continuación se muestra el detalle de la localidad:

Item	Localidad	N° de Viviendas	Población	Uso General	Total	Habitantes/vivienda
1	Huarascalle	48	144	4	52	3.0

Fuente: Hidrandina S.A.

Tabla N° 4.52: Población y vivienda

La mayoría de las viviendas son de construcción rústica, construidas con adobes de barro de una sola planta. Por lo general, las viviendas comprenden de 2 a 3 ambientes y otras

son compartidas como comedor y cocina; además, algunos poseen un pequeño patio corral que le sirve para crianza de animales caseros.

A continuación se muestra los ambientes de uso general por los habitantes de la localidad:

m	Localidad	Viviendas	Centros Médicos	Vaso de Leche	Colegios	Iglesias	Club de Madres	Local Comunal
	Huarascalle	48	0	1	0	1	1	1
	Total	48	0	1	0	1	1	1

Fuente: Hidrandina S.A.

Tabla N° 4.53: Relación de viviendas domésticas y uso general

Se utilizó la técnica estadística para hallar la muestra de los pobladores de la localidad.

El cálculo se hizo de la siguiente manera:

Primero se definió el número de viviendas en la población que en nuestro caso fue 48 y se trabajó con un nivel de confianza de 95% y un error de 5%

Los datos son los siguientes:

$$N = 48, Z = 1.96, e = 0.05, p = 0.6, q = 0.4$$

Siendo:

N : Número de viviendas

Z : Límite de confianza para generalizar los resultados

p : Campo de variabilidad de aciertos o éxitos.

q : Campo de variabilidad de desaciertos o fracasos

e : Nivel de precisión para generalizar los resultados

Primero se calculó el "n₀" (el tamaño de la muestra inicial), con los datos de la población que se muestran:

$$n_0 = \frac{(z^2) \cdot q \cdot p}{e^2}$$

$$n_0 = \frac{(1.96^2) \times 0.4 \times 0.6}{0.05^2}$$

$$n_0 = 368.8 \cong 369$$

n₀ = Valor de la muestra inicial

Finalmente, se ajustó el "n₀" para hallar "n" (la muestra) de la población:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}}$$

$$n = \frac{369}{1 + \frac{(369 - 1)}{48}}$$

$$n = 42.6 \cong 43$$

n = Muestra

El tamaño de la muestra de 48 viviendas fue 42.6 con un nivel de confianza del 95%. Entonces para nuestro caso la muestra fue de 43 viviendas.

Se elaborará una encuesta dirigida a cada jefe(a) de familia, para determinar el beneficio de la electricidad en la localidad de Huarascalle con los siguientes criterios:

- Datos de la localidad
- Cuestionario de preguntas para el análisis del beneficio de la electricidad en la localidad

4.4. Técnicas e instrumentación de datos

Partiendo de la definición de procedimiento de recolección de datos que es la planificación de un instrumento de medición que cumpla con los requisitos técnicos para poder aplicarlo en la muestra de la investigación, el proceso implicó elaborar un plan detallado de procedimientos que nos llevó a reunir datos con el propósito de cuantificar las expectativas que generaría el suministro de electricidad en la localidad.

La elaboración del plan de recolección de dato se llevó a cabo considerando las siguientes notaciones:

- ✓ Fuentes y su localización

Se utilizó la fuente primaria la cual consiste en que el equipo recogió la información de forma directa a los pobladores en la localidad de Huarascalle, Ancash.

✓ Método para recolección de datos

El método utilizado fue la encuesta asistida que es una técnica mediante el cual se diseñó un cuestionario que registró información específica de cada jefe de familia encuestado(a).

✓ Escalas de medición de variables

El instrumento de recolección de datos cumplió los siguientes parámetros: La *Confiabilidad* que es el grado en que produce resultados consistentes y coherentes, la *Validez* que es el grado en que mide la variable que pretende medir y la *Objetividad* que es el grado en que es permeable a los sesgos y tendencias de quien lo administra, califica e interpreta.

4.5. Procedimiento de recolección de datos

El desarrollo del plan se realizó con las siguientes consideraciones:

✓ Se midió la relación de las variables contenidas en la hipótesis, como es el suministro de energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico domiciliario para el beneficio de la calidad de vida de los pobladores.

✓ Se utilizó el instrumento de la encuesta asistida por entrevista personal que se basaron en preguntas cerradas y abiertas, fáciles de responder y analizar con la finalidad de medir opiniones y expectativas de los pobladores.

- ✓ Los datos se recolectaron de la muestra seleccionada de 43 jefes de familia de la localidad de Huarascalle, Ancash.
- ✓ Las respuestas obtenidas se transfirieron a una matriz de datos y se preparó su análisis.

- ✓ Los recursos disponibles fueron económicamente aceptables y suficientes. El tiempo de desarrollo del plan fue de 1 semana.

Se elaboró una encuesta dirigida a cada jefe(a) de familia, para determinar el beneficio de la electricidad en la localidad de Huarascalle.

Se comenzó con una encuesta general de los “datos de la localidad” en donde se buscó recabar la información básica de cada vivienda encuestada, con preguntas referidas al material de construcción de la vivienda, si posee algún negocio, que medio de energía utiliza para iluminar en horas de la noche, con que periodicidad adquiere los insumos para iluminar su vivienda y si cuenta con equipos que utilicen electricidad.

Realizada la encuesta general se procedió a consultar al jefe(a) de familia la opinión que tiene respecto al beneficio que la electricidad le pudiera dar a su vivienda y su localidad, asimismo si estuviera o no de acuerdo con el uso de la electricidad en su vivienda y preguntas afines, como por ejemplo si la electricidad beneficiaría en la educación, comunicación, salud e iluminación en su vivienda.

Al finalizar el desarrollo del plan se continuó con el proceso estadístico y el análisis de los resultados entregados por las encuestas asistidas realizadas a los 43 jefes de familia de la muestra escogida de forma aleatoria.

4.6. Procedimiento estadístico y análisis de datos

En el siguiente apartado se presenta el procedimiento y análisis realizado a los datos obtenidos de los cuestionarios aplicados a los 43 representantes de las viviendas de la localidad de Huarascalte, de acuerdo a la muestra seleccionada.

Se utilizó el modelo de la escala de Linkert como respuesta a todas las preguntas de los cuestionarios con excepción de la pregunta N° 2 que tuvo como respuesta opciones múltiples.

Para llevar a cabo el análisis se introdujo las respuestas de las encuestas en el programa IBM SPSS Statistics 22, asimismo en un archivo de Microsoft Excel para poder ser analizados mediante gráficas y tablas.

Previamente al análisis de los resultados, se consultó mediante la “Encuesta - A” a los pobladores encuestados las condiciones actuales descriptivas y energéticas que se cuentan en las viviendas, encontrándose que el 100 % de los encuestados cuentan con viviendas construidas de adobe.

Asimismo los pobladores en el 49 % tienen sembríos de cereales para autoconsumo, el 5 % elabora bloques de adobe y corta leña, otro 5 % además de tener sembríos de cereales

tienen algún tipo de mecanismos de riego, otro 5 % tienen criaderos de animales, solo un 2 % tienen sembríos de cereales y criaderos de animales y un 39 % no cuentan con áreas de sembrío ni de criadero de animales próximas a su vivienda.

A continuación se presenta el análisis realizado mediante el software IBM SPSS Statistics 22 para las preguntas N° 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 9:

En el análisis realizado con el SPSS se observa que no excluyó ningún dato por haber ingresado correctamente los datos al software.

	Casos					
	Incluido		Excluido		Total	
	N°	Porcentaje	N°	Porcentaje	N°	Porcentaje
Preg. N° 1	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 3	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 4	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 5	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 6	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 7	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 8	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 9	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 4.54: Resumen de procedimiento de casos

A continuación se presenta las respuestas de la muestra encuestada de 43 representantes de familias; asimismo los números descritos tienen las siguientes igualdades:

Encuestados	Preg.							
	Nº 1	Nº 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6	Nº 7	Nº 8	Nº 9
1	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.0	5.0
2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	2.0	4.0
3	5.0	5.0	4.0	5.0	2.0	5.0	2.0	5.0
4	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0
5	5.0	5.0	4.0	5.0	1.0	4.0	5.0	4.0
6	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	4.0	2.0	2.0
7	1.0	3.0	2.0	3.0	2.0	2.0	1.0	3.0
8	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0
9	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0
10	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0
11	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0
12	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0
13	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	5.0
14	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	1.0	5.0
15	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	1.0	4.0
16	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	2.0	5.0
17	2.0	4.0	2.0	1.0	2.0	3.0	2.0	3.0
18	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	2.0	4.0
19	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0
20	5.0	4.0	5.0	5.0	2.0	4.0	1.0	4.0
21	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	2.0	5.0
22	5.0	4.0	5.0	5.0	1.0	4.0	4.0	4.0

23	4.0	5.0	4.0	4.0	2.0	4.0	5.0	4.0
24	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.0	5.0
25	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0
26	1.0	3.0	3.0	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0
27	2.0	3.0	2.0	1.0	1.0	4.0	1.0	3.0
28	4.0	4.0	5.0	4.0	2.0	5.0	2.0	5.0
29	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0
30	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	1.0	5.0
31	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	2.0	4.0
32	2.0	3.0	1.0	3.0	3.0	4.0	2.0	3.0
33	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0
34	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	2.0	4.0
35	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	4.0	1.0	5.0
36	2.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	1.0	4.0
37	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	2.0	5.0
38	5.0	5.0	2.0	2.0	4.0	5.0	2.0	4.0
39	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0
40	4.0	5.0	4.0	5.0	1.0	4.0	1.0	4.0
41	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	2.0	5.0
42	3.0	4.0	2.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0
43	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	5.0
Total	Nº	43	43	43	43	43	43	43

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 4.55: Lista de respuesta de encuestados

1 = Totalmente en desacuerdo

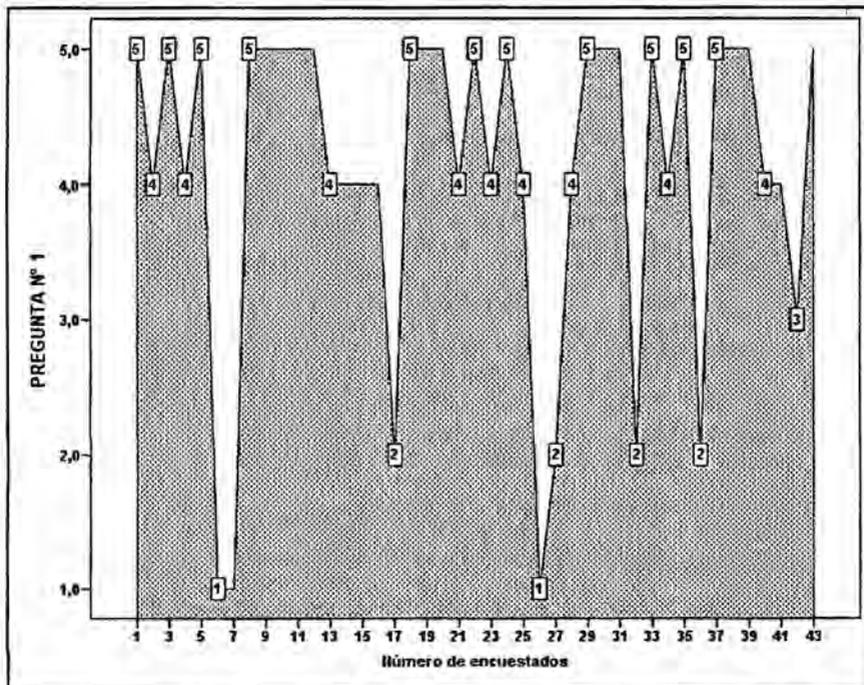
2 = En desacuerdo

3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo

4 = De acuerdo

5 = Totalmente de acuerdo

En el grafico siguiente se presenta el trazo de secuencia de la pregunta N° 1, donde se muestra el desarrollo de la pregunta con la respuesta de cada encuestado, esto nos permite observar de forma general la variabilidad de respuestas obtenidas.



Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 4.6: Trazo de secuencia – Pregunta N° 1

Nota: El trazo de secuencia de todas las preguntas se encuentran en el Anexo – 4.

Se presenta a continuación la correlación de las variables bajo el modelo de Pearson, que mide el grado de relación de dos variables cuantitativas, esta relación está dentro del

intervalo de -1 a 1, por lo que una relación entre 0 a 1 indica una relación positiva y un valor 0 indica que no hay relación lineal entre las variables.

	Preg. N° 1	Preg. N° 3	Preg. N° 4	Preg. N° 5	Preg. N° 6	Preg. N° 7	Preg. N° 8	Preg. N° 9
Preg. N° 1	1	,703**	,686**	,663**	,456**	,615**	,330*	,706**
Preg. N° 3	,703**	1	,536**	,480**	,332*	,381*	,375*	,606**
Preg. N° 4	,686**	,536**	1	,697**	,454**	,472**	.092	,671**
Preg. N° 5	,663**	,480**	,697**	1	,386*	,410**	.113	,624**
Preg. N° 6	,456**	,332*	,454**	,386*	1	,523**	.213	,502**
Preg. N° 7	,615**	,381*	,472**	,410**	,523**	1	.111	,593**
Preg. N° 8	,330*	,375*	.092	.113	.213	.111	1	.048
Preg. N° 9	,706**	,606**	,671**	,624**	,502**	,593**	.048	1

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 4.56: Correlación de Pearson

A continuación se presenta el grado de fiabilidad de la escala de medida mediante el Alfa de Cronbach o índice de consistencia interna, en otras palabras este valor nos va permitir cuantificar el nivel de fiabilidad de una escala de medida para una magnitud inobservable construida a partir de n variables observables. Los valores van a variar entre 0 a 1, si el valor supera el 0.8 hablamos de un instrumento consistente internamente.

Alfa de Cronbach	Nº de preguntas
0.836	8

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla Nº 4.57: Estadísticas de fiabilidad

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de cada pregunta elaborada, se describen a continuación al análisis del rango, mínimo, máximo, media, desviación estándar y varianza.

	Nº	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Preg. Nº 1	43	4.0	1.0	5.0	4.093	1.2500	1.563
Preg. Nº 3	43	2.0	3.0	5.0	4.372	.6909	.477
Preg. Nº 4	43	4.0	1.0	5.0	4.140	1.2068	1.456
Preg. Nº 5	43	4.0	1.0	5.0	4.209	1.1246	1.265
Preg. Nº 6	43	4.0	1.0	5.0	3.674	1.4755	2.177
Preg. Nº 7	43	3.0	2.0	5.0	4.395	.6949	.483
Preg. Nº 8	43	4.0	1.0	5.0	2.651	1.5257	2.328
Preg. Nº 9	43	3.0	2.0	5.0	4.233	.8117	.659

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla Nº 4.58: Estadísticos descriptivos

Adicionalmente se presenta el índice de frecuencias de las respuestas de la pregunta N° 1 y donde se aprecia el porcentaje que estas representan respecto del total.

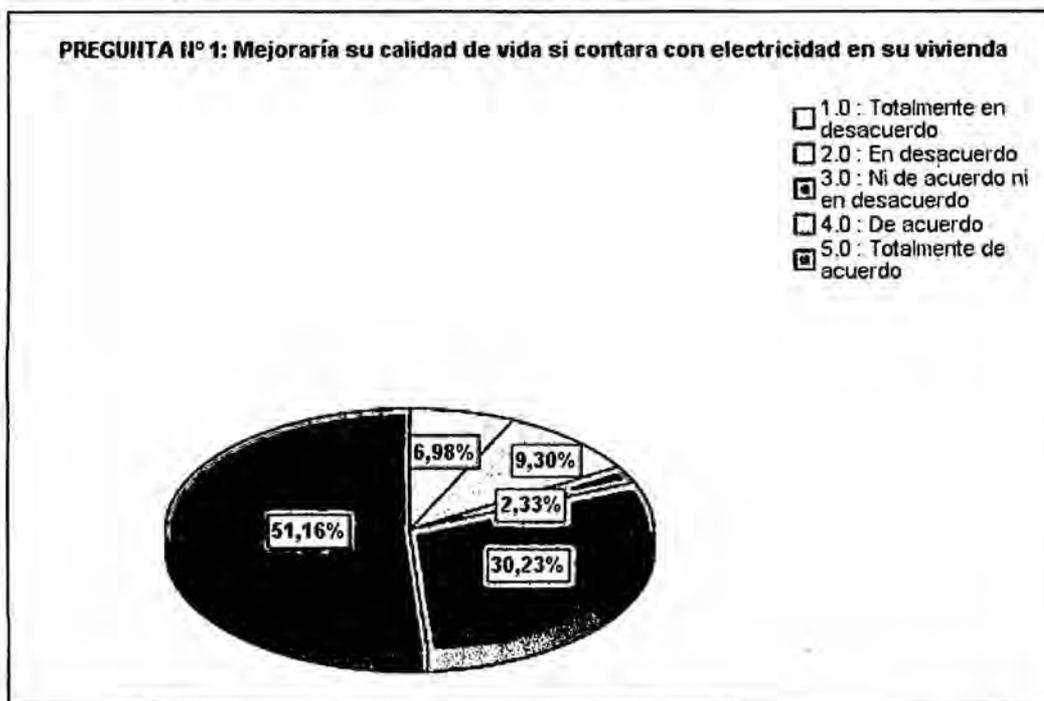
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1,0	3	7.0	7.0	7.0
2,0	4	9.3	9.3	16.3
3,0	1	2.3	2.3	18.6
Válido 4,0	13	30.2	30.2	48.8
5,0	22	51.2	51.2	100.0
Total	43	100.0	100.0	

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 4.59: Frecuencia – Pregunta N° 1

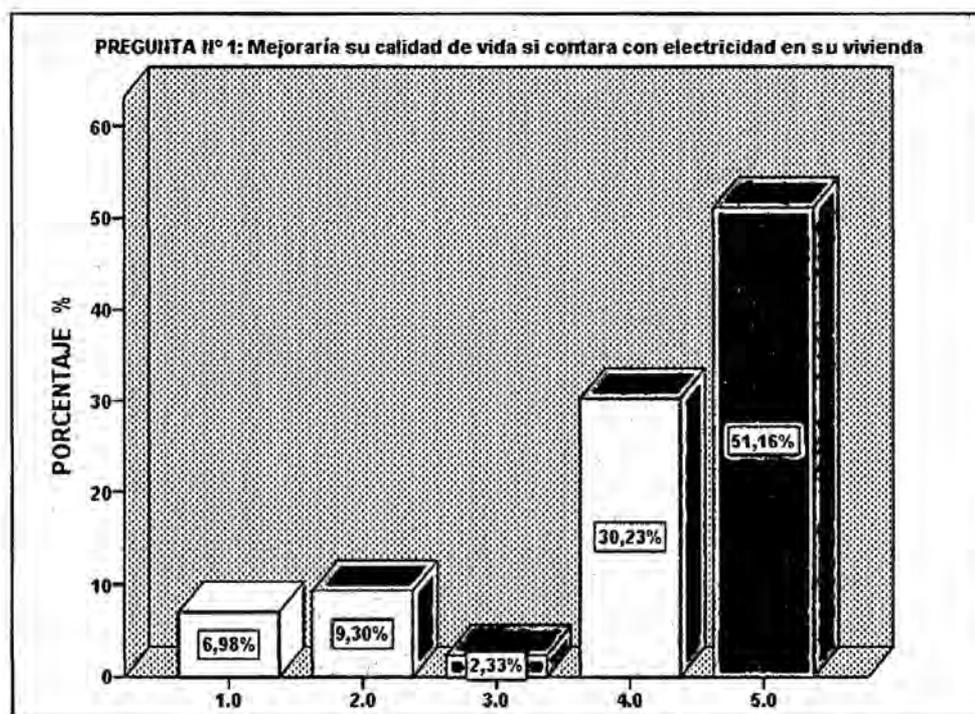
Nota: Las frecuencias de todas las preguntas se encuentran en el Anexo – 4.

Se presentan las gráficas descriptivas de la pregunta N° 1:



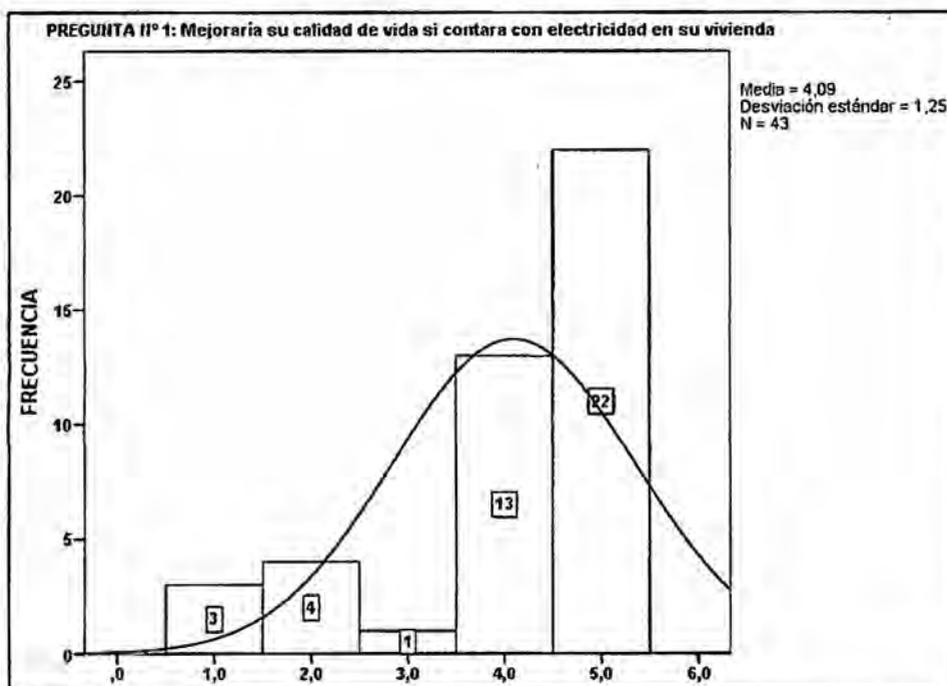
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 4.7: Gráfica descriptiva I – Pregunta N° 1



Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 4.8: Gráfica descriptiva II – Pregunta N° 1



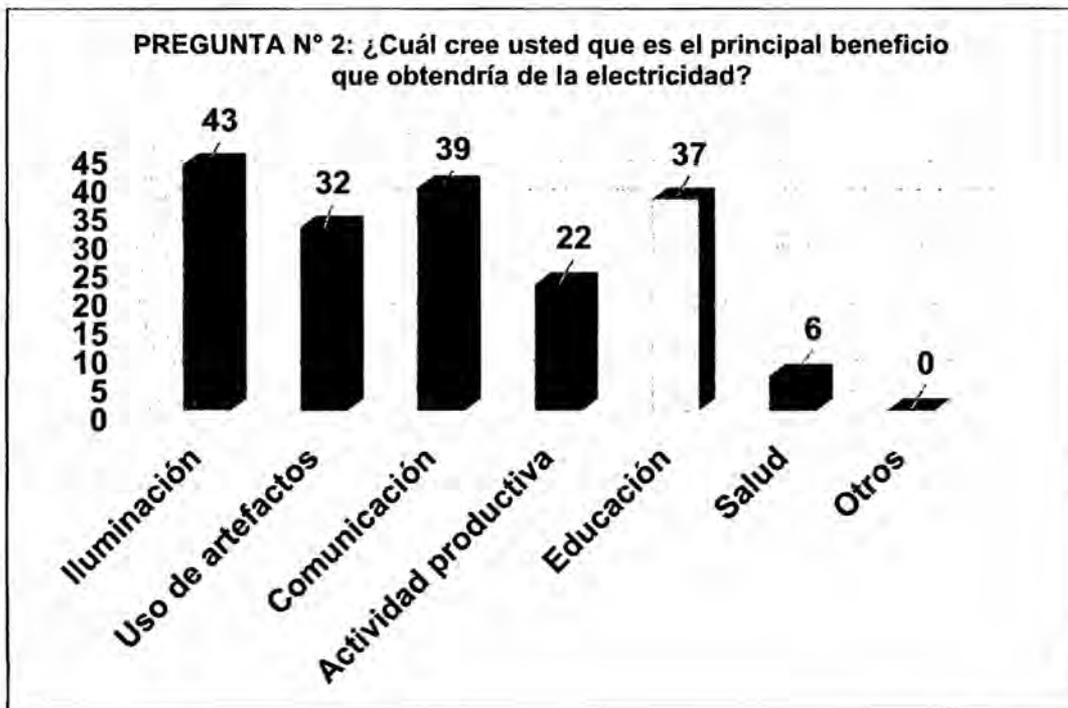
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 4.9: Grafica descriptiva III – Pregunta N° 1

Nota: Las gráficas descriptivas I, II y III de todas las preguntas se encuentran en el Anexo

– 4.

Para el análisis de la pregunta N° 2 por ser la respuesta de opción múltiple se cuantifico de la siguiente forma mostrando las respuestas elegidas por los encuestados:



Fuente: Microsoft Excel – Elaboración propia

Figura N° 4.10: Encuesta – Pregunta N° 2

V. RESULTADOS

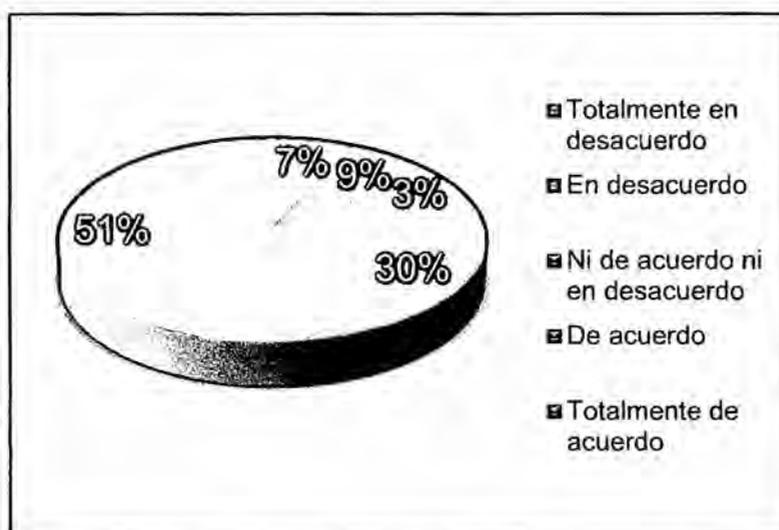
En el siguiente apartado se presentan los resultados obtenidos de los cuestionarios aplicados a los 43 representantes de las viviendas de la localidad de Huarascalte, de acuerdo a la muestra seleccionada.

Para llevar a cabo el análisis se introdujo las respuestas de las encuestas en un archivo en Microsoft Excel para poder ser analizados mediante gráficas porcentuales.

El resultado de la primera pregunta agrupó a un 81 % de los encuestados que consideran que están de acuerdo con la afirmación que la electricidad en la vivienda mejoraría la calidad de vida, solo un 16 % no está de acuerdo con esa afirmación por considerar en su gran mayoría que no afectaría o no tendría un impacto importante por percibir que en localidades similares a la encuestada la utilización de la electricidad no ha cumplido con las expectativas.

