



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA.**

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA  
ELECTRIFICAR EL CASERÍO DE LLUSHCAPAMPA, DISTRITO  
DE LLAMA, REGIÓN CAJAMARCA”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:**

**BRAVO BRAVO WALTER**

**ASESOR:**

**ING. JAMES SKINNER CELADA PADILLA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**ENERGÍA**

**CHICLAYO – PERÚ**

**2019**



ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 18:00 horas del día 22 de febrero del 2019, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección de investigación N° 0361-2019/UCV-CH, de fecha 20 de febrero de 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: "PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGIA SOLAR PARA ELECTRIFICAR EL CASERIO DE LLUSHCAPAMPA, DISTRITO DE LLAMA, REGION CAJAMARCA ", presentado por el(la) (los) bachiller: BRAVO BRAVO, WALTER, con la finalidad de obtener el título de ingeniero mecánico electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Jony Villalobos Cabrera  
Secretario : Ing. Huberth Iván Díaz Alcalde  
Celada Padilla Vocal : Ing. Pedro Demetrio Reyes Tassara

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBAR POR MAYORIA

Siendo las 18:50 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 22 de febrero de 2019

  
Ing. Jony Villalobos Cabrera  
Presidente

  
Ing. Huberth Iván Díaz Alcalde  
Secretario

  
Ing. Pedro Demetrio Reyes Tassara  
Vocal

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico a mis queridos padres quienes son: Walter Bravo Gonzales y María Yolanda Bravo Bravo a quienes agradezco inmensamente por su gran apoyo brindado durante mi formación universitaria, no olvidando que nada se lograría sin la ayuda de Dios de quien depende toda nuestra vida.

Autor: Walter Bravo Bravo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitir culminar mis metas y demostrar que todo se puede lograr si uno así lo quiere, también agradecer a mis padres por su gran apoyo brindado para que día a día se cumplan todas mis metas trazadas, agradezco a mis queridos hermanos por su apoyo antes y después de mi formación profesional por la confianza y motivación, a todas las personas que estuvieron conmigo en todos los momentos buenos y malos.

Autor: Walter Bravo Bravo

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo **Walter Bravo Bravo** con DNI N° **43650659**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el **Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en el presente informe de tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la **Universidad César Vallejo**.

Chiclayo, Enero de 2019



Walter Bravo Bravo.  
DNI 43650659

## PRESENTACIÓN

Señores miembros de Jurado:

El cumplimiento de las normas establecidas en el Reglamento de Grados y títulos de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, pongo a vuestra disposición el presente trabajo titulado: “**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA ELECTRIFICAR EL CASERÍO DE LLUSHCAPAMPA, DISTRITO DE LLAMA, REGIÓN CAJAMARCA**”. la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Autor.

**Walter Bravo Bravo.**

## RESUMEN

En la presente investigación denominada “PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA ELECTRIFICAR EL CASERÍO DE LLUSHCAPAMPA, DISTRITO DE LLAMA, REGIÓN CAJAMARCA”, está en el contexto de la modificación de la matriz energética en el Perú, y tiene como objeto de estudio el suministro de energía eléctrica que ha sido transformada en los paneles fotovoltaicos.

El coeficiente de electrificación rural en el Perú, se cubre con las energías renovables no convencionales, siendo la energía solar, la energía eólica y la energía del biogás, los que electrificarán los sectores a los cuales la red del sistema interconectado nacional no llega.

La investigación se inicia con la determinación de la máxima demanda y de la energía consumida en el caserío el cual asciende a 1.48KW, y una energía consumida de 2535.48 KW-h al año, y en la proyección en 20 años, se tiene una energía de 3977.1 KW-h al año y una máxima demanda de 2,27 KW. La ubicación de la central estará en el centro del caserío, en un lugar en donde existe un terreno de propiedad de la comunidad y desde ahí se realiza la distribución hacia las viviendas. Luego se hizo el dimensionamiento de 1 central fotovoltaica, el cual está conformada por 12 paneles fotovoltaicos policristalino, cada uno de potencia pico 300 Watt, de 12 Voltios de tensión eléctrica, en conexión en paralelo. Se utilizan 02 reguladores de carga con corriente de ingreso de 70 amperios; 12 baterías de 12 voltios de 260 Amperios Hora, el inversor de potencia de 3,3 KW.

Así mismo se hizo el diseño de la red de distribución eléctrica, en el cual se utilizó conductor eléctrico 2x16/25 mm<sup>2</sup> de aluminio, y los vanos equivalentes son de 39,4 m, teniendo como máximo vano de 46.12 m; con postes de madera tratada de 8 m de altura. En el análisis económico, se determinó que el costo de la energía que se genera es de 0,630 S/Kw-h, con una inversión inicial de 22 229.25 Soles de la central fotovoltaica.

El costo total del proyecto, incluyendo la red de distribución asciende a 35 532.92 Soles, y se ha determinado que en un periodo de 20 años, se tiene un valor actual neto de -28153.98 y una Tasa Interna de retorno de -4%, con lo cual se concluye que el proyecto si es ejecutado con la inversión privada no es viable, siendo la alternativa el financiamiento público, en el cual si se ejecutará el proyecto propuesto.

Palabras Claves: Central Fotovoltaica, Radiación solar, máxima demanda.

## ABSTRACT.

In the present investigation called “PROPOSAL OF A SOLAR ENERGY SYSTEM TO ELECTRIFY THE HOUSE OF LLUSHCAPAMPA, DISTRICT OF LLAMA, REGION CAJAMARCA ”, is in the context of the modification of the energy matrix in Peru, and has as its object of study the electricity supply that has been transformed into the photovoltaic panels.

The rural electrification coefficient in Peru is covered by unconventional renewable energies, with solar energy, wind energy and biogas energy, which will electrify the sectors to which the network of the national interconnected system does not reach. The investigation begins with the determination of the maximum demand and the energy consumed in the hamlet which amounts to 1.48KW, and an energy consumed of 2535.48 KW-h per year, and in the projection in 20 years, there is an energy of 3977.1 KW-h per year and a maximum demand of 2.27 KW.

Then the sizing of the photovoltaic plant was made, which is made up of 12 polycrystalline photovoltaic panels, each with a peak power of 300 Watt, of 12 Volts of electrical voltage, in parallel connection. 02 charge regulators with 70 amp input current are used; 12 12-volt batteries of 260 Amp Hour, the 3.3 KW power inverter. Likewise, the design of the electrical distribution network was made, in which 2x16 / 25 mm<sup>2</sup> aluminum electric conductor was used, and the equivalent spans are 39.4 m, with a maximum span of 46.12 m; with treated wooden posts 8 m high. In the economic analysis, it was determined that the cost of the energy generated is 0.630 S / Kw-h, with an initial investment of 22 229.25 Soles of the photovoltaic plant.

The total cost of the project, including the distribution network amounts to 35,532.92 Soles, and it has been determined that in a period of 20 years, there is a net present value of -28153.98 and an Internal Rate of return of -4%, with which concludes that the project if it is executed with private investment is not viable, the public financing being the alternative, in which the proposed project will be executed.

Keywords: Photovoltaic Power Plant, Solar radiation, maximum demand.

## INDICE

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INDICE.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	14
ANTECEDENTES.....	16
A nivel mundial.....	16
A nivel nacional.....	16
A nivel local.....	17
Marco Teórico.....	24
1.1.    Formulación del problema.....	25
1.2.    Hipótesis.....	26
1.3.    Objetivos.....	26
1.3.1.  Objetivos General.....	26
1.3.2.  Objetivos Específicos.....	26
2. MARCO METODOLÓGICO .....	27
2.1.  Variables .....	27
2.1.1.  Variable independiente .....	27
2.1.2.  Variable dependiente .....	27
2.2.  Operacionalización de variables .....	28
2.3.  Metodología .....	28
2.4.  Tipos de estudio .....	29
2.5.  Diseño de investigación .....	29
2.6.  Población y muestra .....	30
2.7.  Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	30
2.8.  Método de análisis de datos .....	30
3. RESULTADOS .....	32

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	37
5. CONCLUSIONES .....	38
6. RECOMENDACIONES .....	39
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	40
ANEXOS.....	43
AUTORIZACIÓN DE TESIS EN EL REPOSITORIO.....	82
ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD.....	83
AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del sistema solar.....	21
Figura 2: Conexión de componentes del sistema solar.....	23
Figura 3: Ubicación del sistema de energía solar.....	52
Figura 4: Conexión de los paneles solares y regulador.....	58
Figura 5: Estructura porta paneles.....	63
Figura 6: Foto satelital de Llushcapampa.....	80
Figura 7: Foto del caserío de Llushcapampa.....	80
Figura 8: Foto del caserío de Llushcapampa.....	81
Figura 9: Foto del caserío de Llushcapampa.....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de abonados.....	44
Tabla 2. Calificación eléctrica.....	44
Tabla 3. Personas por hogar en el área rural.....	44
Tabla 4. Consumo de energía por viviendas.....	44
Tabla 5. Cuadro de cargas.....	45
Tabla 6. Tasa de crecimiento de energía.....	45
Tabla 7. Estimación de demanda eléctrica.....	46
Tabla 8. Consumo por abonado.....	47
Tabla 9. Consumo unitario.....	47
Tabla 10. Potencia según sector de distribución.....	47
Tabla 11. Incremento poblacional en 20 años.....	49
Tabla 12. Análisis general de la proyección de la demanda.....	49
Tabla 13. Promedio de la radiación mensual.....	42
Tabla 14. Datos eléctrico del panel solar.....	45
Tabla 15. Especificaciones mecánicas.....	45
Tabla 16. Especificaciones del regulador.....	49
Tabla 17. Especificaciones técnicas de la batería.....	60
Tabla 18. Inversor Pv 5300 – TI – 3300W - 2.....	61
Tabla 19. Distancia entre componentes.....	62
Tabla 20. Diámetro del conductor.....	62
Tabla 21. Cuadro de cálculo de caída de tensión .....	65
Tabla 22. Cuadro de cálculo de caída de tensión.....	66
Tabla 23. Cálculos mecánicos.....	69
Tabla 24. Calculo del vano.....	69
Tabla 25. Resumen de esfuerzos y tensiones.....	70
Tabla 26. Cuadro de altura de poste.....	70
Tabla 27. Cuadro de tiro máximo de retenidas simples.....	70
Tabla 28. Presupuesto de suministro de equipos y materiales.....	75
Tabla 29. Suministro de materiales.....	76
Tabla 30. Presupuesto de la red secundaria.....	77
Tabla 31. Total inversión.....	78

Tabla 32. Flujo de ingresos.....	78
Tabla 33. Costos de operación.....	78
Tabla 34. Flujo eléctrico neto.....	79
Tabla 35. Tabla VAR.....	79
Tabla 36. Tabla TIR.....	79

## **I. INTRODUCCIÓN**

Actualmente la energía eléctrica es un servicio muy necesario en las actividades en las cuales se desarrollan las sociedades modernas, mejorando la vida de las, incrementa las horas de trabajo, los días útiles, con lo cual se incrementa las utilidades en las empresas productoras y de servicios.

En el Perú, el sector rural es que el presenta niveles de pobreza y extrema pobreza, con alta exclusión, no hay acceso en muchas zonas a la energía eléctrica, debido a varios factores, siendo uno de ellos la geografía del lugar, la carencia a los servicios de salud, a los centros educativos, saneamiento de los pueblos, entre otros.

“La carencia de energía eléctrica, es un factor constitutivo de la pobreza, debido a que no se tiene acceso a la información en el ámbito educativo, social, económico, cultural, político, es decir la población no conoce la realidad del entorno nacional” (Energía y desarrollo para las zonas rurales, 2014, párr., 7)

En el caso de la infraestructura vial, es una de las más deficientes dentro del territorio nacional, con carreteras en mal estado de conservación, con accesibilidad compleja, con difícil salida de los productos agrícolas de la zona, con nula transformación de la producción del lugar; siendo todo ello muy poco atractivo para la inversión privada, que no ha puesto los ojos a éstas zonas. (Energía y desarrollo para las zonas rurales, 2014, pág. 7).

Los proyecto de electrificación rural, son altamente rentables, debido a que logra integrar a todos los pueblos adyacentes al lugar, hacia información en la educación, la comunicación con el mundo exterior, mejora las esperanzas de vida de la población, acceso a la atención médica. El uso de las energías no convencionales, tiene a la energía fotovoltaica como una de las más utilizables, debido a su versatilidad y al decrecimiento de los precios de los equipos que se utilizan en una central fotovoltaica.

Colocando el contexto, el tema eléctrico en el Perú, se debe analizar desde la forma de la generación eléctrica, es decir el origen de las fuentes de generación, siendo éstas de fuentes hidráulicas, térmicas y no convencionales. En los últimos años se nota la influencia de las fuentes de generación térmica las que han superado a las de generación hidráulica, con la aparición de la energía fotovoltaica en la matriz energética del Perú.

La generación eléctrica con energía solar, tiene no solo ventajas desde el punto económico, sino técnico, en el cual se genera energía eléctrica en función a la demanda de las cargas, así como también de la oferta del nivel de radiación solar de la zona de influencia del proyecto.

La investigación, tiene como objeto de estudio, realizar la factibilidad técnica, económica de la implementación de la central fotovoltaica en el caserío Llushcapampa, en el distrito de Llama, región Cajamarca. La región Cajamarca tiene todas las condiciones para que la brecha del coeficiente de electrificación sea cubierta con la energía fotovoltaica, debido a que tiene alto índices de radiación solar, que oscilan en promedio entre 4.5 y 5.5 KW-h/m<sup>2</sup>, así mismo las cargas eléctricas que son la demanda de energía de cada una de las viviendas, presentan dispersión geográfica muy marcada, debido a la baja densidad de la población rural.

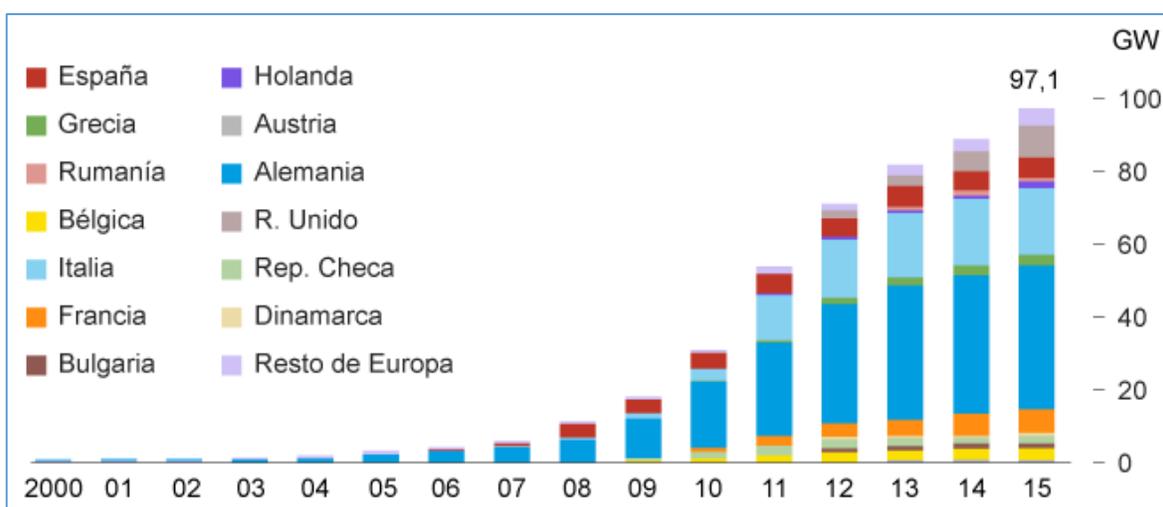
## 1.1. Realidad Problemática.

