



Universidad  
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de  
Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Estudio de implementación de un sistema eléctrico  
fotovoltaico para el abastecimiento de energía  
eléctrica del Pabellón “L” de la Universidad  
Continental – Huancayo, 2018**

**Alessandro Paul Ramos Jimenez**

Huancayo, 2019

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista



Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

**ASESOR**

Ing. Pedro Ricardo Gurmendi Párraga

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi madre por darme su amor, su tiempo, su vida y apoyo incondicional.

A los ingenieros Luis Pacheco Acero y Hugo Reymundo Álvarez por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo por brindarme consejos para la elaboración del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Alfredo Macha Gutierrez y esposa Dina Camborda Ledesma por los consejos y el constante apoyo que me brindaron durante la elaboración del presente trabajo de investigación.

A mis amigos y amigas, que me brindaron sus conocimientos, experiencia y apoyo.

## **DEDICATORIA**

A Dios que guía mis pasos, a mi madre, a mis familiares y amigos que me alientan constantemente en este andar de la vida.

## LISTA DE CONTENIDOS

<b>ASESOR</b> .....	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>xv</b>

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	17
1.1.1. Planteamiento del Problema .....	17
1.1.2. Formulación del Problema.....	18
1.2. Objetivos .....	19
1.3. Justificación e Importancia .....	20
1.3.1. Justificación Teórica .....	20
1.3.2. Justificación Metodológica .....	20
1.3.3. Justificación Social .....	20
1.3.4. Justificación Económica .....	21
1.3.5. Importancia .....	21
1.4. Hipótesis y descripción de variables .....	21
1.4.1. Hipótesis .....	21
1.4.2. Descripción de variables .....	22
1.4.3. Operacionalización de variables .....	23

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema .....	24
2.1.1. Antecedentes Nacionales .....	24
2.1.2. Antecedentes Internacionales .....	32
2.2. Bases teóricas .....	40
2.2.1. Generación Fotovoltaica .....	40
2.2.2. Avance de la tecnología solar a través de los años .....	43
2.2.3. Radiación Solar .....	47
2.2.4. Determinación de la irradiación solar .....	51
2.2.5. Mapa de irradiación solar del Perú y del departamento de Junín .....	58
2.2.6. Datos de Irradiación Solar (SENAMHI) .....	60

2.2.7.	Datos de Irradiación Solar (NASA).....	62
2.2.8.	Sistema Fotovoltaico.....	64
2.2.9.	Componentes de un Sistema Fotovoltaico.....	65
2.2.10.	Tipos de Sistemas Fotovoltaicos.....	89
2.2.11.	Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica .....	93
2.2.12.	Sistemas fotovoltaicos aislados existentes en el Perú.....	94
2.2.13.	Centrales solares conectadas a red existentes en el Perú .....	95
2.2.14.	Energía Eléctrica.....	99
2.3.	Definición de términos básicos .....	100

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA**

3.1.	Métodos y alcance de la investigación.....	103
3.1.1.	Método .....	103
3.1.2.	Alcance de la investigación .....	103
3.1.3.	Tipo .....	104
3.2.	Diseño de la investigación .....	104
3.3.	Población y muestra .....	104
3.3.1.	Población .....	104
3.3.2.	Muestra .....	105
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	105
3.4.1.	Entrevista focalizada.....	105
3.4.2.	Ficha de toma de datos.....	106

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	107
4.1.1.	Condiciones del lugar .....	107
4.1.2.	Ubicación del sistema fotovoltaico.....	112
4.1.3.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	113
4.1.4.	Ubicación del sistema fotovoltaico en el Pabellón L.....	125
4.1.5.	Características del sistema fotovoltaico.....	127
4.1.6.	Costo sin proyecto .....	128
4.1.7.	Costo con proyecto .....	132
4.1.8.	Estudio económico - financiero .....	135
4.2.	Prueba de hipótesis.....	146
4.3.	Discusión de resultados.....	154

<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>159</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>162</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>163</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>167</b>



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valores de los coeficientes del modelo Ångstrom-Prescott .....	56
<b>Tabla 2.</b> Valores de los coeficientes del modelo Bristow-Campbell .....	57
<b>Tabla 3.</b> Rango de irradiación promedio por mes según el mapa solar de SENAMHI .....	60
<b>Tabla 4.</b> Irradiación solar promedio por mes de los últimos 5 años según SENAMHI.....	61
<b>Tabla 5.</b> Coordenadas de la Universidad Continental - Huancayo en grados decimales.....	62
<b>Tabla 6.</b> Irradiación directa normal - NASA.....	62
<b>Tabla 7.</b> Irradiación solar promedio por mes de los últimos 5 años según NASA .....	63
<b>Tabla 8.</b> Tensión nominal vs Tensión máxima .....	69
<b>Tabla 9.</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	105
<b>Tabla 10.</b> Temperatura promedio del lugar del proyecto.....	108
<b>Tabla 11.</b> Irradiación solar - SENAMHI.....	109
<b>Tabla 12.</b> Irradiación solar - NASA .....	111
<b>Tabla 13.</b> Irradiación promedio incidente en el Pabellón L de la Universidad Continental - Huancayo .....	112
<b>Tabla 14.</b> Equipos del circuito de fuerza.....	114
<b>Tabla 15.</b> Equipos del circuito de alumbrado del Pabellón L .....	115
<b>Tabla 16.</b> Energía consumida y potencia total del sistema .....	116
<b>Tabla 17.</b> Elección del voltaje del sistema según la potencia demandada.....	117
<b>Tabla 18.</b> Valores de horas sol pico y corriente de diseño mensuales .....	119
<b>Tabla 19.</b> Conductores Promelsa .....	124
<b>Tabla 20.</b> Características eléctricas del sistema fotovoltaico.....	127
<b>Tabla 21.</b> Resumen de energía eléctrica generada y costo aportado por el sistema fotovoltaico .....	128
<b>Tabla 22.</b> Porcentajes de la facturación de marzo - 2018 .....	128
<b>Tabla 23.</b> Porcentajes del consumo de marzo - 2018.....	129
<b>Tabla 24.</b> Relación porcentual entre la energía consumida por el Pabellón L - Universidad Continental y el suministro N°67970957 .....	129
<b>Tabla 25.</b> Porcentajes de la facturación del alumbrado del Pabellón L – Universidad Continental.....	130
<b>Tabla 26.</b> Relación porcentual entre la facturación total del suministro y la facturación del alumbrado del Pabellón L .....	130
<b>Tabla 27.</b> Simulación del consumo eléctrico y facturación del alumbrado del Pabellón L..	131
<b>Tabla 28.</b> Costo promedio mensual, anual y a 20 años.....	132
<b>Tabla 29.</b> Costo de equipos y materiales de sistema fotovoltaico .....	132
<b>Tabla 30.</b> Costo de materiales de puesta a tierra del sistema fotovoltaico.....	133
<b>Tabla 31.</b> Costo del transporte de equipos y materiales.....	134
<b>Tabla 32.</b> Costo del montaje electromecánico del sistema fotovoltaico .....	134
<b>Tabla 33.</b> Costo de mantenimiento del sistema fotovoltaico .....	134
<b>Tabla 34.</b> Costo de reposición de baterías cada 7 años .....	135
<b>Tabla 35.</b> Energía y costo promedio mensual y anual aportado por el sistema fotovoltaico	135
<b>Tabla 36.</b> Proyección de ventas del sistema fotovoltaico .....	139
<b>Tabla 37.</b> Inversiones fijas del sistema fotovoltaico .....	139

<b>Tabla 38.</b> Inversiones diferidas del sistema fotovoltaico .....	140
<b>Tabla 39.</b> Estado de resultados del sistema fotovoltaico .....	140
<b>Tabla 40.</b> Flujo operativo del sistema fotovoltaico .....	141
<b>Tabla 41.</b> Flujo de inversiones del sistema fotovoltaico .....	141
<b>Tabla 42.</b> Flujo de caja económico .....	142
<b>Tabla 43.</b> Determinación del costo promedio ponderado del capital.....	142
<b>Tabla 44.</b> Indicadores económicos.....	142
<b>Tabla 45.</b> Periodo de recuperación de la inversión sin financiamiento .....	143
<b>Tabla 46.</b> Calculo de la cuota anual de la deuda .....	143
<b>Tabla 47.</b> Calendario de pago de la deuda .....	144
<b>Tabla 48.</b> Flujo de caja financiero.....	144
<b>Tabla 49.</b> Indicadores financieros .....	145
<b>Tabla 50.</b> Periodo de recuperación de la inversión con financiamiento .....	145
<b>Tabla 51.</b> Costos de pre y post estudio .....	146
<b>Tabla 52.</b> Prueba t para medias de dos muestras emparejadas.....	148
<b>Tabla 53.</b> Irradiación promedio incidente en el Pabellón L de la Universidad	
Continental – Huancayo.....	149
<b>Tabla 54.</b> Calificación de la irradiación solar. ....	150
<b>Tabla 55.</b> Porcentaje de ahorro sin financiación .....	153
<b>Tabla 56.</b> Porcentaje de ahorro con financiación .....	153
<b>Tabla 57.</b> Calificación del ahorro.....	154

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Celda de silicio monocristalino .....	41
<b>Figura 2.</b> Celda de silicio policristalino .....	42
<b>Figura 3.</b> Celda de silicio amorfo.....	43
<b>Figura 4.</b> Pirheliómetro absoluto de cavidad .....	48
<b>Figura 5.</b> Piranómetro con banda de sombra .....	49
<b>Figura 6.</b> Piranómetro de Eppley .....	50
<b>Figura 7.</b> Radiación directa, difusa y reflejada .....	50
<b>Figura 8.</b> Coordenadas geográficas.....	51
<b>Figura 9.</b> Declinación solar.....	53
<b>Figura 10.</b> Mapa de irradiación solar del Perú.....	58
<b>Figura 11.</b> Mapa de irradiación solar del departamento de Junín.....	59
<b>Figura 12.</b> Curvas de irradiación solar – SENAMHI.....	61
<b>Figura 13.</b> Irradiación solar directa por mes - NASA.....	63
<b>Figura 14.</b> Curvas de irradiación solar - NASA.....	64
<b>Figura 15.</b> Panel fotovoltaico.....	66
<b>Figura 16.</b> Partes de un panel fotovoltaico .....	68
<b>Figura 17.</b> Inclinación y distancia mínima de un panel fotovoltaico.....	70
<b>Figura 18.</b> Conexión en serie de paneles fotovoltaicos .....	73
<b>Figura 19.</b> Conexión en paralelo de paneles fotovoltaicos .....	74
<b>Figura 20.</b> Conexión serie-paralelo de paneles fotovoltaicos .....	75
<b>Figura 21.</b> Conexión en serie de baterías solares.....	82
<b>Figura 22.</b> Conexión en paralelo de baterías solares .....	83
<b>Figura 23.</b> Conexión en serie-paralelo de baterías solares.....	84
<b>Figura 24.</b> Inversor CC/CA.....	87
<b>Figura 25.</b> Lámpara Fluorescente TL-D 18W/865 .....	89
<b>Figura 26.</b> Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.....	94
<b>Figura 27.</b> Principales datos de la central solar Intipampa .....	95
<b>Figura 28.</b> Principales datos de la central solar Rubí.....	96
<b>Figura 29.</b> Principales datos de la central solar Moquegua FV .....	96
<b>Figura 30.</b> Principales datos de la central Panamericana Solar .....	97
<b>Figura 31.</b> Principales datos de la central Majes Solar 20T.....	97
<b>Figura 32.</b> Principales datos de la central solar Repartición 20T .....	98
<b>Figura 33.</b> Principales datos de la central Tacna Solar .....	98
<b>Figura 34.</b> Tarifa promedio adjudicada por tipo de tecnología.....	99
<b>Figura 35.</b> Curva de temperatura máxima y promedio .....	108
<b>Figura 36.</b> Curva de temperatura mínima y promedio.....	109
<b>Figura 37.</b> Curva de irradiación solar - SENAMHI.....	110
<b>Figura 38.</b> Curva de irradiación solar - NASA .....	111
<b>Figura 39.</b> Ubicación del sistema fotovoltaico. ....	112
<b>Figura 40.</b> Orientación de paneles fotovoltaicos .....	113
<b>Figura 41.</b> Distancia mínima entre generadores fotovoltaicos .....	125
<b>Figura 42.</b> Distribución de generadores fotovoltaicos en el pabellón L .....	126
<b>Figura 43.</b> Gráfico de probabilidad normal .....	147

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Declinación solar en base al día juliano del año .....	52
<b>Ecuación 2.</b> Ángulo solar .....	53
<b>Ecuación 3.</b> Irradiación en la atmósfera.....	54
<b>Ecuación 4.</b> Parámetro solar según la distancia de la tierra al sol .....	54
<b>Ecuación 5.</b> Distancia de la tierra al sol en base al día juliano .....	54
<b>Ecuación 6.</b> Irradiación solar según Ångström – Prescott .....	55
<b>Ecuación 7.</b> Exposición solar para un día concreto .....	55
<b>Ecuación 8.</b> Irradiación solar según Bristow–Campbell.....	57
<b>Ecuación 9.</b> Punto de máxima potencia de un panel fotovoltaico .....	69
<b>Ecuación 10.</b> Inclinación óptima de un panel fotovoltaico .....	70
<b>Ecuación 11.</b> Distancia “X” de un panel fotovoltaico .....	70
<b>Ecuación 12.</b> Distancia “Y” de un panel fotovoltaico .....	70
<b>Ecuación 13.</b> Distancia mínima entre paneles fotovoltaicos.....	71
<b>Ecuación 14.</b> Número de paneles fotovoltaicos en paralelo .....	71
<b>Ecuación 15.</b> Número de paneles fotovoltaicos en serie.....	71
<b>Ecuación 16.</b> Número total de paneles fotovoltaicos.....	71
<b>Ecuación 17.</b> Tensión total del sistema en una conexión serie de paneles fotovoltaicos .....	72
<b>Ecuación 18.</b> Corriente total del sistema en una conexión serie de paneles fotovoltaicos .....	72
<b>Ecuación 19.</b> Tensión total del sistema en una conexión en paralelo de paneles fotovoltaicos .....	73
<b>Ecuación 20.</b> Corriente total del sistema en una conexión en paralelo de paneles fotovoltaicos .....	73
<b>Ecuación 21.</b> Tensión total del sistema en una conexión serie-paralelo de paneles fotovoltaicos .....	74
<b>Ecuación 22.</b> Corriente total del sistema en una conexión serie-paralelo de paneles fotovoltaicos .....	75
<b>Ecuación 23.</b> Eficiencia de la batería .....	80
<b>Ecuación 24.</b> Número de baterías en paralelo.....	81
<b>Ecuación 25.</b> Número de baterías en serie .....	81
<b>Ecuación 26.</b> Número total de baterías .....	81
<b>Ecuación 27.</b> Tensión total del sistema en una conexión serie de baterías .....	82
<b>Ecuación 28.</b> Capacidad total del sistema en una conexión serie de baterías.....	82
<b>Ecuación 29.</b> Tensión total del sistema en una conexión en paralelo de baterías.....	83
<b>Ecuación 30.</b> Capacidad total del sistema en una conexión en paralelo de baterías.....	83
<b>Ecuación 31.</b> Tensión total del sistema en una conexión serie-paralelo de baterías.....	84
<b>Ecuación 32.</b> Capacidad total del sistema en una conexión serie-paralelo de baterías.....	85
<b>Ecuación 33.</b> Corriente de cortocircuito del sistema fotovoltaico .....	86
<b>Ecuación 34.</b> Número de inversores del sistema fotovoltaico .....	88
<b>Ecuación 35.</b> Inclinación óptima según la norma técnica de edificación EM-080.....	114
<b>Ecuación 36.</b> Inclinación óptima de un panel fotovoltaico .....	114

<b>Ecuación 37.</b> Consumo de corriente diaria del sistema fotovoltaico .....	116
<b>Ecuación 38.</b> Consumo de corriente diaria corregida .....	117
<b>Ecuación 39.</b> Capacidad de corriente del banco de baterías .....	117
<b>Ecuación 40.</b> Número de baterías en paralelo .....	118
<b>Ecuación 41.</b> Número de baterías en serie .....	118
<b>Ecuación 42.</b> Número total de baterías .....	118
<b>Ecuación 43.</b> Nueva capacidad del banco de baterías.....	118
<b>Ecuación 44.</b> Capacidad útil del banco de baterías .....	119
<b>Ecuación 45.</b> Corriente total de las baterías según el mes crítico de menor irradiación.....	119
<b>Ecuación 46.</b> Corriente total del generador fotovoltaico .....	120
<b>Ecuación 47.</b> Número de paneles fotovoltaicos en paralelo .....	120
<b>Ecuación 48.</b> Número de paneles fotovoltaicos en paralelo .....	120
<b>Ecuación 49.</b> Número total de paneles fotovoltaicos.....	121
<b>Ecuación 50.</b> Potencia total del generador fotovoltaico.....	121
<b>Ecuación 51.</b> Corriente de cortocircuito del sistema fotovoltaico .....	121
<b>Ecuación 52.</b> Potencia de trabajo nominal del inversor .....	122
<b>Ecuación 53.</b> Número de inversores del sistema fotovoltaico .....	122
<b>Ecuación 54.</b> Ley de Ohm.....	123
<b>Ecuación 55.</b> Resistencia de un conductor.....	123
<b>Ecuación 56.</b> Sección transversal de un conductor .....	123
<b>Ecuación 57.</b> Costo de capital promedio ponderado (WACC o CPPC) .....	136
<b>Ecuación 58.</b> Modelo CAPM .....	138

## RESUMEN

El informe de tesis titulado “Estudio de implementación de un sistema eléctrico fotovoltaico para el abastecimiento de energía eléctrica del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018” tiene como objetivo determinar si la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico reduce el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018; mediante la prueba T para medias de dos muestras emparejadas con un nivel de significancia del 5%. El método aplicado es de tipo deductivo, por partir de premisas, teorías, conceptos y leyes en la aseveración de los resultados obtenidos de la investigación en función a la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico y facturación por consumo de energía en la Universidad Continental – Huancayo; el tipo de la investigación, descriptiva y explicativa; el diseño de la investigación es cuasi-experimental. Luego de realizar el “Estudio de implementación de un sistema eléctrico fotovoltaico para el abastecimiento de energía eléctrica del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018” se llega a la conclusión de que es posible la reducción del costo por consumo de energía eléctrica empleando un sistema fotovoltaico gracias a su viabilidad técnica, económica y financiera.

**Palabras claves:** Sistema Eléctrico, Fotovoltaico, Energía Eléctrica

## **ABSTRACT**

The thesis report entitled "Study of the implementation of a photovoltaic electrical system for the supply of electric energy in Hall L of the Continental University - Huancayo, 2018" has as objective to determine if the proposal of implementation of a photovoltaic system reduces the economic cost by conventional electric power consumption of the L pavilion of the Continental University - Huancayo, 2018; using the T test for means of two paired samples with a level of significance of 5%. The applied method is of deductive type, based on premises, theories, concepts and laws in the assertion of the results obtained from the research based on the proposal of implementation of a photovoltaic system and billing for energy consumption in the Continental University - Huancayo; the type of research, descriptive and explanatory; The design of the research is quasi-experimental. After carrying out the "Study of the implementation of a photovoltaic electrical system for the electric power supply of the L pavilion of the Continental University - Huancayo, 2018", it is concluded that it is possible to reduce the cost of electricity consumption by using a photovoltaic system thanks to its technical, economic and financial feasibility.

**Keywords:** Electric System, Photovoltaic, Electrical energy.

## INTRODUCCIÓN

En el año 1998 la Universidad Continental contaba con pocas edificaciones a comparación de ahora que cuenta con los pabellones A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, y L esto se debe al incremento de la demanda de estudiantes en la propia universidad, esto a la vez se ve reflejado en la alta demanda de energía eléctrica según las facturas emitidas por la concesionaria Electrocentro S.A. a la Universidad Continental, donde se registra una facturación de energía eléctrica elevada.

Por lo cual el objetivo general de este informe de tesis es determinar si la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico reduce el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018; mediante la prueba T para medias de dos muestras emparejadas con un nivel de significancia del 5%. Los objetivos específicos son determinar si la irradiación promedio solar incidente en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo supera la irradiación mínima para la generación de energía eléctrica de  $3.5 \text{ kWh/m}^2$ ; determinar si la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo es posible técnicamente y si el VAN económico-financiero es mayor a 0; determinar si el nivel de reducción de la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, a través de la implementación de un sistema fotovoltaico es mayor al 34%.

Asimismo, la hipótesis general de este informe de tesis es que la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico reduce el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018; porque la probabilidad de la prueba T para medias de dos muestras emparejadas es menor al nivel de



significancia del 5%. Las hipótesis específicas son la irradiación promedio solar que incide en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, supera la irradiación mínima de 3.5 kWh/m<sup>2</sup> por lo que es la suficiente para la generación de energía eléctrica; la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, es viable técnica y económicamente porque posee las características necesarias para su operación y el indicador económico-financiero VAN es mayor a 0; el nivel de reducción de la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, a través de la implementación del sistema fotovoltaico, es medio superando el 34%; la variable independiente es el sistema eléctrico fotovoltaico la variable dependiente es la energía eléctrica. La justificación del presente informe tesis es brindar una nueva alternativa de generación eléctrica para el pabellón L de la universidad Continental mediante el estudio propuesto, el cual permitirá reducir el costo de la facturación obtenida por el consumo de energía eléctrica y los datos obtenidos de SENAMHI y NASA podrán ser usados para otras investigaciones similares cercanas.

El autor.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

#### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

##### 1.1.1. Planteamiento del Problema

La Universidad Continental – Huancayo inicio sus labores académicas en el año 1998 en aquel entonces tan solo contaba con pocas edificaciones a comparación de hoy (2018) que cuenta con los pabellones A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K y L, lo cual significó un gran **aumento en el costo por consumo de energía eléctrica** y se ve reflejado en las facturas mensuales emitidas por la concesionaria Electrocentro S.A.

Ante esta necesidad se plantea el siguiente informe de tesis “*Estudio de implementación de un sistema eléctrico fotovoltaico para el abastecimiento de energía eléctrica del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo,*

2018”, a fin de que la Universidad Continental – Huancayo tome una iniciativa como institución de educación superior que está a la vanguardia del uso de energías renovables, fomentando la innovación tecnológica, logrando el desarrollo de nuevos conocimientos sobre este tipo de tecnologías por parte de sus estudiantes de ramas afines, reduciendo los elevados costos por consumo de energía eléctrica a causa de la creciente demanda de estudiantes, tratando de reducir el impacto ambiental evidenciado en los últimos años, y consiguiendo que esta investigación sirva como piloto para una futura implementación de este tipo de tecnologías en los demás pabellones de la Universidad.

### **1.1.2. Formulación del Problema**

#### **A. Problema General**

¿Es posible reducir el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional creciente en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo para el año 2018 mediante la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico?

#### **B. Problemas Específicos**

- a. ¿La irradiación promedio solar incidente en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo es la suficiente para la generación de energía eléctrica?
- b. ¿Es viable la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento de energía eléctrica del Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo?

- c. ¿En qué nivel la implementación del sistema solar fotovoltaico reduce la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo?

## **1.2. Objetivos**

### **A. Objetivo General**

Determinar si la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico reduce el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018; mediante la prueba T para medias de dos muestras emparejadas con un nivel de significancia del 5%.

### **B. Objetivos específicos**

- a. Determinar si la irradiación promedio solar incidente en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo supera la irradiación mínima para la generación de energía eléctrica de  $3.5 \text{ kWh/m}^2$ .
- b. Determinar si la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo es posible técnicamente y si el VAN económico-financiero es mayor a 0.
- c. Determinar si el nivel de reducción de la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, a través de la implementación de un sistema fotovoltaico es mayor al 34%.

### **1.3. Justificación e Importancia**

#### **1.3.1. Justificación Teórica**

El resultado de la investigación servirá como estudio o propuesta para tomar en cuenta otras alternativas de generación eléctrica, en este caso es la implementación de un sistema eléctrico fotovoltaico, el cual podrá ser tomado en cuenta para una futura implementación en los diferentes pabellones de la Universidad Continental.

#### **1.3.2. Justificación Metodológica**

Las técnicas e instrumentos usados en esta investigación tales como datos de consumo y facturación del Suministro N° 67970957, datos históricos de irradiación obtenidos por SENAMHI y NASA podrán ser usados para otras investigaciones similares.

#### **1.3.3. Justificación Social**

Esta investigación tiene el propósito de brindar una nueva alternativa de generación eléctrica, la implementación de paneles fotovoltaicos genera energía eléctrica a partir de la irradiación solar la cual será utilizada para abastecer el alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental mientras que las demás cargas de fuerza serán abastecidas por Electrocentro S.A. Además, la futura implementación del proyecto es amigable con el medio ambiente puesto que la fuente primaria para la generación de energía eléctrica es la irradiación solar, la posible implementación del proyecto también beneficiará a los alumnos, quienes podrán formar nuevos conocimientos sobre este tipo de tecnologías, podrán obtener mejoras en otros servicios gracias al ahorro que brinda tener una instalación mixta.

#### **1.3.4. Justificación Económica**

El resultado de la investigación permitirá reducir el costo de la facturación obtenida por el consumo de energía eléctrica del pabellón L de la Universidad Continental.

#### **1.3.5. Importancia**

La importancia de la presente investigación es impulsar las nuevas alternativas de generación eléctrica brindando las especificaciones técnicas, económicas y financieras necesarias para su implementación en el pabellón L de la Universidad Continental Huancayo, además que esta investigación sirva como modelo de aplicación en diversas edificaciones de la universidad lo cual traerá consigo una reducción del costo de la facturación por consumo de energía eléctrica.

### **1.4. Hipótesis y descripción de variables**

#### **1.4.1. Hipótesis**

##### **A. Hipótesis General**

La propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico reduce el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018; porque la probabilidad de la prueba T para medias de dos muestras emparejadas es menor al nivel de significancia del 5%.

##### **B. Hipótesis Específicas**

- a. La irradiación promedio solar que incide en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, supera la irradiación mínima de

3.5 kWh/m<sup>2</sup> por lo que es la suficiente para la generación de energía eléctrica.

- b. La propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, es viable técnica y económicamente porque posee las características necesarias para su operación y el indicador económico-financiero VAN es mayor a 0.
- c. El nivel de reducción de la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, a través de la implementación del sistema fotovoltaico, es medio superando el 34%.

#### **1.4.2. Descripción de variables**

##### **A. Variable independiente x:**

Sistema Eléctrico Fotovoltaico

##### **B. Variable dependiente y:**

Energía Eléctrica

### 1.4.3. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES PARA INVESTIGAR	INDICADORES
<p><b>Variable Independiente=X</b> Sistema Eléctrico Fotovoltaico</p>	<p>En este informe se brindará la propuesta de un sistema fotovoltaico, el cual es un conjunto de dispositivos que aprovechan la energía producida por el sol y la convierten en energía eléctrica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Irradiación solar</li> <li>- Potencia eléctrica generada</li> <li>- Costo del sistema fotovoltaico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kWh/m<sup>2</sup></li> <li>- kW</li> <li>- Soles (S/.)</li> </ul>
<p><b>Variable Dependiente=Y</b> Energía Eléctrica</p>	<p>La energía eléctrica consumida por el alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental, Huancayo; es una fuente de energía que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones) que se produce en el interior de materiales conductores (por ejemplo, cables metálicos como el cobre).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumo de energía Eléctrica.</li> <li>- Facturación energía Eléctrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- KWh</li> <li>- Soles (S/.)</li> </ul>



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del Problema**

##### **2.1.1. Antecedentes Nacionales**

En la tesis “*Aplicación de la Energía Solar para Electrificación Rural en Zonas Marginales del País*” presentan las siguientes conclusiones: [1]

- El Sol posee una elevada calidad energética no contaminante y renovable que permite usos variados y efectivos, es inagotable a escala humana y no necesita de mucho espacio para ser utilizada. La energía solar puede ser utilizada de una manera muy fácil para la generación de energía eléctrica; además, no requieren sofisticar las medidas de seguridad, y no produce residuos tóxicos de difícil o imposible tratamiento o eliminación.

- Las desventajas del uso de esta energía son despreciables al compararla con el inmenso beneficio de la explotación de esta misma, por lo tanto, debemos considerarla como una buena alternativa al momento de elegir y así contribuiremos con un planeta más limpio y podremos aprovechar un recurso natural y de fácil procesamiento.
- La utilización de la energía solar mediante sistemas fotovoltaicos tiene un gran futuro como un tipo de energía alternativa. Además, con el avance de la tecnología se disminuirá el costo por panel, así como su instalación, dando así una mayor accesibilidad para familias de sectores rurales.
- Una de las aplicaciones más importantes de estos sistemas es la electrificación de zonas rurales, en las cuales no es posible hacer llegar la red de energía eléctrica convencional. Por tanto, en estos lugares es mejor instalar sistemas fotovoltaicos donde uno o varios paneles solares carguen baterías para que posteriormente la energía almacenada en estas pueda ser utilizada por dispositivos convencionales (televisores, radios, fluorescentes, etc.).
- La capacitación técnica y adecuada de los pobladores para la utilización, control y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es necesario para el correcto funcionamiento de estos sistemas y puedan cumplir de esta manera con su ciclo de vida útil.

En la tesis “*Estudio de Factibilidad de Sistemas Híbridos Eólico – Solar en el Departamento de Moquegua*” presenta las siguientes conclusiones: [2]

- La principal conclusión de este trabajo es el haber demostrado que el uso de energías alternativas, solar y eólico en el presente caso, representan una

opción altamente competitiva para sistemas aislados y de electrificación rural. Como se ha visto en el capítulo 5, los costos de energía para el caso de un sistema híbrido (0.46 US \$/kW-h) son drásticamente inferiores frente al uso de grupos electrógenos (1.25 US \$/kW-h).

- En base al estudio de los datos de viento de la ciudad de Ilo queda también demostrado el gran potencial eólico en la zona, también en base a los mismos datos, se observa que el potencial de energía solar es bastante susceptible de ser aprovechado. Sin embargo, como se observa en el cuadro siguiente la contribución de los paneles solares al total de salida de energía es mínimo.

Componente	Energía Kw-h	%
Aerogenerador	4152.40	95.07
Paneles Fotovoltaicos	215.40	4.93

En la tesis “*Implementación del Sistema Electrónico de Energía Solar para Saga Falabella, Open Plaza*” presenta las siguientes conclusiones: [3]

- En particular el sistema de energía solar constituye una importante fuente de información útil para analizar este tipo de sistemas electrónicos conectados a la red eléctrica en lo que respecta a: recursos solares disponibles, Comportamiento de los principales elementos (generador e inversor) y evaluación de los procesos energéticos característicos, permitiendo deducir el flujo energético anual, según se ha demostrado con el caso de estudio presentado.
- Para esta solución energética se utilizaron módulos solares traslucidos, por la cual pudimos resolver el problema del aislamiento (Voltaje en corto

circuito  $V_{co} = 0$ ) en épocas de lluvia, lo cual lo pudimos resolver utilizando tediar que es un aislante eléctrico que sirve para proteger a los paneles solares de la humedad.

- Reducción en la facturación mensual del consumo eléctrico en 50%.
- Con el presente estudio, implementación, ejecución de este proyecto, inclusión de lámpara tipo Led, y optimización del uso del agua la tienda Saga Falabella Angamos, obtuvo el reconocimiento de Tienda Ecológica y la certificación SILVER, por contribuir a reducir la contaminación al medio ambiente y explotación de recursos naturales no renovables.
- Puede afirmarse que la metodología propuesta puede resultar de utilidad, no sólo en la fase de diseño, sino también en las de seguimiento y evaluación de esta aplicación.

En la tesis “*Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a Red en el Centro Materno Infantil de La Universidad de Piura* “, presenta las siguientes conclusiones: [4]

- Para el proceso de dimensionamiento se ha considerado el mes de junio por ser el mes más desfavorable, en cuanto a energía solar disponible, asegurándonos en el resto del año el funcionamiento total del sistema fotovoltaico con conexión a red.
- Los equipos que forman parte del sistema fotovoltaico con conexión a red no sólo han sido escogidos con los cálculos realizados para el proyecto, se ha tenido también en cuenta que cumplan con las normativas establecidas para el correcto dimensionamiento:

- Los módulos fotovoltaicos cumplen las normativas: IEC 61215 que cubre los parámetros que son responsables del envejecimiento de estos como son los rayos UV (ultravioleta), incluida la luz del Sol, diferencial ambiental de humedad y temperatura, carga mecánica y los parámetros de la nieve. Cumplen también la normativa IEC 61730 que cubre los parámetros de seguridad del módulo en su construcción, especificando el tipo de uso, pruebas de cualificación y seguridad eléctrica.
- El inversor cumple con la normativa IEC 60529 que determina el grado de protección que resguarda los componentes que constituyen el equipo: IP 65; nuestro inversor está totalmente protegido contra el polvo y contra el lanzamiento de agua desde todas direcciones.
- El medidor dispensador de electricidad cumple con las normativas EN 50470-1 y EN 50470-3 con las que se garantizan el cumplimiento de ensayos para el correcto funcionamiento y la precisión de la medida de energía.
- El carácter modular de la tecnología fotovoltaica permite, al contrario de la mayoría de las fuentes convencionales, un costo unitario y una eficiencia independiente del tamaño de la instalación; por ello los pequeños sistemas presentan un gran interés para la producción de energía descentralizada o independencia del usuario o consumidor.
- El sistema al generar en el mismo punto en que se produce el consumo elimina las pérdidas en la transmisión (8 – 12%) y distribución (16 – 22%) de la energía eléctrica.
- No producen contaminación ni efecto nocivo alguno.

- Los costos de operación y mantenimiento son muy bajos.
- Esta tecnología de conversión de energía tiene la ventaja principal de que puede ser extraída de un modo “renovable”. Se espera que esta alternativa de energía renovable sea conveniente en un futuro de energía sostenible por las siguientes razones:
- La energía solar fotovoltaica conduce a una diversificación de fuentes de energía, aumentando la utilización de fuentes de energía renovables, y así una mejora en la seguridad energética.
  - Está más extensamente disponible comparada con los combustibles fósiles.
  - No contribuye a la contaminación atmosférica local y, por lo tanto, reduce los daños y perjuicios a la salud humana.
  - Puede equilibrar el empleo de combustibles fósiles y ahorrar estos para otras aplicaciones y futuros usos.
  - Puede mejorar el desarrollo de economías locales y crear empleos.
  - No da lugar al efecto invernadero.
  - Los resultados económicos muestran que el sistema es rentable recuperando la inversión inicial al octavo año de funcionamiento.

En la tesis “*Optimización del Sistema Solar Fotovoltaico para la Generación de Energía Eléctrica en Viviendas Aisladas Altoandinas*” presenta las siguientes conclusiones: [5]

- En viviendas altoandinas de las localidades de Yanacancha y San José de Quero, la radiación solar es casi continua permaneciendo unos 5.8 a 5.9 horas pico al día y en consecuencia la radiación es 5.902 kWh/día, cantidad suficiente para la generación de energía eléctrica.
- El proceso de dimensionado de los componentes que se hizo en base a los requerimientos de iluminación emitió la elección de: un panel fotovoltaico de 85 Wp, una batería de 60 Ah, un controlador de carga de 10 A y conductores eléctricos de calibre AWG 12 y 10.
- Con los componentes seleccionados, se instaló dos módulos; uno en Yanacancha y otro en San José de Quero, los mismos que se manipularon variando los factores; ángulo de elevación en 30 y 45°, el acimut en 5° y 355° y la posición del controlador de carga respecto al panel en 1m y 1.5m; todos ellos constituyeron ocho tratamientos que son combinaciones de elevación, acimut y posición (EAP).
- El proceso de medición de los dos módulos arrojó un resultado promedio de generación de energía eléctrica que oscila entre 40.37 Wh y 48.55 Wh, todo ello considerando las diversas combinaciones de los tratamientos.
- El diseño factorial permitió la determinación de los efectos de las variables; elevación, acimut y posición de manera independiente, doble y triple; de los cuales sólo la combinación EA es menos significativo que el resto, sin embargo, no supera el nivel de significancia del 5%.
- El modelo matemático para la determinación de los efectos de los factores para la generación de energía eléctrica es:  $EF = 42.732 - 1.095 E - 0.899 A -$

$0.619 P + 0.178 EA + 0.958 EP + 0.934 AP - 0.737 EAP$ . El mismo que ha sido determinado por el ajuste factorial de los resultados.

- La optimización está en base a los efectos principales y las interacciones cuya jerarquización es como sigue: en el primer orden se halla el ángulo de elevación, seguido del acimut y luego la posición, en los efectos dobles predomina EP, sigue AP y finalmente el efecto triple EAP. El efecto doble EA es menos significativo; sin embargo, todos ellos sobre pasan a la línea base que establece la metodología de diseños factoriales, en consecuencia, son importantes las tres variables.
- El tratamiento óptimo está compuesto por el ángulo de elevación de  $45^\circ$ , acimut de  $355^\circ$  y la posición del controlador de carga a 1 m del panel solar, esto es refrendado por la prueba T, con un nivel de significancia 0.000 que es significativamente menor al 5%.

En la tesis “*Implementación del Sistema de Energía Solar Fotovoltaico y Facturación por Consumo de Energía - Municipalidad Morococha*” presenta las siguientes conclusiones: [6]

- Se concluye que al implementar el sistema de energía solar fotovoltaico se reduce considerablemente en la facturación por consumo de energía eléctrica en la Municipalidad Distrital de Morococha, Yauli, Junín – 2017, porque la probabilidad de resultado es menor al 5% (nivel de significancia), según tabla 33 – contrastación de hipótesis por T–Student.
- Se concluye que la radiación solar incide significativamente en los paneles fotovoltaicos en el distrito de Morococha, Yauli, Junín – 2017, con relación



al cálculo del solarímetro, Atlas Solar del Perú y de la NASA en 5.13 Kwh/m<sup>2</sup>.

- Se concluye que el nivel de potencia eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos en la Municipalidad Distrital de Morococha, Yauli, Junín – 2017, es medio, en un 424.09 W/m<sup>2</sup> según la tabla 19.
- Se concluye que el nivel de reducción de la facturación por consumo de energía eléctrica de la Municipalidad Distrital de Morococha, Yauli, Junín – 2017, a través de la implementación del sistema solar fotovoltaico, es bajo en un 24.88 %.

### **2.1.2. Antecedentes Internacionales**

En la tesis “*Prototipo de Energía Eléctrica Fotovoltaica, para el Laboratorio de Energía de la Escuela Colombiana de Ingeniería*” presentan las siguientes conclusiones: [7]

- El sistema de apertura y cierre de las diferentes cargas y secciones del prototipo hace sencilla la operación del sistema, gracias a sus indicadores, no solo por la flexibilidad sino por la confiabilidad del mismo gracias a las protecciones, de donde se puede concluir que es adecuado para el propósito del laboratorio de la Escuela Colombiana de Ingeniería y les da utilidad a los equipos disponibles y cumple por completo con el objetivo general del proyecto.
- Para diseñar el sistema de control de regulación de tensión, se analizaron los equipos disponibles y se determinó que el controlador Steca PRS-3030 (anexo numeral 12.2) posee tanto un seguidor de MPPT como un regulador

interno que trabaja a 12VDC o 24VDC, para éste prototipo se utiliza 12VDC para regular la carga, igualmente se realizaron las simulaciones correspondientes en el numeral 6.2.2; al simplificarse éste objetivo, el proyecto se expandió en los esquemas de control de los numerales 5.6.4 y el circuito de potencia 5.6.5 para los cuales se pudieron adicionar las protecciones necesarias para volver el sistema más robusto y confiable.

- En el numeral 5.6 se encuentra el diseño completo del bus DC, de donde podemos concluir que es pertinente el uso de diferentes tipos de tensiones, como son 5VDC, 12VDC, 120VAC ya que las cargas comunes (tabla 1) son diversas, haciendo el sistema de fácil acceso para los usuarios gracias además a los tipos de conectores del prototipo.
- Se puede concluir de las pruebas realizadas a las protecciones descritas en el numeral 5.6.4, que es importante tener en cuenta los arcos que se presentan en la apertura y cierre de los interruptores, especialmente cuando se trata de corrientes en DC, ya que estos llegan a temperaturas tan altas que funden los materiales de las protecciones, volviéndose un factor muy importante en la selección de los interruptores.
- Se puede concluir que es imprescindible el uso de un controlador con seguimiento del punto máximo de potencia para obtener el máximo desempeño de los sistemas. Si se analizan los datos del 2015 (numeral 6.5.1) los cuales se realizaron directamente de los paneles, sin el controlador, podemos ver que el pico de potencia máxima aproximada fue de 64.2W. Mientras que con el uso del controlador con seguimiento del mpp fue de 128W para las medidas del 2016 (numeral 6.5.2) teniendo en cuenta que son los mismos paneles, medida que podemos comprobar en la simulación

teniendo en cuenta una radiación de 800W/m<sup>2</sup> nos dio 123W (Ilustración 40)

- Para la iluminación del parqueadero (zona entrada peatonal) de la Escuela Colombiana de Ingeniería, se realizó el análisis económico de la última alternativa dando como resultado un flujo de caja con punto de equilibrio a los 12.5 años y una TIR del 8.7% para el capital y 2.9 para los activos. Con lo que se puede concluir que el sistema es viable bajo las condiciones planteadas, y teniendo en cuenta que los fabricantes garantizan que la eficiencia no se reduce 10% en 20 años (numeral 5.4.1), haciendo este tipo de proyectos vida útil extensa. También es de resaltar que no han entrado en vigor los incentivos de la ley 1715 (7), que permiten no solo la venta de excedentes, sino también beneficios arancelarios, entre otros, mejorando notablemente este tipo de proyectos.
- Se puede concluir que después de realizar el montaje del prototipo (numerales 6.3 y 6.4.4), ejecutar las pruebas (numeral 6.5) y determinar los parámetros de funcionamiento (numerales 5.9 y 6.3), este prototipo abre las puertas a futuras investigaciones y trabajos como los planteados en el numeral 10.

En la tesis doctoral “*Integración de Energías Renovables en Redes Eléctricas Inteligentes*” presenta las siguientes conclusiones: [8]

- La generación distribuida es cada día más importante, y está sustituyendo a la generación mediante el sistema de grandes centrales eléctricas centralizadas. El nuevo paradigma de red distribuida requiere desarrollar las redes de distribución eléctrica inteligentes. El carácter no despachable

de gran parte de la generación eléctrica distribuida, conformada en gran medida por energías renovables, requiere de nuevos sistemas complementarios en el sistema eléctrico, como los sistemas de acumulación y control, al objeto de permitir a los usuarios disponer de la energía en condiciones análogas a las de las redes con generación centralizada y despachable, y también de nuevos métodos de gestión de la energía, denominados sistemas inteligentes. La integración de los nuevos sistemas y métodos de gestión posibilita el desarrollo de la generación distribuida en redes inteligentes, incluyendo la posibilidad de comportarse como micro redes, capaces de trabajar de forma aislada. Así pues, la generación distribuida. Queda vinculada a las redes eléctricas inteligentes.

En el proyecto eléctrico “*Diseño de un Sistema Eléctrico Fotovoltaico para una Comunidad Aislada*” presentan las siguientes conclusiones: [9]

- De acuerdo con los datos encontrados para la zona de interés, el nivel de radiación solar promedio mensual varía desde un mínimo de 3.72 kWh/m<sup>2</sup> día en el mes de noviembre, hasta un máximo de 5.12 kWh/m<sup>2</sup> día en el mes de marzo.
- Para realizar el dimensionado de los equipos, se estimó que la carga total conectada en la Isla es de 9915 W, con un consumo eléctrico teórico de 47.5 kWh por día. El rendimiento global de la Instalación se estimó en 73.5%, por lo que los componentes se dimensionaron para suministrar un consumo energético real de 65 kWh/día.

- Para la implementación del proyecto se estimó que se necesitan 196 paneles solares de 100Wp, 7 reguladores de carga de 50 A, 3 inversores/cargadores multifuncionales y con capacidad para conectarse en paralelo de 3000W cada uno, 49 estructuras con capacidad para 4 módulos, 8 baterías SLI modificadas de 250 Ah, y 130 medidores de consumo eléctrico.
- Existe una amplia gama de baterías para aplicaciones fotovoltaicas en el mercado. El aumento en el costo de determinado tipo de baterías se asocia con mejores características como los son una vida útil más larga y poco o ningún mantenimiento, por lo que la escogencia de las baterías en este tipo de sistemas representa un compromiso entre costo y características deseables para el sistema de almacenamiento en determinadas circunstancias.
- El costo inicial total estimado para el proyecto, tomando en cuenta solo las cargas conectadas actualmente, es de 232,122.67 euros, considerando un 25% de gastos adicionales (ingeniería, gastos administrativos, instalación, cableado, protecciones y otros gastos generales) y la implementación de baterías de bajo costo.
- Se estimó además que el sistema puede agrandarse para suministrar un consumo adicional de 30%, mediante la inversión de aproximadamente 4500 € más para la compra de otro inversor/cargador y para agrandar el banco de baterías manteniendo la misma cantidad de paneles, realizando la generación eléctrica adicional necesaria a partir del motor generador.