Pregunta N° 1:

Mejoraría su calidad de vida si contara con electricidad en su vivienda



Fuente: Microsoft Excel – Elaboración propia

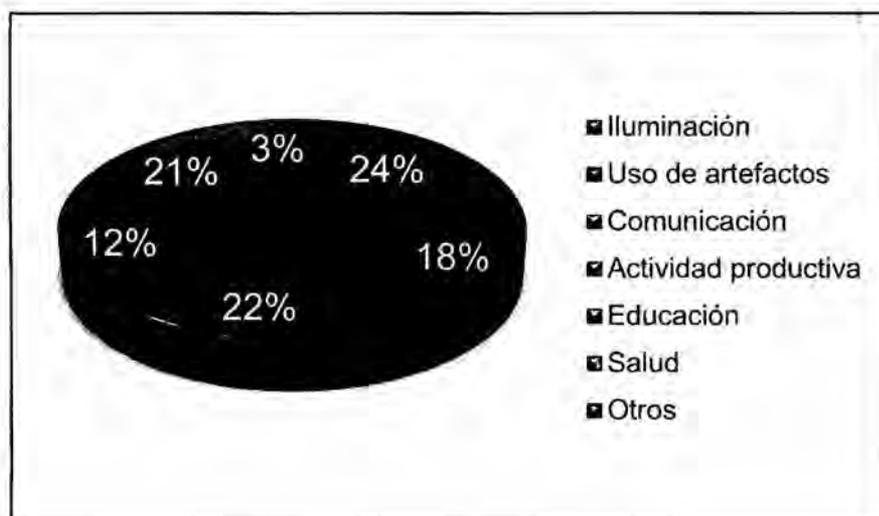
Figura N° 5.1: Encuesta – Pregunta N° 1

La segunda pregunta realizada fue de opción múltiple y mostró que todos los encuestados encontraron algún beneficio en la electricidad, siendo la de mayor incidencia con 24 % la iluminación, seguido de un 22 % de la comunicación, seguido con un 21 % a la educación, luego un 18 % el uso de artefactos eléctricos y con un 12 % a la actividad productiva.

Por contraparte solo un 3 % consideró que beneficiaría a temas relacionados con la salud por considerar que en la región las instituciones de salud tienen muchas deficiencias y existiendo mejoras en electricidad o distintos aportes lo que es escaso son los profesionales laborando en las instituciones de salud.

Pregunta N° 2:

¿Cuál cree usted que es el principal beneficio que obtendría de la electricidad?



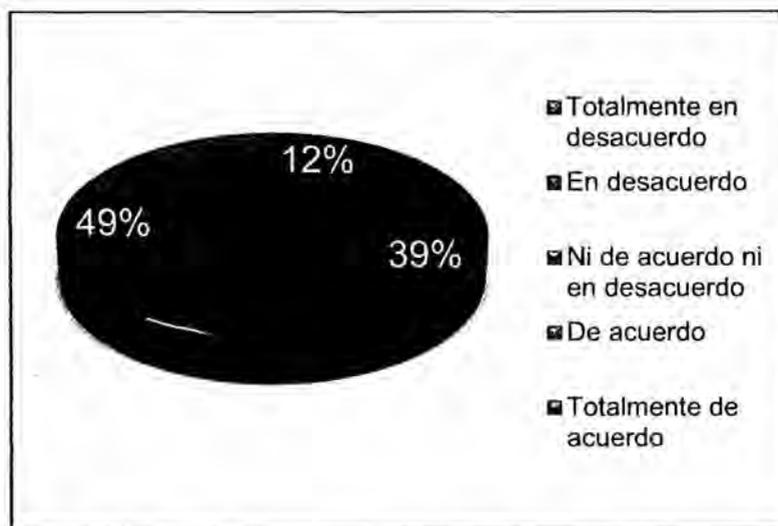
Fuente: Microsoft Excel – Elaboración propia

Figura N° 5.2: Encuesta – Pregunta N° 2

En la tercera pregunta se ratificó la opción del beneficio de la iluminación en las viviendas de los pobladores, encontrándose como resultado que un 88 % de los encuestados está de acuerdo con esa afirmación y considera que la iluminación es un beneficio de la electricidad, asimismo los encuestados también la relacionaron en su mayoría con temas de educación y una forma de ayuda para sus hijos.

Pregunta N° 3:

Se beneficiaría si contara con la iluminación en su vivienda



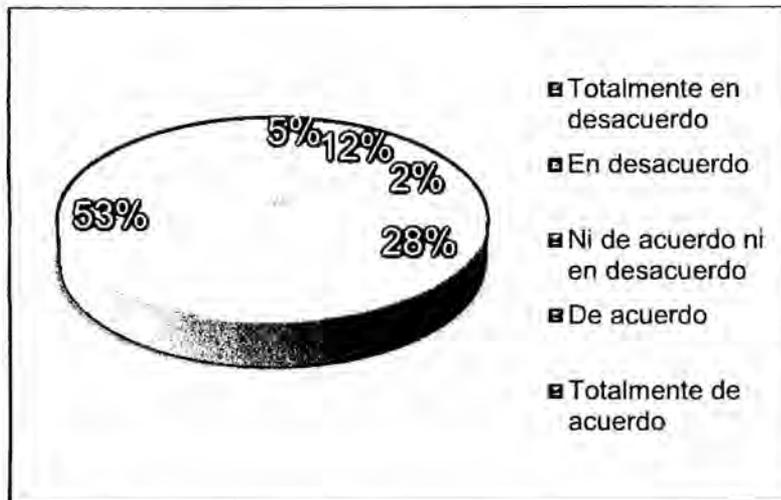
Fuente: Microsoft Excel – Elaboración propia

Figura N° 5.3: Encuesta – Pregunta N° 3

En la cuarta pregunta se consultó acerca de los artefactos eléctricos que pudieran usar si contaran con electricidad en sus viviendas, dio como resultado que un 81 % de los encuestados indicaron que si se beneficiarían, comentando mayormente el uso de cargadores de celular, por contraparte un 17 % indicaron que no están de acuerdo con esa información por considerar que su poco poder adquisitivo limitaría la compra de artefactos eléctricos.

Pregunta N° 4:

Se beneficiaría con el uso de artefactos eléctricos en su vivienda



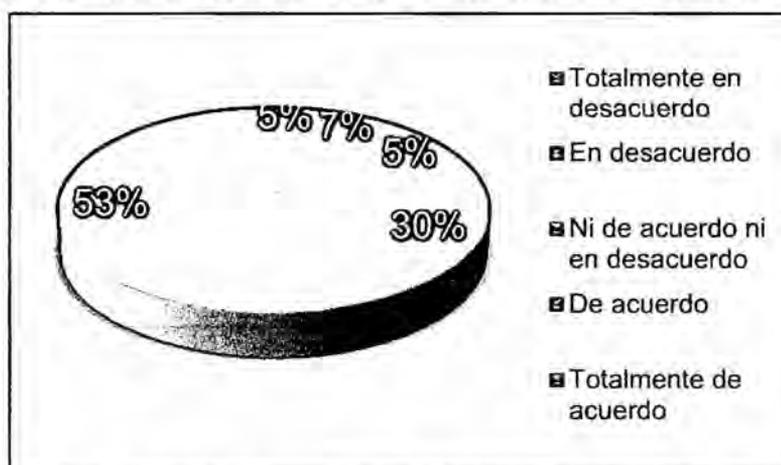
Fuente: Microsoft Excel – Elaboración propia

Figura N° 5.4: Encuesta – Pregunta N° 4

En la quinta pregunta se consultó si considera que la electricidad beneficiaría en la comunicación, el análisis dio como resultado que la gran mayoría en un orden del 83 % está de acuerdo con esa afirmación por considerar que si beneficiaría, específicamente en el uso de celulares.

Pregunta N° 5:

Su localidad se beneficiaría con el uso de la electricidad en la comunicación



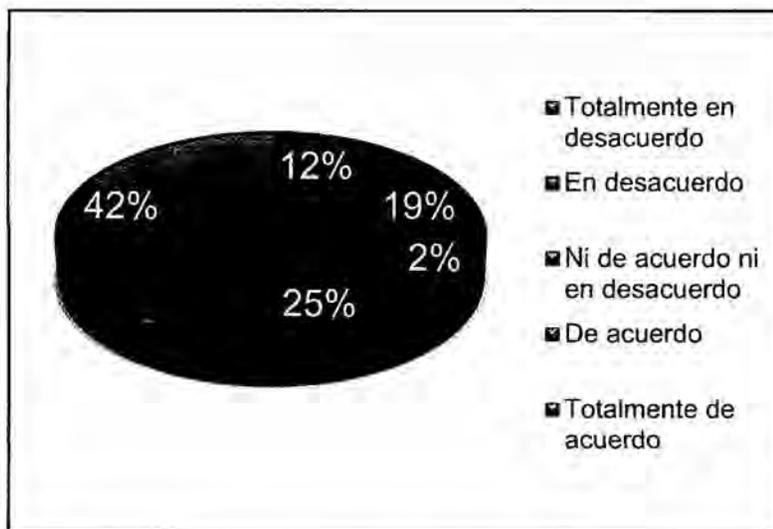
Fuente: Microsoft Excel – Elaboración propia

Figura N° 5.5: Encuesta – Pregunta N° 5

En la sexta pregunta se consultó acerca de las actividades productivas que realizan los pobladores de la localidad y si consideran que la electricidad les ofrecería alguna ventaja o ayuda, encontrándose que el 67 % de los encuestados respondieron que si existe una relación de beneficio, considerando el uso de canales de regadío con pequeñas bombas en su mayoría. El 31 % no estuvo de acuerdo con esa afirmación por considerar que no les beneficiaría por no contar con grandes áreas de sembrío para autoconsumo.

Pregunta N° 6:

Su localidad se beneficiaría en alguna actividad productiva con el uso de la electricidad



Fuente: Microsoft Excel – Elaboración propia

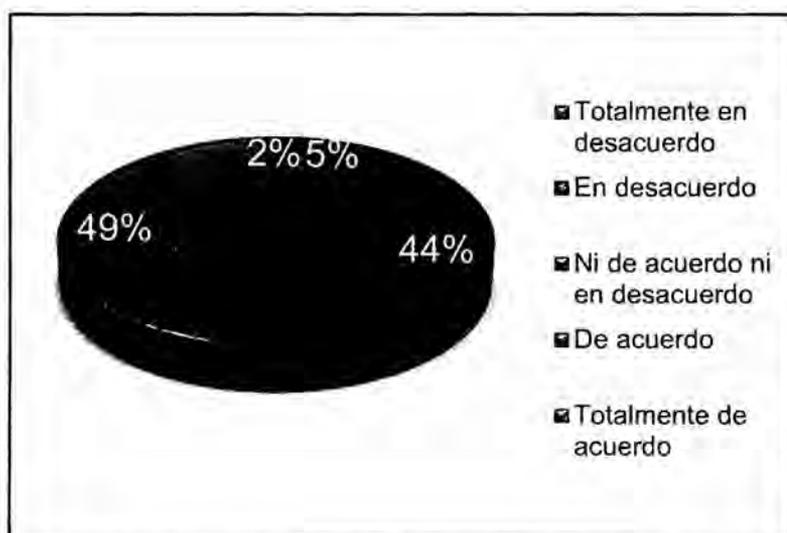
Figura N° 5.6: Encuesta – Pregunta N° 6

En la séptima pregunta se consultó acerca de la educación y su relación con la electricidad, encontrándose que un 93 % de los encuestados está de acuerdo con la afirmación y encuentran una relación positiva, en su mayoría relacionándola también con

la iluminación por considerar que los estudiantes podrán realizar tareas y demás quehaceres durante la noche.

Pregunta N° 7:

La electricidad beneficiaría en la educación de los pobladores de su localidad



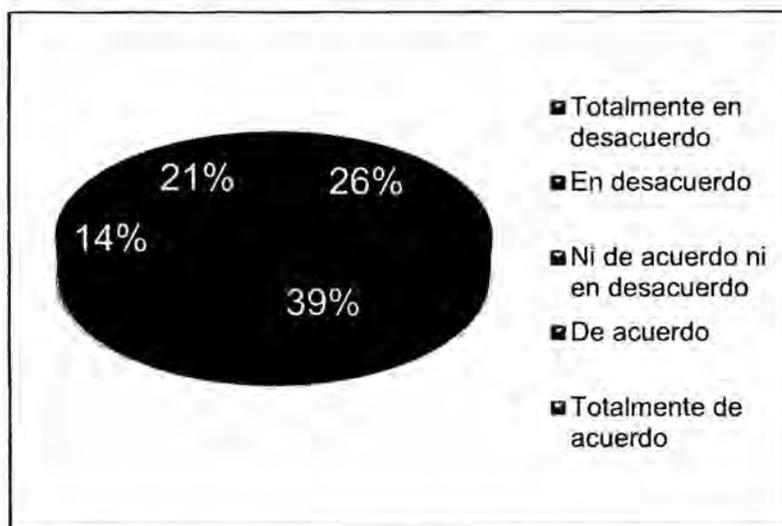
Fuente: Microsoft Excel – Elaboración propia

Figura N° 5.7: Encuesta – Pregunta N° 7

En la octava pregunta se consultó a los pobladores si consideraban que la electricidad traería consigo un beneficio en la salud de los habitantes, encontrándose como resultado que un 65 % de los encuestados considera que la electricidad y la salud si tienen una relación pero que en este caso no se traería un beneficio significativo por considerar que lo necesario y faltante son profesionales de la salud para su atención y socorro. Asimismo un 35 % si está de acuerdo con esa afirmación considerando que la electricidad si traería un beneficio significativo por la posibilidad de poder refrigerar vacunas, medicinas y demás productos médicos que se necesiten.

Pregunta N° 8:

La electricidad beneficiaría en la salud de los pobladores de su localidad



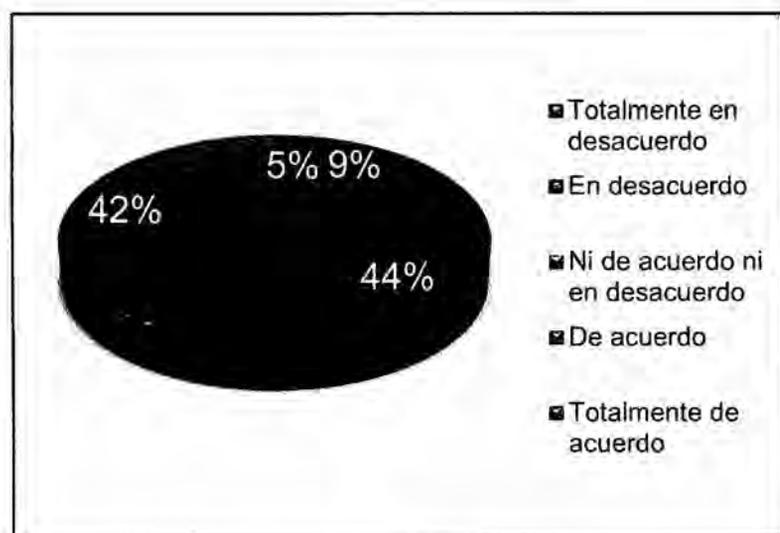
Fuente: Microsoft Excel – Elaboración propia

Figura N° 5.8: Encuesta – Pregunta N° 8

En la novena pregunta en forma general se consultó a los pobladores si estaría de acuerdo con el uso de la electricidad en la vivienda, los resultados arrojaron que un 86 % están de acuerdo con esa pregunta, ya que consideran y perciben que la electricidad traería diferencias positivas en su bienestar y que estarían de acuerdo con su utilización.

Pregunta N° 9:

¿Estaría de acuerdo con el uso de la electricidad en su vivienda?



Fuente: Microsoft Excel – Elaboración propia

Figura N° 5.9: Encuesta – Pregunta N° 9

Del análisis de datos realizado a la “Encuesta – B” y de los resultados mostrados se observa que los pobladores de la localidad de Huarascalle en Ancash, tienen una percepción positiva de la electricidad y de los beneficios que esta les traería en aspectos sociales y productivos. Asimismo del resultado de las encuestas demuestran que los pobladores de la localidad de Huarascalle si estarían de acuerdo con la utilización de la electricidad en su vivienda.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados

En los resultados mostrados se observa que de los 43 representantes de las viviendas de la localidad de Huarascalte encuestados, el 86% mencionan que consideran que la electricidad en la localidad mejoraría la calidad de vida, esto conlleva que la hipótesis planteada del suministro eléctrico mediante un sistema fotovoltaico domiciliario si beneficia a la calidad de vida de los pobladores en varios aspectos, detallamos los principales beneficios:

El principal beneficio observado es la iluminación, ya que los pobladores aprovechan este recurso en las actividades a realizar tanto en las horas de iluminación natural como en las horas de la noche, mientras que el segundo importante beneficio es la educación, ambos conceptos van superpuestos ya que el tener mayor tiempo de iluminación permite que los estudiantes tengan mayor tiempo en la realización de sus actividades académicas además de dar la posibilidad a los padres de familia a que puedan supervisar e incentivar la educación en sus hijos. El tercer beneficio tan igual de importante es el impacto en la comunicación ya que el contar con suministro eléctrico impacta en la adquisición de equipos de comunicación como celulares que pueden utilizar para estar en contacto con personas fuera de su entorno cercano. Mientras que el cuarto beneficio es la posibilidad de uso de equipos eléctricos ya que con ellos, las tareas de casa serian de mayor facilidad de realizar. Por último e igual de importante es la actividad productiva y la utilización de equipos que ayuden a las actividades productivas como es el caso de la siembra de cereales que permitan el crecimiento económico de la localidad.

La conclusión de los resultados obtenidos y la contratación de hipótesis muestran que un porcentaje alto y mayoritario de los encuestados mencionan que el suministro eléctrico mediante un sistema fotovoltaico beneficia en la calidad de vida de los pobladores en la localidad Huarascalles.

Este tipo de proyectos deben de estar acompañados de un adecuado plan económico y financiero llevado y supervisado por el Estado en cooperación con ONGs sin fines de lucro, esto debido a que en la actualidad la realización de estos proyectos nacen por necesidades sociales mas no por inversiones monetarias rentables a largo plazo.

Es responsabilidad del Estado promover y financiar las tecnologías que cumplan con el desarrollo social y sean amigables con el medio ambiente.

VII. CONCLUSIONES

- a) De acuerdo al análisis de las encuestas realizadas a los pobladores de la localidad de Huarascalle, la percepción de mejora en la calidad de vida de los pobladores debido a la electricidad fue de un 86%, esto conlleva a que los beneficios sean diversos, como son la iluminación de las viviendas, la educación de los pobladores, la posibilidad de comunicación con los familiares, la utilización de artefactos eléctricos, la salud y el aumento de la producción de la localidad. En resumen la población crecerá económicamente y este crecimiento va permitir su desarrollo, además de contribuir con el aumento de viviendas con electricidad en el ámbito rural.

- b) El principal beneficio que perciben los pobladores de la localidad de Huarascalle es en el aspecto de la educación, ya que le permitirá a los pobladores aprovechar la electricidad a través de la iluminación durante las horas de la noche para así poder realizar actividades diversas, en específico realizar tareas con los menores de la familia y así permitir que los padres puedan supervisar e involucrarse activamente con el desarrollo educacional de sus hijos.

- c) Los proyectos de energía fotovoltaica han aumentado en los últimos 30 años, esto ha permitido que el costo del principal equipo como es el panel fotovoltaico se reduzca en 10 veces su precio, aunque aún los precios de los paneles son elevados, se estima que dentro de poco sean más accesible económicamente al igual que de sus componentes fotovoltaicos debido a la competitividad entre los mercados. El

promedio global de energía fotovoltaica se redujo de alrededor de 22 USD/W en 1980 a menos de 1.5 USD/W en el 2010 (Bloomberg 2010).

- d) El Sistema Fotovoltaico Domiciliario permite que el diseño eléctrico que se emplea sea acorde a las necesidades de los pobladores de la localidad, esto a su vez va permite poder optimizar la fuente de captación de energía como son los paneles solares. Además va brindar una mejor visibilidad ya que los paneles fotovoltaicos son colocados sobre los techos o en estructuras ligeras cercanas a las viviendas por ende en las instalaciones fotovoltaicas se va reducir los cables y postes que cruzan entre los campos.
- e) El diseño fotovoltaico domiciliario alineado a la producción de la localidad de Huarascalle, permite el aprovechamiento de los recursos como son los cereales y a las actividades productivas que se dedican para generar recursos económicos en menor tiempo.
- f) Este tipo de proyectos de energía fotovoltaica permite que las localidades rurales de difícil acceso de suministro eléctrico, debido a la lejanía que se encuentran las localidades y las viviendas dispersas dentro de esas localidades, además del bajo poder adquisitivo de los habitantes, aporten al beneficio de la calidad de vida de los pobladores con la electricidad, en los distintos aspectos sociales que esta con lleva, logrando el crecimiento de la localidad.
- g) Los proyectos de energía fotovoltaica son financiados por ONGs internacionales y/o por el Estado por intermedio del Ministerio de Energía y Minas para facilitar

el acceso a los servicios eléctricos a los pobladores que se encuentran en comunidades rurales, permitiendo la realización de proyectos sociales con el objetivo de la mejora de la calidad de vida.

- h) Desde el 2012 el aporte que da la energía fotovoltaica ha incrementado como lo indica el Plan Nacional de Electrificación Rural de la Dirección General de Electrificación Rural (DGER), siendo una de las energías con mayor importancia para los próximos años como lo menciona el Plan Nacional de Electrificación Rural del periodo 2012-2021.
- i) La difusión y promoción de este tipo de instalaciones eléctricas en base a energía solar fotovoltaica deben de estar en continuo seguimiento para así poder garantizar el adecuado uso y beneficio a las localidades que adquieran este tipo de tecnología para generar beneficios a sus procesos productivos y bienestar social.

VIII. RECOMENDACIONES

- a) El proyecto estuvo enmarcado, en las encuestas asistidas a los representantes de cada vivienda, que permitieron obtener los datos de la población de Huarascal y la opinión con respecto a los beneficios en calidad de vida de sus pobladores; por lo tanto se recomienda el uso de encuestas tanto como datos principales y de opinión con referencia a los beneficios en la calidad de vida.
- b) En este tipo de proyectos se recomienda utilizar el mapa solar y/o demás información internacional verídica para identificar las regiones que cuentan con mayor radiación solar, ya que esto permite que los proyectos realizados sean aprovechados de la mejor manera en beneficio de las localidades rurales.
- c) En la investigación se realizó la estandarización de los casos para los tipos de viviendas dentro de la localidad de Huarascal, se recomienda realizar diseños fotovoltaicos domiciliarios a cada tipo de vivienda para optimizar la utilización de la energía de acuerdo a la necesidad de demanda eléctrica de esta.
- d) En la investigación se realizó un diseño fotovoltaico domiciliario con respecto a la utilización de energía y producción para lo cual se recomienda evaluar la casuística en cada local de vivienda para que el diseño y dimensionamiento eléctrico sea el apropiado.

- e) Se recomienda colocar los paneles fotovoltaicos en lugares que no tengan sobreposición con otras estructuras para evitar las pérdidas por sobras y así no disminuir la energía transmitida hacia las baterías del SFD.

- f) Las distancias entre viviendas en la localidad de esta investigación fueron considerablemente largas para ser transitadas a pie, por lo que se recomienda considerar como alternativa de suministro eléctrico al SFD a localidades con similares características, por no concentrar viviendas cercanas entre sí.

- g) En la investigación se consideró también la normativa eléctrica española por ser referente de las instalaciones solares domiciliarias en el mundo, por lo que se recomienda considerar esta normativa para ser aplicada en la realidad nacional con un cambio hacia el enfoque rural.

- h) Es indispensable que en este tipo de investigación se tenga conocimiento previo del lugar a intervenir para poder facilitar la recolección de datos y aprovechar el tiempo, ya que los pobladores de localidades rurales pueden desconfiar o no creer la finalidad de los estudios a realizar.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ESCUELA DE ENERGÍA VERDE. **Energía Solar Fotovoltaica**. España. 2014.
2. EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. **Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado**. Perú. 2010.
3. GREEN ENERGY. **Energía Solar Fotovoltaica Manual técnico para instalaciones domiciliarias**. Perú. 2010.
4. INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA. **Pliego de Condiciones Técnicas de Instalación Aisladas de Red**. España. 2009.
5. LABOURET Y MICHEL VILLOZ. **Energía Solar Fotovoltaica. Manual Práctico**. Francia. 2008.
6. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. **Atlas de Energía Solar del Perú**. Perú. 2003.
7. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. **EM.080 Instalación con Energía Solar**. Perú. 2010.
8. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. **Estudio del Plan Maestro de Electrificación Rural con Energía Renovable en la República del Perú**. Perú. 2008.

9. **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Guía de Presentación de Proyectos de Electrificación Rural con Energía Fotovoltaica – FV.** Perú. 2012.
10. **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Norma DGE Especificación Técnica del Sistema Fotovoltaico y sus componentes para Electrificación Rural.** Perú. 2015.
11. **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Recopilación de antecedentes y experiencias nacionales en Electrificación Rural Fotovoltaica.** Perú. 2006.
12. **PRADO MORA, CARLOS ROBERTO. Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada.** Tesis de Titulo, Costa rica. Universidad de Costa Rica. 2008.
13. **PEÑARANDA BERNAL, JUAN. Proyecto Instalación Solar Fotovoltaica Aislada. Colombia. Universidad Politécnica de Cartagena.** 2013.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

“INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO EN BENEFICIO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LA LOCALIDAD DE HUARASCALLE, ANCASH”				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General</p> <p>¿El suministro eléctrico mediante un sistema fotovoltaico domiciliario beneficiará a los pobladores de la localidad de Huarascalle en su calidad de vida?</p>	<p>General</p> <p>Determinar si el suministro eléctrico mediante un sistema fotovoltaico domiciliario beneficia en su calidad de vida a los pobladores de la localidad de Huarascalle, Ancash.</p>	<p>General</p> <p>El suministro eléctrico mediante un sistema fotovoltaico domiciliario beneficia la calidad de vida de los pobladores en la localidad de Huarascalle, Ancash.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>X: Sistema Fotovoltaico Domiciliario</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Y: Calidad de vida</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>a) Investigación aplicada b) Investigación proyectiva c) Investigación documental</p>

Anexo 2: Fundamento

Se presentan algunas ventajas y desventajas de la electricidad y de la energía solar fotovoltaica, además algunas notas del Ministerio de Energía y Minas referentes a sistemas fotovoltaicos domiciliarios en ámbitos rurales.

VENTAJAS DE LA ELECTRICIDAD

- Los avances tecnológicos de las grandes industrias y el constante movimiento de la actividad productiva mundial es posible debido a la utilización de distintas fuentes de energía eléctrica.
- La electricidad tiene un impacto positivo en la economía de los países, ya que dinamiza el desarrollo de la población con las distintas actividades que se desprenden de la actividad eléctrica.
- La iluminación desde el inicio de la electricidad ha sido el mayor aporte, ya que ha permitido desarrollar actividades en tiempos donde no se contaba con iluminación natural.
- El uso de la electricidad con equipos eléctricos en la actualidad va permitir el desarrollo de poblaciones y de su percepción del bienestar.
- La electricidad y su desarrollo en las telecomunicaciones ha permitido reducir las brechas de comunicaciones, conectando ciudades y permitiendo el acceso a fuentes de información mundiales.