### Internacional.

“Los Estados Unidos de Norte América, es uno de los países en el mundo con mayor consumo eléctrico de 6.7 Billones de KW-h, por lo tanto está en búsqueda de nuevas energías nos convencionales” (Banco Mundial de Desarrollo, 2014).

En Europa, España es el país que presenta mayores índices de radiación solar, y la concientización de la población, en cuanto al tipo de energía limpia que es, no tiene inversiones significativas, con poco compromiso de los estamentos gubernamentales, hacen que el desarrollo de la energía fotovoltaica, no tenga la significancia dentro del sector energético Español. Se tiene reportes de niveles de radiación solar en promedio al día de 7 KW-h/m<sup>2</sup>, constituyendo un valor adecuado para su aprovechamiento en los paneles fotovoltaicos. (Suarez, s.f. p.3).

Figura 1. Evolución de la generación solar por países



Fuente: Solar Power Europe.

Alemania, tiene políticas medioambientales muy estrictas, con altos niveles de preocupación en disminuir la contaminación del ambiente, convirtiéndose en uno de los países con mayor número y de mayor potencia instalada en Europa, la ciudad con mayor desarrollo en éste país es Kreuzberg en Berlín y el Complejo solar cerca de Fürth. (SunPower, s.f. p. 4).

En América Latina, Brasil, Honduras y México, son los países que han emprendido el uso de la energía fotovoltaica, y se evidencia en la aparición de ésta generación eléctrica no convencional en las matrices energética de dichos países, en el cual el predominio de la generación térmica es la que lidera a las demás formas de energía, como es el caso de la energía hidráulica.

Figura 2. Centrales fotovoltaicas en América Latina

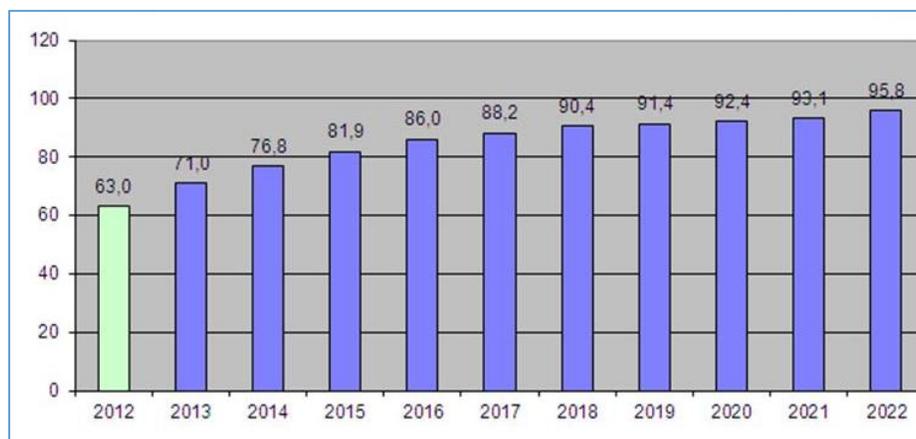


Fuente: CEDDET

### Nacional:

“El crecimiento de la tecnología en la generación fotovoltaica, se ve reflejada en la aparición en la matriz energética, con el ingreso de 44 MW de potencia, en la Región sureña de Arequipa, en el año 2016” (Isolux Infrastructure, Arequipa, s.f. p. 3)

Figura 3. Proyección del Coeficiente de electrificación rural Nacional 2012 -2022



Fuente: Plan Nacional de Electrificación Rural.

“El coeficiente de electrificación rural, se ha incrementado desde el año 2012 con un valor de 63% con una proyección al año 2022 de 95.8%, es decir que el 4.2% de la población rural no tendrá acceso a la red eléctrica nacional, siendo imprescindible el uso de la energía renovable no convencional” (OSINERGMIN, 2016)

El proyecto T- Solar, es uno de los más grandes en Latinoamérica, con el objeto de la generación fotovoltaica en diferentes países de latinoamérica, teniendo al Perú incluido en la expansión energética. En nuestro país, dicho proyecto ha invertido 165 millones de dólares en el 2010, con un contrato para 20 años, en la región de Arequipa. Las centrales fotovoltaicas son las de “Repartición” y las de “Majes”, que fueron integradas a la red nacional en el mes de Julio del 2012, con lo cual se espera que produzcan 60 HWh al año, aumentando el suministro de energía para 80000 usuarios. (Isolux Infrastructure , Arequipa, s.f. p. 3).

Figura 4. Matriz energética en Perú, 2014.



Fuente: COES – Estadística Anual Nacional, 2014

En Perú se tiene el registro del 0.48% en generación eléctrica con 199.3 GW.h, incluido dentro del 3.12% de la energía renovable, frente al 48.64% de energía hidráulica, y de 48.24 de energía termoeléctrica.

### Local

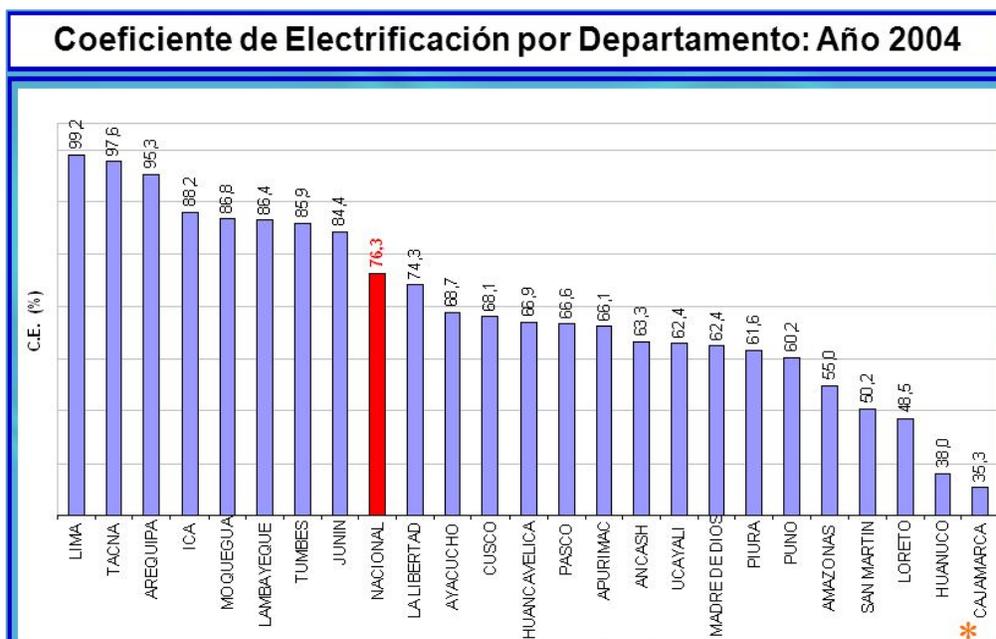
El ingreso se hace inviable en el caserío de Llushcapampa, Distrito De Llama, Región Cajamarca, por las razones siguientes: difícil geografía del lugar, lejanía del punto de alimentación eléctrica, baja capacidad adquisitiva de la población, motivos por lo cual las zonas no han sido consideradas dentro del Plan Nacional de Electrificación Rural del Ministerio de Energía y Minas.

La población del caserío no cuenta con electricidad, como consecuencia de ello, no tienen acceso a internet, a los medios de comunicación, mucho menos a realizar actividades productivas inherentes a la transformación de la materia prima; la baja capacidad adquisitiva hace que los niveles de pobreza se acentúe, inclusive algunas zonas son consideradas como de extrema pobreza, tampoco se tiene acceso a la salud pública, los puestos de atención médica están distantes de la zona.

Se ha evidenciado que en los días festivos, los pequeños comerciantes se agencian de grupos electrógenos, para cargas eléctricas como iluminación, compresores de aire para juegos recreativos, entre otros; la población utiliza equipos rudimentarios de iluminación como es el caso de lámparas, velas.

Cajamarca, es la región del país más bajo en electrificación rural, el año 2004 el valor era del 35.3%, incrementándose hacia el 2021, con un valor superior al 70%, sin embargo aún existe un 30% de la región Cajamarca sin electrificar, debido a la gran dispersión de la población, la difícil geografía y la poca capacidad adquisitiva de la población, que se dedica a actividades agrícolas y ganaderas.

Figura 5. Cobertura del servicio de energía eléctrica.



Fuente: COES – Estadística Anual Nacional, 2012

En el ámbito de la Región Cajamarca, se viene desarrollando el proyecto denominado “Luz en casa” desde el año 2009, el cual lo está ejecutando PRODIA – AYUDA SOCIAL – FONER – Municipalidad de Cajamarca, instituciones que han trabajado electrificar caseríos de Cajamarca.

## 1.2. Trabajos Previos.

**CHAVEZ (2012, p.4), tesis titulada “Factibilidad para uso de Paneles Solares en Generación Fotovoltaica de Electricidad en el Complejo Habitacional San Antonio de Riobamba”. Ciudad de Riobamba, Ecuador, Escuela Super Politécnica de Chimborazo. Universidad para la Investigación y Postgrados”.**

Tiene como objeto de estudio la investigación, evaluar en las viviendas rurales, del nivel de radiación de la zona, medido en KW-h/m<sup>2</sup>. Se plantea la generación fotovoltaica con la implementación de centrales fotovoltaica de 11.38 KW, en el cual utiliza 9 paneles solares, 27 baterías para la acumulación de energía con conexión en paralelo, 3 inversores de corriente continua a alterna de 4KVA, un regulador de carga.

Así mismos se hizo el análisis del impacto al ambiente del uso de ésta tecnología, es decir la comparación con los sistemas convencionales con recursos no renovables, que emanan gases al medio ambiente. En el ámbito económico se determinó que el proyecto tiene una rentabilidad en 23 años, debido a los altos costos del equipamiento, con bajas tasas de intereses, siendo un proyecto de índole social, en donde la rentabilidad es la satisfacción de la población.

**CORNEJO (2013, p. 6), tesis titulada “Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a Red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura”. Ciudad de Piura, Perú, Escuela de Ing. Mecánica Eléctrica. Universidad de Piura.**

Presenta el siguiente resumen:

El sistema fotovoltaico que se genera se conecta a la red, para lo cual se ha dividido en tres partes, la primera son los paneles fotovoltaicos, los inversores y la línea conectada a la red. La conexión se realiza a través del inversor exactamente en la red , con lo cual se vende energía a la red, denominándose generación distribuida.

La investigación se inicia con la evaluación de los registros de medición de radiación solar existentes en la universidad, en el cual mediante un análisis probabilístico, se estableció que es superior a 5 KW-h/m<sup>2</sup>.

Se hizo el dimensionamiento de los equipos de generación, con una potencia de 5KW, la instalación de 18 paneles de 300 Watt pico, 12 Baterías en conexión paralelo de 48 Voltios, e inversor de 5 KW.

**SWAYNE (2016, p.8) en su proyecto de tesis denominado “Propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico para reducir el consumo eléctrico en el laboratorio de electrónica en la IE Pedro A Labarthe D, Chiclayo.**

El objeto de estudio es la reducción de la facturación eléctrica en el colegio, debido al consumo de equipos, sin perjudicar las labores académicas de los estudiantes, con lo cual se plantea reducir los costos operativos.

Se plantea con ello, analizar la reducción no sólo de la facturación de energía eléctrica, sino también la disminución de gases contaminantes al ambiente, debido a que la generación de la red eléctrica, tiene componente térmica, el cual utiliza energía de algún combustible para generar energía eléctrica en las denominadas centrales termoeléctricas. La matriz energética en el Perú, en el periodo 2010 – 2014, se busca diversificarla, con el ingreso paulatino pero consistente de energía fotovoltaica a la red del sistema interconectado nacional.

Se plantea además medir valores de radiación , utilizando un solarímetro, en el cual cada hora de un día determinado, se realizó la medición y se estableció las horas de mayor duración de dichos niveles, así como también la probabilidad de ocurrencia de dichos valores en un determinado periodo, que finalmente será el valor de radiación solar de diseño, para el dimensionamiento de los equipos de generación eléctrica

El sistema fotovoltaico será híbrido, con baterías para la acumulación de energía eléctrica, como también la conexión a la red. El inversor del sistema tiene una característica particular, en el cual hace posible el ingreso de energía de varias fuentes.

**MORENO (2013, p. 5), tesis Titulada “Electrificación de Viviendas Rurales con el uso de Micro Sistemas Aislados Fotovoltaicos para la Libertad”. Ciudad de Trujillo, Perú, Escuela de Mecánica Eléctrica. Universidad privada Antenor Orrego de Trujillo.**

Se plantea el uso de la energía fotovoltaica para electrificar las viviendas rurales, a través de micro sistemas aislados fotovoltaicos en la Región La Libertad. Éstos micro sistemas son pequeñas centrales fotovoltaicas con potencias entre 5 y 10 KW, que suministran energía a una determinada población, para lo cual se requiere de la distribución de la red, con postes de madera de 8 m, y teniendo en cuenta que no se debe exceder la caída de tensión del 5%.

La determinación del número de paneles y de baterías está en función a los requerimientos de energía consumida y de máxima demanda, teniendo un factor de carga entre 30 y 40%, este valor de factor de carga se debe a que entre las 17.00 y 22.00 horas es el periodo de la energía eléctrica, el resto de horas del día, la población se dedica a labores agrícolas, por lo cual está más tiempo en el campo que en sus viviendas.

Al ser un proyecto de índole social, los indicadores se analizan con precios para el sector público, con tasas de interés social.

### 1.3. Teorías Relacionadas al Tema

#### 1.3.1. Energía solar.

“Está asociada a una radiación. Es un tipo de energía del pura, que calienta e ilumina. Es transformada en lo se denomina energía térmica y eléctrica” (Anne, 2008, p 23).

La energía solar es la más abundante en la naturaleza, todas la demás formas de energías se derivan de la energía que produce en la centrales hidráulicas, son producto del ciclo hidrológico del agua, el cual se da debido a la diferencia de temperaturas provenientes del sol; la energía del combustible proviene del sol, es decir que la materia orgánica que se almacena en el subsuelo y en el fondo marino, es descompuesto por la acción del calor que llega del sol, con lo cual se tiene el combustible en base carbono e hidrógeno; de igual manera sucede con todas las formas de energía, todas ellas provienen por la acción del sol (Anne, 2008, p 25)

Figura 6. Energía Solar

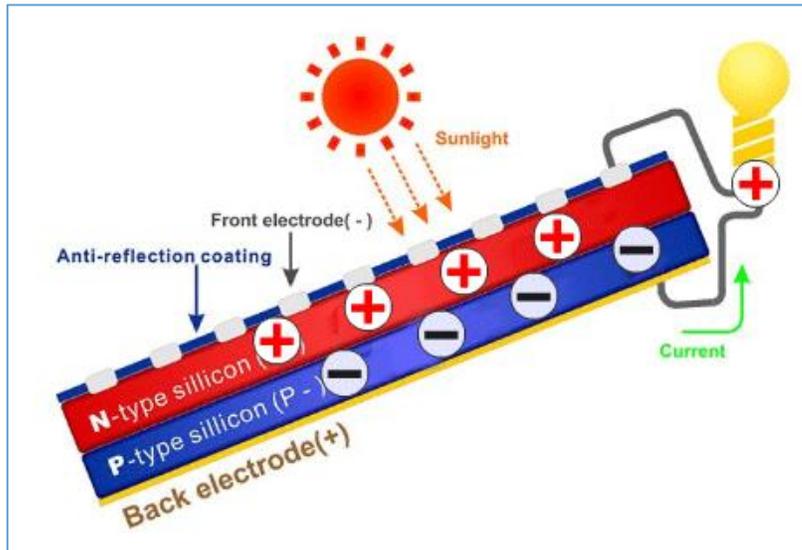


Fuente: García, 2017.