- La principal opción de financiamiento del proyecto la representa la Alianza ANAM-CCAD que ha financiado un proyecto muy similar en la misma zona geográfica.
- La implementación de sistemas híbridos fotovoltaicos (generador fotovoltaico motor generador) constituye una alternativa de gran importancia en el campo de la electrificación rural. Este tipo de sistema permite brindar una mayor autonomía y reducir los costos totales asociados a un sistema puramente fotovoltaico. La disposición de una fuente alternativa de generación eléctrica para suplir la demanda y recargar baterías, permite diseñar el sistema FV para una cantidad menor de días de autonomía lo que se traduce en una reducción en la cantidad de baterías necesarias. Además, posibles aumentos en el consumo eléctrico pueden compensarse mediante un aumento en la capacidad del banco de inversores y el de baterías, y generando la energía adicional requerida a partir del motor generador, sin tener que adquirir más paneles, que son sin duda los componentes de mayor costo del sistema. En última instancia, ante aumentos grandes en el consumo, puede optarse por la adición de más paneles y reguladores que se conectan en paralelo a los ya existentes. Estas características reflejan las numerosas ventajas de estos sistemas en lo referente a autonomía y flexibilidad de estos.

En la tesis “*Estudio, Diseño e Implementación de un Sistema de Energía Solar en la Comuna Puerto Roma de la Isla Mondragón del Golfo de Guayaquil, Provincia de Guayas*” presentan las siguientes conclusiones:

[10]

- Se implementó el sistema de la utilización de la energía solar en una comuna de la localidad.
- Se asesoró a los habitantes sobre el buen uso del sistema diseñado e implementado por nosotros para el beneficio general.

En el proyecto “*Proyecto para la Implementación de un Sistema de Generación Solar Fotovoltaica para la Población Wayuu en Nazaret Corregimiento del Municipio de Uribía, Departamento de La Guajira – Colombia.*” presentan las siguientes conclusiones: [11]

- El proyecto de investigación de uso de energía renovable para soluciones de suministro eléctrico en comunidades que no lo poseen tiene como fin crear una alternativa energética alineada con la protección ambiental y orientada a solucionar de forma eficaz el problema de cobertura energético de comunidades que actualmente no lo poseen por limitantes económicas y geográficas principalmente.
- En el diseño del proyecto, se observó la importante de la etapa de investigación para el éxito de cada una de las fases del ciclo del proyecto, esta misma provee en insumo para el dimensionamiento adecuado para el cumplimiento de los objetivos.
- En la Guajira los altos costos de generación originados principalmente en el precio de los combustibles, y los costos de operación y mantenimiento en las distantes zonas remotas, hacen que la generación solar resulte más económica en el largo plazo y confiable.

- La conveniencia social y productiva de la realización del estudio para la zona rural de la Guajira es fundamental para ir reduciendo el desmejoramiento de las condiciones de vida de estas comunidades y de la productividad de la zona.
- El desarrollo de la investigación fue una parte clave para el planteamiento del proyecto, esta mismo nos condujo a las respuestas de las preguntas planteadas en base a la problemática de Nazaret corregimiento de Uribía, La Guajira, Colombia.
- El análisis de la problemática de Nazaret (social y económica), condujo la investigación a resultados claros, definiendo concentrar el proyecto en soluciones para la energía del hogar, la energía para el hospital y la energía para las plantas desalinizadoras como los 3 tipos de aplicaciones del proyecto que obtiene el mayor impacto positivo a la comunidad.
- Es un desafío para los profesionales de hoy buscar desarraigar los modelos de generación de energía convencionales, los cuales conllevan a grandes inversiones y a altos índices de contaminación: es por esto por lo que los sistemas integrales de soluciones deben abarcar todas las necesidades que poseen sus proyectos, con soluciones sustentables e innovadoras.
- Siendo el Departamento de la Guajira tan rico en recursos de energía natural renovable, es evidente el desinterés y la falta de apoyo del gobierno a las comunidades como la de Nazaret. La falta de inversión en investigación y desarrollo tecnológico termina por dejar subdesarrollo y recursos inexplorados que traerían muchos beneficios.



## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Generación Fotovoltaica**

*“La cantidad de energía que se recibe del Sol anualmente se estima del orden de  $1.49 \times 10^8$  kWh, cuantía muy superior al consumo mundial. Se trata de una energía limpia, que utiliza una fuente o combustible inagotable y que no cuesta, pero el problema radica en como poder convertirla de una forma eficiente en energía que se pueda aprovechar. La tecnología actual en este sentido va dirigida en dos direcciones: conversión eléctrica y conversión térmica”. [12]*

#### **A. La energía solar fotovoltaica**

Actualmente las energías renovables tienen una buena posición con respecto a las llamadas energías convencionales. En los últimos años el Perú ha ido variando su matriz energética, todo esto para satisfacer la demanda creciente en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). Dentro de las energías renovables se encuentra la llamada energía solar fotovoltaica que permite transformar la energía solar en energía eléctrica, esta es una manera limpia y confiable para producir energía eléctrica en pequeña y mediana escala.

#### **B. Efecto Fotovoltaico**

##### **a. Principio de funcionamiento**

Los paneles fotovoltaicos están formados por un conjunto de células solares las cuales están constituidas principalmente por silicio (monocristalino, policristalino y amorfo), este es un material

semiconductor del tipo “p - n”. Las células solares tienen la propiedad de transformar la energía solar recibida en energía eléctrica. Los electrones de valencia del semiconductor poseen una atracción débil hacia el núcleo del átomo por lo que estos se desprenden fácilmente por la energía de los fotones de la irradiación solar que inciden sobre la célula, a este fenómeno se denomina efecto fotovoltaico.

“Las tecnologías importantes de celdas solares tienen mucha importancia por sus características de cada tipo de obleas, la eficiencia que tienen estas, lo cual conlleva a tomar algunas decisiones acertadas después del cálculo y diseño realizado, por ejemplo se tiene:” [6]

– Silicio monocristalino:

Las celdas de silicio monocristalino son fáciles de reconocer por su forma octogonal y su color uniforme que indica una alta pureza de silicio.



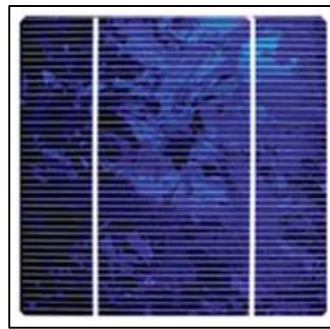
**Figura 1.** Celda de silicio monocristalino  
Fuente: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>, 2014.

- La ventaja más resaltante que posee es su eficiencia, ya que supera el 15% y en algunas marcas supera el 21%.

- Las desventajas que presenta es que son más caros a comparación de los policristalinos y si en algún momento es cubierto por sombras o suciedad, el circuito entero puede averiarse.

– Silicio policristalino:

Las celdas de silicio policristalino también son fáciles de reconocer por su forma cuadrada.



**Figura 2.** Celda de silicio policristalino

Fuente: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>, 2014.

- La ventaja de estos paneles es el precio que poseen en el mercado, ya que en su proceso de fabricación se pierde mucho menos silicio como suele suceder en los monocristalinos.
- La desventaja de los paneles fotovoltaicos conformados por silicio policristalino es que su eficiencia está en un rango de 13% y 16%.

– Silicio amorfo

También llamado de silicio de capa fina, su fabricación es de forma más sencilla que las demás.

- Las ventajas de este tipo de celdas es que son flexibles y son muy baratos.
- La desventaja principal recae en la eficiencia, ya que se encuentra en el rango de 7% y 13%.



**Figura 3.** Celda de silicio amorfo

Fuente: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>, 2014.

### **2.2.2. Avance de la tecnología solar a través de los años**

“Aunque ya en el siglo XIX se descubrió el efecto fotovoltaico (Becquerel, 1839) y se hicieron dispositivos funcionando con selenio (Fritz, 1883), el primer dispositivo funcional, una célula de silicio de unión pn del 6% de eficiencia no fue realizado hasta 1954 en los laboratorios Bell (USA). El mismo año en laboratorios de la fuerza aérea se obtuvo una célula heterounión Cu<sub>2</sub>S/SCd también del 6%.

En 1960 varios autores, entre los que se incluye el premio nobel Schockley, desarrollaron la teoría fundamental de la célula solar en todos sus aspectos más relevantes: Materiales, espectro de la radiación, temperatura, termodinámica y eficiencia. Las células solares fueron empleadas por rusos y americanos en sus satélites artificiales demostrando su fiabilidad.

En 1972 suceden dos hechos importantes: El primero es la creación de la Agencia de Desarrollo e Investigación en Energía (USA), la primera organización promovida y sostenida por un gobierno en el mundo, y en segundo lugar, el embargo petrolífero impuesto por los productores de petróleo del Golfo Pérsico. Este hecho sacudió intensamente a los países industrializados, de modo que muchos gobiernos, incluido el de España, iniciaron programas para favorecer la aplicación de las energías renovables, en especial, la solar.

Hasta 1980 la Industria no empezó a madurar, basándose en la tecnología de células de unión pn de silicio. Los desarrollos fabriles en película delgada, como el silicio Amorfo (a-Si) y las heterouniones CuInSe<sub>2</sub> encontraron dificultades insalvables al tratar de obtener módulos de tamaño comercial. Éstas y otras dificultades derivadas del pequeño mercado en los 80 determinaron que muchas compañías cambiaran de dueño, aunque pocas desaparecieron. En 1981 se crea en España Isofotón como spin-off de la Universidad Politécnica de Madrid (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación) que llegaría a convertirse en la segunda de Europa y séptima del mundo a finales de los 90.

Mientras las compañías en Europa y América iban mejorando sus procesos de fabricación y aumentando su capacidad de producción, la Industria japonesa despegó en la producción de módulos convencionales de silicio cristalino, así como en la fabricación de células de a-Si para aplicaciones a pequeña escala (relojes, calculadoras, juguetes, etc.) que llegaron al nivel de megavatios en el mercado mundial.

La iluminación pública se mostró como un mercado capaz de mantener la actividad de muchas Industrias durante los 80 por cuanto esa aplicación era ya entonces competitiva con la ejecución del tendido eléctrico soterrado. Otras de las aplicaciones iniciales fue la electrificación rural en asentamientos remotos para ayudar a un tercio de la población mundial a disponer de una modesta cantidad de iluminación y comunicaciones. La mayoría eran instalaciones muy pequeñas, del orden de 10 a 40 W, es decir, unas 100 veces menor que lo requerido en una casa media en el mundo desarrollado. La mayoría de esas instalaciones fueron financiadas por agencias internacionales de ayuda. Visto retrospectivamente, se comprueba que la tasa de fallos fue grande si bien se debió a falta de infraestructura, financiación, distancia cultural, diseño de la estructura de pago y otras razones no técnicas. Pero raramente fallaron los módulos. Desgraciadamente, incluso con los subsidios de las agencias internacionales el coste inicial (100-1000 \$) era excesivo y constituyó la principal barrera a su despliegue. Actualmente, en los países pobres las deficiencias en las infraestructuras eléctricas llevan a que la Energía Solar Fotovoltaica sea una elección técnica y económica más flexible a medio y a largo plazo que el tendido de red eléctrica. Además, una vez puestas en marcha, las instalaciones no están sujetas a las fluctuaciones de los precios de los combustibles fósiles.

En el lado opuesto de la escala de tamaños estuvieron las plantas fotovoltaicas del orden de MW's instalados en los países desarrollados por las compañías eléctricas en los 80 para evaluar su potencial en dos aplicaciones: Como suministradores de potencia en los picos de carga (al mediodía) y como generadores distribuidos para reducir las pérdidas de transmisión y distribución.

Las compañías americanas, que iniciaron estas pruebas a escala de central, perdieron el interés a finales de los 90 cuando el gobierno retiró las tarifas especiales. Por el contrario, en Europa y Japón este mercado empezó a crecer rápidamente gracias a la adopción de importantes ayudas gubernamentales, en forma de tarifas especiales de producción. Así, la instalación de medianas y grandes plantas fotovoltaicas conectadas a la red está siendo explosiva en estos países.

Por último, hay que mencionar otro importante campo de aplicación de la Energía Solar Fotovoltaica al final de los 90 como es la integración de los módulos fotovoltaicos en los edificios. Ya sea colocados en ventanas, fachadas instalados sobre el tejado, con mayor o menor fortuna en la integración, se desarrolló un mercado enorme mediante el establecimiento gubernativo de tarifas especiales a pagar por la electricidad de origen fotovoltaico generada por particulares en conexión a red. En este marco el propietario recibe del orden de 0,5 \$/kWh por la energía que produce y descarga en la red y paga 0,1 \$/kWh, por la que consume. Este esquema fue establecido en España adoptándose mayoritariamente un modelo de centrales grandes conectadas frente al modelo alemán de casas particulares fotovoltaicas. Los bancos alemanes han concedido generosos préstamos para el desarrollo de estas instalaciones, y algo parecido están haciendo las instituciones de crédito públicas y privadas de España. Este sencillo esquema es el responsable del extraordinario y explosivo crecimiento del mercado y de la capacidad de producción y también, desgraciadamente, de la escasez transitoria de silicio ultrapuro con el que fabricar las obleas sobre las que se constituyen las células. Con todo, la reacción no se ha hecho esperar y la

capacidad de producción de silicio, ya dedicada al sector fotovoltaico, está aumentando en 2007.

En Japón el éxito también ha sido abrumador. Allí, se concede una subvención del 30% del coste de la instalación y luego, se remunera el consumo neto, que es la diferencia entre el consumo total y la producción propia. Sorprendentemente, aun cuando el apoyo del gobierno japonés bajó, el mercado fotovoltaico en las casas particulares ha seguido creciendo de forma notable.”  
[13]

### **2.2.3. Radiación Solar**

“Se conoce por radiación solar al conjunto de irradiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck, a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, pero no toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, pues la radiación ultravioleta de longitud de onda más corta es absorbida por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, que cuantifica la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra en una superficie perpendicular, su unidad es el  $W/m^2$ ”. [14]

La distribución espectral de la radiación solar está conformada por la radiación infrarroja las cuales son muy abundantes pero muy poco energéticas, por la radiación ultravioleta en un 7% que son poco energéticas, estando el 47% de la energía en la zona visible del espectro.



“La medición de la radiación solar se logra mediante un instrumento llamado piranómetro. Estos son instrumentos que miden la irradiación solar global (directa y difusa) en un plano horizontal.” [15]

## **A. Tipos de irradiación**

### **a. Irradiación Directa**

“Es la que se recibe directamente desde el sol “en línea recta”, sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.” [12]

“El aparato con el que usualmente se mide la irradiación solar directa total se denomina pirheliómetro. Es un instrumento de tipo telescópico con una apertura de pequeño diámetro. Necesita un preciso sistema de seguimiento para que sus superficies receptoras se mantengan en todo momento perpendiculares a la dirección de la irradiación solar”.

[16]



*Figura 4.* Pirheliómetro absoluto de cavidad  
Fuente: Sosa Naranjo, Cristina., 2006.

### **b. Irradiación Difusa**

“Es la que sufre cambios de dirección en su paso por la atmósfera debido principalmente a la reflexión y a la dispersión.” [12]

“La irradiación difusa (procedente de la dispersión de los rayos solares por los constituyentes atmosféricos), se realiza también con piranómetros a los que se les acopla un elemento. Este elemento es una banda de sombra cuya función es evitar que la irradiación directa alcance el receptor. El propio dispositivo que provoca la banda de sombra hace que parte de la irradiación difusa procedente de los alrededores resulte también bloqueada, por lo que es necesario aplicar un factor de corrección a las medidas”. [16]



**Figura 5.** Piranómetro con banda de sombra  
Fuente: Sosa Naranjo, Cristina., 2006.

### **c. Irradiación Reflejada**

“Esta irradiación es procedente del suelo debido a la reflexión de parte de la irradiación incidente sobre montañas, lagos, edificios etc.”  
[17]

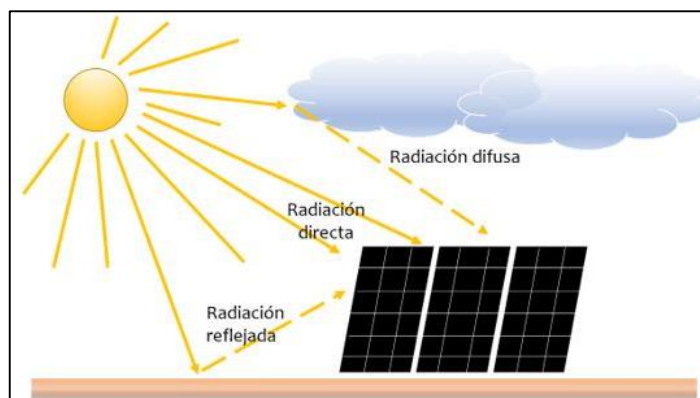
### **d. Irradiación Global**

La irradiación global es la suma de la irradiación directa, difusa y reflejada. “Se mide mediante piranómetros. Uno de los más extendidos, el modelo PSP de Eppley, consta de dos cúpulas cuya función principal es filtrar la radiación infrarroja procedente de la atmósfera y la radiación de onda corta procedente del sol, evitando que alcance al

receptor. Por su parte, el receptor está constituido por una termopila cuya una unión caliente está recubierta de una pintura de alta absorptividad. La circuitería electrónica se aloja en el cuerpo del instrumento, el cual está formado por una pieza cilíndrica de bronce que está protegida por un disco de guarda pintado para reducir la absorción de irradiancia solar, y que sirve además como sumidero de calor para la unión fría de la termopila. El dispositivo consta a su vez de un desecante que evita la condensación en el interior del instrumento y de un nivel de burbuja que facilita la nivelación”. [16]



**Figura 6.** Piranómetro de Eppley  
Fuente: Sosa Naranjo, Cristina., 2006.



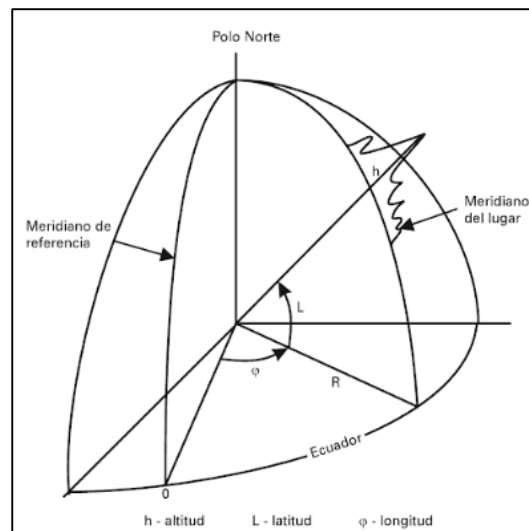
**Figura 7.** Radiación directa, difusa y reflejada  
Fuente: [http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno17/csp/Principios\\_funcionamiento.html](http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno17/csp/Principios_funcionamiento.html), 2017.

## 2.2.4. Determinación de la irradiación solar

### A. Coordenadas Geográficas

Para la determinación de la irradiación del lugar dónde se llevará a cabo el estudio es necesario conocer la superficie terrestre.

*“Para lo cual es necesario establecer un sistema de referencia que permita localizar con precisión cualquier punto de la citada superficie. Ello se consigue mediante un sistema tridimensional cuyas coordenadas son la altitud, la latitud y la longitud.*



**Figura 8.** Coordenadas geográficas  
Fuente: De Juana, José, y otros. Energías renovables para el desarrollo, 2003.

*La altitud,  $h$ , de un punto de la superficie terrestre es la altura, medida en la dirección de la vertical del lugar, a la que aquel se encuentra sobre el nivel medio del mar”. [18]*

La latitud,  $L$ , de un lugar es el ángulo contado desde el plano ecuatorial. Al Ecuador le corresponde una latitud de  $0^\circ$  mientras que los polos Norte y Sur poseen una latitud de  $90^\circ$  N y  $90^\circ$  S.

$$L = -12.0483^\circ$$

Dónde:

L = Latitud de la Universidad Continental – Huancayo [°].

La longitud,  $\varphi$ , es la distancia angular que existe de un punto cualquiera hacia el meridiano de Greenwich. Se mide de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ .

$$\varphi = -75.1986^\circ$$

Dónde:

$\varphi$  = Longitud de la Universidad Continental – Huancayo [°].

## B. Posición del sol

La posición del Sol puede determinarse mediante coordenadas ecuatoriales. Estas coordenadas ecuatoriales son la declinación y el ángulo horario:

*“La declinación solar,  $\delta$ , es el ángulo que forma la línea Sol-Tierra, centro a centro, con su proyección sobre el plano ecuatorial. En los equinoccios de primavera y otoño su valor es de cero, siendo  $23.5^\circ$  en el solsticio de verano y  $-23.5^\circ$  en el invierno”.* [18]

$$\delta = 23.45^\circ \text{ Sen} \left( \frac{360^\circ (N^\circ_{\text{FECHA}} + 254^\circ)}{365^\circ} \right)$$

**Ecuación 1.** Declinación solar en base al día juliano del año  
Fuente: Fuente: De Juana, José, y otros. Energías renovables para el desarrollo, 2003.

Dónde:

$\delta$  : Declinación solar el día del año [°].

$N^\circ_{\text{FECHA}}$ : Día Juliano del año, siendo igual a 1 para el 01 de enero.

“El ángulo solar,  $w$ , es el ángulo del diedro formado por el plano meridiano del lugar y el plano meridiano del Sol. En el mediodía solar, es decir, cuando el Sol pasa por el meridiano del lugar, el ángulo horario es nulo. Por otra parte, puesto que la tierra da una vuelta alrededor de su eje en 24 horas, a cada hora le corresponde un ángulo de  $15^\circ$ . Los ángulos antes del mediodía se consideran negativos, y los posteriores al mediodía, positivos”. [18]

$$w = \text{ArcCos} \left( \frac{-\text{Sen}(\delta) \times \text{Sen}(L)}{\text{Cos}(L) \times \text{Cos}(\delta)} \right)$$

**Ecuación 2.** Ángulo solar

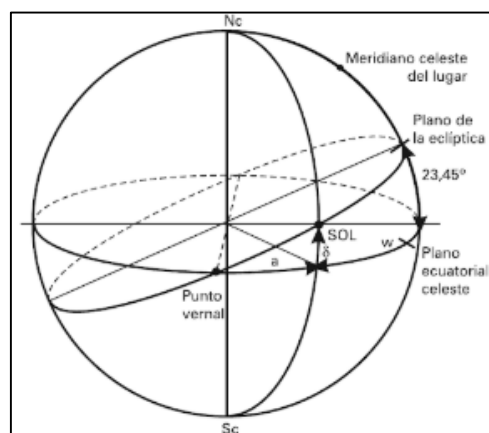
Fuente: De Juana, José, y otros. Energías renovables para el desarrollo, 2003.

Dónde:

$w$ : Ángulo solar [ $^\circ$ ].

$\delta$ : Declinación solar el día del año [ $^\circ$ ].

$L$ : Latitud del lugar [ $^\circ$ ].



**Figura 9.** Declinación solar

Fuente: De Juana, José, y otros. Energías renovables para el desarrollo, 2003.

### C. Irradiación en la atmósfera

“La irradiación solar en la atmósfera o extraterrestre es la energía que recibe, durante un periodo de tiempo, una superficie del plano tangencial al planeta Tierra en un punto situado al exterior de la atmósfera.

Con unidades en el Sistema Internacional de  $\left[\frac{J}{m^2}\right]$  ó  $\left[\frac{W}{m^2}\right]$ ”. [19]

$$R_a = S_o \times 3600 \times \text{Sen}(90^\circ - L + \delta) \times \left(2 \frac{n}{\pi}\right)$$

**Ecuación 3.** Irradiación en la atmósfera

Fuente: Bautista Carrascosa, Cálculo de la radiación solar extraterrestre en función de la latitud y la declinación solar, 2016.

$$S_o = 1367 \left(\frac{d_{media\ T-S}}{d_{fecha\ T-S}}\right)^2$$

**Ecuación 4.** Parámetro solar según la distancia de la tierra al sol

Fuente: Bautista Carrascosa, Cálculo de la radiación solar extraterrestre en función de la latitud y la declinación solar, 2016.

$$d_{fecha\ T-S} = \frac{1.496 \times 10^{13} \times (1 - 0.017 \times \text{Sen}(0.9856 \times N^\circ_{FECHA}))}{100}$$

**Ecuación 5.** Distancia de la tierra al sol en base al día juliano

Fuente: Bautista Carrascosa, Cálculo de la radiación solar extraterrestre en función de la latitud y la declinación solar, 2016.

Dónde:

$R_a$ : Irradiación solar en la atmósfera  $\left[\frac{J}{m^2}\right]$ .

$S_o$ : Parámetro solar  $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

$d_{media\ T-S}$ : Distancia media de la tierra al sol 150 000 000 km.

$d_{fecha\ T-S}$ : Distancia de la tierra al sol según el día Juliano [m].

## D. Modelos de estimación de la irradiación solar

Para la estimación de la irradiación solar en la superficie terrestre existen dos modelos:

### a. Modelo Ångström – Prescott

*“El modelo de Ångström-Prescott es el modelo más frecuentemente usado para estimar la irradiación solar relativa ( $H/H_0$ ) basado en las horas de sol relativas ( $n/N$ ). Esta ecuación fue sugerida por Prescott (1940) como una modificación del modelo de Ångström propuesto en 1924. Esta ecuación está dada por:” [15]*

$$R_s = \left( a + b \times \left( \frac{n}{N} \right) \right) \times R_a$$

**Ecuación 6.** Irradiación solar según Ångstrom – Prescott  
Fuente: SENAMHI, Atlas de energía solar del Perú, 2003.

$$N = 2 \left( \frac{\text{ArcCos} \left( -\text{Tg}(\delta) \times \text{Tg}(L) \right)}{15} \right)$$

**Ecuación 7.** Exposición solar para un día concreto  
Fuente: M. Castro Gil, Energía Solar Fotovoltaica, 2008.

Dónde:

$R_s$ : Irradiación solar en la superficie terrestre  $\left[ \frac{J}{m^2} \right]$ .

a, b: Coeficientes del modelo Ångström-Prescott.

n: Horas de sol en un día 12h.

N: Horas de sol en un día según el día Juliano del año y latitud del lugar [h].



**Tabla 1.**  
Valores de los coeficientes del modelo Ångström-Prešcott

Estación Meteorológica	A	B	Número de Datos	Error (%)
<b>Sierra</b>				
Bambamarca	0.322	0.336	2697	6.6
Weberbauer	0.231	0.521	1859	-2.7
Cosmos	0.320	0.384	929	7.4
Huayao, Santa Ana	0.397	0.379	6285	2.2
Granja Kcayra	0.376	0.364	2199	3.4
Chuquibambilla	0.395	0.384	1892	-2.1
Puno	0.378	0.438	2805	9.2
Characato - La Pampilla	0.367	0.396	1220	10.7

Fuente: SENAMHI. Atlas de energía solar del Perú, 2003.

*“Las relaciones entre la heliofanía relativa ( $n/N$ ) y los coeficientes empíricos de los valores obtenidos en el presente estudio, no son tan claros como los encontrados por Frére. Esto imposibilita el uso de sólo un par de coeficientes empíricos para todo el país como lo sugiere Frére”. [15]*

b. Modelo Bristow – Campbell

*“De acuerdo con BRISTOW-CAMPBELL (1984) la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima en un día determinado depende de la relación de Bowen, esto es, la relación entre el calor sensible y el calor latente. El calor sensible depende de la irradiación solar y es responsable de las temperaturas máximas. Durante la noche, el calor sensible es perdido hacia el espacio como radiación en onda larga, disminuyendo así la temperatura del aire hasta su valor mínimo, valor que normalmente se alcanza antes del amanecer. Esta explicación física justifica el hecho del uso de modelos para estimar la irradiación solar en función de la temperatura, pero con la ventaja de una gran red de estaciones que realizan este tipo de mediciones”.*

Dentro de los modelos existentes, BAIGORRIA (2003) llegaron a la conclusión que el modelo Bristow-Campbell era el que mejor se adecuaba a las condiciones de Perú. Este modelo sugiere la estimación de la irradiación solar relativa ( $H/H_o$ ) en función de la diferencia entre las temperaturas máxima y mínimas ( $\Delta T, ^\circ C$ ): [15]

$$R_S = a_B \times (1 - e^{-b_B(T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})^{c_B}}) \times R_a$$

**Ecuación 8.** Irradiación solar según Bristow-Campbell  
Fuente: SENAMHI, Atlas de energía solar del Perú, 2003.

Dónde:

$R_S$ : Irradiación solar en la superficie terrestre  $\left[\frac{J}{m^2}\right]$ .

$a_B, b_B, c_B$ : Coeficientes del modelo Bristow-Campbell.

$T_{m\acute{a}x}$ : Temperatura máxima del día [ $^\circ C$ ].

$T_{m\acute{i}n}$ : Temperatura mínima del día [ $^\circ C$ ].

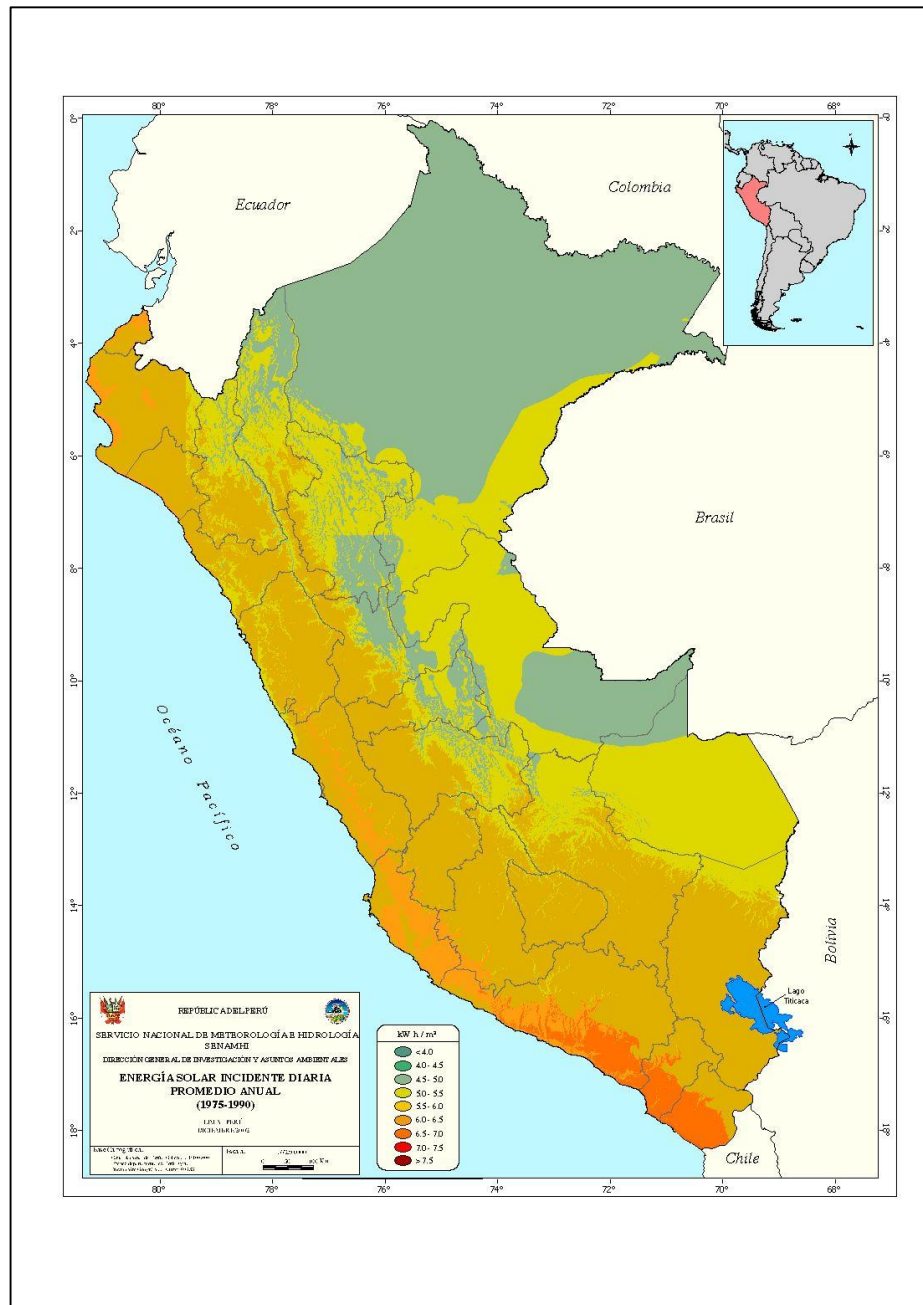
$R_a$ : Irradiación solar en la atmosfera  $\left[\frac{J}{m^2}\right]$ .

**Tabla 2.**  
*Valores de los coeficientes del modelo Bristow-Campbell*

Estación Meteorológica	$A_b$	$B_b$	$C_b$	Número de Datos	Error (%)
<b>Sierra</b>					
Bambamarca	0.66	0.23	0.8	2033	12.6
Weberbauer	0.75	0.04	1.28	1607	3.2
Cosmos	0.7	0.03	1.62	773	8.5
Huayao, Santa Ana	0.78	0.11	0.97	5387	4.6
Granja Kcayra	0.74	0.11	0.92	1961	11.6
Chuquibambilla	0.78	0.19	0.76	1476	3.6
Puno	0.82	0.2	0.87	2156	7.2
Characato - La Pampilla	0.76	0.16	0.91	3134	7.5

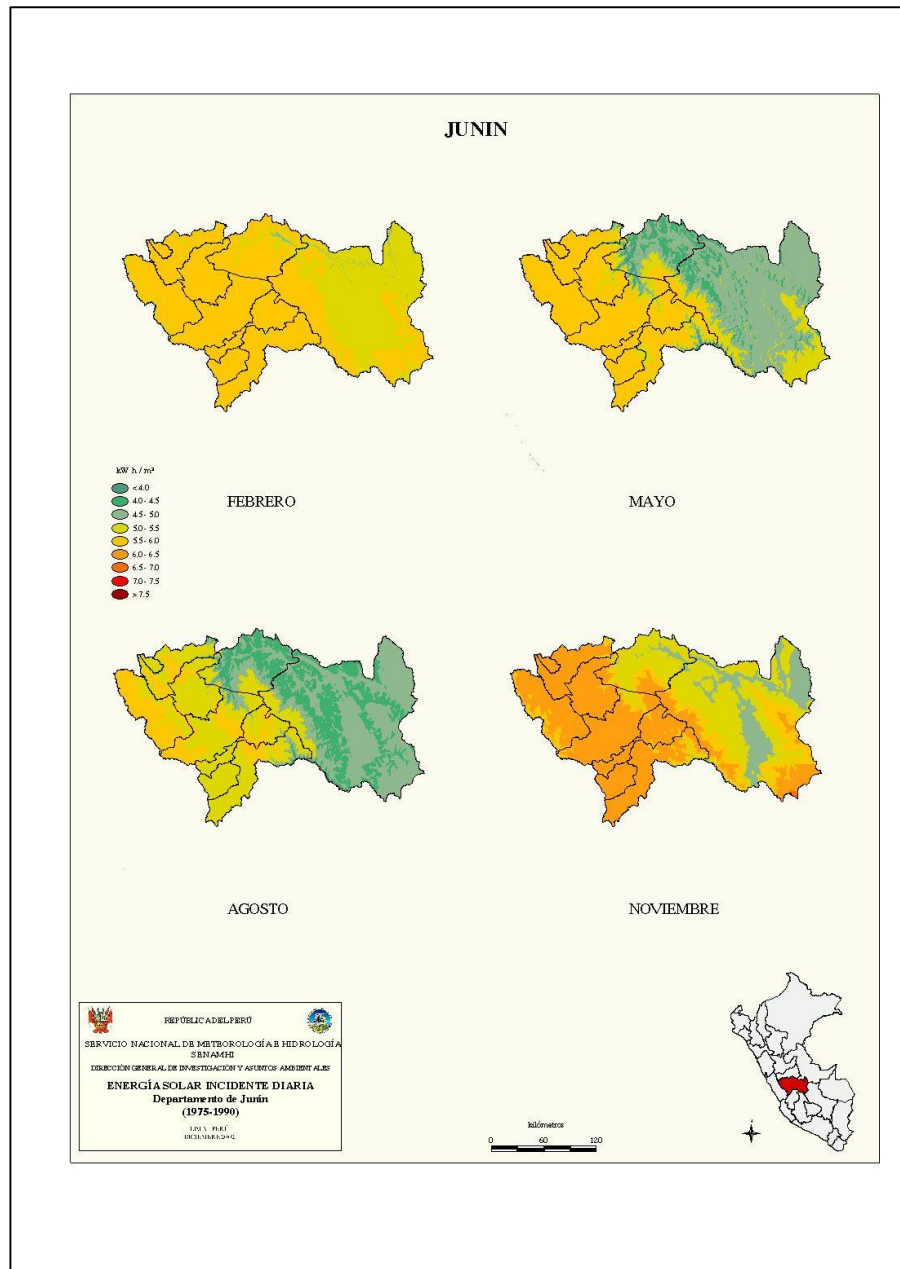
Fuente: SENAMHI. Atlas de energía solar del Perú, 2003.

## 2.2.5. Mapa de irradiación solar del Perú y del departamento de Junín



**Figura 10.** Mapa de irradiación solar del Perú  
Fuente: SENAMHI. Atlas de energía solar del Perú, 2003.

- En el mapa se puede observar que el Perú es un país con alto potencial solar para la generación energía eléctrica.
- Las zonas con mayor potencial solar son la Costa y la Sierra con una irradiación de  $6.5 \frac{kW.h}{m^2}$  y  $5.5 \frac{kW.h}{m^2}$  respectivamente.



**Figura 11.** Mapa de irradiación solar del departamento de Junín  
Fuente: SENAMHI. Atlas de energía solar del Perú, 2003.

- La zona Sierra del departamento de Junín posee una irradiación entre  $5 \frac{kW.h}{m^2}$  y  $6.5 \frac{kW.h}{m^2}$  anuales.
- La Universidad Continental se encuentra en San Carlos, Distrito Huancayo con una latitud -12.0483 y longitud -75.1986. Según el mapa se puede observar que tiene un potencial solar muy bueno.

## 2.2.6. Datos de Irradiación Solar (SENAMHI)

### A. Datos según mapa solar.

A continuación, en la tabla 3 se puede observar los datos diarios de irradiación solar incidente de la Universidad Continental – Huancayo, estos datos fueron obtenidos tomando en cuenta la ubicación de la universidad con respecto a los mapas de irradiación del atlas de energía solar del Perú que fue elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

**Tabla 3.**

*Rango de irradiación promedio por mes según el mapa solar de SENAMHI*

ENERGIA SOLAR INCIDENTE DIARIA 2003		
Nº	MES	IRRADIACIÓN SOLAR Kw-h/m <sup>2</sup>
1	ENERO	5.0 - 5.5
2	FEBRERO	5.5 - 6.0
3	MARZO	6.0 - 6.5
4	ABRIL	5.0 - 5.5
5	MAYO	5.0 - 5.5
6	JUNIO	5.0 - 5.5
7	JULIO	5.0 - 5.5
8	AGOSTO	5.0 - 5.5
9	SEPTIEMBRE	5.5 - 6.0
10	OCTUBRE	6.0 - 6.5
11	NOVIEMBRE	6.0 - 6.5
12	DICIEMBRE	4.5 - 5.0
	<b>PROMEDIO</b>	<b>Min. = 5,29 - Máx. = 5,79</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los mapas de irradiación solar brindados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología es una fuente confiable de información ya que cuenta con diversas estaciones meteorológicas en todo el Perú. Esta información es muy importante para la estimación de la irradiación promedio por mes de cualquier departamento del país.

## B. Datos de la estación meteorológica Santa Ana – SENAMHI

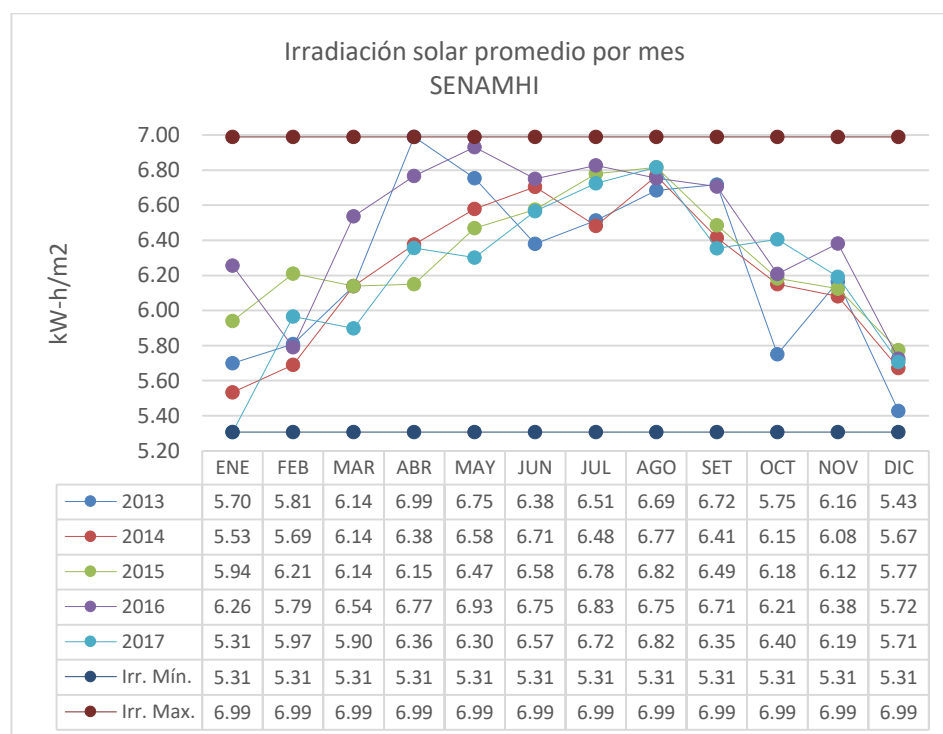
Los siguientes datos de irradiación fueron desarrollados haciendo uso de los datos de temperatura de la estación meteorológica Santa Ana y Huayao mediante el cálculo del modelo de Bristow – Campbell recomendado por Baigorria en 2003 en el atlas de energía solar del Perú.

**Tabla 4.**

*Irradiación solar promedio por mes de los últimos 5 años según SENAMHI*

IRRADIACIÓN PROMEDIO MENSUAL - SENAMHI					
MES	2013	2014	2015	2016	2017
ENE	5.70	5.53	5.94	6.26	5.31
FEB	5.81	5.69	6.21	5.79	5.97
MAR	6.14	6.14	6.14	6.54	5.90
ABR	6.99	6.38	6.15	6.77	6.36
MAY	6.75	6.58	6.47	6.93	6.30
JUN	6.38	6.71	6.58	6.75	6.57
JUL	6.51	6.48	6.78	6.83	6.72
AGO	6.69	6.77	6.82	6.75	6.82
SET	6.72	6.41	6.49	6.71	6.35
OCT	5.75	6.15	6.18	6.21	6.40
NOV	6.16	6.08	6.12	6.38	6.19
DIC	5.43	5.67	5.77	5.72	5.71

Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Figura 12.** Curvas de irradiación solar – SENAMHI

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 2.2.7. Datos de Irradiación Solar (NASA)

Los siguientes datos de la NASA fueron obtenidos mediante coordenadas de latitud y longitud de la Universidad Continental – Huancayo.

**Tabla 5.**  
*Coordenadas de la Universidad Continental - Huancayo en grados decimales*

UNIVERSIDAD CONTINENTAL - HUANCAYO	
LATITUD	-12.0483
LONGITUD	-75.1986

Fuente: Elaboración propia, 2018.

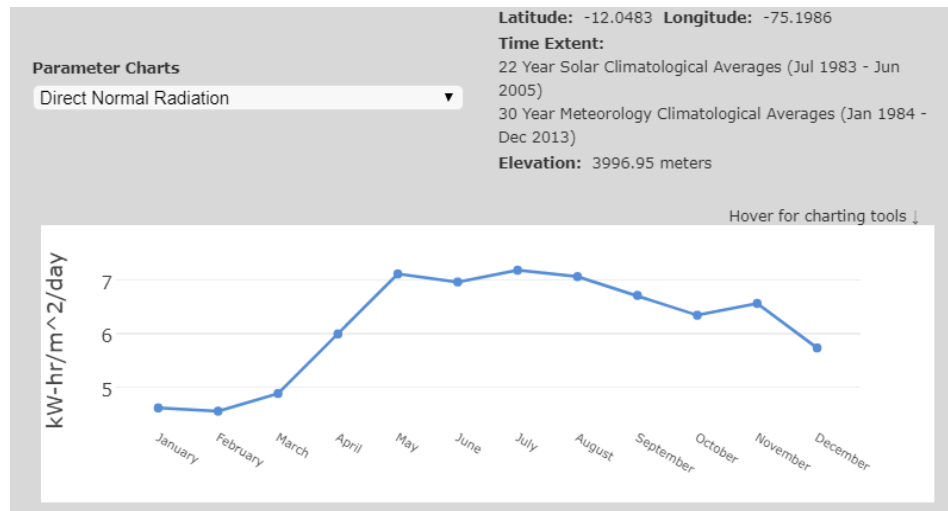
#### A. Irradiación solar promedio por mes entre 1983 y 2005

A continuación, en la tabla 6 se puede observar la irradiación directa promedio por mes que otorga la NASA mediante un proyecto denominado POWER (predicción de los recursos energéticos mundiales), estos datos fueron obtenidos gracias a su aplicación Visor Power Data Access Viewer (acceso a las vistas de datos de energía) que brinda un promedio climatológico solar de 22 años (Julio 1983 – junio 2005) que maneja esta organización.