- La electricidad en el campo de la salud ha traído grandes beneficios como es el desarrollo de tecnologías de instrumentación que utilizan como fuente de energía a la electricidad, así como no permitiendo la interrupción durante sus operaciones cotidianas con la ayuda de grupos electrógenos y demás mecanismos que respaldan el suministro eléctrico.

DESVENTAJAS DE LA ELECTRICIDAD

- La principal desventaja que produce la generación de energía eléctrica es que para general algunos tipos de energía se recurre a la quema de combustibles fósiles, esto va producir que se generen grandes cantidades de gases contaminantes que van a impactar gravemente al medio ambiente.
- Para la generación de algunos tipos de energía eléctrica se tienen que cambiar las características morfológicas de los lugares y en algunos casos se destruyen extensas áreas naturales, impactando a la flora y fauna local y al medio ambiente en específico.
- Los residuos en el proceso de elaboración y en el término de la vida útil de artefactos electrónicos sin un adecuado tratamiento afectan directamente al medio ambiente y a la salud humana.
- La inadecuada utilización de la energía eléctrica para el ser humano es mortal, por lo que únicamente personal especializado en el tema debe intervenir o manipular equipos eléctricos.

VENTAJAS DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

- Es una fuente inagotable ya que se considera que el sol es una fuente infinita.
- No tiene efectos contaminantes hacia el medio ambiente, ya que no produce emisiones de CO₂ u otros gases como la generación eléctrica convencional.
- No produce ruidos intensos.
- Los sistemas fotovoltaicos son de fácil instalación y mantenimiento.
- Los módulos fotovoltaicos cuentan con una larga vida útil.

DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

- La disponibilidad de energía es variable ya que es dependiente de la exposición del sol, por ende depende de las condiciones atmosféricas.
- Pueden existir limitaciones presupuestarias en la capacidad instalada que se quiere instalar en una relación costo-beneficio.
- Las cantidades de potencia y energía que se pueden obtener de un sistema fotovoltaico están limitados por dos razones la capacidad de generación instalada y almacenamiento de energía para los equipos instalados.

- Las baterías representan un peligro para la tierra y la piel humana si es que se diera un derrame de la solución de ácido sulfúrico que lleva dentro.

PLAN NACIONAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL

La tesis se apoyó en el plan nacional de electrificación rural, que muestra un crecimiento sostenido desde el año 1993 al 2013, según la tabla:

COEFICIENTE DE ELECTRIFICACION	1993	2007	2013
NACIONAL	54,9%	74,1%	90,3%
RURAL	7,7%	29,5%	70,2%

Fuente: Dirección General de Electrificación Rural, 2014

Tabla N°1: Evolución del coeficiente de electrificación

La electrificación rural con energías renovables son en base de producción de energía a agua, sol y viento, de acuerdo a la investigación nos enfocamos en los proyectos a base de energía solar.

Los proyectos mediante sistemas fotovoltaicos instalados se realizaron a nivel nacional por parte de la Dirección General de Electrificación Rural (DGER) mediante dos tipos: Sistema Fotovoltaico Domiciliario (SFD) y los Sistemas Fotovoltaico Comunal (SFC) durante el periodo de 1993 y el 2014, para lo cual mostramos la tabla a continuación:

Nº	NOMBRE DEL PROGRAMA/PROYECTO	DEPARTAMENTOS	SFD (Unidad)	SFC (Unidad)	AÑO DE INSTALACIÓN
1	Proyecto PER/96/O28 - Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios	Nacional	1 523		1996 - 2002
2	Proyecto PER/98/G31 - Sistemas Fotovoltaico Domiciliarios	Cajamarca, Loreto, Pasco y Ucayali	4 200		2007
3	Proyecto PER/98/G31 - Sistema Fotovoltaico Productivo	Puno		1	2006
4	Programa Núcleos Ejecutores - Sistemas Fotovoltaicos Comunales	Amazonas		28	2011
5	Proyecto PER/98/G31 - Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico	Cajamarca	20		2006
6	Programa EURO-SOLAR	Nacional		130	2011
7	Proyectos Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios - DPR	7 departamentos	7 790		2013
8	Proyectos Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios - FONER I	5 departamentos	7 163		2012
9	Proyectos Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios - FONER II	4 departamentos	3 297		2014
TOTAL			23 993	159	

Fuente: Dirección General de Electrificación Rural, 2014

Tabla N°2: Sistemas fotovoltaicos instalados por la DGER 1993-2014

Se realizaron un total 24152 instalaciones entre sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD) que fueron 23993 proyectos y sistemas fotovoltaicos comunales (SFC) que se realizaron 159 proyectos.

A continuación se observa el desglose los sistemas fotovoltaicos domiciliarios a nivel nacional que muestra que el departamento de Loreto es uno de los más beneficiados con 5933 y Cajamarca en segundo lugar con 4221 sistemas fotovoltaicos domiciliarios. Mientras que los distritos con menores sistemas fotovoltaicos domiciliarios son Tumbes, San Martín y Ancash.

Nº	DEPARTAMENTO	Nº DE SFD
1	AMAZONAS	201
2	ANCASH	1
3	AREQUIPA	963
4	AYACUCHO	953
5	CAJAMARCA	4,221
6	CUSCO	2,744
7	HUANCAVELICA	252
8	HUANUCO	52
9	JUNIN	886
10	LAMBAYEQUE	1,652
11	LIMA	531
12	LORETO	5,933
13	MADRE DE DIOS	206
14	PASCO	1,640
15	PIURA	2,146
16	PUNO	45
17	SAN MARTÍN	5
18	TUMBES	6
19	UCAYALI	1,556
TOTAL		23,993

Fuente: Dirección General de Electrificación Rural, 2014

Tabla N°3: Sistemas fotovoltaicos domiciliarios por departamentos del año 1993-2014

Anexo 3: Archivo fotográfico y encuestas

Se describen las imágenes que se obtuvieron al realizar las encuestas en la localidad de Huarascalles, la muestra de las 43 encuestas realizadas y el padrón de firmas de los pobladores.



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 1: Encuesta con pobladora I



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 2: Imagen panorámica de Huarascalles



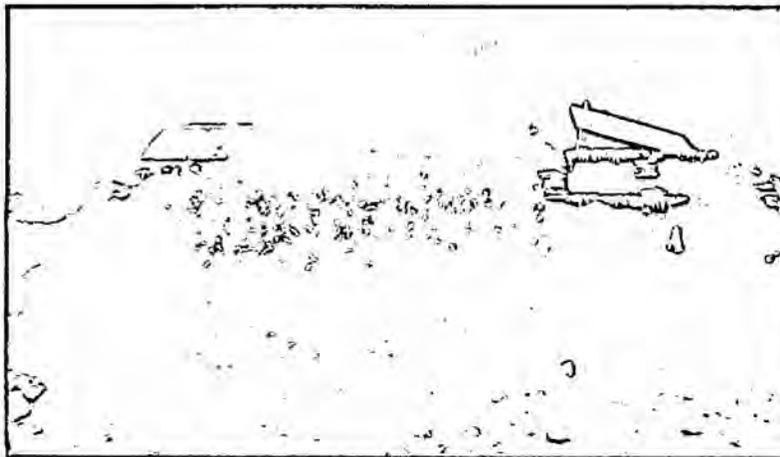
Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 3: Imagen camino hacia vivienda



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 4: Vivienda de Huarascal



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 5: Vivienda y área de cultivo



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 6: Encuesta con pobladora II



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 7: Encuesta con pobladora III



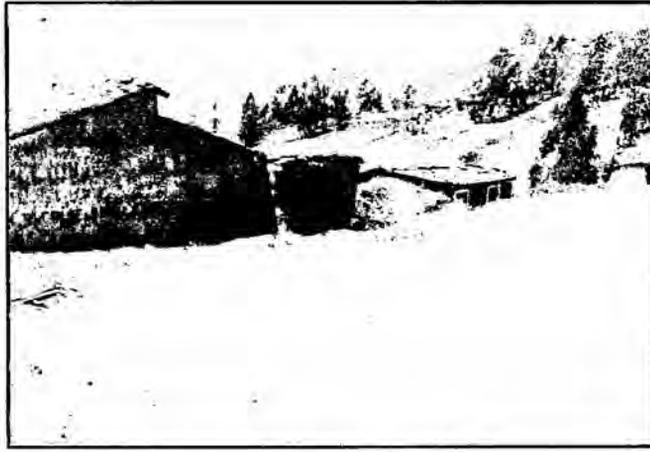
Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 8: Encuesta con pareja de pobladores



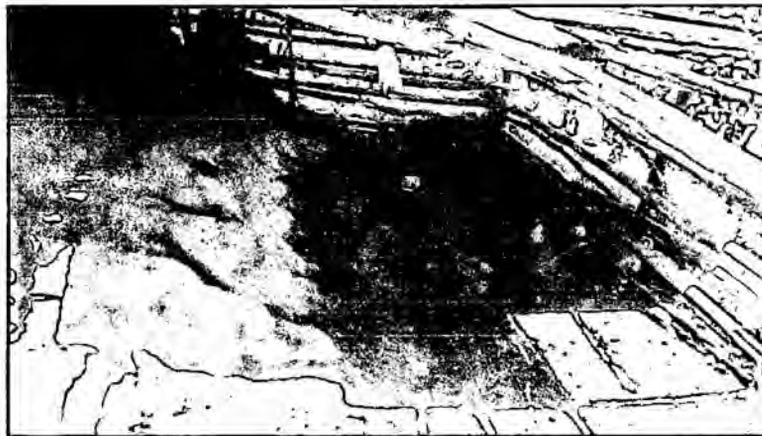
Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 9: Talas de arboles



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 10: Imagen de viviendas



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 11: Corral de la vivienda



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 12: Servicio higiénico de la vivienda



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 13: Pastoreo de caballos



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 14: Camino a vivienda



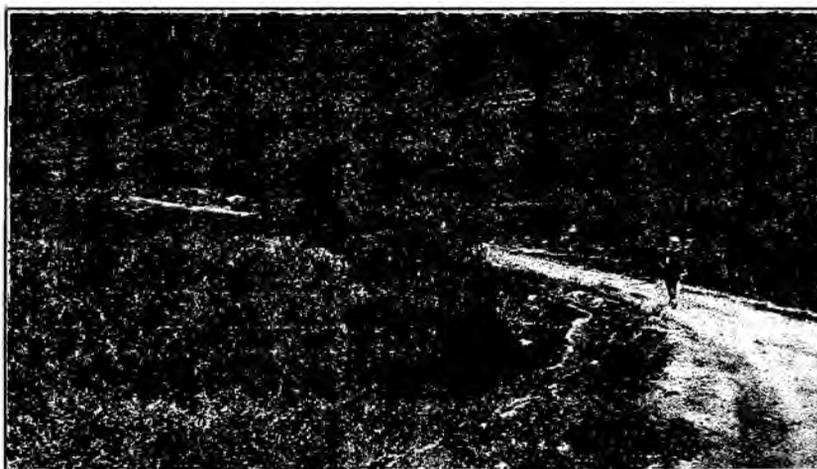
Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 15: Recorrido de viviendas



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 16: Cosecha de cereales



Fuente: *Elaboración propia*

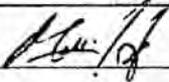
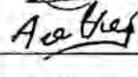
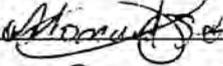
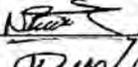
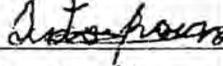
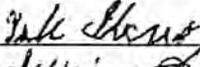
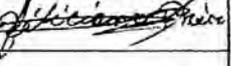
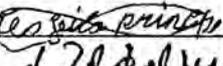
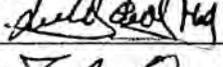
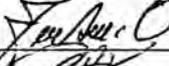
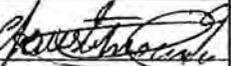
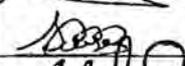
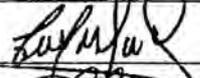
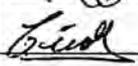
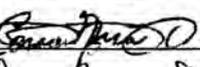
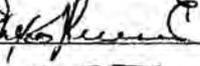
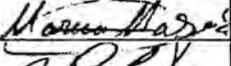
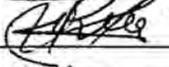
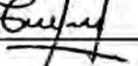
Figura N° 17: Camino hacia viviendas



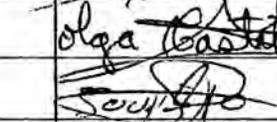
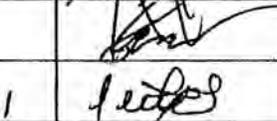
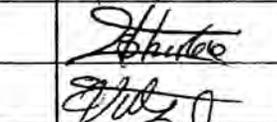
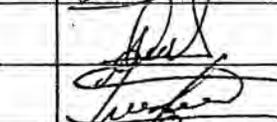
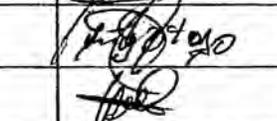
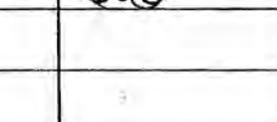
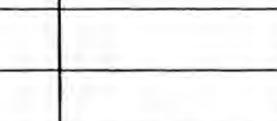
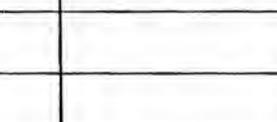
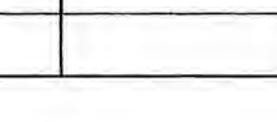
Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 18: Vivienda y área de sembrío

LISTA DE ENCUESTADOS

N°	Nombres y Apellidos	Firma
1	EDGAR VANCHAS HONTES	
2	Faustina Solis Huete	
3	ANA HUARAZ MEJIA	
4	Manuel Toribio Solis Ramos	
5	Nelly Janet Nolasco Ramos	
6	BENIGNO HUÍZA LOPEZ	
7	Agusto Ramos Suroviano	
8	Isabel Milla Cano	
9	Filiciano Principe Huete	
10	Teopila Príncipe	
11	Luis Angel Callán Melgarejo	
12	Teodora Pizarro Oroya	
13	Pedro victor Huete pinedas	
14	David Rafael Inocente Solis	
15	Fausto Inocente Tapia	
16	Susy maria Escalante Principe	
17	WILMER PAUL CALLAN MESA	
18	MIGUEL ANGEL INOCENTE SOLIS	
19	Emelin Carina Dueñas Mejia	
20	CENO AGRIPINO AZAÑA OROYA	
21	GREGORIO PUMARICHA GARBOZO	
22	Marina Maza Escalante	
23	Vivres Maria Roudoin Polo	
24	Emiliano Gonzalez Menacho	
25	Maxima Granados Botello	

LISTA DE ENCUESTADOS

N°	Nombres y Apellidos	Firma
26	Rodriguez Adiles Mantzo	
27	San Camal Salas Arzuola	
28	Josefine Dominguez de Llanos	
29	Pablo Vely Francisco Granados	
30	Rastillo Lopez Olga	
31	Castillo Lopez Jovita	
32	Joel Pedro Tranca Pez	
33	Nancy Beatriz Gatu Bola.	
34	Cesar Alvarez Valverde	
35	ULLA ECHAURRIA MILAGROS Isabel	
36	Katherine Shirley Badoa Carhuapoma	
37	Vraleta Goya Carhuapoma Espinoza	
38	Gotacopila Rude Flores Reyes	
39	Jorge Bautista Melon	
40	Angel A Otopa P.	
41	DANTE JONN JOAQUIN ZUNIGA.	
42	Janina Lisbeth Cordova Sanchez	
43	Juan Francisco Callan Tancarin	
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		

ENCUESTA - A
ENCUESTA POR VIVIENDA

1. IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA LOCALIDAD : Huarascalte

VIVIENDAS Y MATERIALES USADOS EN CONSTRUCCIÓN

Material principal utilizado en la construcción de su vivienda :

- Adobe
- Quincha
- Piedra y barro
- Madera
- Otros

¿Cuenta usted con algún negocio o taller en su vivienda? (Especifique que tipo de taller si corresponde)

Si, Siembra de cereales (Autoconsumo)

2. ILUMINACIÓN

¿Cuál de los siguientes objetos utiliza usted para iluminar su vivienda en horas de la noche?

- Lámpara a Kerosene
- Velas
- Otros ----- Especificar que insumo usa -----

¿Con qué periodicidad utiliza la fuente de iluminación?

Fuente de Iluminación	Unidad	Cantidad	Frecuencia de compra (*)
Lámpara a Kerosene	Litros	1	Semana 1
Velas	Unid.	7	Semana 1
Otros	-	-	-

(*) Será de acuerdo a la frecuencia del usuario pueden ser días, semanas o meses

3. COMUNICACIÓN

En su vivienda ¿tiene alguno de los siguientes artefactos?

Artefacto	Fuente de energía (Pilas, Batería, otro)	Frecuencia (*)
Televisor B/N	-	-
Radio	Pilas	05x Sem
Celular	-	-
Otro -----	-	-

(*) Frecuencia de compra si es pila y frecuencia de recarga si es batería

ENCUESTA - A
ENCUESTA POR VIVIENDA

1. IDENTIFICACIÓN

NOMBRE DE LA LOCALIDAD : Huarascale

VIVIENDAS Y MATERIALES USADOS EN CONSTRUCCIÓN

Material principal utilizado en la construcción de su vivienda :

- Adobe
- Quincha
- Piedra y barro
- Madera
- Otros

¿Cuenta usted con algún negocio o taller en su vivienda? (Especifique que tipo de taller si corresponde)

SIEMPRE DE CEMENTOS (CANTO SUR)

2. ILUMINACIÓN

¿Cuál de los siguientes objetos utiliza usted para iluminar su vivienda en horas de la noche?

- Lámpara a Kerosene
- Velas
- Otros *LINTERNA*, Especificar que insumo usa *Pilas*

¿Con qué periodicidad utiliza la fuente de iluminación?

Fuente de Iluminación	Unidad	Cantidad	Frecuencia de compra (*)
Lámpara a Kerosene	Litros	1	SEMANA
Velas	Unid.	4	SEMANA
Otros <i>(Pilas)</i>	Unid.	4	SEMANA

(*) Será de acuerdo a la frecuencia del usuario pueden ser días, semanas o meses

3. COMUNICACIÓN

En su vivienda ¿tiene alguno de los siguientes artefactos?

Artefacto	Fuente de energía (Pilas, Batería, otro)	Frecuencia (*)
Televisor B/N	—	—
Radio	<i>Pilas</i>	<i>05 x SEMANA</i>
Celular	—	—
Otro	—	—

(*) Frecuencia de compra si es pila y frecuencia de recarga si es batería

ENCUESTA - B
ENCUESTA POR VIVIENDA

1. Mejoraría su calidad de vida si contara con electricidad en su vivienda:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

2. ¿Cuál cree usted que es el principal beneficio que obtendría de la electricidad?

Iluminación <input checked="" type="checkbox"/>	Educación <input checked="" type="checkbox"/>
Uso de artefactos <input checked="" type="checkbox"/>	Salud <input type="checkbox"/>
Comunicación <input checked="" type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>
Actividad productiva <input checked="" type="checkbox"/>	

3. Se beneficiaría si contara con la iluminación en su vivienda:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4. Se beneficiaría con el uso de artefactos eléctricos en su vivienda:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

5. Su localidad se beneficiaría con el uso de la electricidad en la comunicación:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

6. Su localidad se beneficiaría en alguna actividad productiva con el uso de la electricidad:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

- Si su respuesta fue "De acuerdo" o "Totalmente de acuerdo", ¿Usted realiza alguna actividad productiva en su localidad?

Si
No

Especifique: Siembra de cereales

7. La electricidad beneficiaría en la educación de los pobladores de su localidad:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

- Si su respuesta fue "De acuerdo" o "Totalmente de acuerdo", ¿En que aspectos de la educación beneficiaría?

Especifique: Internet

8. La electricidad beneficiaría en la salud de los pobladores de su localidad:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. ¿Estaría de acuerdo con el uso de la electricidad en su vivienda?

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

POR EL CONSULTOR :

(Firma de Responsable de la Encuesta)

Nombre: Carlos Alberto Dionicio Paico

ENCUESTA - B
ENCUESTA POR VIVIENDA

1. Mejoraría su calidad de vida si contara con electricidad en su vivienda:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. ¿Cuál cree usted que es el principal beneficio que obtendría de la electricidad?

Iluminación <input checked="" type="checkbox"/>	Educación <input checked="" type="checkbox"/>
Uso de artefactos <input type="checkbox"/>	Salud <input type="checkbox"/>
Comunicación <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>
Actividad productiva <input type="checkbox"/>	

3. Se beneficiaría si contara con la iluminación en su vivienda:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Se beneficiaría con el uso de artefactos eléctricos en su vivienda:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Su localidad se beneficiaría con el uso de la electricidad en la comunicación:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Su localidad se beneficiaría en alguna actividad productiva con el uso de la electricidad:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Si su respuesta fue "De acuerdo" o "Totalmente de acuerdo", ¿Usted realiza alguna actividad productiva en su localidad?

Si
No

Especifique:

7. La electricidad beneficiaría en la educación de los pobladores de su localidad:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Si su respuesta fue "De acuerdo" o "Totalmente de acuerdo", ¿En que aspectos de la educación beneficiaría?

Especifique: ESTUDIO NOCTURNO

8. La electricidad beneficiaría en la salud de los pobladores de su localidad:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. ¿Estaría de acuerdo con el uso de la electricidad en su vivienda?

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

POR EL CONSULTOR :



(Firma de Responsable de la Encuesta)

Nombre: Victor Branco NARANJO Quiroz

Anexo 4: Procedimiento estadístico y análisis de datos

Se muestran los resultados de análisis de datos obtenidos del programa IBM SPSS Statistics 22.

	Casos					
	Incluido		Excluido		Total	
	Nº	Porcentaje	Nº	Porcentaje	Nº	Porcentaje
Preg. N° 1	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 3	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 4	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 5	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 6	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 7	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 8	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%
Preg. N° 9	43	100.0%	0	0.0%	43	100.0%

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

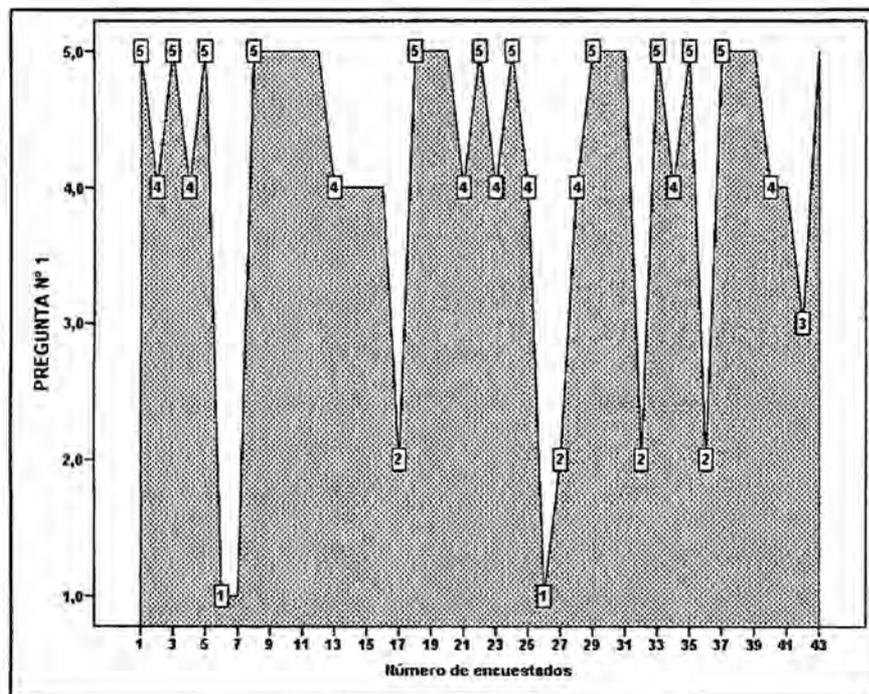
Tabla N° 1: Resumen de procedimiento de casos

Encuestados	Preg. N° 1	Preg. N° 3	Preg. N° 4	Preg. N° 5	Preg. N° 6	Preg. N° 7	Preg. N° 8	Preg. N° 9
1	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.0	5.0
2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	2.0	4.0
3	5.0	5.0	4.0	5.0	2.0	5.0	2.0	5.0
4	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0
5	5.0	5.0	4.0	5.0	1.0	4.0	5.0	4.0
6	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	4.0	2.0	2.0
7	1.0	3.0	2.0	3.0	2.0	2.0	1.0	3.0
8	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0
9	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0
10	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0
11	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0
12	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0
13	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	5.0
14	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	1.0	5.0
15	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	1.0	4.0
16	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	2.0	5.0
17	2.0	4.0	2.0	1.0	2.0	3.0	2.0	3.0
18	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	2.0	4.0
19	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0
20	5.0	4.0	5.0	5.0	2.0	4.0	1.0	4.0
21	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	2.0	5.0
22	5.0	4.0	5.0	5.0	1.0	4.0	4.0	4.0
23	4.0	5.0	4.0	4.0	2.0	4.0	5.0	4.0
24	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.0	5.0
25	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0
26	1.0	3.0	3.0	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0
27	2.0	3.0	2.0	1.0	1.0	4.0	1.0	3.0
28	4.0	4.0	5.0	4.0	2.0	5.0	2.0	5.0
29	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0
30	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	1.0	5.0
31	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	2.0	4.0
32	2.0	3.0	1.0	3.0	3.0	4.0	2.0	3.0
33	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0
34	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	2.0	4.0
35	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	4.0	1.0	5.0
36	2.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	1.0	4.0
37	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	2.0	5.0
38	5.0	5.0	2.0	2.0	4.0	5.0	2.0	4.0
39	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0

40	4.0	5.0	4.0	5.0	1.0	4.0	1.0	4.0
41	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	2.0	5.0
42	3.0	4.0	2.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0
43	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	5.0
Total	Nº	43	43	43	43	43	43	43

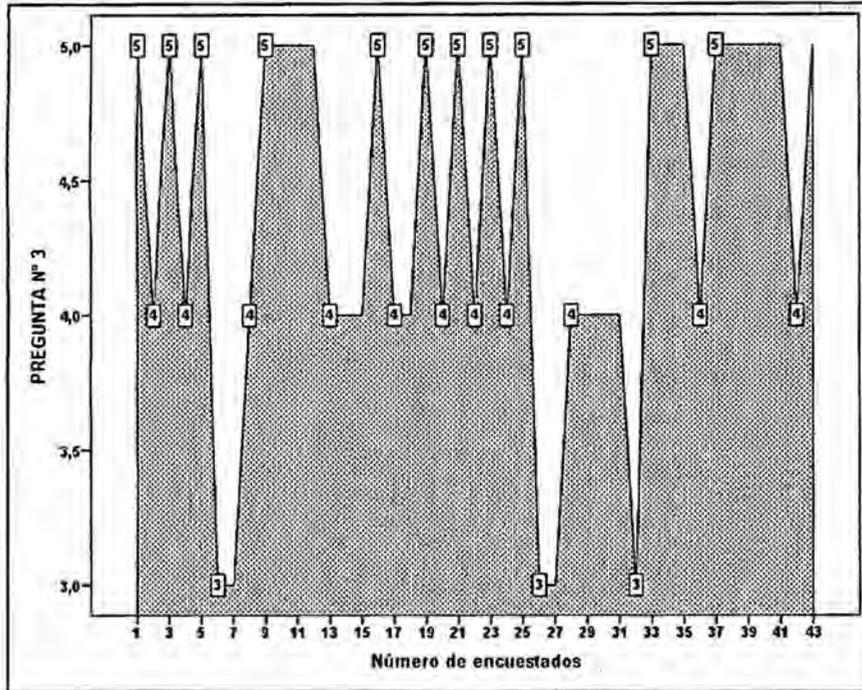
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla Nº 2: Lista de respuesta de encuestados