#### 1.3.2. Sistemas Fotovoltaicos.

“Son aquellos que generan energía eléctrica de los niveles de radiación , es decir se crea diferencia los terminales de un material semiconductor” (García, 2017, p.4).

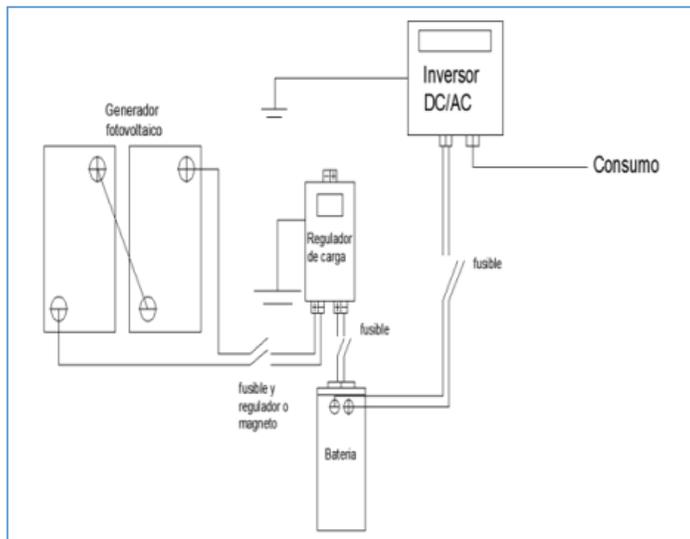
Figura 7. Generación Fotovoltaica



Fuente: García, 2017.

“Se denomina **efecto fotovoltaico** al que es generación de una intensidad de corriente, que circula entre dos piezas de material semiconductor diferente y que están en contacto y expuestas a la luz solar, a los niveles de radiación” (García, 2017, p.12).

Figura 8. Conexión sistema fotovoltaico.

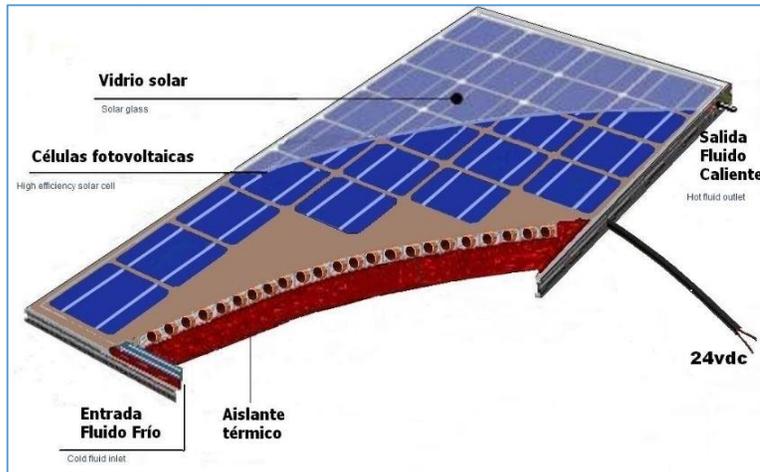


Fuente: Energy Solar, 2014.

### 1.3.3. Paneles Fotovoltaicos.

“Transforman la energía solar en eléctrica, y está caracterizada por la cantidad de corriente de salida, a un determinado nivel de tensión, de acuerdo a las horas de aprovechamiento de la luz solar” (Salazar, 2015, p.5).

Figura 9. Panel Fotovoltaico.



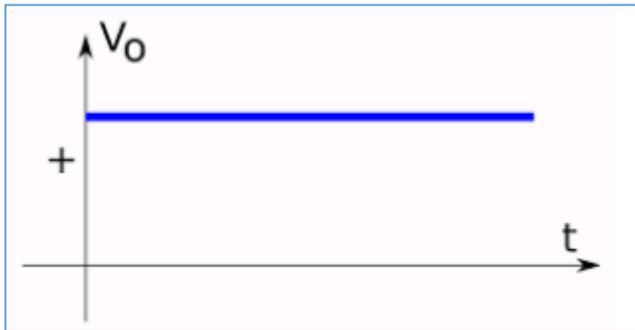
Fuente: Salazar, 2015.

### 1.3.4. Energía Eléctrica.

Una de las formas de energía que es resultado de una diferencia de potencial, con lo cual se permite el flujo de electrones dentro de un determinado tiempo. La energía que se puede transformar en otra forma, como poder decir en mecánica, térmica, luminosa etc.

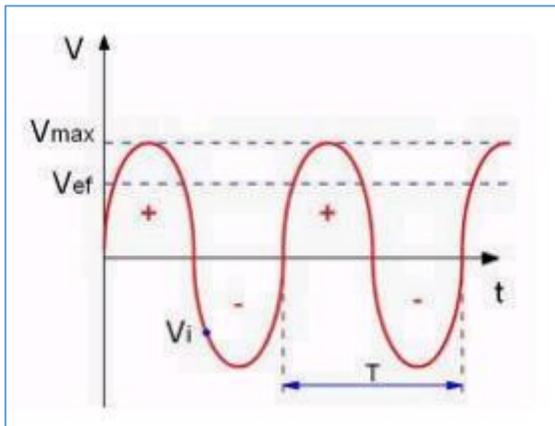
Existen dos formas de utilización de la energía eléctrica, de acuerdo al tipo de la forma de la onda de tensión eléctrica que se produzca, es decir la energía eléctrica de corriente continua y la energía eléctrica de corriente alterna.

Figura 10. Energía eléctrica de corriente continua.



Fuente: Salazar, 2015.

Figura 11. Energía eléctrica de corriente Alterna



Fuente: Salazar, 2015.

La potencia eléctrica se expresa:

$$P = V * I * \cos\theta$$

Dónde:

P: Potencia eléctrica en Watt.

V: Tensión eléctrica, en Voltios.

I: Intensidad de corriente eléctrica, en Amperios.

$\cos\theta$ : Factor de potencia.

### **Cálculo Pérdida de Potencia Activa en los conductores.**

En el conductor eléctrico se disipa energía como calor, el cual se determina en función a:

- a) Resistividad del conductor.
- b) Longitud del conductor.
- c) Sección del conductor.
- d) Intensidad de Corriente eléctrica en el conductor.

Por lo tanto, para la determinación de la cantidad de energía activa, que se pierde en el conductor, se determina a partir de los flujos de potencia de cada tramo del circuito, y está en función al diagrama unifilar.

$$Pc = \frac{\Delta V^2}{\rho * L/S}$$

Pc: Pérdida potencia activa. (Watt)

$\Delta V$ : Caída de tensión, Voltios

L: longitud del conductor.

S: Sección del conductor, mm<sup>2</sup>.

$\rho$ : Resistividad eléctrica.

### **Cálculo del Número de Paneles Fotovoltaicos.**

La cantidad de paneles fotovoltaicos, se determina con la expresión:

$$N = \frac{EC}{Pp * HSP}$$

Dónde:

N: Número de paneles.

EC: Energía consumida en KW-H.

Pp: Potencia pico de cada panel.

### **Determinación del Número de Baterías.**

Cálculo del almacenamiento. Se determina por la expresión:

$$Cah = \frac{Es}{V}$$

Dónde.

Cah: Capacidad de almacenamiento en amperios

Ee: Energía eléctrica requerida en un día.

V: Nivel de tensión de almacenamiento.

La determinación del número de baterías está en función a:

- a) Energía a almacenar.
- b) Capacidad de almacenamiento de cada batería en Amperios Hora.
- c) Número de autonomía del sistema. 2 días.
- d) Eficiencia de almacenamiento, por el efecto de carga/descarga de la batería.

$$Nb = \frac{Cah * d}{Cb * e}$$

Dónde:

Nb: Número de Baterías.

Cah: Capacidad de almacenamiento en amperios – hora.

d: Días de autonomía del sistema.

Cb: Capacidad de Almacenamiento.

E: Eficiencia por efecto de carga/descarga. 0.75 para batería seleccionada de alta eficiencia.

#### **1.4. Hipótesis.**

¿Cómo electrificar con energía solar el caserío LLUSHCAPAMPA DISTRITO DE LLAMA, REGIÓN CAJAMARCA?

#### **1.5. Justificación.**

Técnica: Actualmente se cuenta con equipos de alta eficiencia en cuanto a la transformación de energía solar en eléctrica, la demanda eléctrica de las viviendas.

Social: Se justifica socialmente porque permite que la comunidad viva mejor, acceso a los medios de comunicación, utilización de artefactos electrodomésticos. Los estudiantes tendrán acceso al conocimiento utilizando el internet como medio didáctico de aprendizaje.

Económica: Los precios de la generación fotovoltaica están al alcance de la población, siendo invirtiendo inicialmente comprar de los equipos, y gastos mensuales de mantenimiento.

Ambiental: La generación de energía eléctrica solar, no produce residuos contaminantes (como tal es el caso del CO<sub>2</sub> que va a la atmosfera).

#### **1.6. HIPOTESIS**

La propuesta de un sistema de energía solar determina la factibilidad de electrificar el caserío de llushcapampa, distrito de llama, región Cajamarca.

## **1.7.OBJETIVOS**

### **Objetivo general.**

Elabora la propuesta de un sistema de energía solar que permita electrificar el caserío de “Llushcapampa”.

### **Objetivos específicos**

- Realizar el análisis en el consumo de energía y de demanda máxima del caserío

Llushcapampa.

- Ubicar la central fotovoltaica en el caserío en función a la distribución de energía y menor caída de tensión.
- Dimensionar los elementos de la central fotovoltaica en función a la oferta y la demanda de energía eléctrica.
- Hacer la distribución de la red de energía.
- Determinar el valor de la energía fotovoltaica generada.
- Hacer la evaluación de costo de lo planteado.

## **II. MÉTODO**

2.1 Diseño de Investigación. No experimental porque una variable independiente no se puede manipular.

2.2 Variable, Operacionalización

Variable Independiente: Propuesta de un Sistema de Energía Solar

Variable dependiente: Electrificar al caserío de Llushcapampa.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE Propuesta de un Sistema de Energía Solar	Es el conjunto de dispositivos que transforman la energía de la radiación solar en energía eléctrica de corriente continua.	Los dispositivos electromecánicos se seleccionan en función a sus parámetros de operación, los cuales optimizan el funcionamiento de cada uno de ellos, con el fin de que la conversión energética sea lo más eficiente para el distrito de ciruela.	Energía Solar.  Energía Eléctrica	Radiación solar.  Potencia Eléctrica	Guía de observación	KW/m2  KW
DEPENDIENTE Electrificar al caserío de <u>Llushcapampa</u> .	Es el transporte y distribución de la energía eléctrica generada en el panel solar, hasta los consumidores eléctricos, de acuerdo a la demanda de energía.	La electrificación de las viviendas con energía fotovoltaica, se realiza de acuerdo a lo especificado por las normas vigentes, dimensionando los dispositivos desde la generación hasta el uso final de la energía.	Energía Eléctrica.  Eficiencia	Tensión.  Intensidad de corriente eléctrica.  Frecuencia eléctrica	Guía de observación	Voltios.  Amperios.  Hertz.

### **2.3. Población y Muestra**

En este proyecto la población de investigación está formada por toda la población del caserío Llushcapampa que al año vigente suman un total de 50 habitantes y 10 viviendas, dicha información es proporcionada por la Municipalidad distrital de Llama.

La muestra es toda la población. (Ver Foto en Anexos)

### **2.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad**

2.4.1 Técnicas de recolección de datos. Encuesta La encuesta fue realizada en el caserío Llushcapampa, para dicha encuesta se considerará la aceptación con la que podría contar la instalación de paneles solares en este lugar de estudio:

2.4.2 Instrumentos de recolección de datos Hoja de Encuesta Se realizó un cuestionario con la finalidad de determinar la aceptación con la que podría contar la instalación de paneles solares en este lugar de estudio, con una encuesta para determinar el consumo energético. (Ver Anexo I)

2.4.3 Validez y Confiabilidad El proyecto de investigación cuenta con la aprobación de un jurado metodólogo, especialista y un asesor los cuales cuentan con amplios conocimientos y capacidades, que facilitará el desarrollo del proyecto propuesto.

### **2.5. Métodos de Análisis de Datos**

Método deductivo.

2.6 Aspectos Éticos. Se realizó una búsqueda en fuentes de información confiable y certificada.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Estudio de la Máxima Demanda y de la Energía Consumida por el caserío Llushcapampa.

Para calcular la Máxima Demanda y la Energía Consumida por el caserío Llushcapampa se tomó en cuenta el consumo por cada vivienda:

Descripción	Unid.	Potencia (W)	Potencia Total (W)	Uso diario (h)	Energía (Wh-día)	Energía (kWh-mes)
Foco ahorrador	3	15	45	4	180	5,40
Radio	1	30	30	2	60	1,80
Televisor	1	50	50	4	200	6,00
Cargador de celular	1	5	5	1	5	0,15
Total			130	11	445	13,35

CARGAS ABONADOS DOMESTICOS		
ENERGIA	13,35	kWh/mes
MAX. DEMANDA	0,13	kW

Posteriormente se utilizó la metodología SNIP, concluyendo con lo siguiente:

<b>AÑO</b>	<b>CONSUMO TOTAL Doméstico (kWh-año)</b>	<b>CONSUMO TOTAL Alumbrado Público (kWh-año)</b>	<b>CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA (kWh-año)</b>	<b>ENERGÍA TOTAL REQUERIDA (kWh-año)</b>	<b>MÁXIMA DEMANDA (kW)</b>
2017	1646	765	2411	<b>2592,06</b>	<b>1,48</b>
2018	1690	774	2465	<b>2650,02</b>	<b>1,51</b>
2019	1736	784	2520	<b>2709,41</b>	<b>1,55</b>
2020	1783	793	2576	<b>2770,26</b>	<b>1,58</b>
2021	1832	802	2634	<b>2832,62</b>	<b>1,62</b>
2022	1882	812	2694	<b>2896,51</b>	<b>1,65</b>
2023	1933	822	2755	<b>2961,98</b>	<b>1,69</b>
2024	1985	832	2817	<b>3029,07</b>	<b>1,73</b>
2025	2039	842	2881	<b>3097,83</b>	<b>1,77</b>
2026	2095	852	2947	<b>3168,29</b>	<b>1,81</b>
2027	2152	862	3014	<b>3240,50</b>	<b>1,85</b>
2028	2210	872	3082	<b>3314,51</b>	<b>1,89</b>
2029	2270	883	3153	<b>3390,36</b>	<b>1,94</b>
2030	2332	893	3225	<b>3468,10</b>	<b>1,98</b>
2031	2395	904	3299	<b>3547,78</b>	<b>2,02</b>
2032	2460	915	3375	<b>3629,45</b>	<b>2,07</b>
2033	2527	926	3453	<b>3713,16</b>	<b>2,12</b>
2034	2596	937	3533	<b>3798,97</b>	<b>2,17</b>
2035	2667	948	3615	<b>3886,93</b>	<b>2,22</b>
2036	2739	960	3699	<b>3977,10</b>	<b>2,27</b>

En donde se concluye que al año 20 (2039) su consumo al año será de 3 977,10 kW-h/año y el Consumo Diario de Energía Eléctrica será de 10,90 kW-h/día y la Máxima Demanda en el mismo año será de 2,27 kW.