**Tabla 6.**  
*Irradiación directa normal - NASA*

IRRADIACIÓN DIRECTA NORMAL		
Nº	MES	IRRADIACIÓN SOLAR DIRECTA kW-h/m <sup>2</sup>
1	ENERO	4.61
2	FEBRERO	4.55
3	MARZO	4.88
4	ABRIL	5.99
5	MAYO	7.11
6	JUNIO	6.96
7	JULIO	7.18
8	AGOSTO	7.06
9	SETIEMBRE	6.71
10	OCTUBRE	6.34
11	NOVIEMBRE	6.56
12	DICIEMBRE	5.73
	<b>PROMEDIO</b>	<b>6,14</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Figura 13.** Irradiación solar directa por mes - NASA  
 Fuente: NASA Data Access Viewer, 2018.

Según las predicciones de la NASA la mayor irradiación se produce en el mes de mayo mientras que la menor irradiación se produce en el mes de febrero.

## B. Datos de irradiación solar promedio por mes de los últimos 5 años según NASA

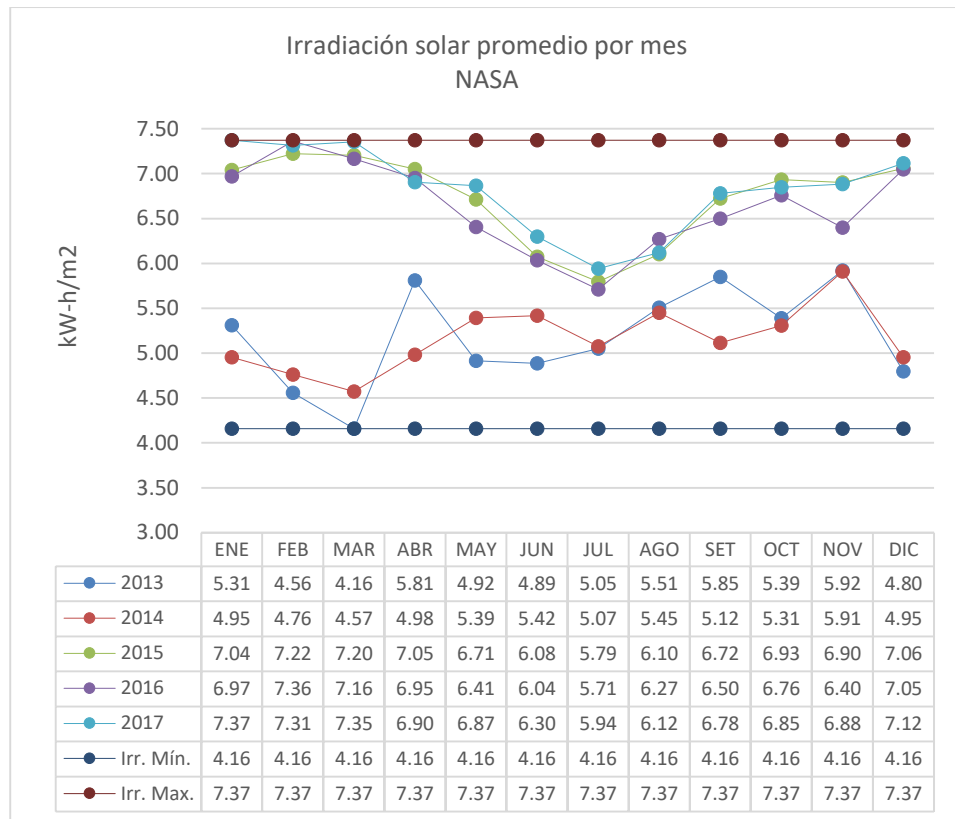
Los siguientes datos fueron obtenidos de la aplicación Visor Power Data Access Viewer de NASA.

**Tabla 7.**  
 Irradiación solar promedio por mes de los últimos 5 años según NASA

IRRADIACIÓN PROMEDIO MENSUAL - NASA					
MES	2013	2014	2015	2016	2017
ENE	5.31	4.95	7.04	6.97	7.37
FEB	4.56	4.76	7.22	7.36	7.31
MAR	4.16	4.57	7.20	7.16	7.35
ABR	5.81	4.98	7.05	6.95	6.90
MAY	4.92	5.39	6.71	6.41	6.87
JUN	4.89	5.42	6.08	6.04	6.30
JUL	5.05	5.07	5.79	5.71	5.94
AGO	5.51	5.45	6.10	6.27	6.12
SET	5.85	5.12	6.72	6.50	6.78
OCT	5.39	5.31	6.93	6.76	6.85
NOV	5.92	5.91	6.90	6.40	6.88
DIC	4.80	4.95	7.06	7.05	7.12

Fuente: Elaboración propia, 2018.





**Figura 14.** Curvas de irradiación solar - NASA  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

## 2.2.8. Sistema Fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de componentes que aprovechan la energía solar para transformarla en energía eléctrica, todo esto con el fin de satisfacer la demanda energética durante un tiempo determinado.

### A. Ventajas de un Sistema Fotovoltaico

- a. Tiene al sol como fuente de energía, por lo que no tiene costo alguno para la generación de energía eléctrica.
- b. La producción de energía eléctrica no produce ninguna emisión de  $CO_2$ , es amigable con el medio ambiente.
- c. El costo económico de operación y mantenimiento es muy bajo y sencillo.

- d. Los módulos fotovoltaicos tienen un promedio de vida de 20 años.
- e. Los módulos pueden ser integrados tanto en estructuras nuevas como estructuras existentes.

#### **B. Desventajas de un Sistema Fotovoltaico**

- a. La inversión inicial es muy alta.
- b. Se necesita grandes espacios para la recolección de energía.
- c. Las baterías de almacenamiento tienen un costo muy elevado.
- d. El sistema fotovoltaico solo funcionará en periodos donde haya sol en caso de no tener un banco de baterías para el almacenamiento de energía.

#### **2.2.9. Componentes de un Sistema Fotovoltaico**

En general un sistema fotovoltaico está compuesto por:

##### **A. Panel Fotovoltaico**

###### **a. Definición:**

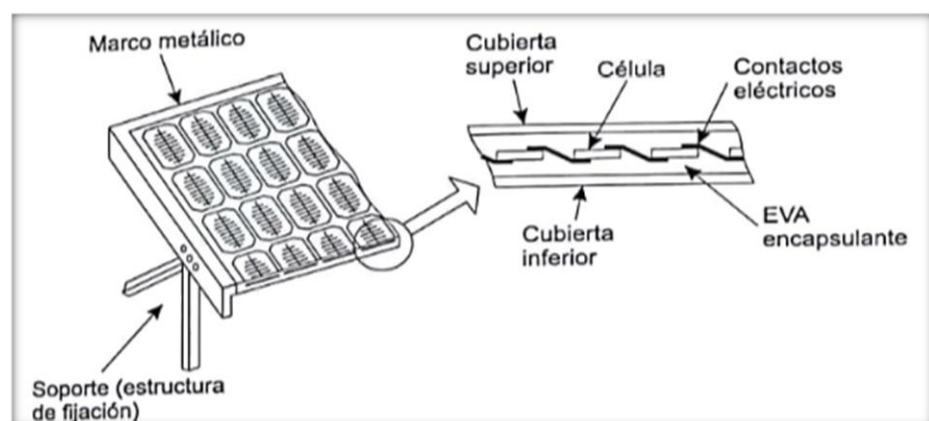
El generador fotovoltaico es el elemento del sistema encargado de convertir la radiación solar que recibe en electricidad, con unas características de tensión y de corriente que dependen tanto de la cantidad de radiación como de los parámetros constructivos del mismo.

El elemento básico para realizar esta conversión es la célula fotovoltaica. En la práctica, las células aisladas no suministran energía eléctrica en cantidad suficiente como para alimentar las instalaciones que se usan en la actualidad, por lo que es necesario agrupar las células con

unas características iguales, conectándolas en serie y paralelo, a fin de obtener una tensión y una corriente determinadas.

Estas agrupaciones de células se encierran en los denominados paneles fotovoltaicos, que proporcionan la necesaria resistencia mecánica y la protección de las células contra los agentes ambientales externos, ofreciendo también el necesario aislamiento eléctrico, que garantiza su funcionamiento en el tiempo y la seguridad de las personas y animales que se encuentren en su entorno.

Los objetivos principales del panel respecto a las células son: asegurar una estanquidad suficiente, garantizar una adecuada resistencia mecánica y contra agentes externos, favorecer la máxima captación de la radiación solar y evacuar el calor de las células para obtener un rendimiento máximo. Este último aspecto es de gran relevancia si se considera el rendimiento de un panel fotovoltaico depende fundamentalmente de la temperatura de las células.



**Figura 15.** Panel fotovoltaico  
Fuente: M. Castro Gil, Energía Solar Fotovoltaica, 2008.

El conjunto de células, conectadas convenientemente en serie y en paralelo para dar los valores nominales de tensión y de corriente del panel,

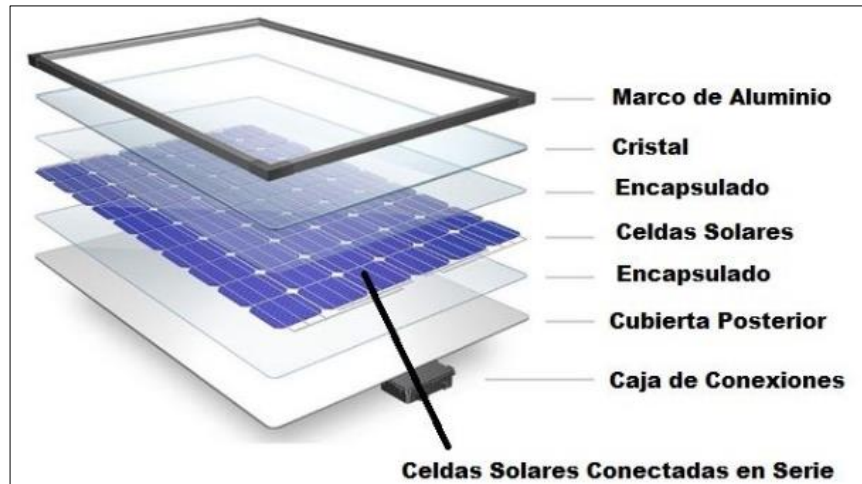
se sitúa encerrado entre dos cubiertas, una superior y otra inferior, que garantizan protección mecánica y contra agente externos.

La cubierta superior es de un vidrio templado especial, resistente a los impactos, y con una superficie exterior sumamente lisa para que no retenga suciedad. Es muy importante su calidad óptica para asegurar la mayor transparencia posible a la radiación solar incidente.

La cubierta inferior, al contrario, suele ser opaca, y tiene únicamente una función de protección contra los agentes externos (principalmente contra la humedad), además de conferir una cierta resistencia mecánica al panel. Se suelen utilizar materiales sintéticos, Tedlar u otro vidrio.

Entre las dos cubiertas, y envolviendo las células y las conexiones eléctricas, se encuentra el material encapsulante, que debe ser transparente a la radiación solar, no verse alterado por la radiación ultravioleta y no absorber humedad. Además, protege a la célula ante pequeñas vibraciones que puedan producirse y sirve de adhesivo a las cubiertas. Como material encapsulante se utilizan las siliconas, el polivinilo y, sobre todo, EVA (etil-vinil-acetileno), que ofrece actualmente las mejores características.

El conjunto de las dos cubiertas con las células en el material encapsulante va montado sobre un marco soporte metálico.” [12]



**Figura 16.** Partes de un panel fotovoltaico  
 Fuente: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>, 2018.

*“La inclinación es muy relevante para los módulos fotovoltaicos, tienen que estar bien orientados para coleccionar la mayor parte de la irradiación solar, la cantidad aceptable de energía que se acumula es cuando el módulo está inclinado en el mismo ángulo que el de latitud. Para estos se debe de tomar importancia a los ángulos de inclinación para aprovechar el máximo de potencia de los paneles fotovoltaicos con respecto a la irradiación solar”. [20]*

**b. Datos técnicos de un panel fotovoltaico:**

Los paneles fotovoltaicos poseen 5 características muy importantes para tener en cuenta para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, los cuales son:

- Tensión a circuito abierto ( $V_{OC}$ ):

Si se coloca un panel fotovoltaico libre de carga debajo del Sol, en sus terminales se obtiene una tensión continua de nombre “Tensión a circuito abierto ( $V_{OC}$ )”.

- Corriente de cortocircuito ( $I_{CC}$ ):

Si se cortocircuita el terminal positivo y negativo del panel fotovoltaico, se obtiene la corriente máxima que circula por el panel fotovoltaico, la cual es medida mediante una pinza amperimétrica.

- Voltaje a máxima potencia ( $V_{MP}$ ):

Este parámetro permite conocer el voltaje nominal del panel fotovoltaico.

**Tabla 8.**  
*Tensión nominal vs Tensión máxima*

<b>Vnom</b>	<b>Vmp</b>
12 V	15 V – 19 V
24V	36 V – 39 V

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- Corriente a máxima potencia ( $I_{MP}$ ):

Este parámetro indica la corriente máxima que brinda el panel fotovoltaico en plena carga. También indica que la cifra se debe tener en cuenta para el dimensionamiento del regulador o controlador de carga.

- Punto de máxima potencia ( $P_{MÁX}$ ):

Este parámetro es la que determina el modelo del panel fotovoltaico.

$$P_{MÁX} = V_{MP} \times I_{MP}$$

**Ecuación 9.** Punto de máxima potencia de un panel fotovoltaico  
Fuente: M. Castro Gil, Energía Solar Fotovoltaica, 2008.

**c. Cálculos:**

Para que el sistema fotovoltaico reciba la mayor irradiación posible, los paneles deberán tener una inclinación óptima de:

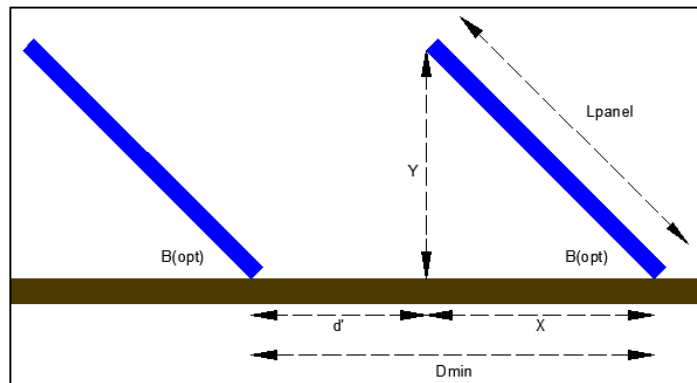
$$\beta_{opt} = 3.7 + (0.69 \times L)$$

**Ecuación 10.** Inclinación óptima de un panel fotovoltaico  
Fuente: M. Castro Gil, Energía Solar Fotovoltaica, 2008.

Dónde:

$\beta_{opt}$  : Inclinación óptima de un panel fotovoltaico [°].

La distancia mínima entre paneles fotovoltaicos teniendo en cuenta la inclinación óptima, se establecerá por la siguiente formula.



**Figura 17.** Inclinación y distancia mínima de un panel fotovoltaico  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

$$X = L_{panel} \times \text{Cos}(\beta_{opt})$$

**Ecuación 11.** Distancia “X” de un panel fotovoltaico  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

$$Y = L_{panel} \times \text{Sen}(\beta_{opt})$$

**Ecuación 12.** Distancia “Y” de un panel fotovoltaico  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

$$d' = \frac{Y}{\text{Tg}(61 - L)}$$

$$D_{\min} = d' + X$$

**Ecuación 13.** Distancia mínima entre paneles fotovoltaicos  
Fuente: Roldán Vilorio, Instalaciones solares fotovoltaicas, 2010.

Dónde:

$D_{\min}$ : Distancia mínima entre paneles fotovoltaicos [m].

Para el cálculo del número de paneles fotovoltaicos en paralelo se tiene en cuenta la corriente total del sistema fotovoltaico y la corriente máxima que de un panel fotovoltaico.

$$N^{\circ}_{PP} = \frac{I_{\text{Sistema Fotovoltaico}}}{I_{\text{pico del panel}}}$$

**Ecuación 14.** Número de paneles fotovoltaicos en paralelo  
Fuente: Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011.

Para el cálculo del número de paneles fotovoltaicos en serie se tiene en cuenta la tensión del sistema fotovoltaico y la tensión nominal de un panel fotovoltaico.

$$N^{\circ}_{PS} = \frac{V_{\text{Sistema Fotovoltaico}}}{V_{\text{Nominal del panel}}}$$

**Ecuación 15.** Número de paneles fotovoltaicos en serie  
Fuente: Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011.

El número total de paneles fotovoltaicos se obtiene multiplicando el número de paneles fotovoltaicos en paralelo con el número de paneles fotovoltaicos en serie.

$$N^{\circ}_{\text{Total de paneles}} = N^{\circ}_{PP} \times N^{\circ}_{PS}$$

**Ecuación 16.** Número total de paneles fotovoltaicos  
Fuente: Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011.



#### d. Métodos de conexión:

- Conexión en serie:

La conexión en serie de paneles fotovoltaicos se logra uniendo la terminal positiva de un panel con la terminal negativa de otro panel y así sucesivamente hasta aumentar el voltaje deseado del sistema.

$$V_{\text{TOTAL}} = V_{G1} + V_{G2}$$

**Ecuación 17.** Tensión total del sistema en una conexión serie de paneles fotovoltaicos  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

$V_{\text{TOTAL}}$ : Tensión total del sistema.

$V_{G1}$ : Tensión del panel fotovoltaico uno.

$V_{G2}$ : Tensión del panel fotovoltaico dos.

$$I_{\text{TOTAL}} = I_{G1} = I_{G2}$$

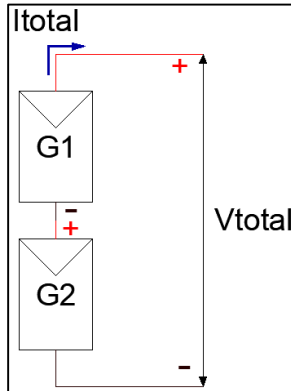
**Ecuación 18.** Corriente total del sistema en una conexión serie de paneles fotovoltaicos  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

$I_{\text{TOTAL}}$ : Corriente total del sistema.

$I_{G1}$ : Corriente del panel fotovoltaico uno.

$I_{G2}$ : Corriente del panel fotovoltaico dos.



**Figura 18.** Conexión en serie de paneles fotovoltaicos  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

– Conexión en paralelo:

La conexión en paralelo de paneles fotovoltaicos se logra uniendo todas las terminales positivas de los paneles, también se une todas las terminales negativas de los paneles hasta aumentar la corriente deseada en el sistema.

$$V_{TOTAL} = V_{G1} = V_{G2}$$

**Ecuación 19.** Tensión total del sistema en una conexión en paralelo de paneles fotovoltaicos  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

$V_{TOTAL}$ : Tensión total del sistema.

$V_{G1}$ : Tensión del panel fotovoltaico uno.

$V_{G2}$ : Tensión del panel fotovoltaico dos.

$$I_{TOTAL} = I_{G1} + I_{G2}$$

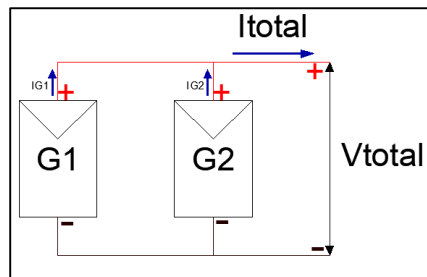
**Ecuación 20.** Corriente total del sistema en una conexión en paralelo de paneles fotovoltaicos  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

$I_{TOTAL}$ : Corriente total del sistema.

$I_{G1}$ : Corriente del panel fotovoltaico uno.

$I_{G2}$ : Corriente del panel fotovoltaico dos.



**Figura 19.** Conexión en paralelo de paneles fotovoltaicos  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

– Conexión serie-paralelo:

Esta conexión es una combinación de las anteriores, pero con la gran ventaja de que este tipo de conexión eleva tanto la tensión como la corriente del sistema fotovoltaico.

$$V_{TOTAL} = V_{G1} + V_{G2} = V_{G3} + V_{G4}$$

**Ecuación 21.** Tensión total del sistema en una conexión serie-paralelo de paneles fotovoltaicos  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

$V_{TOTAL}$ : Tensión total del sistema.

$V_{G1}$ : Tensión del panel fotovoltaico uno.

$V_{G2}$ : Tensión del panel fotovoltaico dos.

$V_{G3}$ : Tensión del panel fotovoltaico tres.

$V_{G4}$ : Tensión del panel fotovoltaico cuatro.

$$I_{TOTAL} = I_{G1} + I_{G3} = I_{G2} + I_{G4}$$

**Ecuación 22.** Corriente total del sistema en una conexión serie-paralelo de paneles fotovoltaicos  
 Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

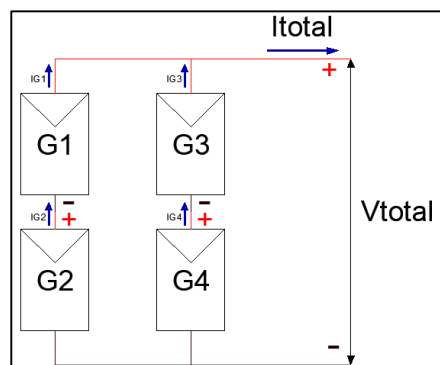
$I_{TOTAL}$ : Corriente total del sistema.

$I_{G1}$ : Corriente del panel fotovoltaico uno.

$I_{G2}$ : Corriente del panel fotovoltaico dos.

$I_{G3}$ : Corriente del panel fotovoltaico tres.

$I_{G4}$ : Corriente del panel fotovoltaico cuatro.



**Figura 20.** Conexión serie-paralelo de paneles fotovoltaicos  
 Fuente: Elaboración propia, 2018.

## B. Batería

### a. Definición:

La naturaleza de la radiación solar es variable y, por lo tanto, de la energía eléctrica generada, hace que en los sistemas fotovoltaicos aislados sea necesario un almacenamiento de energía que permita poder disponer de esta en periodos en los que no es posible la generación. En los sistemas fotovoltaicos, dicho papel lo realiza la batería.

Dichos elementos convierten la energía química en energía eléctrica mediante dos electrodos de distinto material (materia activa), aislados eléctricamente uno del otro y “sumergidos” en un electrolito que hace de un conductor iónico.

El electrolito puede ser sólido, líquido o en forma de gel, pero normalmente es una solución acuosa. Cuando la batería es recargable, el proceso químico es reversible, y la energía eléctrica inyectada puede convertirse en energía química y almacenarse de este modo.

Las propiedades de la batería que se elija para un sistema fotovoltaico influyen de manera muy importante en el diseño de algunos elementos de la instalación, por lo que hay que prestar una atención especial a las características más convenientes para las condiciones del sistema a alimentar, tales como los tipos de cargas para las que se destina, la potencia total y los ciclos de consumo previstos. [12]

#### **b. Tipos de batería solar:**

##### **– Baterías Abiertas**

“Una de las baterías más empleadas en instalaciones de sistemas fotovoltaicos son las de plomo-ácido, éstas tienen la ventaja de ser más económicas que las formadas por otros compuestos. Adicionalmente, dada la gran familiaridad al público en general debido a que tiene relación con las baterías automotrices, su potencial comercial es muy elevado. Estas baterías se fabrican mediante diversas aleaciones de plomo en una solución de ácido

sulfúrico que actúa como electrolito. El material de las placas es una aleación de plomo con otro material, ya que el plomo puro es débil físicamente.

Dependiendo del material con que se mezcle el plomo, resultará la profundidad de descarga de la batería. Así, por ejemplo, si las placas son de una aleación de plomo y antimonio, el antimonio permite que la batería tenga una mayor profundidad de descarga sin que se dañen las placas, esto significa una mayor vida para la batería, y por lo tanto las baterías de plomo-antimonio-ácido son de ciclo profundo.” [21]

#### – Baterías Liquidas

*“Son las más antiguas y su simple producción permiten precios favorables. Existen en versión abierta con tapas que dejan sustituir el agua o en versión 'libre de mantenimiento' que son cerradas, pero con válvulas para que posibles gases puedan escapar durante cargas excesivas (en realidad no son libre de mantenimiento, son de bajo mantenimiento). Sus ventajas aparte de los precios es que son menos problemáticos si se sobrecargan. Las desventajas son el peligro de perder el muy agresivo ácido, un control del nivel del agua es necesario (en las de 'libre mantenimiento' no se pueden sustituir el agua), y su corta vida típica de aproximadamente 400 ciclos de carga y descarga. Una ventilación es muy importante para estos tipos de batería y temperaturas bajo cero pueden destruirlas rápidamente.” [21]*

- Baterías tipo VRLA (Valve Regulated Lead Acid battery)

*“Estas baterías modernas tampoco son completamente selladas, pero contienen una tecnología que recombinan el oxígeno e hidrógeno que sale de las placas durante la carga y así eliminan la pérdida de agua si no son sobrecargadas. Estas baterías funcionan en cualquiera posición. Hay dos tipos principales: los de consistencia de Gel y los AGM, donde el ácido es fijado en fibra de vidrio (AGM - absorbed glass mat).” [21]*

- Baterías Cerradas

“Baterías de Gel. En estas baterías 'selladas', el ácido tiene la forma de gel. Su gran ventaja es que ya no hay un líquido que se puede perder, son cerradas y funcionan en cualquier posición. La corrosión es reducida y son más resistentes a bajas temperaturas. Su vida es mucho mayor que la vida de las baterías líquidas y comparado con otras, son las menos afectadas en casos de descargas profundas. Las desventajas son una resistencia interna poco más alta que reduce el flujo máximo de la corriente, son algo más delicadas para cargar y llevan un precio mayor. Estas baterías se usan frecuentemente en la industria y la telecomunicación.

En este tipo de baterías, el electrolito se inmoviliza en forma de gel de consistencia muy densa. Las baterías de Gel tienen por lo general una mayor duración de vida y una mejor capacidad de ciclos que las baterías AGM. No necesitan mantenimiento, pero no son aptas para operar con sobre descarga ni con altas temperaturas”.[21]

- Baterías tipo AGM

*“En estas baterías, desarrolladas inicialmente para la aviación, el ácido está fijado en fibras de vidrio. Cada vez más se usan en sistemas solares y eólicos. Sus ventajas adicionalmente a las de las baterías de gel son una alta resistencia en climas fríos, su auto descarga sobre el tiempo es mínimo y tiene la eficiencia más alta de todas las baterías de plomo (hasta 95%). Tienen una baja resistencia interna que permiten corrientes altas. Desventaja, aparte del precio más elevado, es su vulnerabilidad más alta a descargas profundas”.*

[21]

### **c. Datos técnicos de una batería solar:**

- Tensión nominal ( $V_{nom}$ ):

“La tensión nominal de una batería es la suma de las tensiones nominales de los elementos conectados en serie para formar dicha batería. La tensión nominal de dichos elementos depende del tipo de reacción química que se produzca y está normalmente comprendida entre 1 V y 2 V”. [12]

- Capacidad (CB):

“Los ampere-hora totales que una batería es capaz de entregar empezando por el estado totalmente cargado y terminando; cuando está completamente descargado se le llama capacidad en Ah”. [17]

- Estado de carga (EDC) y Profundidad de descarga (PD):

*“El estado de carga de una batería es la capacidad o los amperes-horas remanentes y se expresa como porcentaje de la*



capacidad nominal, por ejemplo, si una batería de 200 Ah tiene 150 Ah remanentes, es decir, que se le han extraído 50 Ah. se dice que su estado de carga es del 75%. Al porcentaje de la capacidad nominal extraído se conoce como profundidad de descarga, para el ejemplo anterior la profundidad de descarga es de 25%”. [17]

– Ciclo de vida:

“El proceso de cargar una batería y descargarla parcialmente corresponde a lo que se conoce como un ciclo. La vida útil de las baterías de ciclo profundo se expresa en ciclos de vida a cierta temperatura y profundidad de descarga”. [17]

– Eficiencia ( $n_{\text{batería}}$ ):

“Hay una cierta pérdida de energía en las baterías debido a varias razones: a la diferencia en voltajes durante carga y descarga, calentamiento, producción de gases y debido a la pérdida de carga para un periodo de tiempo”. [17]

$$n_{\text{batería}} = \frac{\text{Ah de salida}}{\text{Ah de entrada}}$$

**Ecuación 23.** Eficiencia de la batería

Fuente: Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011.

#### **d. Cálculos:**

Para el cálculo del número de baterías solares en paralelo se tiene en cuenta la capacidad total del banco de baterías y la capacidad de una batería.

$$N^{\circ}_{BP} = \frac{C_{\text{Banco de baterías}}}{C_{\text{Batería}}}$$

**Ecuación 24.** Número de baterías en paralelo

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

Para el cálculo del número de baterías solares en serie se tiene en cuenta la tensión del sistema fotovoltaico y la tensión nominal de una batería.

$$N^{\circ}_{BS} = \frac{V_{\text{Sistema Fotovoltaico}}}{V_{\text{Nominal de la batería}}}$$

**Ecuación 25.** Número de baterías en serie

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

El número total de baterías solares se obtiene multiplicando el número de baterías solares en paralelo con el número de baterías solares en serie.

$$N^{\circ}_{\text{Total de baterías}} = N^{\circ}_{BP} \times N^{\circ}_{BS}$$

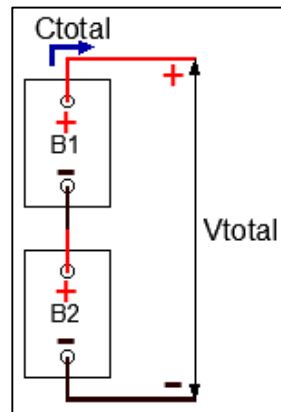
**Ecuación 26.** Número total de baterías

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

#### e. Métodos de conexión:

- Conexión en serie:

La conexión en serie de baterías solares se logra uniendo la terminal positiva de una batería con la terminal negativa de otra batería y así sucesivamente hasta aumentar el voltaje deseado del sistema.



**Figura 21.** Conexión en serie de baterías solares  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

$$V_{TOTAL} = V_{B1} + V_{B2}$$

**Ecuación 27.** Tensión total del sistema en una conexión serie de baterías  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

$V_{TOTAL}$ : Tensión total del sistema.

$V_{B1}$ : Tensión de la batería solar uno.

$V_{B2}$ : Tensión de la batería solar dos.

$$C_{TOTAL} = C_{B1} = C_{B2}$$

**Ecuación 28.** Capacidad total del sistema en una conexión serie de baterías  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

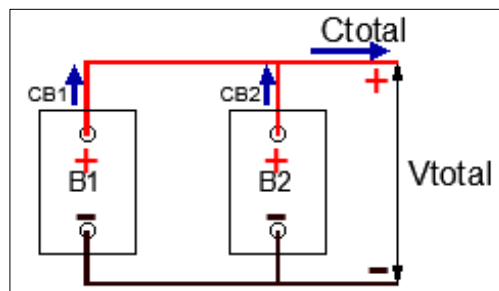
$C_{TOTAL}$ : Capacidad total del sistema.

$C_{B1}$ : Capacidad de la batería solar uno.

$C_{B2}$ : Capacidad de la batería solar dos.

- Conexión en paralelo:

La conexión en paralelo de las baterías solares se logra uniendo todas las terminales positivas de las baterías, también se une todas las terminales negativas de las baterías hasta aumentar la capacidad deseada en el sistema.



**Figura 22.** Conexión en paralelo de baterías solares  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

$$V_{TOTAL} = V_{B1} = V_{B2}$$

**Ecuación 29.** Tensión total del sistema en una conexión en paralelo de baterías  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

$V_{TOTAL}$ : Tensión total del sistema.

$V_{B1}$ : Tensión de la batería solar uno.

$V_{B2}$ : Tensión de la batería solar dos.

$$C_{TOTAL} = C_{B1} + C_{B2}$$

**Ecuación 30.** Capacidad total del sistema en una conexión en paralelo de baterías  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

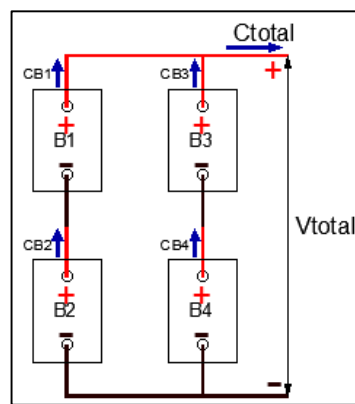
$C_{TOTAL}$ : Capacidad total del sistema.

$C_{B1}$ : Capacidad de la batería solar uno.

$C_{B2}$ : Capacidad de la batería solar dos.

– Conexión serie-paralelo:

Esta conexión es una combinación de las anteriores, pero con la gran ventaja de que este tipo de conexión eleva tanto la tensión como la capacidad del sistema fotovoltaico.



**Figura 23.** Conexión en serie-paralelo de baterías solares  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

$$V_{TOTAL} = V_{B1} + V_{B2} = V_{B3} + V_{B4}$$

**Ecuación 31.** Tensión total del sistema en una conexión serie-paralelo de baterías  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

$V_{TOTAL}$ : Tensión total del sistema.

$V_{B1}$ : Tensión de la batería solar uno.

$V_{B2}$ : Tensión de la batería solar dos.

$V_{B3}$ : Tensión de la batería solar tres.

$V_{B4}$ : Tensión de la batería solar cuatro.

$$C_{TOTAL} = C_{B1} + C_{B3} = C_{B2} + C_{B4}$$

**Ecuación 32.** Capacidad total del sistema en una conexión serie-paralelo de baterías

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

$C_{TOTAL}$ : Capacidad total del sistema.

$C_{B1}$ : Capacidad de la batería solar uno.

$C_{B2}$ : Capacidad de la batería solar dos.

$C_{B3}$ : Capacidad de la batería solar tres.

$C_{B4}$ : Capacidad de la batería solar cuatro.

## C. Regulador de carga

### a. Definición:

“La función de control del estado de carga de la batería (evitando tanto la descarga por debajo del nivel mínimo, como la sobrecarga por encima de la carga nominal) la realiza el regulador de carga.

Cuando la tensión del generador  $V_B$  está por debajo del umbral de la tensión  $V_{BI}$  de la batería en un determinado estado de carga, la batería no se cargará. Más aun, cuando la tensión del generador sea muy inferior a la de la batería, por ejemplo, en condiciones de oscuridad, cabe entender que se puede dar la situación inversa de cesión de corriente de la batería al generador, con su consiguiente descarga, por lo que es conveniente la inclusión en el circuito de elementos, tales como diodos

de bloqueo dispuestos en serie entre el generador y la batería, que eviten la circulación de corriente en ese sentido”. [12]

**b. Datos técnicos de un regulador de carga:**

- Tensión de entrada ( $V_{\text{entrada-regulador}}$ ):

El voltaje de entrada del regulador o controlador de carga debe ser la misma que el sistema fotovoltaico ya dimensionado.

- Corriente nominal ( $I_{\text{nominal-regulador}}$ ):

La corriente nominal del regulador deberá ser seleccionado de acuerdo la corriente que presenta el sistema fotovoltaico.

- Tipo de seguimiento:

El seguimiento del regulador de carga puede ser de modulación por ancho de banda (PWM) y de seguidor del punto de máxima potencia (MPPT).

**c. Cálculos:**

Para la selección del regulador de carga es indispensable conocer la máxima corriente que pasa en el sistema fotovoltaico.

$$I_{\text{CC Sistema Fotovoltaico}} = 1.25 \times I_{\text{CC Panel}} \times N^{\circ}_{\text{PP}}$$

**Ecuación 33.** Corriente de cortocircuito del sistema fotovoltaico  
Fuente: Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011.

Dónde:

$I_{\text{CC Sistema Fotovoltaico}}$ : Corriente de cortocircuito del sistema fotovoltaico.

$I_{CC \text{ Panel}}$ : Corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico.

$N^{\circ}_{PP}$ : Número de paneles fotovoltaicos en paralelo.

## D. Inversor CD/CA

### a. Definición

*“Son los elementos del sistema que adaptan la energía entregada por el generador fotovoltaico o por las baterías (en forma de corriente continua) a las condiciones requeridas por los distintos tipos de cargas, ya sean estas en corriente continua, en corriente alterna, o con inyección de energía directamente a la red.” [12]*



**Figura 24.** Inversor CC/CA  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

### b. Datos técnicos de un inversor CD/CA:

- Tensión nominal CD:
- Esta tensión nominal CD deberá ser igual a la tensión del sistema fotovoltaico.
- Tensión nominal CA:



- La tensión AC del inversor dependerá de las características de la carga a la cual se abastecerá de energía eléctrica.
- Potencia de operación:
- La potencia de operación del inversor será seleccionada comparando la demanda de la carga.
- Corriente de salida CA:
- La corriente de salida del inversor deberá ser mayor al cociente de la potencia de operación y el voltaje nominal CA.
- Eficiencia del inversor:
- Los inversores generalmente tienen una eficiencia a plena carga de entre el 90 y 94% para sistemas de baja tensión de entrada.

**c. Cálculos:**

$$N^{\circ} \text{ Inversores} = \frac{W_{\text{Demandada}}}{W_{\text{Nominal del inversor}}}$$

**Ecuación 34.** Número de inversores del sistema fotovoltaico  
Fuente: Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011.

Dónde:

$N^{\circ} \text{ Inversores}$ : Número de inversores.

$W_{\text{Demandada}}$ : Potencia demandada de la carga.

$W_{\text{Nominal del inversor}}$ : Potencia nominal del inversor.

## E. Conmutador de transferencia de energía

Los conmutadores de transferencia también llamados switch o interruptor de transferencia de energía son dispositivos que cambian de una fuente de alimentación a otra. Este tipo de equipos son esenciales en los sistemas convencionales, no convencionales y grupos electrógenos, ya que, mediante este sistema, pasan de una fuente de energía a otra en el momento en que la fuente de energía principal falla. En este informe de tesis el conmutador de transferencia de energía estará conectado al sistema convencional y a un sistema fotovoltaico en caso este falle.

## F. Lámpara

Es la carga a la que se suministrará energía la eléctrica. Una lámpara fluorescente convencional está compuesta por un tubo de descarga con gas a baja presión, un recubrimiento de una mezcla de polvos fluorescentes y dos electrodos en los extremos.



*Figura 25.* Lámpara Fluorescente TL-D 18W/865  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 2.2.10. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

A continuación, se puede observar los tipos de sistemas fotovoltaicos.

#### A. Sistemas autónomos sin almacenamiento

Estos sistemas son los más simples ya que se aprovecha directamente la energía eléctrica brindada por los paneles fotovoltaicos.

Dentro de estos sistemas autónomos se puede encontrar dos casos:

### **a. Alimentación Directa**

“En este caso las funciones se reducen a producir y utilizar. El aparato que se quiere hacer funcionar, solo lo hará mientras haya luz suficiente para suministrar la energía demandada.

Es un sistema interesante para todas las aplicaciones que no necesitan funcionar en los periodos de oscuridad. Es decir, cuando las necesidades de energía coinciden con la presencia de luz. Si hay luz, funciona, si no la hay, se para. Sin embargo, es necesario calcular el panel o la célula solar de manera que tenga suficiente potencia para alimentar al aparato con la luz más débil posible. Esto a la vez es una limitación, ya que no siempre se podrá beneficiar de las luminosidades más altas. Al no existir almacenamiento, no hay posibilidad de aprovechar el superávit de energía solar.” [22]

### **b. Bombeo Solar**

“Se trata de almacenar agua en un depósito. La bomba solar está conectada directamente sobre los paneles solares por medio de un regulador o de un convertidor.” [22]

## **B. Sistemas autónomos con almacenamiento**

“Es la configuración más común de los sistemas autónomos. El conjunto funciona normalmente en corriente continua (CC o DC), lo que es preferible ya que es más simple. Sin embargo, muchos de los aparatos receptores que deben funcionar con esa energía como base, son de corriente alterna (AC), y necesitaran un inversor DC/AC para funcionar. Simplemente

porque es la corriente que se ha impuesto, muchos aparatos solo están diseñados para funcionar con AC.

En un sistema de este tipo, la batería se carga durante el día, y sirve de depósito energético permanente. Esta batería puede recibir en un momento dado una determinada corriente de carga, y suministrar una corriente de descarga de valor diferente. Los aparatos que se quieren hacer funcionar se conectan con la batería a través de un regulador de carga. Una vez que la batería está totalmente cargada, el citado regulador corta la línea para evitar que se sobrecargue. Con este corte de la línea de carga se pierde una parte de la energía producida, sobre todo en verano.

Cuando el aparato receptor tiene que funcionar con corriente alterna (AC), se coloca antes del mismo un inversor DC/AC. Esto tiene sus consecuencias:

- a. Aumento del coste y volumen de la instalación.
- b. Reducción del rendimiento (el rendimiento del convertidor es siempre inferior al 100% de energía)
- c. Riesgo de parada completa del sistema, caso de que se produzca algún problema con el inversor, ya que toda la línea eléctrica se alimenta a través suyo.” [22]

### **C. Sistemas autónomos híbridos**

“Una de las limitaciones de un sistema autónomo puramente fotovoltaico es, como acabamos de describir, que suministra una potencia determinada, variable según la estación del año, pero que no se puede

sobrepasar, ya que pondríamos en riesgo la batería, pero los sistemas se deben adaptar a las necesidades modernas de los consumidores, que no coinciden con las estaciones del año.

En un sistema híbrido se dispone de otra fuente de electricidad autónoma que viene a completar el aporte fotovoltaico. Esta otra fuente puede ser un grupo electrógeno o un grupo eólico. El grupo eólico es una solución en zonas de viento, en especial durante las épocas menos soleadas. Cuando se dispone de un buen suministro de diésel, el generador es más cómodo, ya que lo podemos hacer funcionar a voluntad. Además, puede servir para recargar la batería.” [22]

#### **D. Sistemas conectados a la red**

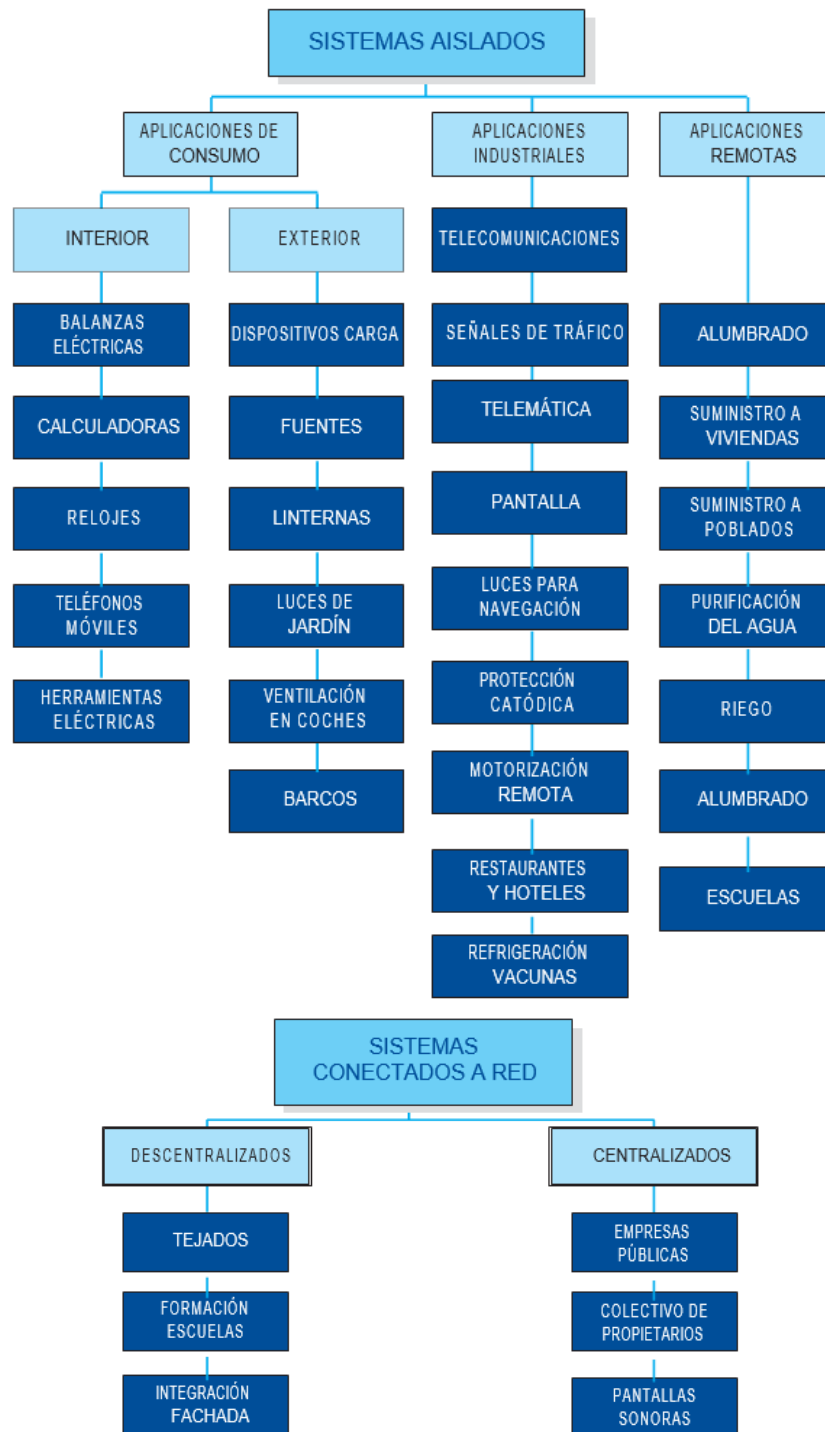
“Son sistemas fotovoltaicos que se conectan a la red de distribución eléctrica de la zona en la que están situados. Suelen instalarse en zonas soleadas, edificios, viviendas, oficinas, empresa, etc., para disponer de una fuente energética renovable.