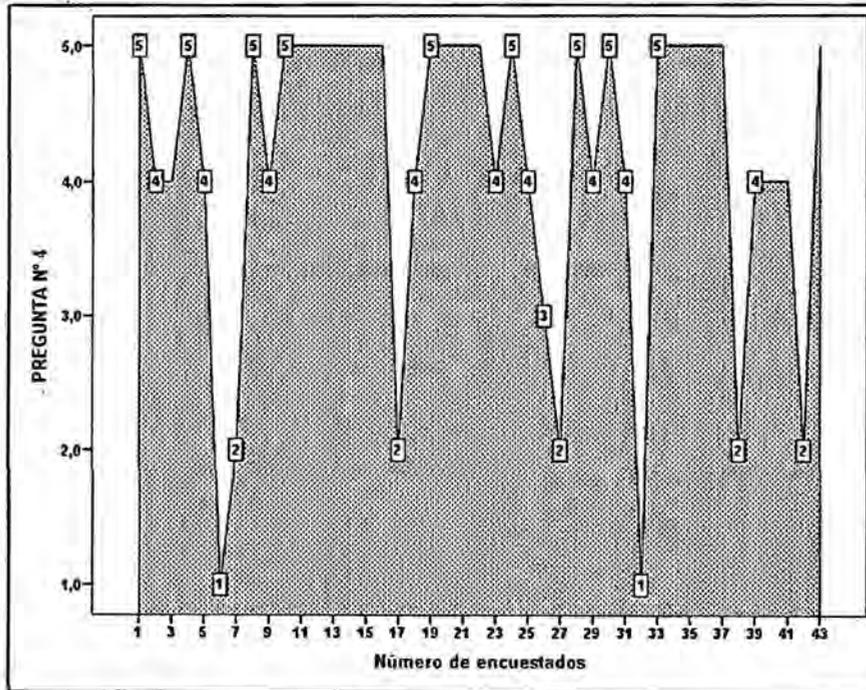
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura Nº 1: Trazo de secuencia – Pregunta Nº 1



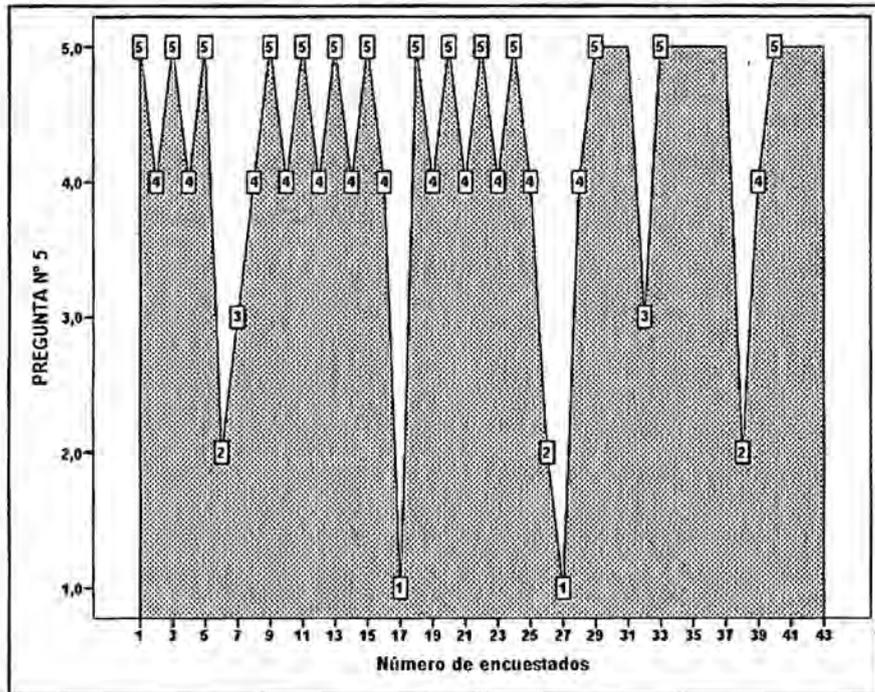
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura Nº 2: Trazo de secuencia – Pregunta Nº 3



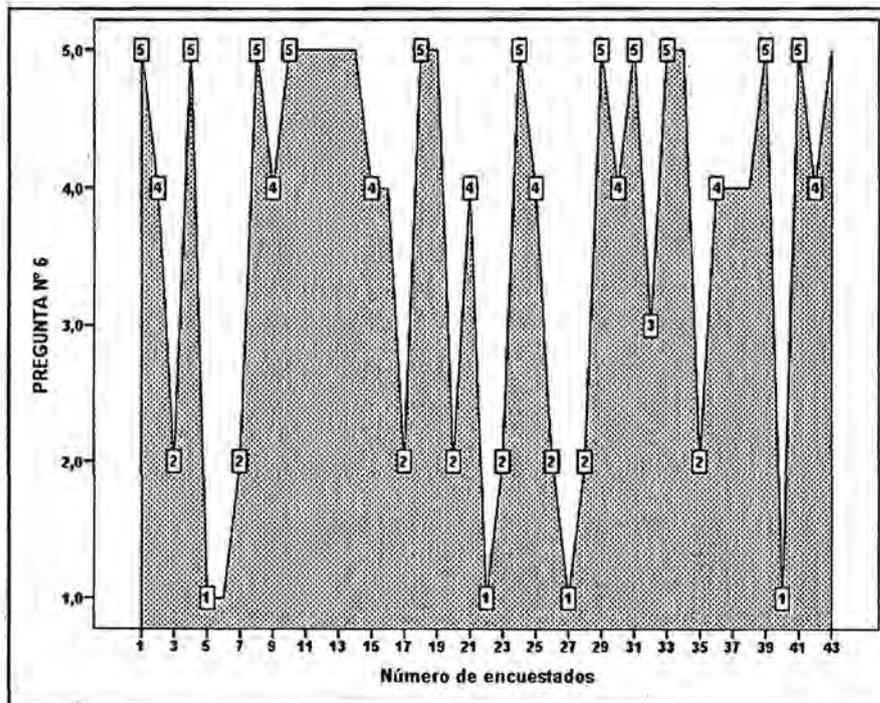
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura Nº 3: Trazo de secuencia – Pregunta Nº 4



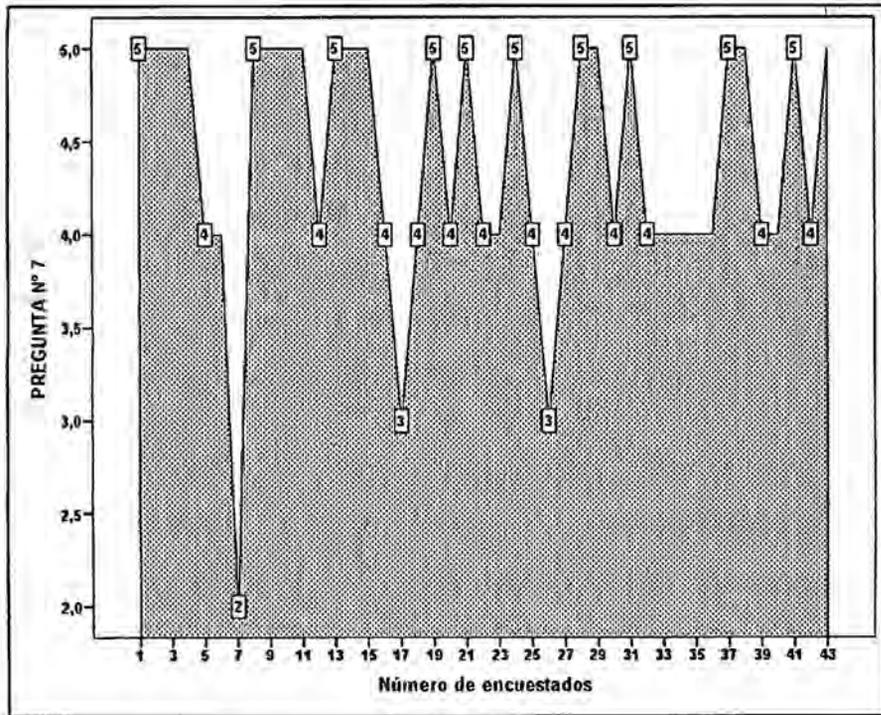
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 4: Trazo de secuencia – Pregunta N° 5



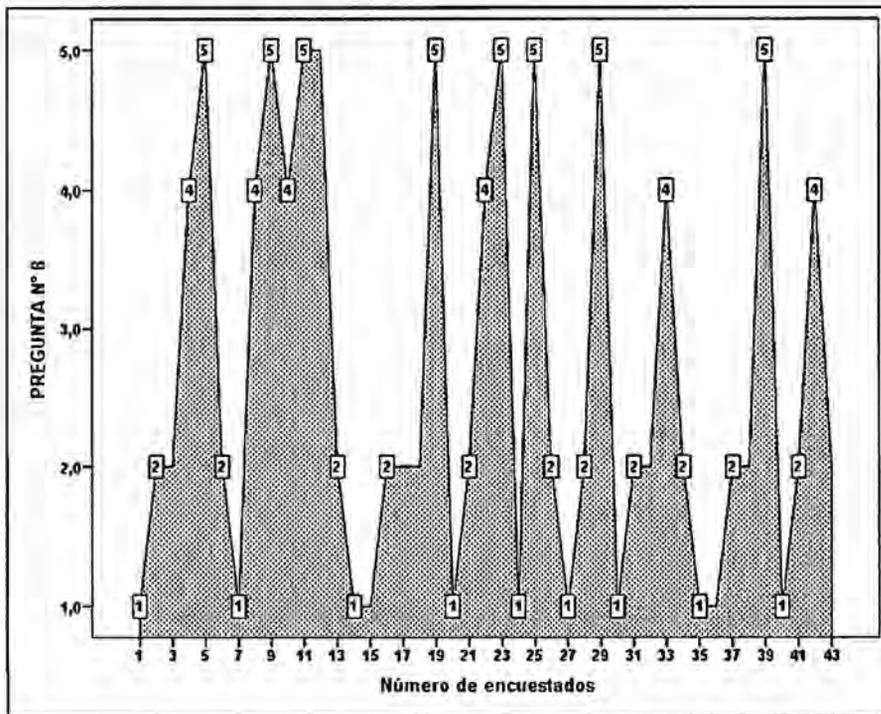
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 5: Trazo de secuencia – Pregunta N° 6



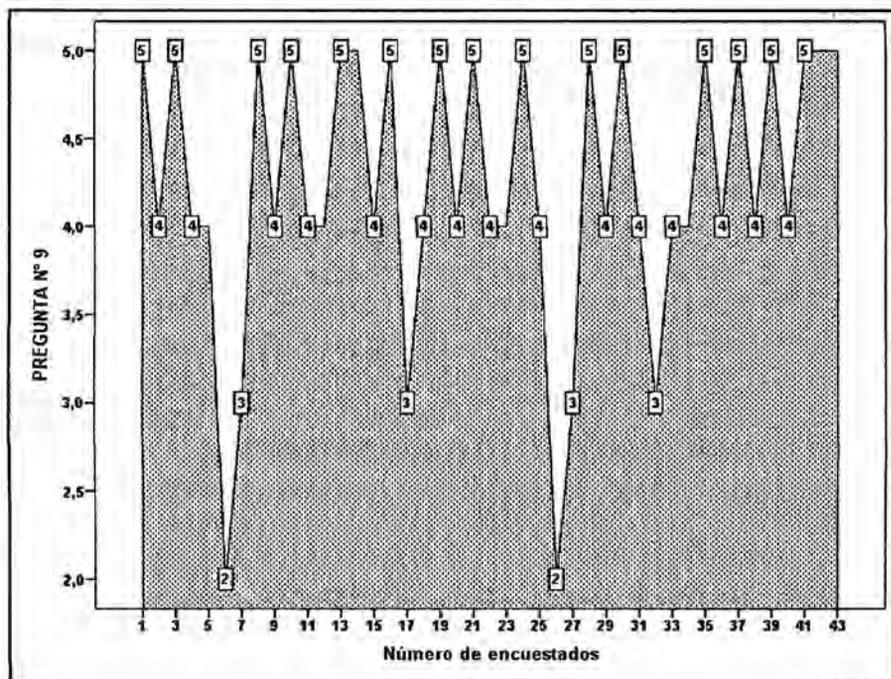
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 6: Trazo de secuencia – Pregunta N° 7



Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 7: Trazo de secuencia – Pregunta N° 8



Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 8: Trazo de secuencia – Pregunta N° 9

		Preg. N° 1	Preg. N° 3	Preg. N° 4	Preg. N° 5	Preg. N° 6	Preg. N° 7	Preg. N° 8	Preg. N° 9
Preg. N° 1	Correlación de Pearson	1	,703**	,686**	,663**	,456**	,615**	,330*	,706**
Preg. N° 3	Correlación de Pearson	,703**	1	,536**	,480**	,332*	,381*	,375*	,606**
Preg. N° 4	Correlación de Pearson	,686**	,536**	1	,697**	,454**	,472**	.092	,671**
Preg. N° 5	Correlación de Pearson	,663**	,480**	,697**	1	,386*	,410**	.113	,624**
Preg. N° 6	Correlación de Pearson	,456**	,332*	,454**	,386*	1	,523**	.213	,502**
Preg. N° 7	Correlación de Pearson	,615**	,381*	,472**	,410**	,523**	1	.111	,593**
Preg. N° 8	Correlación de Pearson	,330*	,375*	.092	.113	.213	.111	1	.048
Preg. N° 9	Correlación de Pearson	,706**	,606**	,671**	,624**	,502**	,593**	.048	1

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 3: Correlación de Pearson

		N°	%
Casos	Válido	43	100.0
	Excluido ^a	0	0.0
	Total	43	100.0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 4: Resumen de procesamiento de casos

Alfa de Cronbach	N° de preguntas
0.836	8

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 5: Estadísticas de fiabilidad

	N°	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Preg. N° 1	43	4.0	1.0	5.0	4.093	1.2500	1.563
Preg. N° 3	43	2.0	3.0	5.0	4.372	.6909	.477
Preg. N° 4	43	4.0	1.0	5.0	4.140	1.2068	1.456
Preg. N° 5	43	4.0	1.0	5.0	4.209	1.1246	1.265
Preg. N° 6	43	4.0	1.0	5.0	3.674	1.4755	2.177
Preg. N° 7	43	3.0	2.0	5.0	4.395	.6949	.483
Preg. N° 8	43	4.0	1.0	5.0	2.651	1.5257	2.328
Preg. N° 9	43	3.0	2.0	5.0	4.233	.8117	.659
N° válido	43						

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 6: Estadísticas descriptivos

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 1,0	3	7.0	7.0	7.0
2,0	4	9.3	9.3	16.3
3,0	1	2.3	2.3	18.6
4,0	13	30.2	30.2	48.8
5,0	22	51.2	51.2	100.0
Total	43	100.0	100.0	

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 7: Frecuencia – Pregunta N° 1

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 3,0	5	11.6	11.6	11.6
4,0	17	39.5	39.5	51.2
5,0	21	48.8	48.8	100.0
Total	43	100.0	100.0	

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 8: Frecuencia – Pregunta N° 3

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 1,0	2	4.7	4.7	4.7
2,0	5	11.6	11.6	16.3
3,0	1	2.3	2.3	18.6
4,0	12	27.9	27.9	46.5
5,0	23	53.5	53.5	100.0
Total	43	100.0	100.0	

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 9: Frecuencia – Pregunta N° 4

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 1,0	2	4.7	4.7	4.7
2,0	3	7.0	7.0	11.6
3,0	2	4.7	4.7	16.3
4,0	13	30.2	30.2	46.5
5,0	23	53.5	53.5	100.0
Total	43	100.0	100.0	

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 10: Frecuencia – Pregunta N° 5

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 1,0	5	11.6	11.6	11.6
2,0	8	18.6	18.6	30.2
3,0	1	2.3	2.3	32.6
4,0	11	25.6	25.6	58.1
5,0	18	41.9	41.9	100.0
Total	43	100.0	100.0	

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 11: Frecuencia – Pregunta N° 6

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido 2,0	1	2.3	2.3	2.3
3,0	2	4.7	4.7	7.0
4,0	19	44.2	44.2	51.2
5,0	21	48.8	48.8	100.0
Total	43	100.0	100.0	

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 12: Frecuencia – Pregunta N° 7

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1,0	11	25.6	25.6	25.6
2,0	17	39.5	39.5	65.1
Válido 4,0	6	14.0	14.0	79.1
5,0	9	20.9	20.9	100.0
Total	43	100.0	100.0	

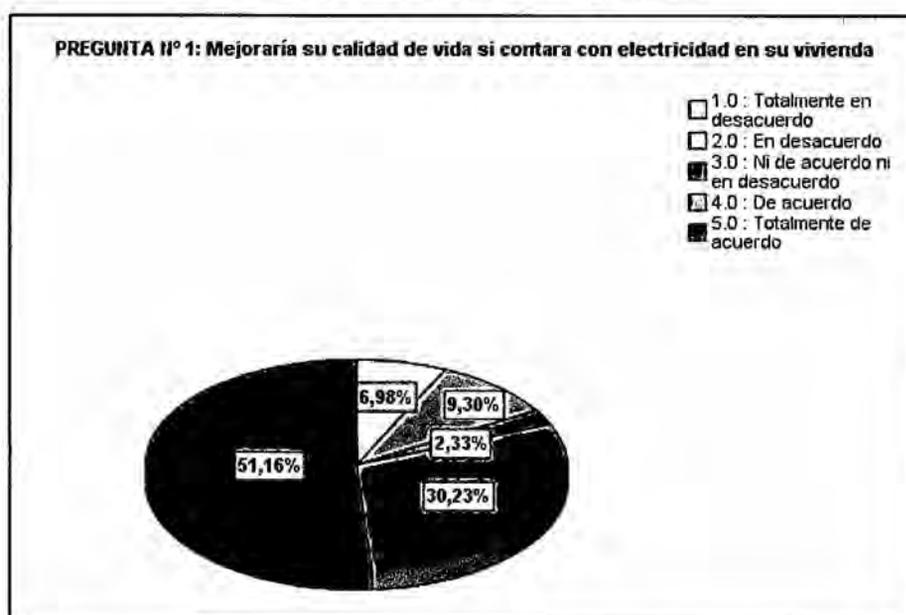
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 13: Frecuencia – Pregunta N° 8

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
2,0	2	4.7	4.7	4.7
3,0	4	9.3	9.3	14.0
Válido 4,0	19	44.2	44.2	58.1
5,0	18	41.9	41.9	100.0
Total	43	100.0	100.0	

Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 14: Frecuencia – Pregunta N° 9



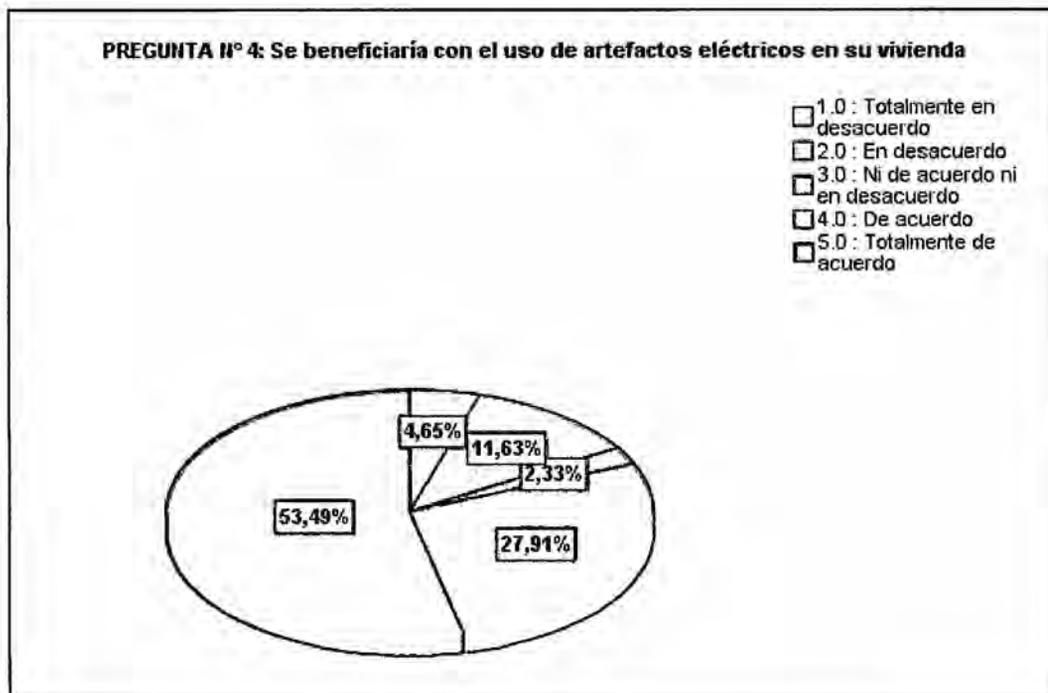
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 9: Grafica descriptiva I – Pregunta N° 1



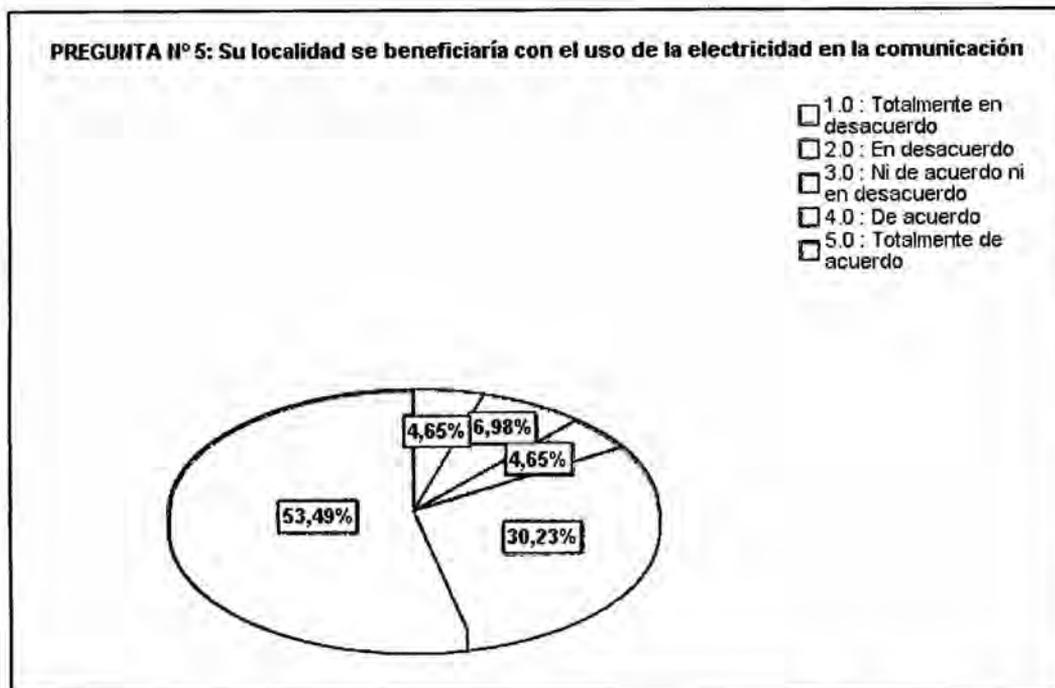
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 10: Grafica descriptiva I – Pregunta N° 3



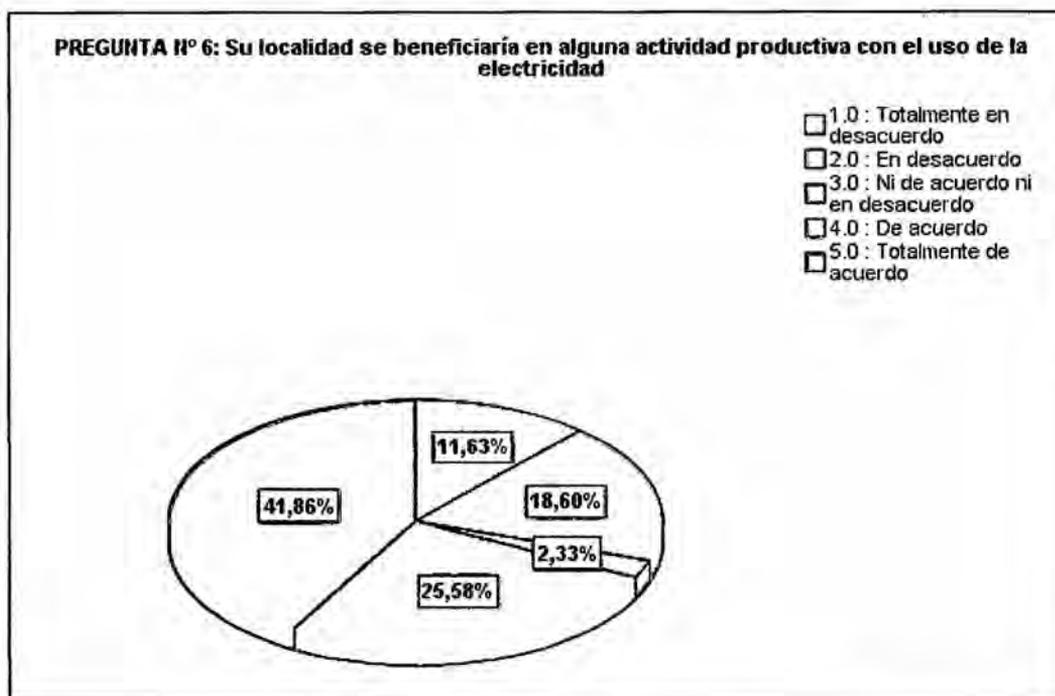
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 11: Grafica descriptiva I – Pregunta N° 4



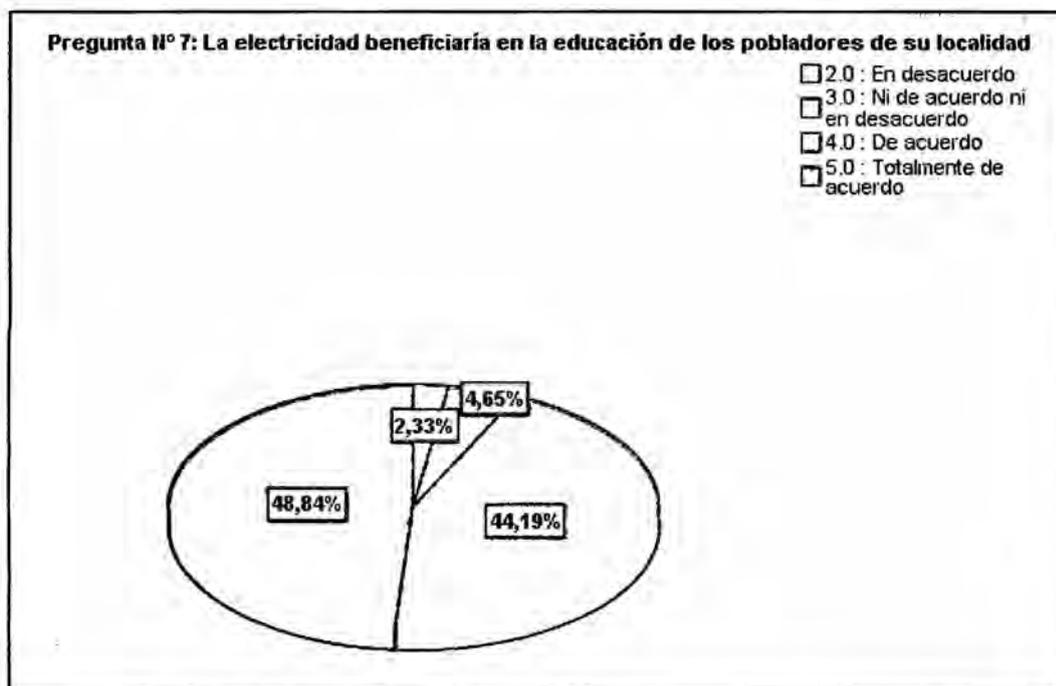
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 12: Grafica descriptiva I – Pregunta N° 5



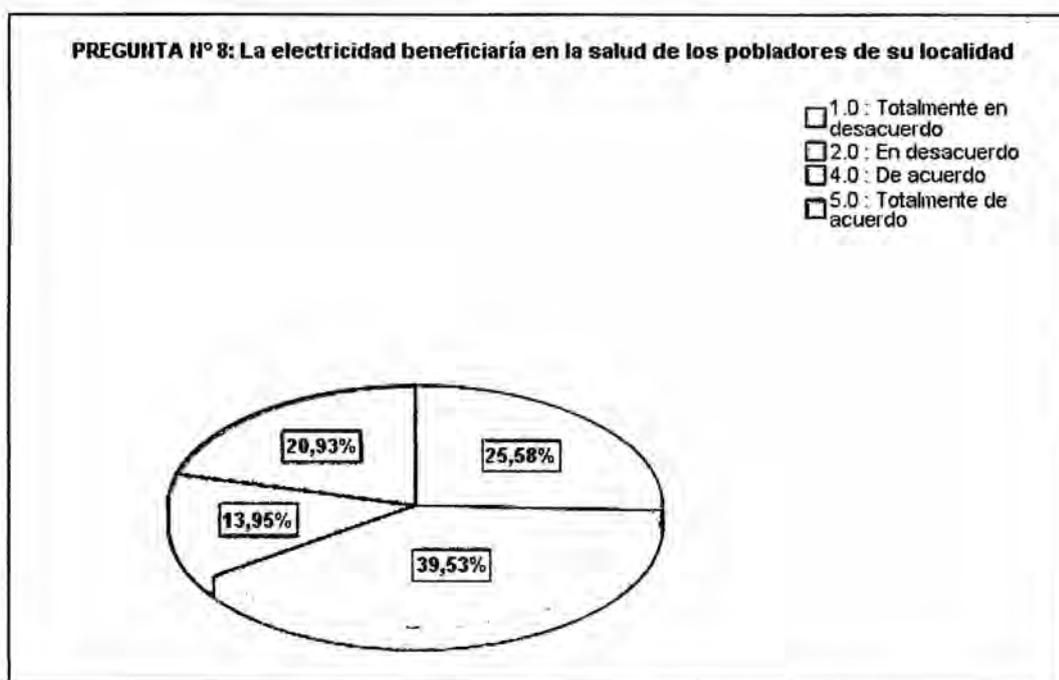
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 13: Grafica descriptiva I – Pregunta N° 6



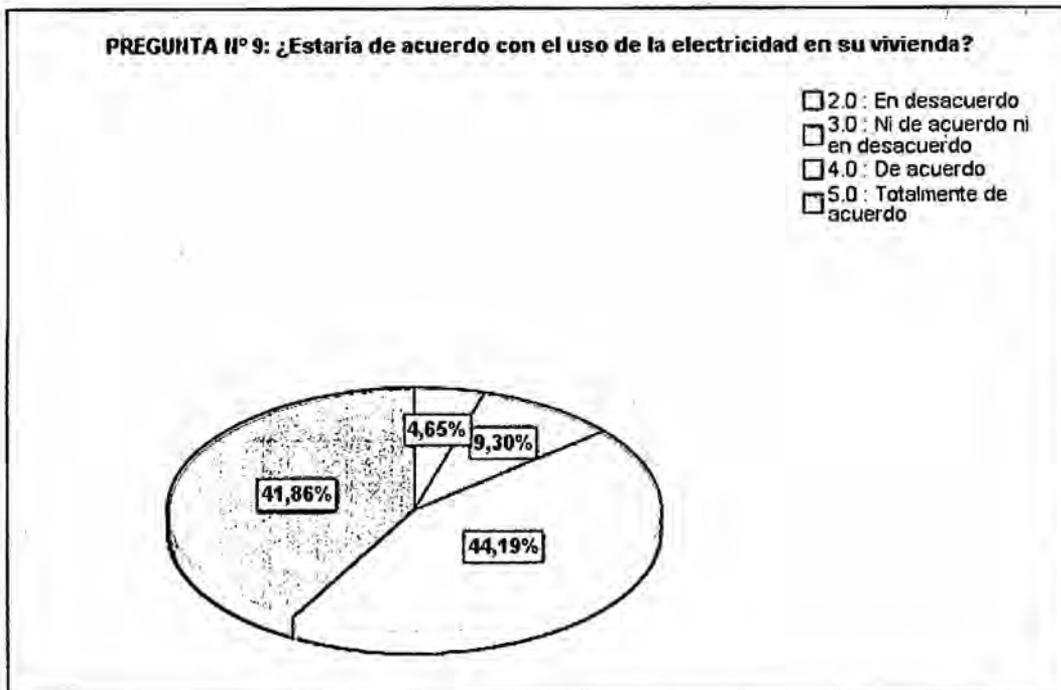
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 14: Grafica descriptiva I – Pregunta N° 7



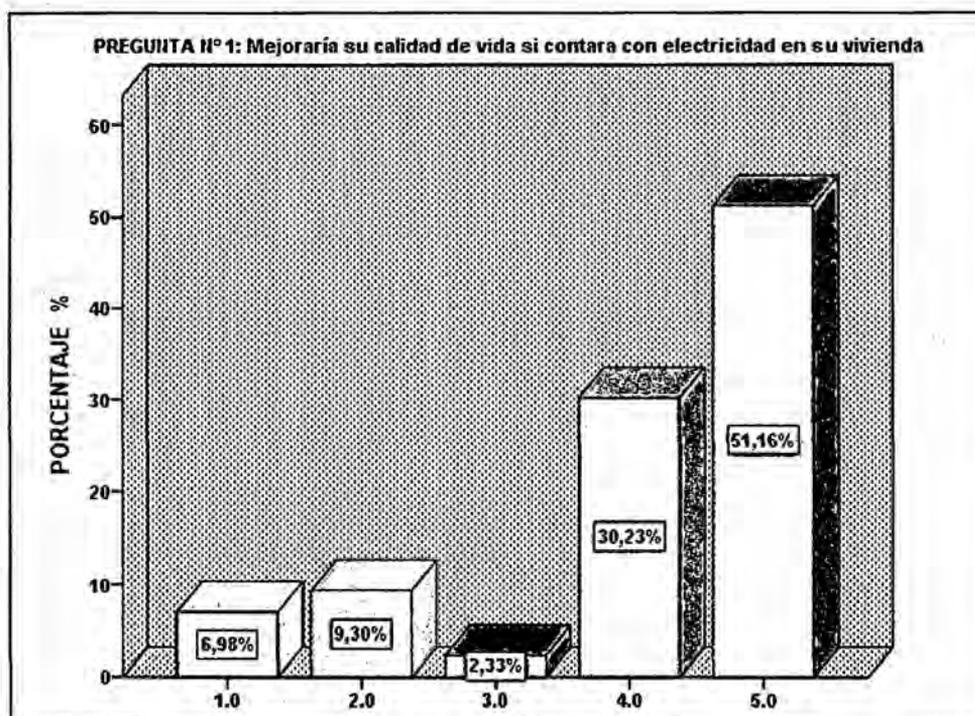
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 15: Grafica descriptiva I – Pregunta N° 8



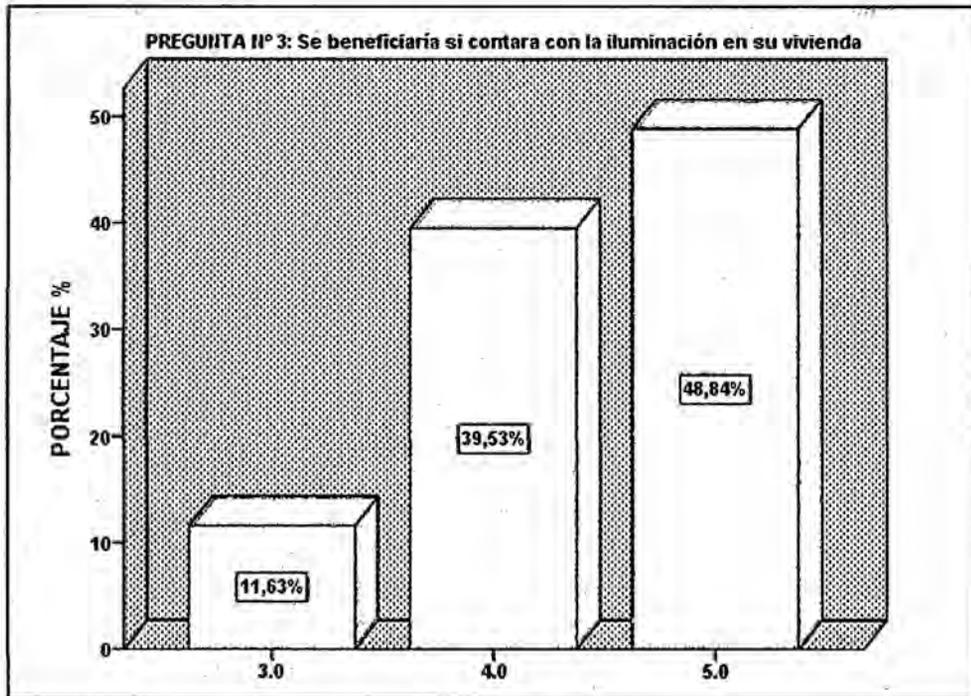
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 16: Grafica descriptiva I – Pregunta N° 9



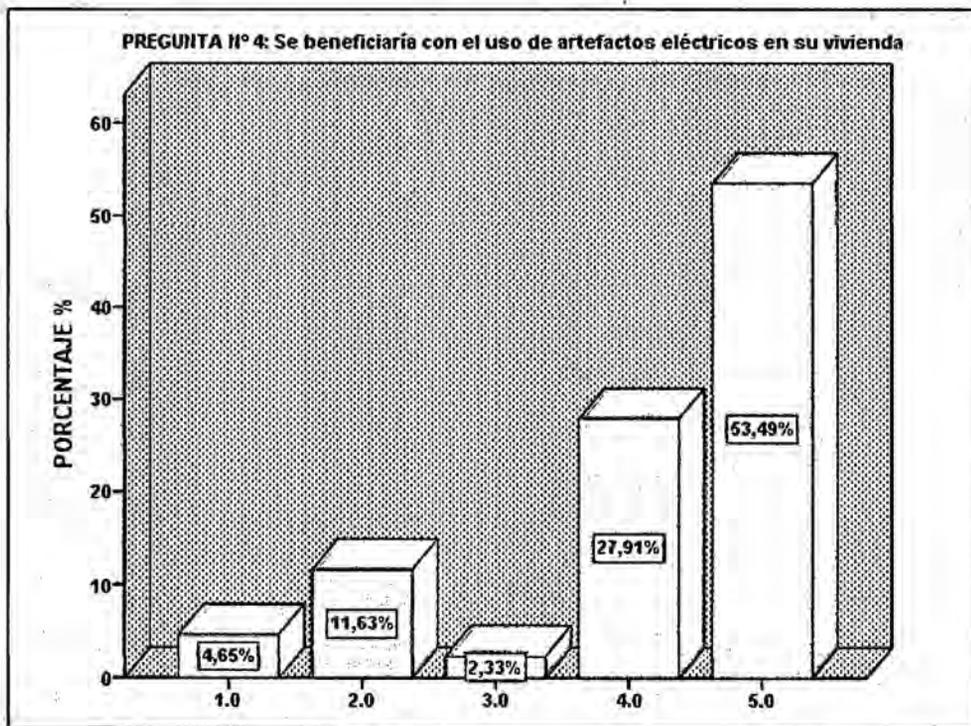
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 17: Grafica descriptiva II – Pregunta N° 1



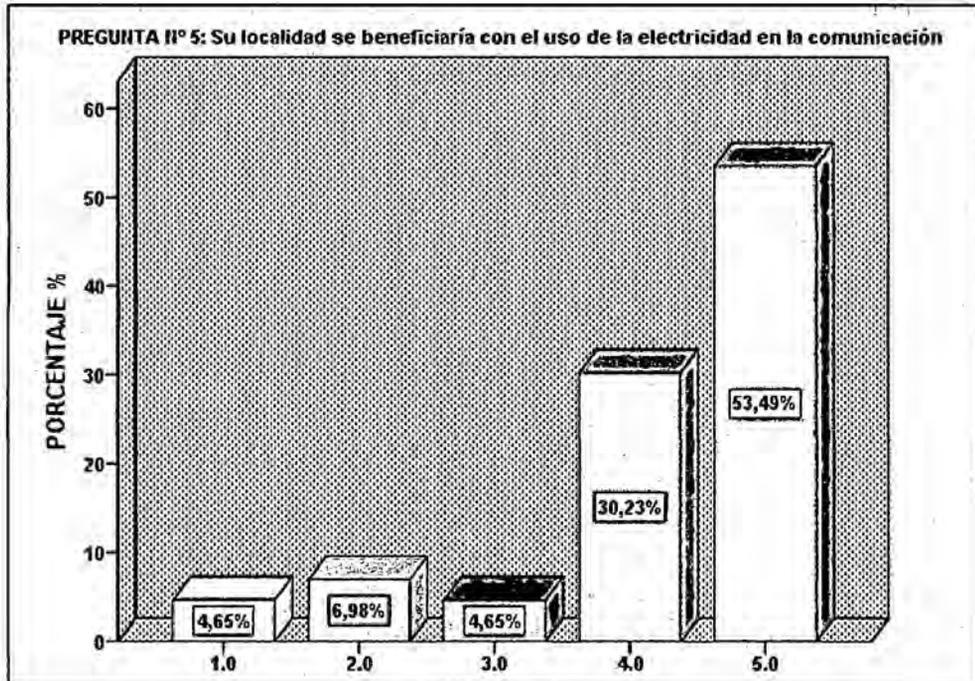
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 18: Grafica descriptiva II – Pregunta N° 3



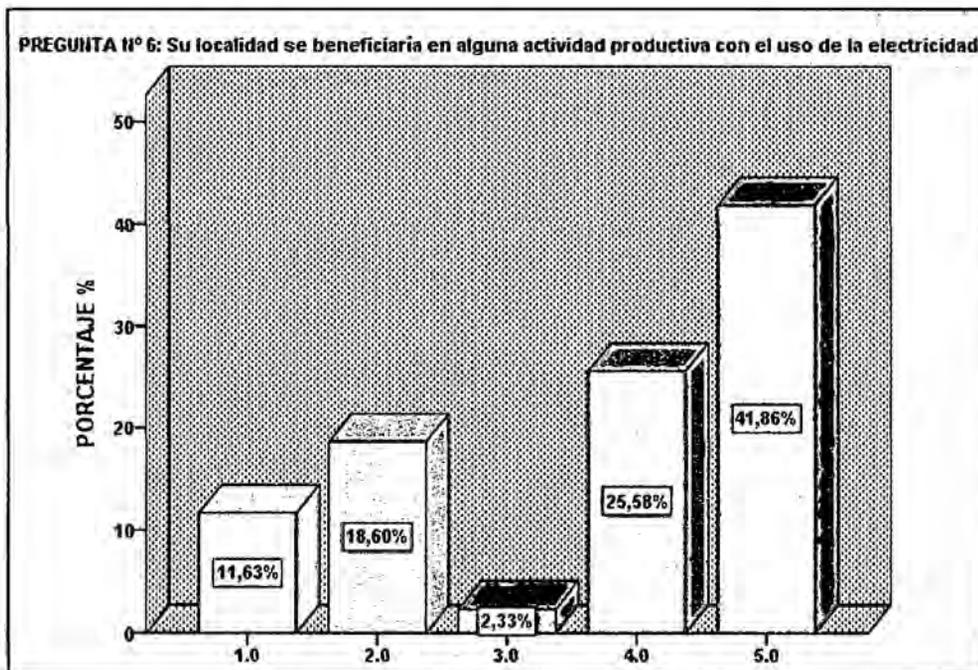
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 19: Grafica descriptiva II – Pregunta N° 4



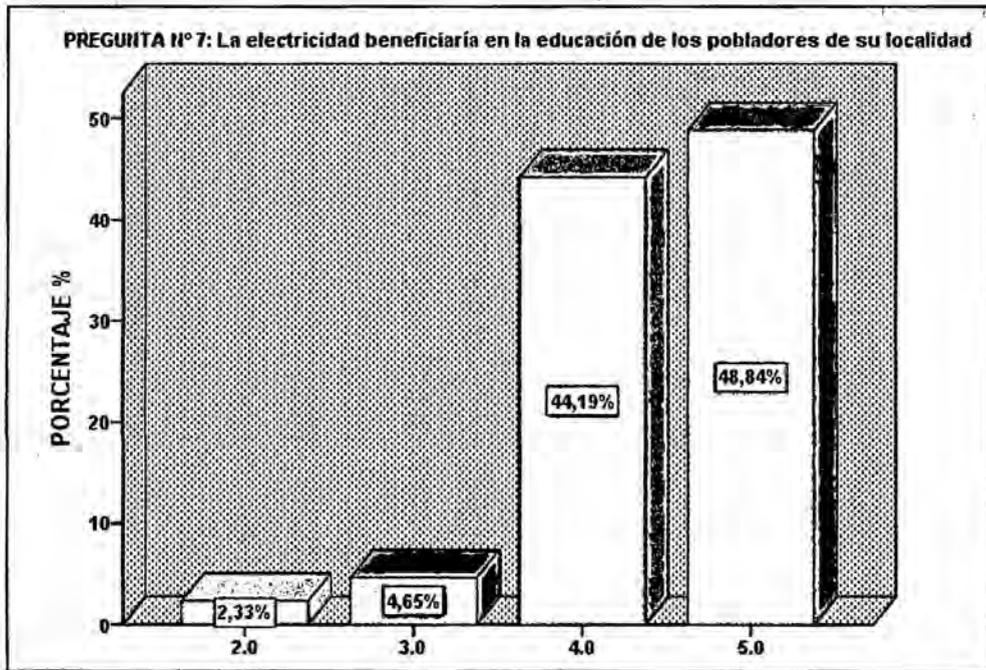
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 20: Grafica descriptiva II – Pregunta N° 5



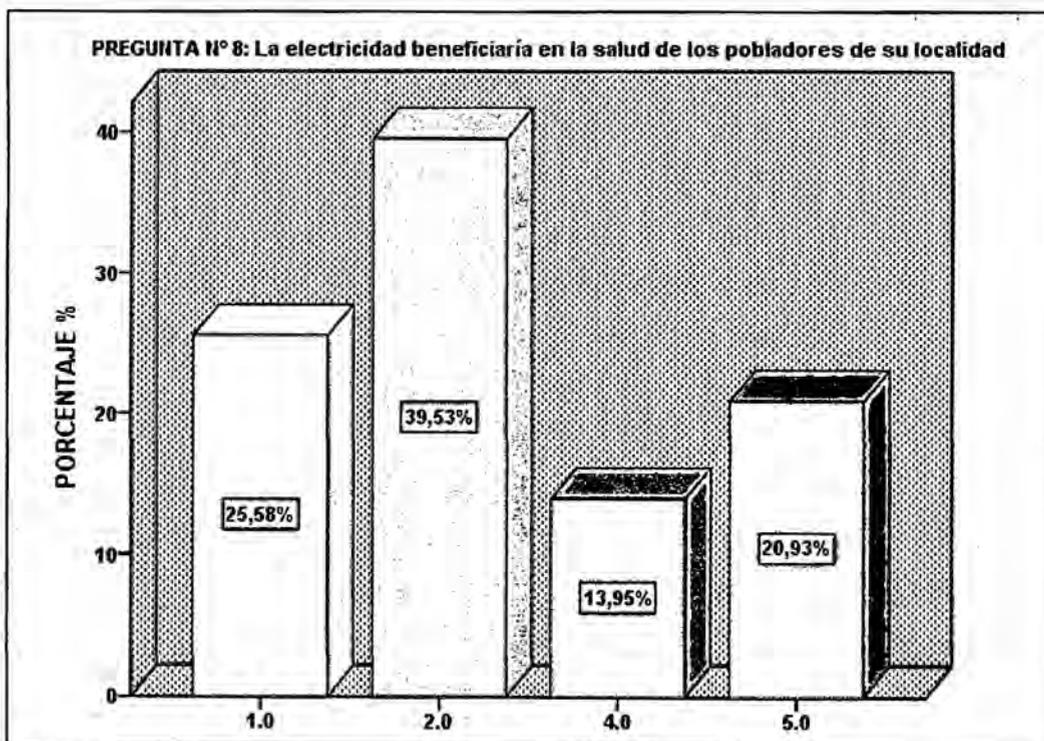
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 21: Grafica descriptiva II – Pregunta N° 6



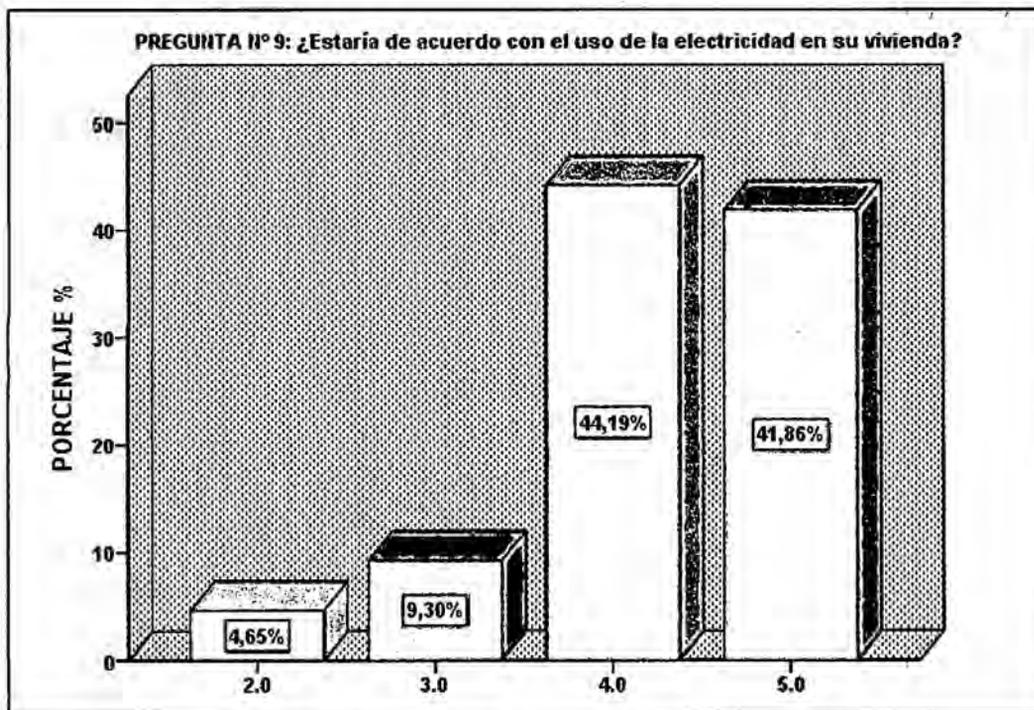
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 22: Grafica descriptiva II – Pregunta N° 7



Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 23: Grafica descriptiva II – Pregunta N° 8



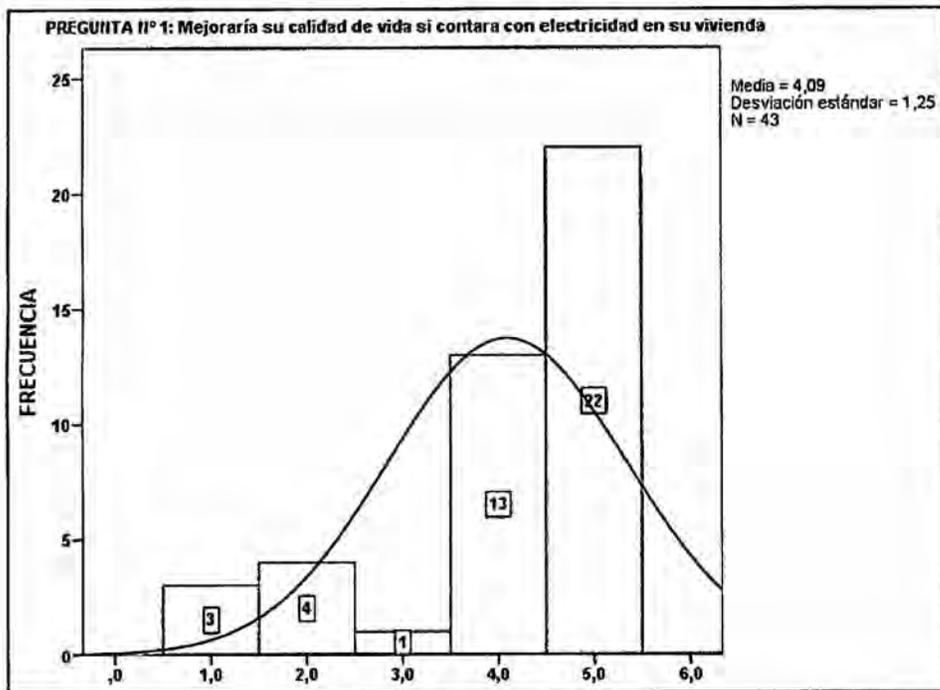
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 24: Grafica descriptiva II – Pregunta N° 9

	Preg. N° 1	Preg. N° 3	Preg. N° 4	Preg. N° 5	Preg. N° 6	Preg. N° 7	Preg. N° 8	Preg. N° 9
Encuestas Válidas	43	43	43	43	43	43	43	43
Encuestas Perdidas	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	4.093	4.372	4.140	4.209	3.674	4.395	2.651	4.233
Mediana	5.000	4.000	5.000	5.000	4.000	4.000	2.000	4.000
Moda	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	4.0
Desviación estándar	1.2500	.6909	1.2068	1.1246	1.4755	.6949	1.5257	.8117
Varianza	1.563	.477	1.456	1.265	2.177	.483	2.328	.659
Rango	4.0	2.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.0
Mínimo	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0
Máximo	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

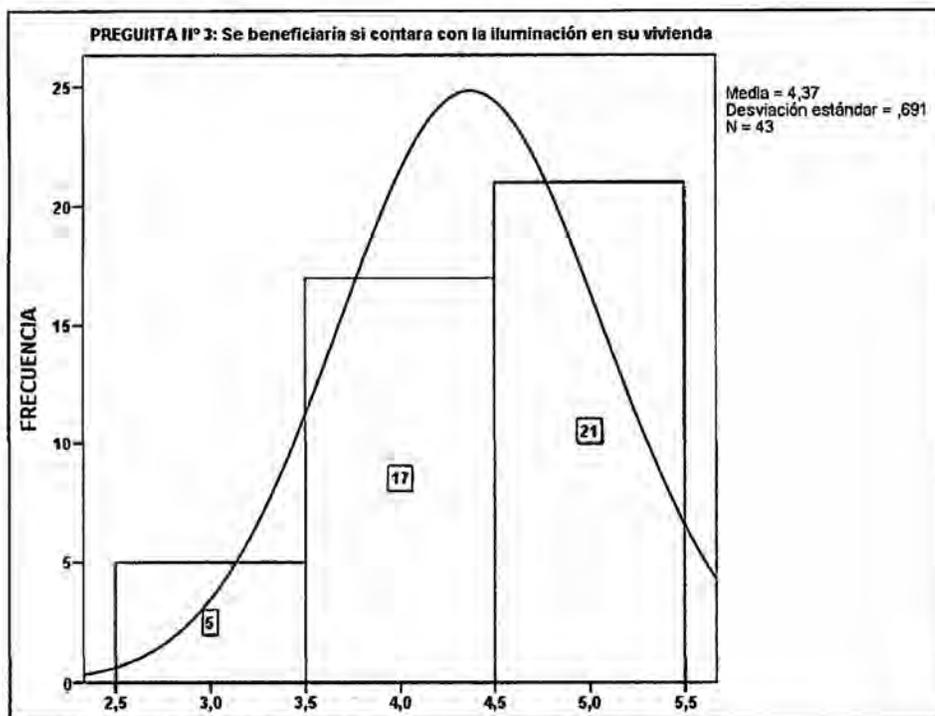
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Tabla N° 15: Estadísticos



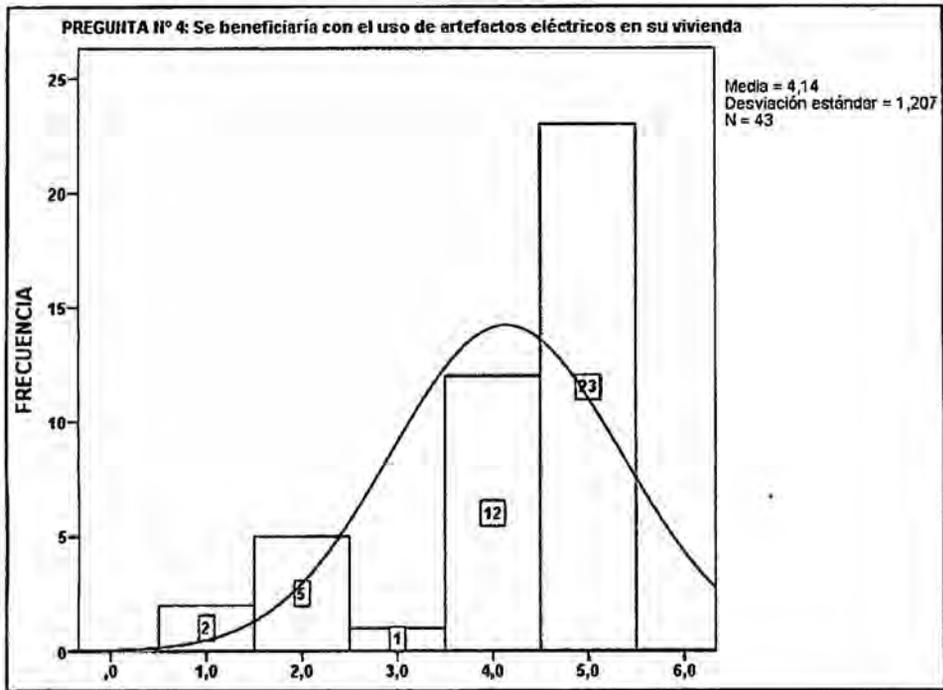
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 25: Trazo de secuencia – Pregunta N° 1



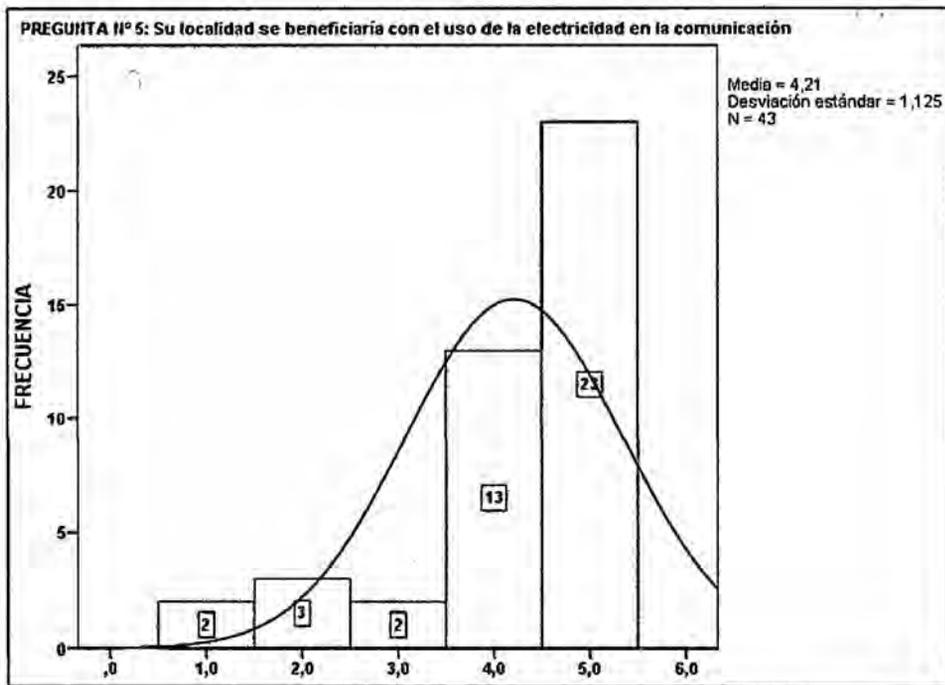
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 26: Trazo de secuencia – Pregunta N° 3



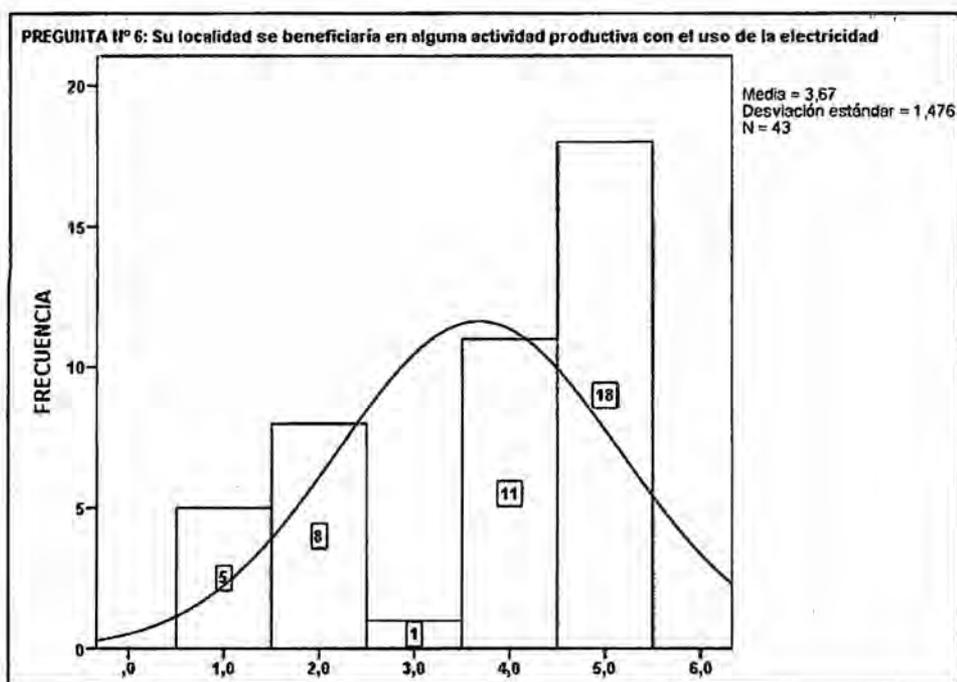
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 27: Trazo de secuencia – Pregunta N° 4



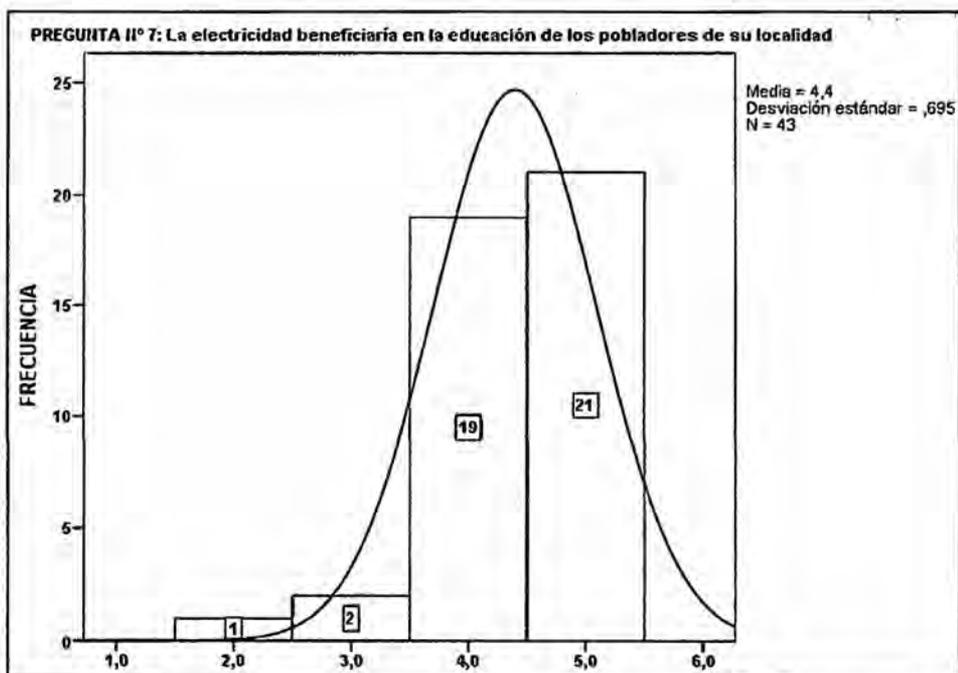
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 28: Trazo de secuencia – Pregunta N° 5



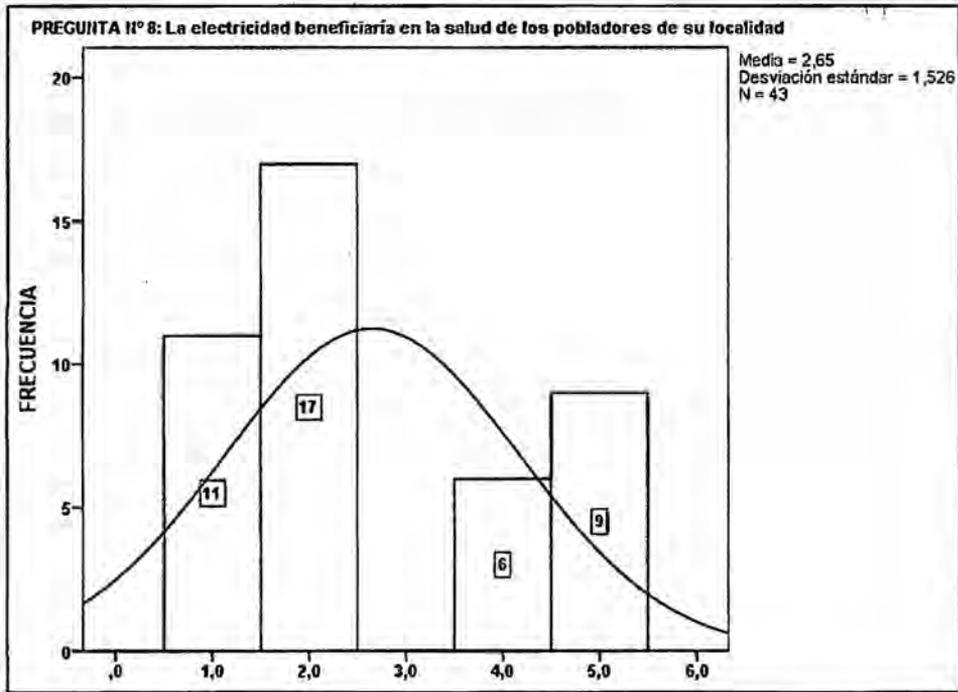
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 29: Trazo de secuencia – Pregunta N° 6



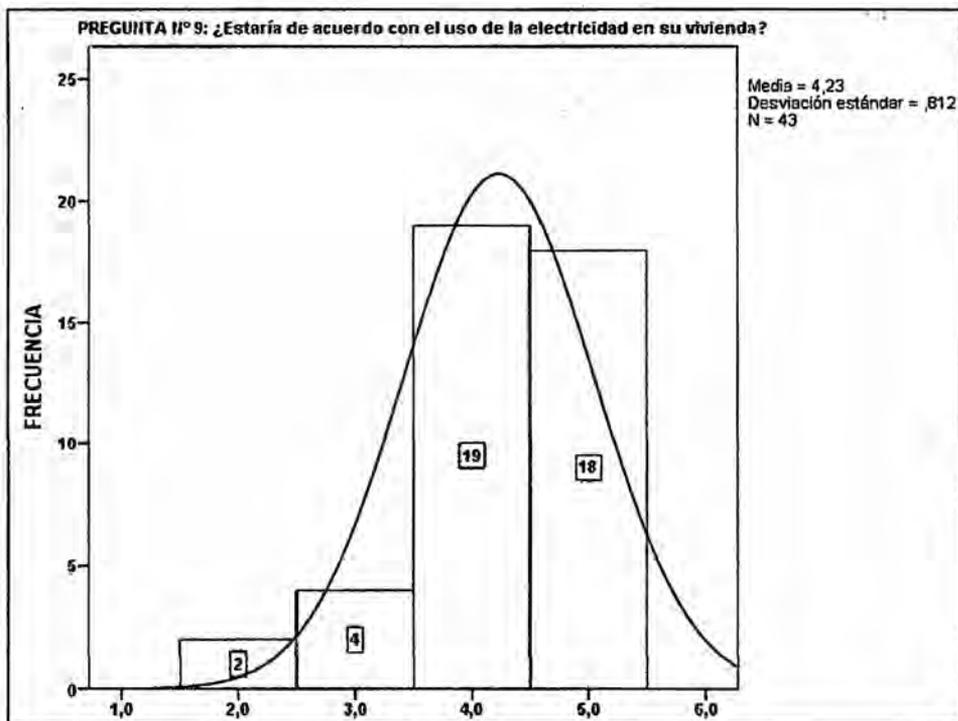
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 30: Trazo de secuencia – Pregunta N° 7



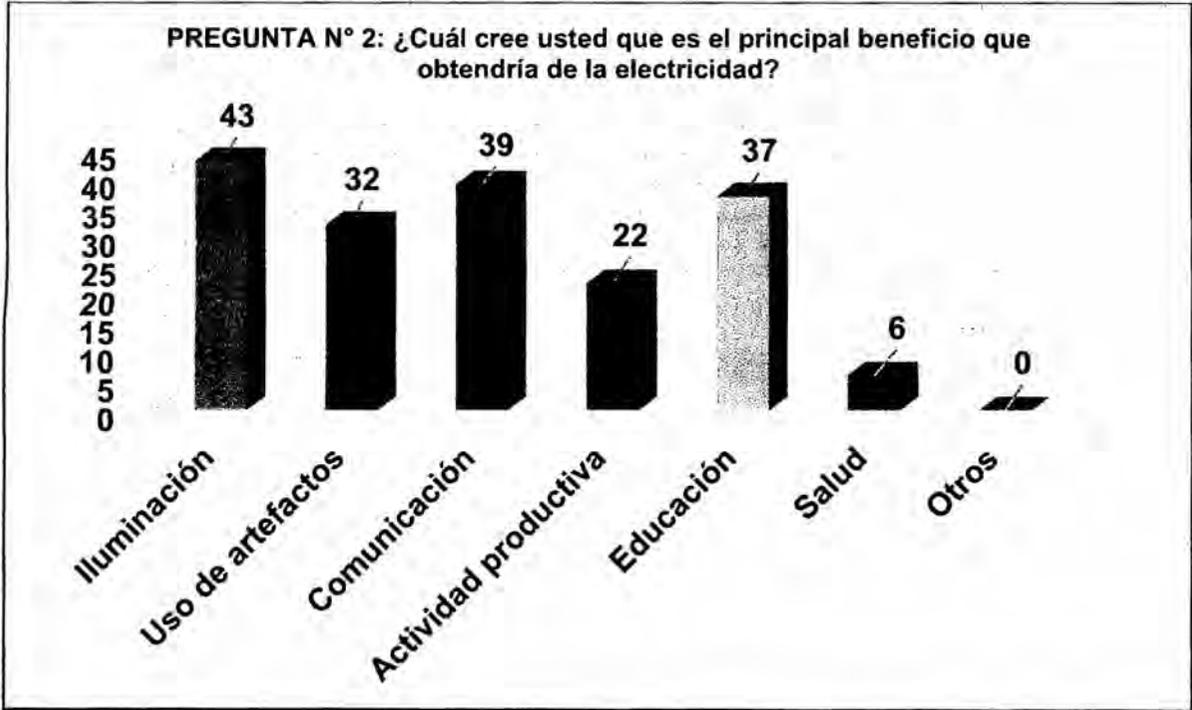
Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 31: Trazo de secuencia – Pregunta N° 8



Fuente: IBM SPSS Statistics 22 – Elaboración propia

Figura N° 32: Trazo de secuencia – Pregunta N° 9



Fuente: Microsoft Excel – Elaboración propia

Figura N° 33: Encuesta – Pregunta N° 2

Anexo 5: Metodología

Se muestran los casos de tipos de viviendas de los sistemas fotovoltaicos domiciliarios y las fichas Excel de los principales equipos.

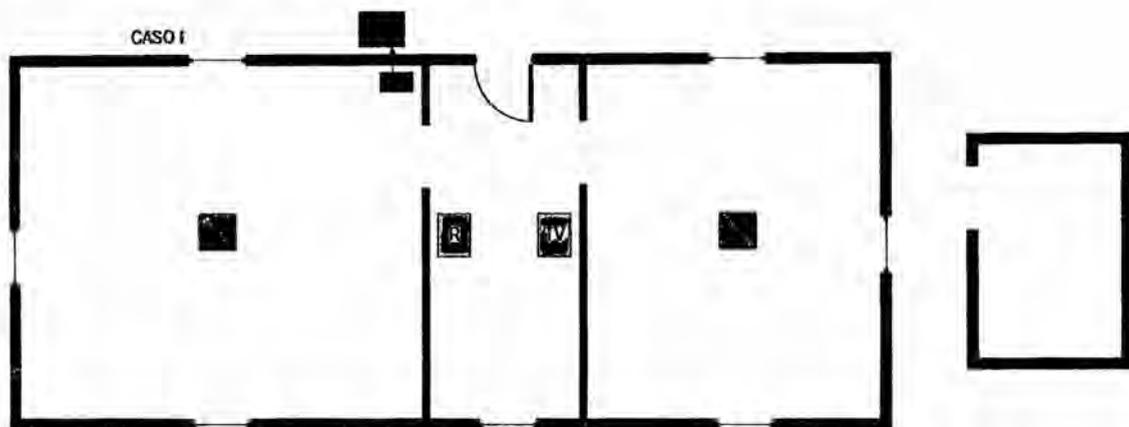
Se muestran los siguientes casos:

Caso I:

El caso de vivienda es básico y cuenta con las siguientes cargas eléctricas:

- Luminarias (2 unidades)
- Tv B/N
- Radio (DC)

Las dimensiones son 5x12 (Ancho x Alto)



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 1: Diagrama de cargas Caso I

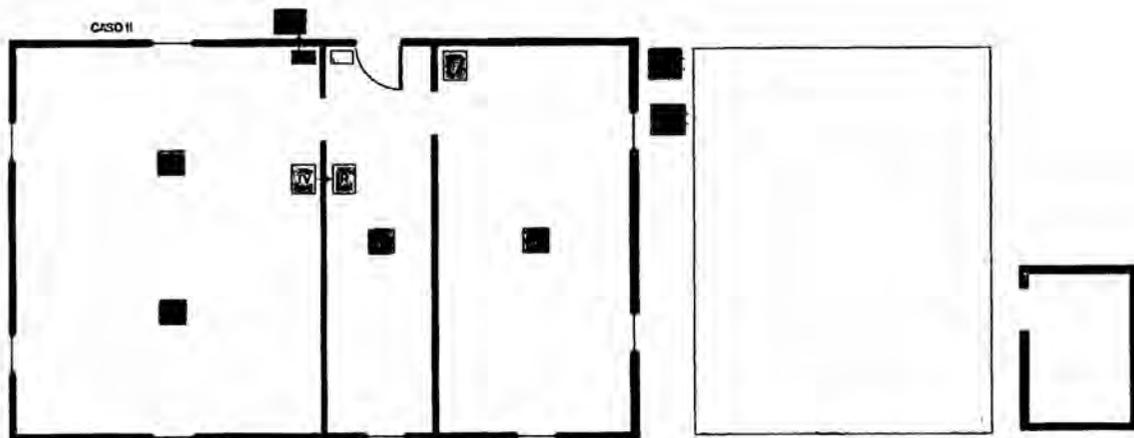
Caso II:

El caso de vivienda es con una carga especial y cuenta con las siguientes cargas eléctricas:

- Luminarias (4 unidades)
- Tv
- Frigorífico

- Radio (AC)
- Bomba de presión (2 unidades)

Las dimensiones son 8x12 (Ancho x Alto)



Fuente: *Elaboración propia*

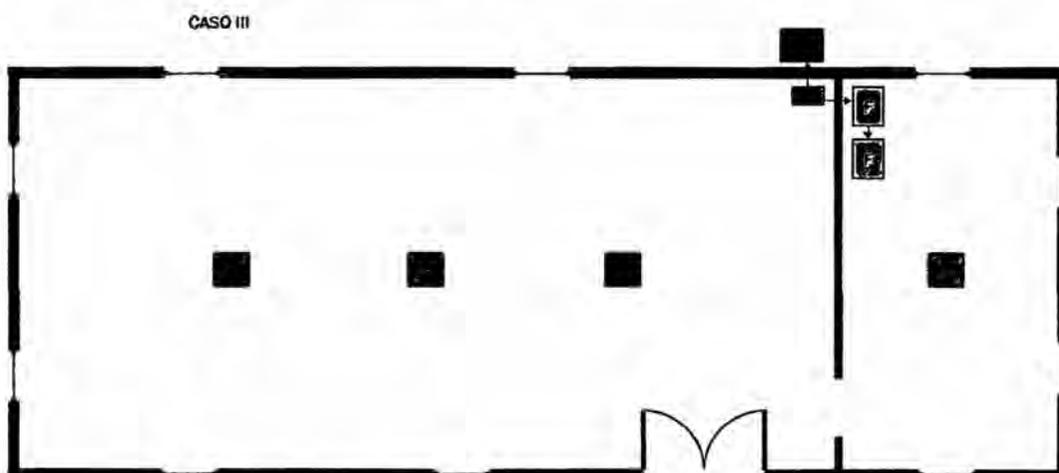
Figura N° 2: Diagrama de cargas Caso II

Caso III:

El caso es una carga especial que es el vaso de leche y cuenta con las siguientes cargas eléctricas:

- Luminarias (4 unidades)
- Frigorífico (2 unidades)

Las dimensiones son 6x15 (Ancho x Alto)



Fuente: *Elaboración propia*

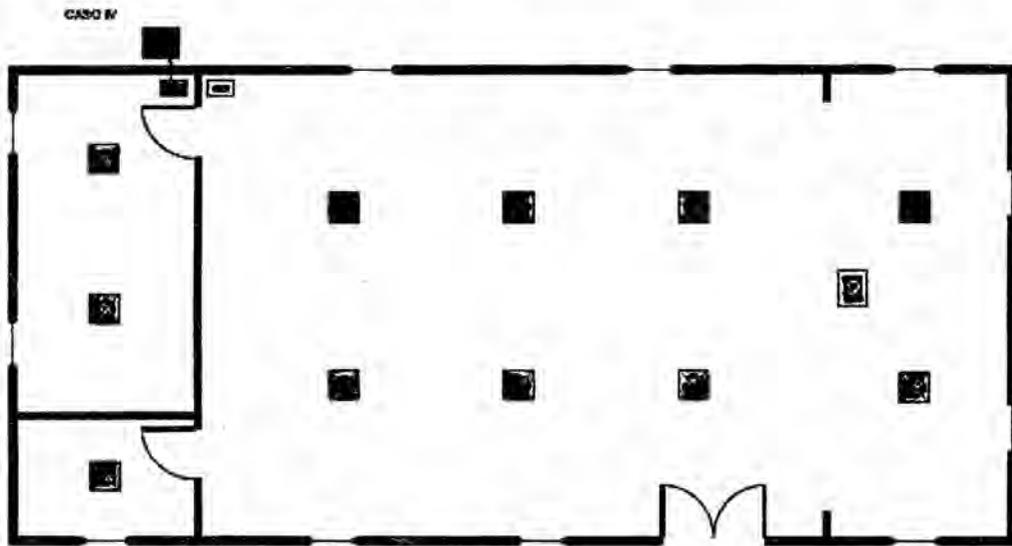
Figura N° 3: Diagrama de cargas Caso III

Caso IV:

El caso es una carga especial que es la iglesia y cuenta con las siguientes cargas eléctricas:

- Luminarias (11 unidades)
- Parlante

Las dimensiones son 8x17 (Ancho x Alto)



Fuente: *Elaboración propia*

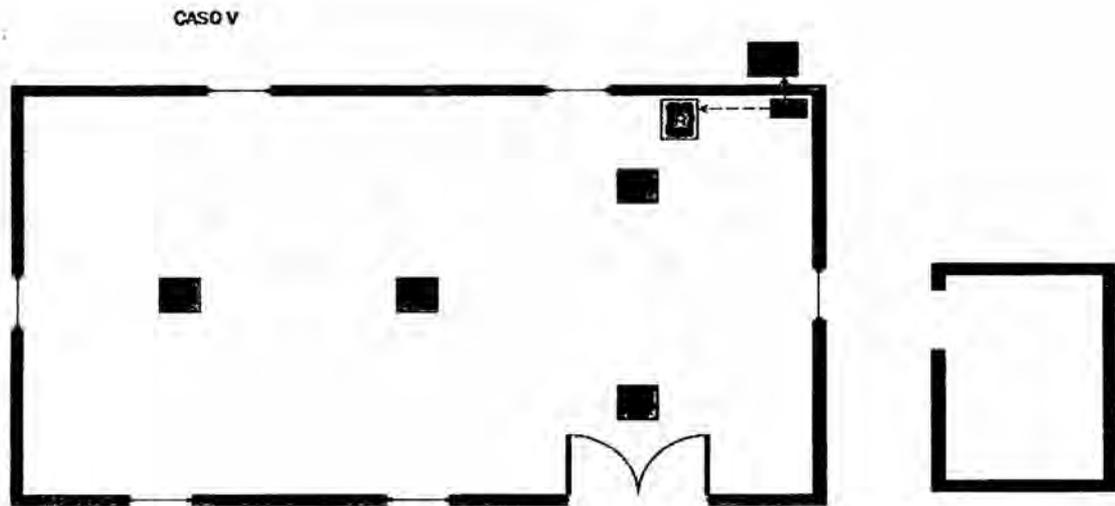
Figura N° 4: Diagrama de cargas Caso IV

Caso V:

El caso es una carga especial que es el club de madres y cuenta con las siguientes cargas eléctricas:

- Luminarias (4 unidades)
- Radio

Las dimensiones son 6x10 (Ancho x Alto)



Fuente: *Elaboración propia*

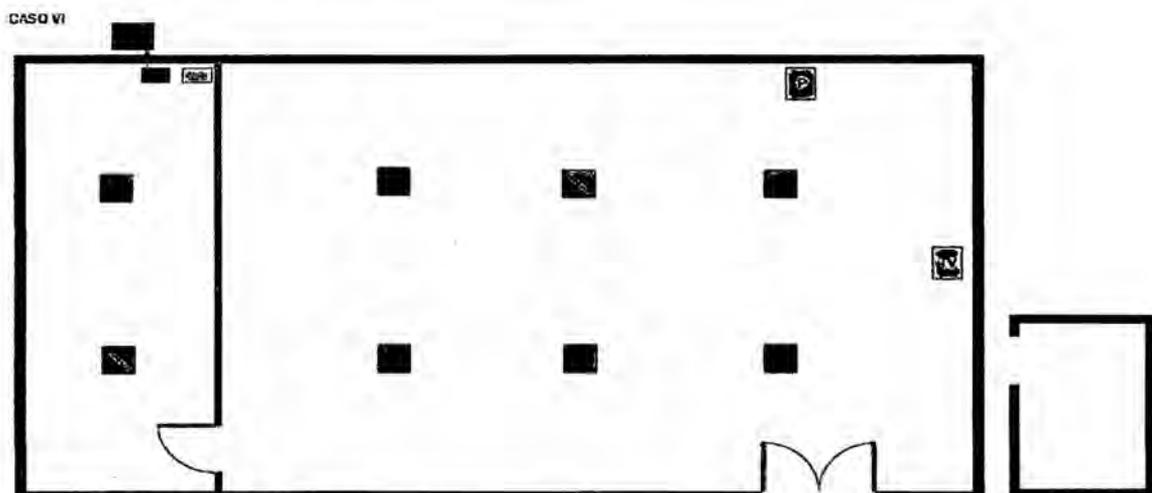
Figura N° 5: Diagrama de cargas Caso V

Caso VI:

El caso es una carga especial que es el local comunal y cuenta con las siguientes cargas eléctricas:

- Luminarias (8 unidades)
- Parlante
- Tv

Las dimensiones son 8x15 (Ancho x Alto)



Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 6: Diagrama de cargas Caso VI

DISEÑO SOLAR

NOMBRE DEL LUGAR	Huarascalte
DISTRITO	Huaylas
DEPARTAMENTO	Ancash
LATITUD	-9.5

PROVINCIA	Huaylas
REGION	Huaylas
LONGITUD	-77.5

ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR

Media anual diaria	5.93 kWh/m ² /día
Mínima anual diaria	5.03 kWh/m ² /día
Maxima anual diaria	6.81 kWh/m ² /día
Total anual	2164.45 kWh/m ² /año
HSP	5.03 h

Junio
Noviembre

POSICIONAMIENTO DEL SISTEMA

Orientación	Sur - Norte
Inclinación Óptima (B _{opt})	10.26 °

ANÁLISIS DE LAS PERDIDAS POR ORIENTACIÓN Y SOMBRAS

Inclinación (B)	15.00 °	Factor de Sombreado [FS]	1.0000
Factor de Irradiación [FI]	0.9973	Perdidas por Sombras	0.000
Perdidas de Orientación	0.003		

CÁLCULO DE LA IRRADIACIÓN INCIDENTE

Irradiancia mínima anual diaria	5.03 kWh/m ² /día
Irradiancia mínima anual diaria	5.12 kWh/m ² /día
K	1.017
Irradiación incidente B	5.10 kWh/m ² /día

G_{dm}(0)
G_{dm}(x=0, B_{opt})
G_{dm}(x, B)

DISEÑO FOTOVOLTAICO - Casa N° 1

NOMBRE DEL LUGAR	Huarascalle
DISTRITO	Huaylas
DEPARTAMENTO	Ancash
LATITUD	-9.5
VOLTAJE DEL SISTEMA	12 Vdc

PROVINCIA	Huaylas
REGION	Huaylas
LONGITUD	-77.5
VALOR DE INSOLACION	5.10 kWh/m2/dia

DEMANDA - CARGAS ELECTRICAS AC

280 Vdc

Cargas eléctricas	Consumo (W)	Cantidad (und)	Consumo Total (W)	Horas de uso por día	Total Wh-día
-	0	0	0	0	0.00
-	-	-	-	-	0.00
-	-	-	-	-	0.00
-	-	-	-	-	0.00
Sub total de energía en Watts-hora/día					0.00
Eficiencia del Inversor					85% (IDAE)
Demanda eléctrica total en AC					0 Wh-día

DEMANDA - CARGAS ELECTRICAS DC

12 Vdc

Cargas eléctricas	Consumo (W)	Cantidad (und)	Consumo Total (W)	Horas de uso por día	Total Wh-día
Luminaria	9	2	18	5	90.00
Tv B/N	20	1	20	4	80.00
Radio	16	1	16	4	64.00
-	-	-	-	-	0.00
-	-	-	-	-	0.00
Sub total de energía en Watts-hora/día					234.00
Eficiencia del Acumulador					90% (IDAE)
Demanda eléctrica total en DC					234 Wh-día

DC 12 o 24 V	Cargas eléctricas	Cantidad	Consumo (W)	Consumo Total (W)	Distancia (m)	Intensidad (A)
12	Luminaria	1	9	9	5	0.75
12	Luminaria	1	9	9	7	0.75
12	Tv B/N	1	20	20	8	1.67
12	Radio	1	16	16	6	1.33
12	-	0	0	0	0	0.00
12	-	0	0	0	0	0.00

DC Transformación 24/12 V	Cargas eléctricas	Cantidad	Consumo (W)	Consumo Total (W)	Distancia (m)	Intensidad (A)
12	-	0	0	0	0	0.00
12	-	0	0	0	0	0.00
12	-	0	0	0	0	0.00
12	-	0	0	0	0	0.00
12	-	0	0	0	0	0.00

DEMANDA ELECTRICA TOTAL

Demanda eléctrica total (Wh)	260 Wh-día
Demanda eléctrica total (Ah)	22 Ah-día

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR

GCEM (kW/m2)	1 kW/m2	(IDAE)
PR	0.7	(0.7 = Inversor o Batería, 0.6 = Inversor y Batería) (IDAE)
Coefficiente de dimensionamiento	120%	
Pmp, min	73 Wp	
Pmp	85 Wp	

DATOS DE COMPONENTES

MODULO SOLAR		BATERIAS	
Marca	SUNTECH	Marca	VICTRON
Modelo	STP-085D-12/BEA	Modelo	Vitron Deep Cycle GEL 110/12
Potencia del modulo solar	85 Wp	Capacidad	110 Ah
Tensión Nominal del panel solar	12 Vdc	Tensión Nominal de batería	12 Vdc
Tensión de circuito abierto Voc	22 Vdc	Profundidad de descarga	70% (IDAE)
Corriente Máxima Imp	4.83 A	Días de autonomía	3 (IDAE)
Corriente de corto circuito Isc	5.13 A		

RESULTADOS DE DISEÑO

MODULO SOLAR		BATERIAS	
Potencia del arreglo	85 Wp	Capacidad mínima	93 Ah
Módulos en serie	1	Capacidad total del banco	110 Ah
Módulos en paralelo	1	Baterías en serie	1
Cantidad total de módulos	1	Baterías en paralelo	1
Exceso obtenido	13.77%	Cantidad total de baterías	1
		Días de autonomía resultante	4.06

CORRIENTES NOMINALES

Modulo - Arreglo		Arreglo - Regulador	
Corriente de cortocircuito del modulo Isc	5.13 A	Corriente de cortocircuito del arreglo Isc	5.13 A
Corriente de diseño del modulo	6.41 A	Corriente de diseño del arreglo	6.41 A
Regulador - Batería		Regulador - Caja estanca	
Corriente a potencia máxima	5.13 A	Corriente nominal de consumo dc	4.50 A
Corriente de diseño a potencia máxima	6.41 A	Corriente de diseño de consumo dc	5.63 A
Batería - Inversor		Inversor - Cargas AC	
Corriente nominal de consumo dc/ac	0.00 A	Corriente nominal de consumo ac	0.00 A
Corriente de diseño de consumo dc/ac	0.00 A	Corriente de diseño de consumo ac	0.00 A
Caja estanca - DC/DC			
Corriente nominal de consumo dc/dc	0.00 A		
Corriente de diseño de consumo dc/dc	0.00 A		

ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES

UNIDAD DE CONTROL		INVERSOR DE CORRIENTE	
Corriente - arreglo solar	5.13 A	Potencia de diseño	0.00 W
Corriente de diseño - arreglo solar	6.41 A	Tensión de ingreso	0 Vdc
Corriente - consumo dc	4.50 A	Tensión de salida	0 Vac
Corriente de diseño - consumo dc	5.63 A	Frecuencia nominal	0 Hz
Corriente - batería	5.13 A	Corriente - consumo ac	0.00 A
Corriente de diseño - batería	6.41 A	Corriente de diseño - consumo ac	0.00 A

CALCULO DE CAIDA DE TENSION

	m	%	mm ²
Arreglo - Regulador	6.00	3%	3.05
Regulador - Batería	3.00	1%	4.58
Regulador - Caja estanca	2.00	1%	2.68
- Luminaria 1	5.00	3%	0.37
- Luminaria 2	7.00	3%	0.52
- Tv B/N	8.00	3%	1.32
- Radio	6.00	3%	0.79
-	0.00	3%	0.00
-	0.00	3%	0.00
Caja estanca - DC/DC	0.00	1%	0.00
-	0.00	3%	0.00
-	0.00	3%	0.00
-	0.00	3%	0.00
-	0.00	3%	0.00
-	0.00	3%	0.00
Batería - Inversor	0.00	1%	0.00
Inversor - Cargas AC	0.00	3%	0.00

CALCULO DE INTENSIDAD MAXIMA

	mm ²	Ducto	Aire		Corriente	
Arreglo - Regulador	3.30	25 A	30 A	>	5.13 A	Correcto
Regulador - Batería	5.30	30 A	40 A	>	5.13 A	Correcto
Regulador - Caja estanca	3.30	25 A	30 A	>	4.50 A	Correcto
- Luminaria 1	0.80	8 A	10 A	>	0.75 A	Correcto
- Luminaria 2	0.80	8 A	10 A	>	0.75 A	Correcto
- Tv B/N	2.10	20 A	25 A	>	1.67 A	Correcto
- Radio	0.80	8 A	10 A	>	1.33 A	Correcto
-	0.00	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Caja estanca - DC/DC	0.00	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Batería - Inversor	0.00	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Inversor - Cargas AC	0.00	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor

PROTECCIONES DE LA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA

Interruptores	I nominal	V		I diseño	
Arreglo - Regulador	5.41 A	12 Vdc	<	10 A	NB1-1-10CC47 Correcto
Regulador - Batería	6.41 A	12 Vdc	<	10 A	NB1-1-10CC47 Correcto
Regulador - Caja estanca	5.63 A	12 Vdc	<	10 A	NB1-1-10CC47 Correcto
Batería - Inversor	0.00 A	0 Vdc	<	0 A	Incorrecto/No valor
Inversor - Cargas CA	0.00 A	0 Vac	<	0 A	Incorrecto/No valor

Dimensionado del Generador Fotovoltaico

<i>Parametro</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>	<i>Comentario</i>
Localidad			Huarascale
Latitud ϕ		-9.5	Ancash
E_D	kWh/día	5.93	Consumo constante a lo largo del año
Periodo de diseño		Junio	Razón: Mes de peor radiación y consumo constante ($k=1$)
$(\alpha_{opt}, \beta_{opt})$		(0°, 10.26°)	
(α, β)		(0°, 15°)	Mínimo para evitar acumulación de suciedad
$G_{dm}(0)$	kWh/(m ² x día)	5.03	Fuente: NASA / centro de meteorología del Perú
FI		0.9973	$FI = 1 - [1,2 \times (10^{-4}) \times (\beta - \beta_{opt})^2]$
FS		1.0000	Causa: Ninguna pérdida por sombra
PR Junio		0.7	Eficiencia energética global del sistema
$G_{dm}(\alpha, \beta)$ Junio	kWh/(m ² x día)	5.10	$G_{dm}(\alpha, \beta)$ Junio = $G_{dm}(0)$ Junio $\times K \times FI \times FS$
$P_{mp, min}$	Wp	73	

Dimensionado Final del Sistema

<i>Parametro</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>	<i>Comentario</i>
P_{mp}	Wp	85	Potencia pico del generador
C_{100}	Ah	110	Capacidad Nominal del acumulador
PD_{max}		0.70	Profundidad de descarga max. permitida por el regulador
η_{inv}		0.85	Rendimiento energético del inversor
η_b		0.90	Rendimiento energético acumulador
V_{NOM}	V	12	Tensión nominal de acumulador
L_D	Ah	22	Consumo diario de la carga
A	Días	4.06	Autonomía del sistema

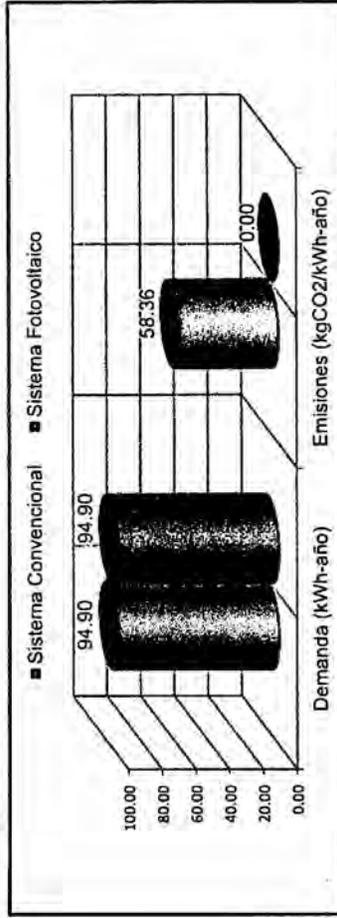
Descripción	Horas de uso por día (Wh-día)	Horas de uso por día (kWh-día)	Horas de uso por año (kWh-año)
Demanda eléctrica total	260.00	0.26	94.90

Factores de emisión de kgCO2		
Factor	Unidades	
Energía eléctrica	kgCO2/kWh	
GLP	kgCO2/kilogramo	
Diésel	kgCO2/galón	
Gasolina	kgCO2/galón	
Leña	kgCO2/kilogramo	

Fuente: Ficha Informativa - Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Energía eléctrica	0.615
-------------------	-------

Tipo de Sistema	Demanda (kWh-año)	Emisiones (kgCO2/kWh-año)
Sistema Convencional	94.90	58.36
Sistema Fotovoltaico	94.90	0.00



DISEÑO FOTOVOLTAICO - Casa N° 2

NOMBRE DEL LUGAR	Huancasalle
DISTRITO	Huaylas
DEPARTAMENTO	Ancash
LATITUD	-9.5
VOLTAJE DEL SISTEMA	24 Vdc

PROVINCIA	Huaylas
REGION	Huaylas
LONGITUD	-77.5
VALOR DE INSOLACION	5.10 kWh/m2/dia

DEMANDA - CARGAS ELÉCTRICAS AC

240 Vdc

Cargas eléctricas	Consumo (W)	Cantidad (und)	Consumo Total (W)	Horas de uso por día	Total Wh-día
Luminaria	0	4	36	5	180.00
Tv color	115	1	115	4	460.00
Frigorífico	85	1	85	12	1020.00
Radio	80	1	80	4	320.00
Bomba de presión	60	2	120	4	480.00
					0.00
					0.00
Sub total de energía en Watts-hora/día					2460.00
Eficiencia del Inversor					85% (IDAE)
Demanda eléctrica total en AC					2460 Wh-día

DEMANDA - CARGAS ELÉCTRICAS DC

24 Vdc

Cargas eléctricas	Consumo (W)	Cantidad (und)	Consumo Total (W)	Horas de uso por día	Total Wh-día
	0	0	0	0	0.00
	0	0	0	0	0.00
					0.00
					0.00
					0.00
Sub total de energía en Watts-hora/día					0.00
Eficiencia del Acumulador					90%
Demanda eléctrica total en DC					0 Wh-día

DC 12 o 24 V	Cargas eléctricas	Cantidad	Consumo (W)	Consumo Total (W)	Distancia (m)	Intensidad (A)
24	-	0	0	0	0	0.00
24	-	0	0	0	0	0.00
24	-	0	0	0	0	0.00
24	-	0	0	0	0	0.00
24	-	0	0	0	0	0.00
24	-	0	0	0	0	0.00

DC Transformación 24/12 V	Cargas eléctricas	Cantidad	Consumo (W)	Consumo Total (W)	Distancia (m)	Intensidad (A)
12	-	0	0	0	0	0.00
12	-	0	0	0	0	0.00
12	-	0	0	0	0	0.00
12	-	0	0	0	0	0.00
12	-	0	0	0	0	0.00

DEMANDA ELÉCTRICA TOTAL

Demanda eléctrica total (Wh)	3216 Wh-día
Demanda eléctrica total (Ah)	134 Ah-día

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR

GCEM (kW/m2)	1 kW/m2 (IDAE)	
PR	0.7 (0.7 = Inversor o Batería, 0.5 = Inversor y Batería)	(IDAE)
Coefficiente de dimensionamiento	120%	
Pmp, min	900 Wp	
Pmp	1040 Wp	

DATOS DE COMPONENTES

MODULO SOLAR		BATERÍAS	
Marca	SUNTECH	Marca	VICTRON
Modelo	STP-260-24/Vb-1	Modelo	Vitron Deep Cycle GEL 220/12
Potencia del modulo solar	260 Wp	Capacidad	220 Ah
Tensión Nominal del panel solar	24 Vdc	Tensión Nominal de batería	12 Vdc
Tensión de circuito abierto Voc	44 Vdc	Profundidad de descarga	70% (IDAE)
Corriente Máxima Imp	7.47 A	Días de autonomía	3 (IDAE)
Corriente de corto circuito Isc	8.09 A		

RESULTADOS DE DISEÑO

MODULO SOLAR		BATERÍAS	
Potencia del arreglo	1040 Wp	Capacidad mínima	574 Ah
Módulos en serie	1	Capacidad total del banco	660 Ah
Módulos en paralelo	4	Baterías en serie	2
Cantidad total de módulos	4	Baterías en paralelo	3
Exceso obtenido	13.81%	Cantidad total de baterías	6
		Días de autonomía resultante	3.94

CORRIENTES NOMINALES

Modulo - Arreglo		Arreglo - Regulador	
Corriente de cortocircuito del modulo Isc	8.09 A	Corriente de cortocircuito del arreglo Isc	32.36 A
Corriente de diseño del modulo	10.11 A	Corriente de diseño del arreglo	40.45 A
Regulador - Batería		Regulador - Caja estanca	
Corriente o potencia máxima	32.36 A	Corriente nominal de consumo dc	0.00 A
Corriente de diseño a potencia máxima	40.45 A	Corriente de diseño de consumo dc	0.00 A
Batería - Inversor		Inversor - Cargas AC	
Corriente nominal de consumo dc/ac	18.17 A	Corriente nominal de consumo ac	1.98 A
Corriente de diseño de consumo dc/ac	22.71 A	Corriente de diseño de consumo ac	2.48 A
Caja estanca - DC/DC			
Corriente nominal de consumo dc/dc	0.00 A		
Corriente de diseño de consumo dc/dc	0.00 A		

ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES

UNIDAD DE CONTROL		INVERSOR DE CORRIENTE	
Corriente - arreglo solar	32.36 A	Potencia de diseño	545,00 W
Corriente de diseño - arreglo solar	40.45 A	Tensión de ingreso	24 Vdc
Corriente - consumo dc	0.00 A	Tensión de salida	220 Vac
Corriente de diseño - consumo dc	0.00 A	Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente - batería	32.36 A	Corriente - consumo ac	1.98 A
Corriente de diseño - batería	40.45 A	Corriente de diseño - consumo ac	2.48 A

CALCULO DE CAIDA DE TENSION

Arreglo - Regulador	6.00 m	3%	9.63 mm2
Regulador - Batería	3.00 m	1%	14.45 mm2
Regulador - Caja estanca	0.00 m	1%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
Caja estanca - DC/DC	0.00 m	1%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
Batería - Inversor	2.00 m	1%	5.41 mm2
Inversor - Cargas AC	20.00 m	3%	0.21 mm2

CALCULO DE INTENSIDAD MAXIMA

	mm2	Ducto	Aire		Corriente	
Arreglo - Regulador	13.30 mm2	55 A	80 A	>	32.36 A	Correcto
Regulador - Batería	21.10 mm2	70 A	105 A	>	32.36 A	Correcto
Regulador - Caja estanca	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Caja estanca - DC/DC	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Batería - Inversor	8.40 mm2	40 A	60 A	>	18.17 A	Correcto
Inversor - Cargas AC	0.80 mm2	8 A	10 A	>	1.98 A	Correcto

PROTECCIONES DE LA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA

Interrupciones	I nominal	V		I diseño	
Arreglo - Regulador	40.45 A	24 Vdc	<	50 A	NB1-1-50CC47 Correcto
Regulador - Batería	40.45 A	24 Vdc	<	50 A	NB1-1-50CC47 Correcto
Regulador - Caja estanca	0.00 A	0 Vdc	<	0 A	Incorrecto/No valor
Batería - Inversor	22.71 A	24 Vdc	<	25 A	NB1-1-25CC47 Correcto
Inversor - Cargas CA	2.48 A	24 Vac	<	6 A	FN82CE6 Correcto

Dimensionado del Generador Fotovoltaico

<i>Parametro</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>	<i>Comentario</i>
Localidad			Huarascal
Latitud ϕ		-9.5	Ancash
E_D	kWh/día	5.93	Consumo constante a lo largo del año
Periodo de diseño		Junio	Razón: Mes de peor radiación y consumo constante ($k=1$)
$(\alpha_{opt}, \beta_{opt})$		(0°, 10.26°)	
(α, β)		(0°, 15°)	Mínimo para evitar acumulación de suciedad
$G_{dm}(0)$	kWh/(m ² x día)	5.03	Fuente: NASA / centro de meteorología del Perú
FI		0.9973	$FI = 1 - [1,2 \times (10^{-4}) \times (\beta - \beta_{opt})^2]$
FS		1.0000	Causa: Ninguna pérdida por sombra
PR_{Junio}		0.7	Eficiencia energética global del sistema
$G_{dm}(\alpha, \beta)_{Junio}$	kWh/(m ² x día)	5.10	$G_{dm}(\alpha, \beta)_{Junio} = G_{dm}(0)_{Junio} \times K \times FI \times FS$
$P_{mp, min}$	Wp	900	

Dimensionado Final del Sistema

<i>Parametro</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>	<i>Comentario</i>
P_{mp}	Wp	1040	Potencia pico del generador
C_{100}	Ah	220	Capacidad Nominal del acumulador
PD_{max}		0.70	Profundidad de descarga max. permitida por el regulador
η_{inv}		0.85	Rendimiento energético del inversor
η_b		0.90	Rendimiento energético acumulador
V_{NOM}	V	24	Tensión nominal de acumulador
L_D	Ah	134	Consumo diario de la carga
A	Días	3.94	Autonomía del sistema

Descripción	Horas de uso por día (Wh-día)	Horas de uso por día (kWh-día)	Horas de uso por año (kWh-año)
Demanda eléctrica total	3215.69	3.22	1173.73

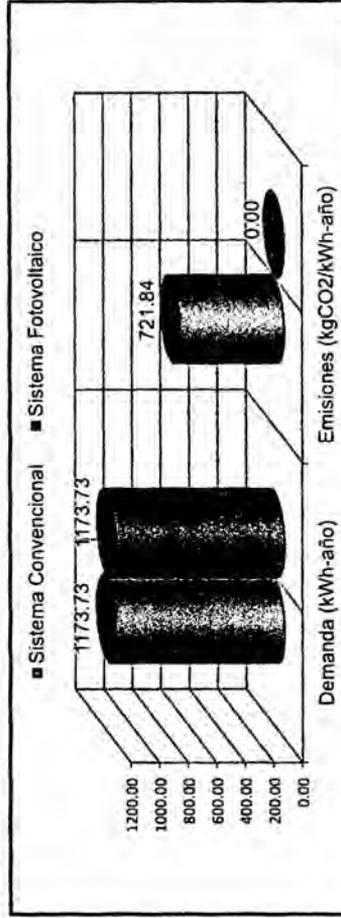
Factores de emisión de kgCO2

	Factor	Unidades
Energía eléctrica	0.615	kgCO2/kWh
GLP	2.750	kgCO2/kilogramo
Diésel	9.700	kgCO2/galón
Gasolina	7.900	kgCO2/galón
Leña	1.700	kgCO2/kilogramo

Fuente: Ficha Informativa - Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Energía eléctrica	0.615
-------------------	-------

Tipo de Sistema	Demanda (kWh-año)	Emisiones (kgCO2/kWh-año)
Sistema Convencional	1173.73	721.84
Sistema Fotovoltaico	1173.73	0.00



DISEÑO FOTOVOLTAICO - Local vaso de leche

NOMBRE DEL LUGAR	Huarascalle
DISTRITO	Huaylas
DEPARTAMENTO	Ancash
LATITUD	-9.5
VOLTAJE DEL SISTEMA	24 Vdc

PROVINCIA	Huaylas
REGION	Huaylas
LONGITUD	-77.5
VALOR DE INSOLACION	5.10 kWh/m2/dia

DEMANDA - CARGAS ELECTRICAS AC

(IDAE)

Cargas eléctricas	Consumo (W)	Cantidad (und)	Consumo Total (W)	Horas de uso por día	Total Wh-día
-	0	0	0	0	0.00
-	-	-	-	-	0.00
-	-	-	-	-	0.00
Sub total de energía en Watts-hora/día					0.00
Eficiencia del Inversor					85%
Demanda eléctrica total en AC					0 Wh-día

DEMANDA - CARGAS ELECTRICAS DC

(IDAE)

Cargas eléctricas	Consumo (W)	Cantidad (und)	Consumo Total (W)	Horas de uso por día	Total Wh-día
Luminaria	9	4	36	5	180.00
Frigorífico	85	2	170	12	2040.00
-	-	-	-	-	0.00
-	-	-	-	-	0.00
Sub total de energía en Watts-hora/día					2220.00
Eficiencia del Acumulador					90%
Demanda eléctrica total en DC					2220 Wh-día

DC 12 o 24 V	Cargas eléctricas	Cantidad	Consumo (W)	Consumo Total (W)	Distancia (m)	Intensidad (A)
24	Frigorífico 1	1	85	85	4	3.54
24	Frigorífico 2	1	85	85	4	3.54
24	-	0	0	0	0	0.00
24	-	0	0	0	0	0.00
24	-	0	0	0	0	0.00
24	-	0	0	0	0	0.00

DC Transformación 24/12 V	Cargas eléctricas	Cantidad	Consumo (W)	Consumo Total (W)	Distancia (m)	Intensidad (A)
12	Luminaria 1	1	9	9	5	0.75
12	Luminaria 2	3	9	27	11	2.25
12	-	0	0	0	0	0.00
12	-	0	0	0	0	0.00
12	-	0	0	0	0	0.00

DEMANDA ELECTRICA TOTAL

Demanda eléctrica total (Wh)	2467 Wh-día
Demanda eléctrica total (Ah)	103 Ah-día

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR

GCEM (kW/m2)	1 kW/m2	(IDAE)
PR	0.7	(0.7 = Inversor o Batería, 0.6 = Inversor y Batería) (IDAE)
Coefficiente de dimensionamiento	120%	
Pmp_min	690 Wp	
Pmp	780 Wp	

DATOS DE COMPONENTES

MODULO SOLAR		BATERIAS	
Marca	SUNTECH	Marca	VICTRON
Modelo	STP-260-24/Vb-1	Modelo	Vitron Deep Cycle GEL 165/12
Potencia del modulo solar	260 Wp	Capacidad	165 Ah
Tensión Nominal del panel solar	24 Vdc	Tensión Nominal de batería	12 Vdc
Tensión de circuito abierto Voc	44 Vdc	Profundidad de descarga	70% (IDAE)
Corriente Máxima Imp	7.47 A	Días de autonomía	3 (IDAE)
Corriente de corto circuito Isc	8.09 A		

RESULTADOS DE DISEÑO

MODULO SOLAR		BATERIAS	
Potencia del arreglo	780 Wp	Capacidad mínima	440 Ah
Módulos en serie	1	Capacidad total del banco	495 Ah
Módulos en paralelo	3	Baterías en serie	2
Cantidad total de módulos	3	Baterías en paralelo	3
Exceso obtenido	11.28%	Cantidad total de baterías	6
		Días de autonomía resultante	3.85

CORRIENTES NOMINALES

Modulo - Arreglo		Arreglo - Regulador	
Corriente de cortocircuito del modulo Isc	8.09 A	Corriente de cortocircuito del arreglo Isc	24.27 A
Corriente de diseño del modulo	10.11 A	Corriente de diseño del arreglo	30.34 A
Regulador - Batería		Regulador - Caja estanca	
Corriente a potencia máxima	24.27 A	Corriente nominal de consumo dc	8.58 A
Corriente de diseño a potencia máxima	30.34 A	Corriente de diseño de consumo dc	10.73 A
Batería - Inversor		Inversor - Cargas AC	
Corriente nominal de consumo dc/ac	0.00 A	Corriente nominal de consumo ac	0.00 A
Corriente de diseño de consumo dc/ac	0.00 A	Corriente de diseño de consumo ac	0.00 A
Caja estanca - DC/DC			
Corriente nominal de consumo dc/dc	1.50 A		
Corriente de diseño de consumo dc/dc	1.88 A		

ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES

UNIDAD DE CONTROL		INVERSOR DE CORRIENTE	
Corriente - arreglo solar	24.27 A	Potencia de diseño	0.00 W
Corriente de diseño - arreglo solar	30.34 A	Tensión de ingreso	0 Vdc
Corriente - consumo dc	8.58 A	Tensión de salida	0 Vac
Corriente de diseño - consumo dc	10.73 A	Frecuencia nominal	0 Hz
Corriente - batería	24.27 A	Corriente - consumo ac	0.00 A
Corriente de diseño - batería	30.34 A	Corriente de diseño - consumo ac	0.00 A

CALCULO DE CAIDA DE TENSION

Arreglo - Regulador	6.00 m	3%	7.22 mm2
Regulador - Batería	3.00 m	1%	10.83 mm2
Regulador - Caja estanca	2.00 m	1%	2.55 mm2
- Frigorífico 1	4.00 m	3%	0.70 mm2
- Frigorífico 2	4.00 m	3%	0.70 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
Caja estanca - DC/DC	1.00 m	1%	0.22 mm2
- Luminaria 1	5.00 m	3%	0.37 mm2
- Luminaria 2	11.00 m	3%	2.46 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
Batería - Inversor	0.00 m	1%	0.00 mm2
Inversor - Cargas AC	0.00 m	3%	0.00 mm2

CALCULO DE INTENSIDAD MAXIMA

	mm2	Ducto	Aire		Corriente	
Arreglo - Regulador	8.40 mm2	40 A	60 A	>	24.27 A	Correcto
Regulador - Batería	13.30 mm2	55 A	80 A	>	24.27 A	Correcto
Regulador - Caja estanca	3.30 mm2	25 A	30 A	>	8.58 A	Correcto
- Frigorífico 1	0.80 mm2	8 A	10 A	>	3.54 A	Correcto
- Frigorífico 2	0.80 mm2	8 A	10 A	>	3.54 A	Correcto
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Caja estanca - DC/DC	0.80 mm2	8 A	10 A	>	1.50 A	Correcto
- Luminaria 1	0.80 mm2	8 A	10 A	>	0.75 A	Correcto
- Luminaria 2	3.30 mm2	25 A	30 A	>	2.25 A	Correcto
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Batería - Inversor	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Inversor - Cargas AC	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor

PROTECCIONES DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Interruptores	I nominal	V		I diseño	
Arreglo - Regulador	30.34 A	24 Vdc	<	32 A	NB1-1-32CC47 Correcto
Regulador - Batería	30.34 A	24 Vdc	<	32 A	NB1-1-32CC47 Correcto
Regulador - Caja estanca	10.73 A	24 Vdc	<	16 A	NB1-1-16CC47 Correcto
Batería - Inversor	0.00 A	0 Vdc	<	0 A	- Incorrecto/No valor
Inversor - Cargas CA	0.00 A	0 Vac	<	0 A	- Incorrecto/No valor

Dimensionado del Generador Fotovoltaico

<i>Parametro</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>	<i>Comentario</i>
Localidad			Huarascal
Latitud ϕ		-9.5	Ancash
E_D	kWh/día	5.93	Consumo constante a lo largo del año
Periodo de diseño		Junio	Razón: Mes de peor radiación y consumo constante ($k=1$)
$(\alpha_{opt}, \beta_{opt})$		(0°, 10.26°)	
(α, β)		(0°, 15°)	Mínimo para evitar acumulación de suciedad
$G_{dm}(0)$	kWh/(m ² x día)	5.03	Fuente: NASA / centro de meteorología del Perú
FI		0.9973	$FI = 1 - [1,2 \times (10^{-4}) \times (\beta - \beta_{opt})^2]$
FS		1.0000	Causa: Ninguna perdida por sombra
PR Junio		0.7	Eficiencia energética global del sistema
$G_{dm}(\alpha, \beta)$ Junio	kWh/(m ² x día)	5.10	$G_{dm}(\alpha, \beta) \text{ Junio} = G_{dm}(0) \text{ Junio} \times K \times FI \times FS$
$P_{mp, min}$	Wp	690	

Dimensionado Final del Sistema

<i>Parametro</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>	<i>Comentario</i>
P_{mp}	Wp	780	Potencia pico del generador
C_{100}	Ah	165	Capacidad Nominal del acumulador
PD_{max}		0.70	Profundidad de descarga max. permitida por el regulador
η_{inv}		0.85	Rendimiento energético del inversor
η_b		0.90	Rendimiento energético acumulador
V_{NOM}	V	24	Tensión nominal de acumulador
L_D	Ah	103	Consumo diario de la carga
A	Días	3.85	Autonomía del sistema

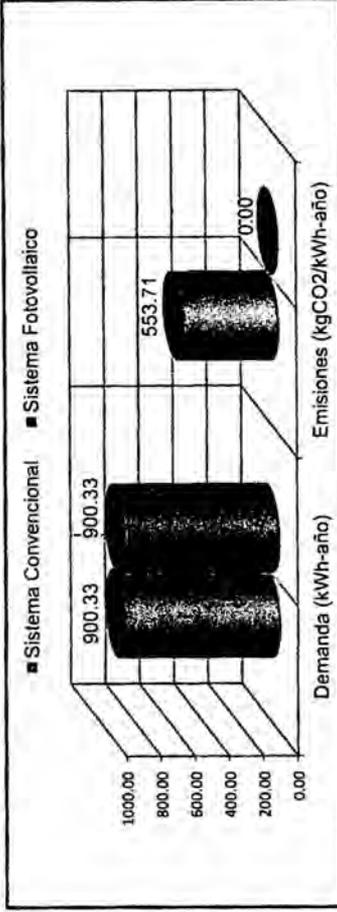
Descripción	Horas de uso por día (Wh-día)	Horas de uso por día (kWh-día)	Horas de uso por año (kWh-año)
Demanda eléctrica total	2466.67	2.47	900.33

Factores de emisión de kgCO2		
	Factor	Unidades
Energía eléctrica	0.615	kgCO2/kWh
GLP	2.750	kgCO2/kilogramo
Diésel	9.700	kgCO2/galón
Gasolina	7.900	kgCO2/galón
Leña	1.700	kgCO2/kilogramo

Fuente: Ficha Informativa - Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Energía eléctrica	0.615
-------------------	-------

Tipo de Sistema	Demanda (kWh-año)	Emisiones (kgCO2/kWh-año)
Sistema Convencional	900.33	553.71
Sistema Fotovoltaico	900.33	0.00



ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES

UNIDAD DE CONTROL		INVERSOR DE CORRIENTE	
Corriente - arreglo solar	16.40 A	Potencia de diseño	373.75 W
Corriente de diseño - arreglo solar	20.50 A	Tensión de ingreso	24 Vdc
Corriente - consumo dc	0.00 A	Tensión de salida	220 Vac
Corriente de diseño - consumo dc	0.00 A	Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente - batería	16.40 A	Corriente - consumo ac	1.36 A
Corriente de diseño - batería	20.50 A	Corriente de diseño - consumo ac	1.70 A

CALCULO DE CAIDA DE TENSION

Arreglo - Regulador	6.00 m	3%	4.88 mm2
Regulador - Batería	3.00 m	1%	7.32 mm2
Regulador - Caja estanca	0.00 m	1%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
Caja estanca - DC/DC	0.00 m	1%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
Batería - Inversor	2.00 m	1%	3.71 mm2
Inversor - Cargas AC	20.00 m	3%	0.15 mm2

CALCULO DE INTENSIDAD MAXIMA

	mm2	Ducto	Aire		Corriente	
Arreglo - Regulador	5.30 mm2	30 A	40 A	>	16.40 A	Correcto
Regulador - Batería	8.40 mm2	40 A	60 A	>	16.40 A	Correcto
Regulador - Caja estanca	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Caja estanca - DC/DC	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Batería - Inversor	5.30 mm2	30 A	40 A	>	12.46 A	Correcto
Inversor - Cargas AC	0.80 mm2	8 A	10 A	>	1.36 A	Correcto

PROTECCIONES DE LA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA

Interruptores	I nominal	V		I diseño	
Arreglo - Regulador	20.50 A	24 Vdc	<	25 A	NB1-1-25CC47 Correcto
Regulador - Batería	20.50 A	24 Vdc	<	25 A	NB1-1-25CC47 Correcto
Regulador - Caja estanca	0.00 A	0 Vdc	<	0 A	- Incorrecto/No valor
Batería - Inversor	15.57 A	24 Vdc	<	16 A	NB1-1-16CC47 Correcto
Inversor - Cargas CA	1.70 A	24 Vac	<	6 A	FN82CE6 Correcto

Dimensionado del Generador Fotovoltaico

Parametro	Unidades	Valor	Comentario
Localidad			Huarascalles
Latitud ϕ		-9.5	Ancash
E_D	kWh/día	5.93	Consumo constante a lo largo del año
Periodo de diseño		Junio	Razón: Mes de peor radiación y consumo constante ($k=1$)
$(\alpha_{opt}, \beta_{opt})$		(0°, 10.26°)	
(α, β)		(0°, 15°)	Mínimo para evitar acumulación de suciedad
$G_{dm}(0)$	kWh/(m ² x día)	5.03	Fuente: NASA / centro de meteorología del Perú
FI		0.9973	$FI = 1 - [1,2 \times (10^{-4}) \times (\beta - \beta_{opt})^2]$
FS		1.0000	Causa: Ninguna pérdida por sombra
PR Junio		0.7	Eficiencia energética global del sistema
$G_{dm}(\alpha, \beta)$ Junio	kWh/(m ² x día)	5.10	$G_{dm}(\alpha, \beta) \text{ Junio} = G_{dm}(0) \text{ Junio} \times K \times FI \times FS$
$P_{mp, min}$	Wp	474	

Dimensionado Final del Sistema

Parametro	Unidades	Valor	Comentario
P_{mp}	Wp	540	Potencia pico del generador
C_{100}	Ah	165	Capacidad Nominal del acumulador
PD_{max}		0.70	Profundidad de descarga max. permitida por el regulador
η_{inv}		0.85	Rendimiento energético del inversor
η_b		0.90	Rendimiento energético acumulador
V_{NOM}	V	24	Tensión nominal de acumulador
L_D	Ah	71	Consumo diario de la carga
A	Días	3.74	Autonomía del sistema

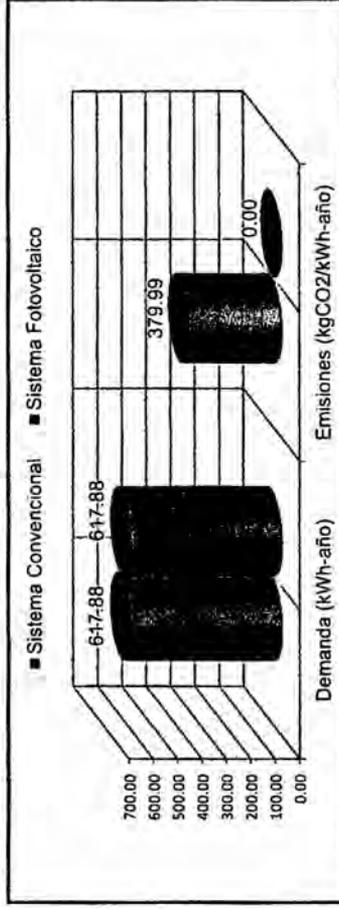
Descripción	Horas de uso por día (Wh-día)	Horas de uso por día (kWh-día)	Horas de uso por año (kWh-año)
Demanda eléctrica total	1692.81	1.69	617.88

Factores de emisión de kgCO2		
	Factor	Unidades
Energía eléctrica	0.615	kgCO2/kWh
GLP	2.750	kgCO2/kilogramo
Diésel	9.700	kgCO2/galón
Gasolina	7.900	kgCO2/galón
Leña	1.700	kgCO2/kilogramo

Fuente: Ficha Informativa - Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Energía eléctrica	0.615
-------------------	-------

Tipo de Sistema	Demanda (kWh-año)	Emisiones (kgCO2/kWh-año)
Sistema Convencional	617.88	379.99
Sistema Fotovoltaico	617.88	0.00



ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES

UNIDAD DE CONTROL		INVERSOR DE CORRIENTE	
Corriente - arreglo solar	5.37 A	Potencia de diseño	0.00 W
Corriente de diseño - arreglo solar	6.71 A	Tensión de Ingreso	0 Vdc
Corriente - consumo dc	4.33 A	Tensión de salida	0 Vac
Corriente de diseño - consumo dc	5.42 A	Frecuencia nominal	0 Hz
Corriente - batería	5.37 A	Corriente - consumo ac	0.00 A
Corriente de diseño - batería	6.71 A	Corriente de diseño - consumo ac	0.00 A

CALCULO DE CAIDA DE TENSION

Arreglo - Regulador	6.00 m	3%	3.20 mm2
Regulador - Batería	3.00 m	1%	4.79 mm2
Regulador - Caja estanca	2.00 m	1%	2.58 mm2
- Luminaria 1	7.00 m	3%	1.04 mm2
- Luminaria 2	11.00 m	3%	1.64 mm2
- Radio	5.00 m	3%	0.66 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
Caja estanca - DC/DC	0.00 m	1%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
Batería - Inversor	0.00 m	1%	0.00 mm2
Inversor - Cargas AC	0.00 m	3%	0.00 mm2

CALCULO DE INTENSIDAD MAXIMA

	mm2	Ducto	Aire		Corriente	
Arreglo - Regulador	3.30 mm2	25 A	30 A	>	5.37 A	Correcto
Regulador - Batería	5.30 mm2	30 A	40 A	>	5.37 A	Correcto
Regulador - Caja estanca	3.30 mm2	25 A	30 A	>	4.33 A	Correcto
- Luminaria 1	1.30 mm2	12 A	15 A	>	1.50 A	Correcto
- Luminaria 2	2.10 mm2	20 A	25 A	>	1.50 A	Correcto
- Radio	0.60 mm2	8 A	10 A	>	1.33 A	Correcto
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Caja estanca - DC/DC	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Batería - Inversor	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Inversor - Cargas AC	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor

PROTECCIONES DE LA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA

Interruptores	I nominal	V		I diseño	
Arreglo - Regulador	6.71 A	12 Vdc	<	10 A	NB1-1-10CC47 Correcto
Regulador - Batería	6.71 A	12 Vdc	<	10 A	NB1-1-10CC47 Correcto
Regulador - Caja estanca	5.42 A	12 Vdc	<	10 A	NB1-1-10CC47 Correcto
Batería - Inversor	0.00 A	0 Vdc	<	0 A	Incorrecto/No valor
Inversor - Cargas CA	0.00 A	0 Vac	<	0 A	Incorrecto/No valor

Dimensionado del Generador Fotovoltaico

<i>Parametro</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>	<i>Comentario</i>
Localidad			Huarascalles
Latitud ϕ		-9.5	Ancash
ED	kWh/día	5.93	Consumo constante a lo largo del año
Periodo de diseño		Junio	Razón: Mes de peor radiación y consumo constante ($K=1$)
$(\alpha_{opt}, \beta_{opt})$		(0°, 10.26°)	
(α, β)		(0°, 15°)	Mínimo para evitar acumulación de suciedad
$G_{dm}(0)$	kWh/(m ² x día)	5.03	Fuente: NASA / centro de meteorología del Perú
FI		0.9973	$FI = 1 - [1,2 \times (10^{-4}) \times (\beta - \beta_{opt})^2]$
FS		1.0000	Causa: Ninguna pérdida por sombra
PR Junio		0.7	Eficiencia energética global del sistema
$G_{dm}(\alpha, \beta)$ Junio	kWh/(m ² x día)	5.10	$G_{dm}(\alpha, \beta)$ Junio = $G_{dm}(0)$ Junio $\times K \times FI \times FS$
$P_{mp, min}$	Wp	76	

Dimensionado Final del Sistema

<i>Parametro</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valor</i>	<i>Comentario</i>
P_{mp}	Wp	90	Potencia pico del generador
C ₁₀₀	Ah	110	Capacidad Nominal del acumulador
PD _{max}		0.70	Profundidad de descarga max. permitida por el regulador
η_{inv}		0.85	Rendimiento energético del inversor
η_b		0.90	Rendimiento energético acumulador
V _{NOM}	V	12	Tensión nominal de acumulador
L _D	Ah	23	Consumo diario de la carga
A	Días	3.90	Autonomía del sistema

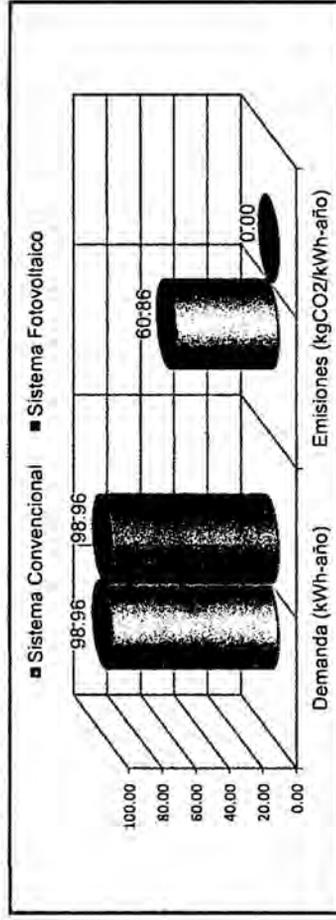
Descripción	Horas de uso por día (Wh-día)	Horas de uso por día (kWh-día)	Horas de uso por año (kWh-año)
Demanda eléctrica total	271,11	0,27	98,96

Factores de emisión de kgCO2		
	Factor	Unidades
Energía eléctrica	0,615	kgCO2/kWh
GLP	2,750	kgCO2/kilogramo
Diésel	9,700	kgCO2/galón
Gasolina	7,900	kgCO2/galón
Leña	1,700	kgCO2/kilogramo

Fuente: Ficha Informativa - Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Energía eléctrica	0,615
-------------------	-------

Tipo de Sistema	Demanda (kWh-año)	Emisiones (kgCO2/kWh-año)
Sistema Convencional	98,96	60,86
Sistema Fotovoltaico	98,96	0,00



ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES			
UNIDAD DE CONTROL		INVERSOR DE CORRIENTE	
Corriente - arreglo solar	24.27 A	Potencia de diseño	483.75 W
Corriente de diseño - arreglo solar	30.34 A	Tension de Ingreso	24 Vdc
Corriente - consumo dc	0.00 A	Tension de salida	220 Vac
Corriente de diseño - consumo dc	0.00 A	Frecuencia nominal	60 Hz
Corriente - bateria	24.27 A	Corriente - consumo ac	1.76 A
Corriente de diseño - bateria	30.34 A	Corriente de diseño - consumo ac	2.20 A

CALCULO DE CAIDA DE TENSION

Arreglo - Regulador	6.00 m	3%	7.22 mm2
Regulador - Bateria	3.00 m	1%	10.83 mm2
Regulador - Caja estanca	0.00 m	1%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
Caja estanca - DC/DC	0.00 m	1%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
-	0.00 m	3%	0.00 mm2
Bateria - Inversor	2.00 m	1%	4.80 mm2
Inversor - Cargas AC	20.00 m	3%	0.19 mm2

CALCULO DE INTENSIDAD MAXIMA

	mm2	Ducto	Aire		Corriente	
Arreglo - Regulador	8.40 mm2	40 A	60 A	>	24.27 A	Correcto
Regulador - Bateria	13.30 mm2	55 A	80 A	>	24.27 A	Correcto
Regulador - Caja estanca	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Caja estanca - DC/DC	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
-	0.00 mm2	0 A	0 A	<	0.00 A	Incorrecto/No valor
Bateria - Inversor	5.30 mm2	30 A	40 A	>	16.13 A	Correcto
Inversor - Cargas AC	0.80 mm2	8 A	10 A	>	1.76 A	Correcto

PROTECCIONES DE LA INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA

Interruptores	I nominal	V		I diseño	
Arreglo - Regulador	30.34 A	24 Vdc	<	32 A	NB1-1-32CC47 Correcto
Regulador - Bateria	30.34 A	24 Vdc	<	32 A	NB1-1-32CC47 Correcto
Regulador - Caja estanca	0.00 A	0 Vdc	<	0 A	- Incorrecto/No valor
Bateria - Inversor	20.16 A	24 Vdc	<	25 A	NB1-1-25CC47 Correcto
Inversor - Cargas CA	2.20 A	24 Vac	<	6 A	FN82CE6 Correcto

Dimensionado del Generador Fotovoltaico

Parametro	Unidades	Valor	Comentario
Localidad			Huarascalle
Latitud ϕ		-9.5	Ancash
E_D	kWh/día	5.93	Consumo constante a lo largo del año
Periodo de diseño		Junio	Razón: Mes de peor radiación y consumo constante ($k=1$)
$(\alpha_{opt}, \beta_{opt})$		(0°, 10.26°)	
(α, β)		(0°, 15°)	Minimo para evitar acumulación de suciedad
$G_{dm}(0)$	kWh/(m ² x día)	5.03	Fuente: NASA / centro de meteorología del Perú
FI		0.9973	$FI = 1 - [1,2 \times (10^{-4}) \times (\beta - \beta_{opt})^2]$
FS		1.0000	Causa: Ninguna perdida por sombra
PR Junio		0.7	Eficiencia energética global del sistema
$G_{dm}(\alpha, \beta)$ Junio	kWh/(m ² x día)	5.10	$G_{dm}(\alpha, \beta) \text{ Junio} = G_{dm}(0) \text{ Junio} \times K \times FI \times FS$
$P_{mp, min}$	Wp	593	

Dimensionado Final del Sistema

Parametro	Unidades	Valor	Comentario
P_{mp}	Wp	780	Potencia pico del generador
C_{100}	Ah	220	Capacidad Nominal del acumulador
PD_{max}		0.70	Profundidad de descarga max. permitida por el regulador
η_{inv}		0.85	Rendimiento energético del inversor
η_b		0.90	Rendimiento energético acumulador
V_{NOM}	V	24	Tensión nominal de acumulador
LD	Ah	88	Consumo diario de la carga
A	Días	3.99	Autonomia del sistema

Descripción	Horas de uso por día (Wh-día)	Horas de uso por día (kWh-día)	Horas de uso por año (kWh-año)
Demanda eléctrica total	2117.65	2.12	772.94

Factores de emisión de kgCO2		
	Factor	Unidades
Energía eléctrica	0.615	kgCO2/kWh
GLP	2.750	kgCO2/kilogramo
Diésel	9.700	kgCO2/galón
Gasolina	7.900	kgCO2/galón
Leña	1.700	kgCO2/kilogramo

Fuente: Ficha Informativa - Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Energía eléctrica	0.615
-------------------	-------

Tipo de Sistema	Demanda (kWh-año)	Emisiones (kgCO2/kWh-año)
Sistema Convencional	772.94	475.36
Sistema Fotovoltaico	772.94	0.00