### **3.2. Ubicación de la Central Solar.**

Se concluyó la ubicación de la Central Solar, contando con distancias no tendrían que ser lejos al caserío, para evitar caída de energía.

En el Anexo III, presentamos la ubicación de la Central solar.

### **3.3. Diseño de la Central Solar, cálculo y selección de equipos.**

#### **3.3.1 Determinación de la radiación solar diaria.**

El criterio que se adopta para determinar el valor del nivel de radiación solar, será el valor mas bajo de todo el año, y ese corresponde al mes de Febrero, con un valor de 4.34 KW-h/m<sup>2</sup>.

#### **3.3.2 Ubicación del Generador Fotovoltaico**

Latitud: 6° 0' 0,059" y Longitud: 79° 7' 33,498"

#### **3.3.3. Equipos electromecánicos**

##### **A. Módulos fotovoltaicos**

Se seleccionan doce módulos fotovoltaicos, tipo policristalino, cada uno de potencia 300 Watt Pico, tensión de generación 12 voltios, conexión paralelo.

##### **B. Selección del regulador de carga.**

Se selecciona r reguladores, cada una de una corriente que ingreso de 70 Amperios y un intensidad de corriente eléctrica de salida de 80 Amperios.

##### **C. Calculo del Sistema de Acumulación**

La energía que se genera en los paneles fotovoltaicos, se almacenan en 12 baterías de tensión 12 voltios, y con una capacidad de 260 Amperios hora.

##### **D. Selección del inversor**

En el sistema se tiene l inversor de carga, el cual tiene una potencia de 3.3 kW, tensión de alimentación 12 voltios, tensión de salida de 230 voltios.

##### **E. Cálculo y selección de conductores eléctricos**

Para la selección de los conductores eléctricos, se realizó el análisis por el criterio de máxima demanda y de capacidad de corriente eléctrica. Para el caso de la caída de tensión en el sector rural debe ser menor al 5%.

Tabla 23

TRAMOS	S (mm <sup>2</sup> )
PANEL SOLAR — REGULADOR	16.33
REGULADOR — BATERÍA	39.18
BATERIA — INVERSOR	10.03

Diámetro del conductor

## F. Selección de la estructura de soporte

Los paneles fotovoltaicos se instalan en una estructura de perfil de acero de 2\*2\*1/8", dispuestos en línea, con un ángulo de inclinación de 6°.

### 3.3 Diseño y cálculo la Red de Baja Tensión.

#### A. Cálculo Eléctrico

Se ha dividido en dos (02) circuitos:

##### Circuito I

##### Cargas de los abonados (kW)

Doméstico	:	0,200 KW
Conductor	:	2 x 16/25
Potencia Luminaria	:	0,06 kW
Factor de simultaneidad	:	0,958
Porcentaje de caída de tensión:		1,02%

##### Circuito II

##### Cargas de los abonados (kW)

Doméstico	:	0,200 kW
Conductor	:	2 x 16/25
Potencia Luminaria	:	0,06 KW
Factor de simultaneidad	:	0,958
Porcentaje de caída de tensión:		1,50%

#### a. Sistema de protección

##### Fusibles:

Los fusible que se utilizan son del modelo PVS-100, los cuales tienen una capacidad de respuesta de 100 Amperios.

#### b. Puesta a Tierra:

Como sistema de seguridad de acuerdo a los que establece el CNE, en su tomo IV, en la sección de puestas y enlaces a tierra, consiste de una varilla de cobre de 99% de pureza, con un diámetro de 5/8", de una longitud de 2.00 metros, con un cable de 2.5 mm<sup>2</sup> de sección.

### B. Cálculo Mecánico

Se utilizará un conductor tipo 2x16/25 mm<sup>2</sup> de aluminio.

Vano equivalente será de 39,402552 m y el Vano Máximo será 46,12.

Se utilizará postes de 8 m.

El detalle del cálculo para la Red de Baja Tensión lo apreciamos en el Anexo V.

### 3.4 Determinación del Costo del kW-h generado

La determinación del valor de la energía generada en el panel fotovoltaico, se establece con la siguiente expresión:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{i + Mt}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E}{(1+r)^t}}$$

Donde:

- t = Vida estimada de la instalación
- i = Inversión inicial
- Mt = costes de operación y mantenimiento
- E = Energía generada durante la vida del sistema
- r = Tasa de descuento

Para nuestra investigación tenemos los siguientes valores:

i = Inversión Inicial	22229,25 S/.
E = Energía durante la vida del sistema (20 años)	64674,91 kW-h
Mt = Costes de Operación y Mantenimiento	19101,00 S/.
r = Tasa de Descuento	0,12

El costo del kW-h será:

<b>LCOE = COSTO S/ / kW-h</b>	<b>0,6390</b>
-------------------------------	---------------

En el Anexo VI, presentamos el detalle de los cálculos realizados.

### 3.5 Evaluación Económica de la Central Solar.

Para aplicar la evaluación económica al Proyecto en mención consideramos:

<b>Formulación de datos</b>	
n =	20
Io =	35532,92
i =	12%

Obtenemos los siguientes resultados:

<b>VNA</b>	<b>-28153,98</b>
<b>TIR</b>	<b>-4%</b>

En el Anexo VII, presentamos el detalle de los cálculos realizados.

#### IV. DISCUSION

- CHAVÉZ (2012, p 4), tesis titulada “Factibilidad para uso de Paneles Solares en Generación Fotovoltaica de Electricidad en el Complejo Habitacional San Antonio de Riobamba”

Estableció que el uso de los paneles fotovoltaicos genera energía eléctrica por un periodo de 6 horas, con un valor de radiación solar de 5.6 KW-h/m<sup>2</sup>, sin embargo el costo de la energía solar es superior en 70% con respecto a la energía eléctrica generada en el sistema convencional.

- MORENO (2013, p 5), tesis Titulada “Electrificación de Vivienda Rurales con el uso de Micro Sistemas Aislados Fotovoltaicos para la Libertad”.

Las zonas rurales tienen energía eólica, como las alternativas para cubrir la brecha del coeficiente de electrificación rural, sin embargo si es analizado desde el punto de vista de proyecto de inversión, los indicadores económicos tales como VAN y TIR son negativos, lo cual hace que económicamente no es factible, sin embargo si el proyecto es ejecutado por las instituciones públicas, como es el caso de la municipalidad, gobierno regional o el mismo gobierno central, si es posible, debido a que maneja tasas de interés social.

- CORNEJO (2013, p 6), tesis titulada “Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a Red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura”.

El suministro eléctrico es a la red convencional, en un lugar donde hay energía eléctrica, lo cual no es compatible con mi propuesta, de electrificar a un caserío en donde nunca han tenido energía eléctrica.

## V. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el valor de la energía consumida en el caserío es de 2592.06 Kw-H/m<sup>2</sup>, y con un valor de máxima demanda de 1.48 KW, y en el análisis de proyección, tendrá un valor de 3977.10 Kw-H/m<sup>2</sup>, con un valor de máxima demanda de 10.9 kw-H/m<sup>2</sup> por día.
2. La ubicación de la central fotovoltaica, en un terreno perteneciente a la comunidad, ubicado en el centro del caserío, con lo cual la caída de tensión es menor al 2%
3. La Central Solar estará conformada por 12 paneles fotovoltaicos del tipo Policristalino, de una potencia de 300 Wp, 12 Voltios, los que estarán conectados en Paralelo; 02 reguladores de carga, con una Corriente de Entrada de 70 A y una corriente de salida de 80 A; 12 Baterías de 12 V, 260 A-h; un inversor de una potencia de 3,3 kW, con un Potencia Nominal de 3 300 W.
4. La Red Secundaria estaría constituida por un conductor tipo 2 x16 / 25 mm<sup>2</sup> de aluminio, con un Vano equivalente será de 39,40 m y el Vano Máximo será 46,12, se utilizará postes de 8 m.
5. El precio de kW-h generado, será de 0,6390 S/. / kW-h, considerando una inversión de S/. 22 229,25 para la Central Solar.
6. La Evaluación Económica del Proyecto, arroja que la inversión para ejecutar la Central Solar y la Red Secundaria es de S/. 35 532,92 en un periodo de evaluación de 20 años, con una tasa de 12%, resulta un VNA S/. – 28 153,98 y un TIR de - 4%, con lo que se concluye que el proyecto económicamente no es viable.

## VI RECOMENDACIONES

- Para elaborar la máxima demanda es recomendable detallar los equipos que se utilizan en cada vivienda, además de considerar los niveles de calificación eléctrica dada por el MINEM.
- Es recomendable para el análisis de radiación en la localidad obtener datos confiables de diferentes fuentes para poder compararlos.
- Para ubicar el lugar apropiado para la instalación de la central es importante tener en consideración la distancia de las viviendas a las que se desea suministrar de energía como medida de prevención.
- Para el diseño de la central es recomendable seleccionar los equipos de marcas confiables como medidas de seguridad y para no tener problemas posteriores de fallas.

## VIII REFERENCIAS

1. ACCIONA Micro energía. Proyecto “Luz comunitaria Cajamarca”. (Consultada 30 de Marzo del 2016).  
Disponible en: <https://sites.google.com/a/accioname.org/acciona>
2. Alfonso, José A. (29 de mayo de 2012). “Récord mundial de producción fotovoltaica”(en español). Energías Renovables. (Consultado el 4 de enero de 2014)  
Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADas\\_renovables\\_en\\_Alemania](https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADas_renovables_en_Alemania)
3. Amaray en una publicacion “Energía y desarrollo para las zonas rurales”, (consultada 15 de octubre del 2016)  
Disponible en:  
[http://www.fise.gob.pe/pags/PublicacionesFISE/Revista\\_Amaray-Agosto2014.pdf](http://www.fise.gob.pe/pags/PublicacionesFISE/Revista_Amaray-Agosto2014.pdf)
4. ANNE, Labouret, Solems. Energía Solar Fotovoltaica Manual Práctico.1ªEdicion, España, 2008. 334pp.  
ISBN: 978-84-96709-00-3
5. Burger, Bruno (30 de diciembre de 2013). «Stromerzeugung aus Solar- und Windenergie im Jahr 2013» (en alemán). Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. Consultado el 5 de enero de 2014.
6. CARRILLO, Yáñez, José. Estudio para la electrificación con energías alternativas, utilizando celdas fotovoltaicas para electrificar el poblado de cañada colorada, municipio de Apaxco. México: Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica “Adolfo López Mateos”, 2009. 175pp
7. CHAVÉZ, Guerrero, Mónica. Factibilidad para uso de Paneles- Solares en Generación Fotovoltaica de Electricidad en el Complejo Habitacional San Antonio de Riobamba. Ecuador: Escuela superior técnica de Chimborazo, 2012. 119pp.
8. CIA. “The World Facebook” (Traducido del inglés). 2010. (Fecha de consulta 12 de marzo del 2016).  
Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Agencia\\_Central\\_de\\_Inteligencia](https://es.wikipedia.org/wiki/Agencia_Central_de_Inteligencia)

9. Colegio oficial de ingenieros de telecomunicación. Energía Solar Fotovoltaica. 1° Ed. Editorial Ibergraphi 2002.S.L.L. 122pp.  
ISBN: 978-84-935049-6-0
10. CORNEJO Lalupú, Héctor. Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a Red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura. Tesis (Ingeniero mecánico eléctrico). Perú: Universidad de Piura, 2013. 124pp.
11. Diseño y Instalacion de un Sistema Fotovoltaico Domestico, (Fecha de consulta 11 de marzo del 2016)  
Recuperado de: <http://energía doblecero.com/energía s-renovables/energía -solar-fotovoltaica/disen0-e-instalacion-de-un-sistema-fotovoltaico>.
12. GALLOWAY, Terry. La Casa Solar: Guía de Diseño, Construcción y Mantenimiento. 2° ed.: Editorial Antoni Madrid Vicente, 2009. 255pp.  
ISBN: 9788487440045
13. GARCÍA, Lorena y MORENO, Narciso. Instalaciones de Energía Fotovoltaica. 8°ed.: Editorial GARCETA, 2010. 196pp.  
ISBN: 8492812265
14. Isolux Infrastructure, Proyecto “Plantas Fotovoltaicas en Arequipa”, 2010.(Fecha de consulta 15 de abril del 2016). Recuperado de: <http://www.isoluxcorsan.com/es/proyecto/2-plantas-fotovoltaicas-en-operacion-en-la-region-de-arequipa.html#descripcion>.
15. MENDEZ, Javier y CUERVO, Rafael. Energía Solar Fotovoltaica 2° Edición. España: Editorial Fundación Confemetal, 2007.248 pp.  
ISBN: 978-84-96743-29-8
16. MORENO, Fuentes, Luis Carlos. Electrificación de Vivienda Rurales con el uso de Micro Sistemas Aislados Fotovoltaicos para la Libertad. Tesis (Ingeniero mecánico eléctrico). Perú: Universidad privada Antenor Orrego de Trujillo, 2013. 183pp.
17. SUAREZ, Chacón, Javier. Instalación de colectores solaras para ACS. Proyecto (Ingeniero eléctrico). España.  
Recuperado de: <http://aula.aguapedia.org/mod/resource/view.php?id=4081>
18. SunPower, Energías Renovable en Alemania.2015.(Fecha de Consulta 16 de abril del 2016 Recuperado de: <http://elperiodicodelaenergía .com/las-10-mayores-plantas-fotovoltaicas-del-mund>

19. Moya, R. S. (MARZO 2010). Diseño de una central fotovoltaica de 100 kWp de potencia nominal. Madrid- España: UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID.
20. Parera, R. G. (2008). Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica de 1.1 MW. Brasil: UNIVERSIDAD ROVIRA I VIRGILI.
21. Renewable Energy World (Consultado el 4 de junio de 2016).  
“Germany's Grid and Athe Market: 100 Percent Renewable by 2050?” (en inglés).
22. Disponible en: <http://www.renewableenergyworld.com/index.html>

## ANEXO I



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### ENCUESTA DE LA CALIDAD DE INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES

FACULTAD DE INGENIERÍA / ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

ESTUDIANTE: BRAVO BRAVO WALTER

FECHA: / /2016

**TÍTULO DEL PROYECTO:** PROPUESTA DE SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA ELECTRIFICAR AL CASERÍO DE LLUSHCAPAMPA DISTRITO DE LLAMA REGIÓN CAJAMARCA  
**ANTE TODO RECIBA NUESTRO CORDIAL SALUDO Y EL AGRADECIMIENTO POR SU COOPERACIÓN**

Sexo: \_\_\_\_\_

Profesión/oficio: \_\_\_\_\_

Para cada elemento identificado a continuación, marque con un aspa el número de la derecha que considere más acorde con su criterio de calidad.

Utilice la escala anterior para seleccionar el número de calidad.

Descripción o identificación de cada elemento del cuestionario	Escala		
	Insuficiente	Bien	Excelente
¿Qué le parece la instalación de paneles solares?			
¿Cree que es necesario contar con paneles solares?			
¿Apoya la utilización de energía solar como fuente de alimentación para los paneles solares?			
¿La electricidad generada por los paneles solares será suficiente?			
¿Cómo calificarías el abastecimiento de electricidad a todo el caserío de Llushcapampa?			
¿Consideras que no contar con energía eléctrica es un problema para el centro poblado y para la sociedad de dicho pueblo?			
¿Crees que los paneles solares serán buenos dispositivos para generar energía solar?			
¿Contar con paneles solares en el poblado de Llushcapampa sería buena idea?			
¿Crees que la generación de electricidad por medio de paneles solares es mejor que la electricidad producida por una central hidráulica?			