La gran ventaja de estos sistemas es la ausencia de batería. No se almacena la energía, se inyecta directamente en la red eléctrica local o nacional. Y además, sin límite cuantitativo, ya que aprovechamos toda la energía. Se instala un contador que funciona en un sentido cuando se consume electricidad, y en el sentido contrario cuando se produce y se envía a la red. También es necesario convertir la corriente continua de los paneles en corriente alterna a través de un inversor, que debe estar homologado por la compañía eléctrica receptora.” [22]

### **2.2.11. Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica**

Cuando se menciona a la Energía Solar Fotovoltaica muchos la consideran una forma cara de producir energía, pero actualmente es común verlas en aplicaciones aisladas de la red, esto es gracias a que brinda una solución más económica de suministro eléctrico. Con el pasar de los años la electricidad solar se ha incorporado en muchas áreas en las que es económicamente viable. “Además, el crecimiento rapidísimo de los sistemas conectados a la red se ha hecho atractivo para particulares, compañías y gobiernos que desean contribuir al establecimiento de un sistema de suministro eléctrico más benigno con el medio ambiente.” [13]

A continuación, en la siguiente figura se podrá observar los sectores en que la ingeniería ha sido capaz de introducir la electricidad solar fotovoltaica.



**Figura 26.** Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica  
Fuente: Energía solar fotovoltaica, 2002.

### 2.2.12. Sistemas fotovoltaicos aislados existentes en el Perú

“En el Perú, comparada con otros países, existen todavía pocos sistemas fotovoltaicos, SFV: Hasta 2005, en el Perú hay alrededor de 10 000 SFV instalados, con una potencia total de 1,5 MWp, 65 % de esta potencia

corresponde a SFV para telecomunicaciones, 29 % para iluminación interna a casas, incluyendo postas de salud, salas comunales, etc., y el resto para otros usos (refrigeración, bombeo de agua, etc. Hay que anotar que la mayoría de los SFV usados para electrificación rural son del tipo “Sistema Fotovoltaico Domiciliario”, SFD (en inglés: “solar home system”, SHS), con potencias típicas de 50 – 60 Wp, operando junto con una batería de plomo ácido, un regulador de carga, y 2 – 4 lámparas fluorescentes de 9 – 11 W, teniendo un costo del orden de US\$ 600 (incluyendo impuestos e instalación). Un SFD satisface las necesidades usuales de electricidad de una familia en el campo.” [23]

### 2.2.13. Centrales solares conectadas a red existentes en el Perú

Actualmente el Perú cuenta con 7 centrales fotovoltaicas conectadas al sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN) y son los siguientes:

#### A. Central solar Intipampa

<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>	ENGIE ENERGÍA PERÚ S.A.
<b>DESCRIPCIÓN</b>	
La central tiene una capacidad de 40 MW, que se obtiene mediante la instalación de 138 120 módulos fotovoltaicos de 320 W. La conexión al SEIN se realiza a través de una derivación tipo "PI" de la L.T. 138 kV S.E. Moquegua - S.E. Mill Site.	
<b>UBICACIÓN</b>	
Departamento	Moquegua
Provincia	Mariscal Nieto
Distrito	Moquegua
Altitud	1 410 msnm
<b>DATOS DE LA CENTRAL</b>	
Potencia Instalada	40 MW
N° de Módulos en serie	30
Tipo de Módulos	Policristalino
Potencia de Módulos	320 – 325 W
N° de Inversores	18
Tipo de Inversores	-
Potencia de Inversores	2,35 MVA
Tensión de Salida de Inversores	0,66 kV - AC
Tipo de Estructura	Seguidor horizontal de 1 eje
Ángulo de Seguimiento	55°
N° de Centros de Transformación	-
Potencia por Centro de Transfor.	4,7 MVA
Relación de Transformación	0,66/22,9 kV

**Figura 27.** Principales datos de la central solar Intipampa  
Fuente: Fichas técnicas de centrales de generación de energía eléctrica - Osinergmin, 2018. (24)



## B. Central solar rubí

<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>	ENEL GREEN POWER PERÚ S.A.
<b>DESCRIPCIÓN</b>	
La central tendrá una capacidad de 144,48 MW, que se obtendrá mediante la instalación de 560880 módulos fotovoltaicos de 320 W. La conexión al SEIN se realizará a través de la L.T. 220 kV S.E. Rubí - S.E. Montalvo, de simple circuito de 21,51 km.	
<b>UBICACIÓN</b>	
Departamento	Moquegua
Provincia	Mariscal Nieto
Distrito	Moquegua
Altitud	1 410 msnm
<b>DATOS DE LA CENTRAL</b>	
Potencia Instalada	144,48 MW
N° de Módulos en serie	30
Tipo de Módulos	Reisen
Potencia de Módulos	320 W
N° de Inversores	164
Tipo de Inversores	Fimer R11015TL
Potencia de Inversores	1,025 MVA
Tensión de Salida de Inversores	0,4 kV - AC
Tipo de Estructura	Seguidor Horizontal de 1 eje
Ángulo de Seguimiento	45°
N° de Centros de Transformación	41
Potencia por Centro de Transfor.	3,524 MW
Relación de Transformación	0,4/33 KV

**Figura 28.** Principales datos de la central solar Rubí

Fuente: Fichas técnicas de centrales de generación de energía eléctrica - Osinergmin, 2018. (24)

## C. Central solar Moquegua FV

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>MOQUEGUA FV</b>
<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>	<b>MOQUEGUA FV S.A.C.</b>
<b>TECNOLOGÍA</b>	Solar Fotovoltaica – Módulos Móviles
<b>UBICACIÓN</b>	
Departamento	Moquegua
Provincia	Mariscal Nieto
Distrito	Moquegua
Altitud	1 410 msnm
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
Potencia Instalada	16 MW
Punto de Oferta	Barra 138 kV S.E. Ilo ELP
Barra de Conexión	Barra de 23 kV - S.E. Panamericana Solar
Cantidad de Centros de Transformación (C.T.)	16 (1 250 kVA c/u)
Nivel de Tensión de Transformadores de C.T.	0,3/23 kV
Cantidad de Inversores	26 (24 x 625 kW + 2 x 500 kW)
Tensión de Entrada a Inversores (1Ø)	0,5 - 0,825 kV – DC (Corriente Continua)
Tensión de Salida de Inversores (3Ø)	0,3 kV – AC (Corriente Alterna)
Factor de planta	30,5%

**Figura 29.** Principales datos de la central solar Moquegua FV

Fuente: Fichas técnicas de centrales de generación de energía eléctrica - Osinergmin, 2018. (24)

## D. Central Panamericana Solar

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>PANAMERICANA SOLAR</b>
<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>	<b>PANAMERICANA SOLAR S.A.C.</b>
<b>TECNOLOGÍA</b>	Solar Fotovoltaica – Módulos Móviles
<b>UBICACIÓN</b>	
Departamento	Moquegua
Provincia	Mariscal Nieto
Distrito	Moquegua
Altitud	1 410 msnm
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
Potencia Instalada	20 MW
Punto de Oferta	Barra Ilo ELP 138 kV
Cantidad de Módulos Fotovoltaicos	72 000 (290 W pico c/u)
Cantidad de Seguidores Solares	174
Cantidad de Centros de Transformación (C.T.)	16 (1,25 MW c/u)
Nivel de Tensión de Transformadores de C.T.	0,3/23 kV
Cantidad de Inversores	32 (625 kW c/u)
Tensión de Entrada a Inversores (1Ø)	0,5 - 0,825 kV – DC (Corriente Continua)
Tensión de Salida de Inversores (3Ø)	0,3 kV – AC (Corriente Alterna)
Factor de Planta	28,9%

**Figura 30.** Principales datos de la central Panamericana Solar

Fuente: Fichas técnicas de centrales de generación de energía eléctrica - Osinergmin, 2018. (24)

## E. Central Majes Solar 20T

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>CENTRAL MAJES SOLAR 20T</b>
<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>	<b>GRUPO T SOLAR GLOBAL S.A.</b>
<b>TECNOLOGÍA</b>	Solar Fotovoltaica – Módulos Fijos
<b>UBICACIÓN</b>	
Departamento	Arequipa
Provincia	Caylloma
Distrito	Majes
Altitud	1 680 msnm
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
Potencia Instalada	20 MW
Punto de Oferta	Barra de Repartición 138 kV
Cantidad de Módulos Fotovoltaicos	55 704 (Módulos de 350, 370, 390 y 410 W)
Cantidad de Centros de Transformación	16 (1 250 kW c/u)
Nivel de Tensión de Transformadores Secos	0,3/23 kV (1,4 MVA)
Cantidad de Inversores	32 (625 kW c/u)
Tensión de Entrada a Inversores (1Ø)	0,5 - 0,825 kV– DC (Corriente Continua)
Tensión de Salida de Inversores (3Ø)	0,3 kV– AC (Corriente Alterna)
Factor de Planta	21,5%

**Figura 31.** Principales datos de la central Majes Solar 20T

Fuente: Fichas técnicas de centrales de generación de energía eléctrica - Osinergmin, 2018. (24)

## F. Central Solar Repartición 20T

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>CENTRAL SOLAR REPARTICIÓN 20T</b>
<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>	<b>GRUPO T SOLAR GLOBAL S.A.</b>
<b>TECNOLOGÍA</b>	Solar Fotovoltaica – Módulos Fijos
<b>UBICACIÓN</b> Departamento Provincia Distrito Altitud	Arequipa Caylloma La Joya 1 187 msnm
<b>DATOS TÉCNICOS</b> Potencia Instalada Punto de Oferta Cantidad de Módulos Fotovoltaicos Cantidad de Centros de Transformación Nivel de Tensión de Transformadores Secos Cantidad de Inversores Tensión de Entrada a Inversores (1Ø) Tensión de Salida de Inversores (3Ø) Factor de Planta	20 MW Barra de Repartición 138 kV 55 704 (Módulos de 350, 370, 390 y 410 W) 16 (1 250 kW c/u) 0,3/23 kV-1,4 MVA 32 (625 kW c/u) 0,5 - 0,825 kV – DC (Corriente Continua) 0,3 kV – AC (Corriente Alterna) 21,4%

**Figura 32.** Principales datos de la central solar Repartición 20T

Fuente: Fichas técnicas de centrales de generación de energía eléctrica - Osinergmin, 2018. (24)

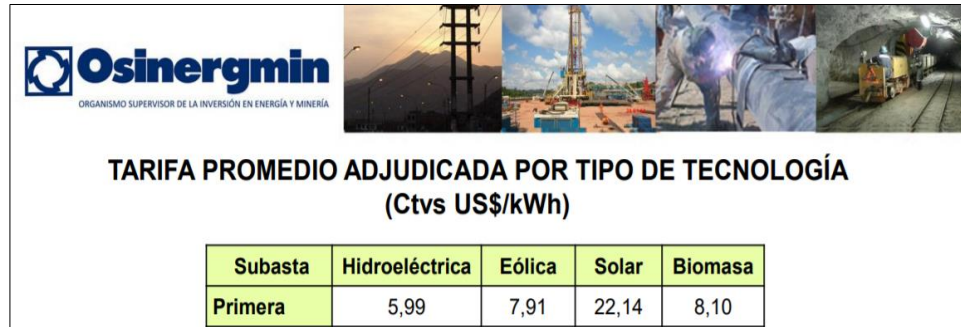
## G. Central Tacna Solar

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>CENTRAL TACNA SOLAR</b>
<b>EMPRESA CONCESIONARIA</b>	<b>TACNA SOLAR S.A.C.</b>
<b>TECNOLOGÍA</b>	Solar Fotovoltaica – Módulos Móviles
<b>UBICACIÓN</b> Departamento Provincia Distrito Altitud	Tacna Tacna Tacna 560 msnm
<b>DATOS TÉCNICOS</b> Potencia Instalada Punto de Oferta Cantidad de Módulos Fotovoltaicos Cantidad de Seguidores Solares Cantidad de Centros de Transformación (C.T.) Nivel de Tensión de Transformadores de C.T. Cantidad de Inversores Tensión de Entrada a Inversores (1Ø) Tensión de Salida de Inversores (3Ø) Factor de Planta	20 MW Barra Los Héroes 66 kV 74 988 (290 W pico c/u) 182 16 (1,25 MW c/u) 0,3/23 kV (1,25 MVA) 32 (625 kW c/u) 0,5 - 0,825 kV – DC (Corriente Continua) 0,3 kV – AC (Corriente Alterna) 26,9%

**Figura 33.** Principales datos de la central Tacna Solar

Fuente: Fichas técnicas de centrales de generación de energía eléctrica - Osinergmin, 2018. (24)

Asimismo, Osinergmin indica que la tarifa promedio a pagar es de 22.14 cUS\$/kWh para centrales solares de potencia instalada con menor o igual a 20 MW.



**Figura 34.** Tarifa promedio adjudicada por tipo de tecnología  
Fuente: Energías no convencionales en el Perú, situación actual y perspectivas - Osinergmin, 2018. (25)

## 2.2.14. Energía Eléctrica

### A. Voltaje, corriente y potencia

“El voltaje de alimentación al inversor DC debe corresponder al voltaje de las baterías (12 V, 24 V, 48 V) por lo general los inversores de menos de 1000 VA son de 12 V. 24 V ó 48 V en DC. El voltaje de salida es 120V en AC, 60 Hz, o en algunos países 50 Hz y también 220 V.

Técnicamente la capacidad de salida de un inversor se expresa en volts-amperes (VA) y no en watts, pero cuando se alimentan aparatos electrónicos, la capacidad en watts es prácticamente la capacidad en VA. Por lo general, se dan dos especificaciones para la capacidad de salida: La capacidad continua y la capacidad de arranque; la llamada capacidad continua debe ser suficiente para operar todas las cargas de AC en forma simultánea.

Durante el arranque, algunos aparatos, como es el caso de las impresoras y los televisores, demandan una potencia varias veces mayor que la capacidad continua, esta demanda solo dura un periodo de tiempo corto. Los inversores tienen la capacidad de arranque de 2 ó 3 veces mayor que la capacidad continua para este tipo de situaciones, cuando por alguna razón la capacidad de salida se excede, el inversor se auto protege desconectando las cargas. Para que el inversor reinicie el trabajo es necesario cambiar algún fusible, o bien reestablecer en forma manual.

Debido a que los inversores se conectan directamente a las baterías, es necesario que se instale un dispositivo de sobre corriente (fusible o interruptor automático) entre las baterías y el inversor, por lo general los fabricantes indican la corriente para el tipo de este dispositivo de protección". [17]

### **2.3. Definición de términos básicos**

**Energía:** Es la capacidad que tienen los cuerpos para producir trabajo: trabajo mecánico, emisión de luz, generación de calor, etc. Esta puede manifestarse de distintas formas: gravitatoria, cinética, química, eléctrica, magnética, nuclear, radiante, etc., existiendo la posibilidad de que se transformen entre sí, pero respetando siempre el principio de conservación de la energía. [6]

**Energía eléctrica:** Es el movimiento de las cargas eléctricas a través de un material conductor.

**Energía solar:** Es la transferencia de energía por ondas electromagnéticas provenientes del Sol. El Sol emite un amplio espectro de radiaciones, desde rayos gamma hasta longitudes de onda largas, de tipo infrarrojo. [6]

**Energía renovable:** Permite nombrar a la capacidad de poner en movimiento o transformar algo. Renovable, por su parte, es aquello que puede renovarse. El verbo renovar está vinculado a reemplazar algo, poner de nuevo, transformar o restablecer algo que se había interrumpido. La noción de energía renovable hace mención del tipo de energía que puede obtenerse de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya que contienen una inmensa cantidad de energía o pueden regenerarse naturalmente. [6]

**Energía convencional:** Se le denomina energía convencional a aquella fuente de energía que es de uso más extendido como por ejemplo la energía proveniente de las centrales hidráulicas, centrales térmicas, etc.

**Matriz energética:** Conjunto de fuentes de generación primarias y secundarias que componen el mercado eléctrico y que aportan energía eléctrica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).

**Radiación solar:** Es la energía electromagnética del sol emitida, transferida o recibida. El término radiación se aplica al cuerpo que radia, mientras que el término irradiación al objeto expuesto a la radiación. Estrictamente, la superficie terrestre es irradiada y los mapas y tablas son de irradiación solar, sin embargo, aún hoy en día suele usarse el término radiación para referirse a la irradiación. [15]

**Irradiancia:** Potencia solar incidente en una superficie por unidad de área. Sus unidades son W/m<sup>2</sup>. [15]

**Irradiación solar:** Irradiación solar es la energía solar incidente en una superficie por unidad de área. Es el resultado de integrar la irradiancia en un período de tiempo. Sus unidades son  $\text{J/m}^2$  o  $\text{kWh/m}^2$ . Es aquella radiación procedente del sol que incide sobre la superficie terrestre (directa y difusa). [15]

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Métodos y alcance de la investigación**

##### **3.1.1. Método**

El método aplicado es de tipo deductivo, por partir de premisas, teorías, conceptos y leyes en la aseveración de los resultados obtenidos de la investigación en función a la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico y facturación por consumo de energía en la Universidad Continental – Huancayo. Mediante este método se aplican los principios descubiertos a casos particulares a partir de la vinculación de juicios.

##### **3.1.2. Alcance de la investigación**

Considera el desarrollo de una metodología de diseño para instalaciones de alumbrado en la que el diseño de la instalación hace una instalación mixta con un circuito en paralelo para el alumbrado.



Este proyecto se realizará con cálculos referenciados del comportamiento de paneles fotovoltaicos. Es decir, no se entra a detallar efectos negativos en caso de existir sombras, temperatura, estaciones del año, rendimiento de los paneles, altitud entre otras.

Para este proyecto solo se tendrá en cuenta el alumbrado interior de los ambientes, en el cual se ejecutará las curvas de demanda diaria de irradiación solar.

### **3.1.3. Tipo**

Descriptiva: Describe las características y funciones de las variables.

Explicativa: Explica el comportamiento de causa-efecto de la implementación de un sistema fotovoltaico en la facturación por consumo de energía eléctrica convencional del Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo.

## **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación que se utilizó es de tipo cuasi-experimental, por la aplicación del pretest y postest; y además por la no aleatorización de la muestra, respecto al sistema fotovoltaico propuesto y facturación por consumo de energía eléctrica convencional del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo.

## **3.3. Población y muestra**

### **3.3.1. Población**

Estuvo conformado por 36 facturas emitidas por la concesionaria Electrocentro S.A. del año 2015 al 2017, con el código de suministro 67970957 que corresponde a la Universidad Continental - Huancayo. (ver anexo 05 y 06)

En la investigación se trató datos del SENAMHI y NASA de los períodos comprendidos entre el 2015 y 2017, asimismo se analizó datos de la energía eléctrica aportada por el sistema fotovoltaico durante el período 2015 al 2017. (ver anexo 08)

### 3.3.2. Muestra

Estuvo conformado por 36 facturas emitidas por la concesionaria Electrocentro S.A. del año 2015 al 2017, con el código de suministro 67970957 que corresponde a la Universidad Continental - Huancayo, por ser una población pequeña. (ver anexo 05 y 06)

En la investigación se trató los datos del SENAMHI, NASA y la energía eléctrica aportada por el sistema fotovoltaico durante el período 2015 al 2017. (ver anexo 08)

## 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Tabla 9.**  
*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Fuentes	Técnicas	Instrumentos
Primarias	- Entrevista - Observación	- Entrevista libre - Toma de datos
Secundarias	Análisis documental	Libros, tesis, manuales, bibliografías e internet.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### 3.4.1. Entrevista focalizada

Se entrevistó al Ing. Luis Pacheco Acero, quien en la actualidad es docente de la Universidad Nacional del Perú (UNCP). En esta entrevista se trataron diferentes temas, entre ellos la del proyecto no concretado para el abastecimiento de energía eléctrica del edificio administrativo de la UNCP que

posee una estructura para la generación de energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico a fin de reducir el costo económico por consumo de energía eléctrica. El resultado de la entrevista al Ing. Luis Pacheco Acero sirvió para iniciar esta investigación; el ingeniero también comentó que conoce el funcionamiento general del sistema solar fotovoltaico y que es una buena alternativa para la generación de energía eléctrica a fin de reducir costos o para la electrificación rural.

#### **3.4.2. Ficha de toma de datos**

La ficha de toma de datos de equipos eléctricos y su potencia eléctrica respectiva fue empleada para el cálculo de la demanda de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L y posteriormente para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico. (ver anexo 07 y tabla 14 y 15)

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información**

##### **4.1.1. Condiciones del lugar**

La información que se presentará en la siguiente parte del informe de tesis fueron obtenidos de la data histórica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y la National Aeronautics and Space Administration (NASA), los cuales son una fuente de información confiable.

El sistema fotovoltaico se ubicará en la Universidad Continental - Huancayo, la cual se encuentra en la Av. San Carlos 1980, Huancayo, Perú.

Las condiciones climatológicas son las obtenidas de la estación meteorológica más cercana, en este caso la estación meteorológica será la N°000477 de nombre Santa Ana la cual está en distrito de El Tambo, provincia

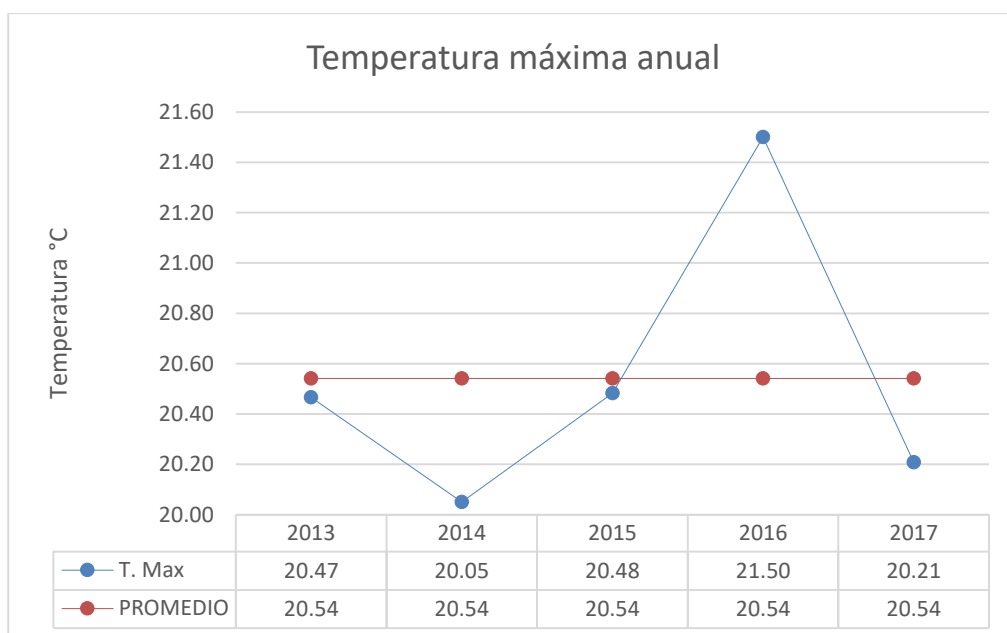
de Huancayo y departamento de Junín a 5.44 km de la Universidad Continental – Huancayo.

Los datos de temperatura promedio mensual de los últimos cinco años de la estación meteorológica Santa Ana los pueden encontrar en el anexo 03, lo que a continuación se muestra son los datos de temperatura promedio anual de los últimos 5 años.

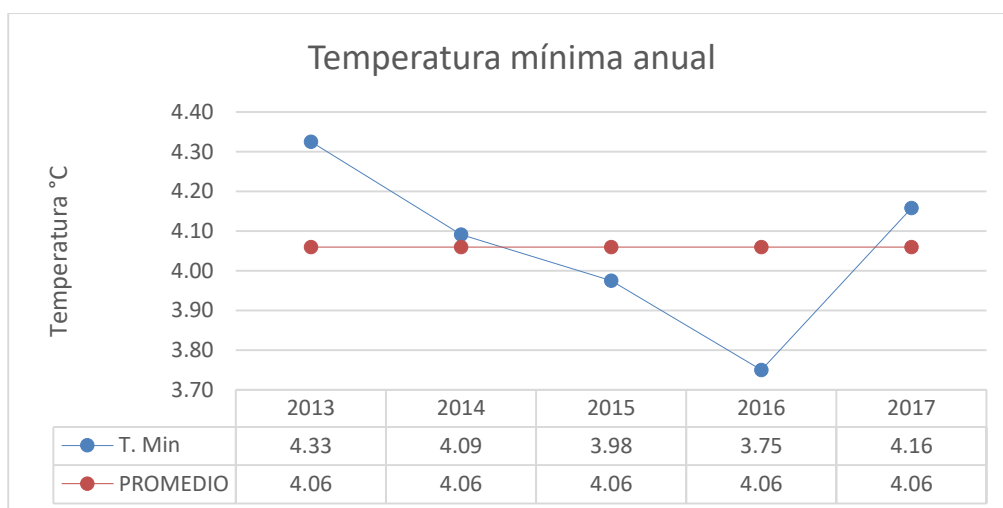
**Tabla 10.**  
*Temperatura promedio del lugar del proyecto*

AÑO	T. Máx	T. Mín
2013	20.47	4.33
2014	20.05	4.09
2015	20.48	3.98
2016	21.50	3.75
2017	20.21	4.16
<b>PROMEDIO</b>	20.54	4.06

Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Figura 35.** Curva de temperatura máxima y promedio  
Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Figura 36.** Curva de temperatura mínima y promedio  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

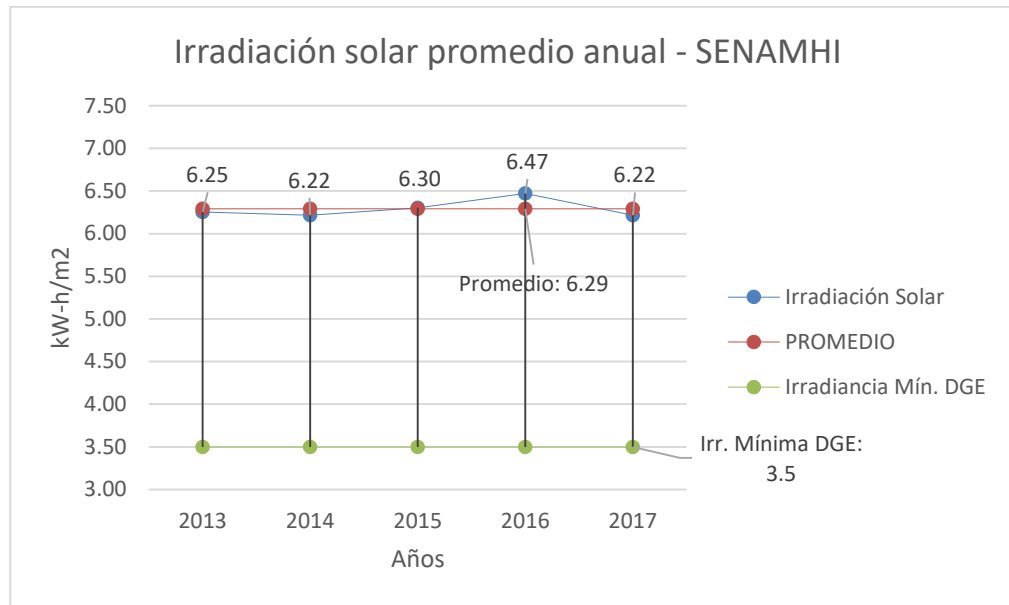
La temperatura del lugar está en un rango promedio de 4.06 °C y 20.54°C y el panel fotovoltaico elegido tiene una temperatura de operación normal de 25°C, por cada incremento de temperatura el panel fotovoltaico disminuye su eficiencia en un 0.42 %/°C según sus condiciones técnicas.

A continuación, se puede ver la data de irradiación solar de los últimos 5 años de SENAMHI.

**Tabla 11.**  
*Irradiación solar - SENAMHI*

<b>Irradiación Solar - SENAMHI</b>						
<b>MES</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>
ENERO	5.70	5.53	5.94	6.26	5.31	5.75
FEBRERO	5.81	5.69	6.21	5.79	5.97	5.89
MARZO	6.14	6.14	6.14	6.54	5.90	6.17
ABRIL	6.99	6.38	6.15	6.77	6.36	6.53
MAYO	6.75	6.58	6.47	6.93	6.30	6.61
JUNIO	6.38	6.71	6.58	6.75	6.57	6.60
JULIO	6.51	6.48	6.78	6.83	6.72	6.67
AGOSTO	6.69	6.77	6.82	6.75	6.82	6.77
SETIEMBRE	6.72	6.41	6.49	6.71	6.35	6.54
OCTUBRE	5.75	6.15	6.18	6.21	6.40	6.14
NOVIEMBRE	6.16	6.08	6.12	6.38	6.19	6.19
DICIEMBRE	5.43	5.67	5.77	5.72	5.71	5.66
<b>PROMEDIO ANUAL</b>	6.25	6.22	6.30	6.47	6.22	Promedio Total: 6.29 kW-h/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Figura 37.** Curva de irradiación solar - SENAMHI  
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Según la utilización del método Bristow – Campbell recomendado por Baigorria en el atlas de energía solar del Perú se puede obtener las irradiaciones de los últimos cinco años para zonas cercanas a la estación meteorológica Santa Ana.

- Las irradiaciones anuales promedio fueron de 6.25 kW-h/m<sup>2</sup>, 6.22 kW-h/m<sup>2</sup>, 6.30 kW-h/m<sup>2</sup>, 6.47 kW-h/m<sup>2</sup> y 6.22 kW-h/m<sup>2</sup> para los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017 respectivamente.
- La irradiación solar promedio de los últimos cinco años es de 6.29 kW-h/m<sup>2</sup>.

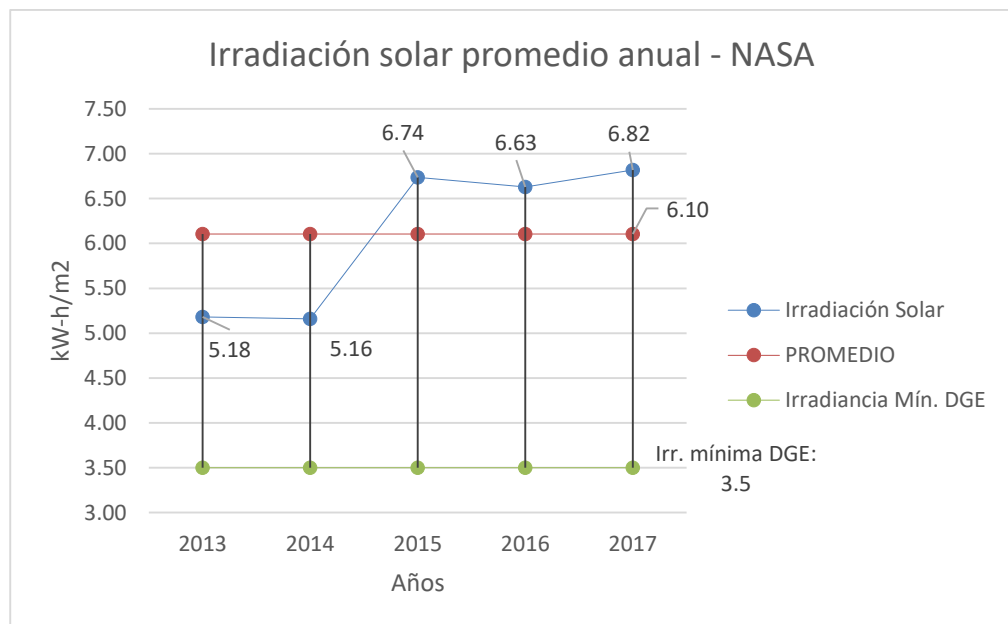
A continuación, en la tabla 12 se puede ver la data de irradiación solar de los últimos 5 años de NASA, de esta tabla se pudo obtener los siguientes datos los cuales son un promedio de irradiación por año y un promedio total de los últimos 5 años.

- Las irradiaciones anuales promedio según NASA fueron de 5.18 kW-h/m<sup>2</sup>, 5.18 kW-h/m<sup>2</sup>, 6.74 kW-h/m<sup>2</sup>, 6.63 kW-h/m<sup>2</sup> y 6.82 kW-h/m<sup>2</sup> para los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017 respectivamente.
- La irradiación solar promedio de los últimos cinco años es de 6.10 kW-h/m<sup>2</sup>.

**Tabla 12..**  
*Irradiación solar - NASA*

Irradiación Solar - NASA						
MES	2013	2014	2015	2016	2017	PROMEDIO MENSUAL
ENERO	5.31	4.95	7.04	6.97	7.37	6.33
FEBRERO	4.56	4.76	7.22	7.36	7.31	6.24
MARZO	4.16	4.57	7.20	7.16	7.35	6.09
ABRIL	5.81	4.98	7.05	6.95	6.90	6.34
MAYO	4.92	5.39	6.71	6.41	6.87	6.06
JUNIO	4.89	5.42	6.08	6.04	6.30	5.74
JULIO	5.05	5.07	5.79	5.71	5.94	5.51
AGOSTO	5.51	5.45	6.10	6.27	6.12	5.89
SETIEMBRE	5.85	5.12	6.72	6.50	6.78	6.19
OCTUBRE	5.39	5.31	6.93	6.76	6.85	6.25
NOVIEMBRE	5.92	5.91	6.90	6.40	6.88	6.40
DICIEMBRE	4.80	4.95	7.06	7.05	7.12	6.19
PROMEDIO ANUAL	5.18	5.16	6.74	6.63	6.82	Promedio Total: 6.10 kW-h/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Figura 38..** Curva de irradiación solar - NASA  
Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Tabla 13.**

*Irradiación promedio incidente en el Pabellón L de la Universidad Continental - Huancayo*

INSTITUCIÓN	IRRADIACIÓN SOLAR
SENAMHI	6.29
NASA	6.10
<b>Promedio</b>	<b>6.20</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### 4.1.2. Ubicación del sistema fotovoltaico

La ubicación del sistema fotovoltaico será en la azotea del pabellón L de la universidad Continental – Huancayo. Sus coordenadas geográficas son las siguientes:

$$L = 12.0483^\circ \text{ S.}$$

$$\varphi = 75.1986^\circ \text{ O.}$$

En la figura 39 se muestra una foto de Google Earth Pro donde se puede observar la ubicación del pabellón L y la ubicación del sistema fotovoltaico.



**Figura 39.** Ubicación del sistema fotovoltaico.

Fuente: Google Earth Pro, 2018.

Para mayor detalle de la ubicación del proyecto de tesis consultar el anexo 23.

### 4.1.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

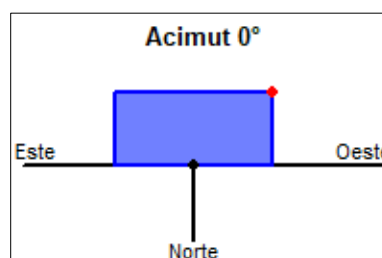
La propuesta del presente informe de tesis tomará en cuenta un sistema autónomo con almacenamiento. Esta es la mejor opción ya que se adapta a las necesidades de la carga a alimentar, es decir que estas cargas tienen un funcionamiento muy variado durante el día y que no concuerda exactamente con el número de horas en las que el sol está presente, además el sistema estará conectado a un interruptor de transferencia de energía como protección ante alguna falla o mantenimiento que presente el sistema.

Los siguientes cálculos fueron elaborados en base a datos históricos del SENAMHI Y NASA, para que de esta forma los cálculos obtenidos sean los más acertados posibles.

#### A. Orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos

Determinar la orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos es fundamental para optimizar la generación de energía eléctrica. La latitud del lugar tiene un alto grado de influencia en estos parámetros.

La orientación del panel deberá ser hacia al norte como lo sugiere la Norma Técnica de edificación EM-080 en la sección de “Instalaciones con energía solar”.



**Figura 40.** Orientación de paneles fotovoltaicos  
Fuente: PVsyst, 2018.

La inclinación de los paneles fotovoltaicos recomendado por la Norma Técnica de edificación EM-080 en este caso es:

$$\beta = L + 10^\circ$$

**Ecuación 35.** Inclinación óptima según la norma técnica de edificación EM-080  
Fuente: Dirección General de Electricidad, 2007.

La inclinación óptima para todo el año se puede determinar por la siguiente fórmula:

$$\beta_{\text{opt}} = 3.7 + (0.69 \times L)$$

**Ecuación 36.** Inclinación óptima de un panel fotovoltaico  
Fuente: M. Castro Gil, Energía Solar Fotovoltaica, 2008.

Teniendo los siguientes resultados:

$$\beta_{\text{Norma Técnica}} = 12.05^\circ + 10^\circ = 22.05^\circ$$

$$\beta_{\text{óptima}} = 3.7 + (0.69 \times 12.05^\circ) = 12.02^\circ$$

La inclinación que se tomará en cuenta es la de 12.02°.

## B. Determinación de la carga

- Equipos de fuerza

El circuito de fuerza del pabellón L está compuesto por siguientes equipos:

**Tabla 14.**  
*Equipos del circuito de fuerza*

CIRCUITO DE FUERZA			
Item	Cantidad	Descripción del equipo	Potencia (W)
1	6	Motor trifásico ABB 1HP	745.70
2	8	Osciloscopio Rigol DS1074	50.00
3	8	Fuente de alimentación 1A	220.00

CIRCUITO DE FUERZA			
Item	Cantidad	Descripción del equipo	Potencia (W)
4	2	Analizador de espectros Rigol DSA815	50.00
5	2	Generador de funciones MCP-MPF3020	24.00
6	2	Tablero de medición	200.00
7	2	Proyector EPSON POWER LITE X24+	500.00
8	1	Computadora de escritorio	300.00
9	1	Compresora Atlas Copco GA 15	14 914.00
10	1	Secador Atlas Copco FX6	630.00
POTENCIA TOTAL			41 659.90

Fuente: Elaboración propia, 2018.

– Equipos de alumbrado

El circuito de alumbrado del pabellón L está compuesto por 32 lámparas fluorescente compactas cada una de 32 W de potencia, en el primer nivel y por 40 lámparas fluorescente compactas cada una con 18 W de potencia, en el segundo nivel.

**Tabla 15.**

*Equipos del circuito de alumbrado del Pabellón L*

CIRCUITO DE ALUMBRADO			
Item	Cantidad	Descripción del equipo	Potencia (W)
1	40	Philips TL-D 18W/865	18 W
2	32	Philips TL-D 36W/865	36 W
POTENCIA TOTAL			1,872 W

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Para el dimensionamiento del sistema se abastecerá de energía eléctrica solo a la carga de alumbrado la cual se encuentra en niveles distintos, a continuación, en la tabla 16 se puede observar su distribución como también la potencia total y energía consumida del sistema.

**Tabla 16.***Energía consumida y potencia total del sistema*

CARGA						
Nivel	Ambiente	Cant	Descripción del equipo	Pot. (W)	Horas de funcionamiento al día (h)	Consumo (W-h/día)
1ER NIVEL	BIOTERIO	6	Philips TL-D 36W/865	36	6	1,296
	ALMACÉN DE CONT.	8	Philips TL-D 36W/865	36	3	864
	S.S.O.	2	Philips TL-D 36W/865	36	3	216
	ODONT.	6	Philips TL-D 36W/865	36	3	648
	RR.PP.	6	Philips TL-D 36W/865	36	3	648
	PASADIZO	4	Philips TL-D 36W/865	36	6	864
2DO NIVEL	Laboratorio	40	Philips TL-D 18W/865	18	8	5,760
	TOTAL DE LÁMPARAS	72	POTENCIA TOTAL	1872	ENERGÍA CONSUMIDA	10,296

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

$$W_{\text{demandada}} = \text{Potencia demandada} = 1872 \text{ W}$$

$$E_{\text{demandada}} = \text{Energía demandada} = 10.296 \text{ kW-h}$$

El consumo de corriente total diaria ( $Q_M$ ) se puede hallar con la siguiente ecuación:

$$Q_M = \frac{E_{\text{Demandada}}}{n_{\text{Inversor}} \times V_{\text{Sistema Fotovoltaico}}}$$

**Ecuación 37.** Consumo de corriente diaria del sistema fotovoltaico

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

Dónde:  $V_{\text{Sistema Fotovoltaico}}$ : Según la tabla 17 el voltaje del sistema es 48 V.

**Tabla 17:***Elección del voltaje del sistema según la potencia demandada*

POTENCIA (W)	TENSIÓN DEL SISTEMA (V)
[0 - 800]	12
[800 - 1600]	24
[1600 - 3200]	48

Fuente: Elaboración propia, 2018.

$$Q_M = \frac{10,296}{0,93 \times 48} = 230.65 \text{ A} - \text{h}$$

Es una buena práctica añadir un factor de seguridad, el  $f_s$  en este caso será de 1 ya que la carga estará conectada a un switch de transferencia de energía en caso el sistema fotovoltaico fallará.

$$Q_{M \text{ corregido}} = f_s \times Q_M$$

**Ecuación 38.** Consumo de corriente diaria corregida

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

$$Q_{M \text{ corregido}} = 1 \times 230.65 = 230.65 \text{ A} - \text{h}$$

### C. Dimensionamiento de las baterías

Para el dimensionamiento de las baterías, primero se hallará la capacidad del banco de baterías ( $C_{\text{Banco}}$ ):

$$C_{\text{Banco}} = \frac{Q_{M \text{ corregido}} \times \text{DOA}}{PD_{\text{Batería}}}$$

**Ecuación 39.** Capacidad de corriente del banco de baterías

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

$$C_{\text{Banco}} = \frac{230.65 \times 2}{0.80} = 576.61 \text{ A} - \text{h}$$

El número de baterías en serie y paralelo son los siguientes:

$$N^{\circ}_{BP} = \frac{C_{\text{Banco de baterías}}}{C_{\text{Batería}}}$$

**Ecuación 40.** Número de baterías en paralelo

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

$$N^{\circ}_{BP} = \frac{576.61}{300} = 1.92 \cong 2 \text{ baterías}$$

$$N^{\circ}_{BS} = \frac{V_{\text{Sistema Fotovoltaico}}}{V_{\text{Nominal de la batería}}}$$

**Ecuación 41.** Número de baterías en serie

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

$$N^{\circ}_{BS} = \frac{48}{24} = 2 \text{ baterías}$$

El número total de baterías es el siguiente:

$$N^{\circ}_{\text{Total de baterías}} = N^{\circ}_{BP} \times N^{\circ}_{BS}$$

**Ecuación 42.** Número total de baterías

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

$$N^{\circ}_{\text{Total de baterías}} = 2 \times 2 = 4 \text{ baterías}$$

El número de baterías en paralelo redefine la capacidad del banco de baterías, este nuevo valor se puede hallar mediante la siguiente formula:

$$\text{Nuevo } C_{\text{Banco}} = N^{\circ}_{BP} \times C_{\text{Batería}}$$

**Ecuación 43.** Nueva capacidad del banco de baterías

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

$$\text{Nuevo } C_{\text{Banco}} = 2 \times 300 = 600 \text{ A} - h$$

La capacidad útil del banco de baterías se verá reducido gracias a la profundidad de descarga de estas.

$$C_{\text{Útil}} = \text{Nuevo } C_{\text{Banco}} \times PD_{\text{Batería}}$$

**Ecuación 44.** Capacidad útil del banco de baterías

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

$$C_{\text{Útil}} = 600 \times 0.8 = 480 \text{ A} - \text{h}$$

A continuación, se halla la corriente de las baterías, basado en el mes crítico del año del promedio de irradiación de NASA Y SENAMHI.

$$I_{\text{Baterías}} = \frac{C_{\text{Útil}}}{\text{HSP} \times F_{\text{diseño batería}}}$$

**Ecuación 45.** Corriente total de las baterías según el mes crítico de menor irradiación

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

Un 1 Kw-h/m<sup>2</sup> equivale a 1 HSP, como se puede observar en la tabla 18, las horas sol pico críticos le pertenecen al mes de diciembre con un valor de 5.93 h.

$$I_{\text{Baterías}} = \frac{480}{5.93 \times 13} = 6.23 \text{ A}$$

**Tabla 18.**

*Valores de horas sol pico y corriente de diseño mensuales*

MES	Irr. NASA (Prom. 5 años)	Irr. SENAMHI (Prom. 5 años)	PROMEDIO NASA Y SENAMHI	CONSUMO CORREGIDO (Ah)	HSP (h)	Corriente de diseño (A)
ENE	6.33	5.75	6.04	230.65	6.04	38.20
FEB	6.24	5.89	6.07	230.65	6.07	38.01
MAR	6.09	6.17	6.13	230.65	6.13	37.62
ABR	6.34	6.53	6.43	230.65	6.43	35.85
MAY	6.06	6.61	6.33	230.65	6.33	36.42
JUN	5.74	6.60	6.17	230.65	6.17	37.39
JUL	5.51	6.67	6.09	230.65	6.09	37.87



MES	Irr. NASA (Prom. 5 años)	Irr. SENAMHI (Prom. 5 años)	PROMEDIO NASA Y SENAMHI	CONSUMO CORREGIDO (Ah)	HSP (h)	Corriente de diseño (A)
AGO	5.89	6.77	6.33	230.65	6.33	36.45
SET	6.19	6.54	6.36	230.65	6.36	36.24
OCT	6.25	6.14	6.19	230.65	6.19	37.24
NOV	6.40	6.19	6.30	230.65	6.30	36.64
DIC	6.19	5.66	5.93	230.65	5.93	38.91

Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### D. Dimensionamiento del generador fotovoltaico

La corriente que pasa por el generador en el mes crítico de HSP se puede hallar de la siguiente forma:

$$I_{\text{Generador}} = \frac{I_{\text{mes}} - I_{\text{Baterías}}}{F_{\text{diseño panel}}}$$

**Ecuación 46.** Corriente total del generador fotovoltaico

Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

$$I_{\text{Generador}} = \frac{38.91 - 6.23}{0.7} = 46.69 \text{ A}$$

El número de paneles fotovoltaicos en serie y paralelo son los siguientes:

$$N^{\circ}_{\text{PP}} = \frac{I_{\text{Generador}}}{I_{\text{panel}}}$$

**Ecuación 47.** Número de paneles fotovoltaicos en paralelo

Fuente: Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011.

$$N^{\circ}_{\text{PP}} = \frac{46.69}{8.67} = 5.39 \cong 6 \text{ paneles fotovoltaicos}$$

$$N^{\circ}_{\text{PS}} = \frac{V_{\text{Sistema}}}{V_{\text{nominal panel}}}$$

**Ecuación 48.** Número de paneles fotovoltaicos en paralelo

Fuente: Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011.

$$N^{\circ}_{BS} = \frac{48}{24} = 2 \text{ paneles fotovoltaicos}$$

El número total de paneles fotovoltaicos es el siguiente:

$$N^{\circ}_{\text{Total de paneles fotovoltaicos}} = N^{\circ}_{PP} \times N^{\circ}_{PS}$$

**Ecuación 49.** Número total de paneles fotovoltaicos  
Fuente: Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011.

$$N^{\circ}_{\text{Total de paneles fotovoltaicos}} = 6 \times 2 = 12 \text{ paneles fotovoltaicos}$$

La potencia del generador fotovoltaico es de:

$$W_{SFV} = N^{\circ}_{\text{Total de paneles fotovoltaicos}} \times W_{\text{panel fotovoltaico}}$$

**Ecuación 50.** Potencia total del generador fotovoltaico  
Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

$$W_{SFV} = 12 \times 260 = 3,120 \text{ W}$$

## E. Dimensionamiento del controlador o regulador de carga

Para el dimensionamiento del regulador de carga se tendrá en cuenta la corriente pico de cada panel fotovoltaico y el número de paneles fotovoltaicos en paralelo.

$$I_{CC \text{ Sistema Fotovoltaico}} = 1.25 \times I_{CC \text{ Panel}} \times N^{\circ}_{PP}$$

**Ecuación 51.** Corriente de cortocircuito del sistema fotovoltaico  
Fuente: Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011.

$$I_{CC \text{ Sistema Fotovoltaico}} = 1.25 \times 9.22 \times 6 = 69.15 \text{ A}$$

El regulador de carga deberá tener un valor comercial mayor al de la corriente en cortocircuito del sistema fotovoltaico, una tensión de entrada igual a 48 V y deberá ser del tipo MPPT para optimizar el rendimiento del sistema fotovoltaico.