## ANEXO II

### Estudio de la Máxima Demanda y de la Energía Consumida por el caserío Llushcapampa.

#### A. Parámetros principales para la estimación de la demanda energética.

##### a) Abonados Domésticos (A.D.)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1

CASERIO	DOMESTICO
Llushcapampa	10

Número de Abonados

##### b) Personas por hogar en el área rural

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5

	Abonados Domésticos	Personas/hogar	Personal total
Llushcapampa	10	5	50

Personas por hogar en el área rural.

##### c) Consumo de energía por Abonado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6

Descripción	Unid.	Potencia(W)	Potencia Total (W)	Uso diario (h)	Energía (Wh-día)	Energía (kWh-mes)
Foco ahorrador	3	15	45	4	180	5,40
Radio	1	30	30	2	60	1,80
Televisor	1	50	50	4	200	6,00
Cargador de celular	1	5	5	1	5	0,15
Total			130	11	445	13,35

Consumo de energía por vivienda

Tabla 7

CARGAS ABONADOS DOMESTICOS		
ENERGIA	13,35	<u>Kwh/mes</u>
MAX. DEMANDA	0,13	<u>Kw</u>

Cuadro de cargas

**d) Tasa de crecimiento de la población (r%)**

Para el caserío de Llushcapampa la población se proyectara con la tasa de crecimiento intercensal de 1,20%, según censo del INEI.

**e) Tasa de crecimiento de los consumos de energía por abonado doméstico (I%)**

Se obtiene a partir de la información histórica de la empresa concesionaria relacionada con áreas similares al PIP. Los valores referenciales por tipo de localidad se presentan a continuación.

Tabla 8

Descripción	Tipo I	Tipo II
Tasa de crecimiento de consumo de energía	1.5 a 2 %	1 a 1.5 %

Tasa de crecimiento de consumo de energía.

**f) Estimación de la demanda inicial**

Variables para la estimación de la demanda.

**Tabla 9**

<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
<b>Población a electrificar (encuesta)</b>	50
<b>Abonado domestico</b>	10
<b>Abonado comercial</b>	0
<b>Abonado de P.I.</b>	0
<b>Abonados de Uso General</b>	0
<b>Nº de abonados totales</b>	10
<b>% de abonados domésticos</b>	100%
<b>% de abonados Uso General</b>	0%
<b>Grado de electrificación</b>	100%
<b>Localidad</b>	Tipo V
<b>Calificación eléctrica (W/lote)</b>	200
<b>Población Total inicial</b>	50
<b>Personas por hogar</b>	5
<b>Consumo unitario de energía anual por Abonado Domestico (Kwh/año)</b>	160,2
<b>Tasa de crecimiento de la población</b>	1,20%
<b>Porcentaje de pérdidas de energía</b>	7%
<b>Tasa de crecimiento de los consumos de energía por abonado domestico</b>	1,50%
<b>KALP</b>	6,3
<b>Potencia Lámpara</b>	60
<b>Factor de carga</b>	20%

**Indicadores para calcular la Máxima Demanda**

### g) Consumo de energía por tipo de abonados

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10

LOCALIDAD	CONSUMO DE ENERGIA POR ABONADO (Kwh-mes)
	Domestico
LLUSHCAPAMPA	13,35

Consumo por Abonado

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11

Abonado	Consumo unitario (KWh-año)	Cantidad ABONADOS	Total (Kwh-AÑO)
Domestico	160,2	10	1602

Consumo Unitario.

### h) Consumo Mensual de Alumbrado Público

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13

Sector Típico Distribución	KALP (Kwh/usuario mes)	Potencia de lámpara vapor de sodio (W)	Total mensual (Kwh/mes)	Total anual (Kwh/año)
SER	6,3	60	63	756

Potencia según sector de distribución

$$\text{CMAP} = \text{KALP} \times \text{NTA}$$

$$\text{CMAP} = 6,3 \times 10$$

$$\text{CMAP} = 63 \text{ kW h/mes}$$

Dónde:

- PI : Puntos de iluminación
- CMAP: Consumo mensual de alumbrado público en kW h
- KALP: Factor de AP en kW h/usuario-mes
- NTA: Número total de abonados

$$\text{PI} = \frac{\text{CMAP} * 1000}{(360 \times \text{PPL})}$$

$$\text{PI} = \frac{63 * 1000}{(360 \times 60)}$$

$$\text{PI} = 2.917 \approx 3$$

**i) Máxima demanda de Alumbrado publico**

$$MD_{Alumbrado} = PI \times PLL$$

*Máxima demanda alumbrado público.*

$$MD_{Alumbrado} = 3 \times 60$$

$$MD_{Alumbrado} = 0,18 \text{ kW}$$

**j) Estimación de la Demanda Proyectada dentro de 20 años**

La proyección de la población se proyectó incrementando la tasa de crecimiento poblacional a la población inicial.

$$Px = Po (1 + i)^n$$

Donde:

- P<sub>x</sub> : Población para el año 2036.
- P<sub>o</sub> : Población para el año de referencia: 50
- i : Tasa de crecimiento intercensos: 1,20%
- n : Número de años: 20

Se determinó el incremento de la población en una proyección de 20 años.

Pronostico de la población

Tabla 14

AÑO	POBLACIÓN
2016	50
2017	51
2018	51
2019	52
2020	52
2021	53
2022	54
2023	54
2024	55
2025	56
2026	56
2027	57
2028	58
2029	58
2030	59
2031	60
2032	61
2033	61
2034	62
2035	63
2036	63

Fuente: Elaboración Propia

Incremento Poblacional en 20 años

k) Análisis general del Consumo Unitario Doméstico

Tabla 15

AÑO	CUADinicial (KWh-año) * abonado	CUAD proyectado (KWh-año) * abonado
2016	160	160
2017	160	163
2018	163	165
2019	165	168
2020	168	170
2021	170	173
2022	173	175
2023	175	178
2024	178	180
2025	180	183
2026	183	186
2027	186	189
2028	189	192
2029	192	194
2030	194	197
2031	197	200
2032	200	203
2033	203	206
2034	206	209
2035	209	213
2036	213	216

## Pronóstico de Consumo Unitario Doméstico

**Tabla 16**

<b>AÑO</b>	<b>CUAD<sub>proyectado</sub> (KWh-año)*abonado</b>	<b>NAD</b>	<b>CONSUMO TOTAL Doméstico (KWh-año)</b>
2016	160	10	1602
2017	163	10	1646
2018	165	10	1690
2019	168	10	1736
2020	170	10	1783
2021	173	11	1832
2022	175	11	1882
2023	178	11	1933
2024	180	11	1985
2025	183	11	2039
2026	186	11	2095
2027	189	11	2152
2028	192	12	2210
2029	194	12	2270
2030	197	12	2332
2031	200	12	2395
2032	203	12	2460
2033	206	12	2527
2034	209	12	2596
2035	213	13	2667
2036	216	13	2739

### Pronóstico del Consumo Doméstico Total

## I) Análisis general del Consumo Alumbrado Público

**Tabla 17**

<b>AÑO</b>	<b>KALP (Kwh/usuario mes)</b>	<b>NTA</b>	<b>CMAF (kWh/mes)</b>	<b>CAAF (kWh-año)</b>	<b>PPL (W)</b>	<b>PI</b>
2016	6,3	10	63	756	60	3
2017	6,3	10	64	765	60	3
2018	6,3	10	65	774	60	3
2019	6,3	10	65	784	60	3
2020	6,3	10	66	793	60	3
2021	6,3	11	67	802	60	3
2022	6,3	11	68	812	60	3
2023	6,3	11	68	822	60	3
2024	6,3	11	69	832	60	3
2025	6,3	11	70	842	60	3
2026	6,3	11	71	852	60	3
2027	6,3	11	72	862	60	3
2028	6,3	12	73	872	60	3
2029	6,3	12	74	883	60	3
2030	6,3	12	74	893	60	3
2031	6,3	12	75	904	60	3
2032	6,3	12	76	915	60	4
2033	6,3	12	77	926	60	4
2034	6,3	12	78	937	60	4
2035	6,3	13	79	948	60	4
2036	6,3	13	80	960	60	4

PPL: Potencia de la Lámpara  
 PI: Puntos de Iluminación  
 NTA: Número Total de Abonados  
 CMAF: Consumo Mensual de Alumbrado Público  
 CAAF: Consumo Anual de Alumbrado Público

### Pronóstico del Consumo Alumbrado Público

**m) Pronóstico de Máxima Demanda y Consumo de Energía Eléctrica**

Para ello consideramos:

<b>Porcentaje de pérdidas de energía</b>	<b>7%</b>
<b>Factor de carga</b>	<b>20%</b>

Además:

$$\text{ENERGÍA TOTAL REQUERIDA (kwh-año)} = \text{CONSUMO TOTAL} / (1 - \% \text{ PERDIDAS})$$

$$\text{MAXIMA DEMANDA (KW)} = \text{ENERGÍA TOTAL REQUERIDA} / (fc * 8760)$$

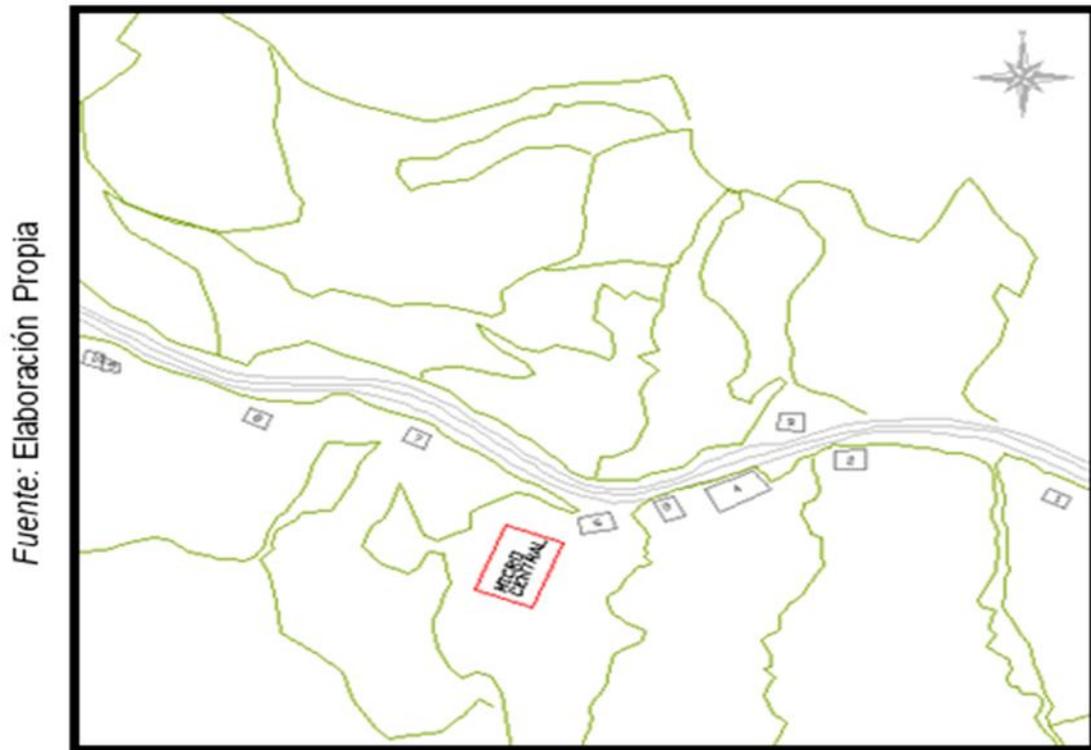
<b>AÑO</b>	<b>CONSUMO TOTAL Doméstico (kWh-año)</b>	<b>CONSUMO TOTAL Alumbrado Público (kWh-año)</b>	<b>CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA (kWh-año)</b>	<b>ENERGÍA TOTAL REQUERIDA (kWh-año)</b>	<b>MÁXIMA DEMANDA (kW)</b>
2016	1602	756	2358	<b>2535,48</b>	<b>1,45</b>
2017	1646	765	2411	<b>2592,06</b>	<b>1,48</b>
2018	1690	774	2465	<b>2650,02</b>	<b>1,51</b>
2019	1736	784	2520	<b>2709,41</b>	<b>1,55</b>
2020	1783	793	2576	<b>2770,26</b>	<b>1,58</b>
2021	1832	802	2634	<b>2832,62</b>	<b>1,62</b>
2022	1882	812	2694	<b>2896,51</b>	<b>1,65</b>
2023	1933	822	2755	<b>2961,98</b>	<b>1,69</b>
2024	1985	832	2817	<b>3029,07</b>	<b>1,73</b>
2025	2039	842	2881	<b>3097,83</b>	<b>1,77</b>
2026	2095	852	2947	<b>3168,29</b>	<b>1,81</b>
2027	2152	862	3014	<b>3240,50</b>	<b>1,85</b>
2028	2210	872	3082	<b>3314,51</b>	<b>1,89</b>
2029	2270	883	3153	<b>3390,36</b>	<b>1,94</b>
2030	2332	893	3225	<b>3468,10</b>	<b>1,98</b>
2031	2395	904	3299	<b>3547,78</b>	<b>2,02</b>
2032	2460	915	3375	<b>3629,45</b>	<b>2,07</b>
2033	2527	926	3453	<b>3713,16</b>	<b>2,12</b>
2034	2596	937	3533	<b>3798,97</b>	<b>2,17</b>
2035	2667	948	3615	<b>3886,93</b>	<b>2,22</b>
2036	2739	960	3699	<b>3977,10</b>	<b>2,27</b>

### ANEXO III

#### Ubicación de la Central Solar

Se determinó la ubicación de la Central Solar, teniendo en cuenta que las distancias no tendrían que ser muy lejana al caserío, para evitar caída de tensión, además se tomó en cuenta el estado del terreno donde estará instalada.

Ilustración 3



Ubicación del sistema de energía solar

## ANEXO IV

### Diseño de la Central Solar, cálculo y selección de equipos

#### A. Determinación de la radiación solar diaria.

Para los cálculos se tomó la radiación del mes más bajo, que se logró tener con los datos de la NASA, que fue del mes de Febrero  $4,34 \text{ kW h / m}^2 / \text{ día}$ .

Extraído de://www.nasa.gov/

Tabla 16

En promedio mensual normal de la radiación directa ( $\text{kWh / m}^2 / \text{ día}$ )													
Latitud - Lon - Promedio	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	anual media
	5.12	4.62	5.20	5.00	4.87	4.50	4.34	4.49	5.03	5.33	5.58	5.53	4.97

Promedio de la radiación mensual

#### B. Orientación del Generador Fotovoltaico

El valor de la inclinación de los paneles solares con respecto a la horizontal, cuando se pretende que la instalación se use todo el año con un rendimiento aceptable, coincide aproximadamente con la latitud del lugar donde se instale. Si la instalación se usa principalmente en invierno, entonces la inclinación óptima de los módulos sería la obtenida de sumarle a la latitud  $10^\circ$ . Y por el contrario, si la instalación va a usarse básicamente en verano, la inclinación que habría que proporcionarle a los módulos sería el resultado de restar a la latitud del lugar  $20^\circ$ . Por último, si se

pretende un diseño óptimo que funcione para todo el año, la inclinación que habrá que proporcionarle al panel solar será igual a la latitud del lugar, como se ha dicho.