## F. Dimensionamiento del inversor CD/CA

La potencia nominal en que deberá operar el inversor es la siguiente:

$$W_{\text{Mínima inversor}} = W_{\text{Demandada}} \times \text{Coef. Simultaneidad}$$

**Ecuación 52.** Potencia de trabajo nominal del inversor  
Fuente: Valdiviezo Salas, Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP, 2014.

$$W_{\text{Mínima inversor}} = 1872 \times 1 = 1872 \text{ W}$$

La tensión nominal CD debe ser de 48 V, la tensión nominal CA debe ser de 220V y la potencia de operación será un valor comercial mayor a la potencia mínima del inversor.

$$N^{\circ} \text{ Inversores} = \frac{W_{\text{Demandada}}}{W_{\text{Nominal del inversor}}}$$

**Ecuación 53.** Número de inversores del sistema fotovoltaico  
Fuente: Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos, 2011.

$$N^{\circ} \text{ Inversores} = \frac{1872}{5000} = 0.37 \cong 1 \text{ inversor CD/CA}$$

## G. Dimensionamiento del cable eléctrico

Los siguientes conductores serán dimensionados para que las caídas de tensión en los conductores no sean mayores al 4%.

Para los siguientes cálculos se utilizará la ley de Ohm y la fórmula del cálculo de resistencia de un conductor:

$$R = \frac{V}{I}$$

**Ecuación 54.** Ley de Ohm

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Donde:

R: Resistencia del conductor

V: Tensión del sistema

I: Corriente a través del conductor

$$R = \rho \times \frac{L}{S}$$

**Ecuación 55.** Resistencia de un conductor

Fuente: Lulo Niño, Implementación del sistema de energía solar fotovoltaica y facturación por consumo de energía - Municipalidad Morococha, 2017.

Donde:

R: Resistencia del conductor

$\rho$ : Resistividad del material

L: Longitud del conductor (m)

S: Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

Se igualan ambas fórmulas:

$$\frac{V}{I} = \rho \times \frac{L}{S}$$

**Ecuación 56.** Sección transversal de un conductor

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Y se despeja la sección del conductor:

$$S = \frac{\rho \times L \times I}{V * 3\%}$$

$$S = \frac{0.01786 \times L \times \frac{1872}{48}}{48 * 3\%}$$

Distancias de los componentes del sistema fotovoltaico:

$L_{\text{PANEL - REGULADOR}}$ : 16 m

$L_{\text{BATERIA - REGULADOR}}$ : 3 m

$L_{\text{BATERIA - INVERSOR}}$ : 3 m

Sección de conductor para cada componente:

$S_{\text{PANEL - REGULADOR}}$ : 7.74 mm<sup>2</sup>

$S_{\text{BATERIA - REGULADOR}}$ : 1.45 mm<sup>2</sup>

$S_{\text{BATERIA - INVERSOR}}$ : 1.45 mm<sup>2</sup>

**Tabla 19.**  
*Conductores Promelsa*

TABLA DE DATOS TÉCNICOS THW - 90 (mm <sup>2</sup> )								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

Fuente: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000464.pdf>

El conductor elegido será 10 mm<sup>2</sup> de sección, su equivalencia es de 8 AWG.

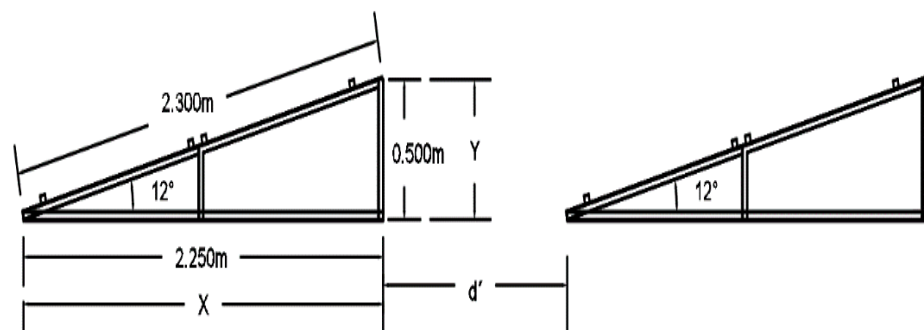
#### 4.1.4. Ubicación del sistema fotovoltaico en el Pabellón L

##### A. Paneles fotovoltaicos

Para la siguiente propuesta de implementación del sistema fotovoltaico se tomará en cuenta el uso del techo del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo mas no la fachada ya que el rendimiento del panel decaería al no estar orientado hacia el Norte además de que el muro de dicho pabellón está hecho de Drywall y no posee las características estructurales para aprovechar la mayor irradiancia incidente. El techo del Pabellón L tiene las siguientes medidas 12.35m x 9.75m, formando un área de 120.41 m<sup>2</sup>, según el plano otorgado por Ricardo Alfredo Hermoza Guerra quien es jefe del departamento de Infraestructura, obras y mantenimiento.

A continuación, se hallará el área que ocupa cada generador fotovoltaico y la distancia entre ellos (cada generador fotovoltaico está constituido por 4 paneles fotovoltaicos los cuales poseen una potencia nominal de 260 W cada uno).

El área requerida por cada generador fotovoltaico es de 8.1 m<sup>2</sup>.



**Figura 41.** Distancia mínima entre generadores fotovoltaicos  
Fuente: Elaboración propia, 2018

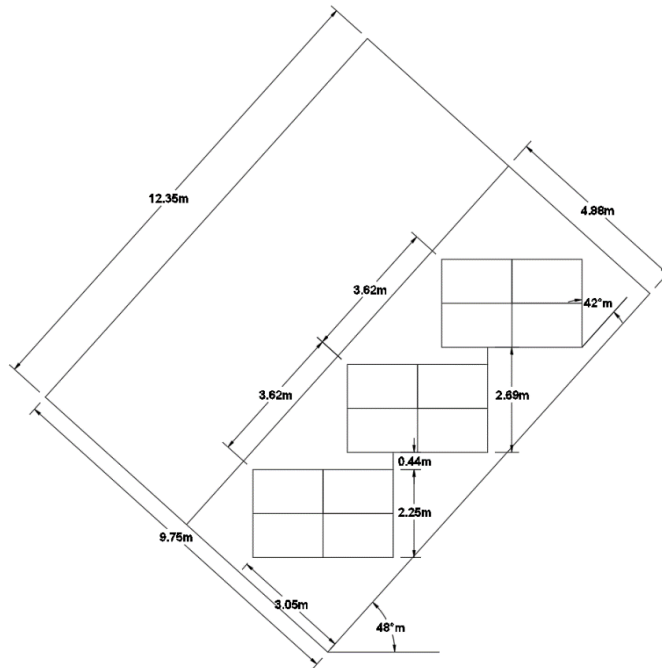
$$X = 2.3 \times \text{Cos}(12.02) = 2.25\text{m}$$

$$Y = 2.3 \times \text{Sen}(12.02) = 0.50\text{m}$$

$$d' = \frac{0.50}{\text{Tg}(61 - 12.02)} = 0.44\text{m}$$

$$D_{\text{min}} = 0.44 + 2.25 = 2.69\text{m}$$

A continuación, en la siguiente figura se puede observar la distribución de los generadores fotovoltaicos en el pabellón L, todos orientados hacia el Norte para más detalle observar el anexo 29.



**Figura 42.** Distribución de generadores fotovoltaicos en el pabellón L  
Fuente: Elaboración propia, 2018

## B. Banco de baterías

El banco de baterías estará ubicado debajo de las gradas del pabellón L y está compuesto por 4 baterías de dimensiones 0.223m x 0.522m, formando un área de 0.47 m<sup>2</sup> para más detalle observar el anexo 28 y 29.

### C. Inversor – cargador

Se contará con 1 inversor cargador el cual estará ubicado debajo de las gradas del pabellón L a un lado superior al banco de baterías ver anexo 28 y 29.

### D. Conmutador de transferencia de energía

Se empleará un conmutador de transferencia de energía que estará ubicado en el tablero de distribución, el cual pasará de la fuente de energía solar a la fuente de energía convencional en caso el sistema fotovoltaico falle o requiera mantenimiento.

#### 4.1.5. Características del sistema fotovoltaico

Después del dimensionamiento de cada componente, se presenta las características más importantes del sistema fotovoltaico.

**Tabla 20.**  
*Características eléctricas del sistema fotovoltaico*

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Potencia nominal	3.12	kW
Paneles fotovoltaicos	12.00	Unidades
Eficiencia de generación	16.00	%
Baterías	4.00	Unidades
Capacidad del banco de baterías	600.00	Ah
Capacidad útil del banco de baterías	480.00	Ah

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la siguiente tabla se presenta el promedio de energía generada y su respectivo costo gracias a los datos del anexo 08, el cual es una simulación del sistema fotovoltaico en el periodo 2015 – 2017.



**Tabla 21.**

*Resumen de energía eléctrica generada y costo aportado por el sistema fotovoltaico*

<b>SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ENERGÍA (kWh)</b>	<b>COSTO (S/.)</b>
Mensual	610.91	S/ 461.18
Anual	7330.96	S/ 5,534.14

Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### **4.1.6. Costo sin proyecto**

A continuación, se realiza el análisis de la facturación de Marzo – 2018 (Anexo 04) perteneciente al Suministro N° 67970957 el cual posee una tarifa MT3. De esta facturación se halló el porcentaje del costo de la energía activa en horas punta (HP) y en horas fuera de punta (FP) para posteriormente hallar el costo promedio que se paga por la energía consumida por el alumbrado del pabellón L entre los años 2015 y 2017.

**Tabla 22.**

*Porcentajes de la facturación de marzo - 2018*

<b>Facturación - 2018 03</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>IMPORTE (S/.)</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Cargo Fijo	S/ 6.59	0.03%
Cargo por reposición y mant	S/ 15.57	0.07%
Energía Activa HP	S/ 2,585.26	10.95%
Energía Activa FP	S/ 4,543.17	19.24%
Pot uso red dist	S/ 4,431.39	18.77%
Pot act genera HP	S/ 7,020.56	29.74%
AP	S/ 1,117.35	4.73%
Interés comp	S/ 50.07	0.21%
<b>SUB TOTAL 1</b>	<b>S/ 19,769.96</b>	<b>83.74%</b>
IGV	S/ 3,558.59	15.07%
SALDO POR REDONDEO	-S/ 0.04	0.00%
REDONDEO	-S/ 0.01	0.00%
APORTE LEY	S/ 279.00	1.18%
<b>SUB TOTAL 2</b>	<b>S/ 3,837.54</b>	<b>16.26%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 23,607.50</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla 23.**  
*Porcentajes del consumo de marzo - 2018*

<b>Consumo - 2018 03</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ENERGIA ACTIVA (kWh)</b>	<b>IMPORTE (S/.)</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Total	33,613.98	S/ 7,128.43	30.20%
Hora Punta	10,749.54	S/ 2,585.26	10.95%
Fuera Punta	22,864.44	S/ 4,543.17	19.24%

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El suministro N° 67970957 no solo abastece de energía eléctrica al pabellón L de la Universidad Continental, sino que también abastece de energía eléctrica a varios pabellones más, es por eso por lo que una vez obtenido el porcentaje de costos que se paga por energía, se debe hallar una relación entre la energía del suministro y la energía requerida por el pabellón L para posteriormente hallar su costo.

**Tabla 24.**  
*Relación porcentual entre la energía consumida por el Pabellón L - Universidad Continental y el suministro N°67970957*

<b>PABELLON L (alumbrado)</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ENERGIA ACTIVA (kWh)</b>	<b>IMPORTE (S/.)</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Total	308.88	S/ 68.28	0.29%
Hora Punta	165.24	S/ 39.74	0.1683%
Fuera Punta	143.64	S/ 28.54	0.1209%

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Del análisis de la factura de Marzo – 2018 del suministro N° 67970957 se deduce que el costo pagado por consumo de energía eléctrica del pabellón L es de 0.29% respecto al total de la factura.

A continuación, en la tabla 25 se hallará el monto pagado por los cargos y servicios pagados para la recepción de la energía eléctrica del pabellón L gracias a los porcentajes hallados en la tabla 22.

**Tabla 25.***Porcentajes de la facturación del alumbrado del Pabellón L – Universidad Continental*

PAB L (ALUMBRADO)		
DESCRIPCIÓN	IMPORTE (S/.)	PORCENTAJE
Energía activa total	S/ 68.28	30.20%
Cargo Fijo	S/ 0.06	0.03%
Cargo por reposición y mant	S/ 0.15	0.07%
Pot uso red dist	S/ 42.45	18.77%
Pot act genera HP	S/ 67.25	29.74%
AP	S/ 10.70	4.73%
Interés comp	S/ 0.48	0.21%
<b>SUB TOTAL 1</b>	<b>S/ 189.37</b>	<b>83.74%</b>
IGV	S/ 34.09	15.07%
SALDO POR REDONDEO	-S/ 0.00	0.00%
REDONDEO	-S/ 0.00	0.00%
APORTE LEY	S/ 2.67	1.18%
<b>SUB TOTAL 2</b>	<b>S/ 36.76</b>	<b>16.26%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 226.13</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la tabla 26 se procede a hallar la relación porcentual de la facturación del pabellón L con respecto a la facturación total del suministro.

**Tabla 26.***Relación porcentual entre la facturación total del suministro y la facturación del alumbrado del Pabellón L*

DESCRIPCIÓN	IMPORTE (S/.)	PORCENTAJE
SED	S/ 23,607.50	100%
PAB L (ALUMBRADO)	S/ 226.13	0.96%

Fuente: Elaboración propia, 2018.

A continuación, en la tabla 27 mediante una simulación en una hoja de cálculo Excel, se procedió a aplicar la relación obtenida de 0.96% para cada una de las facturaciones del suministro N° 67970957 en el periodo 2015 – 2017 (ver anexo 05) y así de esta manera calcular el costo promedio mensual del alumbrado del Pabellón L de la Universidad Continental en el periodo mencionado.

**Tabla 27.***Simulación del consumo eléctrico y facturación del alumbrado del Pabellón L*

PERIODO	SUMINISTRO 67970957		PABELLON L (ALUMBRADO)	
	Energía Activa Total	IMPORTE MES "Pab L"	Energía Activa Total	IMPORTE MES "Pab L"
ene-15	19,109.09	S/10,287.30	175.59	S/98.54
feb-15	19,472.73	S/10,663.70	178.94	S/102.14
mar-15	24,618.18	S/13,064.00	226.22	S/125.14
abr-15	27,763.64	S/13,879.40	255.12	S/132.95
may-15	32,963.64	S/17,878.10	302.90	S/171.25
jun-15	40,236.37	S/20,563.90	369.73	S/196.98
jul-15	27,963.64	S/17,840.50	256.96	S/170.89
ago-15	36,509.09	S/20,938.10	335.48	S/200.56
sep-15	43,981.82	S/22,865.80	404.15	S/219.03
oct-15	42,436.37	S/22,540.50	389.95	S/215.91
nov-15	40,218.19	S/22,078.00	369.57	S/211.48
dic-15	41,939.39	S/22,059.80	385.38	S/211.31
ene-16	38,826.42	S/22,477.00	356.78	S/215.30
feb-16	30,269.64	S/22,848.40	278.15	S/218.86
mar-16	32,181.82	S/20,103.80	295.72	S/192.57
abr-16	38,745.46	S/21,718.60	356.03	S/208.04
may-16	35,490.91	S/20,993.60	326.13	S/201.09
jun-16	35,072.73	S/20,956.10	322.28	S/200.73
jul-16	25,381.82	S/18,193.60	233.23	S/174.27
ago-16	31,072.73	S/20,301.10	285.53	S/194.46
sep-16	40,945.46	S/22,790.30	376.25	S/218.30
oct-16	40,072.73	S/22,637.30	368.23	S/216.84
nov-16	56,618.13	S/32,603.30	520.27	S/312.30
dic-16	37,527.24	S/25,370.00	344.84	S/243.01
ene-17	44,072.68	S/30,393.00	404.99	S/291.13
feb-17	43,418.14	S/30,331.50	398.97	S/290.54
mar-17	52,772.67	S/35,726.60	484.93	S/342.22
abr-17	53,918.13	S/36,069.00	495.46	S/345.50
may-17	62,727.21	S/35,537.20	576.40	S/340.40
jun-17	60,136.30	S/35,072.50	552.59	S/335.95
jul-17	43,336.32	S/31,466.30	398.22	S/301.41
ago-17	40,009.05	S/30,691.50	367.64	S/293.99
sep-17	59,372.67	S/36,510.70	545.58	S/349.73
oct-17	57,927.21	S/32,227.40	532.30	S/308.70
nov-17	56,454.49	S/32,758.70	518.76	S/313.79
dic-17	33,572.69	S/20,576.20	308.50	S/197.09
	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>S/24,250.36</b>	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>S/232.29</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En la tabla 28 se puede apreciar el costo promedio mensual, anual y a 20 años del alumbrado del Pabellón L de la Universidad Continental mediante la utilización del sistema convencional de energía eléctrica.

**Tabla 28.**  
*Costo promedio mensual, anual y a 20 años*

<b>SISTEMA CONVENCIONAL</b>	
Costo mensual (S/.)	S/ 232.29
Costo anual (S/.)	S/ 2,787.46
Costo a 20 años (S/.)	S/ 55,749.18

Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### 4.1.7. Costo con proyecto

A continuación, se realiza el presupuesto del proyecto a partir de los cálculos elaborados.

#### A. Inversiones fijas

“Las inversiones fijas son aquellas que se utilizan para garantizar la operación del proyecto.” [30]

**Tabla 29.**  
*Costo de equipos y materiales de sistema fotovoltaico*

<b>MATERIALES</b>				
<b>PRESUPUESTO 1</b>				
Nº	CAN.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	12.00	Panel fotovoltaico AESOLAR tipo policristalino 24V 260W.	S/ 660.00	S/ 7,920.00
2	4.00	Batería abierta Ritar 24V 300Ah.	S/ 983.65	S/ 3,934.60
3	1.00	Must Solar inv-carg Ventrada48 Ientrada80 POTENCIA5000	S/ 4,233.76	S/ 4,233.76
4	3.00	Estructura de soporte de paneles en superficie plana o poco inclinada	S/ 300.00	S/ 900.00
5	8.00	Juego de Bornes para Batería	S/ 36.00	S/ 288.00
6	1.00	Tablero de distribución 1x0.64x0.21 m	S/ 253.00	S/ 253.00
7	2.00	Repartidor de Corriente 50A para paneles	S/ 80.00	S/ 160.00
8	4.00	Interruptor Bticino 2x50A	S/ 46.90	S/ 187.60
9	1.00	Interruptor de transferencia de energía eléctrica Geya 100A 220V	S/ 352.74	S/ 352.74
10	300.00	Cable THW 8 AWG	S/ 4.05	S/ 1,215.00
11	50.00	Tubo PVC-P 1 1/2 plg	S/ 15.50	S/ 258.33
12	2.00	Kit de limpieza	S/ 800.00	S/ 1,600.00
			<b>SUB TOTAL 1</b>	<b>S/ 21,303.03</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla 30.***Costo de materiales de puesta a tierra del sistema fotovoltaico*

<b>PUESTA A TIERRA</b>					
<b>PRESUPUESTO 2</b>					
<b>N°</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
1	2	UND	Varilla de coperwel de 16mm $\phi$ (5/8") $\phi$ x2.40m de longitud	S/ 311.00	S/ 622.00
2	2	12x5	thor gel	S/ 60.00	S/ 120.00
3	2	UND	cemento conductivo	S/ 60.00	S/ 120.00
4	24	m	conductor de cobre desnudo cable temple blando 4mm <sup>2</sup> , 7 hilos	S/ 7.92	S/ 189.96
5	2	UND	caja de registro de concreto armado circular de 340 mm $\phi$ con tapa	S/ 48.02	S/ 96.04
6	2	UND	conector para varilla cooperwelt 16 mm $\phi$ - tipo ab	S/ 5.29	S/ 10.58
7	2	UND	tubo pvc sap de 25mm $\phi$ x 1.5m	S/ 4.15	S/ 8.30
8	2	UND	conector bimetalico tipo cuña al-cu 25mm <sup>2</sup> /16-25 mm <sup>2</sup> (tipo i)	S/ 3.85	S/ 7.71
9	0.8	m	cinta aislante scotch super 33+ 3/4" x 20m	S/ 9.83	S/ 7.87
10	0.8	m	cinta de goma autofundente scotch 23 3/4" x 9.15m 69kv	S/ 1.63	S/ 1.30
11	3	m <sup>3</sup>	tierra vegetal cernida preparada para puesta a tierra	S/ 28.27	S/ 84.80
12	6	UND	bentonita sódica saco de 30 kg.	S/ 28.00	S/ 168.00
13	2	UND	arandela de anclaje cuadrada plana de a <sup>o</sup> g <sup>o</sup> 152mmx152mmx6.35mm, agujero 18mm $\phi$	S/ 10.06	S/ 20.12
14	2	UND	tuerca de a <sup>o</sup> g <sup>o</sup> para perno de 16 mm $\phi$	S/ 2.35	S/ 4.71
15	2	UND	tubo pvc sap de 25mm $\phi$ x 3m	S/ 2.45	S/ 4.90
				<b>SUB TOTAL 2</b>	<b>S/ 1,466.28</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**B. Inversiones diferidas**

“Las inversiones diferidas son aquellas que se realizan sobre la compra de servicios o derechos que son necesarios para la puesta en marcha del proyecto. Cuando existe cierta incertidumbre en la estimación de estos montos es aconsejable incluir una partida para imprevistos por un porcentaje entre el 5% y el 10% del total de los diferidos.” [30]

**Tabla 31.***Costo del transporte de equipos y materiales*

TRANSPORTE				
PRESUPUESTO 3				
N°	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	1	Transporte de materiales	S/ 600.00	S/ 600.00
<b>SUB TOTAL 3</b>			<b>S/ 600.00</b>	<b>S/ 600.00</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla 32.***Costo del montaje electromecánico del sistema fotovoltaico*

MONTAJE ELECTROMECHANICO				
PRESUPUESTO 4				
N°	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	1	Montaje de paneles fotovoltaicos	S/ 1,300.00	S/ 1,300.00
2	1	Montaje de baterías	S/ 300.00	S/ 300.00
3	1	Montaje del inversor - cargador	S/ 300.00	S/ 300.00
4	1	Conexionado	S/ 700.00	S/ 700.00
5	2	Instalación PAT	S/ 500.00	S/. 1,000.00
<b>SUB TOTAL 4</b>			<b>S/. 3,600.00</b>	<b>S/. 3,600.00</b>

Fuente: Jorson S.A.C., 2018.

### C. Costos fijos

La siguiente tabla muestra los costos por mantenimiento durante la vida útil del proyecto. En la tesis “Implementación del sistema de energía solar fotovoltaica y facturación por consumo de energía - Municipalidad Morococha” de referencia [6], recomienda que el mantenimiento total de este tipo de sistemas se debe dar cada 2 años.

**Tabla 33.***Costo de mantenimiento del sistema fotovoltaico*

MANTENIMIENTO				
PRESUPUESTO 5				
N°	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	10	Mantenimiento de paneles fotovoltaicos	S/ 90.00	S/ 900.00
2	10	Mantenimiento de baterías	S/ 140.00	S/ 1,400.00
3	10	Mantenimiento del inversor - cargador	S/ 80.00	S/ 800.00
4	10	Mantenimiento Conexionado	S/ 110.00	S/ 1,100.00
5	10	Mantenimiento PAT	S/ 80.00	S/ 800.00
<b>SUB TOTAL 5</b>			<b>S/ 5,000.00</b>	<b>S/ 5,000.00</b>

Fuente: Jorson S.A.C., 2018.

Se identificó que en el presente proyecto el único equipo a ser repuesto deberá ser el banco de baterías ya que este solo dispone 7 años de vida útil como máximo.

**Tabla 34.**

*Costo de reposición de baterías cada 7 años*

REPOSICIÓN				
PRESUPUESTO 6				
N°	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	2	Reposición de baterías cada 7 años	S/ 3,934.60	S/ 7,869.20
<b>SUB TOTAL 5</b>				<b>S/ 7,869.20</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### **D. Energía producida por el sistema fotovoltaico**

A continuación, se muestra datos promedio de la simulación (ver anexo 08) gracias a los datos de costo promedio de energía solar otorgados por Osinergmin (Figura 34) y Copelec, se puede decir que la energía promedio aportada por el sistema fotovoltaico y su costo promedio es de:

**Tabla 35.**

*Energía y costo promedio mensual y anual aportado por el sistema fotovoltaico*

SISTEMA FOTOVOLTAICO		
DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (kWh)	COSTO (S/.)
Mensual	610.91	S/ 461.18
Anual	7330.96	S/ 5,534.14

Fuente: Elaboración propia, 2018.

#### **4.1.8. Estudio económico - financiero**

El estudio económico - financiero del informe de tesis se realizará tomando en cuenta que la Universidad Continental – Huancayo se hará cargo de un 50% del total de la inversión, mientras que el 50% restante se hará mediante la financiación de alguna entidad bancaria. Según René Cornejo Díaz quien es el autor del libro académico “Evaluación de proyectos – ESAN” de referencia



[31] y Jorge Del Castillo Cordero quien es un consultor empresarial y autor de la referencia [32] de título “Flujos de fondos de un proyecto: Económico – Financiero”, dicen que este tipo de proyectos se realizan mediante el análisis del modelo CAPM, el cual permite determinar el costo de capital promedio ponderado (WACC o CPPC) el cual está desarrollado en base al porcentaje del capital, costo de capital propio, porcentaje de deuda, costo de la deuda y tasa de impuesto.

#### **A. Costo de capital promedio ponderado (WACC o CPPC)**

“El WACC, es una tasa de descuento que mide el coste de capital siendo una media ponderada entre la proporción de los recursos propios y la proporción de recursos ajenos. Es decir, es una tasa que mide el coste medio que ha costado nuestro activo (edificios, carros, activos financieros), en función de cómo se ha financiado con capital propio (aportación de los socios) y recursos de terceros (cualquier tipo de deuda ya sea emitida en forma de obligaciones o un préstamo adquirido). A su vez este indicador puede utilizarse como tasa de descuento para descontar los flujos de fondos operativos y de esta forma poder evaluar una inversión utilizando el descuento de flujos de fondos.

$$WACC = K_e \left( \frac{PAT}{PAT + D} \right) + K_d(1 - T) \left( \frac{D}{D + PAT} \right)$$

$$WACC = K_e * W_e + K_d * W_e * (1 - T)$$

**Ecuación 57.** Costo de capital promedio ponderado (WACC o CPPC)  
Fuente: Coello Martínez, Costo de capital promedio ponderado (WACC), 2015.

Ke : Costo de capital propio

Kd : Costo de deuda

T : Impuesto

D : Valor de la deuda financiera contraída.

PAT : Valor del patrimonio o capital aportado por los accionistas

We : Porcentaje de patrimonio

Wd : Porcentaje de deuda

El costo del patrimonio dentro la fórmula de estimación del WACC, hace referencia al costo del capital propio de los inversionistas del negocio. Para calcular el costo de capital propio existen varios métodos, entre estos se destacan: el Modelo de Crecimiento de Dividendos (DGM), el Modelo de Arbitraje de Precios (APM) y el Modelo de Fijación de Precios de Capital (CAPM). El objetivo principal de los tres modelos mencionados consiste en medir el riesgo no diversificable o riesgo de mercado, para lo cual adoptan distintas metodologías.” [33]

## **B. Modelo CAPM**

“El modelo CAPM señala que la tasa exigida de rentabilidad es igual a la tasa libre de riesgo más una prima por riesgo. En las finanzas, el CAPM se utiliza para determinar una adecuada tasa de retorno de un activo o costo de capital de la empresa. El modelo tiene en cuenta el riesgo sistemático o riesgo de mercado, a menudo representado por la cantidad de beta ( $\beta$ ) en el sector financiero, así como el retorno esperado del mercado y del esperado retorno de un teórico activo libre de riesgo.” [34]

$$E(R_i) = R_f + \beta[E(R_m) - R_f]$$

**Ecuación 58.** Modelo CAPM

Fuente: Coello Martínez, Modelo CAPM, 2015.

Dónde:

Rf: Tasa libre de riesgo

B: Sensibilidad de la acción al mercado

E(Rm): Tasa de retorno esperada para el mercado

E(Ri): Costo de capital propio

El costo de capital propio recomendado por Jorge Del Castillo Cordero es de 12% el cual guarda cierta relación con lo mencionado por Osinergmin en el archivo de título “El Costo de Capital en Industrias Reguladas: Una aplicación a la Distribución de Electricidad en el Perú” de referencia [35], el cual menciona que el costo de capital para industrias reguladas se encuentra en el rango de 11.40% y 11.77%.

### C. Proyección de ventas e inversiones

**Tabla 36.**

*Proyección de ventas del sistema fotovoltaico*

Paso 1		Proyección de ventas								
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Producción de energía		S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96
Costo de energía		S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75
Venta de energía	S/0.00	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96	S/7,330.96
S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75	S/0.75
S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 37.**

*Inversiones fijas del sistema fotovoltaico*

Paso 2	Inversiones fijas					
Descripción	Cantidad	Costo Unit.	Inversión (S/.)	% Dep Anual	Valor de liq. (S/.)	Vida Útil (Años)
Panel fotovoltaico AESOLAR tipo policristalino 24V 260W.	12.00	S/660.00	S/7,920.00	3.33%	0	30
Batería abierta Ritar 24V 300Ah.	4.00	S/983.65	S/3,934.60	14.29%	0	7
Must Solar inv-carg Ventrada48 Ientrada80 POTENCIA5000	1.00	S/4,233.76	S/4,233.76	4.00%	0	25
Estructura de soporte de paneles en superficie plana o poco inclinada	3.00	S/300.00	S/900.00	3.33%	0	30
Juego de Bornes para Batería	8.00	S/36.00	S/288.00	3.33%	0	30
Tablero de distribución 1x0.64x0.21 m	1.00	S/253.00	S/253.00	4.00%	0	25
Repartidor de Corriente 50A para paneles	2.00	S/80.00	S/160.00	3.33%	0	30
Interruptor Bticino 2x50A	4.00	S/46.90	S/187.60	3.33%	0	30
Interruptor de transferencia de energía eléctrica Geya 100A 220V	1.00	S/352.74	S/352.74	3.33%	0	30
Cable THW 8 AWG	300.00	S/4.05	S/1,215.00	3.33%	0	30
Tubo PVC-P 1 1/2 plg	50.00	S/15.50	S/258.33	3.33%	0	30
Kit de limpieza	2.00	S/800.00	S/1,600.00	10.00%	0	10
Puesta a tierra	2.00	S/733.14	S/1,466.28	3.33%	0	30

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 38.***Inversiones diferidas del sistema fotovoltaico*

<b>Paso 3</b>	<b>Inversiones diferidas</b>		
Transporte de materiales	1.00	S/ 600.00	S/ 600.00
Montaje electromecánico	3.00	S/ 1,200.00	S/ 3,600.00
Gastos generales	10%	S/ 4,200.00	S/ 420.00

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**D. Estado de resultados y flujos de caja****Tabla 39.***Estado de resultados del sistema fotovoltaico*

<b>Paso 4</b>	<b>Proyectar el Estado de resultados</b>									
<b>Periodo</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Ventas		S/ 5,471.38	S/ 5,471.38	S/ 5,471.38	S/ 5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38
Costo fijo		0.00	-500.00	0.00	-500.00	0.00	-500.00	0.00	-4,434.60	0.00
Depreciación		-S/ 1,277.61	-S/ 1,277.61	-S/ 1,277.61	-S/ 1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61
Utilidad imponible		S/ 4,193.77	S/ 3,693.77	S/ 4,193.77	S/ 3,693.77	S/4,193.77	S/3,693.77	S/4,193.77	S/0.00	S/4,193.77
Imp Renta		-S/ 1,258.13	-S/ 1,108.13	-S/ 1,258.13	-S/ 1,108.13	-S/1,258.13	-S/1,108.13	-S/1,258.13	S/0.00	-S/1,258.13
Ut. Neta(*)		S/ 2,935.64	S/ 2,585.64	S/ 2,935.64	S/ 2,585.64	S/2,935.64	S/2,585.64	S/2,935.64	S/0.00	S/2,935.64

<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38
-500.00	0.00	-500.00	0.00	-500.00	-3,934.60	-500.00	0.00	-500.00	0.00	-500.00
-S/1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61	-S/1,277.61
S/3,693.77	S/4,193.77	S/3,693.77	S/4,193.77	S/3,693.77	S/259.17	S/3,693.77	S/4,193.77	S/3,693.77	S/4,193.77	S/3,693.77
-S/1,108.13	-S/1,258.13	-S/1,108.13	-S/1,258.13	-S/1,108.13	-S/77.75	-S/1,108.13	-S/1,258.13	-S/1,108.13	-S/1,258.13	-S/1,108.13
S/2,585.64	S/2,935.64	S/2,585.64	S/2,935.64	S/2,585.64	S/181.42	S/2,585.64	S/2,935.64	S/2,585.64	S/2,935.64	S/2,585.64

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 40.***Flujo operativo del sistema fotovoltaico*

<b>Paso 5</b>	<b>Flujo operativo</b>									
<b>Periodo</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Ingresos</b>		D	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38
<b>Egresos</b>		S/0.00	-S/500.00	S/0.00	-S/500.00	S/0.00	-S/500.00	S/0.00	-S/4,434.60	S/0.00
<b>Imp. Renta</b>		-S/1,258.13	-S/1,108.13	-S/1,258.13	-S/1,108.13	-S/1,258.13	-S/1,108.13	-S/1,258.13	S/0.00	-S/1,258.13
		S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/1,036.78	S/4,213.25

<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38	S/5,471.38
-S/500.00	S/0.00	-S/500.00	S/0.00	-S/500.00	-S/3,934.60	-S/500.00	S/0.00	-S/500.00	S/0.00	-S/500.00
-S/1,108.13	-S/1,258.13	-S/1,108.13	-S/1,258.13	-S/1,108.13	-S/77.75	-S/1,108.13	-S/1,258.13	-S/1,108.13	-S/1,258.13	-S/1,108.13
S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/1,459.03	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 41.***Flujo de inversiones del sistema fotovoltaico*

<b>Paso 6</b>	<b>Flujo de inversiones</b>																				
<b>Periodo</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>Inversión</b>	S/27,389.31																				

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 42.***Flujo de caja económico*

<b>Paso 7</b>	<b>Flujo de caja económico</b>									
<b>Periodo</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Flujo económico</b>	-S/27,389.31	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/1,036.78	S/4,213.25

<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/1,459.03	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 43.***Determinación del costo promedio ponderado del capital*

<b>Paso 8</b>	<b>Determinación del CPPC</b>	
<b>% Deuda</b>	50.00%	
<b>% Patrimonio</b>	50.00%	
<b>Costo de la deuda (TEA)</b>	Comercio	10.00%
<b>Costo del capital</b>	12.00%	
<b>Tasa impuesto</b>	30.00%	
<b>WACC (CPPC)</b>	<b>9.50%</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 44.***Indicadores económicos*

<b>Paso 9</b>	<b>Indicadores Económicos</b>
<b>VANE</b>	S/6,193.75
<b>TIRE</b>	12.72%
<b>B/C</b>	1.23

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 45.***Periodo de recuperación de la inversión sin financiamiento*

Paso 10	Periodo de recuperación de la inversión									
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Flujo neto</b>	-S/27,389.31	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/1,036.78	S/4,213.25
<b>Flujo neto descontado</b>	-S/27,389.31	S/3,847.72	S/3,221.99	S/3,209.04	S/2,687.18	S/2,676.37	S/2,241.14	S/2,232.13	S/501.62	S/1,861.62
<b>Flujo neto acumulado</b>	-S/27,389.31	-S/23,541.59	-S/20,319.60	-S/17,110.56	-S/14,423.38	-S/11,747.01	-S/9,505.87	-S/7,273.75	-S/6,772.12	-S/4,910.51

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/1,459.03	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25
S/1,558.88	S/1,552.61	S/1,300.12	S/1,294.89	S/1,084.31	S/373.98	S/904.33	S/900.69	S/754.22	S/751.19	S/629.03
-S/3,351.63	-S/1,799.02	-S/498.90	S/795.99	S/1,880.31	S/2,254.29	S/3,158.62	S/4,059.31	S/4,813.54	S/5,564.72	S/6,193.75

<b>Periodo de Recuperación de la Inversión</b>	<b>12 AÑOS 5 MESES</b>	12.39
------------------------------------------------	------------------------	-------

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 46.***Calculo de la cuota anual de la deuda*

Paso 11: Calculo del calendario de la deuda	
<b>Monto de la deuda</b>	S/13,694.66
<b>Costo de la deuda (TEA)</b>	10.00%
<b>Periodo de capitalización (años)</b>	0.25
<b>Horizonte de repago (años)</b>	5
<b>Monto capitalizado</b>	S/14,024.88
<b>Valor de cada cuota anual</b>	S/3,699.73

Fuente: Elaboración propia, 2019.



**Tabla 47.***Calendario de pago de la deuda*

<b>Paso 12</b>	<b>Calendario de pago de la deuda</b>					
<b>Periodo</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Deuda</b>	S/14,024.88	S/14,024.88	S/11,727.64	S/9,200.68	S/6,421.02	S/3,363.39
<b>Cuota</b>		-S/3,699.73	-S/3,699.73	-S/3,699.73	-S/3,699.73	-S/3,699.73
<b>Interés</b>		-S/1,402.49	-S/1,172.76	-S/920.07	-S/642.10	-S/336.34
<b>Amortización</b>		-S/2,297.24	-S/2,526.96	-S/2,779.66	-S/3,057.63	-S/3,363.39
<b>Saldo</b>	S/14,024.88	S/11,727.64	S/9,200.68	S/6,421.02	S/3,363.39	S/0.00

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 48.***Flujo de caja financiero*

<b>Paso 13</b>	<b>Flujo de caja financiero</b>									
<b>Periodo</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Flujo de caja económico</b>	-S/27,389.31	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/1,036.78	S/4,213.25
<b>(+) Deuda</b>	S/13,694.66									
<b>(-) Amortización</b>		-S/2,297.24	-S/2,526.96	-S/2,779.66	-S/3,057.63	-S/3,363.39	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00
<b>(-) Intereses</b>		-S/1,402.49	-S/1,172.76	-S/920.07	-S/642.10	-S/336.34	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
<b>(+) Efecto financiero</b>		S/420.75	S/351.83	S/276.02	S/192.63	S/100.90	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00
<b>FLUJO DE CAJA FINANCIERO</b>	-S/13,694.66	S/934.27	S/515.35	S/789.54	S/356.15	S/614.42	S/3,863.25	S/4,213.25	S/1,036.78	S/4,213.25

<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/1,459.03	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25
-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00
S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00
-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00	-S/0.00
S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/1,459.03	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 49.***Indicadores financieros*

<b>Paso 14</b>	<b>Indicadores Financieros</b>
<b>VANF</b>	S/2,593.67
<b>TIRF</b>	14.04%
<b>B/C</b>	1.19

Fuente: Elaboración propia, 2019.

**Tabla 50.***Periodo de recuperación de la inversión con financiamiento*

<b>Paso 15</b>	<b>Periodo de recuperación de la inversión</b>									
<b>Periodo</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Flujo neto</b>	-S/13,694.66	S/934.27	S/515.35	S/789.54	S/356.15	S/614.42	S/3,863.25	S/4,213.25	S/1,036.78	S/4,213.25
<b>Flujo neto descontado</b>	-S/13,694.66	S/834.17	S/410.84	S/561.98	S/226.34	S/348.64	S/1,957.24	S/1,905.86	S/418.74	S/1,519.34
<b>Flujo neto acumulado</b>	-S/13,694.66	-S/12,860.49	-S/12,449.65	-S/11,887.67	-S/11,661.33	-S/11,312.69	-S/9,355.44	-S/7,449.58	-S/7,030.84	-S/5,511.50

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/1,459.03	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25	S/4,213.25	S/3,863.25
S/1,243.86	S/1,211.21	S/991.60	S/965.57	S/790.50	S/266.56	S/630.18	S/613.64	S/502.38	S/489.19	S/400.49
-S/4,267.64	-S/3,056.43	-S/2,064.83	-S/1,099.26	-S/308.76	-S/42.20	S/587.98	S/1,201.61	S/1,703.99	S/2,193.17	S/2,593.67

<b>Periodo de Recuperación de la Inversión</b>	<b>15 AÑOS 1 MESES</b>	15.07
------------------------------------------------	------------------------	-------

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## 4.2. Prueba de hipótesis

### A. Hipótesis general

**H<sub>0</sub>:** La propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico **no reduce** el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018; porque la probabilidad de la prueba T para medias de dos muestras emparejadas es mayor al nivel de significancia del 5%.

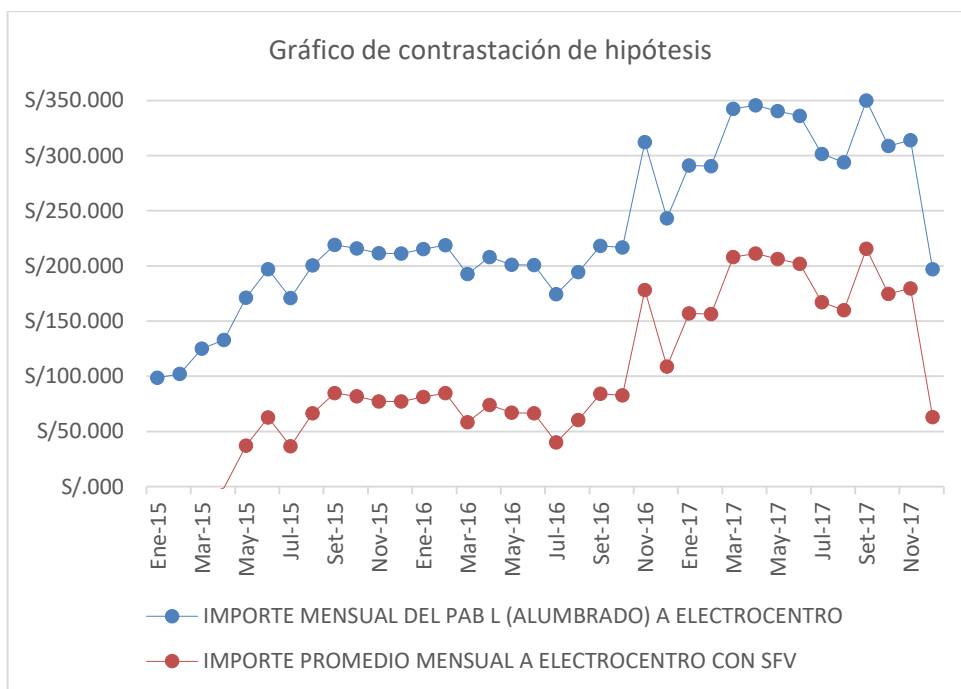
**H<sub>a</sub>:** La propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico **reduce** el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018; porque la probabilidad de la prueba T para medias de dos muestras emparejadas es menor al nivel de significancia del 5%.

**Tabla 51.**  
*Costos de pre y post estudio*

PERIODO	IMPORTE MENSUAL DEL PAB L (ALUMBRADO) A ELECTROCENTRO	IMPORTE PROMEDIO MENSUAL A ELECTROCENTRO CON SFV
ene-15	S/98.54	-S/35.60
feb-15	S/102.14	-S/31.99
mar-15	S/125.14	-S/9.00
abr-15	S/132.95	-S/1.19
may-15	S/171.25	S/37.11
jun-15	S/196.98	S/62.84
jul-15	S/170.89	S/36.75
ago-15	S/200.56	S/66.42
sep-15	S/219.03	S/84.89
oct-15	S/215.91	S/81.77
nov-15	S/211.48	S/77.34
dic-15	S/211.31	S/77.17
ene-16	S/215.30	S/81.16
feb-16	S/218.86	S/84.72
mar-16	S/192.57	S/58.43
abr-16	S/208.04	S/73.90
may-16	S/201.09	S/66.95
jun-16	S/200.73	S/66.59

PERIODO	IMPORTE MENSUAL DEL PAB L (ALUMBRADO) A ELECTROCENTRO	IMPORTE PROMEDIO MENSUAL A ELECTROCENTRO CON SFV
jul-16	S/174.27	S/40.13
ago-16	S/194.46	S/60.32
sep-16	S/218.30	S/84.16
oct-16	S/216.84	S/82.70
nov-16	S/312.30	S/178.16
dic-16	S/243.01	S/108.87
ene-17	S/291.13	S/156.99
feb-17	S/290.54	S/156.40
mar-17	S/342.22	S/208.08
abr-17	S/345.50	S/211.36
may-17	S/340.40	S/206.26
jun-17	S/335.95	S/201.81
jul-17	S/301.41	S/167.27
ago-17	S/293.99	S/159.85
sep-17	S/349.73	S/215.59
oct-17	S/308.70	S/174.56
nov-17	S/313.79	S/179.65
dic-17	S/197.09	S/62.96
PROMEDIO	S/232.29	S/98.15

Fuente: Elaboración propia, 2019.



**Figura 43.** Gráfico de probabilidad normal

Fuente: Análisis de datos Excel, 2019.

**Tabla 52.**  
*Prueba t para medias de dos muestras emparejadas*

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	232.2882	98.1495
Varianza	4967.9728	4967.9728
Observaciones	36.0000	36.0000
Coeficiente de correlación de Pearson	1.0000	
Diferencia hipotética de las medias	0.0000	
Grados de libertad	35.0000	
Estadístico t	312046608.7798	
P(T<=t) una cola	0.0000	
Valor crítico de t (una cola)	1.6896	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	<b>0.0000</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2.0301	

Fuente: Análisis de datos Excel, 2019.

El P-Valor de la prueba es de 0.00 el cual es menor a alfa ( $\alpha=0.05$ ).

$$P\text{-Valor} < \alpha$$

$$0.00 < 0.05$$

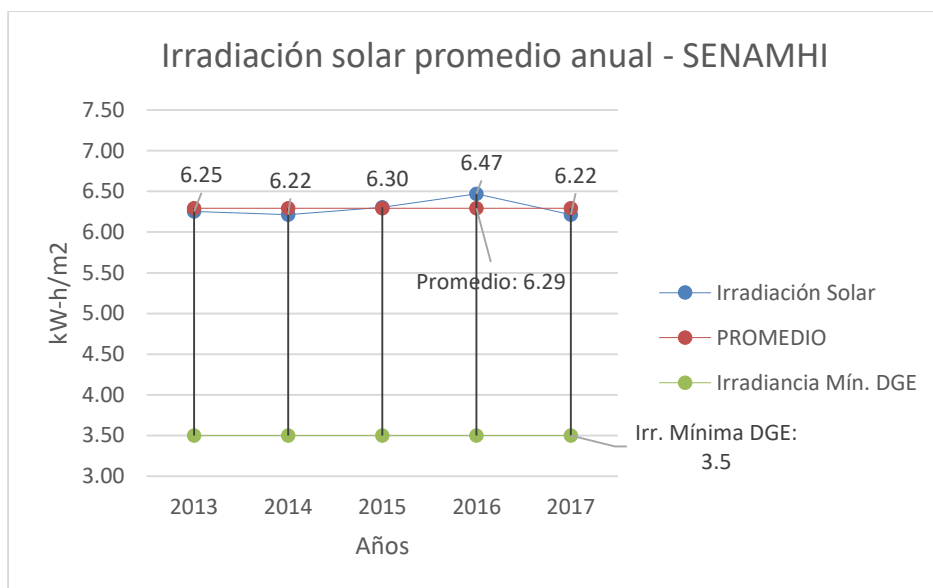
### **Decisión estadística**

Se decide rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptar la hipótesis alternativa ( $H_a$ ), por lo que en el presente informe de tesis se concluye que la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico reduce el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional del Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018; porque la probabilidad del resultado es menor al 5% (nivel de significancia), según tabla 52 – Contrastación de hipótesis por T-Student, Excel.

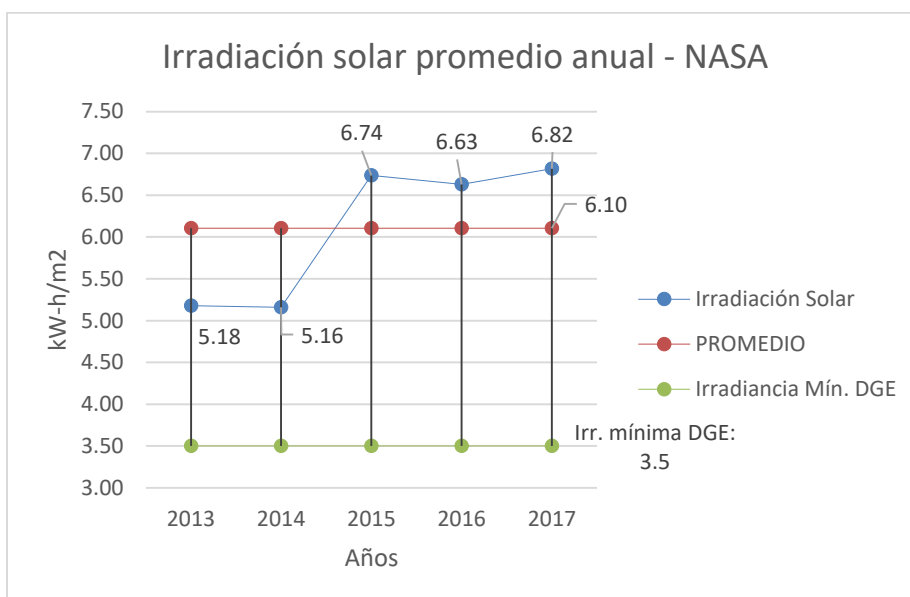
### **B. Hipótesis específicas**

#### **Hipótesis específica 1**

“La irradiación promedio solar que incide en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, supera la irradiación mínima de 3.5 kWh/m<sup>2</sup> por lo que es la suficiente para la generación de energía eléctrica.”



**Figura 37.** Curva de irradiación solar - SENAMHI  
 Fuente: Elaboración propia, 2018.



**Figura 38.** Curva de irradiación solar - NASA  
 Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla 53.**  
 Irradiación promedio incidente en el Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo

INSTITUCIÓN	IRRADIACIÓN SOLAR
SENAMHI	6.29
NASA	6.10
<b>Promedio</b>	<b>6.20</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla 54.**  
*Calificación de la irradiación solar.*

ITEM	Rango Irradiación kW-h/m <sup>2</sup>		Calificación
1	0	3.5	BAJO
2	3.5	6.5	MEDIO
3	6.5	10	ALTO

Fuente: Elaboración propia, 2018.

### **Decisión estadística**

Se concluye que la irradiación promedio solar incidente en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, supera la irradiación mínima de 3.5 kWh/m<sup>2</sup> por lo que es suficiente para la generación de energía eléctrica porque según las figuras número 37 y 38 del presente informe de tesis, la irradiación promedio de los últimos 5 años es de 6.29 kWh/m<sup>2</sup>-día y 6.10 kWh/m<sup>2</sup>-día para SENAMHI y NASA respectivamente; las irradiaciones mencionadas forman un promedio de 6.20 kWh/m<sup>2</sup>-día según la tabla número 13 o 53. Esta irradiación promedio supera a la irradiación mínima anual para la generación de energía eléctrica mencionada por la Resolución Directoral N° 003-2007-EM-DGE, la cual es 3.5 kWh/m<sup>2</sup>-día. Además de que este valor de irradiación 6.20 kWh/m<sup>2</sup>-día es considerado medio según la tabla número 54.

### **Hipótesis específica 2**

“La propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, es viable técnica y económicamente porque posee las características necesarias para su operación y el indicador económico-financiero VAN es mayor a 0.”

## Decisión Técnica

Se concluye que la viabilidad técnica del proyecto está garantizada ya su implementación y operación es posible según los siguientes aspectos:

- La irradiación promedio incidente en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo es medio con un valor de 6.20 kWh/m<sup>2</sup>-día.
- El sistema Fotovoltaico o SFV está constituido por 12 paneles policristalinos de 260 W cada uno. La potencia nominal del sistema es de 3.12 kW.
- El SFV provee en promedio 580 kWh de energía al pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo.
- El SFV posee un cargador-inversor, este permite la visualización de los parámetros de tensión y frecuencia, como también el funcionamiento, rendimiento, producción y consumo de la instalación, lo cual garantiza la calidad de producto:
  - Realiza una medición de la tensión en tiempo real.
  - La tensión de salida es de 220V y posee una variación de  $\pm 5\%$ .
  - La frecuencia es de 60 Hz.
  - El tipo de onda que ofrece es senoidal pura.
  - Este equipo puede ser controlado por un ordenador mediante WiFi o Ethernet.



- El SFV posee un interruptor de transferencia de energía automático, este equipo garantiza la calidad de suministro, ya que el tiempo de interrupción del servicio es mínimo con un valor <50ms en caso de falla de la fuente principal.

### **Decisión económica**

Se concluye que la viabilidad económica del proyecto está garantizada y su implementación es posible según los siguientes indicadores económicos:

- El valor actual neto económico del proyecto (VANE) es de S/ 6,193.75 el cual es muy superior a 0, el proyecto debe ser considerado.
- La tasa interna de retorno económica (TIRE) 12.72% es mayor a tasa del costo de capital promedio ponderado (WACC) 9.5%, el proyecto debe ser considerado.
- El beneficio-costo del proyecto es 1.23, este valor indica que los beneficios superan los costes de inversión, el proyecto debe ser considerado.

### **Decisión Financiera:**

Se concluye que la viabilidad financiera del proyecto está garantizada según los siguientes indicadores financieros:

- El valor actual neto financiero del proyecto (VANF) es de S/2,593.67 el cual es muy superior a 0, el proyecto debe ser considerado.
- La tasa interna de retorno financiera (TIRF) 14.04% es mayor a la tasa del costo del capital del accionista 12%, el proyecto debe ser considerado debido a que la inversión ganará más del costo de los fondos utilizados para financiarlo.

- El beneficio-costo del proyecto es 1.19, este valor indica que los beneficios superan los costes de inversión y financiación, el proyecto debe ser considerado.

### Hipótesis específica 3:

“El nivel de reducción de la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, a través de la implementación del sistema fotovoltaico, *es medio superando el 34%.*”

El costo por consumo de energía eléctrica en Soles por el alumbrado del Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo es de S/ 55,749.18 Soles en 20 años (ver tabla 28); y el costo de implementación de un sistema fotovoltaico sin financiamiento que generará la energía eléctrica demandada por el alumbrado del Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo durante 20 años es de S/ 27,389.31 Soles y con financiamiento es de S/. 32,193.30; por lo cual se estima un ahorro de S/ 28,359.87 y S/ 23,555.88 respectivamente.

**Tabla 55.**  
*Porcentaje de ahorro sin financiación*

AHORRO SIN FINANCIACIÓN				
Descripción	MONTO (S/.)			PORCENTAJE
	Mes	Año	20 Años	
Sistema Convencional	S/232.29	S/2,787.46	S/55,749.18	100.00%
Inversión "Sistema Fotovoltaico"	S/114.12	S/1,369.47	S/27,389.31	49.13%
<b>AHORRO</b>	<b>S/118.17</b>	<b>S/1,417.99</b>	<b>S/28,359.87</b>	<b>50.87%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**Tabla 56.**  
*Porcentaje de ahorro con financiación*

AHORRO CON FINANCIACIÓN				
Descripción	MONTO (S/.)			PORCENTAJE
	Mes	Año	20 Años	
Sistema Convencional	S/232.29	S/2,787.46	S/55,749.18	100.00%
Inversión "Sistema Fotovoltaico"	S/134.14	S/1,609.67	S/32,193.30	57.75%
<b>AHORRO</b>	<b>S/98.15</b>	<b>S/1,177.79</b>	<b>S/23,555.88</b>	<b>42.25%</b>

Fuente: Elaboración propia, 2018.

**7Tabla 57.**  
*Calificación del ahorro*

ITEM	PORCENTAJE DE AHORRO		CALIFICACIÓN
1	0%	33%	BAJO
2	34%	67%	MEDIO
3	68%	100%	ALTO

Fuente: Elaboración propia, 2019.

#### **Decisión estadística:**

Se concluye que el nivel de reducción del costo por consumo de energía eléctrica del alumbrado del Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, a través de la implementación con financiamiento y sin financiamiento del sistema fotovoltaico, es medio con un 42.25% y 50.87% respectivamente.

#### **4.3. Discusión de resultados**

En el informe de tesis: “Estudio de implementación de un sistema eléctrico fotovoltaico para el abastecimiento de energía eléctrica del Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018”, se trazó como objetivo general: Determinar si la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico reduce el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018; mediante la prueba T para medias de dos muestras emparejadas con un nivel de significancia del 5% y los específicos: Determinar si la irradiación promedio solar incidente en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo supera la irradiación mínima para la generación de energía eléctrica de 3.5 kWh/m<sup>2</sup>; determinar si la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo es posible técnicamente y si el VAN económico-financiero es mayor a 0 y determinar si el nivel de reducción de la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del

pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, a través de la implementación de un sistema fotovoltaico es mayor al 34%.

Respecto a la hipótesis general se afirma que la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico reduce el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018; porque el Valor-P obtenido en la prueba de hipótesis es menor a 5% (nivel de significancia) haciendo que la hipótesis nula ( $H_0$ ) sea rechazada y la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) sea aceptada, según tabla 52 – Contrastación de hipótesis por T-Student, este resultado obtenido guarda cierta relación con la tesis “Implementación del sistema de energía solar fotovoltaico y facturación por consumo de energía en la Municipalidad Distrital de Morococha, Yauli-Junín” de referencia [6], en donde afirma que la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico reduce considerablemente en la facturación por consumo de energía eléctrica en la Municipalidad Distrital de Morococha, Yauli, Junín – 2017, porque la probabilidad de resultado es menor al 5 % según su contrastación de hipótesis por T-Student.

Así mismo, se observa la aceptación de las hipótesis específicas de la investigación. Para la comprobación de la hipótesis específica “La irradiación promedio solar que incide en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, supera la irradiación mínima de  $3.5 \text{ kWh/m}^2$  por lo que es suficiente para la generación de energía eléctrica.”, en el “Atlas de energía solar del Perú” de referencia [15] indica que la irradiación solar del departamento de Junín se encuentra en el rango de  $5 \frac{\text{kW.h}}{\text{m}^2}$  y  $6.5 \frac{\text{kW.h}}{\text{m}^2}$  anuales, dicha información coincide con el análisis del estudio donde la irradiación solar que incide significativamente en la Universidad Continental - Huancayo según las tablas número 11 y 12 del presente informe de tesis es de  $6.29 \frac{\text{kW.h}}{\text{m}^2}$  y  $6.10 \frac{\text{kW.h}}{\text{m}^2}$  en los

últimos 5 años según SENAMHI y NASA respectivamente; lo cual quiere decir que están dentro del rango mencionado por el atlas solar del Perú y que además superan la irradiación mínima anual para la generación de energía eléctrica mencionada en la Resolución Directoral N° 003-2007-EM-DGE, la cual es  $3.5 \frac{kW.h}{m^2}$ . Asimismo el Atlas de energía solar del Perú muestra en la leyenda de cada mapa que la calificación de la irradiación se encuentra en el rango de  $0 \frac{kW.h}{m^2}$  a  $10 \frac{kW.h}{m^2}$ , considerando que la calificación es baja cuando la irradiación solar del lugar se encuentre en el rango de  $0 \frac{kW.h}{m^2}$  a  $3.5 \frac{kW.h}{m^2}$ , la calificación es media cuando la irradiación solar del lugar se encuentre en el rango de  $3.5 \frac{kW.h}{m^2}$  a  $6.5 \frac{kW.h}{m^2}$  y la calificación es alta cuando la irradiación solar del lugar se encuentre en el rango de  $6.5 \frac{kW.h}{m^2}$  a  $10 \frac{kW.h}{m^2}$ , según la calificación mencionada la irradiación promedio solar incidente en el Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo de  $6.20 \frac{kW.h}{m^2}$  (ver tabla 13 o 53) se encuentra en un nivel medio lo cual tiene una relación con la tesis “Implementación del sistema de energía solar fotovoltaico y facturación por consumo de energía en la Municipalidad Distrital de Morococha, Yauli-Junín” de referencia [6], donde concluye que la irradiación solar incide significativamente en los paneles fotovoltaicos en el Distrito de Morococha, Yauli, Junin-2017 con un valor medio de  $5.13 \frac{kW.h}{m^2}$ .

Para la comprobación de la hipótesis específica “La propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, es viable técnica y económicamente porque posee las características necesarias para su operación y el indicador económico-financiero VAN es mayor a 0”, se concluye que la viabilidad técnica del proyecto está garantizada y su implementación es posible según los aspectos de calidad de producto y calidad de

suministro mencionadas por Osinergmin. El proyecto es viable de forma económica, porque el VANE es mayor a 0 con un valor de S/. 6,193.75, la TIRE de 12.72% es mayor a tasa del costo promedio ponderado del capital 9.5% y beneficio-costo del proyecto es 1.23 (ver tabla 44). Es viable de forma financiera, porque el VANF es mayor a 0 con un valor de S/. 2,593.67, la TIRF de 14.04% es mayor a tasa del costo de oportunidad de capital 12% y beneficio-costo de la inversión es 1.19 (ver tabla 49), la referencia [36] del presente informe de tesis menciona que el VANE y TIRE miden la rentabilidad del proyecto mientras que el VANF Y TIRF miden la rentabilidad de la inversión; en ambos casos estos indicadores son positivos. Esta conclusión posee cierta relación con lo mencionado en la tesis “Implementación del sistema de energía solar fotovoltaico y facturación por consumo de energía en la Municipalidad Distrital de Morococha, Yauli-Junín” de referencia [6], donde menciona que el proyecto de implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico es rentable según los siguientes indicadores económicos: VAN de S/. 13,490.30 y TIR de 20% la cual es mayor a la tasa de descuento de 14.5%.

Finalmente, en la hipótesis “El nivel de reducción de la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, a través de la implementación del sistema fotovoltaico, es medio superando el 34%” se concluye que el nivel de reducción de la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, a través de la implementación del sistema solar fotovoltaico con financiamiento y sin financiamiento del sistema fotovoltaico, es medio y que supera el 34% con un valor de 42.25% y 50.87% respectivamente (ver tabla 56 y 55), que guarda una estrecha relación con la tesis “Implementación del Sistema Electrónico de Energía Solar para Saga Falabella, Open Plaza” de referencia [3], en donde afirma la reducción en la facturación

mensual del consumo eléctrico en 50% por el uso de estos sistema solares, asimismo la principal conclusión de la tesis “Estudio de factibilidad de sistemas híbridos Eólico – Solar en el departamento de Moquegua” de referencia [2], es que el uso de las energías alternativas, solar y eólico es una opción altamente competitiva para sistemas aislados y de electrificación rural.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico reduce el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional del Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018; porque la probabilidad del resultado es menor a 5% (nivel de significancia), según tabla 52 – Contrastación de hipótesis por T-Student, Excel.
- Se concluye que la irradiación promedio solar incidente en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, supera la irradiación mínima de 3.5 kWh/m<sup>2</sup> por lo que es suficiente para la generación de energía eléctrica porque según las figuras número 37 y 38 del presente informe de tesis, la irradiación promedio de los últimos 5 años es de 6.29 kWh/m<sup>2</sup>-día y 6.10 kWh/m<sup>2</sup>-día para SENAMHI y NASA respectivamente; las irradiaciones mencionadas forman un promedio de 6.20 kWh/m<sup>2</sup>-día según la tabla número 13 o 53. Esta irradiación promedio supera a la irradiación mínima anual para la generación de energía eléctrica mencionada por la Resolución Directoral N° 003-2007-EM-DGE, la cual es 3.5 kWh/m<sup>2</sup>-día. Además de que este valor de irradiación 6.20 kWh/m<sup>2</sup>-día es considerado medio según la tabla número 54.
- Se concluye que la viabilidad técnica del proyecto está garantizada y su implementación es posible según los siguientes aspectos:
  - La irradiación promedio incidente en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo es medio con un valor de 6.20 kWh/m<sup>2</sup>-día.
  - El sistema Fotovoltaico o SFV está constituido por 12 paneles policristalinos de 260 W cada uno. La potencia nominal del sistema es de 3.12 kW.
  - El SFV provee en promedio 580.15 kWh-mes de energía al pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo.



- El SFV posee un cargador-inversor, este permite la visualización de los parámetros de tensión y frecuencia, como también el funcionamiento, rendimiento, producción y consumo de la instalación, lo cual garantiza la calidad de producto: Realiza una medición de la tensión en tiempo real, la tensión de salida es de 220V y posee una variación de  $\pm 5\%$ , la frecuencia es de 60 Hz, el tipo de onda que ofrece es senoidal pura y este equipo puede ser controlado por un ordenador mediante WiFi o Ethernet.
  - El SFV posee un interruptor de transferencia de energía automático, este equipo garantiza la calidad de suministro, ya que el tiempo de interrupción del servicio es mínimo con un valor  $< 50\text{ms}$  en caso de falla de la fuente principal.
- Se concluye que la viabilidad económica del proyecto está garantizada y su implementación es posible según los siguientes indicadores económicos:
- El valor actual neto económico del proyecto (VANE) es de S/6,193.75 el cual es muy superior a 0, el proyecto debe ser considerado.
  - La tasa interna de retorno económica (TIRE) 12.72% es mayor a tasa del costo de capital promedio ponderado (WACC) 9.5%, el proyecto debe ser considerado.
  - El beneficio-costo del proyecto es 1.23, este valor indica que los beneficios superan los costes de inversión, el proyecto debe ser considerado.
- Se concluye que la viabilidad financiera del proyecto está garantizada según los siguientes indicadores financieros:
- El valor actual neto financiero del proyecto (VANF) es de S/2,593.67 el cual es muy superior a 0, el proyecto debe ser considerado.

- La tasa interna de retorno financiera (TIRF) 14.04% es mayor a la tasa del costo del capital del accionista 12%, el proyecto debe ser considerado debido a que la inversión ganará más del costo de los fondos utilizados para financiarlo.
  - El beneficio-costo del proyecto es 1.19, este valor indica que los beneficios superan los costes de inversión y financiación, el proyecto debe ser considerado.
- Se concluye que el nivel de reducción del costo por consumo de energía eléctrica del alumbrado del Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, a través de la implementación con financiamiento y sin financiamiento del sistema fotovoltaico, es medio superando el 34% con un valor del 42.25% y 50.87% respectivamente.
- La potencia eléctrica requerida por el alumbrado del Pabellón L es de 1,872 W, este puede llegar a consumir 10.296 kWh al día ó 308.88 kWh al mes y con la propuesta del sistema fotovoltaico se tiene una estimación de producción de energía de 580.15 kWh al mes, lo cual significa que se posee 271,27 kWh (46.76%) de reserva mensual.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación y uso de este sistema eléctrico fotovoltaico, porque reduce la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental - Huancayo.
- La decisión de implementación de este tipo de tecnologías no solo debe ser técnica y económica, también se debe tomar una decisión a fin de mejorar la imagen de la Universidad Continental – Huancayo tomando en cuenta factores como fomentar el interés a las energías renovables, reducir emisiones de gases de efecto invernadero por el uso de energía convencionales.
- Para una mejor estimación de la irradiación solar se recomienda la adquisición de un piranómetro, el cual brindará datos exactos de irradiación solar que podrán ser útiles para próximas implementaciones de sistemas fotovoltaicos en los pabellones de la Universidad Continental.
- Se recomienda utilizar los equipos de potencia y accesorios que contemplen el 100% de calidad, confiabilidad, disponibilidad, selectividad y seguridad para mejorar la eficiencia energética.
- Se recomienda el mantenimiento total del sistema eléctrico fotovoltaico cada 2 años, para evitar el deterioro de la vida útil de los equipos seleccionados.
- Se recomienda que se busque un financiamiento más barato y buscar un Banco de segundo piso (COFIDE, BID; etc.) para que la inversión sea aún más fácil de recuperar en un corto plazo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Muñoz Anticona, Delfor Flavio.** *Aplicación de la energía solar para la electrificación rural en zonas marginales del país.* Lima : Universidad Nacional De Ingeniería, 2005. pág. 149.
- [2] **Hualpa Huamaní, Maimer Tomás.** *Estudio de factibilidad de sistemas híbridos Eólico–Solar en el departamento de Moquegua.* Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2006. pág. 105.
- [3] **Vilca Coro, Johnny Edward, Rupay Quin, Juan Pablo y Baltazar Escarate, Sergio Fernando.** *Implementación del sistema electrónico de energía solar para Saga Falabella, Open Plaza.* Lima : Universidad Nacional del Callao, 2013. pág. 62.
- [4] **Cornejo Lalupú, Héctor Armando.** *Sistema solar fotovoltaico de conexión a red en el Centro Materno Infantil de la Universidad de Piura.* Piura : Universidad de Piura, 2013. pág. 124.
- [5] **Clemente De La Cruz, Wuilber.** *Optimización del sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas altoandinas.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014. pág. 128.
- [6] **Lulo Niño, Jesús Manuel.** *Implementación del sistema de energía solar fotovoltaica y facturación por consumo de energía - Municipalidad Morococha.* Universidad Continental. Huancayo : s.n., 2017. pág. 135, Tesis para obtener el grado de Ingeniero Electricista.
- [7] **Gonzales Tristancho, Daniel José.** *Prototipo de energía eléctrica fotovoltaica, para el laboratorio de energía de la Escuela Colombiana de Ingeniería.* Bogotá : s.n., 2016.
- [8] **Gascó Gonzáles, Manuel.** *Integración de energías renovables en redes eléctricas inteligentes.* Alicante : Universidad de Alicante, 2013.
- [9] **Prado Mora, Carlos Roberto.** *Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada.* 2008.
- [10] **Gonzáles Peñafiel, Gustavo Guillermo, Zambrano Manosalvas, Juan Carlos y Estrada Pulgar, Edison Fabricio.** *Estudio, diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la isla Mondragon del golfo de Guayaquil, Provincia de Guayas.* Guayaquil : Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, 2014.

- [11] **Gálviz Garzón, Jhon Sebastián y Gutiérrez Gallego, Robinson.** *Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población Wayuu en Nazareth Corregimiento del Municipio De Uribia, Departamento de la Guajira – Colombia.* 2013.
- [12] **M. Castro Gil, J. Carpio Ibañez, R. Guirado Torres, A. Colmenar Santos, L. Dávila Gómez.** *Energía Solar Fotovoltaica.* tercera. Sevilla : ProgenSA, 2008.
- [13] **Alonso Montes, José Ignacio , y otros.** *Energía solar fotovoltaica.* Colegio oficial de Ingenieros de Telecomunicación. Madrid : s.n., 2002. 9788493504960.
- [14] **Arenas Sánchez, Danny Andrés y Zapata Castaño, Hodman Steven.** *Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones.* Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2011.
- [15] **SENAMHI.** Atlas de energía solar del Perú. [En línea] Junio de 2003. [Citado el: 22 de Julio de 2018.] [https://www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas\\_solar.pdf](https://www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas_solar.pdf).
- [16] **Sosa Naranjo, Cristina.** *Caracterización de la radiación directa normal en Sevilla (Periodo 2000-2005).* Departamento de termodinámica y energías renovables, Universidad de Sevilla. Sevilla : s.n., 2006. Proyecto de fin de carrera.
- [17] **Harper, Gilberto Enriquez.** *El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos.* s.l. : Limusa S.A., 2011. 978-607-05-0269-9.
- [18] **De Juana, José, y otros.** *Energías renovables para el desarrollo.* Madrid : Paraninfo S.A., 2003. Vol. I. 97884228728647.
- [19] **Bautista Carrascosa, Inmaculada.** *Cálculo de la radiación solar extraterrestre en función de la latitud y la declinación solar.* Valencia : Universitat Politècnica de València, 2016.
- [20] **Orbegoso, Carlos y Arivilca, Roberto.** Manual Técnico “Energía Solar Fotovoltaica”. s.l. : Green Energy consultoría y Servicios SRL, 2010.
- [21] **OSINERGMIN.** *Determinación de la tarifa y mecanismos de remuneración para suministros en áreas no conectadas a red.* Lima. Lima : Priconsa S.A., 2015.

- [22] **Labouret, Anne y Viloz, Michel.** Energía solar fotovoltaica: manual práctico (adaptado al Código Técnico de la Edificación). [ed.] Antonio Madrid Vicente. Madrid : Mundi-Prensa, 2008, Vol. I, pág. 322.
- [23] **Horn, Manfred.** Los retos energéticos del Perú. *Perú económico*. Noviembre de 2006, Vol. XXIX, 11, págs. 10-11.
- [24] **OSINERGMIN.** Fichas técnicas de centrales de generación de energía eléctrica. [En línea] 2018. [Citado el: 15 de Febrero de 2019.] [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Compendio-Proyectos-GTE-Operacion-marzo-2018.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Compendio-Proyectos-GTE-Operacion-marzo-2018.pdf).
- [25] **Echeandía Gonzales, Guillermo.** Energías no convencionales en el Perú, situación actual y perspectivas. *Osinergmin*. [En línea] [Citado el: 15 de Febrero de 2019.] [https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/electricidad/Paginas/IVCongresoGFE/archivos/1\\_Exposiciones/35\\_PERU\\_GuillermoEcheandia.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/electricidad/Paginas/IVCongresoGFE/archivos/1_Exposiciones/35_PERU_GuillermoEcheandia.pdf).
- [26] **Caballero Romero, Alejandro.** *Guías metodológicas para los planes y tesis de maestría y doctorado*. Lima : UGRAPH S.A.C., 2004. Vol. I. 9972254402.
- [27] **Cegarra Sánchez, José.** *Metodología*. Madrid : Ediciones Díaz de Santos, 2004. 8479786248.
- [28] **Castro León, Eusebio Zenón.** *Teoría y práctica de la investigación científica*. Huancayo : PERUGRAPH SRL, 2016. Vol. I.
- [29] **Caballero Romero, Alejandro Enrique.** *Innovaciones en las guías metodológicas para los planes y tesis de maestría y doctorado*. Lima : Instituto metodológico Alen Caro E.I.R.L., 2008. 9786034519206.
- [30] **Miranda Miranda, Juan José.** *Gestión de proyectos: Identificación, formulación y evaluación financiera, económica, social y ambiental*. Lima : s.n. Vol. IV.
- [31] **Cornejo Díaz, René.** *Evaluación de proyectos*. Lima : ESAN, 2017.
- [32] **Del Castillo Cordero, Jorge.** Flujo de fondos de un proyecto: Económico y financiero. [En línea] Consultoría empresarial "JDELCA", 2017. [Citado el: 30 de Enero de 2019.] <https://www.youtube.com/watch?v=v0YKmStQEX0>.

- [33] **Coello Martínez, Adrián Manuel.** Costo de capital promedio ponderado (WACC). *Actualidad empresarial*. [En línea] Instituto Pacífico, 2015. [Citado el: 01 de Febrero de 2019.] [http://aempresarial.com/servicios/revista/324\\_9\\_RNBMQJTOEZIOLSSMSWQOCDWMJRZXXBXPPYBFIUTNUCBFUTSNPI.pdf](http://aempresarial.com/servicios/revista/324_9_RNBMQJTOEZIOLSSMSWQOCDWMJRZXXBXPPYBFIUTNUCBFUTSNPI.pdf).
- [34] **Coello Martínez, Adrián Manuel.** Modelo CAPM. *Actualidad empresarial*. [En línea] Instituto Pacífico, 2015. [Citado el: 1 de Febrero de 2019.] [http://aempresarial.com/servicios/revista/323\\_9\\_CFNPUOGILAVDFVDBGWCSUEXRUGSOPIIOKNCZIQQCGMGMHHTDJL.pdf](http://aempresarial.com/servicios/revista/323_9_CFNPUOGILAVDFVDBGWCSUEXRUGSOPIIOKNCZIQQCGMGMHHTDJL.pdf).
- [35] **OSINERGMIN.** El Costo de Capital en Industrias Reguladas: Una aplicación a la Distribución de Electricidad en el Perú. [En línea] [Citado el: 01 de Febrero de 2019.] [http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Documentos\\_de\\_Trabajo/Documento\\_de\\_Trabajo\\_19.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Documentos_de_Trabajo/Documento_de_Trabajo_19.pdf).
- [36] **Siguas Sifuentes, Sandra.** *Proyecto de inversión para el servicio de alquiler de montacargas*. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2003. Tesis.
- [37] **Dirección General de Electricidad.** R. D. N° 003-2007-EM-DGE. *Reglamento técnico especificaciones técnicas y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural*. [En línea] 2007. [Citado el: 02 de Agosto de 2018.] <http://www2.osinerg.gob.pe/NORMAS%20110%20LINKEAR/RD-003-2007-EM-DGE.doc>.

## **ANEXOS**



### Anexo 01 – Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
¿Es posible reducir el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional creciente en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo para el año 2018 mediante la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico?	Determinar si la implementación de un sistema fotovoltaico en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo reduce el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional.	La propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico reduce el costo económico por consumo de energía eléctrica convencional del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X):</b> <b>Sistema eléctrico fotovoltaico.</b> Un sistema fotovoltaico es un conjunto de dispositivos que aprovechan la energía producida por el sol y la convierten en energía eléctrica.	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Descriptivo Explicativo  <b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</b> El método son los lineamientos que nos conlleva a plantear desarrollar y solucionar el problema planteado para la presente investigación de tesis, a través del método deductivo.  <b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> Básica.
<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>DIMENSIONES:</b> <b>Sistema fotovoltaico:</b> - Irradiación solar - Potencia eléctrica generada - Costo del sistema fotovoltaico	<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> Cuasi-experimental Descriptivo: Pretest y Postest
¿La irradiación promedio solar incidente en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo es la suficiente para la generación de energía eléctrica?	Determinar si la irradiación promedio solar incidente en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo es la suficiente para la generación de energía eléctrica.	La irradiación promedio solar que incide en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, es suficiente para la generación de energía eléctrica.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y):</b> <b>Energía eléctrica.</b> La <b>energía eléctrica</b> es una fuente de energía renovable que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones) que se produce en el interior de materiales conductores (por ejemplo, cables metálicos como el cobre).	$\begin{matrix} GE & O_1 & X & O_2 \\ GC & O_1 & - & O_2 \end{matrix}$
¿Es viable la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento de energía eléctrica del Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo?	Determinar la viabilidad técnica-económica de la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo.	La propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en el pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, es viable técnica y económicamente.	<b>DIMENSIONES:</b> <b>Energía eléctrica:</b> - Consumo de energía Eléctrica. - Facturación energía Eléctrica.	<b>TECNICAS</b> Facturas emitidas por Electrocentro. Base de datos SENAMHI y NASA.
¿En qué nivel la implementación del sistema solar fotovoltaico reduce la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo?	Estimar el nivel de reducción de la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, a través de la implementación de un sistema fotovoltaico.	El nivel de reducción de la facturación por consumo de energía eléctrica del alumbrado del pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, a través de la implementación del sistema fotovoltaico, es medio.		

## Anexo 02 – Solicitud SENAMHI

**CARGO**



SOLICITUD: ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA

Señor(a):

SECRETARIA GENERAL, SILVANA ELIAS NARANJO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ – SENAMHI

Presente. -

Yo, Alessandro Paul Ramos Jiménez  
 Dirección: Jr. Trujillo N°383 Distrito: El Tambo Provincia: Huancayo Departamento: Junín  
 DNI N°: 48474629 Teléfono: 942069883 Email: alesandroramosjimenez@gmail.com

Universidad: Universidad Continental  
 Carrera/ Profesión: Bachiller de Ingeniería Eléctrica

Ante usted me presento y expongo;  
 Que, preciso obtener los datos meteorológicos promedio de mes a mes de los años indicados que se exponen en el siguiente cuadro a fin de poder realizar algunos cálculos, los cuales me servirán para obtener resultados acertados y así de esta manera llevar a cabo mi proceso de titulación mediante la modalidad de tesis el cual lleva por nombre "Análisis y estudio de un sistema fotovoltaico eléctrico para el abastecimiento de energía eléctrica del Pabellón L de la Universidad Continental – Huancayo, 2018".

Solicito la siguiente información:

ESTACIÓN/ZONA	PARÁMETROS		PERIODOS
ESTACIÓN SANTA ANA – 000477  DIRECCIÓN ZONAL 11	Irradiación incidente	kWh/m <sup>2</sup>	De Enero a Diciembre de los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017
	Temperatura máxima	°C	
	Temperatura mínima	°C	
	Precipitación	mm	
	Nubosidad	octas	
	Velocidad del viento	km/h	
	Dirección del viento		

La información solicitada deberá ser remitida al correo electrónico:  
[alesandroramosjimenez@gmail.com](mailto:alesandroramosjimenez@gmail.com)

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Huancayo, 15 de Agosto del 2018.

  
 .....  
 Firma del Usuario

## Anexo 03 – Datos SENAMHI



PERÚ Ministerio del Ambiente  
 DECENTENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES 2018-2027.



"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"

Estación : MAP Santa Ana  
 Latitud : 12° 00' 34,04" S  
 Longitud : 75° 13' 17,07" W  
 Altitud : 3298 m.s.n.m.

Departamento: Junín  
 Provincia : Huancayo  
 Distrito : El Tambo

### Temperatura Máxima

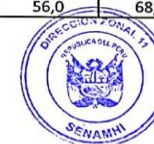
Años/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2013	19,8	19,3	19,6	21,5	21,1	20,1	19,5	20,9	21,3	21,1	21,7	19,7
2014	19,2	19,1	18,7	18,8	20,7	21,5	20,1	20,3	20,4	19,8	21,5	20,5
2015	19,6	18,9	19,0	18,8	20,5	20,6	21,6	21,8	21,7	21,2	21,3	20,8
2016	22,7	20,2	21,0	21,6	22,2	21,2	21,5	21,8	21,7	21,1	22,9	20,1
2017	18,3	18,8	18,7	19,8	19,8	20,6	20,7	21,5	20,7	21,5	21,8	20,3

### Temperatura Mínima

2013	6,6	7,1	6,9	3,5	2,2	1,9	-0,1	1,4	2,6	8,0	4,9	6,9
2014	6,8	7,4	6,0	4,6	3,2	0,1	0,8	0,0	4,0	4,5	5,3	6,4
2015	5,1	4,8	6,3	5,7	3,8	0,6	-1,0	1,0	4,8	5,7	4,8	6,1
2016	6,2	8,1	6,4	5,1	1,5	-0,8	-1,7	1,7	3,1	5,4	4,3	5,7
2017	6,9	5,9	7,0	5,7	4,2	0,7	-1,2	0,7	4,7	4,5	4,8	6,0

### Precipitación m,m

2013	160,0	135,4	85,9	69,3	11,1	5,0	3,7	32,0	38,7	58,3	38,0	131,0
2014	161,0	99,5	179,7	87,3	32,1	0,3	4,2	32,1	83,4	34,6	103,1	100,7
2015	111,6	118,0	95,6	56,0	23,1	15,9	5,3	9,1	68,3	60,6	57,5	109,4
2016	91,7	177,6	74,1	53,6	16,3	0,0	1,4	4,8	29,3	72,5	92,6	72,7
2017	160,5	143,4	109,4	90,9	14,2	0,8	0,0	3,8	56,0	68,9	63,9	83,8



*Eusebio Rolando Sanchez Paucar*  
 METEOROLOGO  
 Asistente Hidrometeorológico  
 DIRECCION ZONAL II  
 SENAMHI

Fuente: SENAMHI, 2018

## Anexo 04 – Facturación del mes de marzo de 2018

**Boleta N° 786-21470140**  
**Huancayo/Huancayo**  
 Boleta por Consumo del 01/03/2018 al 31/03/2018

**Cliente:** UNIVERSIDAD CONTINENTAL SAC  
**C.I.:** 20319363221  
**Dirección:** P.J. SAN JORGE 00190 Urb. SANTA BEATRIZ - Huancayo, Huancayo - Junin

**Referencia:** 1602-41498-5410  
**Categoría:** MT3 Serie Medidor 00000002806082 - Electrón.  
**Medición:** Media Tension N° Hilos Medidor 4  
**Tensión y SED:** 10 kV / E-404994 Modalidad Potencia Variable  
**Medio Eléctrico:** SE0062 HUANCAYO (ST2) Inicio Contrato 15/10/2010  
**Punto Suministro:** Trifásica-Aérea(C5.2) Término Contrato 14/10/2018

**Electrocentro**  
EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO DE ELECTRICIDAD DEL CENTRO S.A.  
 D.L. Previsión J. Amadorés 641 - Huancayo  
 R.U.C. 20129646099

**Marzo-2018**

**CÓDIGO 69790957**

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	13,968.3000	0.8000	56.1000	33,613.9847	Cargo Fijo		6.5871	6.59
Energía Activa Hora Punta (kWh)	4,620.5000	0.0000	17.8000	10,749.5406	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión			15.57
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	9,347.8000	0.8000	38.2000	22,864.4441	Energía Activa HP	10749.5406	0.2405	2585.26
Energía Reactiva (kVarh)	1,990.2000	0.5000	16.7000	9,919.5409	Energía Activa FP	22864.4441	0.1987	4543.17
Potencia Hora Punta (kW)	0.4630	0.0160	0.0160	122.1817	Pot. Uso Redes Distrib HP	203.1816	21.8100	4431.39
Potencia Fuera Punta (kW)	0.4000	0.0260	0.0260	89.7272	Pot. Activa Generación HP	122.1817	57.4600	7020.56
Factor Calificación : 0.7038		Fac.Medic. 272.7270			Alumbrado Público (Allicuota : S/ 0.7449)			1117.35
					Interés Compensatorio	1.0000	50.0707	50.07
					SUB TOTAL			19769.96
					Imp. Gral. a las Ventas			3558.59
					Saldo por redondeo	1.0000	-0.0400	-0.04
					Redondeo		-0.0100	-0.01
					Aporte Ley Nro. 28749	33613.9847	0.0083	279.00
<b>TOTAL RECIBO DE MARZO-2018</b>								<b>23607.50</b>
Deuda Anterior (1 Mes.)								531.10
Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 713.61								

Año 2018

Año 2018

Historico de Consumos y Demandas												
Mes	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
PHP kWh	11182	17100	20673	19964	12381	12582	20700	19586	19067	11318	10984	10750
PPF kWh	1383036	1427271	1579099	1415453	1189000	1382726	1584544	1960907	1817271	1499008	884383	1000000
PPF kW	1980907	2004543	2023604	2034643	1917271	1952725	2048180	2031818	2031818	1975453	1319999	1282726

**Emisión** 02/04/2018      **Vencimiento** 18/04/2018

Su AMT es : A4242 - A4242 de SE de Potencia : S.E. Huancayo Este

**TOTAL** S/\*\*\*\*\*24,138.60

VEINTICUATRO MIL CIENTO TREINTA Y OCHO Y 60/100 SOLES  
 El importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Marzo-2018 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I Art. 4, inciso 6.1 d.

Si realiza el pago via transferencia bancaria debe enviar un correo a: [pagoselcto@distriuz.com.pe](mailto:pagoselcto@distriuz.com.pe) Revise el estado de su cuenta de su recibo en: <http://www.distriuz.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.aspx?empresa=4>

**Fecha Corte: 19/04/2018**

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

**Electrocentro** R.U.C. 20129646099

Facturación: **Marzo-2018**  
 UNIVERSIDAD CONTINENTAL SAC

Recibo N° 786-21470140  
 Huancayo/Huancayo  
**TOTAL A PAGAR** S/ \*\*\*\*\*24.138.60

## Anexo 05 – Datos históricos de facturación del suministro 67970957

### Estado de Cuenta Corriente

Nro Servicio		67970957		Lugar	Huancayo / HUANCAYO
Servicio		Energía Pospago		Estado Suministro	Activo
Cliente		UNIVERSIDAD CONTINENTAL SAC		Tarifa	MT3
Dirección		Pj SAN JORGE 00190 Urb. SANTA BEATRIZ		Categoría	Importante
Periodo	Energía	Número	Documento	Importe	
201809	61418.12	0078622288900	Recibo de Energía	36278.6	
201808	41918.14	0078622151407	Recibo de Energía	23741.5	
201807	52718.13	0078622014273	Recibo de Energía	34259.9	
201806	59154.49	0078621877510	Recibo de Energía	34000.1	
201805	62890.85	0078621741215	Recibo de Energía	35474.1	
201804	56372.67	0078621605351	Recibo de Energía	35650.9	
201803	33613.98	0078621470140	Recibo de Energía	23607.5	
201802	37581.78	0078621334853	Recibo de Energía	24697.5	
201802	0	0786400007434	Depósito en Garantía	-531.1	
201801	38181.78	0078621200422	Recibo de Energía	18052.3	
201712	33572.69	0078621066462	Recibo de Energía	20576.2	
201711	56454.49	0078620932929	Recibo de Energía	32758.7	
201710	57927.21	0078620799818	Recibo de Energía	32227.4	
201709	59372.67	0078620667040	Recibo de Energía	36510.7	
201708	40009.05	0078620534726	Recibo de Energía	30691.5	
201707	43336.32	0078620402700	Recibo de Energía	31466.3	
201706	60136.3	0078620271078	Recibo de Energía	35072.5	
201705	62727.21	0078620139746	Recibo de Energía	35537.2	
201704	53918.13	0078620008750	Recibo de Energía	36069	
201703	52772.67	0078619878066	Recibo de Energía	35726.6	
201702	43418.14	0078619747646	Recibo de Energía	30331.5	
201701	44072.68	0078619617960	Recibo de Energía	30393	
201612	37527.24	0078619488350	Recibo de Energía	25370	
201611	1	F786-00000059	Factura	33890.08	
201611	56618.13	0078619359117	Recibo de Energía	32603.3	
201610	40072.73	0078619230758	Recibo de Energía	22637.3	
201609	40945.46	0078619102738	Recibo de Energía	22790.3	
201608	31072.73	0078618975514	Recibo de Energía	20301.1	
201607	25381.82	0078618848361	Recibo de Energía	18193.6	
201606	35072.73	0078618721705	Recibo de Energía	20956.1	
201605	35490.91	0078618595665	Recibo de Energía	20993.6	
201604	38745.46	0078618468655	Recibo de Energía	21718.6	
201603	32181.82	0078618327031	Recibo de Energía	20103.8	
201602	30269.64	0078618214428	Recibo de Energía	22848.4	
201601	38826.42	0078618089011	Recibo de Energía	22477	
201512	41939.39	0078617961169	Recibo de Energía	22059.8	
201511	40218.19	0078617838992	Recibo de Energía	22078	
201510	42436.37	0078617714724	Recibo de Energía	22540.5	
201509	43981.82	0078617591207	Recibo de Energía	22865.8	
201508	36509.09	0078617467790	Recibo de Energía	20938.1	
201507	27963.64	0078617344252	Recibo de Energía	17840.5	
201506	40236.37	0078617222107	Recibo de Energía	20563.9	
201505	32963.64	0078617099448	Recibo de Energía	17878.1	
201504	27763.64	0078616977840	Recibo de Energía	13879.4	
201503	24618.18	0078616855743	Recibo de Energía	13064	
201502	19472.73	0078616734479	Recibo de Energía	10663.7	

201501	19109.09	0078616603312	Recibo de Energía	10287.3
201412	17945.46	0078616493613	Recibo de Energía	8739.7
201411	29200	0078616373620	Recibo de Energía	13500.8
201410	32800	0078616253586	Recibo de Energía	14790
201409	36163.64	0078616134122	Recibo de Energía	14998.3
201408	23636.37	0078616014555	Recibo de Energía	10192.5
201407	17854.55	0078615895429	Recibo de Energía	9083.9
201406	29854.55	0078615776656	Recibo de Energía	14597.5
201405	29309.09	0078615648027	Recibo de Energía	14013.2
201404	29709.09	0078615541301	Recibo de Energía	13793.9
201403	28709.09	0078615423909	Recibo de Energía	13743.1
201402	14854.55	0078615306883	Recibo de Energía	8486.9
201401	15400	0078615190297	Recibo de Energía	8332.2
201312	13563.64	0078615074183	Recibo de Energía	7336.9
201311	25000	0078614958201	Recibo de Energía	11610.7
201310	25963.64	0078614842836	Recibo de Energía	12176.7
201309	38363.64	0078614727789	Recibo de Energía	14646.3
201308	31490.91	0078614613230	Recibo de Energía	13410.1
201307	22454.55	0078614488355	Recibo de Energía	10744.1
201306	32581.82	0078614385222	Recibo de Energía	13265.6

Fuente: Electrocentro S.A., 2018.

## Anexo 06 – Datos históricos de consumo del suministro 67970957

### Estado de Cuenta Corriente

Nro Servicio	67970957			Lugar	Huancayo / HUANCAYO	
Servicio	Energía Pospago			Estado Suministro	Activo	
Cliente	UNIVERSIDAD CONTINENTAL SAC			Tarifa	MT3	
Dirección	Pj SAN JORGE 00190 Urb. SANTA BEATRIZ			Categoría	Importante	
Periodo	Energía Activa Total	Energía Activa Hora Punta	Energía Activa Fuera Punta	Energía Reactiva	Potencia Hora Punta	Potencia Fuera Punta
2018-09	61,418.1204	19,090.8900	42,327.2304	11,154.5343	217.6361	206.9998
2018-08	41,918.1399	12,872.7144	29,045.4255	10,090.8990	208.0907	191.9998
2018-07	52,718.1291	16,036.3476	36,681.7815	10,799.9892	206.1816	201.2725
2018-06	59,154.4863	18,381.7998	40,772.6865	12,190.8969	202.0907	201.5453
2018-05	62,890.8462	19,336.3443	43,554.5019	12,790.8963	210.5452	204.5453
2018-04	56,372.6709	18,218.1636	38,154.5073	10,854.5346	208.9089	197.7271
2018-03	15,081.8031	4,854.5406	10,199.9898	4,418.1774	122.1817	89.7272
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	33,613.9847	10,749.5406	22,864.4441	9,919.5409	122.1817	89.7272
2018-02	37,581.7806	10,963.6254	26,618.1552	8,263.6281	126.2726	109.0908
2018-01	38,181.7800	11,318.1705	26,863.6095	9,327.2634	131.9999	88.6363
2017-12	33,572.6937	10,827.2619	22,745.4318	8,536.3551	192.5453	148.0908
2017-11	56,454.4890	19,636.3440	36,818.1450	10,009.0809	203.1816	161.7271
2017-10	57,927.2148	19,554.5259	38,372.6889	10,499.9895	203.1816	196.0907
2017-09	59,372.6679	20,699.9793	38,672.6886	11,399.9886	207.8180	158.4544
2017-08	40,009.0509	13,281.8049	26,727.2460	11,618.1702	195.2725	138.2726
2017-07	43,336.3203	13,390.8957	29,945.4246	11,290.8978	191.7271	118.9090
2017-06	60,136.3035	19,663.6167	40,472.6868	10,636.3530	203.4543	141.5453
2017-05	62,727.2100	20,672.7066	42,054.5034	9,518.1723	202.3634	157.9089
2017-04	53,918.1279	17,099.9829	36,818.1450	10,472.7168	200.4543	140.7271
2017-03	52,772.6745	17,181.8010	35,590.8735	11,454.5340	199.0907	139.3635

2017-02	43,418.1384	13,554.5319	29,863.6065	10,854.5346	157.63 62	128.18 17
2017-01	44,072.6832	13,145.4414	30,927.2418	10,772.7165	152.99 98	108.27 26
2016-12	37,527.2352	10,990.8981	26,536.3371	8,427.2643	187.63 62	157.90 89
2016-11	56,618.1252	18,027.2547	38,590.8705	9,927.2628	194.18 16	173.72 71
2016-10	40,072.7313	12,000.0012	28,072.7301	7,290.9098	132.18 18	120.72 73
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	132.18 18	120.72 73
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	198.27 25	181.09 07
2016-09	40,945.4586	13,327.2741	27,618.1846	8,490.9099	133.63 64	120.00 00
2016-08	31,072.7304	10,272.7283	20,800.0021	8,090.9099	132.72 73	90.545 5
2016-07	25,381.8207	8,145.4554	17,236.3654	6,890.9098	128.00 00	93.454 6
2016-06	35,072.7308	12,000.0012	23,072.7296	8,127.2735	133.63 64	94.181 8
2016-05	35,490.9126	11,709.0921	23,781.8206	8,545.4554	135.63 64	121.09 09
2016-04	38,745.4584	12,363.6376	26,381.8208	9,272.7282	132.36 37	108.00 00
2016-03	32,181.8214	9,854.5464	22,327.2750	9,418.1828	121.45 46	97.818 2
2016-02	30,269.6390	8,843.0920	21,426.5470	9,634.0920	98.363 6	71.818 2
2016-01	38,826.4170	11,521.3650	27,305.0530	10,638.3850	134.87 90	128.36 40
2015-12	41,939.3943	12,363.6361	29,575.7582	10,230.3040	128.00 00	119.45 46
2015-11	40,218.1858	11,872.7285	28,345.4574	10,000.0010	136.00 00	133.63 64
2015-10	42,436.3679	12,890.9104	29,545.4575	11,436.3648	136.00 00	131.45 46
2015-09	43,981.8226	13,090.9104	30,890.9122	11,381.8193	140.90 91	125.09 09
2015-08	36,509.0946	10,418.1829	26,090.9117	10,072.7283	134.00 00	137.09 09
2015-07	27,963.6392	8,581.8190	19,381.8201	10,709.0920	134.36 37	123.45 46
2015-06	40,236.3677	11,672.7284	28,563.6392	9,309.0918	136.00 00	126.54 55
2015-05	32,963.6397	10,309.0919	22,654.5477	5,509.0915	128.90 91	122.18 18
2015-04	27,763.6391	8,981.8191	18,781.8201	2,545.4548	102.00 00	93.818 2
2015-03	24,618.1843	8,145.4554	16,472.7289	2,927.2730	100.36 36	87.454 6
2015-02	19,472.7292	6,381.8188	13,090.9104	3,254.5458	74.000 0	50.909 1
2015-01	19,109.0928	6,454.5461	12,654.5467	3,745.4549	72.727 3	54.545 5
2014-12	17,945.4563	5,472.7278	12,472.7285	2,800.0003	100.90 91	86.727 3



2014-11	29,200.0029	9,509.0919	19,690.9111	3,163.6367	103.6364	90.7273
2014-10	32,800.0033	9,981.8192	22,818.1841	3,490.9094	107.6364	97.6364
2014-09	36,163.6400	10,800.0011	25,363.6389	4,090.9095	108.0000	94.7273
2014-08	23,636.3660	6,727.2734	16,909.0926	3,309.0912	107.8182	87.4546
2014-07	17,854.5472	6,236.3643	11,618.1830	2,818.1821	104.0000	91.0909
2014-06	29,854.5484	9,327.2737	20,527.2748	2,363.6366	112.7273	101.8182
2014-05	29,309.0938	10,036.3646	19,272.7292	3,454.5458	106.0000	94.0000
2014-04	29,709.0939	9,654.5464	20,054.5475	3,345.4549	104.3636	84.1818
2014-03	28,709.0938	9,000.0009	19,709.0929	3,181.8185	107.4546	76.9091
2014-02	14,854.5469	5,000.0005	9,854.5464	4,290.9095	54.9091	42.0000
2014-01	15,400.0015	5,109.0914	10,290.9101	5,181.8187	55.4546	42.5455
2013-12	13,563.6377	4,400.0004	9,163.6373	3,545.4549	85.8182	76.9091
2013-11	25,000.0025	8,836.3645	16,163.6380	4,000.0004	88.0000	80.0000
2013-10	25,963.6390	9,127.2736	16,836.3653	3,581.8185	128.1818	120.0000
2013-09	38,363.6402	13,254.5468	25,109.0934	5,527.2733	129.6364	114.1818
2013-08	31,490.9122	11,545.4557	19,945.4565	4,272.7277	132.5455	116.7273
2013-07	22,454.5477	8,363.6372	14,090.9105	3,072.7276	126.0000	118.1818
2013-06	32,581.8214	11,109.0920	21,472.7294	3,072.7276	141.4546	115.2727

Fuente: Electrocentro S.A., 2018.

**Anexo 07 – Ficha de toma de datos de carga del Pabellón L de la Universidad  
Continental**



**Universidad  
Continental**

**FICHA DE TOMA DE DATOS DE CAMPO**

A continuación, se tomará nota de los componentes del circuito de fuerza y circuito de alumbrado del pabellón L.

SEGUNDO NIVEL:

CIRCUITO DE ALUMBRADO				
Item	Cantidad	Descripción del equipo	Potencia (W)	Horas de funcionamiento diario (h)
1	40	lum. philips TLD 18W/865	18	8
2	32	lum. philips TLD 36W/865	36	B=6; A=S.J.O=ODONT=RPPP=3; E
3				P=6
4				
5				

CIRCUITO DE FUERZA				
Item	Cantidad	Descripción del equipo	Potencia (W)	Horas de funcionamiento diario (h)
1	6	Motor 3φ ABG 1HP	745.7	
2	8	Osciloscopio Rigol DS604	50	
3	8	Fuente alimentación 1A	220	
4	2	Analizador espaldas rigol	50	
5	2	Generador de funciones MCP MPF813	24	
6	2	Tablero medicina	200	
7	2	Proyector Epson X24+	500	
8	1	Computadora	300	
9	1	Compresora Atlas Copco 20HP	14 914	
10	1	Secador Atlas Copco Fx4	630	

Encargados:

- Ing. Juan Augusto Medina Carrasco
- Isabel Mandoza Baalio
- Cristian Díaz

Fuente: Elaboración propia, 2018.

## Anexo 08 – Simulación de energía eléctrica aportada por el sistema fotovoltaico

SISTEMA FOTOVOLTAICO						
PERIODO	Irr. Promedio (kwh/m <sup>2</sup> )	Área del panel (m <sup>2</sup> )	Número de paneles (Unidades)	Eficiencia del panel	Energía generada (kWh)	Importe mes "SFV" (S/.)
ene-15	6.49	1.6368	12.00	16%	607.41	458.53
feb-15	6.72	1.6368	12.00	16%	628.59	474.52
mar-15	6.67	1.6368	12.00	16%	624.27	471.26
abr-15	6.60	1.6368	12.00	16%	617.64	466.26
may-15	6.59	1.6368	12.00	16%	616.80	465.62
jun-15	6.33	1.6368	12.00	16%	591.88	446.81
jul-15	6.29	1.6368	12.00	16%	588.27	444.09
ago-15	6.46	1.6368	12.00	16%	604.35	456.22
sep-15	6.60	1.6368	12.00	16%	617.95	466.49
oct-15	6.56	1.6368	12.00	16%	613.66	463.26
nov-15	6.51	1.6368	12.00	16%	609.35	460.00
dic-15	6.42	1.6368	12.00	16%	600.32	453.19
ene-16	6.61	1.6368	12.00	16%	618.87	467.18
feb-16	6.58	1.6368	12.00	16%	615.33	464.51
mar-16	6.85	1.6368	12.00	16%	641.08	483.95
abr-16	6.86	1.6368	12.00	16%	641.83	484.52
may-16	6.67	1.6368	12.00	16%	624.00	471.06
jun-16	6.39	1.6368	12.00	16%	598.22	451.59
jul-16	6.27	1.6368	12.00	16%	586.64	442.85
ago-16	6.51	1.6368	12.00	16%	609.30	459.96
sep-16	6.60	1.6368	12.00	16%	617.87	466.43
oct-16	6.48	1.6368	12.00	16%	606.75	458.04
nov-16	6.39	1.6368	12.00	16%	597.87	451.33
dic-16	6.39	1.6368	12.00	16%	597.52	451.07
ene-17	6.34	1.6368	12.00	16%	593.18	447.79
feb-17	6.64	1.6368	12.00	16%	621.35	469.05
mar-17	6.63	1.6368	12.00	16%	620.02	468.05
abr-17	6.63	1.6368	12.00	16%	620.40	468.34
may-17	6.58	1.6368	12.00	16%	616.09	465.09
jun-17	6.43	1.6368	12.00	16%	601.90	454.38
jul-17	6.33	1.6368	12.00	16%	592.63	447.37
ago-17	6.47	1.6368	12.00	16%	605.18	456.85
sep-17	6.57	1.6368	12.00	16%	614.57	463.94
oct-17	6.63	1.6368	12.00	16%	620.12	468.13
nov-17	6.54	1.6368	12.00	16%	611.77	461.82
dic-17	6.41	1.6368	12.00	16%	599.90	452.86

Fuente: Elaboración propia, 2018.

## Anexo 09 – Cotización de la empresa “ELRAVI ELECTRONICS”

<b>COTIZACIÓN</b>	N° 001-09-2018
<b>FECHA</b>	mié-12-sep-18

**COTIZACIÓN DE SERVICIOS Y MATERIALES**

EMPRESA: UNIVERSIDAD CONTINENTAL - HUANCAYO      TELEFONO: \_\_\_\_\_  
RUC: \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN: HUANCAYO

---

SOLICITANTE: ALESSANDRO RAMOS JIMENEZ      TELEFONO: \_\_\_\_\_  
E-MAIL: [alessandro.ramosjimenez@ucp.edu.pe](mailto:alessandro.ramosjimenez@ucp.edu.pe)      CEL: \_\_\_\_\_

ITEM	CODIGO	DESCRIPCIÓN	U.M.	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. PARCIAL
<b>MATERIALES</b>						
1		PANESOLAR DE 100 WATTS 12V MONOCRISTALINO	UND	1.00	300.00	300.00
2		PANESOLAR DE 150 WATTS 12V MONOCRISTALINO	UND	1.00	380.00	380.00
3		PANESOLAR DE 250 WATTS 24V MONOCRISTALINO	UND	1.00	700.00	700.00
4		PANESOLAR DE 300 WATTS 24V MONOCRISTALINO	UND	1.00	850.00	850.00
5		BATERIA DE SECA DE 12V 100 AH	UND	1.00	550.00	550.00
6		BATERIA DE SECA DE 12V 150 AH	UND	1.00	800.00	800.00
7		BATERIA DE SECA DE 12V 200 AH	UND	1.00	950.00	950.00
8		CONTROLADOR M PPT DE 24V 85 AH	UND	1.00	3200.00	3,200.00
9		CONTROLADOR M PPT DE 24V 100AH	UND	1.00	3500.00	3,500.00
10		INVERSOR DE 600 WATTS ONDA SENOIDAL	UND	1.00	520.00	520.00
11		INVERSOR DE 1000 WATTS ONDA SENOIDAL	UND	1.00	650.00	650.00
12		INVERSOR DE 1500 WATTS ONDA SENOIDAL	UND	1.00	880.00	880.00
13		CONTROLADOR DE 30AH 12V A 24V DIGITAL	UND	1.00	140.00	140.00
14		CONTROLADOR DE 50AH 12V A 24V DIGITAL	UND	1.00	340.00	340.00

<b>SUB TOTAL</b>	S/.	13,760.00
<b>I.G.V.</b>	18%	2,476.80
<b>TOTAL</b>	S/.	16,236.80

**CONDICIONES GENERALES**

1- FORMA DE PAGO CONTRA ENTREGA

ATTE. \_\_\_\_\_  
ERNESTO RAMOS

Fuente: Elravi Electronics, 2018.

## Anexo 10 – Cotización de la empresa “CIME”



**CIME** COMERCIAL S.A.

AV. INDUSTRIAL No. 132 ATE VITARTE - PERU TELF.: (51) (1) 326-0601 FAX: 326-4879  
E-mail: cime@cime.com.pe

### LISTA DE PRECIOS

MODULOS FOTOVOLTAICOS				
MARCA	VOLTAJE	CAPACIDAD	MODELO - DESCRIPCION	US\$
SOLARWORLD	20Vn	250 watts	SW 250: 250 Wp, 30.5 VDC, 8.27 ADC - 60 CELDAS POLY	\$ 200.00
SOLARWORLD	20Vn	260 watts	SW 260: 260 Wp, 31.4 VDC, 8.37 ADC - 60 CELDAS POLY	\$ 208.00
YINGLI	12Vn	120 watts	JS 120: 120 Wp, 6.80 VDC, 17.7 ADC - 36 CELDAS POLY	\$ 100.00
CONTROLADORES				
MARCA	VOLTAJE	CAPACIDAD	MODELO - DESCRIPCION	US\$
MORNINGSTAR	12/24 VDC	30A/30A	ProStar 30: 12/24 VDC, 30/30 ADC, <b>con display</b>	\$ 190.00
MORNINGSTAR	12/24/48 VDC	45A	TRISTAR - TS 45, 45 amp de capacidad, sólo una función	\$ 175.00
MORNINGSTAR	12/24/48 VDC	60 A	TRISTAR - TS60, 60 amp de capacidad, sólo una función	\$ 232.00
MORNINGSTAR	12/24/48 VDC	2400Wp - 45A	TRISTAR - TS - MPPT - 45, 45 amp de capacidad, sólo una función	\$ 500.00
MORNINGSTAR	12/24/48 VDC	3200Wp - 60A	TRISTAR - TS - MPPT - 60, 60 amp de capacidad, sólo una función	\$ 650.00
MORNINGSTAR	48 VDC	3200Wp - 60A	TS-MPPT-60-600V-48-DB	\$ 1,750.00
STECA	12/24 VDC	6 A/6A	Solsum 6.6F: 12/24 VDC, 6 ADC	\$ 25.00
STECA	12/24 VDC	10A/10A	Solsum 10.10F: 12/24 VDC, 10 ADC	\$ 35.00
STECA	12/24 VDC	15A/15A	Solarix PRS 1515: 12/24 VDC, 15 ADC	\$ 50.00
STECA	12/24 VDC	20A/20A	Solarix PRS 2020: 12/24 VDC, 20 ADC	\$ 56.00
STECA	12/24 VDC	30A/30A	Solarix PRS 3030: 12/24 VDC, 30 ADC	\$ 75.00
STECA	48 VDC	40A/40A	Solarix Tarom 440: 48 VDC, 40/40 A <b>con display</b>	\$ 250.00
STECA	12/24 VDC	45A/45A	Tarom 4545-48, 45 Amp - 12/24/48VDC, <b>con display</b>	\$ 300.00
STECA	48 VDC	110A/55A	Power Tarom 4110	\$ 1,700.00
STECA	48 VDC	55A/55A	Power Tarom 4055	\$ 1,400.00
STECA	12/24/48 VDC	60A/60A	Steca Tarom MPPT 6000, 12/24/48VDC, 60A MPP-Tracker	\$ 800.00
VICTRON	12/24/48Vdc	1200Wp/2400Wp/4850Wp	BlueSolar MPPT 150/85 (12/24/48Vdc - 85Amp)	\$ 800.00
VICTRON	12/24/48Vdc	500Wp/1000Wp/2000Wp	BlueSolar MPPT 150/35 (12/24/48Vdc - 35Amp)	\$ 330.00
VICTRON	12/24/48Vdc	650Wp/1300Wp/2600Wp	BlueSolar MPPT 150/45 (12/24/48Vdc - 45Amp)	\$ 515.00
VICTRON	12/24/48Vdc	860Wp/1720Wp/3440Wp	BlueSolar MPPT 150/60 (12/24/48Vdc - 60Amp)	\$ 575.00
VICTRON	12/24Vdc	200Wp/400Wp	BlueSolar MPPT 75/15 (12/24Vdc - 15Amp)	\$ 120.00
VICTRON	12/24Vdc	200Wp/400Wp	BlueSolar MPPT 100/15 (12/24Vdc - 15Amp)	\$ 140.00
WESTERN CO	12/24Vdc	225Wp/450Wp	MPPT Mod. SPB-BT, 15A-100Vdc, 12/24Vdc, IP66	\$ 280.00
BATERIAS				
MARCA	VOLTAJE	CAPACIDAD	MODELO - DESCRIPCION	US\$
TROJAN	12Vdc	100Ah - 12VDC	27-GEL - 12Vdc- 100Ah@C100 GEL, uso Solar	\$ 285.00
SONNENSCHN	12Vdc	90Ah - 12VDC	S12/90A : 12 VDC - 90 Ah GEL, uso Solar	\$ 235.00
SONNENSCHN	12Vdc	100Ah - 12VDC	SB12/100A : 12 VDC - 100 Ah GEL, uso Solar	\$ 300.00
SONNENSCHN	12Vdc	185Ah - 12VDC	SB12/185A : 12 VDC - 185 Ah GEL, uso Solar	\$ 450.00
SONNENSCHN	12Vdc	230Ah - 12VDC	S12/230A : 12 VDC - 230 Ah GEL, uso Solar	\$ 540.00
SPRINTER	12Vdc	56Ah - 12VDC	XP12V1800 - 12 V - 56 Ah@C10, 1850W/10min, 1.60Vpc	\$ 145.00

INVERSORES - CARGADORES – INVERSORES/CARGADORES – INVERSORES DE CONEXIÓN A RED				
MARCA	VOLTAJE	CAPACIDAD	MODELO - DESCRIPCION	US \$
Steca	12Vdc	300VA	Inversor PLI-300, 12VDC/230VAC - 50Hz	\$ 160.00
Steca	12Vdc	550VA	Inversor SOLARIX PI 550 RI: 550W, 12VDC/220VAC - 60 Hz	\$ 450.00
Steca	48Vdc	5000VA	Inversor SOLARIX PLI 5000-48: 5000VA; 48VDC/220VAC - 60 Hz, incluye controlador solar MPPT de 80Amp.	\$ 1,300.00
Steca	12Vdc	2,000VA	Inversor XTM2000-12 12VDC/230VAC - 50/60 Hz	\$ 2,800.00
Steca	24Vdc	4,500VA	Inversor XTH-5000-24 24VDC/230VAC - 50/60 Hz	\$ 5,200.00
Steca	230Vac	3,000Wp	Inversor de conexión a Red STECAGRID 3010x, 270-500Vdc	\$ 1,500.00
Steca	230Vac	4,200Wp	Inversor de conexión a Red STECAGRID 4200x, 360-700Vdc	\$ 1,700.00
Victron	12Vdc	250VA	Phoenix 12/250 VE Direct - 230Vac - 50/60Hz	\$ 100.00
Victron	24Vdc	250VA	Phoenix 24/250 VE Direct - 230Vac - 50/60Hz	\$ 100.00
Victron	12Vdc	375VA	Phoenix 12/375 VE Direct - 230Vac - 50/60Hz	\$ 130.00
Victron	24Vdc	375VA	Phoenix 24/375 VE Direct - 230Vac - 50/60Hz	\$ 130.00
Victron	48Vdc	375VA	Phoenix 48/375 VE Direct - 230Vac - 50/60Hz	\$ 150.00
Victron	48Vdc	500VA	Phoenix 12/500 VE Direct - 230Vac - 50/60Hz	\$ 200.00
Victron	48Vdc	800VA	Phoenix 12/800 VE Direct - 230Vac - 50/60Hz	\$ 330.00
Victron	12Vdc	800VA	Inversor/cargador MULTIPLUS C 12/800/35/16 – 230Vac - 50Hz/60Hz	\$ 765.00
Victron	24Vdc	800VA	Inversor/cargador MULTIPLUS C 24/800/16/16 – 230Vac - 50Hz/60Hz	\$ 690.00
Victron	12Vdc	1200VA	Phoenix 12/1200 - 230Vac - 50Hz	\$ 475.00
Victron	24Vdc	1200VA	Phoenix 24/1200 - 230Vac - 50Hz	\$ 475.00
Victron	24Vdc	1,200VA	Inversor Phoenix C 24/1200 – 230Vac - 50Hz/60Hz	\$ 660.00
Victron	48Vdc	1,200VA	Inversor Phoenix 48/1200 – 230Vac - 50Hz	\$ 508.00
Victron	24Vdc	1,200VA	Inversor/cargador MULTIPLUS C 24/1200/25/16 – 230Vac - 50Hz/60Hz	\$ 860.00
Victron	12Vdc	1,600VA	Inversor/cargador MULTIPLUS C 12/1600/70/16 – 230Vac - 50Hz/60Hz	\$ 990.00
Victron	24Vdc	3,000VA	Inversor/cargador MULTIPLUS 24/3000/70/50 – 230Vac - 50Hz/60Hz	\$ 1,700.00
Victron	48Vdc	5,000VA	Inversor Phoenix 48/5000 – 230Vac - 50Hz/60Hz	\$ 2,050.00
Victron	48Vdc	5,000VA	Inversor/cargador QUATTRO 48/5000/70/100/100 – 230Vac - 50Hz/60Hz	\$ 3,000.00
Victron	24	5	Cargador BLUE POWER IP65 24/5, inp.180-265Vac	\$ 140.00
Victron	12Vdc	100A	Cargador CENTAUR CHARGER 12/100, inp.90-265Vac/45-65Hz	\$ 1,150.00
AEROGENERADOR				
MARCA		CAPACIDAD	MODELO - DESCRIPCION	US \$
BORNAY		1.5kW	AEROGENERADOR BORNAY 1500, 1.5KW - 24V, incluye controlador.	\$ 7,500.00
BORNAY		3kW	AEROGENERADOR BORNAY 3000, 3KW - 48V, incluye controlador.	\$ 11,800.00
BORNAY		6kW	AEROGENERADOR BORNAY 6000, 6KW - 48V, incluye controlador.	\$ 15,000.00
LAMPARAS LED				
MARCA	VOLTAJE	CAPACIDAD	MODELO - DESCRIPCION	US \$
WESTERN CO.	12/24Vdc	30W	Lámpara LED modelo WL30, 30W, 12/24Vdc, 20 LED	\$ 420.00
WESTERN CO.	12/24Vdc	40W	Lámpara LED modelo WL40, 40W, 12/24Vdc, 20 LED	\$ 420.00
WESTERN CO.	12/24Vdc	80W	Lámpara LED modelo WL80, 80W, 12/24Vdc, 40 LED	\$ 540.00
WESTERN CO.	230Vac	64W	Proyector LED modelo LED36 GE-230, 64W, 230Vac, 20 LED	\$ 360.00
EQUIPOS SOLARES				
MARCA	VOLTAJE	CAPACIDAD	MODELO - DESCRIPCION	US \$
STECA	12/24Vdc	3VDC-9 VDC // 1A	Convertor DC/DC SOLSUM VC: 12-24 VDC / 12 0-9 0-7 5-6 0 y 3 0 VDC	\$ 20.00
STECA	12/24Vdc	166 Litros	Refrigeradora PF 166 12Vdc refrigerante ecológico	\$ 1,000.00
STECA	12Vdc	11W - 12 VDC	Lámpara SOLSUM de 11W / 12VDC (ESL11W)	\$ 10.00
PHOCOS	12Vdc	9W - 12 VDC	Lámpara PHOCOS de 9W / 12VDC (CL1209)	\$ 9.00
PHOCOS	12Vdc	7W - 12 VDC	Lámpara LED PHOCOS de 7W / 12VDC SFL-12-12/07CW	\$ 12.00
LORENTZ			Bomba Solar Sumergible LORENTZ PU200 HR-07-02. Incl. Control PS200, sensor de nivel de agua.	\$ 2,350.00
LORENTZ			Bomba Solar Sumergible LORENTZ PU4000 HR-14-HL-2. Incl. control PS4000, sensor para bomba solar SUN SWITCH y sensor de nivel de agua	\$ 5,800.00

CANADIAN SOLAR		5Wp	Maple Solar System. 2 Lamp. solares LED, panel 5Wp CSFD-5-S	\$ 90.00
CANADIAN SOLAR		10Wp	Maple Solar System. 4 Lamp. solares LED, panel 10Wp CSFD-10-S	\$ 19.00
CANADIAN SOLAR		50Wp	Andes DC System modelo CSFD-50-P	\$ 400.00
MONKEY SOLAR		5W	Cargador Solar Monkey modelo With Nut de 5W	\$ 50.00
MONKEY SOLAR		10W	Cargador Solar Monkey modelo Adventur de 10W	\$ 100.00
ACCESORIOS				
MARCA	VOLTAJE	CAPACIDAD	MODELO - DESCRIPCION	US\$
STECA		PARALELAR	Caja de Paralelizado de inversores PI 550 modelo PAX4	\$ 200.00
STECA		PROGRAMADOR	Programador Remoto RC 100	\$ 200.00
MORNINGSTAR		PANTALLA	TS - Meter (Pantalla LCD para TRISTAR)	\$ 120.00
MORNINGSTAR		PANTALLA REMOTA	Remote Meter - RM-02 (Pantalla LCD Remota)	\$ 180.00
MORNINGSTAR		ALARMAS PROG.	Relay Driver - RD-1 (Contactos Programables)	\$ 190.00
MORNINGSTAR			Convertor de protocolo RS232/RS485 RSC-01	\$ 80.00
MORNINGSTAR			Meter Hub - Concentrador de Comunicaciones	\$ 130.00
MORNINGSTAR			TS-M-2-600V, Pantalla LCD para TriStar™ MPPT 60 amp 600V solar, 48V	\$ 150.00
MORNINGSTAR			GFPD-600V, protector contra fallo de tierra	\$ 450.00
VICTRON			Equipo de monitoreo Remoto por Ethernet COLOR CONTROL GX	\$ 640.00
VICTRON			Pantalla LCD de monitoreo VE.Net Panel	\$ 240.00
VICTRON	9 - 90VDC	500A	Kit de Conexión para VGR Global Remote to BMV-60XS	\$ 150.00
VICTRON	9 - 90VDC	500A	Kit de Conexión para VGR Global Remote to BMV-700	\$ 180.00
VICTRON	12/24Vdc	230A	CYRIX-CT 12/24 230A	\$ 150.00
VICTRON	48/12V	100W	Convertor DC/DC ORION 48/12-8.3A	\$ 80.00
VICTRON	24/12V	100W	Convertor DC/DC ORION 24/12-8.3A (100W)	\$ 80.00
VICTRON	48/24V	100W	Convertor DC/DC ORION 48/24-4.2A	\$ 80.00
VICTRON	24/12V	120W	Convertor DC/DC ORION 24/12-10A (120W)	\$ 80.00
VICTRON	48/12V	200W	Convertor DC/DC ORION 48/12-17A(200W)	\$ 150.00
VICTRON	24/12V	110W	Convertor DC/DC ORION TR 24/12-9A(110W)	\$ 80.00
VICTRON	12/24Vdc	220A	Battery Protect 12/24-220A	\$ 140.00
VICTRON	48Vdc	100A	Battery Protect 48 100A	\$ 180.00
VICTRON			VE.Direct Bluetooth Smart dongle	\$ 65.00
VICTRON			Cable Ve Direct 1.8m	\$ 18.00
VICTRON			Cable Ve Direct to USB Interface	\$ 40.00
SLOCABLE		CONECTOR	Tipo MC4 (hembra y macho)	\$ 3.50
SLOCABLE		CONECTOR	Branch Connector BC40-2M1F	\$ 5.00
SLOCABLE		CONECTOR	Branch Connector BC40-2F1M	\$ 5.00

#### CONDICIONES DE VENTA:

- Agregar IGV (18%) a los precios indicados
- Consultar Stocks
- La lista de precios está sujeta a cambios sin aviso previo.
- **Productos entregados en nuestros almacenes de Ate.**

**Av. Industrial 132 - Urb. Aurora - ATE**  
**Lima 03 - Perú**  
**Tel. (+51) 326 0601**  
**Fax. (+51) 326 4879**  
[www.cime.com.pe](http://www.cime.com.pe)  
[cime@cime.com.pe](mailto:cime@cime.com.pe)

#### SITIOS WEB:

Módulos: <http://la.solarworld.com/>  
Controladores: [www.steca.com](http://www.steca.com) / <http://www.morningstarcorp.com/es/> <https://www.victronenergy.com/es/>  
Baterías: <http://www.exide.com/pe/es/>  
Bombas solares: [www.grundfos.com](http://www.grundfos.com)  
Aerogenerador [www.bornay.com](http://www.bornay.com)

Fuente: CIME, 2018.

## Anexo 11 – Cotización de la empresa “GERER ENERGIE”



PROPUESTA ECONÓMICA NRO.

CT-1217-2018

viernes, 17 de agosto de 2018

Señores:

**Buenas Tardes**

Att.

Presente.

**Referencia: EQUIPOS VICTRON**

De nuestra consideración:

Por medio de la presente, me es grato saludarlo muy cordialmente y hacerles llegar nuestra propuesta.

It.	Descripción	Cant.	UM	Precio	Importe
1	100W-12V POLY 1000×670×35MM SERIES 3A	1.00	UND	188.300	188.30
2	150W-12V POLY 1480×673×35MM SERIES 3A	1.00	UND	263.400	263.40
3	200W-24V POLY 1580X808X3mm SERIES 3A	1.00		356.000	356.00
4	250W-24V POLY 1650X992X40MM SERIES 3A	1.00	UND	452.000	452.00
5	290W-24V POLY 1956×992×45MM SERIES 3A	1.00	UND	516.000	516.00
6	12V/220AH AGM DEEP CYCLE BATT.	1.00	UND	731.000	731.00
7	12V/165AH AGM DEEP CYCLE BATT.	1.00	UND	570.000	570.00
8	Phoenix 24/500 VE.Direct Schuko	1.00	UND	228.700	228.70
9	PHOENIX 24V/800VA IEC OUTLET	1.00	UND	395.010	395.01
10	PHOENIX 24/1200 230V IEC	1.00	UND	578.900	578.90

<b>VALOR VENTA US\$</b>	<b>4,279.31</b>
<b>I.G.V. US\$</b>	<b>770.28</b>
<b>VALOR TOTAL US\$</b>	<b>5,049.59</b>

**Condiciones Comerciales:**

**Precios** : Dolares Americanos

**Forma de Pago** : Contado

**Plazo de Ejecución** : Consultar stock / Import (de 3 a 4 semanas)

**Validez de la Oferta** : 15 días

**Lugar de Entrega** : Cercado de Lima / Provincia (pago a destino)

Sin otro particular, quedamos de Ud. a la espera de sus gratas órdenes.

Atentamente,

**CARINA ALIAGA**

Asesora en Ventas

GERER L ENERGIE SAC


<http://www.gererenergia.com/>

Fuente: CIME, 2018.



## Anexo 12 – Cotización de la empresa “GLOBAL ENERGY SOLAR”

"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"



**GLOBAL ENERGY SOLAR SAC.**  
*Planes al Día o de 20 años*

Cotización	06/06/2017 18:22
Fecha	martes 6 de Junio de 2017
Urb. Los Alamos de Cto Grande Mz. E.L. 14 S.J.L.	
Telefono:	14682669
RUC:	20601360218
web: www.globalenergy.solar	

<b>CLIENTE</b>	<b>JESUS MANUEL LULO NIÑO</b>	<b>TELEFONO</b>	<b>979378698</b>
----------------	-------------------------------	-----------------	------------------

Equipos clase A

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	IMPORTE
1	14	Panel Solarworld monocristalino marca Solarworld de 300 W	1061.06	14,854.84
2	07	Bateria 24V 300 A/h RITAR Secas / Libre mantenimiento	983.65	6,885.55
3	3	INVERSOR ONDA PURA MPP SOLAR 24V 4000W 230V/60Hz:PIP-M5/MSX 2424M5	4,022.38	8,044.76
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
<b>TOTAL</b>				<b>29,785.15</b>
<b>INCL. IGV</b>				


**CONDICIONES DE OFERTA:**

1. Fecha de Emisión: 06/06/2017
2. Validez de Oferta: 15 días calendario.
3. Tiempo de Entrega: Dentro de las 24 horas realizado el depósito (Según disponibilidad de stock)
4. Lugar de Entrega: Lima
5. Forma de Pago: Contado.
6. Moneda de Oferta: Nuevos soles
7. Garantía 12 Meses


**Comentario:**  
PRECIO ESPECIAL, NO INCLUYE SERVICIO DE INSTALACIÓN, NI TRANSPORTE. (Salvo se exprese en la cotización)

NO VALIDO COMO FACTURA

Edwin Landeo  
Gerencia comercial  
Global Energy Solar S.A.C.  
Móvil 996409552



**GLOBAL ENERGY SOLAR SAC**



Banco de Crédito

**BCP**

CUENTATA CORRIENTE BCP  
CTA. CTE. SOLES 191-2350534-0-66  
CCI SOLES 002-191-002350534066-53  
CTA. CTE. DOLARES 191-2175067-1-82  
CC DOLARES 00219100217506718254

Fuente: Lulo Niño, Jesús Manuel. Implementación del sistema de energía solar fotovoltaica y facturación por consumo de energía - Municipalidad Morococha. Universidad Continental. Huancayo : s.n., 2017. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Electricista.

### Anexo 13 – Cotización de la empresa “PANEL SOLAR PERÚ”



**Modulo Solar 260wp Policristalino AE Solar PowerPlus**

Placa fotovoltaica de 260Wp (vatios) de potencia el cual genera energía eléctrica mediante la radiación del sol. Este panel está preparado para funcionar en instalaciones solares de 24V (voltios) con un regulador, un inversor de corriente de 24V y dos o varias baterías de 12V. Este panel está formado mediante células de silicio policristalino de alta eficiencia y rendimiento.

**Model:** AE260P6-60 | **Condition:** Nuevo

 Pídelo antes de **18:00 de mañana** y recíbelo entre **mié 10 octubre** y **vie 12 octubre** con **Envío con la agencia de Transporte (Pago en destino)**

**S/. 660.00 Incl.IGV**

S/. 1,320.00 **-50%**

Fuente: Panel Solar Perú, 2018.

### Anexo 14 – Cotización de la empresa “AUTO SOLAR PERÚ”



**Wi Fi**

**MUST**

**S/. 4.233,76**

**Inversor Cargador 5000W 48V MPPT 80A Must Solar**

Fuente: Auto Solar Perú, 2018.

## Anexo 15 – Cotización en “Ebay”

**GEYA**

Interruptor de transferencia automática GEYA 4P ATS Controlador Eléctrico Tipo Max 100A 220VAC - mostrar título original

Estado: **Nuevo**

Number of Poles: 4

Current Rating: - Seleccionar -

Cantidad: 1 Más de 10 disponibles / 6 vendidos

Precio: **US \$65.45**  
Aproximadamente S/. 217.48

Envío: **USD40.16 (aprox. S/. 133.45)** Expedited International Shipping | Ver detalles

Entrega: Puede variar para artículos enviados desde otros países

Pagos:

Devoluciones: El vendedor no acepta devoluciones | Ver detalles

Fuente: Ebay, 2019.

## Anexo 16 - Cotización de estructura para panel fotovoltaico

**J & L**  
**VIDRIOS DRYWALL**  
**INGENIERÍA ESTRUCTURAL**  
Se fabrica todo tipo de estructuras metálicas en general  
De: Javier Saenz Quinte

ALQUILER  
- Andamios  
- Hormas  
- Escaleras  
- Para todo tipo de Construcción  
Av. Ferrocarril N° 85 El Tambo - Huancayo  
Cel.: 954686961 - 954841834  
corporativosaenz@gmail.com

FECHA DE EMISION: 12 de Mayo de 2018

PROFORMA  CONTRATO

Nº 000176

Señor(es): Alexandro Ramos Jimenez

Dirección de Casa: Prodecarum

Dirección de Obra: Tel: 912069883

CANT.	DESCRIPCION	P. UNIT.	IMPORTE
3	Soportes en tubo de 1/2" x 1/2" y Duxula en Guiso para panel solar	300.00	900.00
	plata de su.		
	fecha Estructura E.Dino		


TOTAL S/. \_\_\_\_\_  
A CUENTA S/. \_\_\_\_\_  
SALDO S/. \_\_\_\_\_

HUELLA:

PROPIETARIO:

Fuente: J & L Ingeniería estructural, 2018.

## Anexo 17 - Cotización de montaje electromecánico



Fecha: 1/8/2019  
 Nro: GG-00006-2019  
 REFERENCLA CTZ No. 05-2019

### COTIZACIÓN

Razón Social: ALESSANDRO RAMOS JIMENEZ  
 RUC: 48474629  
 Atención: JORGE CHAVEZ HILARION  
 Telefonos: 941752021  
 E-mail: [jchavezh@jorsonsac.com](mailto:jchavezh@jorsonsac.com)

CODIGO	JGL/CO-FT-06
REVISION	0
FECHA	1/8/2019

Obra/ Servicio: "Montaje de un Sistema Fotovoltaico de 3120 W en la Universidad Continental"


Estimados Señores:  
 Mediante la presente solicitamos tenga bien atender nuestro requerimiento de orden de compra según lista adjunta.

ITEM	CODIGO MATERIAL	DESCRIPCION DE PARTIDAS	MARCA	Unidad	METRADO TOTAL	P.U. (\$)	TOTAL
<b>MONTAJE ELECTROMECHANICO</b>							
1		Montaje de paneles fotovoltaicos	0	a	1	S/. 900.00	1,300.00
2		Montaje de baterías			1	S/. 700.00	300.00
3		Montaje del inversor - cargador			1	S/. 300.00	300.00
4		Conexionado			1	S/. 700.00	700.00
5		Instalacion PAT			2	S/. 500.00	1,000.00
TOTAL COSTO CON I.G.V.							3,600.00

**Condiciones Técnicas:**  
 Norma de Fabricación:  
 Garantía de Fabricación:  
 Otros:

**Condiciones Comerciales:**  
 Tiempo de Entrega: SEGÚN COTIZACION No 06-2019  
 Protocolos de Prueba:  
 Validez de la oferta: 30 días  
 Lugar y modo de entrega: Para envío a Huanuco  
 Forma de Pago:  
 Nota:  
 Otros: 3 meses ejecución

Atentamente





JORSON CONSULTORES EN SISTEMAS S.A.C.  
 Jorge Chavez Hilarión  
 Gerente General

Telefono : 941752021 Email : [jchavezh@jorsonsac.com](mailto:jchavezh@jorsonsac.com)



Fuente: Jorson S.A.C., 2019.

## Anexo 18 - Cotización de mantenimiento

	<h3 style="margin: 0;">COTIZACIÓN</h3>	<p style="font-size: small;">Fecha: 1/8/2019 Nro: <b>GG-0007-2019</b> REFERENCIA CTZ No. 07-2019</p>						
<p>Razón Social: ALESSANDRO RAMOS JIMENEZ RUC: 48474629 Atención: JORGE CHAVEZ HILARION Telefonos: 941752021 E-mail: <a href="mailto:jchavezh@jorsonsac.com">jchavezh@jorsonsac.com</a></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">CODIGO</td> <td>JGL/CO-FT-07</td> </tr> <tr> <td>REVISION</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>FECHA</td> <td>1/8/2019</td> </tr> </table>		CODIGO	JGL/CO-FT-07	REVISION	0	FECHA	1/8/2019
CODIGO	JGL/CO-FT-07							
REVISION	0							
FECHA	1/8/2019							
<p>Obra/ Servicio: "Mantenimiento de un Sistema Fotovoltaico de 3120 W en la Universidad Continental"</p>								
<p>Estimados Señores: Mediante la presente solicitamos tenga bien atender nuestro requerimiento de cotización según lista adjunta.</p>								
ITEM	CODIGO MATERIAL	DESCRIPCION DE PARTIDAS	MARCA	Unidad	METRADO TOTAL	P.U. (\$)	TOTAL	
<b>MANTENIMIENTO</b>								
1		Mantenimiento de paneles fotovoltaicos			10	S/. 90.00	900.00	
2		Mantenimiento de baterías			10	S/. 140.00	1,400.00	
3		Mantenimiento del inversor - cargador			10	S/. 80.00	800.00	
4		Mantenimiento Conexionado			10	S/. 110.00	1,100.00	
5		Mantenimiento PAT			10	S/. 80.00	800.00	
TOTAL COSTO CON I.G.V.							5,000.00	
<p><b>Condiciones Técnicas:</b>                  Norma de Fabricación:                  Garantía de Fabricación:                  Otros:</p>								
<p><b>Condiciones Comerciales:</b>                  Tiempo de Entrega: SEGÚN COTIZACION No 07-2019                  Protocolo de Prueba:                  Validez de la oferta: 30 días                  Lugar y modo de entrega: Para envío a Huanuco                  Forma de Pago:                  Nota:                  Otros:</p>								
<p>Atentamente</p> <div style="text-align: center;">   <small>JORGE CHAVEZ HILARION S.A.C.                  JORGE CHAVEZ HILARION                  REPRESENTANTE LEGAL</small> </div> <p>Ing. Jorge Chavez Gerente General Telefono : 941752021 Email : <a href="mailto:jchavezh@jorsonsac.com">jchavezh@jorsonsac.com</a></p>								

Fuente: Jorson S.A.C., 2019.

## Anexo 19 - Cotización de puesta a tierra

	<h3 style="margin: 0;">COTIZACIÓN</h3>	<p style="margin: 0;">Fecha: 1/8/2019                  Nro: <b>GG-0005-2019</b>                  REFERENCIA CTZ No. 05-2019</p>						
<p style="margin: 0;">Razón Social: ALESSANDRO RAMOS JIMENEZ                  RUC: 48474629                  Atención: JORGE CHAVEZ HILARION                  Telefonos: 941752021                  E-mail: <a href="mailto:jchavez@jorsonsac.com">jchavez@jorsonsac.com</a></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">CODIGO</td> <td>JGL/CO-FT-05</td> </tr> <tr> <td>REVISION</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>FECHA</td> <td>1/8/2019</td> </tr> </table>		CODIGO	JGL/CO-FT-05	REVISION	0	FECHA	1/8/2019
CODIGO	JGL/CO-FT-05							
REVISION	0							
FECHA	1/8/2019							
<p style="margin: 0;">Obra/ Servicio: <span style="float: right;">Dos puestas a tierra para un sistema fotovoltaico</span></p>								
<p style="margin: 0;">Estimados Señores:                  Mediante la presente solicitamos tenga bien atender nuestro requerimiento de orden de compra según lista adjunta.</p>								
ITEM	CODIGO MATERIAL	DESCRIPCION DE PARTIDAS	MÁRCA	Unidad	METRADO TOTAL	P.U. (\$)	TOTAL	
<b>PUESTA A TIERRA</b>								
1		VARILLA DE COPERWEL DE 16mm Ø(5/8")Øx2.40m DE LONGITUD		UND	2	S/. 311.00	622.00	
2		THOR GEL		12x5	2	S/. 60.00	120.00	
3		CEMENTO CONDUCTIVO		UND	2	S/. 60.00	120.00	
4		CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO CABLE TEMPLE BLANDO 4mm2, 7 HILOS		m	24	S/. 7.92	189.96	
5		CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO ARMADO CIRCULAR DE 340 mm Ø CON TAPA		UND	2	S/. 48.02	96.04	
6		CONECTOR PARA VARILLA COOPERWELT 16 mm Ø- TIPO AB		UND	2	S/. 5.29	10.58	
7		TUBO PVC SAP DE 25mmØ x 1.5m		UND	2	S/. 4.15	8.30	
8		CONECTOR BIMETALICO TIPO CUNA Al-Cu 25mm2/16-25 mm2 (TIPO I)		UND	2	S/. 3.85	7.71	
9		CINTA AISLANTE SCOTH SUPER 33+ 3/4" x 20m		m	0.8	S/. 9.83	7.87	
10		CINTA DE GOMA AUTOFUNDENTE SCOTCH 23 3/4" x 9.15m 60kV		m	0.8	S/. 1.63	1.30	
11		TIERRA VEGETAL CERNIDA PREPARADA PARA PUESTA A TIERRA		m3	3	S/. 28.27	84.80	
12		BENTONITA SODICA SACO DE 30 KG.		UND	6	S/. 28.00	168.00	
13		ARANDELA DE ANCLAJE CUADRADA PLANA DE A°G° 152mmx152mmx6.35mm, AGUJE		UND	2	S/. 10.06	20.12	
14		TUERCA DE A°G° PARA PERNO DE 16 mmØ		UND	2	S/. 2.35	4.71	
15		TUBO PVC SAP DE 25mmØ x 3m		UND	2	S/. 2.45	4.90	
TOTAL COSTO CON I.G.V.							1,468.28	
<p style="margin: 0;"><b>Condiciones Técnicas:</b>                  Norma de Fabricación:                  Garantía de Fabricación:                  Otros:</p>								
<p style="margin: 0;"><b>Condiciones Comerciales:</b>                  Tiempo de Entrega: <i>SEGÚN COTIZACION No 05-2019</i>                  Protocolos de Prueba:                  Validez de la oferta: <i>30 días</i>                  Lugar y modo de entrega: <i>Para envío a Huancaayo</i>                  Forma de Pago:                  Nota:                  Otros:</p>								
<p style="margin: 0;"><b>Atentamente</b></p> <div style="text-align: center;">   <small>JORSON CONTRATOS GENERALES S.A.C.</small>  <small>Jorge Chavez Hilarion</small>  <small>RESPONSABLE LEGAL</small> </div> <p style="margin: 0; text-align: center;">Ing. Jorge Chavez Gerente General Telefono : 941752021 Email : <a href="mailto:jchavez@jorsonsac.com">jchavez@jorsonsac.com</a></p>								

Fuente: Jorson S.A.C., 2019.

# Anexo 20 – Características técnicas del panel fotovoltaico AE Solar 24V 260W

## AE POWERPLUS MODULE

AE P6-60 Series 250W-275W



**250W - 275W**  
**POWER RANGE**  
Plus-Sorting 0 to + 4,99Wp

**PID FREE**  
**PID RESISTANT**  
Potential Induced Degradation Free

**SALT CORROSION RESISTANT**  
Certified for Salt Rich Environment

**SAND RESISTANT**  
Certified for Sand Rich Environment

**AMMONIA RESISTANT**  
Certified for Ammonia Rich Atmosphere

**550 kg/m<sup>2</sup>**  
**HIGHLY STABLE AND TOUGH**  
Maximum Mechanical Load 5400 Pa

**✓ GERMAN QUALITY**  
AE Solar photovoltaic modules are manufactured using high-quality materials, automated machine, German Technology and Standards

**+** **PLUS-SORTING**  
Higher yield due to plus-sorting of 0 to +4.99 Wp guarantees the high system efficiency and yield stability

**🕒 PERFORMANCE GUARANTEE**  
AE Solar assures high investment, security and warranty claims by providing linear performance guarantee of 30 years and 12 years of product warranty

**📄 CERTIFICATES**  
Lining with International Standards, AE Solar Photovoltaic modules are tested and certified under extreme stress and it can bear harsh environmental influences

### OUR PERFORMANCE GUARANTEE



**AE SOLAR**  
Messerschmittring 54  
86343 Königsbrunn  
Germany

Tel: +49 8231 97 82 68 0  
Fax: +49 8231 97 82 68 9

E-Mail: [info@ae-solar.com](mailto:info@ae-solar.com)  
Web: [www.ae-solar.com](http://www.ae-solar.com)

© 2017 AE Solar - All rights reserved - Errors and/or modifications accepted - we print only on 100% recycled paper

ELECTRICAL DATA		AE250P6-60	AE255P6-60	AE260P6-60	AE265P6-60	AE270P6-60	AE275P6-60
Nominal power	Pm (Wp)	250	255	260	265	270	275
Open circuit voltage	Voc (V)	37.48	37.68	37.89	38.10	38.31	38.52
Short-circuit current	Isc (A)	9.11	9.15	9.22	9.26	9.31	9.35
Voltage at max power	Vmp (V)	29.16	29.58	29.99	30.42	30.82	31.24
Current at max power	Imp (A)	8.57	8.62	8.67	8.71	8.76	8.80
Filling Factor	(%)	73.22	73.96	74.42	75.11	75.70	76.35
Module Efficiency	(%)	15.27	15.58	15.88	16.19	16.50	16.80
System Voltage	(V)	1000					
Temp. coefficient Voc	(%/°C)	-0.35					
Temp. coefficient Isc	(%/°C)	0.06					
Temp. coefficient Pm	(%/°C)	-0.42					
Operating temp.	(°C)	-40to+85					
NOCT	(°C)	45±2					

The electrical data apply to standard test conditions (STC): Irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup> with spectrum AM 1.5 and a cell temperature of 25°C.

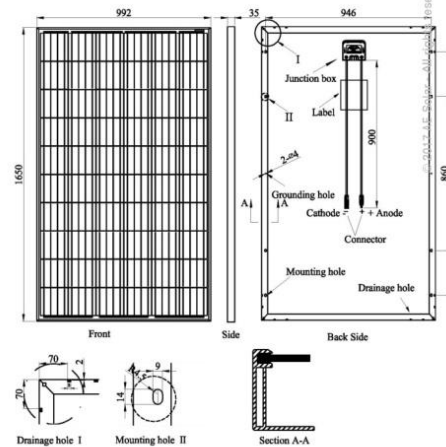
### TECHNICAL DATA

Junction box	3 bypass diodes, IP 67
Wire cross section (∅, mm <sup>2</sup> )	4.0
Cable length (mm)	900
Connector type	MC 4 / MC 4 compatible
Dimensions (L x W x H, mm)	1650 x 992 x 35
Weight (kg)	18.5
Specification (mm)	Poly 156 / 6 x 10
Hail resistance	Max. ∅ 28 mm, at 23 m/s
Wind load	2400Pa / 244kg / m <sup>2</sup>
Mechanical load	5400Pa / 550kg / m <sup>2</sup>

### PACKAGING INFORMATION

Packing configuration	62pcs / pallet
Loading Capacity	868pcs / 40HQ
Size / pallet (mm)	1690 x 1135 x 2325
Weight	1260kg / pallet

### SCALE



Reserved - Errors and/or modifications excepted - we print only on 100% recycled paper



**AE SOLAR**  
Messerschmittring 54  
86343 Königsbrunn  
Germany

Tel.: +49 8231 97 82 68 0  
Fax: +49 8231 97 82 68 9

E-Mail: [info@ae-solar.com](mailto:info@ae-solar.com)  
Web: [www.ae-solar.com](http://www.ae-solar.com)



Anexo 21 - Características técnicas del inversor cargador y regulador de carga Must  
Solar 5000W 48V MPPT 80A

**MUST<sup>®</sup>**

Inversor Cargador y Regulador de Carga  
**MUST SOLAR 5000W 48V MPPT 80A**



**EL EQUIPO TODO EN UNO PARA  
INSTALACIONES SOLARES.**

El Inversor Cargador Must Solar tiene 3 funciones principales:

- Un regulador de carga de 80A MPPT, que nos permite instalar cualquier tipo de paneles solares respetando los límites de voltaje.
- Un cargador de baterías de 60A de carga a 48V, con el que podrá cargar las baterías desde un generador o red eléctrica.
- La parte de potencia del Must Solar es un inversor de onda pura de 5000W, con una punta de arranque de hasta 10000VA para cortos espacios de tiempo. (durante 1 seg).



**MUST SOLAR 5000W 48V**



### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Regulador de Carga	Valor
Potencia Máxima de Panel	4000 W
Rango Voltaje MPPT	64-130 VDC
Voltaje Máx Voc	145 VDC
Amperios Máximos	80 A
Consumo Stand By	30 W

Cargador de Batería	Valor
Voltaje de Batería	48 V
Voltaje en Flotación	54 V
Protección Sobrevoltaje	60 V
Corriente Máx. de Carga	60 A

Inversor	Valor
Voltaje de Salida (+- 5%)	230 V
Potencia Pico (3 segs)	10000 VA
Eficiencia	93%
Tipo de Onda	Senoidal Pura

Características Físicas	Valor
Dimensiones mm (Largo x Alto x Ancho)	488 x 295 x 141
Peso ( Kg )	10.0
Temperatura de Trabajo	0 - 55°C
Temperatura de Almacenamiento	-15 a 60°C

### REQUISITOS INSTALACIÓN

1 - Será necesaria que la conexión de las baterías al inversor se efectúe antes que cualquier otra conexión, de lo contrario podría causar fallo en el mismo. Primero conectar el cable en el terminal del inversor y por último sobre el borne de batería.

2 - No deberemos superar los 145VoC de voltaje desde paneles solares (para ello ver los valores del panel solar), dado que podríamos causar un fallo en el regulador de carga por sobrevoltaje.

### INTERIOR MUST SOLAR



#### Entrada y Salida 230V Alterna

Hay que respetar la serigrafía de los 3 conectores tanto de la entrada (AC IN) como de la salida de potencia (AC OUT) y siempre con el inversor apagado.

#### Visión General de conexiones.

Aquí se muestran los bornes de baterías y la entrada PV de paneles, situadas entre los ventiladores.



#### Display para Control

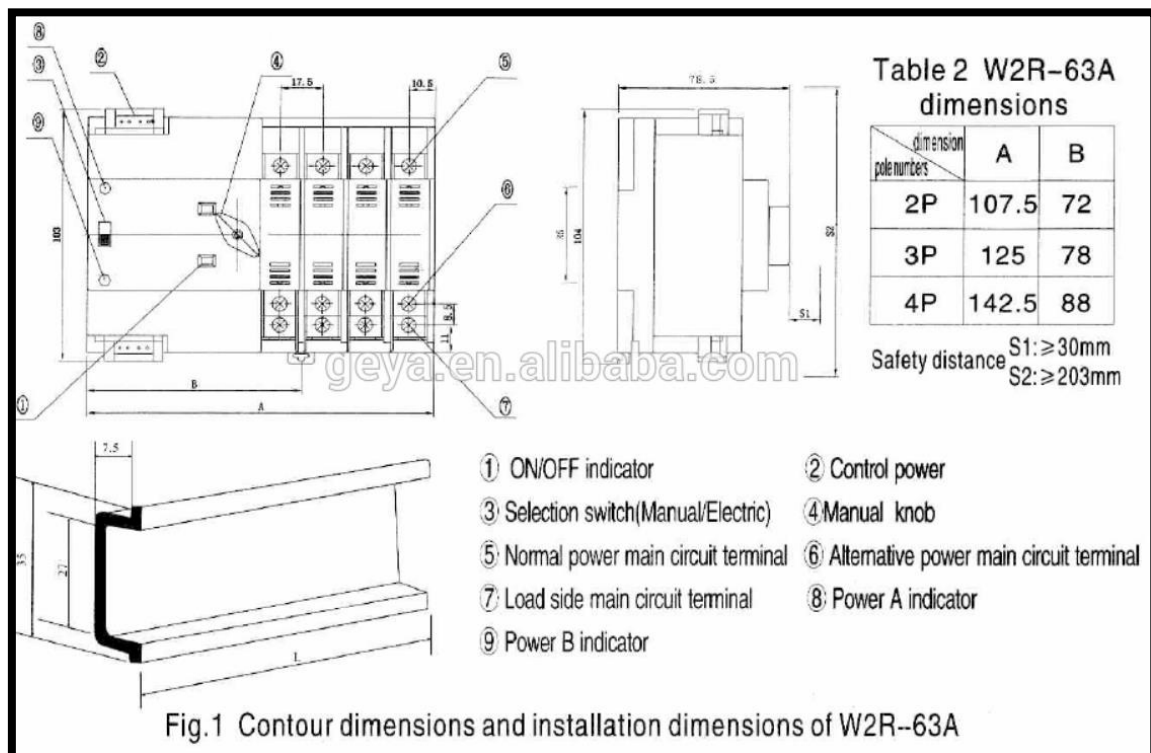
El Inversor dispone de una pantalla donde poder visualizar a tiempo real lo que está ocurriendo en la instalación.

Fuente: Must Solar, 2018.

**Anexo 22 - Características técnicas del interruptor de transferencia de energía Geya  
100A 220V 60Hz**

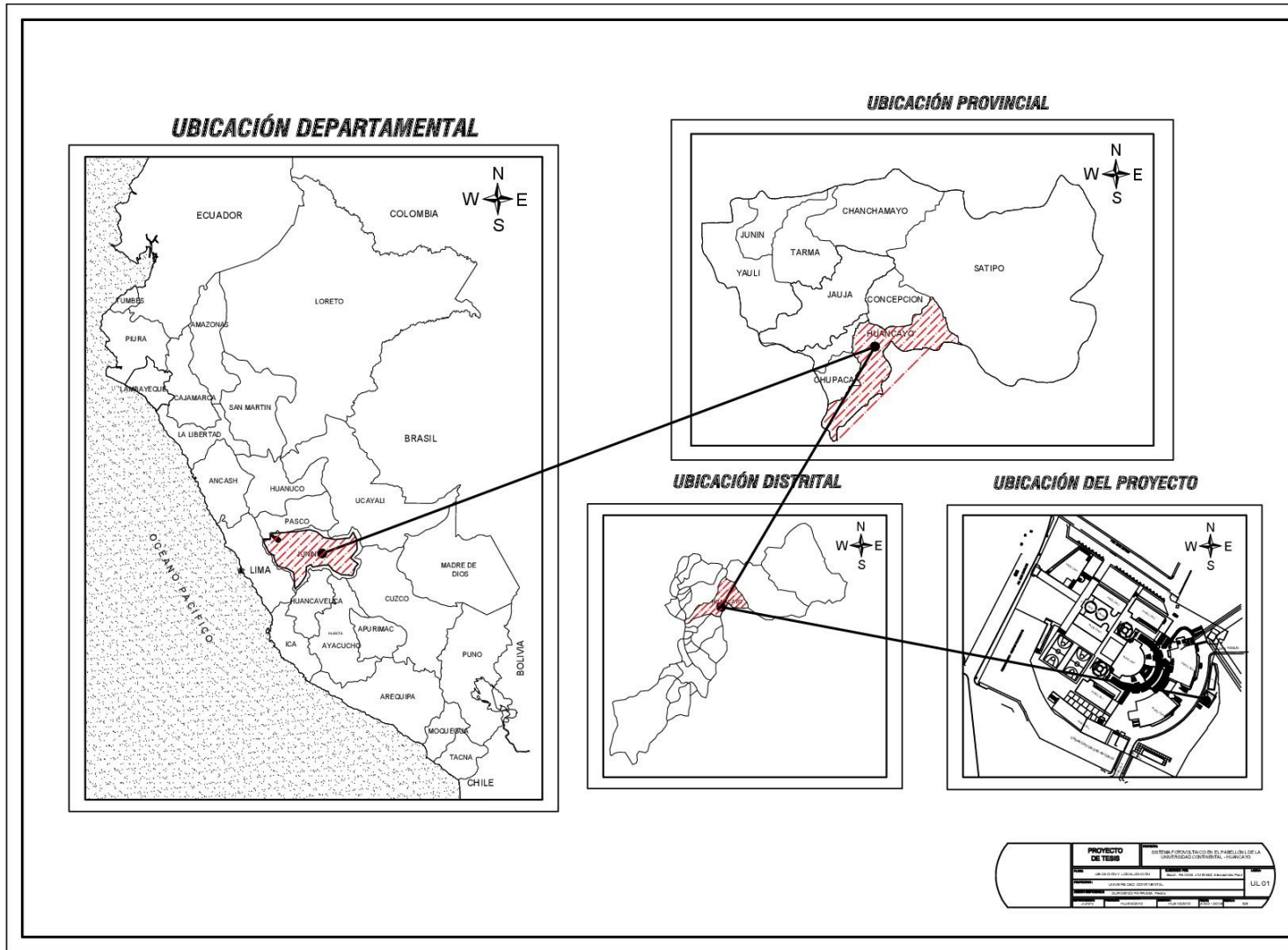
**Technical Data**

ITEM NO.	W2R		
Rated current Ie(A)	16A, 20A, 25A, 32A, 40A, 50A, 63A,100A		
Installation	Din rail		
Rated insulation voltage Ui (V)	AC690, 50HZ		
Rated working voltage Ue (V)	AC220-240V, 50~60HZ		
Rated impulse withstand voltage (KV)	8KV		
Poles	2P	3P	4P
Weight (KG)	1.7	2.1	2.6
Connecting and breaking	6.0Ie 1.05Ue cosØ=0.50±0.05, 50 times		
Operating performance	2.0Ie 1.05Ue cosØ=0.80±0.05, 6000 times		
Rated limited short-circuit current Iq	50KA		
SCPD ( FUSES )	RT16-00-63A		
Control circuit	Rated supply voltage Us: AC220V, 50HZ. Working condition:85% Us~110% Us		
Ancillary circuit	Two isolated relays, each relay with 2 groups of passive switch contact. Contact capacity: AC220 50Hz, Ie=5A		
Switching time	<50ms		
Action time	<50ms		

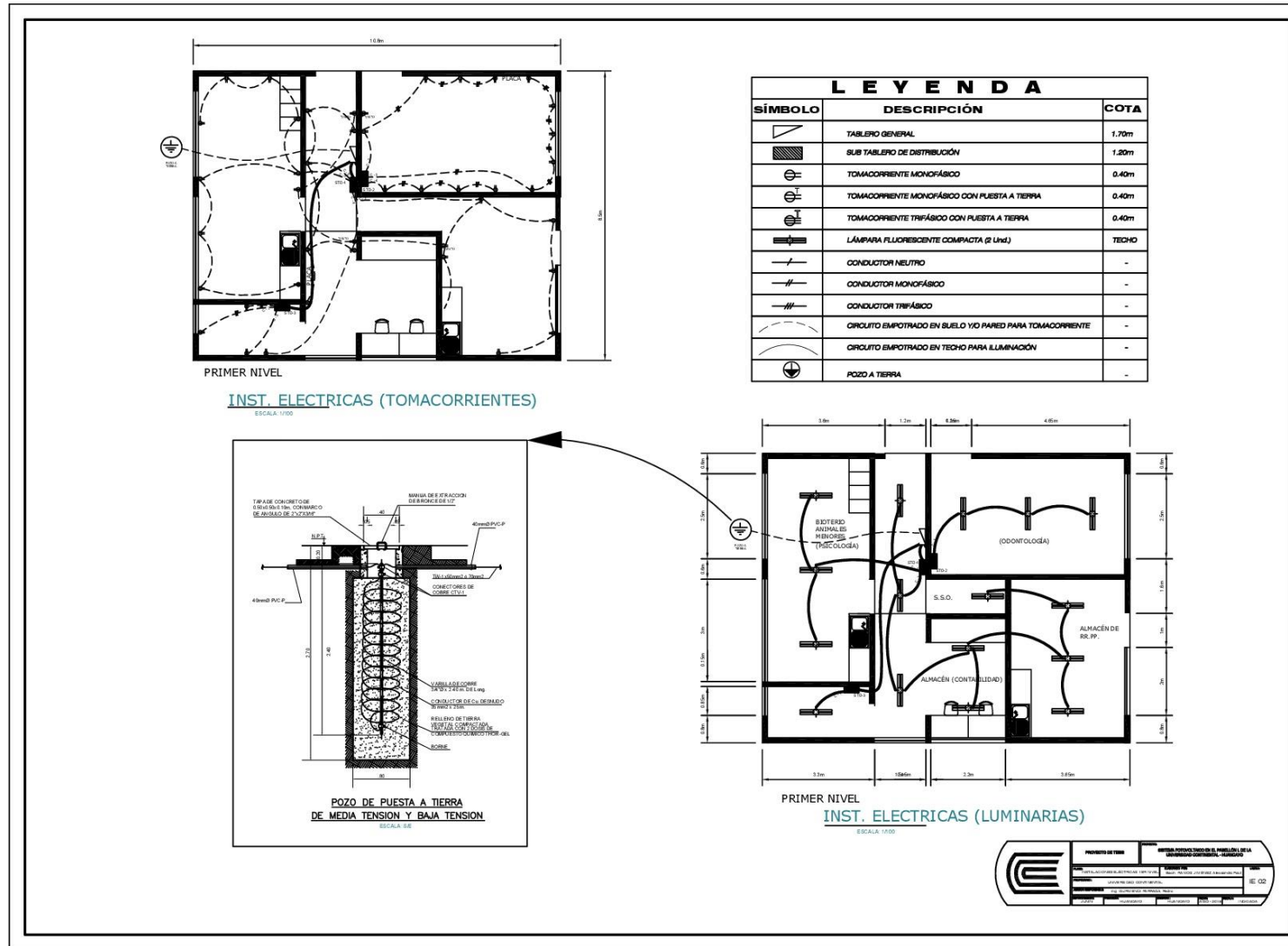


Fuente: Ebay, 2019.

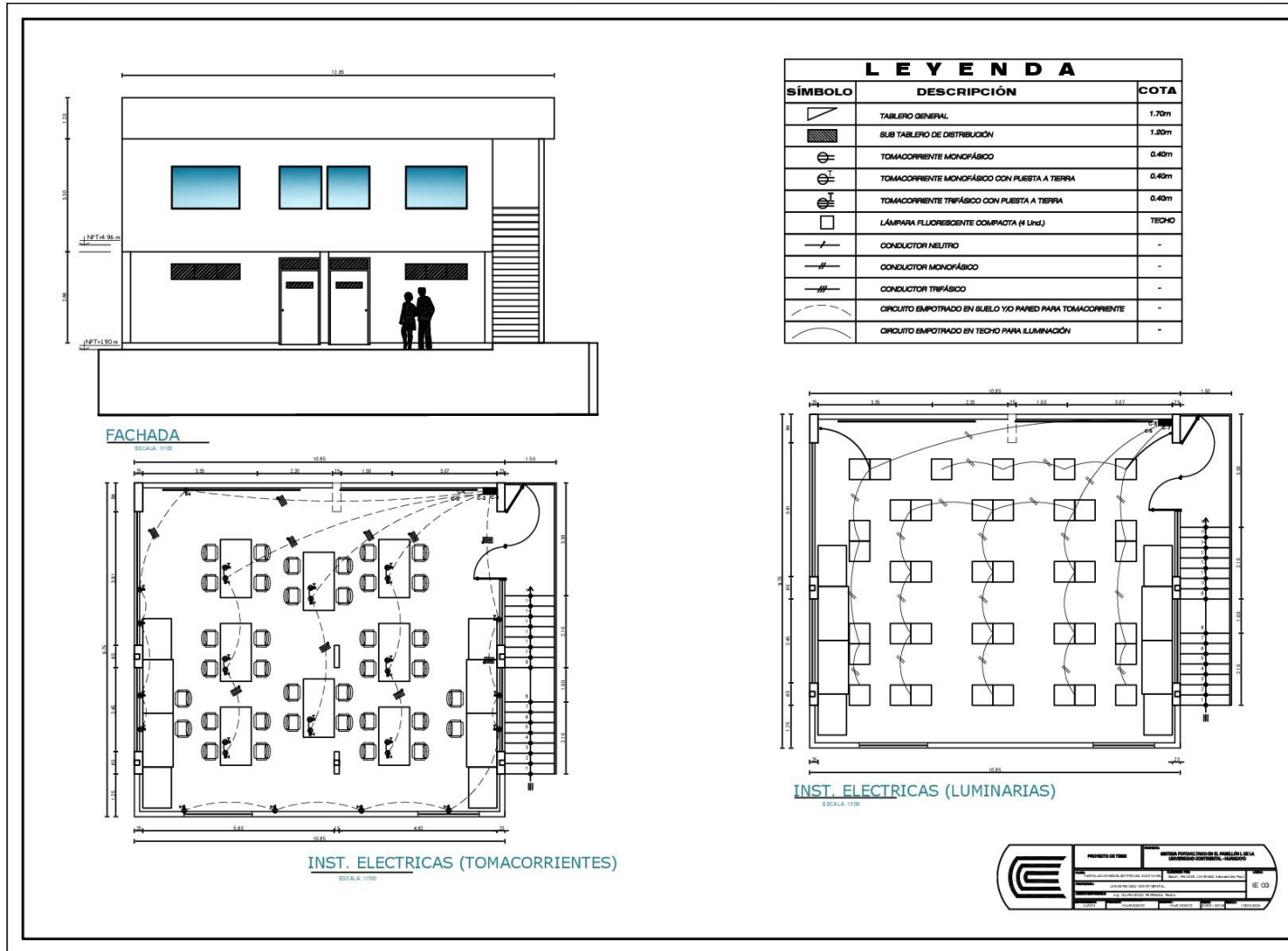
# Anexo 23 – Plano de ubicación y localización



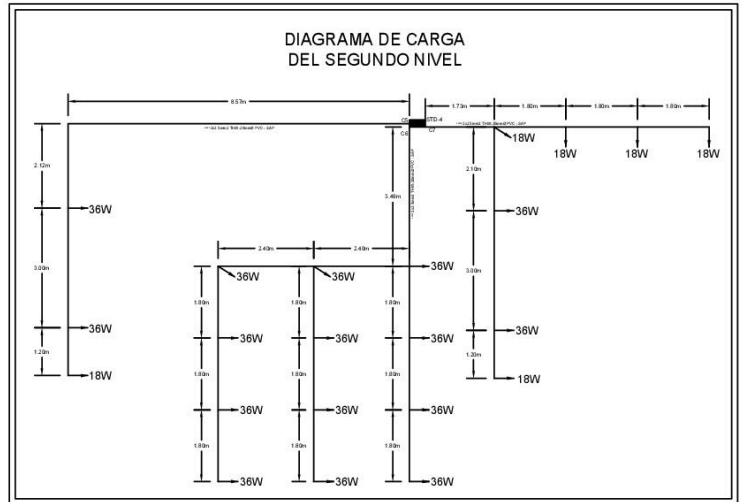
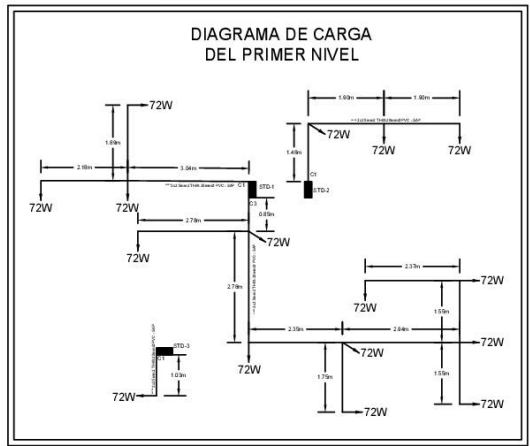
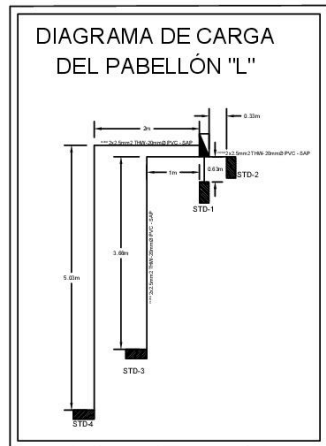
## Anexo 24 – Planos eléctricos del primer nivel del pabellón L



## Anexo 25 – Planos eléctricos del segundo nivel del pabellón L



## Anexo 26 – Diagrama de carga



**LEYENDA**

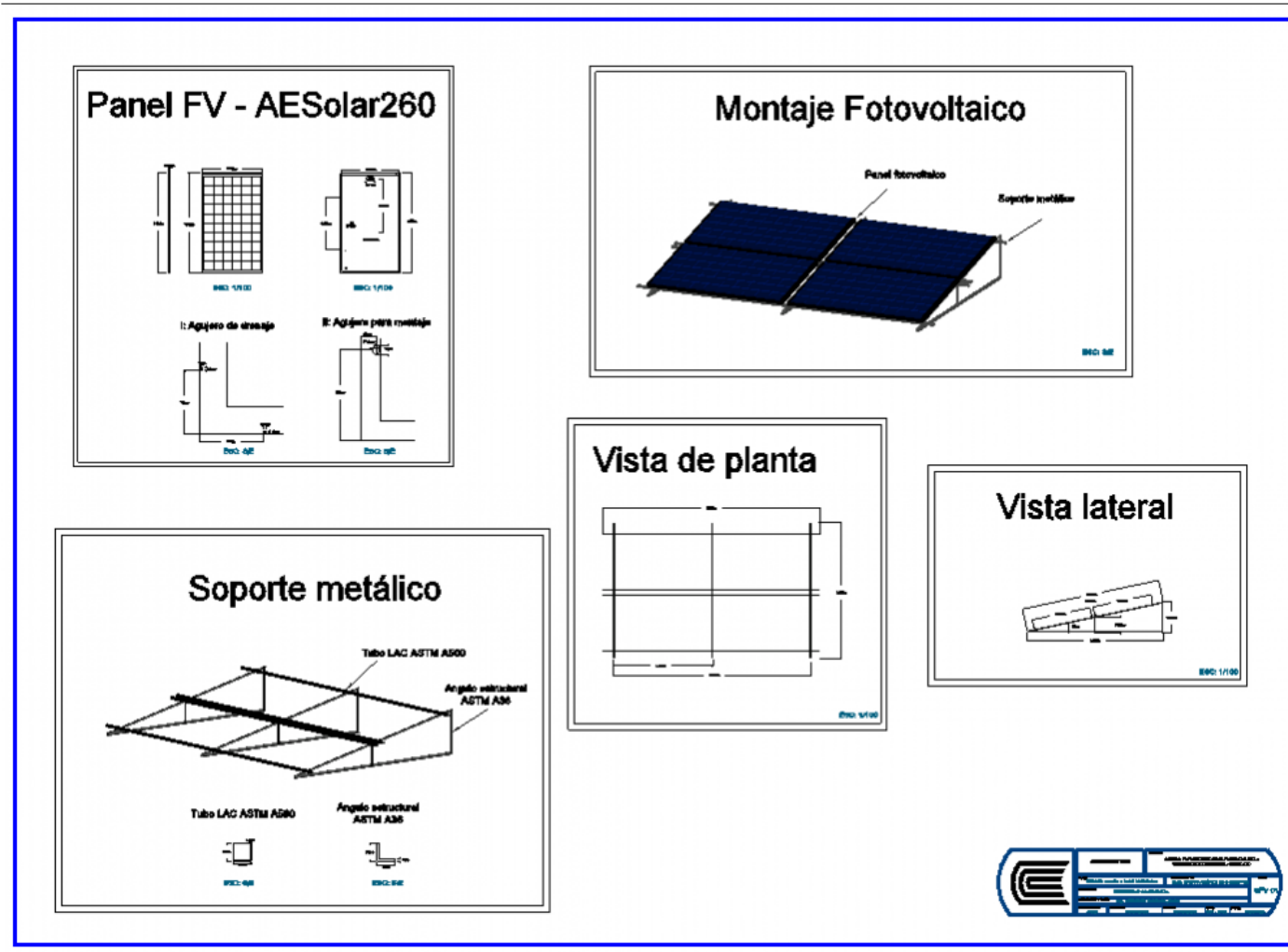
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	COTA
	TABLERO GENERAL	1.7m
	SUB TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	2.8m
	CONDUCTOR MONOFÁSICO	-

**EQUIVALENCIAS**

CONDUCTOR	ELECTRODUCTOS
Nº 8 AWG 10.00 mm <sup>2</sup> TW	Ø 2" PVC SAP 50 mm.
Nº 10 AWG 8.00 mm <sup>2</sup> TW	Ø 1 1/2" PVC SAP 40 mm.
Nº 12 AWG 4.00 mm <sup>2</sup> TW	Ø 1" PVC SAP 28 mm.
Nº 14 AWG 2.80 mm <sup>2</sup> TW	Ø 3/4" PVC SAP 20 mm.

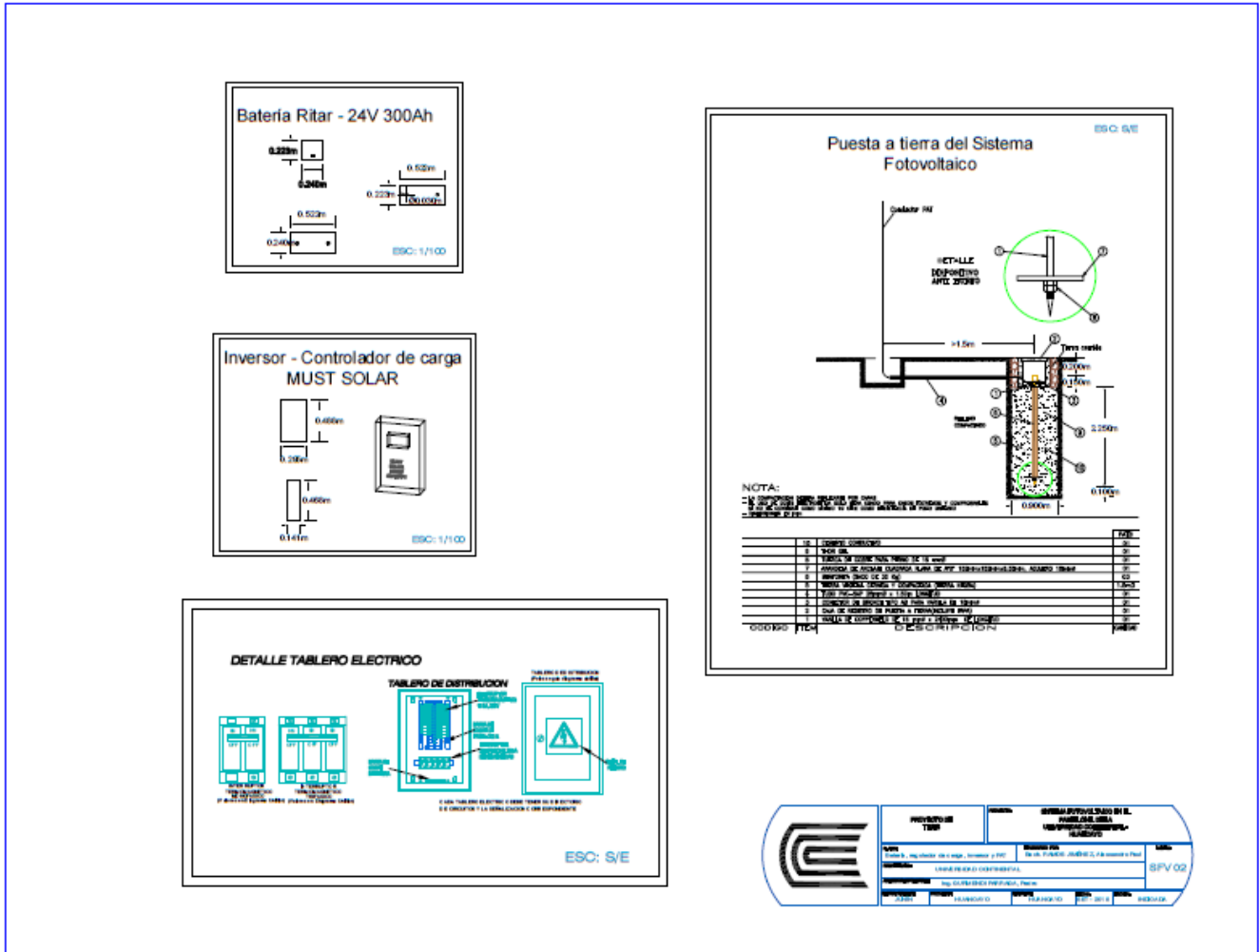


## Anexo 27 – Plano de disposición de paneles fotovoltaicos

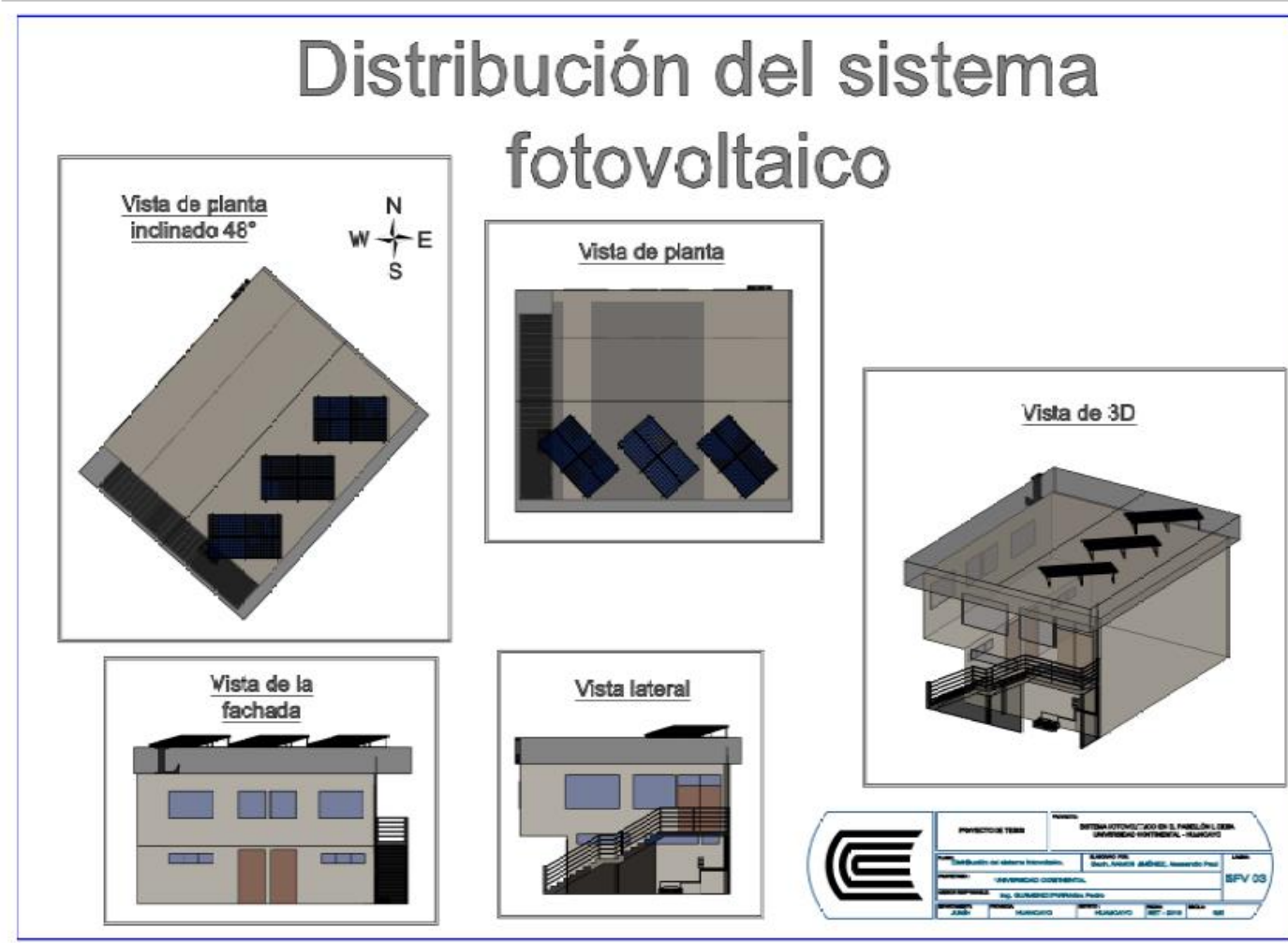




### Anexo 28 – Plano de detalles de la batería, regulador de carga, inversor, tableros y PAT



Anexo 29 – Distribución de los componentes del sistema fotovoltaica en el pabellón L



## Anexo 30 – Diagrama unifilar