Coordenadas

Lat. : 6° 0' 0.059"

Long. : 79° 7' 33.498"

En esta ocasión, se pretende que la instalación proporcione energía suficiente en los meses de menor radiación. Por lo tanto, según lo indicado anteriormente, la inclinación final podrá situarse entre la latitud del lugar (6°) y la latitud más 10° (16°). Finalmente, y por facilidad constructiva de la estructura que portará los módulos, se elegirá una inclinación de 15°.

## C. Equipos Electromecánicos

### a. Cálculo de los Módulos Fotovoltaicos

Los paneles serán del tipo policristalino, esto se debe a que está comprobado que actualmente son los más económicos.

#### **Cálculo de la Energía a Distribuir en Corriente Alterna ( $L_{md, AC}$ )**

$$L_{md, AC} = \frac{ET_{20}}{R}$$

Donde:

ET<sub>20</sub>: Energía Diaria a Distribuir en el año 20: 10,90 kW-h/día

R: Pérdidas de energía captada

$$R = 1 - [(1 - K_b - K_c - K_v)K_a N/PD] - K_b - K_c - K_v$$

Dónde:

Kb = Pérdida por rendimiento en la batería: 0,05

Kc = Pérdida en el inversor: 0,05

Kv = Pérdidas diversas: 0,05

Ka = Pérdidas por auto descarga: 0,005

PD= Profundidad de descarga de la batería: 0,8

N = Número de días de autonomía: 4

$$R = 0,829$$

$$L_{md, AC} = 13,15 \text{ kW-h/día}$$

### Cálculo de la Energía Total a Distribuir ( $L_{md}$ )

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} \cdot \eta_{con}}$$

Donde:

$L_{md, DC}$ : Energía Real a Distribuir en DC: 0

$L_{md, AC}$ : Energía Real a Distribuir en AC: 13,15 kW-h/día

$\eta_{inv}$ : Eficiencia del Inversor: 0,95

$\eta_{bat}$ : Eficiencia de la Batería: 0,95

$\eta_{con}$ : Eficiencia de la Conducción: 1

$$L_{md} = 14,57 \text{ kW-h/día}$$

### Cálculo del Número de Módulos ( $N_{mód}$ )

$$N_{mód} = \frac{L_{md}}{P_{MP} \cdot HSP_{crit} \cdot PR}$$

Dónde:

$L_{med}$  : Energía Real a Distribuir: 14,57 kW-h/día

$P_{MP}$  : Potencia de cada Módulo: 300 Wp

$HPS_{CRIT}$  : Hora Pico Solar Crítica: 4

$PR$  : Eficiencia de cada Panel: 0,9

$$N_{ptotal} = 12,4 \approx 12$$

## Especificaciones técnicas de Módulo Solar

Tabla 17

Fuente: Manual panel solar

ELECTRICAL DATA						
MODULE		FU 295 P	FU 300 P	FU 305 P	FU 310 P	FU 315 P
Standard Test Conditions STC: 1000 W/m <sup>2</sup> - AM 1.5 - 25 °C - measuring tolerance <math>\pm 2\%</math>						
Module power (P <sub>max</sub> )	W	295	300	305	310	315
Module efficiency	%	15.23	15.48	15.74	16.00	16.26
Maximum power voltage (V <sub>mpp</sub> )	V	36.9	371	374	376	379
Maximum power current (I <sub>mpp</sub> )	A	8	8.11	8.21	8.21	8.4
Open circuit voltage (V <sub>oc</sub> )	V	44.9	45.1	45.3	45.5	45.7
Short circuit current (I <sub>sc</sub> )	A	8.4	8.48	8.56	8.63	8.7
Maximum system voltage	V	1000	1000	1000	1000	1000
Nominal Operating Cell Temperature NOCT: 800 W/m <sup>2</sup> - 25 °C - AM 1.5						
Module power (P <sub>max</sub> )	W	208	210	216	219	224
Maximum power voltage (V <sub>mpp</sub> )	V	33.1	33.3	33.5	33.7	33.9
Maximum power current (I <sub>mpp</sub> )	A	6.3	6.38	6.46	6.53	6.6
Open circuit voltage (V <sub>oc</sub> )	V	40.6	40.8	41	41.2	41.4
Short circuit current (I <sub>sc</sub> )	A	6.73	6.79	6.85	6.91	6.95

## Datos eléctricos del panel solar

Tabla 18

Fuente: Manual panel solar

MECHANICAL SPECIFICATIONS	
Dimensions	1957 x 990 x 40 mm
Weight	25 kg
Glass	Tempered, transparent, 3.2 mm
Cell encapsulation	EVA (Ethylene Vinyl Acetate)
Cells	72 three bus-bar polycrystalline cells 156x156 mm
Backsheet	Composite multilayer film
Frame	Anodized aluminium frame with mounting and drainage holes
Junction box	Dimensions: 130 x 150 x 26 mm, IP 65 approved
Cables	Solar cable, length 900 mm (1500 mm upon request) assembled with MC4-combinable plugs

## Especificaciones mecánicas

## Conexión de los paneles solares

### Conexión serie

$$N_S = \frac{V_{BAT}}{V_{PANEL}}$$

$$N_S = \frac{24}{37.1} = 0,6 \approx 1$$

Dónde:

$N_S$ : Numero de módulos en serie.

$V_{BAT}$ : Tensión nominal del sistema=24

$V_{PANEL}$ : Tensión nominal de los módulos = 37,1 V

### Conexión paralelo

$$N_P = \frac{N_T}{N_S}$$

$$N_P = \frac{12}{1} = 12$$

Dónde:

$N_S$ : Número de módulos en serie.

$N_T$ : Número total de paneles.

## b. Selección del Regulador de Carga.

Cálculo del Regulador/Controlador de carga

### Corriente de entrada al Regulador

$$I_{entrada} = 1,25 \cdot I_{MOD,SC} \cdot N_P$$

$$I_{MOD,SC} = 8,48 \text{ A}$$

$$N_P = 12$$

$$I_{entrada} = 127 \text{ A}$$

**Factor de seguridad para evitar daños ocasionales al Regulador: 1,25**

$$I_{salida} = \frac{1,25 \cdot (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{BAT}}$$

### Corriente de salida del Regulador

$$I_{salida} = \frac{1,25 \cdot (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{BAT}}$$

$$\eta_{inv} = 0,9$$

$$I_{salida} = 126 \text{ A}$$

El número de reguladores necesarios para instalar vendrá dado por la siguiente expresión:

$$N_{reguladores} = I_{Re} / I_{MÁX,e}$$

Dónde:

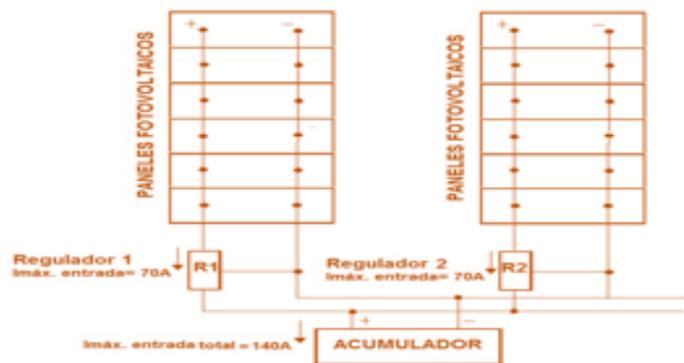
**$I_{max,e}$**  = Intensidad máxima de entrada del regulador: 70 A

$$N_{reguladores} = 2$$

La instalación podrá ser dividida en 2 grupos; 2 ramales de 6 cada uno, alimentando cada grupo a un regulador distinto, y conectando después todas las salidas al mismo acumulador solar o baterías, según el siguiente esquema de configuración prevista:

Ilustración 4

Fuente: Elaboración Propia



Conexión de los paneles y regulador

## Especificaciones técnicas de Regulador

Tabla 19

Fuente: Elaboración Propia

ESPECIFICACIONES		
MODELOS	MPPT - 50C	MPPT - 80C
Corriente de salida máxima (continua hasta 50°C de temperatura ambiente)	50A	80A
Tensión de baterías	12, 24, 36, 48 VCC Normal	
Corriente de entrada de FV máx.	40A	70A
Rango de tensión de entrada	16 – 112 VCC operando 140 VCC máx. Tensión de circuito abierto	
Potencia máx. del campo FV	3250W (máx. al igualar una batería 48V a 64V en 50A)	5200W (máx. al igualar una batería 48V a 64V en 80A)
Modos de regulación de carga	Carga plena o Bulk, Absorción, flotación, Ecuilibración manual/automática	
Compensación de temperatura de batería BTS	5mV por °C, por celda de 2V	
Capacidad de conversión de CC a CC	Batería de 12V: 16 – 112 VCC	
	Batería de 24V: 32 – 112 VCC	
	Batería de 36V: 36 – 112 VCC	
	Batería de 48V: 48 – 112 VCC	
Estado	Pantalla LCD muestra tensión de entrada y corriente, tensión de salida y corriente, modo de carga, estado de carga de la batería SOC	
Registro de datos	Registra la energía colectada en 90 días, pantalla LCD WH, KWH, AH	
Monitorización de energía	Pantalla LCD muestra el estado de la carga, AH, WH y corriente de descarga. Es preciso usar un shunt de 50mV/500A	
Relés auxiliares	Tres relés independientes de contacto A (SPST) para control de esqupos externos	
Temperatura de operación	Potencia completa de salida hasta +50°C ambiente	
Potencia de reposo	<2W	
Dimensiones (AxBxC) mm.	267,7x196x147	414,8x225x147
Peso (kg.)	4,3	7,1

Especificaciones del regulador

### c. Cálculo del Sistema de Acumulación

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria ( $C_{nd}$ ):

$C_n$	: capacidad nominal del banco de baterías. (Ah)	
$L_{md}$	: Energía media diario	
$N$	: periodo de autonomía (días)	
$V_{bat}$	: Voltaje de la batería: 24 V	
$PD_{max,e}$	: Profundidad de Descarga Máxima Estacional	75%
$PD_{max}$	: profundidad de descarga máxima	25%

Consumo de energía medio en Ah/día:

$$Q_{Ah} = \frac{L_{md}}{V_{BAT}}$$

$$Q_{Ah} = 14\ 568 / 24 = 607\ Ah$$

Reemplazando:

$$C_{NBAT} = \frac{Q_{Ah}}{PD_{MÁX,d}}$$

$$C_{NBAT} = 2\,428 \text{ Ah}$$

**Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional ( $C_{ne}$ ):**

$$C_{NBAT} = \frac{Q_{Ah} \cdot n}{PD_{MÁX,e}}$$

$$C_{NBAT} = 3\,237 \text{ Ah}$$

**Se ha seleccionado Batería solar de 12 V 260 Ah**

BATERIA	(Ah)	(V)
	260	12

$$CANTIDAD DE BATERIAS = \frac{Cn}{Ah}$$

$$C_{BATERIAS} = 12$$

**Especificaciones de la Batería seleccionada:**

**Batería 12V 260Ah Formula Star**

Tabla 20

Fuente: Ficha técnica de la batería

Ficha técnica	
Modelo	FS260
Voltios	12
Amperios (Ah)	260
Tipo	Monoblock
Aplicaciones	Fotovoltaicas
Referencia	FS260
Peso (kg)	70
Amperios en 100 Horas	260
Mantenimiento	Sin mantenimiento
<u>Tecnología</u>	Ca/Ca Sin Mantenimiento
Largo (mm)	518
Ancho (mm)	276
Alto (mm)	242
Medida(mm)	518x276x242
<u>Garantía (Meses)</u>	12

Especificaciones técnicas de la batería

**d. Selección del inversor**

La potencia del inversor debe ser mayor a 1,2 veces de la potencia instalada de los paneles solares que demanda la localidad en el año 20.

$$P_{inv} = 1,2 * POT_{max}$$

$$P_{inv} = 1,2 * 2\ 270$$

$$P_{inv} = 2\ 724\ W$$

## Especificaciones del Inversor seleccionado

Tabla 21

Fuente: Ficha técnica el inversor

Technical data and types					
Type code	PVS300-TL-3300W-2	PVS300-TL-4000W-2	PVS300-TL-4600W-2	PVS300-TL-6000W-2	PVS300-TL-8000W-2
<b>Input (DC)</b>	3.3 kW	4.0 kW	4.6 kW	6.0 kW	8.0 kW
Nominal PV-power ( $P_{PV}$ )	3400 W	4100 W	4700 W	6100 W	8100 W
Maximum PV-power ( $P_{PVmax}$ )	3700 W	4500 W	5200 W	6700 W	8900 W
DC voltage range, mpp ( $U_{DC}$ )	335 to 800 V				
Max DC voltage ( $U_{DCmax}$ )	900 V				
Nominal DC voltage, ( $U_N$ )	480 V				
Max DC current ( $I_{DCmax}$ )	10.5 A	12.7 A	14.6 A	19.0 A	25.4 A
Number of DC inputs (parallel)	4, with MC4 quick connectors				
<b>Output (AC)</b>					
Nominal AC output power ( $P_{AC}$ )	3300 W	4000 W	4600 W	6000 W	8000 W
Nominal AC current ( $I_{ACmax}$ )	14.3 A	17.4 A	20.0 A	26.1 A	34.8 A
Nominal voltage ( $V_{ACmax}$ )	230 V				
Operating range, grid voltage <sup>1)</sup>	180 to 276 V				
Operating range, grid frequency	47 to 63 Hz				
$f_{AC}$ <sup>2)</sup>					
Harmonic distortion of grid current ( $T_{HD}$ )	< 3%				
Power factor (cosφ)	1				
Grid connection	Single phase: L, N and PE				
Transformer	No				
<b>Efficiency</b>					
Max efficiency ( $\eta_{MPP}$ )	97.1%				
Euro-eta	96.0%	96.3%	96.3%	96.6%	96.6%
<b>Power consumption</b>					
In standby operation ( $P_{standby}$ )	< 12 W				
Night consumption ( $P_{night}$ )	< 1 W				
<b>Environmental limits</b>					
Degree of protection	IP55				
Permissible ambient temperature range	-25 C° to +60 C°				
Nominal power up to	+50 C°				
Relative humidity, not condensing	0 to 100%				
Max. altitude (above sea level) <sup>3)</sup>	2000 m				
Acoustic noise level	<45dBA				

### Inversor PVS300-TL-3300W-2

#### e. Cálculo y selección de conductores eléctricos

Caída de Tensión: nos permite calcular la cantidad de tensión se pierde en diferentes longitudes, según las normas del IDEA es de 1,15%.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22

TRAMOS		L (m)
PANEL SOLAR	— REGULADOR	5
REGULADOR	— BATERÍA	6
REGULADOR	— INVERSOR	10

Distancia entre componentes

## Selección del cable conductor

Sección del cable conductor en mm<sup>2</sup>

$$S = 2 * \frac{L * I}{\Delta V * K}$$

Dónde:

$I = N_{panel} * I_{sc}$  : Corriente que pasa por el conductor.

$\Delta V = \Delta V \% * V_{MP}$  : Caída de tensión en conductor.

**K** : conductividad 56 m/ Ohm.mm<sup>2</sup>

## Selección del conductor por tramos

Tabla 23

TRAMOS	S (mm <sup>2</sup> )
PANEL SOLAR – REGULADOR	16.33
REGULADOR – BATERÍA	39.18
BATERIA – INVERSOR	10.03

Diámetro del conductor

Fuente: Elaboración Propia

**f. Selección de la estructura de soporte**

Se obtuvo un total de 12 paneles, que serán dispuestos en 12 ramas de 1 panel por rama, como se detallara posteriormente, para poder optimizar el diseño se seleccionó la estructura K2 – Cross Rail de la marca KRANNICH Solar, cuya ficha técnica se muestra en el anexo 02

Ilustración 5



Fuente: Manual ESTRUCTURAKRANNICH

Estructura porta paneles KRANNICH K2

Una vez seleccionada la estructura de soporte y modulo fotovoltaico, se procede con el cálculo y selección de los componentes eléctricos del sistema.

**Características:**

- **Ángulo de montaje óptimo:** Ofrece la posibilidad de ajustar el ángulo de inclinación. El ajuste estándar es 30° y ofrece un rango óptimo de funcionamiento entre 15° y 35°.
- **Montaje rápido:** la mayoría de componentes se han pre confeccionados dependiendo a la clase de módulo que se eligió.
- **Vida útil prolongada:** Los materiales usados se fabrican de acero inoxidable y aluminio. Y la alta resistencia a la corrosión garantiza su larga vida útil.
- **Precios atractivos:** fabricación óptima que nos da la facilidad de hacer adaptaciones rápidas y económicas
- **Gran compatibilidad de módulos:** se puede usar, prácticamente los diferentes módulos dependiendo de los fabricantes.
- **Durabilidad garantizada:** CONERGY ofrece una garantía de 10 años en cuanto a los componentes de fabricación.

## ANEXO V

### Diseño y cálculo la Red de Baja Tensión

#### C. Cálculo Eléctrico

Parámetros y factores de caída de tensión de los cables auto portantes.

#### Máxima Caída de tensión permisible

$$\Delta V = K * I * L * 10^{-3}$$

Ecuación *caída de tensión*

Dónde:

- K : Factor de caída de tensión  
I : Corriente en (A)  
L : Longitud del tramo en (m)

#### Circuito I

#### Cargas de los abonados (KW)

- Domestico : 0.200 KW  
Conductor : 2 x 16/25  
Potencia Luminaria : 0,06 KW  
Factor de simultaneidad : 0,958  
Porcentaje de caída de tensión: 1,02%

Tabla 24

CIRCUITO I											
Punto	Lotes	Carga Especial	Luminaria	Potencia	Σ Potencia	K	Longitud	Corriene	ΔV	Σ ΔV	ΔV%
0	0	0	0	0,000	0,887	3,272	5,00	4,030	0,066	0,066	0,03%
1	0	0	0	0,000	0,887	3,272	29,29	4,030	0,386	0,452	0,21%
1,1	1	0	0	0,192	0,887	3,272	39,13	4,030	0,516	0,968	0,44%
1,2	0	0	0	0,000	0,695	3,272	41,71	3,159	0,431	1,399	0,64%
1,3	1	0	1	0,252	0,695	3,272	31,60	3,159	0,327	1,726	0,78%
1,4	0	0	0	0,000	0,443	3,272	41,66	2,015	0,275	2,001	0,91%
1,5	2	0	1	0,443	0,443	3,272	35,61	2,015	0,235	2,236	1,02%

#### CAIDA DE TENSIÓN CIRCUITO I

## Circuito II

### Cargas de los abonados (KW)

Domestico	:	0,200 KW
Conductor	:	2 x 16/25
Potencia Luminaria	:	0,06 KW
Factor de simultaneidad	:	0,958
Porcentaje de caída de tensión:		1,50%

Tabla 25

CIRCUITO II											
Punto	Lotes	Carga Especial	Luminaria	Potencia	$\Sigma$ Potencia	K	Longitud	Corriente	$\Delta V$	$\Sigma \Delta V$	$\Delta V\%$
0	0	0	0	0,000	1,270	3,272	5	5,773	0,094	0,094	0,04%
1	0	0	0	0,000	1,270	3,272	29,290	5,773	0,553	0,647	0,29%
2	1	0	1	0,252	1,270	3,272	42,580	5,773	0,804	1,451	0,66%
3	1	0	0	0,192	1,018	3,272	46,120	4,629	0,699	2,150	0,98%
4	1	0	1	0,252	0,827	3,272	39,210	3,758	0,482	2,632	1,20%
5	1	0	0	0,192	0,575	3,272	22,490	2,614	0,192	2,824	1,28%
6	1	0	0	0,192	0,383	3,272	40,480	1,742	0,231	3,055	1,39%
7	0	0	0	0,000	0,192	3,272	39,530	0,871	0,113	3,168	1,44%
7	1	0	0	0,192	0,192	3,272	45,530	0,871	0,130	3,298	1,50%

### CAIDA DE TENSIÓN CIRCUITO II

#### a. Sistema de protección

**Fusibles:** Hay de distintas formas y capacidades siendo seleccionados según los requerimientos del sistema a proteger. Del mismo modo, la fusión del elemento metálico puede ser extra rápida, rápida o lenta. Serán concertados directamente a los equipos que se busca proteger, El valor de la corriente permitida por la rama a la que protegen no debe superar un valor entre 1,1 y 1,5 veces la corriente máxima.

$$I_{FUSIBLE} \leq 1.5 \times I_{MAX}$$

Se conectarán para proteger los reguladores de tensión y el alternador que son los equipos que pueden presentar fallas y malograrse por daños de sobretensión, en el caso del regulador la corriente se dividirá entre 2, ya que se conectarán 2 equipos reguladores en paralelo.

$$I_{FUS-REGULA} \leq \frac{1.5 \times I_{REGULADOR}}{2}$$

$$I_{FUS-REGULA} \leq \frac{1.5 \times 70}{2}$$

$$I_{FUS-REGULA} \leq 52.5 \text{ Amp}$$

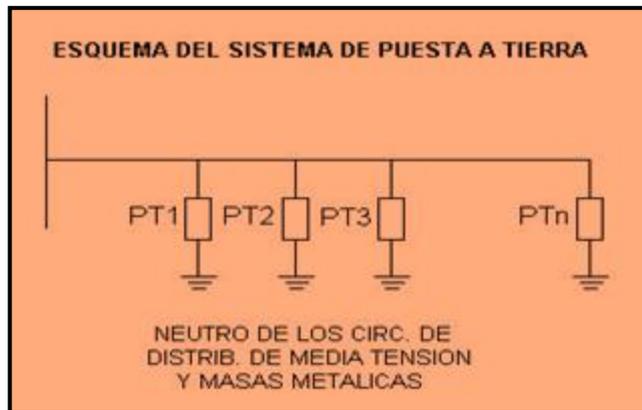
Se emplearán fusibles de la marca CUPPER BUSSMAN del modelo PVS-60, uno para cada regulador de tensión y un fusible antes del ingreso al alternador con una capacidad de 100 amperios, PVS-100.

- b. Puesta a Tierra:** Como se estipula en el Código Nacional Utilización: sección 060 – 206: Puestas y Enlaces a Tierra, ésta se deberá instalar un sistema de puesta a tierra, que consiste en una varilla de cobre de 2 metros de profundidad enterrada y con una sección mínima seleccionada. Se seleccionará una puesta a tierra con todos sus componentes, con una sección de 25 mm<sup>2</sup>, de la empresa INGESCO.

## CALCULO DE PUESTA A TIERRA BAJA TENSION

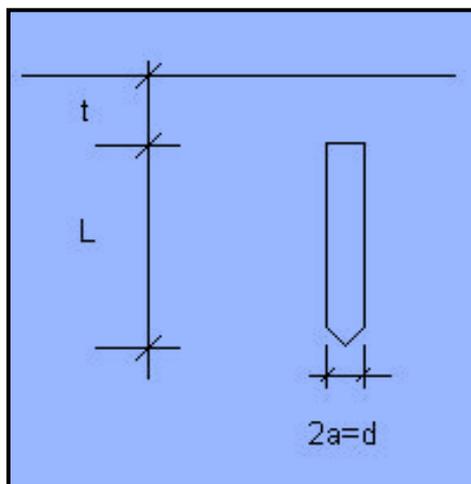
Datos de partida	
Resistividad del Terreno :	30 W - m
Resistencia del Sistema de Puesta a Tierra :	15 W (según CNE-SUMINSTRO)

Esquema del Sistema de Puesta a Tierra



Condición a satisfacer :  $R/n < 15 \text{ W}$

Considerando un Electrodo único :

$$R = \frac{r}{2 * \rho * L} \ln(4 * L / (1.36 * d))$$


L =	2,44	m
d =	5/8	in
d =	0,0159	m
t =	0,2	m
rf =	30	W - m
Rf =	11,9637	W
n =	1	
Rf =	11,9637	W

Caso contrario se utiliza aditamentos quimicos para llegar a los valores estimados.

## D. Cálculo Mecánico:

Tabla 26

CALCULOS MECÁNICOS		
DATOS DE CONDUCTOR		
TIPO 2x16/25		
N° de alambres	-	7
Seccion	mm <sup>2</sup>	25
Diametro Exterior	mm	16,5
Esfuerzo de rotura	N/mm <sup>2</sup>	295,8
Masa total	kg /m	0,249
Peso total	N/m	2,4402
Coefic. Dilatación lineal a 20 °C	1/°C	0,000021
Módulo de elasticidad final	N /mm <sup>2</sup>	60820

### Cálculos Mecánicos Conductor tipo 2 x16/25

#### Vano equivalente

$$a_{equiv} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i^3}{\sum_{i=1}^n a_i}}$$

Tabla 27

a	a <sup>3</sup>
5	125,0
29,29	25128,0
39,13	59914,2
41,71	72563,9
31,60	31554,5
41,66	72303,2
35,61	45156,0
42,580	77199,9
46,120	98099,7
39,210	60282,4
22,490	11375,4
40,480	66331,8
39,530	61770,4
45,530	94382,8
499,94	776187,4

Equivalente	Maximo
39,40	46,12

#### Vano Equivalente

La base de los factores meteorológicos, son la velocidad del viento, la temperatura, hielo:

**Tabla 27**

<b>HIPOSTESIS I</b>				
	<b>Vano</b>	<b><math>\sigma</math> [N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>To [N]</b>	<b>f [cm]</b>
Equivalente	39,403	36,319	907,972	0,013
Maximo	46,120	37,624	940,607	0,017

<b>HIPOSTESIS II</b>				
	<b>Vano</b>	<b><math>\sigma</math> [N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>To [N]</b>	<b>f [cm]</b>
Equivalente	41,710	34,378	859,445	0,014
Maximo	46,120	38,883	972,065	0,025

<b>HIPOSTESIS III</b>				
	<b>Vano</b>	<b><math>\sigma</math> [N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>To [N]</b>	<b>f [cm]</b>
Equivalente	42,580	42,095	1052,369	0,011
Maximo	46,120	42,823	1070,571	0,013

**Resumen de esfuerzos y tensiones**

**Características del diseño de la altura del poste Red secundaria:**

**Tabla 28**

<b>ALTURA DEL POSTE</b>				
<b>Vanos</b>	<b>Flecha Max.</b>	<b>Distancia Min.</b>	<b>Hp</b>	<b>Resultados</b>
39,40	0,01398	6	7,13	8
46,12	0,01699	6	7,14	8

**Altura del Poste**

## Cálculo mecánico de retenidas

### Tiro máximo de retenidas

Tabla 29

TIRO MAXIMO DE RETENIDAS SIMPLE (TR)		
DATOS	CANTIDAD	UNIDAD
Tiro maximo del cable	3850	Kg
Coefficiente de seguridad	2	
TR	1925	Kg

FUERZA MAXIMA DE CONDUCTOR		
DATOS	CANTIDAD	UNIDAD
Tiroo maximo de la retenida	4850	Kg
Angulo de la con lavertical	30	°
Altura de la aplicación de retenida	6,5	m
Fp	2352,61194	Kg

CALCULO DE ANCLAJE		
PARAMETROS A CONSIDERAR	UNIDAD	CANTIDAD
Bloque de anclaje 0.4x0.4x0.2		m
varilla de anclaje (Comercial)	0,625	
Maximo tiro que soporta la retenida (Tr)	4850	Kg
Inclinacion de la varilla	30	°
Peso especifico del terreno (tierra media)	1545	Kg/m <sup>3</sup>
Angulo de deslizamiento	50	°
V	1,569579288	m <sup>3</sup>
h	1,415	
l	1,833901262	

### Cálculo Mecánico de Retenidas Simple (TR)

## ANEXO VI

### Costo del kW-h generado

El costo del kW-h generado lo determinamos con la siguiente fórmula:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{i + Mt}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E}{(1+r)^t}}$$

Donde:

- t = Vida estimada de la instalación
- i = Inversión inicial
- Mt = costes de operación y mantenimiento
- E = Energía generada durante la vida del sistema
- r = Tasa de descuento

Para nuestra investigación tenemos los siguientes valores:

i = Inversión Inicial	22229,25 S/.
E = Energía durante la vida del sistema (20 años)	64674,91 kW-h
Mt = Costes de Operación y Mantenimiento	19101,00 S/.
r = Tasa de Descuento	0,12

<b>AÑO</b>	<b><math>(1 + Mt)/(1+r)^t</math></b>	<b><math>E/(1+r)^t</math></b>
1	36902,01	57745,45
2	32948,22	51558,44
3	29418,06	46034,32
4	26266,12	41102,07
5	23451,89	36698,28
6	20939,19	32766,32
7	18695,71	29255,64
8	16692,59	26121,11
9	14904,10	23322,42
10	13307,23	20823,59
11	11881,46	18592,49
12	10608,45	16600,44
13	9471,83	14821,82
14	8456,99	13233,77
15	7550,88	11815,86
16	6741,86	10549,88
17	6019,52	9419,53
18	5374,57	8410,30
19	4798,72	7509,19
20	4284,57	6704,64
<b>TOTAL</b>	<b>308713,97</b>	<b>483085,56</b>

De donde obtenemos los siguientes resultados:

Por lo tanto el costo del kW-h generado será:

<b>LCOE = COSTO S/. / kW-h</b>	<b>0,6390</b>
--------------------------------	---------------

**ANEXO VII**  
**Evaluación Económica de la Central Solar**

**A. Presupuesto de la Mini Central Solar**

Tabla 31

<b>METRADO Y PRESUPUESTO</b>				
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>P. Unit (S/.)</b>	<b>P.Total (S/.)</b>
<b>1,0</b>	<b>SUMINISTRO DE MATERIALES</b>			<b>20775,00</b>
1,1	Módulo fotovoltaico	12	664,50	7974,00
1,2	Regulador	2	450,50	901,00
1,3	Baterías	12	350,00	4200
1,4	Cable de cobre para conexión de elementos de la micro central.	1	100,00	100,00
1,5	Freetox NHX-90 (LSOHX-90)	1	100,00	100,00
1,6	Sistema de Control	1	2000,00	2000,00
1,7	Convertidor de CC a CA	1	5500,00	5500,00
<b>2,0</b>	<b>MANO DE OBRA</b>			<b>1246,50</b>
2,1	Costo de Montaje e Instalación (6% del Suministro de Materiales)	1	1246,50	1246,50
<b>3,0</b>	<b>TRANSPORTE</b>			<b>207,75</b>
3,1	Costo de Transporte de Materiales (1% del Suministro de Materiales)	1	207,75	207,75
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>22229,25</b>
<b>PRESUPUESTO FINAL DE LA CENTRAL SOLAR (S/.)</b>				<b>22229,25</b>

**Presupuesta de la Central Solar**

## B. Presupuesto de la Red Secundaria

### a. Suministro

Tabla 32

#### SUMINISTRO DE EQUIPOS Y MATERIALES

ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UND.	COSTO (\$.)			
			MICROCENTRAL	TOTAL	UNITARIO	PARCIAL
1,00	POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO					
1,01	POSTE DE MADERA DE 8 m/2 000N	Und	0,00	0,00	368,00	0,00
1,02	POSTE DE MADERA DE 8 m/3 000N	Und	13,00	13,00	385,00	5,005,00
	SUB-TOTAL 1					5005,00
2,00	CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO					
2,01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO CAAI 2x25 + 1x16 + NP25 mm <sup>2</sup>	m	0,00	0,00	8,32	0,00
2,02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO CAAI 2x16 + 1x16 + NP25 mm <sup>2</sup>	m	0,00	0,00	6,51	0,00
2,03	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO CAAI 2x16 + NP25 mm <sup>2</sup>	m	499,94	499,94	4,60	2,299,72
2,04	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO CAAI 1x16 + NP25 mm <sup>2</sup>	m	0,00	0,00	5,35	0,00
	SUB-TOTAL 2					2299,72
3,00	ACCESORIOS DE CABLES AUTOPORTANTES					
3,01	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO 25 A 35 m	Und	5,00	5,00	9,12	45,60
3,02	GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 mm <sup>2</sup>	Und	3,00	3,00	9,55	28,65
3,03	CONECTOR AISLADO TIPO PERFORACION, PARA CONDUCTORES 25 AI 35 mm <sup>2</sup> Y FASE AISLADA	Und	5,00	5,00	5,41	27,05
3,04	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRO	Und	10,00	10,00	0,32	3,20
3,05	CINTA AUTOFUNDANTE PARA EXTREMO DE CABLE	m	2,00	2,00	15,20	30,40
3,06	CONECTOR BIMETALICO AISLADO TIPO PERFORACION, P' CONDUCTORES AI 35mm <sup>2</sup> /Cu 4-10mr	Und	5,00	5,00	5,41	27,05
3,07	CINTA AISLANTE	m	2,00	2,00	3,00	6,00
	SUB-TOTAL 3					167,95
4,00	CABLES Y CONDUCTORES DE COBRE					
4,01	CONDUCTOR DE COBRE CONCENTRICO, Y CUBIERTA DE PVC	m	0,00	0,00	3,80	0,00
4,02	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR, CUBIERTA NEGRA	m	5,00	5,00	4,10	20,50
4,03	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 10 mm <sup>2</sup>	m	2,00	2,00	5,43	10,86
	SUB-TOTAL 4					31,36
5,00	LUMINARIAS, LAMPARAS Y ACCESORIOS					
	PASTORAL TUBO A° G° 38mm Ø, INT.; 500mm AVANCE HORIZ.; 720 mm ALTURA, Y 20°					
5,01	INCLINACION, PROVISTO DE 2 ABRAZADERAS DOBLES PARA POSTE DE CAC	Und	2,00	2,00	52,00	104,00
5,02	LUMINARIA COMPLETA CON EQUIPO PARA LAMPARA DE 50 W	Und	2,00	2,00	100,00	200,00
5,03	LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 50 W	Und	2,00	2,00	24,65	49,30
5,04	CONECTOR BIMETALICO AISLADO TIPO PERFORACION, P' CONDUCTORES AI 16mm <sup>2</sup> /Cu 4-	Und	4,00	4,00	7,40	29,60
	SUB-TOTAL 5					382,90
6,00	RETENIDAS Y ANCLAJES					
6,01	CABLE DE ACERO GRADO SIEMENS-MARTIN, 10 mm Ø, 7 HILOS	m	2,00	2,00	3,36	6,72
6,02	PERNO ANGULAR CON OJAL-GUARDACABO DE 203 mm x 16 mm Ø	Und	2,00	2,00	11,19	22,38
6,03	VARILLA DE ANCLAJE DE ACERO DE 13 mm Ø x 2,40 m PROVISTO DE OJAL-GUARDACABO, TUERCA	Und	1,00	1,00	20,00	20,00
6,04	ARANDELA DE ANCLAJE DE ACERO DE 102 x 102 x 5 mm, AGUJ. 18 mm Ø	Und	2,00	2,00	4,34	8,68
6,05	AMARRE PREFORMADO DE A°G° PARA CABLES DE 10mm	Und	1,00	1,00	13,78	13,78
6,06	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57x5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	Und	2,00	2,00	1,53	3,06
6,07	ALAMBRE DE A° G° N° 12 PARA ENTORCHADO	m	2,00	2,00	0,63	1,26
6,08	BLOQUE DE CONCRETO ARMADO DE 0,40 x 0,40 x 0,20 m	Und	13,00	13,00	25,50	331,50
6,09	CANAleta GUARDACABLE	Und	2,00	39,00	40,00	1,560,00
6,10	CONTRAPUNTA DE F°G° 51 mm f x 1 m, con ABRAZADERA PARTIDA, PLATINA 100 x 5 mm, 4 PE	Und	2,00	2,00	32,00	64,00
6,11	AISLADOR DE TRACCIÓN TIPO NUEZ ANSI 54-1	Und	2,00	2,00	11,50	23,00
	SUB-TOTAL 6					2054,38
7,00	ACCESORIOS DE FERRETERIA PARA ESTRUCTURAS					
7,01	PERNO CON GANCHO, DE A° G°, DE 16 mm Ø x 203 mm PROVISTO DE ARANDELA FIJA, TUERCA	Und	2,00	2,00	9,70	19,40
7,02	PERNO CON GANCHO, DE A° G°, DE 16 mm Ø x 305 mm PROVISTO DE ARANDELA FIJA, TUERCA	Und	3,00	3,00	12,55	37,65
7,03	PERNO DE A° G° DE 13 mm Ø x 203 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	Und	2,00	2,00	4,68	9,36
7,04	BREA LIQUIDA UNDERCOATING PARA PROTECCION BASE POSTE	Gln	1,00	1,00	28,00	28,00
7,05	TUERCA-OJAL DE A° G°, PARA PERNO DE 16 mm Ø	Und	3,00	3,00	7,04	21,12
7,06	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A° G°, 57 x 57 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mm Ø	Und	2,00	2,00	1,53	3,06
7,07	PORTALINEA UNIPOLAR DE A° G°, PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø	Und	1,00	1,00	5,00	5,00
	SUB-TOTAL 7					2110,19
8,00	PUESTA A TIERRA					
8,01	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE DE 16mm Ø X 2,40 m	Und	2,00	2,00	23,00	46,00
8,02	CONECTOR DE BRONCE TIPOA AB	Und	2,00	2,00	7,58	15,16
8,03	CONECTOR BIMETALICO AISLADO TIPO PERFORACION, P' CONDUCTORES AI 25mm <sup>2</sup> /Cu	Und	2,00	2,00	5,42	10,84
8,04	SAL ELECTROLITICA ECOLOGICA SIMILAR THORGE	Und	2,00	2,00	23,00	46,00
8,05	CAJA CIRCULAR PARA PUESTA A TIERRA	Und	2,00	2,00	25,00	50,00
	SUB-TOTAL 8					168,00
	<b>TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES (\$.)</b>					<b>12219,50</b>

#### Suministro de Equipos y Materiales

## b. Montaje

Tabla 33

ITEM	MONTAJE ELECTROMECANICO	UNID.	METRADO TOTAL CANT.	PRECIO UNIT. S/.	TOTAL S/.
1,00	OBRAS PRELIMINARES				
1,01	ESTUDIOS DE INGENIERIA DE LAS REDES SECUNDARIAS	Localid	0,00	153,00	0,00
1,02	REPLANTEO TOPOGRÁFICO, UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS E INGENIERÍA DE DETALLE DE LAS REDES SECUNDARIAS	Local	0,00	286,00	0,00
	SUB-TOTAL 1:				0,00
2,00	INSTALACIÓN DE POSTES DE MADERA				
2,01	TRANSPORTE DE POSTE DE MADERA 8 m DE ALMACEN A PUNTO DE IZAJE	u	13,00	11,69	151,97
2,02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y conglomerado)	m3	3,00	11,35	34,05
2,03	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)	m3	0,91	0,00	0,00
2,04	IZAJE, IDENTIFICACIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE POSTE DE 8 m(*)	u	4,00	22,08	88,32
2,05	RELLENO Y COMPACTACIÓN PARA CIMENTACIÓN DE POSTE DE 8m	m3	1,50	30,00	45,00
	SUB-TOTAL 2:				319,34
3,00	INSTALACIÓN DE RETENIDAS				
3,01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y conglomerado)	m3	5,00	11,35	56,75
3,02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)	m3	0,65	0,00	0,00
3,03	INSTALACIÓN DE RETENIDA INCLINADA	u	0,00	16,11	0,00
3,04	INSTALACIÓN DE RETENIDA VERTICAL	u	5,00	17,32	86,60
3,05	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE RETENIDA INCLINADA Y VERTICAL	m3	3,00	16,82	50,46
	SUB-TOTAL 3:				193,81
4,00	MONTAJE DE ARMADOS				
4,01	ARMADO TIPO E1/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	2,00	5,30	10,60
4,02	ARMADO TIPO E2/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,00	6,53	0,00
4,03	ARMADO TIPO E3/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	3,00	5,32	15,96
4,04	ARMADO TIPO E4/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	1,00	6,53	6,53
4,05	ARMADO TIPO E5/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	2,00	9,00	18,00
4,06	ARMADO TIPO E6/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,00	9,87	0,00
	SUB-TOTAL 4:				51,09
5,00	MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES COMPRENDE TENDIDO Y PUESTA EN FLECHA DE :				
5,01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 2X16+16+P25 mm <sup>2</sup>	km	0,000	250,00	0,00
5,02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 2X16+P25 mm <sup>2</sup>	km	0,643	250,00	160,75
	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 1X16+16+P25 mm <sup>2</sup>		0,00	250,00	0,00
	SUB-TOTAL 5:				160,8
6,00	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA				
6,01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y conglomerado)	m3	2,00	11,35	22,70
0,02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)	m3	0,00	0,00	0,00
6,03	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 EN POSTE DE MADERA	u	0,00	11,82	0,00
6,04	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA	m3	2,00	17,02	34,04
	SUB-TOTAL 6:				56,74
7,00	PASTORALES, LUMINARIAS Y LAMPARAS				
7,01	INSTALACIÓN DE PASTORAL DE A° G°	u	3,00	6,48	19,44
7,02	INSTALACIÓN DE LUMINARIA Y LÁMPARA	u	3,00	11,00	33,00
	SUB-TOTAL 7:				52,44
9,00	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO:				
9,01	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	Loc	1,00	250,00	250,00
9,02	EXPEDIENTE TECNICO FINALES CONFORME A OBRA (1 ORIGINAL + 3 COPIAS) DE REDES SECUNDARIAS, INCLUYE LA PRESENTACIÓN DIGITALIZADA DE L EXPEDIENTE EN UN CD	Loc	0,00	150,00	0,00
	SUB-TOTAL 9:				250,00
<b>TOTAL MONTAJE ELECTROMECÁNICO</b>				<b>S/.</b>	<b>1,084,17</b>

### Montaje de Equipos y Materiales

### C. Total de Inversión para realizar el Proyecto

Tabla 34

<b>TOTAL DE LA INVERSIÓN (S/.)</b>	
Mini Central de Energía	22229,25
Suministro de Materiales Red Secundaria	12219,50
Montaje Red Secundaria	1084,17
<b>TOTAL (S/.)</b>	<b>35532,92</b>

**Total de Inversión**

### D. Análisis de la Rentabilidad (VAN, TIR, B/C)

#### a. Ingresos por año

Tabla 35

<b>FLUJO DE INGRESOS</b>			
<b>Año</b>	<b>Consumo de Energía (kW h)</b>	<b>Costo kWh S/.</b>	<b>Flujo de Ingresos S/.</b>
1	2592,06	0,639	1656,45
2	2650,02	0,639	1693,49
3	2709,41	0,639	1731,44
4	2770,26	0,639	1770,33
5	2832,62	0,639	1810,17
6	2896,51	0,639	1851,00
7	2961,98	0,639	1892,84
8	3029,07	0,639	1935,72
9	3097,83	0,639	1979,66
10	3168,29	0,639	2024,68
11	3240,50	0,639	2070,83
12	3314,51	0,639	2118,12
13	3390,36	0,639	2166,59
14	3468,10	0,639	2216,27
15	3547,78	0,639	2267,19
16	3629,45	0,639	2319,38
17	3713,16	0,639	2372,88
18	3798,97	0,639	2427,72
19	3886,93	0,639	2483,93
20	3977,10	0,639	2541,55

**Flujo de Ingresos**

**b. Egresos por Año**

**Tabla 36**

<b>COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>Período</b>	<b>Sueldo x Mant. S/.</b>	<b>Sueldo S./año</b>
Técnico de Mantenimiento	cada 6 meses	350,00	700,00
<b>Total de Costo de Operación y Mantenimiento (S/.)</b>			<b>700,00</b>

**Costos de Operación y Mantenimiento**

**Tabla 37**

<b>FLUJO DE EGRESOS</b>	
<b>Año</b>	<b>Flujo de Egresos S/.</b>
0	35532,92
1	700,00
2	700,00
3	700,00
4	700,00
5	700,00
6	700,00
7	700,00
8	700,00
9	700,00
10	5801,00
11	700,00
12	700,00
13	700,00
14	700,00
15	700,00
16	700,00
17	700,00
18	700,00
19	700,00
20	700,00

**Flujo de Egresos**

En el Año 10 se está considerando la reposición de los Reguladores y Baterías.

### c. Flujo Neto Efectivo

Tabla 38

FLUJO DE EFECTIVO NETO	
Año	Valor
0	-35532,92
1	956,45
2	993,49
3	1031,44
4	1070,33
5	1110,17
6	1151,00
7	1192,84
8	1235,72
9	1279,66
10	-3776,32
11	1370,83
12	1418,12
13	1466,59
14	1516,27
15	1567,19
16	1619,38
17	1672,88
18	1727,72
19	1783,93
20	1841,55

### Flujo Neto Efectivo

### d. Cálculo del VAN, TIR.

VNA	-28153,98
TIR	-4%

El VNA es negativo y el TIR es menor que el 12% por lo tanto el proyecto no es económicamente viable.

## ANEXO VIII

### Vistas Fotográficas del Lugar

Ilustración 6

Recuperado de: <https://www.google.com.pe/maps/place/Distrito+de+Llama>



Foto Satelital de Lushcapampa.

Ilustración 7

Fuente: Elaboración propia



Foto del caserío de Lushcapampa

Ilustración 8

Fuente: Elaboración propia



Foto del caserío de Lluschcapampa

Ilustración 9

Fuente: Elaboración propia



Foto del caserío de Lluschcapampa





### ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Deciderio Enrique Díaz Rubio, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada: "**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR PARA ELECTRIFICAR EL CASERÍO DE LLUSHCAPAMPA, DISTRITO DE LLAMA, REGIÓN CAJAMARCA**", del bachiller:

#### **BRAVO BRAVO WALTER**

Constato que la Tesis tiene un índice de similitud de 23% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada uno de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 26 de Julio del 2019

Firma

Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio

DNI: 16728343



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

*E.P. de Ingeniería mecánica Eléctrica*

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

*WALTER BRAVO BRAVO*

INFORME TITULADO: *" PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR  
PARA ELECTRIFICAR EL CASERIO DE HUSHCALAMPA,  
DISTRITO DE LLAMA, REGIÓN CAJAMARCA "*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

*INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA*

SUSTENTADO EN FECHA: *22-02-2019*

NOTA O MENCIÓN: *APROBADO POR MAYORÍA.*

---

FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN