



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**“ESTUDIO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EFICIENTE EN  
POTENCIA PARA EL PROYECTO DE INSTALACIÓN DE BANDA  
ANCHA PARA LA CONECTIVIDAD INTEGRAL Y DESARROLLO  
SOCIAL DE LA REGIÓN PUNO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. MANUEL EDYSON MAMANI QUISPE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2020**



## **DEDICATORIA:**

A mi familia por todo el apoyo y todas las  
personas que quiero y aprecio, en esta corta  
pero maravillosa VIDA



## AGRADECIMIENTOS

A mi madre por su apoyo y comprensión en este proyecto.

A la Universidad Nacional del Altiplano, la institución que permitió mi formación académica, así como a los docentes de la prestigiosa Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, quienes me guiaron académicamente durante los semestres académicos y en especial a mi asesor de tesis Dr. Jorge Luis Apaza Cruz por toda la orientación brindada a lo largo de este tiempo.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
ÍNDICE DE TABLAS .....	8
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS .....	9
RESUMEN .....	10
ABSTRACT.....	11

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	14
1.1.1 Descripción Del Problema .....	14
1.1.2 Justificación Del Problema .....	15
1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.3.1 Objetivo general.....	18
1.3.2 Objetivos específicos .....	18

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
2.2. MARCO TEÓRICO .....	27
2.2.1 La Energía.....	27
2.2.2 Eficiencia Energética .....	28
2.2.3 Red eléctrica Convencional .....	30
2.2.4 Energía Solar.....	31
2.2.5 Radiación Solar.....	31
2.2.6 Hora Solar Pico (HSP).....	34
2.2.7 Tecnología solar fotovoltaica.....	34
2.2.8 Células Fotovoltaicas .....	35
2.2.9 Sistemas Fotovoltaicos .....	37



2.2.10	Componentes del Sistema Fotovoltaico.....	39
2.2.11	BTS (Base Transceiver Station) .....	48
2.2.12	Gabinete de Transmisiones .....	50
2.2.13	Sistema Radiante.....	50
2.2.14	Link de Transmisión .....	51
2.2.15	Sistema de Puesta a Tierra .....	52
2.2.16	Tablero de Energía.....	52
2.2.17	Estimación de demanda .....	52

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1.	TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.2.	POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	53
3.3.	MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN .....	54
3.4.	UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	54
3.5.	INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN .....	56
3.5.1	Necesidades Energéticas.....	56
3.5.2	Recopilación de Datos de Radiación Solar.....	58
3.5.3	Cálculo de Consumo de Carga.....	66
3.5.4	Dimensionamiento de los paneles solares .....	66
3.5.5	Cálculo del Angulo de Inclinación .....	67
3.5.6	Selección del controlador.....	68
3.5.7	Dimensionamiento del Banco de Baterías .....	68
3.6.	PROCEDIMIENTO DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA BTS. ....	69
3.6.1	Hora Solar Pico.....	69
3.6.2	Días de autonomía .....	70
3.6.3	Determinar el voltaje del sistema.....	70
3.6.4	Determinar la estimación de Carga (Watt-hora):.....	70
3.6.5	Cálculo de consumo de carga en amperios /día .....	71
3.6.6	Cálculo del Arreglo Solar .....	72
3.6.7	Cálculo del ángulo de inclinación.....	75



3.6.8	Cálculo del Controlador de Carga .....	76
3.6.9	Cálculo del Banco de Baterías .....	78
3.6.10	Cálculo del Número de Baterías .....	79
3.7.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA .....	80
3.7.1	Presupuesto de los Sistemas Fotovoltaicos Diseñados .....	80
3.7.2	Presupuesto del uso de un sistema convencional en lugar del sistema fotovoltaico.....	81
3.7.3	Costos de los sistemas Fotovoltaico y Convencional en el tiempo .....	83
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
4.1.	RESULTADOS .....	84
4.2.	DISCUSIÓN.....	86
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>89</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>97</b>

**ÁREA** : Energías Renovables

**TEMA** : Aplicaciones Energéticas

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 04/12/2020



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Irradiación solar en la sección de los paneles solares .....	33
<b>Figura 2:</b> Batería Monoblock.....	43
<b>Figura 3:</b> Batería de ciclo profundo.....	44
<b>Figura 4:</b> Batería AGM POWER 260.....	46
<b>Figura 5:</b> Baterías estacionarias plomo-acidas abiertas.....	47
<b>Figura 6:</b> Batería Litio LG RESU 6.5 48V .....	48
<b>Figura 7:</b> Ubicación de las BTS en el mapa de la region Puno .....	55
<b>Figura 8:</b> Ventana N°1 acces viewer-NASA .....	58
<b>Figura 9:</b> Ventana N°2 acces viewer-NASA .....	59
<b>Figura 10:</b> Ventana N°3 acces viewer-NASA .....	59
<b>Figura 11:</b> Ventana N°4 acces viewer-NASA .....	59
<b>Figura 12:</b> Ventana N°5 acces viewer-NASA .....	60
<b>Figura 13:</b> Ventana N°6 acces viewer-NASA .....	60
<b>Figura 14:</b> Ventana N°7 acces viewer-NASA .....	61
<b>Figura 15:</b> Ventana N°8 acces viewer-NASA para PU_A_2491_REP_MACARI.....	62
<b>Figura 16:</b> Ventana N°9 acces viewer-NASA para PU_A_2492_REP_PUTINA PUNCO 01 .....	62
<b>Figura 17:</b> Resultados de acces viewer-NASA para PU_A_2491_REP_MACARI .....	63
<b>Figura 18:</b> Resultados de acces viewer-NASA para PU_A_2492_REP_PUTINA PUNCO 01 .....	63
<b>Figura 19:</b> Radiación en la región Puno según ATLAS de Energía Solar del Perú. ....	65



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Componentes de BTS con carga total .....	57
<b>Tabla 2:</b> Consumo BTS en un día.....	57
<b>Tabla 3:</b> Especificaciones técnicas del Panel Fotovoltaico .....	72
<b>Tabla 4:</b> Especificaciones técnicas del controlador JNDX-48V200A.....	77
<b>Tabla 5:</b> Especificaciones técnicas del controlador JNDX-48V150A.....	78
<b>Tabla 6:</b> Capacidades de baterías.....	79
<b>Tabla 7:</b> Presupuesto S.F.V. aislado (PU_A_2491_REP_MACARI).....	80
<b>Tabla 8:</b> Presupuesto S.F.V. aislado (PU_A_2492_REP_PUTINA PUNCO 01).....	81
<b>Tabla 9:</b> Presupuesto de tendido eléctrico (PU_A_2491_REP_MACARI) .....	82
<b>Tabla 10:</b> Presupuesto de tendido eléctrico (PU_A_2492_REP_PUTINA PUNCO 01) .....	82
<b>Tabla 11:</b> Consumo en KWh de las BTS.....	82
<b>Tabla 12:</b> Costos proyectados de sistemas fotovoltaicos en 20 años.....	83
<b>Tabla 13:</b> Costos proyectados de sistemas Convencional en 20 años .....	83
<b>Tabla 14:</b> Resultados de dimensionamiento del sistema Fotovoltaico .....	84
<b>Tabla 15:</b> Comparación de costos Totales proyectados en 20 años de ambos sistemas	85



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AH: Amperio hora

FV: Fotovoltaico

AC: Corriente alterna

DC: Corriente continúa

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación

HSP: Hora Solar Pico

EE: Eficiencia Energética

BTS: Base Transceiver Station

KWh/m<sup>2</sup>: Kilowatt hora por metro cuadrado

PWM: Modulación por ancho de pulsos

MPPT: Seguidor de punto de máxima potencia

TSS: Estudios Técnicos de Sitio

AGM: Absortion Glass Mat

PCM: Pulse Code Modulation

FH: Frequency Hopping

TDX: Discontinuos Transmission

RF: Radio Frecuencia

PDB: Power Distribution Box

DPC: Control Dinámico de la Potencia

MW: Microwave

V: Voltios

I: Corriente

NASA: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó en la región de Puno, que busca realizar el estudio del sistema fotovoltaico eficiente para energizar plantas remotas de telecomunicaciones del proyecto de instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Puno, así como conocer los beneficios de un sistema fotovoltaico con relación a un sistema convencional de líneas eléctricas. La metodología que se empleó en este proyecto de investigación es descriptiva porque se recogió información de manera independiente de las variables, para hacer su respectivo análisis y estudio. Se comienza con la recolección de datos, en el cual los más importantes son la demanda energética que tienen las plantas remotas a ser energizadas y la radiación solar que se tienen en las dos locaciones PU\_A\_2491\_REP\_MACARI y PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01, para hacer un correcto dimensionamiento del sistema fotovoltaico. En el que con los datos correctos, se puede evitar hacer un sobredimensión o minimizar el sistema fotovoltaico, para su eficiente funcionamiento. Posteriormente hecho el estudio y análisis del sistema fotovoltaico, se realizó una comparación con un sistema de energización convencional, para enmarcar los beneficios económicos de un sistema fotovoltaico aislado con respecto a un sistema convencional, en el que dio como resultado que para las BTS aisladas es conveniente el uso de tecnologías fotovoltaicas en términos económicos con respecto a un sistema convencional que presenta un alto gasto de inversión en el tendido e instalación del sistema.

**Palabras Clave:** Sistema Fotovoltaico, Eficiencia Energética, Conectividad



## ABSTRACT

The present research work was carried out in the Puno region, which seeks to carry out the study of the efficient photovoltaic system to energize remote telecommunications plants of the broadband installation project for the integral connectivity and social development of the Puno region, as well as know the benefits of a photovoltaic system in relation to a conventional power line system. The methodology used in this research project is descriptive because information was collected independently of the variables, to carry out their respective analysis and study. It began with the data collection, in which the most important are the energy demand that the remote plants have to be energized and the solar radiation that they have in the two locations PU\_A\_2491\_REP\_MACARI and PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01, to make a correct sizing of the system photovoltaic. In which with the correct data, you can avoid oversizing or minimizing the photovoltaic system, for its efficient operation. After the study and analysis of the photovoltaic system, a comparison was made with a conventional energization system, to frame the economic benefits of an isolated photovoltaic system with respect to a conventional system, in which it resulted that for isolated BTS it is The use of photovoltaic technologies is convenient in economic terms compared to a conventional system that presents a high investment cost in the laying and installation of the system.

**Keywords:** Photovoltaic System, Energy Efficiency, Connectivity.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La investigación está situada en un problema de repercusión mundial y muy presente también en el Perú, el primer problema es la contaminación ambiental, seguidamente la comunicación en lugares remotos, y que a pesar de la búsqueda de nuevas alternativas de energía, esta situación en que la contaminación sigue, no se puede dejar de depender de energías a base de restos fósiles y del carbón que dada la gran demanda de energía eléctrica en las diferentes ciudades del mundo, la que se trata de suplir con energías alternativas, no se llega a un punto en que sea suficiente para satisfacer esta gran demanda energética y de comunicación.

La incorporación de la energía renovable ya no depende de solo unos países. En 2018, el despliegue global de energías renovables mantuvo un ritmo constante en general, aunque ligeramente superior en la Unión Europea. En contraste, las nuevas instalaciones puestas en marcha y la inversión en China han disminuido, en comparación con el año anterior. Esto demuestra que la energía renovable es una fuerza motriz global y poderosa.

– Las ciudades han mostrado señales de ser fuertes impulsoras para el despliegue de la energía renovable, adoptando algunos de los objetivos más ambiciosos para las energías renovables a nivel mundial. En numerosos casos, estos compromisos y acciones han superado las iniciativas nacionales y regionales. Desde Nairobi (Kenia) y Dar es Salaam (Tanzania), hasta Auckland (Nueva Zelanda) y Seattle (EEUU), pasando por Estocolmo (Suecia), más de 100 ciudades alrededor del mundo utilizan actualmente al menos un 70% de electricidad renovable, y 50 ciudades establecieron objetivos de energía renovable que cubren sus necesidades de energía eléctrica, calor, frío y transporte (REN21, 2019). Dada su diversidad y ecosistemas únicos, el Perú no solo es rico en flora y fauna, sino también en climas y recursos renovables (energía solar, eólica, geotérmica, biomasa e



hidroeléctrica), los cuales brindan la capacidad para que puedan existir fuentes alternativas al gas natural y a las grandes hidroeléctricas para generar energía eléctrica (Acuña Martínez, 2019).

Como segundo problema es la conectividad de la población rural a los servicios de telefonía y de internet que en tiempos actuales se hace indispensable para diferentes ámbitos de comunicación y educación, la saturación de estos servicios de telecomunicaciones en zonas urbanas hace que las zonas rurales se queden relegadas y su lento avance provoca que, la población rural tenga diferentes limitaciones y dificultades, el área de educación es una de las más afectadas por estas limitaciones y la diferencia que se contrasta con la educación en zonas urbanas.

La implementación de la enseñanza a distancia durante el periodo de la emergencia sanitaria nacional comprende, necesariamente, que tanto los profesores y estudiantes tengan acceso a internet y a las herramientas de las TIC, tales como computadora, laptop o celular inteligente, incluso para la estrategia “Aprendo en casa”, se necesita contar con radio y televisión (Defensoría del Pueblo, 2020).

En el primer capítulo se plantea el problema, hipótesis y objetivos. Mientras que en el segundo capítulo se toca la parte teórica de la investigación. En el tercer capítulo se mencionan los materiales y métodos de la presente investigación, así como el procedimiento de recolección de datos. En el cuarto capítulo se muestran los resultados y la discusión. Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos correspondientes.



## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1.1 Descripción Del Problema

La Hoja de Ruta para la Cooperación Digital del Secretario General de las Naciones Unidas, lanzada en junio de 2020, subraya el papel crucial que la tecnología digital desempeña en el mundo del COVID-19 y en el mundo posterior al COVID-19, al igual que nuestra responsabilidad colectiva de conectar a los que no están conectados, proteger a los vulnerables y marginados, y respetar los derechos humanos en la era digital. La brecha digital entre los que están en línea y los que no lo están amenaza con convertirse en la nueva cara de la desigualdad, reforzando las desventajas sociales y económicas. Disponer de un flujo libre de información digital para todos y en todas partes es una cuestión de vida o muerte si las personas no pueden acceder a información sanitaria esencial y, más en general, a información fiable (UNESCO, 2020).

El acceso a internet en muchos casos con conexiones de alta velocidad a través de fibra óptica- se ha generalizado en los últimos años en buena parte de Europa. Desgraciadamente, la falta de interés de las grandes compañías de telecomunicaciones y el escaso seguimiento de algunas administraciones públicas mantiene a amplias zonas rurales en la cola de la accesibilidad a esta red mundial de las telecomunicaciones. El acceso generalizado a internet en las áreas rurales y la buena calidad de este servicio público sigue siendo una reivindicación que el mundo económico y político debería asumir de forma inmediata (La Vanguardia, 2017).

En el Perú, solo el 38,8% de los hogares cuenta con internet; con una mayor cobertura en Lima Metropolitana (LM), donde el 59,6% de los hogares tiene este servicio. No obstante, la brecha de disposición tecnológica es mucho más marcada al comparar el área urbana (excluyendo LM) con la rural: en el área urbana, 41 de cada 100 hogares disponen del servicio de internet. En el extremo opuesto, se ubican las familias del área



rural, donde solo 6 de cada 100 hogares cuentan con dicho servicio. En el campo de la educación, el auge repentino de la enseñanza no presencial nos lleva a evaluar el acceso a internet y a los dispositivos con los que tienen las familias para hacer frente a esta tendencia global. Por ejemplo, el 48,3% que tiene acceso a internet lo hace a través de su teléfono móvil. Es preocupante que solo el 34,2% de los hogares a nivel nacional tenga acceso a una computadora y dentro de este conjunto de hogares, tres de cada cuatro hogares cuentan con una sola. La disposición de computadoras sube en Lima Metropolitana (48,7%), en el área urbana, sin incluir, la capital se alcanza el 39,7% y en las zonas rurales se reduce a 6,7% (La Cámara, 2019).

La mayor cobertura de los hogares que tienen acceso a internet, se presenta en la provincia de Lima (1 millón 171 mil 306), seguido de la Provincia Constitucional de Callao (117 mil 689), así como también en los departamentos de Arequipa (139 mil 893), Tacna (30 mil 577) y Lambayeque (88 mil 768), con porcentajes que fluctúan entre 28,7% y 49,8%, mayores que al promedio nacional (28,0%); en cambio, los departamentos de Pasco (6 mil 626), Cajamarca (36 mil 741), Apurímac (11 mil 251), Puno (30 mil 924), Huancavelica (5 mil 230) y Amazonas (4 mil 783) presentan la menor cobertura de internet en los hogares, con rangos que varían entre 4,5% y 9,6%. Los censos de 2017 se determinaron que de los hogares que no tienen ningún tipo de TIC, las mayores proporciones se registran en los departamentos de Loreto (63 mil 601), Huancavelica (33 mil 400), Amazonas (31 mil 920), Puno (117 mil 803) y Apurímac (35 mil 714), con porcentajes que fluctúan entre 28,3% y 32,3% (INEI, 2018).

### **1.1.2 Justificación Del Problema**

En la región Puno que tiene una necesidad, de mayor cobertura en sus sistemas de telecomunicaciones y que es más evidente su carencia en zonas rurales donde la población tiene necesidades para poder tener acceso al internet y también sea de beneficioso para



las diferentes instituciones estatales como son las instituciones educativas de nivel primaria y secundaria, para que tengan un mejor alcance de información en los ámbitos académicos. También los diferentes puestos de salud se verán beneficiadas al tener una carencia de comunicación entre sus diferentes redes de salud, así tener mejores facilidades en los trámites administrativos de los que tienen necesidad. También están las diferentes necesidades que tienen los puestos policiales que requieren una conexión a internet para hacer llegar sus informes y sus trámites a sus oficinas centrales.

La falta de plantas de telecomunicaciones en las zonas rurales de la región Puno hace necesario, el extender las redes de telecomunicaciones para descentralizar el acceso a la información que requieren los pobladores rurales de la región Puno. Para poder implementar estas plantas de telecomunicaciones es necesario hacer un estudio sobre su consumo energético y sobre el sistema fotovoltaico que pueda alimentar el consumo energético de la planta de telecomunicaciones, de manera eficiente y estable. El uso de esta tecnología para optimizar y energizar plantas de telecomunicaciones, también trae beneficios en los costos de funcionamiento de estas plantas a largo plazo, ya que en el tiempo se verá reflejado en su relación costo beneficio. La región Puno, que se caracteriza por tener un alto grado de irradiación solar que muy bien puede ser aprovechado al ser una fuente de energía renovable y amigable con el ambiente. Razón por el cual esta investigación abordara en como esta tecnología se puede usar para cubrir la necesidad del abastecimiento de energía en plantas de telecomunicaciones alejadas del sistema eléctrico convencional. El usar esta energía renovable en plantas de telecomunicaciones que necesitan una autonomía y fiabilidad en el suministro eléctrico. Actualmente, uno de los mayores retos a nivel mundial es satisfacer la creciente demanda de energía, haciéndolo de manera sustentable. Hoy en día, el 80% de la energía total generada proviene de los hidrocarburos. Los problemas con este tipo de energías no solo tienen que ver con la



creciente escasez de materia prima y con su relación directa con el calentamiento global, sino también con temas como la contaminación del aire, lluvia ácida, disminución de la capa de ozono y destrucción de áreas forestales. Debido a esto, el desarrollo de energías renovables ha tomado cada vez mayor importancia (Tamayo Pacheco, 2017).

### **El caso peruano**

En 2012, la Gerencia de Regulación de Tarifas (GRT) de Osinergmin trabajó en un estudio para determinar los costos y beneficios de la implementación de *smart grids* en el sistema eléctrico peruano. Esta sección se basa en los resultados obtenidos de la implementación de *Smart grids* en la generación distribuida.

El mencionado estudio tuvo como objetivo elaborar un diagnóstico de la situación actual del Perú con respecto a la aplicación de una tecnología de redes eléctricas inteligentes y recomendar una política, estrategia y primeros proyectos que permitan al país aprovechar los beneficios de esta tecnología.

Para tal objetivo, realizó un análisis del mercado de la infraestructura, del sistema de precios y del marco legal que rige en el sector eléctrico peruano para entender la situación actual del país en relación con la incorporación de esta tecnología. Además, propuso alternativas para incorporar esta nueva tecnología en las redes del sistema eléctrico peruano, con base en el conocimiento y experiencia end-to-end de redes inteligentes.

También especificó las iniciativas y proyectos para incorporar este tipo de tecnología en las redes del sector eléctrico peruano, y realizó un análisis costo-beneficio de cada uno de los componentes en las etapas de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, así como del impacto ambiental. Por último, propuso un plan de acción para la implementación de las redes eléctricas inteligentes y mostró una visión política y estratégica para la modernización y posicionamiento del



sector eléctrico peruano en cuanto a la incorporación de esta tecnología para los próximos 5, 10 y 15 años (Tamayo Pacheco, 2017).

## **1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

Usando un sistema solar fotovoltaico como energía renovable es posible realizar el estudio para energizar plantas remotas de telecomunicaciones.

## **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Objetivo general**

Realizar el estudio del sistema fotovoltaico eficiente para energizar plantas remotas de telecomunicaciones del proyecto de instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Puno.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Estudiar un sistema fotovoltaico eficiente para suministrar energía eléctrica a plantas remotas de telecomunicaciones en la región Puno.
- Comparar los beneficios de un sistema fotovoltaico en relación a un sistema eléctrico convencional.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Huayta, L., & Roberto, Y. (2019). En su investigación de grado “Implementación de un sistema fotovoltaico aislado para la electrificación de las estaciones base celular de la empresa Viettel Perú SAC, en zonas rurales de la provincia de Huancayo, 2019”. Llega a las siguientes conclusiones: En la presente tesis se determinaron las influencias significativas que conlleva el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico aislado, en la electrificación de las estaciones base celular de la empresa Viettel Perú S.A.C, para las zonas rurales de la provincia de Huancayo, donde presentan una geografía accidentada y donde llevar las redes convencionales para este fin, producen dificultades técnicas y económicas para la empresa. Según los indicadores económicos, se concluye que la implementación de un sistema fotovoltaico para la electrificación las estaciones base celular de la empresa Viettel Perú S.A.C, es económicamente rentable en un periodo de vida útil de 20 años, recuperándose la inversión inicial en un tiempo aproximado de 12 años. Se concluye que es posible suministrar de energía eléctrica, por medio de un sistema fotovoltaico aislado, a las estaciones base celular que tienen proyectadas a ser instalados en zonas rurales y de difícil acceso.

Cayotopa Medina, J. R. (2019). En su trabajo de Investigación “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas”. Señala que: Según el SENAMHI (Atlas 2003) se ha obtenido un valor de 4,25 kWh/m<sup>2</sup> /día y del software METEORNOM se ha obtenido un valor de 4,94 kWh/m<sup>2</sup> /día, además se obtuvo los datos de radiación solar promedio mensual donde según la NASA se ha obtenido un valor de 3,64 kWh/m<sup>2</sup> /día. De estos tres valores para el dimensionamiento de sistema fotovoltaico



se ha considerado el menor valor de ellos, es decir: 3,64 kWh/m<sup>2</sup> /día. El Costo del sistema fotovoltaico aislado es de S/ 206 019,36.

Ortiz Fustillos, Samuel, L., & Puma Caiza, D. (2018), en “EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS PARA LA ELECTRIFICACIÓN DE RADIO BASES REMOTAS DE CNT” establecen que: “el estudio técnico presenta una metodología para el diseño de sistemas fotovoltaicos para la electrificación de las estaciones de telecomunicaciones en lugares remotos del Ecuador, reemplazando a los grupos electrógenos actualmente utilizados como respaldo en cada lugar investigado” El estudio fue realizado con el propósito de hacer una evaluación económica y comprobar si realmente es real, el ahorro de operación y mantenimiento generados por los sistemas fotovoltaicos en comparación con los grupos electrógenos. Los resultados obtenidos por dichos investigadores mencionados demuestran que el uso de sistemas fotovoltaicos es económicamente más conveniente que los grupos electrógenos, cuando son usados para alimentar a las estaciones bases remotas. Así mismo, obtuvieron que el costo promedio de 0,15 USD/kWh y el cual comparado con lo de la energía generada por los grupos electrógenos resultó ser en promedio de 0,30 USD/kWh menor.

Portugal Chalco, I. (Arequipa-2018), en la tesis de grado “PROPUESTA DE SISTEMA FOTOVOLTAICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA VIVIENDAS DOMICILIARIAS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”. Universidad Continental, Arequipa. Ingeniero Electricista; hace mención que el Perú es un país privilegiado en cuestiones de radiación solar directa, pero lamentablemente no es aprovechado en todo su potencial. En Arequipa la radiación es mayor a 6 Kwh/día, el cual debe ser aprovechado mediante la implementación del sistema fotovoltaico para la energización de los hogares. Se realizaron estudios para determinar el consumo de Kw/h



consumido por tipo de vivienda y de acuerdo a esto se dimensiono los componentes del sistema solar fotovoltaico. Según los estudios hechos concluyen que el sistema fotovoltaico es rentable económicamente a partir de los 5.4 años, teniendo un aproximado de 15 años de ahorro de dinero, por consumo de energía eléctrica. Así también hacen mención que la implementación de estos sistemas contribuye en la reducción de la contaminación ambiental.

Chapoñan Cuzo, A. J. (2018). En su trabajo de investigación “Dimensionamiento de un Sistema de Generación Fotovoltaico Aislado para suministrar Energía Eléctrica a la localidad de Cruz De Pañala-Morrope-Lambayeque”. Llega a las siguientes conclusiones: Se obtuvo los datos de radiación solar promedio mensual de todo un año por medio de datos estadísticos brindados por la página de la NASA y del atlas del SENAMHI, en donde se tomó el nivel de radiación solar más bajo 4,01 kWh/ /día, para así no tener problemas con el sistema de generación de energía para la localidad de Cruz de Panala. Se presupuestó referencial el sistema del sistema generación y distribución, incluido los sistemas fotovoltaicos para bombeo tiene un total de: S/ 470 029,95

García, H. (2018). “Dimensionamiento de un sistema energético autosuficiente para un usuario residencial urbano” (Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico-Eléctrico). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Piura, Perú. Llega a la conclusión: A partir de los resultados obtenidos en el estudio de la implementación de sistemas alternativos de generación de energía, que basan su funcionamiento en el aprovechamiento de energías renovables, se puede afirmar que para el sistema fotovoltaico conectado a la red su viabilidad y rentabilidad es menor a la esperada, siendo un sistema rentable y viable en el caso que el costo de venta de la energía generada sea mayor a 1 S/ / kWh, pudiéndose recuperar de esta forma la inversión inicial después de 11 años para el caso de venta de



(1 S)/(kWh) de haberse instalado, lo cual es poco viable y en el caso que el valor de venta sea de (1.2 S)/(kWh) se podrá recuperar la inversión inicial después de 9 años teniendo un ganancia promedio de S/ 24000 al final de la vida útil del sistema. Esta situación puede mejorar a partir de la entrega de bonos por parte del estado con el fin de fomentar este tipo de sistemas, así como la exoneración de impuestos para los mismos.

ZAMORA, U. A. E. (2018) en su tesis de grado “ANÁLISIS DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL AUTOCONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA EN ZAMORA”. Llega a las siguientes conclusiones: Se puede llegar a generar energía limpia a pequeña escala sin suponer gasto extra a la larga frente al coste que supondría mantener una instalación a red eléctrica común. Las baterías conllevan el mayor gasto de estos sistemas, dependiendo en gran medida su viabilidad económica del correcto dimensionado de las mismas. El periodo Pay-Back de la instalación se sitúa en 12 años, un periodo demasiado grande para que sea rentable en su inicio.

Martín Muñoz S., José Luis S. Brito y Andrés Avilés N. (2017), en su trabajo titulado “DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO ENERGÉTICO PARA EDIFICIOS” llegaron a las conclusiones. El presente estudio ha permitido integrar un mix de suministro óptimo en base a diferentes fuentes, de esta manera ha sido posible satisfacer la demanda energética de un edificio de tamaño medio, utilizando una herramienta informática de programación, mediante la implementación de un algoritmo de optimización, basado en la programación lineal entera mixta, la cual ha permitido la obtención de un mínimo económico en función del número de fuentes a instalar así como la producción energética de cada una. Así mismo, en el ámbito de la edificación, han sido consideradas fuentes de origen renovable y sistemas de producción energética más eficientes que los tradicionales, rompiendo con el paradigma actual de generación



energética, centrando las fuentes de generación en el mismo punto de donde se consumen, promoviendo así el desarrollo del concepto de generación distribuida. De este modo, se ha integrado el uso de múltiples perfiles estacionales y la inclusión de la incertidumbre de las fuentes intermitentes, capaces de otorgar resultados lo más acordes a la realidad posible, mismos que exhiben interesantes variaciones en la introducción de las energías renovables dentro del mix energético. Los valores obtenidos han sido analizados en tres distintos escenarios temporales donde se vuelve notorio que el almacenamiento constituye la piedra angular actual y futura para el apoyo y gestión temporal de las fuentes de origen renovable, para un sistema de suministro distribuido cada vez más fiable, eficiente y limpio en términos ambientales. Los resultados de la sección térmica del estudio, sugieren una mayor introducción de fuentes de origen renovable en el escenario actual, mientras se incluyan nuevas políticas de incentivo y retribución al uso de estas fuentes para fines de calefacción y agua caliente sanitaria, y las revisiones futuras en los costos de inversión y producción se mantengan estables en fuentes térmicas convencionales, conllevará a una mayor introducción de las energías renovables en los próximos años. Por otra parte, los valores obtenidos en la sección eléctrica se presenta características alentadoras en cuanto a una considerable disminución en los costes fijos y variables de las fuentes renovables, sobre todo de la tecnología solar fotovoltaica; con lo cual, en condiciones favorables de generación, se ha alcanzado una producción de más del 50% de la demanda total del edificio, solo con el aporte de fuentes renovables. El algoritmo de optimización implementado no solo permite analizar el comportamiento de las fuentes ante las variaciones en los precios, sino que también brinda la posibilidad de añadir fácilmente fuentes adicionales y nuevos perfiles de demanda, según sea el caso de análisis, desplegando un amplio abanico de posibilidades y escenarios sujetos a estudio.



Sagua Mamani, W. (2017). En su trabajo de investigación “Análisis y modelamiento para un módulo fotovoltaico, basado en un sistema de generación de energía renovable microgrid en la ciudad de Puno”. Concluye que: La corriente generada por el módulo PV, está ligada directamente a la irradiancia solar; mientras la temperatura se relaciona al voltaje de esta; al cual también está sujeto la potencia de salida y la eficiencia del módulo. Estos son los factores determinantes para modelamiento del módulo PV. De acuerdo con los datos suministrados para la zona de interés, el nivel de radiación solar promedio mensual varía desde 5.5 a 6.80 kWh/m<sup>2</sup>día. El promedio anual de insolación diaria para la ciudad de Puno es de 5.95 KWh/m<sup>2</sup>dia, esto nos indica que tenemos aproximadamente 6 horas solar pico garantizados en un día; suficiente para generar energía y que al día de hoy esta no es aprovechada. Si bien los datos suministrados no son los más precisos, la información disponible es suficiente para poder diseñar diferentes aplicaciones fotovoltaicas.

Acevedo Garcés, F (2016), en su trabajo titulado “DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CON CAPACIDAD PARA 3 KILOVATIOS” llega a las siguientes conclusiones: Existe gran cantidad de proveedores y gran variedad de equipos para instalaciones solares fotovoltaicas; para su selección es necesario tener en cuenta el tipo de instalación (conectada, aislada o híbrida), la última versión de las normas y la calidad de energía requerida por la carga. Se obtuvo que el sistema operará eficientemente durante cualquier día del año con 16 paneles de 145 W, 6 baterías de 220 Ah a 12 Vdc, 1 regulador controlador MPPT de 3 kW y un inversor CC/CA de 4 kW.

Muñoz Abelairas, S. (2016). En su trabajo de investigación “Diseño de una instalación fotovoltaica para una estación base en Teruel, España”. Concluye que: Desde el punto de vista económico, si bien el desembolso para realizar la instalación fotovoltaica



es importante inicialmente, los gastos una vez está en funcionamiento son prácticamente inexistentes a excepción del mantenimiento de la misma que se llevaría a cabo de una a dos veces al año, suponiendo un bajo coste. Además, a esto hay que sumarle el hecho de que este diseño le supondrá al pueblo de Valmuel el poder contar con una conexión de internet 3G, lo que hace que España esté un poco más cerca de los objetivos sobre acceso a internet marcados en La Agenda Digital para Europa.

Martínez López, Andrea G. (2016) en su artículo titulado “ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOCONSUMO ELÉCTRICO BASADO EN PANELES FOTOVOLTAICOS PARA UNA VIVIENDA” llega a la conclusión de que los resultados del presente análisis, permiten observar que es posible implementar un sistema de paneles solares con la capacidad suficiente para abastecer la demanda energética total de una casa de clase social media, ubicada en el estado de Veracruz en México. Sin embargo, a fin de implementar un sistema totalmente autónomo, los sistemas de almacenamiento se vuelven el principal problema, fundamentalmente debido a que se requiere un número relativamente grande de baterías, las cuales requieren de condiciones de mantenimiento; aunado a un espacio considerable, exclusivo para almacenar estos dispositivos y a su elevado costo. Cabe mencionar que las proyecciones a mediano plazo para los sistemas fotovoltaicos implican el desarrollo de nuevas tecnologías en celdas solares con mayores eficiencias, dando un impacto importante en los sistemas de generación fotovoltaica. Lo antes expuesto nos revela la necesidad de impulsar el desarrollo de baterías de nueva generación con alto rendimiento y una adecuada capacidad de almacenamiento, a fin de hacer tecnológicamente viable el desarrollo de sistemas fotovoltaicos.

Iturralde Baque, M. A. (2016). En su trabajo de investigación “Estudio de las necesidades de un sistema de energía alternativa (energía solar) como respaldo para la



estación base El Pinal del cantón Daule provincia del Guayas” llega a las siguientes conclusiones: La demanda energética en kW/h no satisfecha en la estación base en relación a las horas solar pico serán respaldada hasta en un 100% considerando también un crecimiento en equipos por lo tanto constituye una alternativa viable, en zonas rurales como la del Piñal en el cantón Daule precisamente por tener falencias en el servicio eléctrico convencional. La implementación del sistema solar fotovoltaico propuesto con respecto a la cotización que se realizó resulta viable para la empresa ya que en relación con las pérdidas económicas que esta genera por las interrupciones en sus operaciones debido a que la red eléctrica convencional es deficiente. Será compensado en un corto tiempo considerando el tiempo de vida útil de un panel solar. Ecuador debido a la posición geográfica que ocupa en especial la provincia del Guayas con una latitud  $02^{\circ}15'S$  y longitud  $79^{\circ}52'W$  cuenta con muy buena radiación solar, estas condiciones permiten que este tipo de proyectos sean viables.

Quiroz Vázquez, F.I. & González Rivera J.A. & Coronado Vázquez J. C., Cárdenas Galindo V.M. (2016) en sus trabajo titulado “ANÁLISIS DEL DIMENSIONAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON FINES DE INVESTIGACIÓN” llegaron a la conclusión de que la planificación en la distribución de los módulos fotovoltaicos y su interconexión es crítica, desde el punto de vista de reducción de pérdidas para incrementar la generación final de energía eléctrica. Las variaciones en generación pueden ser de niveles relativamente bajos ( $<1\%$ ), pero que en una operación de largo plazo resultan en pérdidas acumuladas crecientes. Al realizar una conexión superior a 27 módulos en serie, el nivel de tensión puede llegar a considerarse como crítico, pues la operación en circuito abierto genera un nivel de tensión global próximo a 1000 V, que es el máximo permitido por el estándar y las hojas de datos en términos de aislamiento. Sin embargo, podría en un futuro contemplarse el análisis para



el uso de una protección que garantice la correcta operación del sistema. Por otro lado, dada la longitud de cableado, y con la finalidad de reducir las pérdidas de conducción, se puede proponer una instalación con un conductor de acometida de calibre superior al mínimo necesario, con el objetivo de maximizar la transferencia de potencia entre las celdas solares y la aplicación, reduciendo las pérdidas.

Peñaloza Graterón, J. H. (2016) en su trabajo de investigación “Diseño y Coordinación de Protecciones Eléctricas de una Micro-Red para una Estación Base de Comunicación en Condición de Isla”. menciona que: El sistema eléctrico de una estación base permite la inclusión de nuevos sistemas de generación de energía renovables, el diseño de la micro-red se realizó en un contexto general para la implementación en Colombia, evaluando los recursos solar y eólicos especificando los equipos adecuados para implementación en estaciones de comunicaciones, Sin embargo en la instalación de fuentes de generación eólico y paneles fotovoltaicos, se debe evaluar por separado la viabilidad de su implementación en una región específica. Es posible que en algunas estaciones base solo se puedan implementar paneles solares, en otros solo generadores eólicos y en otros casos se puedan implementar las dos fuentes siendo un sistema más dinámico.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 La Energía**

La energía es la capacidad que tienen los cuerpos para producir trabajo: trabajo mecánico, emisión de luz, generación de calor, etc. La energía 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, prácticamente toda la energía de que disponemos proviene del Sol. El Sol produce el viento, la evaporación de las aguas superficiales, la



formación de nubes, las lluvias, etc. Su calor y su luz son la base de numerosas reacciones químicas indispensables para el desarrollo de los vegetales y de los animales, cuyos restos, con el paso de los siglos, originaron los combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008).

### **2.2.2 Eficiencia Energética**

Reducción del consumo de energía sin afectar o disminuir la producción de bienes, servicios o confort. La eficiencia energética (EE) se define como el cociente entre la energía requerida para desarrollar una actividad específica, y la cantidad de energía primaria usada para el proceso. El concepto de EE ha tomado auge, ya que se ve como una solución a dos temas críticos de la agenda del sector industrial actual: el consumo energético y la generación de gases de efecto invernadero. La eficiencia energética es reconocida por diferentes sectores como un mecanismo de mejora de la productividad e incremento de la competitividad empresarial. Aunque se han hecho análisis sectoriales relacionados con los consumos energéticos, identificando aquellos en los cuales se presentan mayores consumos y de esas industrias ya se tienen identificadas las principales fuentes de consumo, no se ha iniciado de manera activa por parte de las empresas un movimiento hacia la adopción de tecnologías que permitan hacer racional el uso de la energía (Gonzalez & Sánchez, 2014).

En el Perú está promoviendo el uso de energías renovables y su uso eficiente, para que diferentes empresas inviertan en esta nueva alternativa. Se modificaron diversos artículos de la Ley de Concesiones Eléctricas (LCE) con el objetivo de garantizar la ampliación efectiva de la frontera eléctrica en el ámbito nacional, y el suministro de energía eléctrica con estándares de calidad y seguridad, manteniendo la sostenibilidad del mercado eléctrico. Al respecto, el artículo 1 del D.L. N° 1221 señala las modificaciones a los artículos, entre los que cabe destacar la modificación realizada al artículo 64 de la



LCE, en donde en adición al Valor Agregado de Distribución (VAD) se incorpora un cargo asociado a la innovación tecnológica en los sistemas de distribución, equivalente a un porcentaje máximo de los ingresos anuales que tengan como objetivo el desarrollo de proyectos de innovación tecnológica y/o eficiencia energética. Estos deberán ser propuestos y sustentados por las empresas y aprobados por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Tamayo Pacheco, 2017).

#### **2.2.2.1. Laboratorio independiente DNVGL**

En 2012, DNVGL desarrolló el programa de calificación de productos de placas fotovoltaicas, denominado por las siglas PQP, para apoyar a la comunidad solar con dos objetivos: Proporcionar a los compradores de equipos fotovoltaicos y a los inversores de centrales eléctricas una fiabilidad independiente y constante y datos de rendimiento para apoyar la implementación de un proceso efectivo de gestión de proveedores (como una Lista de productos o proveedores aprobados). Proporcionar reconocimiento independiente a los fabricantes de módulos que superan a sus competidores en calidad de producto y durabilidad. Esta lista de módulos fotovoltaicos con su puntuación, es una destilación de los resultados de PQP (Product Qualification Program) de los últimos 18 meses. En los últimos cinco años, el DNVGL ha probado más de 300 listas de materiales para más de 50 fabricantes de módulos solares (SUNFIELDS, 2020).

#### **2.2.2.2. PV Evolution Labs (PVEL)**

Es el laboratorio líder de pruebas de confiabilidad y rendimiento para desarrolladores de proyectos solares posteriores, financieros, propietarios y operadores de activos en todo el mundo. Con más de diez años de experiencia y acumulada datos, PVEL realiza pruebas que demuestran la capacidad de financiación de la tecnología solar. Sus informes confiables e independientes reemplazan suposiciones sobre el rendimiento



del equipo solar con métricas cuantificables basadas en datos que permiten una energía solar eficiente desarrollo y financiamiento de proyectos (Doyle & Erion-lorico, 2020).

### **2.2.2.3. CTL Testing**

CTL, con sede en el distrito de Nanshan, Shenzhen, adyacente al parque científico y tecnológico. Actualmente, contamos con laboratorios de prueba que se establecieron en Shenzhen, Dongguan y Zhongshan. Los laboratorios son una plataforma de laboratorio de pruebas independiente y de terceros establecida en estricta conformidad con las normas internacionales de gestión de laboratorios ISO / IEC 17025. Los clientes de CTL cubren todas las provincias y ciudades de China, y el número total de empresas de servicios es más de 10,000 y tenemos más de 100 empleados (CTL-Lab, 2019).

### **2.2.3 Red eléctrica Convencional**

Este concepto se basa en que la red eléctrica convencional, que actualmente tenemos en nuestras ciudades, está diseñada para distribuir la energía en una sola dirección, es decir, desde la empresa eléctrica hasta el cliente. Este sistema no contribuye, por ejemplo, a la implementación de tecnologías de eficiencia energética, ni facilita la incorporación de fuentes de generación de energía, como la solar o eólica, que podemos tener en casa para nuestro autoconsumo o la selección de tarifas eléctricas más económicas para nosotros (Ministerio de Energía y Minas, s/f).

El COES es una entidad privada, sin fines de lucro y con personería de Derecho Público. Está conformado por todos los Agentes del SEIN (Generadores, Transmisores, Distribuidores y Usuarios Libres) y sus decisiones son de cumplimiento obligatorio por los Agentes. Su finalidad es coordinar la operación de corto, mediano y largo plazo del SEIN al mínimo costo, preservando la seguridad del sistema, el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, así como planificar el desarrollo de la transmisión del SEIN y administrar el Mercado de Corto Plazo (COES, s/f).

#### **2.2.4 Energía Solar**

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable y, por tanto, inagotable, limpia que se puede aprovechar en el mismo lugar en que se produce (auto gestionada). La sostenibilidad energética en un futuro vendrá dada por el uso de las energías renovables (Méndez Muñoz & Cuervo García, 2017).

La energía solar es una de las fuentes de la vida y el origen de la mayoría de las demás formas de energía conocidas. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad que consume toda la humanidad. De ahí que la radiación solar, recogida de forma adecuada con paneles solares, puede transformarse en otras formas de energía. Mediante el empleo de colectores solares la energía solar puede transformarse en energía térmica. A su vez, con el empleo de paneles fotovoltaicos la energía luminosa puede transformarse en energía eléctrica. Ambos procesos demandan tecnologías diferentes que no tienen nada que ver una con la otra. De mismo modo, en las centrales térmicas solares, la energía térmica captada por los colectores solares puede utilizarse para generar electricidad. Se distinguen dos formas de radiación solar: la radiación directa y la radiación difusa. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna, gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar ocasionados por las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que concentración de la luz difusa no es posible por provenir de múltiples direcciones. Sin embargo, ambas radiaciones son aprovechables (Osinermin, 2020).

#### **2.2.5 Radiación Solar**

La radiación emitida por el Sol atraviesa el espacio vacío en todas direcciones. No sufre pérdidas apreciables por interacción con medios materiales. Sin embargo, la



irradiancia solar, definida como la densidad de flujo radiante solar, es atenuada de acuerdo con el cuadrado de la distancia. Parte de esta irradiancia solar es interceptada por el planeta Tierra. Dada la relación entre la distancia con el Sol y el tamaño de nuestro planeta, es razonable asumir que su valor es constante en toda la superficie exterior de nuestra atmósfera. Se define la constante solar,  $B_0$ , como el valor de irradiancia solar incidente en un plano normal al vector Sol-Tierra en el límite superior de la atmósfera terrestre. Diferentes campañas de medidas han obtenido valores diferentes para la constante solar, pero se acepta como representativo el valor promedio de  $B_0=1367W_{m^2}$  propuesto por la Organización Meteorológica Mundial (Perpiñan Lamigueiro, 2012).

La energía que una onda puede transmitir está asociado a su frecuencia. Mientras mayor sea una frecuencia, mayor energía transmitirá. El comportamiento de una onda electromagnética es inversamente proporcional a la frecuencia. Es decir mayor la frecuencia de onda, menor será su longitud. Se distinguen dos formas de radiación solar: la radiación directa y la radiación difusa. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna, gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar ocasionados por las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2017).

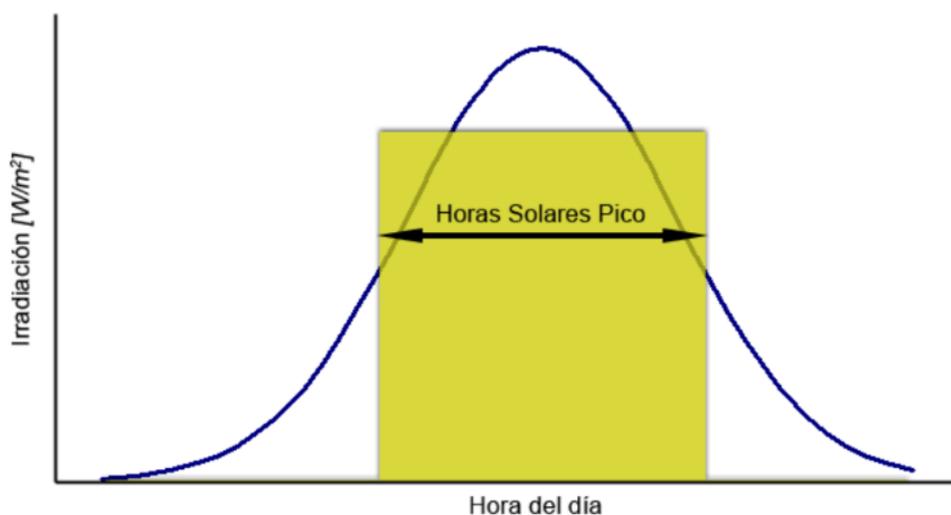
#### **2.2.5.1. Angulo de inclinación**

La inclinación de los rayos del sol y en consecuencia la radiación incidente respecto a la superficie horizontal es variable a lo largo del año, esto quiere decir que en estaciones veraniegas serán máximas y en invierno serán mínimas, debido a esto una forma de optimizar las instalaciones de los paneles es fijándolo en un ángulo que optimizará la colección de energía sobre una base anual. Puesto que el Perú está ubicado por debajo de

la línea ecuatorial y a la vez muy próximo a dicha línea, el panel ha de estar orientado hacia el norte y los ángulos óptimos están entre  $10^\circ$  y  $30^\circ$  (Autosolar Peru, 2018).

### 2.2.5.2. Insolación

En el diseño del sistema fotovoltaico es imprescindible conocer la cantidad de luz solar disponible en un lugar determinado en un momento dado. Los dos métodos más comunes que caracterizan a la radiación solar son la radiación solar (o radiación) e insolación solar. La radiación solar es una densidad de potencia instantánea en unidades de  $\text{kW}/\text{m}^2$ . La radiación solar varía a lo largo del día desde  $0 \text{ kW}/\text{m}^2$  por la noche a un máximo de aproximadamente  $0 \text{ kW}/\text{m}^2$  por la noche a un máximo de aproximadamente  $1 \text{ kW}/\text{m}^2$ . La radiación solar depende en gran medida de la ubicación y el clima local. Mediciones de la radiación solar consisten en mediciones de la radiación global y/o directa tomadas periódicamente durante todo el día. Las mediciones se realizan utilizando un piranómetro (medición de la radiación global) y/o un pirheliómetro (medición de la radiación directa) (Honsberg & Bowden, 2019).



**Figura 1:** Irradiación solar en la sección de los paneles solares

Fuente: (Sebastian, 2011)

### **2.2.6 Hora Solar Pico (HSP)**

La radiación que sale del sol no es idéntica a la que llega a la superficie de la tierra, debido a que esta atraviesa la atmosfera terrestre. La cantidad de radiación absorbida o dispersada depende de la trayectoria óptica de la radiación a través de la atmosfera. En condiciones de un día totalmente claro y con rayos del sol orientados perpendicularmente al panel fotovoltaico se aprovecha más de las tres cuartas partes de su valor Fig. (1). El resto se refleja en la atmosfera siendo las nubes, los vapores de agua, el ozono y los otros gases. Ubicando el sol en el punto más alto, a medio día solar, la radiación es mucho mayor y con distinta calidad espectral que cuando está cerca del horizonte. Este momento es la Hora Solar Pico (HSP). Se consideran tres los factores que afectan la cantidad de radiación solar: Geográficos, Latitud, Exposición, Inclinação del suelo, Atmosféricos, Atmosfera (nubosidad), Partículas en suspensión (naturales y antrópicas), Otros, Estación del año, Hora del día (Sebastian, 2011).

### **2.2.7 Tecnología solar fotovoltaica**

Usada para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar. La energía solar fotovoltaica consiste en la obtención de electricidad directamente de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o una deposición de metales sobre un sustrato denominado célula solar de película fina. Los paneles solares fotovoltaicos no producen calor que se pueda reaprovechar, aunque hay líneas de investigación sobre paneles híbridos que permiten generar energía eléctrica y térmica al mismo tiempo. Estos paneles son apropiados para proyectos de electrificación rural en zonas que no cuentan con red eléctrica, instalaciones sencillas en azoteas y de autoconsumo fotovoltaico. El autoconsumo fotovoltaico consiste en la producción individual, a pequeña escala, de electricidad para el propio consumo, mediante equipos de electricidad renovable (paneles



solares fotovoltaicos, aerogenerador), algunos de ellos autoinstalables. Se puede complementar con el balance neto en las instalaciones autónomas o bien facilitar la independencia energética (instalaciones desconectadas). Así, en el caso de un sistema conectado a red, el balance neto permite verter a la red eléctrica el exceso producido por un sistema de autoconsumo con la finalidad de poder hacer uso del sobrante en otro momento. De esta forma, la compañía eléctrica que proporcione la electricidad cuando la demanda sea superior a la producción del sistema de autoconsumo, descontará de la factura el exceso producido por el sistema de autoconsumo (Tamayo Pacheco, 2017).

### **2.2.8 Células Fotovoltaicas**

Dichas celdas están formadas por dispositivos de tipo diodo que consisten en materiales semiconductores, en los cuales se crea artificialmente un campo eléctrico estable (mediante una unión p-n), que, al recibir la radiación solar, se excita y causa los saltos de electrones, generando una pequeña diferencia de potencial en sus extremos (Chávez Guerrero, 2012).

La celda tiene dos terminales: la cara está expuesta a la luz, tiene una red metálica muy fina (plata y / o aluminio), que recoge los electrones fotogenerados. Esta capa corresponde al terminal negativo. El otro lado tiene una capa metálica, generalmente de aluminio, corresponde al terminal positivo debido a que las cargas positivas se acumulan en él (Chávez Guerrero, 2012, p. 31).

La celda también está recubierta por una delgada capa anti reflectante con el propósito de reducir las pérdidas por reflexión. Pueden producir amperajes a una tensión de 0.46 a 0.48 V, luego las celdas se acoplan en serie sobre los paneles fotovoltaicos para conseguir un voltaje adecuado según el tipo de aplicación (Chávez Guerrero, 2012).



### 2.2.8.1. Tipos de células fotovoltaicas.

(Chávez Guerrero, 2012) Hace mención que las fotovoltaicas comerciales se fabrican con lingotes de silicio de alta pureza (material muy abundante en la arena). El lingote es rebanado en forma de placas delgadas llamadas obleas. El espesor típico usado es del orden de 0.3 mm. Una fracción muy pequeña de tal espesor es impregnado con átomos de fósforo. A esta capa se le conoce como tipo-n. El resto de la oblea es impregnado con átomos de boro y se forma la capa conocida como tipo-p. Estas capas forman un campo eléctrico (voltaje interno construido) dentro de la oblea y cerca de la superficie que recibe la luz del sol. Dicho voltaje es el responsable de separar a las cargas fotogenerados positivas (huecos) y negativas (electrones). Se clasifican de la siguiente manera:

- ***Células de Silicio monocristalino:*** Se obtienen a partir de barras o bloques de silicio, cerrándolas en finas capas (obleas). Según la cantidad de material que se bisela, resultan obleas cuadradas, rectangulares o redondas. Se caracteriza por su estructura uniforme y periódica, de modo que tenga solamente una orientación cristalina debido a la disposición simétrica de sus átomos. El rendimiento alcanzado en estudios de laboratorio fueron de 24% y un rendimiento directo de 15 a 18% (Chávez Guerrero, 2012). Actualmente, con esta tecnología, es posible obtener una eficiencia superior a 25% en condiciones de laboratorio, aunque, para propósitos comerciales, el valor de la eficiencia cae ligeramente, logrando valores dentro del 15-22%. La eficiencia fluctúa según al proceso de fabricación (Mesquita et al., 2019).
- ***Células de Silicio policristalino:*** La mayor diferencia entre las tecnologías de silicio está relacionado a su eficiencia, en el caso de las células policristalinas, tienen un rendimiento directo en la producción de energía entre 12 a 14%. Es formado a partir de varias partículas de silicio con dimensiones en el orden de centímetros, después



esta es compactada en lingotes de silicio y cortados en láminas, de donde serán derivadas las células de silicio policristalino con una espesura aproximada de 0.2mm. (Chávez Guerrero, 2012). Aunque, hoy en día, es posible alcanzar la eficiencia del 22,3% en entorno de laboratorio y a gran escala la eficiencia de producción está en el rango del 14 al 20%. Y también se reducen los costes de producción y los residuos de silicio generados. Otro aspecto observado es un mayor rendimiento de un módulo policristalino en comparación con un módulo monocristalino del mismo fabricante. Esto ocurre debido al proceso de fabricación en gran escala de estas tecnologías presentan eficiencias similares, porque las tecnologías policristalinas tienen un mejor uso el área del módulo, en algunos casos se logra un mejor rendimiento (Mesquita et al., 2019).

- **Células de Silicio amorfo:** El silicio amorfo es mucho más barato debido a que no es necesario someterlo a un proceso de cristalización, pero tiene un rendimiento energético bajo y es desgastado rápidamente por la luz solar. Este tipo de célula tiene un costo de fabricación barato y su espesor es delgado en comparación a los otros tipos, el rendimiento directo alcanzado es menor al 10% (Chávez Guerrero, 2012).

### 2.2.9 Sistemas Fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes que aprovechan la energía que produce el sol, la captan y la convierten en energía eléctrica. Las horas de incidencia de radiación solar, sobre los paneles, son fundamentales para la generación de energía eléctrica del sistema (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2017). Estos sistemas de acuerdo al tipo de utilización se pueden dividir en las siguientes categorías:



### **2.2.9.1. Sistemas Aislados:**

Se denominan sistemas aislados debido a que no se encuentran conectados a la red eléctrica, habitualmente presentan sistemas de acumulación para el almacenamiento de la energía producida. El campo fotovoltaico solo genera energía durante las horas del día, en la fase de insolación, por lo que acumular la energía que no es utilizada es necesario, para su posterior uso en las horas de la tarde y noche (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2017).

### **2.2.9.2. Sistemas Conectados a Red:**

Estos sistemas captan la energía solar y la convierten en energía eléctrica mediante los paneles solares, que posteriormente es canalizada hacia la red eléctrica directamente mediante un inversor de corriente (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2017).

Al contrario de un sistema aislado la energía no se almacena, ya que en horas de menor insolación o en la noche la carga es abastecida de energía por medio de la red de distribución convencional. Este sistema es muy confiable debido que, a cualquier interrupción o fallo en la red eléctrica, los paneles solares pueden abastecer de energía eléctrica (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2017).

### **2.2.9.3. Sistemas Híbridos**

Esto significa que cuando un sistema fotovoltaico además del generador solar, incorpora otro generador de energía se denomina sistema híbrido, y en general se utiliza la energía eólica o los grupos electrógenos. Estas combinaciones se dan para aprovechar algún recurso energético localizado cerca de la instalación o para tener mayor fiabilidad en el suministro de energía. Normalmente la generación fotovoltaica es compatible con cualquier otra generación eléctrica (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2017).



## 2.2.10 Componentes del Sistema Fotovoltaico

### 2.2.10.1. Panel Solar

Cada célula solar fotovoltaica produce de  $0,4V$  a  $0,7V$  y aproximadamente  $3^a$ , de acuerdo a sus características constructivas cuando se expone a la luz. Por lo tanto, un módulo fotovoltaico, está construido por una matriz de células fotovoltaicas dispuestas en conexión serie y paralelo. Al conectarse las células en paralelo, las corrientes se suman a cada módulo y el voltaje del módulo es exactamente el voltaje de la célula fotovoltaica. La corriente producida por el efecto fotovoltaico es continua. Cuando una célula solar dentro de un módulo, por alguna razón presenta problemas al entregar la potencia de salida requerida por el módulo y cae drásticamente y está ligada en una conexión en serie, comprometerá todo el funcionamiento de las demás células fotovoltaicas del módulo. Para que toda la corriente de un módulo fotovoltaico no esté limitada por una célula por el peor rendimiento en el caso de ser dañada, se utiliza una protección de diodos, llamado diodo de paso o bypass, eléctricamente conectada a la célula, pero con la polaridad opuesta. El uso del diodo de bypass se realiza en agrupamientos de células, lo que hace que sea muy barato en comparación con el coste de la conexión de un diodo en cada célula solar fotovoltaica (Md. Rabiul Islam et al., 2016).

En la superficie de esta lámina es colocada una malla metálica fabricada de plata con el objetivo de captar los electrones sueltos por la célula. En la parte de atrás de las células, es colocado un colector de una liga metálica entre aluminio o plata, y se hace la interconexión de las células en serie y en paralelo, formando la base de los módulos. Este proceso puede ser realizado manualmente o por proceso automatizado en equipamientos específicos. Entonces estas células son unidas en serie formándose como unas cuerdas. Estas series son después conectadas en paralelo, formando los módulos fotovoltaicos, posteriormente se da el proceso de laminación y encapsulado en vacío para garantizar



resistencia mecánica a los módulos solares y finalmente todo el compacto es insertado en un marco de aluminio (Chávez Guerrero, 2012).

La conexión mixta en serie y paralelo se puede entender mejor: Al conectar los paneles en serie (a la asociación de paneles en serie se le llama string) lo que se consigue es, manteniendo la intensidad del string (que es la de máxima potencia ( $IMPP$ ) de un panel), aumentar la tensión del string. La asociación serié es un sumador de tensiones. Se va sumando la tensión de máxima potencia ( $VMPP$ ) de cada panel para determinar la tensión del string. Y Mediante la conexión en paralelo de los paneles o los strings se consigue aumentar la intensidad del campo fotovoltaico manteniendo la tensión. Se va sumando la intensidad de cada panel o string (que es la  $IMPP$ ) para determinar la intensidad total del conjunto (Alvarado Ladrón de Guevara, 2018).

#### **2.2.10.2. Regulador de Carga**

Se encarga de controlar la carga de las baterías, así como la descarga y evitar cargas o descargas excesivas. De un modo sencillo, un regulador se puede entender como un interruptor, cerrado y conectado en serie entre paneles y batería para el proceso de carga y abierto cuando la batería está totalmente cargada. Las intensidades máximas de entrada y salida del regulador adecuado para cada aplicación dependerán de la corriente de máxima que pueda producir el sistema de generación fotovoltaico para la entrada y la corriente máxima de las cargas para la salida. Para tener en cuenta los posibles picos de irradiancia o los cambios de temperatura, es recomendable que, a la hora de escoger el regulador, sea aquel con un 15-25% superior a la corriente de cortocircuito que le puede llegar del sistema de generación fotovoltaico ( $I$  entrada) o bien, de la que puede consumir la carga del sistema ( $I$  salida). La elección del regulador será aquel que soporte la mayor de las dos corrientes calculadas (Marzoa, 2011).



Para un correcto funcionamiento de un sistema fotovoltaico, es imprescindible la instalación de un sistema de regulación de carga en la unión entre los módulos solares y las baterías. Encargado de regular la cantidad de energía procedente de los paneles y que se almacena en las baterías para su posterior uso. El regulador trabaja por tanto en las dos zonas. En la parte relacionada con la carga, su misión es la de garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar las situaciones de sobrecarga, y en la parte de descarga se ocupará de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería. Estos elementos evitan cargas o descargas excesivas y protegen la vida de las baterías, los reguladores de carga PWM y MPPT son ambos ampliamente utilizados para cargar las baterías con energía solar (Sagua Mamani, 2017).

- **El regulador PWM.** Es, en esencia, un interruptor que conecta los paneles solares a la batería. El resultado es que la tensión de dichos paneles descenderá a valores cercanos de la tensión de la batería (Sagua Mamani, 2017).
- **El regulador MPPT.** Esta es la versión más sofisticada de los reguladores que hay en el mercado, ya que incorpora un convertidor de CC a CA a la salida de los módulos solares, lo que permite aislar el voltaje de trabajo de los módulos fotovoltaicos del voltaje de las baterías. De esta manera, los módulos pueden trabajar en su punto de máxima potencia y, por tanto, el máximo rendimiento posible. Energía para suministrar un voltaje variable requerido por la batería, así como para la carga (Sagua Mamani, 2017).

### 2.2.10.3. Inversor

Dependiendo de los requisitos de la carga, existen una serie de diferentes tipos de inversores disponibles. La selección del inversor adecuado para una aplicación particular depende de los requisitos de forma de onda de la carga y de la eficiencia del inversor,



también dependerá de si el inversor será un parte de un sistema conectado a la red o un sistema independiente (Messenger & Abtahi, 2017).

El sistema de acondicionamiento y control energético está formado por un inversor que transforma la corriente continua en alterna y controla la calidad de la energía destinada a la red mediante un filtro L-C montado en el interior del propio inversor. La señal de potencia suministrada por un generador fotovoltaico iluminado es en tensión continua, que debe ser acondicionada para permitir el correcto acoplamiento a la red eléctrica. El equipo de acondicionamiento de potencia, denominado inversor DC/AC, realiza la conversión de continua a alterna cumpliendo con determinados requisitos de tensión eficaz, frecuencia, distorsión armónica de las ondas de tensión y corriente, eficiencia y rendimiento, seguridad eléctrica, etc. El inversor generalmente funciona como fuente de corriente auto-conmutada y sincronizada con la red (Perpiñan Lamigueiro, 2012).

#### **2.2.10.4. Baterías**

Debido a que la radiación solar frecuentemente no coincide perfectamente con los requerimientos de energía ni que el sol esté disponible todo el día. En esta situación se necesita un sistema de baterías para acumular la energía producida por el sistema fotovoltaico (Messenger & Abtahi, 2017).

Sin embargo, el precio que se paga por el uso de las baterías involucra una disminución en la eficiencia del sistema fotovoltaico, ya que aproximadamente solo el 80 % de la energía que se almacena en la batería puede utilizarse. Adicional a esto, el banco de baterías ocupa espacio considerable, lo que puede implicar algunos riesgos y exige un mantenimiento periódico (Messenger & Abtahi, 2017).

### **Unidad de medida de la capacidad de las baterías (Ah).**

Se define la capacidad de una batería como la cantidad de electricidad que puede obtenerse durante una descarga completa de la batería plenamente llena. Esta capacidad se mide en amperios/hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga (Hogarsense, 2020).

Existen diferentes tipos de baterías usados en los sistemas fotovoltaicos, que varían en sus precios y sus capacidades los cuales son:

- **Baterías Monoblock**

Cuenta con unos 350 ciclos de carga y descarga y no muy buena respuesta frente a descargas profundas o sobre descargas, se recomienda en estas baterías no sobrepasar nunca el 50% de descarga. Aptas para aquellas instalaciones solares de iluminación con consumos pequeños (Vilches Verzosa, 2019).



**Figura 2:** Batería Monoblock  
Fuente: (Vilches Verzosa, 2019)

- **Baterías de Ciclo Profundo**

Las denominadas baterías de ciclo profundo tienen un formato similar al monoblock, pero son un poco más grandes y están pensadas para instalaciones solares de uso diario, pues tienen una durabilidad 3-4 veces mayor que un monoblock, pudiendo llegar hasta los 6-7 años de vida. Por tanto, las baterías de ciclo profundo pueden ser la mejor opción para instalaciones solares con consumos medios y utilización todo el año, donde la durabilidad de la batería también sea un factor importante. La característica principal de las baterías de ciclo profundo es su capacidad para soportar numerosas descargas completas sin merma de su vida útil, ni dañar la batería, lo cual no es habitual en otros tipos de baterías (Tecnosol, 2020).



**Figura 3:** Batería de ciclo profundo  
Fuente: (Vilches Verzosa, 2019)

- **Baterías AGM**

Las baterías de AGM tienen el electrolito inmovilizado y unas válvulas de regulación de gases para evitar pérdidas, por eso se llaman “sin mantenimiento”. Tienen una duración media medida en número de ciclos de carga-descarga a una misma profundidad de descarga más elevada que las baterías monoblock. A diferencia del



resto de tipos de baterías, en las baterías AGM el ácido es absorbido entre las placas e inmovilizado por medio de unas alfombrillas o esteras de fibra de vidrio muy fina. Las características que le otorga estos separadores y la forma de diseño y ensamblaje de la batería, convierten a las baterías AGM en una batería segura, que resiste las vibraciones y golpes, y donde no se derramará electrolito. La batería AGM está pensada para pequeñas instalaciones fotovoltaicas en las que realizar el mantenimiento sería muy difícil o costoso (Tecnosol, 2020).

También se recomienda su uso en lugares:

- Donde la resistencia a golpes y vibraciones es importante
- Donde no se puede tolerar el derrame de ácido por fugas, vuelcos o roturas
- Donde las baterías pueden estar sujetas a congelación (-4 °C).

Son muchas las ventajas de las Baterías AGM, son más rápidas que las Monoblock y pueden hacer frente a motores de arranque sin dañarse. Entre otras ventajas de las AGM destacan:

- Larga Vida útil, incluso sometiéndolas a ciclos de descarga profundos
- Alta potencia: Al tener mayor carga y una mayor capacidad de ciclos de carga-descarga.
- Potencia de arranque superior: Las baterías AGM son adecuadas para la entrega a corto plazo de altas corrientes
- Rapidez de carga: Tiempo de carga 5 veces más rápido que las baterías convencionales
- Carcasa sellada y a prueba de derrames
- Resistente a golpes y vibraciones

- No emiten hidrógeno cuando se cargan, por lo que no necesitan ventilación y puede utilizarse en ambientes cerrados
- Fácil transporte: selladas de manera que se pueden transportar de forma segura y sin restricciones por peligrosidad
- Más ligeras de peso que las baterías de ácido-plomo normales
- Retiene agua por más tiempo
- Funcionan a una capacidad óptima en un amplio rango de temperaturas:
- Recomendadas para ambientes fríos, tienen un buen comportamiento a bajas temperaturas.
- En ambientes cálidos, resisten mejor el deterioro, asegurando un voltaje estable (Tecnosol, 2020).



**Figura 4:** Batería AGM POWER 260  
Fuente: (Tecnosol, 2020)

- **Baterías estacionarias**

Son las baterías que más se aconsejan para el uso fotovoltaico. Requieren un mantenimiento mínimo y es solamente rellenarlas cada cierto tiempo con agua destilada. Producen una excelente respuesta frente a las descargas profundas (Vilches Verzosa, 2019).



**Figura 5:** Baterías estacionarias plomo-acidas abiertas

Fuente: (Vilches Verzosa, 2019)

- **Baterías litio**

Aunque poseen una menor cantidad de energía en comparación con otros tipos de batería, las baterías de litio son seguras siempre que se respeten los límites de voltaje y corriente. Estas baterías requieren de un bajo mantenimiento, no tienen efecto memoria y no necesitan ser descargada por completo para mantenerse en buenas condiciones; así mismo la auto descarga es mucho menor que la presentada con otras tecnologías. Adicionalmente, el voltaje nominal de 3.6 V de las baterías de litio estándar, puede alimentar directamente una gran variedad de dispositivos electrónicos como teléfonos y cámaras. Los inconvenientes de las baterías de ion litio radican principalmente en la necesidad de circuitos de protección, la afectación del

rendimiento con la edad, las restricciones actuales en su transporte debido a su riesgo de incineración y su alto costo de fabricación en comparación con otros tipos de batería (Pérez Valderrama & Walteros Parra, 2016).



**Figura 6:** Batería Litio LG RESU 6.5 48V  
Fuente: (Tecnosol, 2020)

### 2.2.11 BTS (Base Transceiver Station)

Gabinete de telecomunicaciones que alberga los transmisores/receptores (TRX) necesarios para brindar servicio a la celda. Comprende los equipos de transmisión y recepción, los elementos de conexión al sistema radiante (combinadores, multiacopladores, cables coaxiales), las antenas y los accesorios (torres soporte, pararrayos, tomas de tierra, etc.). La BTS contiene uno o más transreceptores (TRX) y da servicio hasta un máximo de tres sectores. Se encarga del procesamiento de voz, entendiéndose incluidos los métodos utilizados para garantizar una conexión sin errores entre la MS y la BTS. Los sectores de una estación se encuentran físicamente agrupados dentro de la BTS. La BTS realiza principalmente dos tareas: proveer el enlace de radiofrecuencia con las estaciones móviles y proveer el enlace PCM (Pulse Code Modulation) para conectarse con el BSC a través de fibra o microondas (Herrera García, 2007).



La BTS ejerce una serie de funciones, descritas a continuación:

- Capacidad de gestionar canales Full Rate y Half Rate.
- Antenna Diversity, es decir la utilización de dos antenas de recepción para mejorar la calidad de la señal recibida; las dos antenas reciben de forma independiente la misma señal y están afectadas de distinto modo por el fading; la posibilidad de que ambas sean afectadas al mismo tiempo por un fading profundo es muy pequeña.
- Supervisión de la Relación de Ondas Estacionarias (ROS) en la antena.
- Frequency Hopping (FH): cambio de la frecuencia usada en un canal radio a intervalos regulares, con el fin de mejorar la calidad del servicio a través de las distintas frecuencias.
- Discontinuos Transmission (TDX) ya sea en el up-link como en el down-link.
- El Control Dinámico de la Potencia (DPC) de la MS y de la BTS: el BSC determina la potencia óptima con la que la MS y la BTS deben transmitir sobre el canal radio (explotando las mediciones realizadas por la MS y la BTS), para mejorar la eficiencia espectral.
- Gestión de los algoritmos de clave: la información de los usuarios se encripta para garantizar al abonado una cierta discreción sobre el canal de tráfico y el de señalización. El proceso de criptografía de los datos debe ser realizado por la BTS sobre las informaciones transmitidas al canal radio, el algoritmo que debe utilizarse es comunicado a la BTS por el BSC en base a las indicaciones recibidas por el MSC y la clave de criptografía única para cada usuario. Actualmente el estándar GSM fase II admite 8 algoritmos de clave.



- Monitorización de la conexión de radio realizando medidas significativas sobre las señales RF, medidas que luego se envían al BSC con la finalidad de asegurar un elevado nivel de la calidad de la conexión (Herrera García, 2007).

### **2.2.12 Gabinete de Transmisiones**

Gabinete raqueable con aire acondicionado cuando se instala en exteriores (outdoor), alberga los equipos de transmisiones que requiere protección de las condiciones externas (IDU – InDoor Unit). Los equipos instalados en el gabinete de transmisión son alimentados por energía -48 VDC, brindado por el rectificador por medio de un PDB (Distribuidor de Energía, arreglo de llaves termomagnéticas) incluido en el gabinete mencionado (Osorio Estrada, 2013).

### **2.2.13 Sistema Radiante**

Son equipos que son cableados e instalados en torres o mástiles, que brindan comunicación entre los equipos móviles de los usuarios y la BTS por medio de ondas de radiofrecuencia (RF). Se pueden configurar en sectores y dividir según las frecuencias de operación; por ejemplo: una estación con tres sectores en frecuencia 1900 MHz o una estación con 2 sectores de 1900 MHz y 3 sectores de 850 MHz. Dependiendo del estudio de campo realizado y el alcance del servicio a brindar, pueden estar compuestos de las siguientes partes:

- Antenas de Radiofrecuencia: Antenas que trabajan en la frecuencia según concesión del operador. Por su configuración de puertos pueden ser antenas: single (un puerto), xpol (dos puertos), quad (cuatro puertos), hexa (seis puertos).

Por la banda de operación pueden ser: single band (una frecuencia) dual band (dos frecuencias), tri band (tres frecuencias) o cuatri band (cuatro frecuencias).



Cada sector tiene una configuración singular en azimuth y tilt (elevación), los mismos que son definidos según estudio de campo realizado previamente a la zona a dar servicio.

Generalmente se implementan a tope de torre o mástil para ganar altura y brindar mejor cobertura.

- **Feeder:** Guía de onda que brinda comunicación entre la BTS y las Antenas RF. Dependiendo de la altura de implementación para las Antenas RF, este cable puede ser de varios calibres:

Feeder de 1/2": empleado para alturas hasta 18 mts

Feeder de 7/8": empleado para alturas entre 21 mts y 30 mts.

Feeder de 1 1/4": empleado para alturas entre 42 mts y 72 mts.

Feeder de 1 5/8": empleado para alturas mayores a 72 mts. (Osorio Estrada, 2013)

#### 2.2.14 Link de Transmisión

El canal de transmisión puede darse de varias maneras, como se enumeran las siguientes:

- **Link MW:** corresponde a un análisis de factibilidad para ejecutar dicha implementación; donde se indica la existencia de la Línea de Vista, facilidades tanto técnicas como estructurales para la correcta implementación.
- **Link Satelital:** conexión directa a BSC por medio del rebote satelital, esta solución se emplea en lugares alejados y de difícil acceso, donde un link MW no puede ser implementado ya sea por cuestiones técnicas o sociales.
- **Link con FO:** ahora mayormente empleado en estaciones base Rooftop, donde el operador cuenta con presencia de fibra óptica (FO).
- Generalmente empleado para estación con tecnologías 3G (Osorio Estrada, 2013).



### **2.2.15 Sistema de Puesta a Tierra**

Todo sistema de telecomunicaciones debe contar con un buen Sistema de Puesta a Tierra, el cual debe incluir: Pozos a tierra, barras de conexión a tierra y Sistema pararrayos. Para equipos de telecomunicaciones a brindar protección, el sistema a tierra debe ofrecer como máximo 5 Ohm (Osorio Estrada, 2013).

### **2.2.16 Tablero de Energía**

Corresponde al punto de conexión desde donde energizaremos el rectificador para poner en operación nuestros equipos. Aparte, el tablero de energía en una estación base concentra los diversos interruptores para habilitar servicios secundarios dentro de la estación base como: luminarias, tomas de corriente, etc. En sí, el tablero de 25 energías es el punto de interconexión eléctrica entre los equipos (rectificador) y el medidor de energía (Osorio Estrada, 2013).

### **2.2.17 Estimación de demanda**

La proyección de la demanda eléctrica es uno de los procesos más importantes en el sector eléctrico. Este primer paso es crucial para cualquier análisis operacional o estudio de planificación. Esta importancia se debe a que análisis o estudios posteriores se basarán en la proyección de la demanda. Es necesario realizar la proyección de la demanda eléctrica para que en el futuro próximo suministrar energía eléctrica de manera continua, económica y confiable. La proyección de la demanda eléctrica es la estimación de energía y potencia requerida en el futuro en un determinado periodo. Esta proyección nos permite conocer la cantidad de energía y potencia eléctrica para los siguientes días, semanas, meses o años. Para realizar la proyección de la demanda de eléctrica se emplean una variedad de variables y métodos. En este artículo, voy explicar la clasificación, variables y métodos conocidos para realizar la proyección de la demanda eléctrica (Model & Moving-Average, 2017).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación es descriptiva: que busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos de investigación o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas (E. Sampieri. 2014).

#### 3.2. POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los cálculos y dimensionamiento están dirigido hacia el proyecto “INSTALACIÓN DE BANDA ANCHA PARA LA CONECTIVIDAD INTEGRAL Y DESARROLLO SOCIAL DE LA REGIÓN PUNO” siendo ejecutado por el consorcio OROCOM S.A.C., que a cargo del Fondo de Inversión en Telecomunicaciones – Fitel, entidad adscrita al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), con código SNIP 316918, código único de inversiones 2263593 y Acuerdo CD PROINVERSIÓN N° 5-1-2017-CPC.

El proyecto tiene por objetivo incrementar el acceso a los servicios de telecomunicaciones en los distritos de las Región Puno a través de la ampliación de Redes de Transporte de Banda Ancha para alcanzar a las capitales de distrito, así como implementar Redes de Acceso para beneficiar a 418 localidades rurales y de preferente interés social de dicha región y beneficiando a una población de 270,482 en la región de Puno (ProInversion, 2018).



### 3.3. MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

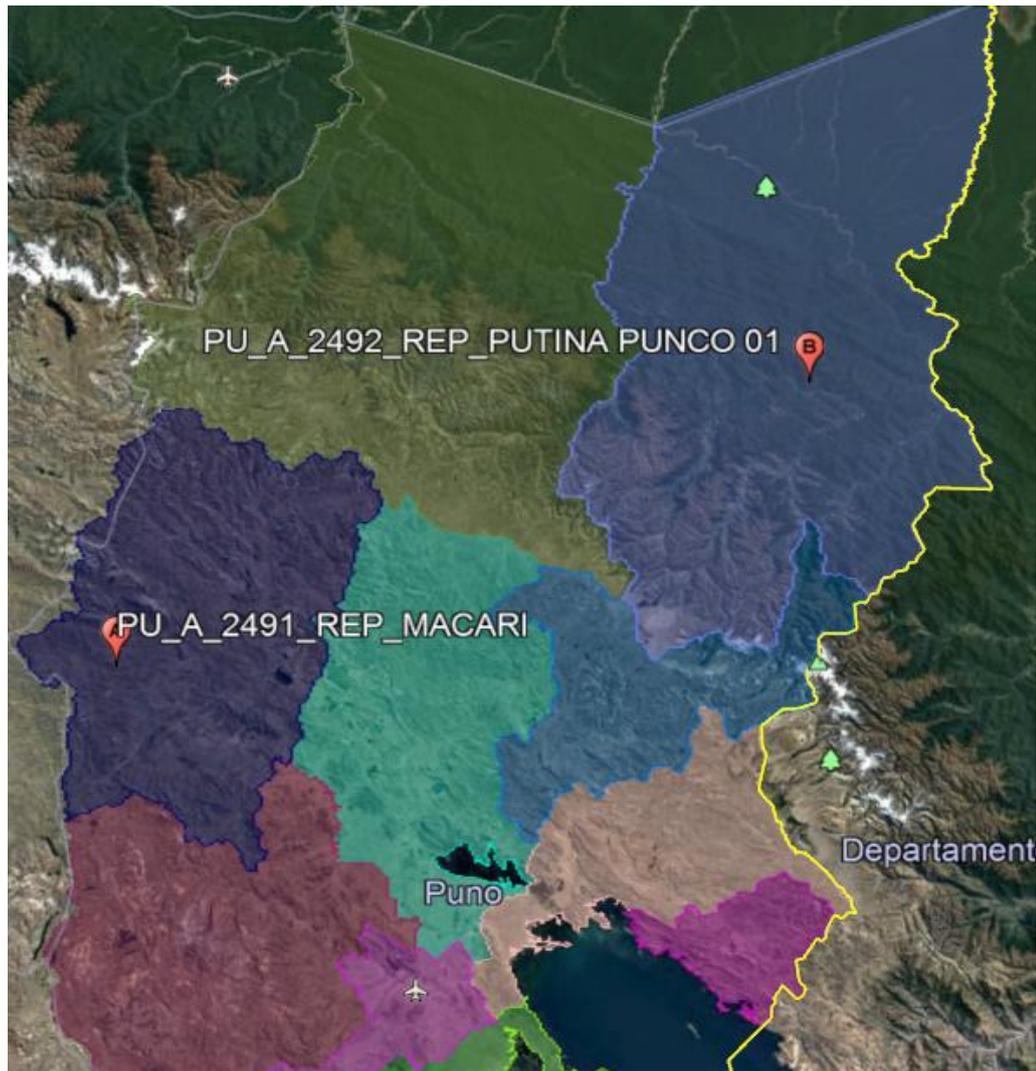
El muestreo que se tomó para esta investigación fue de dos BTS aisladas del proyecto “INSTALACIÓN DE BANDA ANCHA PARA LA CONECTIVIDAD INTEGRAL Y DESARROLLO SOCIAL DE LA REGIÓN PUNO” la primera ubicada en la zona sierra de la región de Puno (PU\_A\_2491\_REP\_MACARI), la segunda ubicada en la zona selva de la región Puno (PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01), cuyas zonas geográficas y climatológicas representan las dos regiones geográficas de sierra y selva que tiene la región Puno.

### 3.4. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La instalación de las BTS que se instalaran para el proyecto “INSTALACIÓN DE BANDA ANCHA PARA LA CONECTIVIDAD INTEGRAL Y DESARROLLO SOCIAL DE LA REGIÓN PUNO” que está ubicadas en diferentes partes de la Región Puno.

Como se menciona en muestra de la investigación, se está tomando dos BTS que se encuentra una en la zona sierra y la segunda en la zona selva de la región Puno, las cuales sus posiciones exactas serian:

- (PU\_A\_2491\_REP\_MACARI): Latitud: -14.70387999 y Longitud: -70.8854204, Distrito de Macari, Provincia de Melgar, Departamento de Puno.
- (PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01): Latitud: -13.97208 y Longitud: -69.26847, Distrito de Alto Inambari, Provincia de Sandía, Departamento de Puno.



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA</b>		
Tesis: <b>Estudio del sistema solar fotovoltaico eficiente en potencia para el proyecto de instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la Región Puno</b>		
Titulo: <b>Ubicación de las BTS en el mapa de la Región Puno</b>		Lamina:  <b>U-1</b>
Ubicación: <p><b>A</b> PU_A_2491_REP_MACARI: -14.70387999, -70.8854204, Distrito de Macari, Provincia de Melgar, Departamento de Puno.</p> <p><b>B</b> PU_A_2492_REP_PUTINA PUNCO 01: -13.97208, -69.26847, Distrito de Alto Inambari, Provincia de Sandía, Departamento de Puno.</p>		
Fecha: 07 – 11 - 2020		

**Figura 7:** Ubicación de las BTS en el mapa de la region Puno  
Fuente: Google Earth. Elavoracion propia



### **3.5. INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS PARA RECOLECTAR**

#### **INFORMACIÓN**

Para el dimensionamiento y cálculo de los equipos a utilizar se recurrió a diferentes fuentes de información, como son libros, tesis, investigaciones, fichas técnicas.

Para obtener los datos meteorológicos y de radiación solar en los dos puntos escogidos se recurrió a la base de datos de la NASA (Power Data Acces Viewer).

#### **3.5.1 Necesidades Energéticas**

Para poder dimensionar la instalación fotovoltaica es fundamental conocer las necesidades energéticas de la BTS. Con el fin de realizar este trabajo de la mejor manera posible, y tener así unos datos de consumo energético lo más cercanos a la realidad, en el inicio de este proyecto de investigación se contactó con la compañía de telecomunicaciones que está participando en la ejecución del proyecto, preguntando si sería posible conocer el consumo energético de alguna de sus BTS, obteniendo como respuesta que recién se encontraban en etapas de tendido de fibra óptica así como en etapas de obras civiles, por estas razones se tenía en propuesta de que las tecnologías usadas en las BTS serían de 2G, 3G ya que no tenían ninguna BTS que estuviera implementada con sus equipos de telecomunicaciones y operativa.

Frente a este obstáculo la alternativa fue recurrir a la literatura y distintos artículos científicos publicados sobre el tema.

**Tabla 1:** Componentes de BTS con carga total

<b>Equipos</b>	<b>Consumo de energía</b>
Unidad de procesado de señal digital	100 W
Unidad de amplificación de Señal	100 W
Unidad de Radio (transceiver)	200 W
Aire Acondicionado	1170 W
Iluminación	60 W
<b>Carga Total</b>	<b>1630 W</b>

Fuente: (Pachauri & Chauhan, 2014); “Hybrid PV/FC stand alone green power generation: A perspective for Indian rural telecommunication systems”

Por lo expuesto se eligió un valor que pueda satisfacer de manera aproximada al consumo de una BTS, tomando en cuenta los valores de la tabla 1, se puede calcular el consumo diario de una BTS.

**Tabla 2:** Consumo BTS en un día

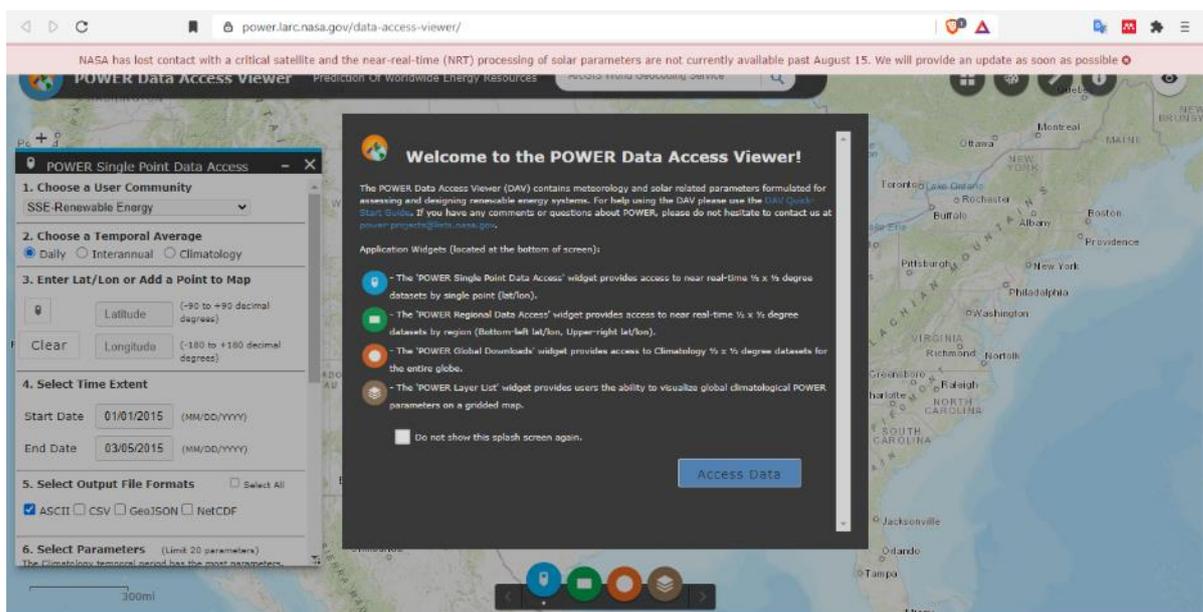
<b>Equipamiento</b>	<b>Consumo</b>	<b>Horas de Uso</b>	<b>KWh/día</b>
Unidad de procesado de señal digital	100 W	24	2.4
Unidad de amplificación de Señal	100 W	24	2.4
Unidad de Radio	200 W	24	4.8
Aire Acondicionado	1170 W	10	11.70
Iluminación	60 W	10	0.6

Elaboración propia

- El consumo total diario es de 21.9 kWh/día, que será constante a lo largo del año.
- Se tomó que las BTS consumen 22 kWh/día redondeando el valor obtenido, para ser usado en nuestros cálculos.
- Se tomó que nuestro sistema funciona con corriente continua y se alimenta con 48 V, ya que la mayoría de los equipos comerciales trabajan con esta tensión de trabajo.

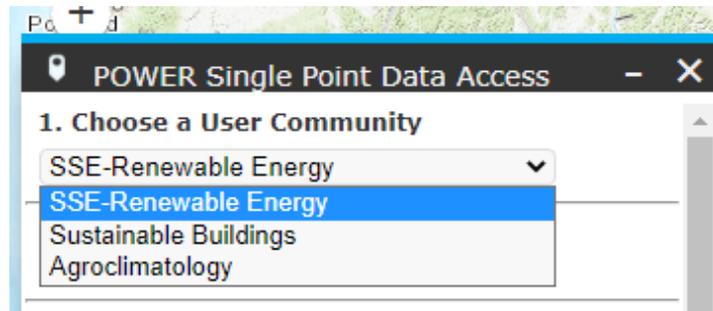
### 3.5.2 Recopilación de Datos de Radiación Solar

- Para obtener los datos que corresponden a los índices de radiación solar, se recurrieron a la base de datos de la NASA (Data acces viewer).
  - Para ello se da a conocer las coordenadas de los lugares de los que se quiere obtener datos.
  - La Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio más conocido como NASA nos da la facilidad de usar el aplicativo Power Data Acces Viewer, del cual se puede obtener datos de radiación solar en un determinado lugar, para obtener estos datos debemos seguir el siguiente procedimiento.
- a) Acceder al siguiente enlace <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>, donde nos muestra la ventana de inicio, en el cual daremos clic en Acces Data.



**Figura 8:** Ventana N°1 acces viewer-NASA  
Fuente: Power Data Acces-NASA. Elaboración Propia

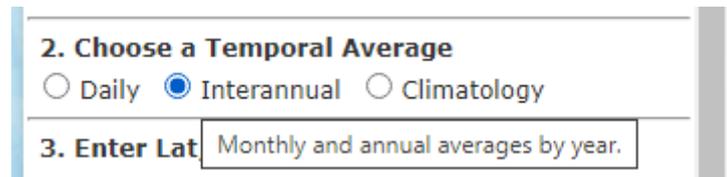
b) En el ítem 1. Seleccionamos “SSE-Renewable Energy”



**Figura 9:** Ventana N°2 acces viewer-NASA

Fuente: Power Data Acces-NASA. Elaboración Propia

c) En el ítem 2. Seleccionamos “Interannual”

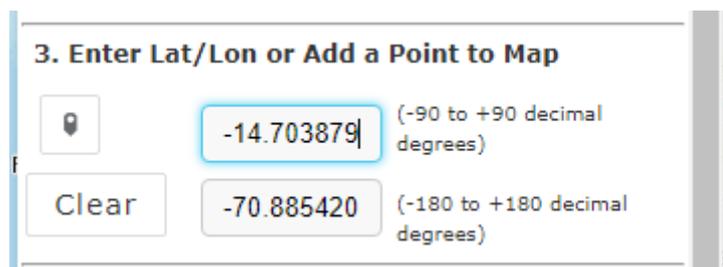


**Figura 10:** Ventana N°3 acces viewer-NASA

Fuente: Power Data Acces-NASA. Elaboración Propia

d) En el ítem 3. Indicamos las coordenadas de nuestra zona de estudio (Latitud y Longitud), para nuestro caso son:

- (PU\_A\_2491\_REP\_MACARI): Latitud: -14.70387999 y Longitud: -70.8854204.
- (PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01): Latitud: -13.97208 y Longitud: -69.26847.



**Figura 11:** Ventana N°4 acces viewer-NASA

Fuente: Power Data Acces-NASA. Elaboración Propia

- e) En el Ítem 4. Seleccionamos el rango de las fechas de los datos históricos que deseamos.



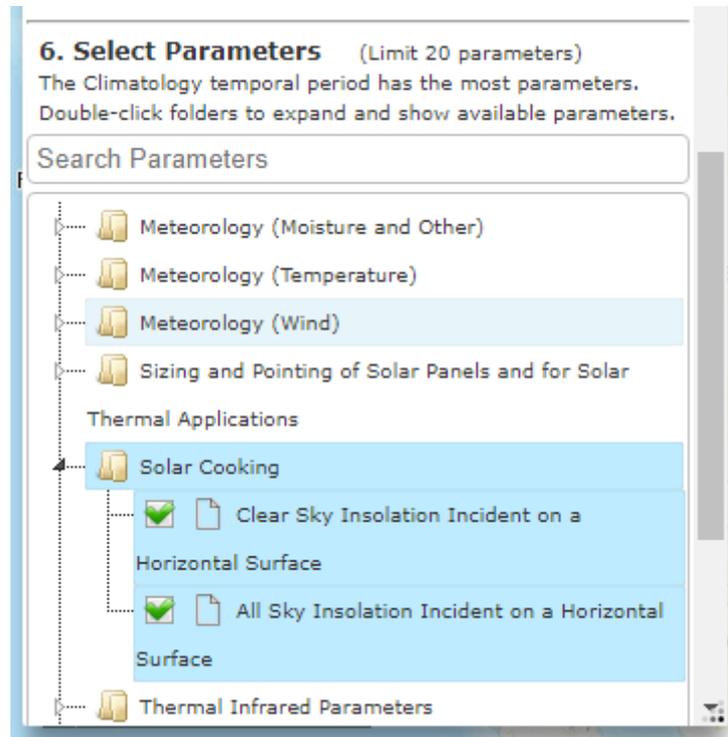
**Figura 12:** Ventana N°5 acces viewer-NASA  
Fuente: Power Data Acces-NASA. Elaboración Propia

- f) En el ítem 5. Seleccionamos nuestro formato de salida de los datos.



**Figura 13:** Ventana N°6 acces viewer-NASA  
Fuente: Power Data Acces-NASA. Elaboración Propia

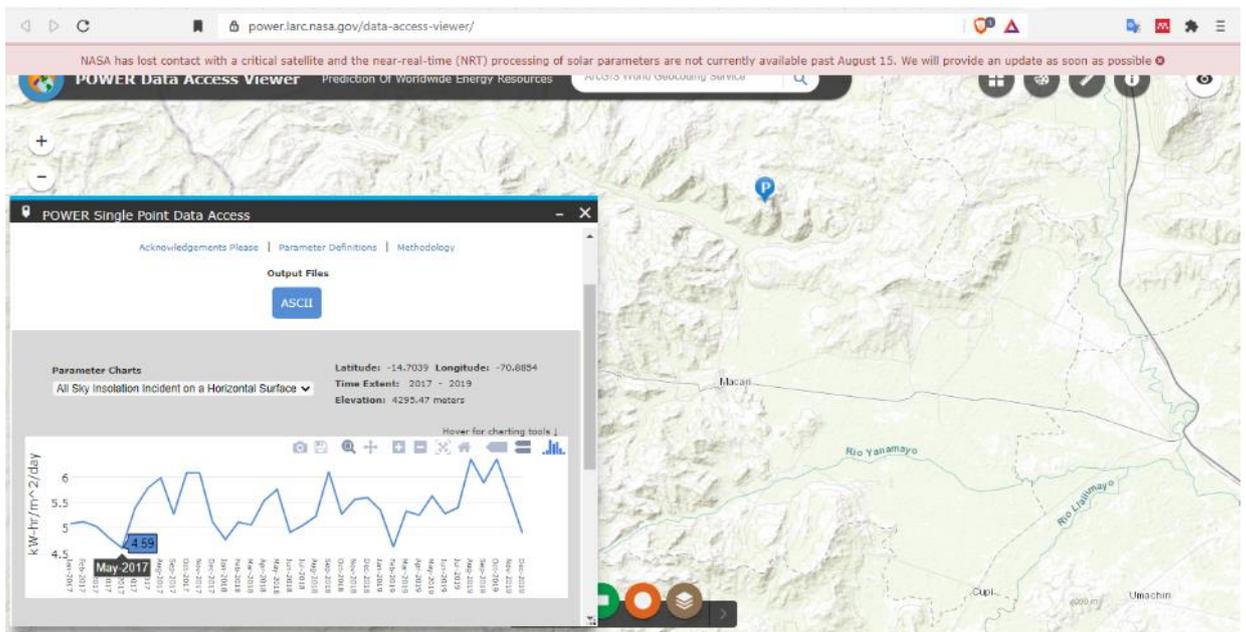
- g) En el ítem 6. Seleccionamos “Clear sky insolation incident on a horizontal surface”  
y “All sky insolation incident on a horizontal surface”.



**Figura 14:** Ventana N°7 acces viewer-NASA  
Fuente: Power Data Acces-NASA. Elaboración Propia

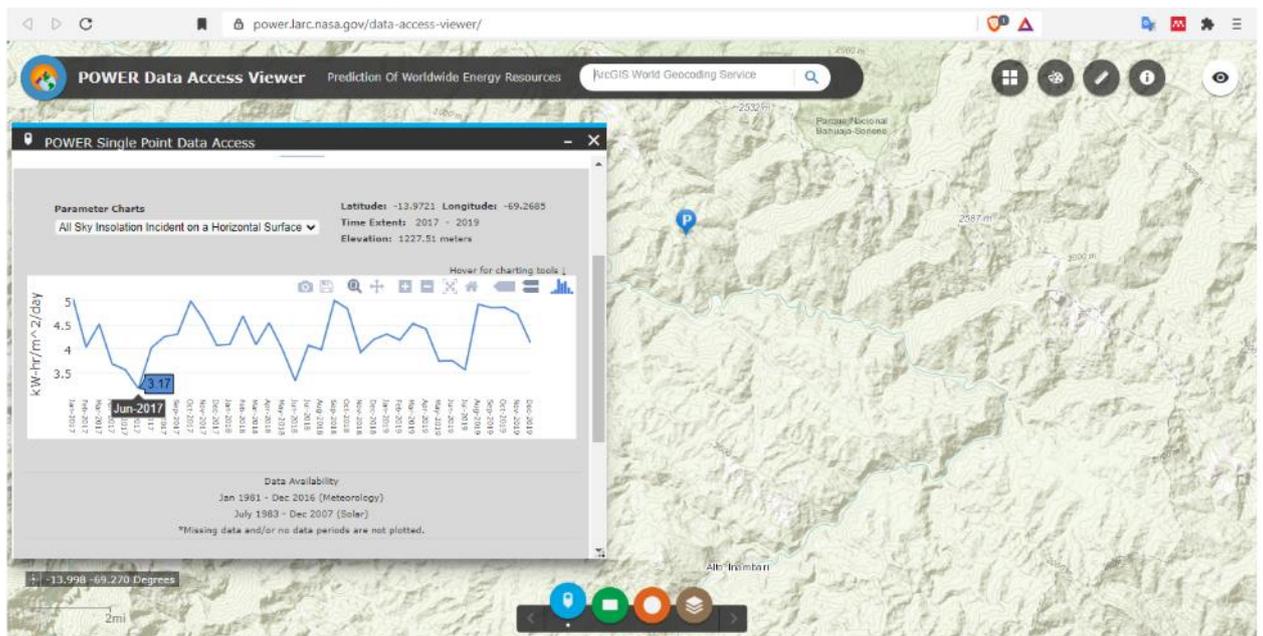
- h) En el ítem 7. Hacemos clic en “submit”.

- i) En la ventana generada seleccionamos el formato que queremos, en nuestro caso es el ASCII.



**Figura 15:** Ventana N°8 acces viewer-NASA para PU\_A\_2491\_REP\_MACARI

Fuente: Power Data Acces-NASA. Elaboración Propia



**Figura 16:** Ventana N°9 acces viewer-NASA para PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01

Fuente: Power Data Acces-NASA. Elaboración Propia

j) Finalmente nos arroja los datos de radiación solar de los dos puntos que pedimos en el aplicativo Power Data Acces Viewer.

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/GEOS 5.12.4 (FP-IT) 0.5 x 0.5 Degree Interannual Average
Dates (month/day/year): 01/01/2017 through 12/31/2019
Location: Latitude -13.9721 Longitude -69.2685
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 1227.51 meters Site
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
Parameter(s):
ALLSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 All Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface
CLRSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Clear Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface
PARAMETER YEAR JAN FEB MAR APR MAY JUN
-END HEADER-
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2017 5.04 4.03 4.51 3.68 3.56 3.17
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2018 4.09 4.68 4.08 4.54 4.00 3.33
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2019 4.30 4.18 4.52 4.41 3.74 3.75
CLRSKY_SFC_SW_DWN 2017 -999 -999 -999 -999 -999 -999
CLRSKY_SFC_SW_DWN 2018 -999 -999 -999 -999 -999 -999
CLRSKY_SFC_SW_DWN 2019 -999 -999 -999 -999 -999 -999
  
```

**Figura 17:** Resultados de acces viewer-NASA para PU\_A\_2491\_REP\_MACARI  
Fuente: Power Data Acces-NASA. Elaboración Propia

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/GEOS 5.12.4 (FP-IT) 0.5 x 0.5 Degree Interannual Average
Dates (month/day/year): 01/01/2017 through 12/31/2019
Location: Latitude -14.7039 Longitude -70.8854
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 4295.47 meters Site
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
Parameter(s):
ALLSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 All Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface
CLRSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Clear Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface
PARAMETER YEAR JAN FEB MAR APR MAY JUN
-END HEADER-
CLRSKY_SFC_SW_DWN 2017 -999 -999 -999 -999 -999 -999
CLRSKY_SFC_SW_DWN 2018 -999 -999 -999 -999 -999 -999
CLRSKY_SFC_SW_DWN 2019 -999 -999 -999 -999 -999 -999
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2017 5.07 5.11 5.02 4.79 4.59 5.38
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2018 4.76 5.10 5.05 5.53 5.75 4.90
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2019 5.34 4.61 5.32 5.24 5.62 5.27
  
```

**Figura 18:** Resultados de acces viewer-NASA para PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01  
Fuente: Power Data Acces-NASA. Elaboración Propia

La figura 17 y la figura 18 que contienen los datos de radiación de los años 2017 al 2019 se encuentran completos en el anexo “9”

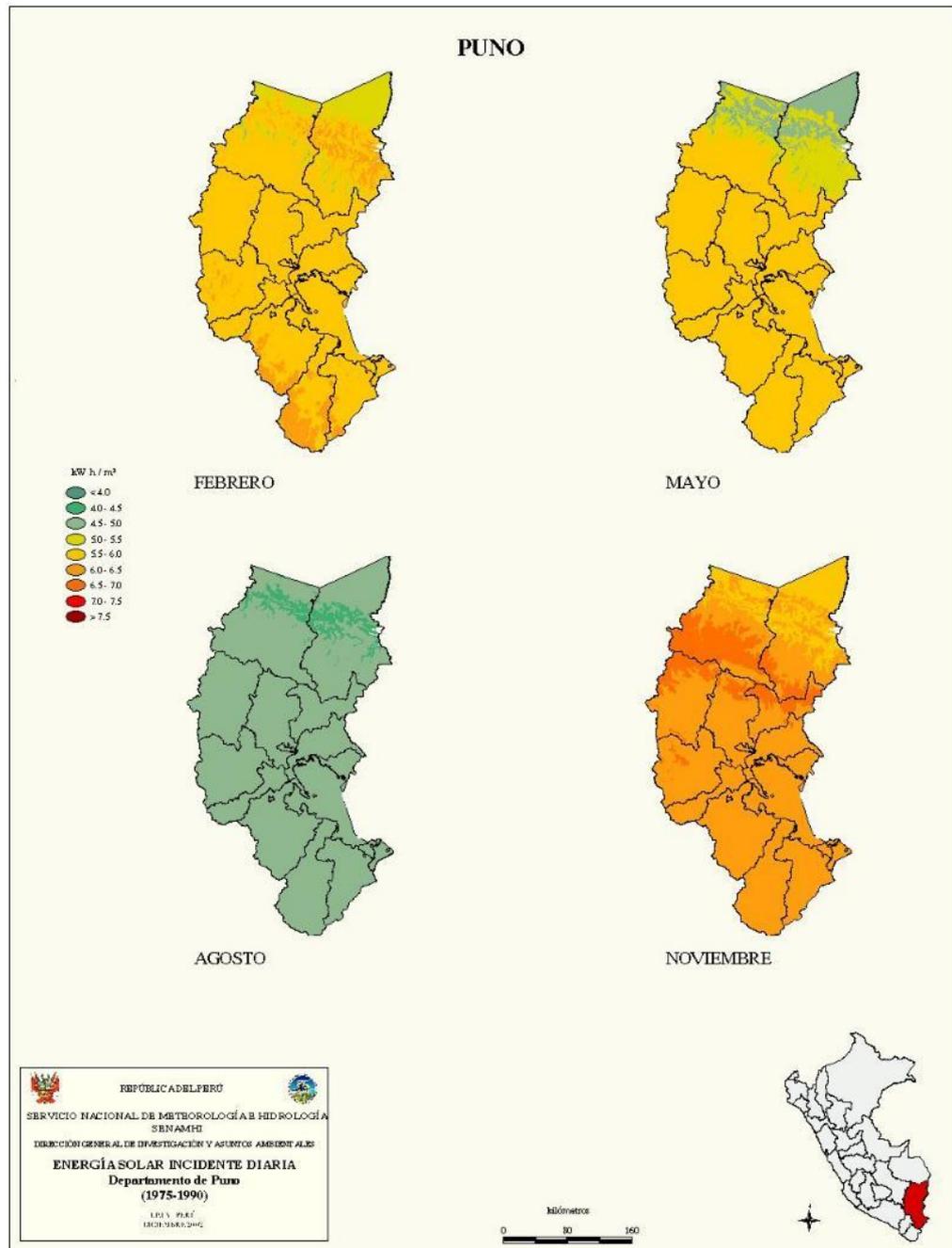


k) Los datos de radiación solar de los dos puntos que escogimos para usar en nuestros cálculos que vendrían a ser la HSP u Hora Solar Pico, es el menor valor que haya en los datos que recogimos del aplicativo Power Data Acces Viewer de los 3 años de datos que solicitamos al aplicativo, para ser usados en nuestros cálculos, los cuales son:

- (PU\_A\_2491\_REP\_MACARI): para este punto se estaría tomando el valor del mes de mayo-2017, el cual presenta el menor valor que es de 4.59 Kwh/m<sup>2</sup>/día o HSP.
- (PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01): para este punto se estaría tomando el valor del mes de junio-2017, el cual presenta el menor valor que es de 3.17 Kwh/m<sup>2</sup>/día o HSP.

### 3.5.2.1. Según el Atlas Solar del SENAMHI

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú también proporciona datos sobre la radiación solar de todo el Perú, así como de la región Puno, que se muestra en la figura 19.



**Figura 19:** Radiación en la región Puno según ATLAS de Energía Solar del Perú.  
Fuente: MINEM

Según los datos suministrados por el SENAMI en el Atlas Solar del Perú que tienen como último dato de su publicación, los suministrados en el 2003, así que no tomamos estos datos dado que requerimos datos, lo más actualizados posible.

### 3.5.3 Cálculo de Consumo de Carga

Es una unidad de carga eléctrica. Se puede ver en tus dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica, como una batería, un condensador o un supercondensador, puesto que por ellos pasa determinada cantidad de carga eléctrica suministrando un amperio durante una hora. Es decir, mide la cantidad de carga eléctrica que fluye a través de una batería en el caso de que ésta suministre una corriente de 1 amperio durante 1 hora. Calcula la capacidad de una batería, esto es, cuánta energía va a acumular en la carga y cuánta retornará durante la descarga (Autosolar Peru, 2015).

$$\frac{Ah}{Dia} = \frac{Wh/dia / \eta_{inv}}{Voltage\ del\ sistema} \quad (1)$$

**Formula 1:** Fuente (Gerencia Energetica, 2018)

Donde:

- $\eta_{inv}$ : eficiencia media del inversor: 93%

### 3.5.4 Dimensionamiento de los paneles solares

Para hacer los cálculos del arreglo solar y determinar el número de paneles solares que son usados en el sistema, además de cómo es el orden de estos, si estos están en paralelo y también en serie si es necesario.



a. Calculamos el número de paneles en paralelo

$$\#Modulos\ en\ paralelo = \frac{Consumo\left(\frac{Ah}{día}\right)}{Producción\ Módulo\ Imp(A) \times HSP \times Ef} \quad (2)$$

**Formula 2:** Fuente (Gerencia Energetica, 2018)

Donde:

- Imp: Corriente de potencia máxima
- HSP: Hora solar Pico
- Ef: Eficiencia

b. Calculamos el número de paneles en serie

$$\#Modulos\ en\ serie = \frac{Voltaje\ sistema}{Voltaje\ Nominal} \quad (3)$$

**Formula 3:** Fuente (Gerencia Energetica, 2018)

### 3.5.5 Cálculo del Angulo de Inclinación

El ángulo de inclinación suele fijarse para que maximice el ajuste entre la captación y la demanda.

Para instalaciones con consumos constantes o similares a lo largo del año, es preferible optimizar la instalación para captar máxima radiación durante los meses invernales (Gerencia Energetica, 2018).

$$\alpha = |Latitud| + (\pm)10^\circ \quad (4)$$

**Formula 4:** Fuente (Gerencia Energetica, 2018)

### 3.5.6 Selección del controlador

El controlador debe ser dimensionado para soportar la corriente máxima proveniente de los paneles al aumentar la temperatura de las celdas en zona y al voltaje del sistema trabajado (Gerencia Energetica, 2018).

$$\text{Amperaje del arreglo} = \# \text{ Mod Paralelo} \times I_{\text{max}} \quad (5)$$

**Formula 5:** Fuente (Gerencia Energetica, 2018)

$$\text{Amperaje controlador} = \text{Amperaje Arreglo} \times \text{Factor de seguridad} \quad (6)$$

**Formula 6:** Fuente (Gerencia Energetica, 2018)

### 3.5.7 Dimensionamiento del Banco de Baterías

El voltaje del banco de baterías debe ser igual al voltaje del sistema. Este a su vez debe dimensionarse con la capacidad de soportar toda la demanda (Gerencia Energetica, 2018).

$$\text{Capacidad M\u00ednima (Ah)} = \frac{\text{Consumo} \left( \frac{\text{Ah}}{\text{d\u00eda}} \right) \times \text{d\u00edas de autonom\u00eda}}{\text{Profundidad de descarga}(\%) \times E_f} \quad (7)$$

**Formula 7:** Fuente (Gerencia Energetica, 2018)

#### a. C\u00e1lculo de Bater\u00edas en Paralelo

La cantidad de bater\u00edas en paralelo deben ser capaces de igualar la capacidad m\u00ednima requerida por el sistema (Gerencia Energetica, 2018).



$$\#Baterías\ en\ paralelo = \frac{Capacidad\ Minima\ Ah}{Capacidad\ Nominal\ Batería} \quad (8)$$

**Formula 8:** Fuente (Gerencia Energetica, 2018)

b. Cálculo de Baterías en Serie

$$\#Baterías\ serie = \frac{Voltaje\ sistema}{Voltaje\ Nominal} \quad (9)$$

**Formula 9:** Fuente (Gerencia Energetica, 2018)

### 3.6. PROCEDIMIENTO DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

#### FOTOVOLTAICO PARA LA BTS.

En este apartado se abordó el dimensionado de la instalación del sistema fotovoltaico para garantizar que el suministro de energía sea suficiente para alimentar toda la instalación, para que funcionen los 365 días del año y que no sufra de interrupciones en el servicio de internet.

Para realizar el dimensionamiento es necesario conocer cierta información antes de empezar con los cálculos para hacer el dimensionamiento del sistema y el cálculo del arreglo solar.

#### 3.6.1 Hora Solar Pico

Primero es necesario conocer la radiación de lugar de instalación para determinar las HSP u Hora Solar Pico de los dos lugares que será usado en nuestros cálculos por lo que queda de esta manera:



- (PU\_A\_2491\_REP\_MACARI): para este punto se tomó el valor del mes de mayo - 2017, el cual presenta el menor valor que es de 4.59 Kwh/m<sup>2</sup>/día o HSP.
- (PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01): para este punto se toma el valor del mes de junio - 2017, el cual presenta el menor valor que es de 3.17 Kwh/m<sup>2</sup>/día o HSP.

Dado que tomamos datos de los años 2017 – 2019 de ambos puntos investigados, en el rango de estos 36 meses, los datos usados en nuestros cálculos son los meses que presentan menor radiación mensual, para que nuestro sistema pueda operar, aun con bajos niveles de radiación.

### **3.6.2 Días de autonomía**

El punto más importante que hay que tener en cuenta a la hora de calcular los días de autonomía de las baterías es el consumo que se tiene en la casa o vivienda respecto a lo que somos capaces de almacenar en las baterías. Para los sistemas fotovoltaicos aislados que también se encuentran a una distancia considerable de cualquier zona poblada se recomienda de 2 a 3 días.

### **3.6.3 Determinar el voltaje del sistema**

Es el voltaje que es usado en todo el sistema y que podría ser trabajado en 12/24 o 48 Voltios, ya que los equipos de la BTS usan 48 v, se determinó este voltaje para usar en todo el sistema fotovoltaico.

### **3.6.4 Determinar la estimación de Carga (Watt-hora):**

En el apartado de “Necesidades energéticas” se menciona que las BTS tiene un consumo de 22 kWh/día, así que es el valor con el que se trabajó en los cálculos para hacer el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

### 3.6.5 Cálculo de consumo de carga en amperios /día

Para obtener la carga de consumo diario (Ah/día), tendremos que dividir la energía de consumo diaria (Wh/día) por la tensión nominal del sistema que en nuestro caso es de 48 V.

$$\frac{Ah}{Dia} = \frac{Wh/dia/\eta_{inv}}{Voltage\ del\ sistema} \quad (10)$$

Donde:

- $\eta_{inv}$ : eficiencia media del inversor: 93%

$$\frac{Ah}{Dia} = \frac{\frac{22000wh}{0.93}}{48v}$$

$$\frac{Ah}{Dia} = 492.83Ah/dia$$

El resultado obtenido en Ah/día se usó en nuestros dos cálculos para los puntos de (PU\_A\_2491\_REP\_MACARI) y (PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01) ya que el consumo de ambos BTS es el mismo.

El resultado de consumo de carga en amperios/día es de 492.83 Ah/día el cual con el coeficiente de eficiencia del inversor podemos tener un resultado que nos garantice mayor seguridad al incrementar en un porcentaje su valor para que el sistema no tenga fallas de seguridad.

### 3.6.6 Cálculo del Arreglo Solar

Para esto es necesario conocer varios datos del modelo de panel solar que escogimos, que están en su hoja de datos

**Tabla 3:** Especificaciones técnicas del Panel Fotovoltaico

Module Type	JKM330P
	STC
<b>Potencia máxima (Pmax)</b>	330Wp
<b>Voltaje máximo de potencia (Vmp)</b>	37.8 V
<b>Corriente máxima de potencia (Imp)</b>	8.74 A
<b>Voltaje de circuito abierto (Voc)</b>	46.9 V
<b>Corriente de corto circuito (Isc)</b>	9.14 A
<b>Eficiencia del Módulo STC (%)</b>	17.01%

Fuente: traducido de la hoja de datos de JKM330P-72 310-330 Watt

Para esto los paneles elegidos son del modelo JKM330P así que se tuvo que recurrir a ciertos valores que nos da la hoja de datos del panel fotovoltaico.

- Corriente de potencia máxima (Imp): 8.74A
- Corriente de cortocircuito (Isc): 9.14 A
- Voltaje de potencia máxima (Vmp): 37.8 V
- Voltaje de circuito abierto (Voc): 46.9V

#### 3.6.6.1. Arreglo solar para (PU\_A\_2491\_REP\_MACARI)

- a. Número de paneles en paralelo

$$\#Modulos\ en\ paralelo = \frac{Consumo\left(\frac{Ah}{día}\right)}{Producción\ Módulo\ Imp(A) \times HSP \times Ef} \quad (2)$$



Donde:

- $I_{mp}$ : Corriente de potencia máxima 8.74 A
- $Consumo(\frac{Ah}{día})$ : 492.83 Ah/día
- HSP: Hora solar Pico 4.59 Kwh/m<sup>2</sup>/día
- $E_f$ : Eficiencia 0.8

$$\#Modulos\ en\ paralelo = \frac{492.83 \frac{Ah}{día}}{8.74 \times 4.59 \times 0.8}$$

$$\#Modulos\ en\ paralelo = \frac{492.83 \frac{Ah}{día}}{32.09}$$

$$\#Modulos\ en\ paralelo = 15.25 \approx 16$$

b. Número de paneles en Serie

$$\#Modulos\ en\ serie = \frac{Voltaje\ sistema}{Voltaje\ Nominal} \quad (3)$$

Voltaje a máxima potencia o VMP (Maximum Power Voltage): es la cifra que nos determina qué tipo de panel es, 12V, 24V o el que sea. Para ser un panel de 12V la cifra debe estar entre 15 y 19V, mientras que para que sea de 24V esta cifra debe estar entre 36 y 39V. Esto es así porque en aislada, el voltaje que ofrece el panel siempre debe ser superior al voltaje de carga de la batería (Autosolar Peru, 2017).

En el caso del panel JKM330P que escogimos para nuestro sistema fotovoltaico tiene un ( $V_{mp}$ ) de 37.8 V, así que al estar entre 36V y 39V el panel es voltaje nominal de 24V.



$$\#Modulos\ en\ serie = \frac{48V}{24V} = 2$$

Número total de paneles = # paralelo x # Serie = 16 x 2 = 32 paneles

De nuestro calculo, se hace uso de 32 paneles fotovoltaicos de 330w en nuestro arreglo en el BTS (PU\_A\_2491\_REP\_MACARI).

### 3.6.6.2. Arreglo solar para (PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01)

a. Número de paneles en paralelo

En este caso hacemos de la ecuación (2)

$$\#Modulos\ en\ paralelo = \frac{Consumo\left(\frac{Ah}{día}\right)}{Producción\ Módulo\ Imp(A) \times HSP \times Ef}$$

Donde:

- Imp: Corriente de potencia máxima 8.74 A
- $Consumo\left(\frac{Ah}{día}\right)$ : 492.83 Ah/día
- HSP: Hora solar Pico 3.17 Kwh/m<sup>2</sup>/día
- Ef: Eficiencia 0.8

$$\#Modulos\ en\ paralelo = \frac{492.83\ \frac{Ah}{día}}{8.74 \times 3.17 \times 0.8}$$

$$\#Modulos\ en\ paralelo = \frac{492.83\ \frac{Ah}{día}}{22.16}$$

$$\#Modulos\ en\ paralelo = 22.23 \approx 22$$

b. Número de paneles en Serie

En este caso hacemos de la ecuación (3)



$$\#Modulos\ en\ serie = \frac{Voltaje\ sistema}{Voltaje\ Nominal}$$

$$\#Modulos\ en\ serie = \frac{48V}{24V} = 2$$

Número total de paneles = # paralelo x # Serie = 22 x 2 = 44 paneles

De nuestro calculo, se usó 44 paneles fotovoltaicos de 330w en nuestro arreglo para el BTS (PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01).

### 3.6.7 Cálculo del ángulo de inclinación

$$\alpha = |Latitud| + (\pm)10^{\circ} \quad (4)$$

Para el caso del Perú el Angulo de inclinaciones estándar es de 20° a 25°

(PU\_A\_2491\_REP\_MACARI): Latitud: -14.70387999

(PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01): Latitud: -13.97208

De acuerdo a las latitudes de nuestros puntos al estar en un promedio de 14°

$$\alpha = 14^{\circ} + 10^{\circ} = 24^{\circ}$$

Se tomó el ángulo de 24° para la inclinación de los paneles fotovoltaicos en nuestro sistema.



### 3.6.8 Cálculo del Controlador de Carga

#### 3.6.8.1. Cálculo del Controlador de Carga para (PU\_A\_2491\_REP\_MACARI)

Se calculó el amperaje del arreglo que es el resultado de la multiplicación de la cantidad de los paneles en paralelo que sería de 16, por la Corriente de potencia máxima (Imp): 8.74 A.

$$\text{Amperaje del arreglo} = \# \text{ Mod Paralelo} \times I_{\text{max}} \quad (5)$$

$$\text{Amperaje arreglo} = 16 \times 8.74 \text{ A} = 139.84 \text{ A}$$

Con el resultado del amperaje del arreglo, se calcula el amperaje del controlado que es el resultado de la multiplicación del amperaje del arreglo, con un coeficiente de seguridad o factor de seguridad de 1.25 que es para garantizar el funcionamiento del sistema.

$$\text{Amperaje controlador} = \text{Amperaje Arreglo} \times \text{Factor de seguridad} \quad (6)$$

$$\text{Amperaje controlador} = 139.84 \text{ A} \times 1.25 = 174.8 \text{ A}$$

Para este caso se usó un controlador (PWM) JNDX-48V200A de 200A/48V que permite las intensidades de 200 A. la intensidad calculada era de 174.8 A, es soportada por nuestro controlador seleccionado.

**Tabla 4:** Especificaciones técnicas del controlador JNDX-48V200A

No. De Modelo	JND- X24V200A	JNDX- 48V200 A	JND- X96V200 A	JND- X110V200 A	JND- X120V200 A
Potencia Solar Max. De Entrada	4800 W	9600 W	19200 W	22000 W	24000 W
Voltaje Potencia Solar Max. De Entrada	50 VDC	100 VDC	200 VDC	230 VDC	250VDC
Voltaje Nominal Del Sistema (Batería)	24 V	48 V	96 V	110 V	120 V
Dimensiones (A/A/F)	355x273x1 42 mm	355x273 x142 mm	255x273x 142 mm	355x273x1 42 mm	355x273x14 2 mm

Fuente: JNDX200A-manual

### 3.6.8.2. Cálculo del Controlador de Carga para (PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA

#### PUNCO 01)

Se debe calcular el amperaje del arreglo que es el resultado de la multiplicación de la cantidad de los paneles en paralelo que es de 22, por la Corriente de potencia máxima (Imp): 8.74 A.

$$\text{Amperaje del arreglo} = \# \text{ Mod Paralelo} \times I_{\text{max}} \quad (5)$$

$$\text{Amperaje del arreglo} = 22 \times 8.74 \text{ A} = 192.28 \text{ A}$$

Para este caso también se ha multiplicado el amperaje del arreglo por el factor de seguridad de 1.25 para poder hallar el amperaje del controlador

$$\text{Amperaje controlador} = \text{Amperaje Arreglo} \times \text{Factor de seguridad} \quad (6)$$

$$\text{Amperaje controlador} = 192.28 \text{ A} \times 1.25 = 240.35 \text{ A}$$

Para este caso se usó dos controladores (PWM) JNDX-48V150A de 150A/48V que permite intensidades de 150 A, la intensidad calculada es de

240.35 A, por lo que este par de controladores son usados en paralelo entre sí para poder permitir un amperaje de hasta 300 A, para controlar la carga del sistema.

**Tabla 5:** Especificaciones técnicas del controlador JNDX-48V150A

No. De Modelo	JND- X24V150A	JNDX- 48V150 A	JND- X96V150 A	JND- X110V150 A	JND- X120V150A
Potencia Solar Max. De Entrada	3500 W	7200 W	14400 W	16500 W	18000 W
Voltaje Potencia Solar Max. De Entrada	50 VDC	100 VDC	200 VDC	230 VDC	250VDC
Voltaje Nominal Del Sistema (Batería)	24 V	48 V	96 V	110 V	120 V
Dimensiones (A/A/F)	355x273x14 2 mm	355x273 x142 mm	255x273x 142 mm	355x273x1 42 mm	355x273x14 2 mm

Fuente: JNDX150A-manual

### 3.6.9 Cálculo del Banco de Baterías

- Demanda Total: 492.83Ah/día
- Voltaje del sistema: 48Vdc
- Eficiencia conversión y conducción: 0.95
- Profundidad de descarga: 0.50
- Días de Autonomía: 2 días

$$\text{Capacidad Mínima (Ah)} = \frac{\text{Consumo} \left( \frac{\text{Ah}}{\text{día}} \right) \times \text{días de autonomía}}{\text{Profundidad de descarga}(\%) \times \text{Ef}} \quad (7)$$

$$\text{Capacidad Mínima (Ah)} = \frac{492.83 \text{Ah/día} \times 2 \text{días}}{0.5 \times 0.95}$$

$$\text{Capacidad Mínima (Ah)} = \frac{985.66 \text{Ah}}{0.475}$$

$$\text{Capacidad Mínima (Ah)} = 2075.07 \text{Ah}$$



La capacidad mínima requerida por el sistema es de 2075.07 Ah y de acuerdo a este valor se pudo obtener el número de baterías en paralelo y serie, que a su vez nos da a conocer el número total de baterías que son usados en nuestro sistema.

### 3.6.10 Cálculo del Número de Baterías

#### 3.6.10.1. Calculo de baterías en paralelo

En el mercado existen :

**Tabla 6:** Capacidades de baterías

Capacidades de baterías					
40 Ah	65 Ah	100 Ah	150 Ah	200 Ah	260 Ah

Elaboración propia

Para nuestro sistema se escogió las baterías RA12-260A de 260 Ah, que son las de mayor capacidad que se encuentran en el mercado.

$$\#Baterías \text{ en paralelo} = \frac{\text{Capacidad Minima Ah}}{\text{Capacidad Nominal Batería}} \quad (8)$$

$$\#Baterías \text{ en paralelo} = \frac{2075.07 \text{ Ah}}{260 \text{ Ah}}$$

$$\#Baterías \text{ en paralelo} = 7.98 \approx 8$$

#### 3.6.10.2. Calculo de baterías en serie

$$\#Baterías \text{ serie} = \frac{\text{Voltaje sistema}}{\text{Voltaje Nominal}} \quad (9)$$

$$\#Baterías \text{ serie} = \frac{48 \text{ Vdc}}{12 \text{ Vdc}}$$

$$\#Baterías \text{ serie} = 4$$

Número total de Baterías de 260 Ah:

# Paralelo x # Serie

= 8 x 4

= 32 Baterías RA12-260A de 260 Ah

### 3.7. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA

Se realizó una comparativa de costos del sistema fotovoltaico Autónomo en relación al sistema de alimentación convencional, de esta forma se determinó las ventajas económicas que se obtiene al utilizar energías renovables.

#### 3.7.1 Presupuesto de los Sistemas Fotovoltaicos Diseñados

Nosotros tenemos dos casos en los que varían la cantidad de los componentes usados en nuestros sistemas, así que se vio cada caso

##### A. Presupuesto por instalación de los sistemas fotovoltaicos

**Tabla 7:** Presupuesto S.F.V. aislado (PU\_A\_2491\_REP\_MACARI)

<b>Presupuesto del sistema fotovoltaico aislado: (PU_A_2491_REP_MACARI)</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Prec. Unit. (S/)</b>	<b>Total (S/)</b>
Suministro de Materiales				
Panel solar Policristalino (330 W,24 V)	Und.	32	750.00	24,000.00
Controlador de Carga (PWM) 200A/48V	Und.	1	1,597.00	1,597.00
Baterías (260Ah 12V)	Und.	32	1,656.00	52,992.00
Estructura Metálica para soporte	Glb	1	3500.00	3,500.00
Conductores Eléctricos	Glb	1	600.00	600.00
Mano de Obra				
Dimensionamiento y Montaje del sistema fotovoltaico (6% del suministro de materiales)	Glb			4,961.00
Transporte				
Costo por el transporte de materiales (2% del suministro de materiales)	Glb			1,653.00
Otros				500.00
<b>TOTAL</b>				<b>89,803.00</b>

Elaboración propia

**Tabla 8:** Presupuesto S.F.V. aislado (PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01)

<b>Presupuesto del sistema fotovoltaico aislado: (PU_A_2492_REP_PUTINA PUNCO 01)</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Und.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Prec. Unit.</b>	<b>Total (S/)</b>
			<b>(S/)</b>	
<b>Suministro de Materiales</b>				
Panel solar Policristalino (330 W,24 V)	Und.	44	750.000	33,000.00
Controlador de Carga (PWM) 200A/48V	Und.	2	1,419.50	2,839.00
Baterías (260Ah 12V)	Und.	32	1,656.00	52,992.00
Estructura Metálica para soporte	Glb	1	3,500.00	3,500.00
Conductores Eléctricos	Glb	1	600.00	600.00
<b>Mano de Obra</b>				
Dimensionamiento y Montaje del sistema fotovoltaico (6% del suministro de materiales)	Glb			5,575.80
<b>Transporte</b>				
Costo por el transporte de materiales (2% del suministro de materiales)	Glb			1,858.60
Otros				500.00
<b>TOTAL</b>				<b>100,365.40</b>

Elaboración propia

### **B. Presupuesto por operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico**

Costo anual promedio por operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico es de S/ 5,906, Este dato es obtenido del expediente “Fijación de la Tarifa Rural para Sistemas Fotovoltaicos 2014-2018” que se encuentra en el anexo “4”.

#### **3.7.2 Presupuesto del uso de un sistema convencional en lugar del sistema fotovoltaico.**

Se sacó un presupuesto tentativo, considerando la instalación y tendido de líneas eléctricas para energizar las BTS y también el pago por el consumo eléctrico, de la red convencional.

### A. Presupuesto de instalación y tendido de líneas eléctricas.

Se tomó como referencia el presupuesto y costo de tendido eléctrico por kilómetro de la obra “Línea de Transmisión 220 kV Machupicchu-Quencoro-Onocora-Tintaya y Subestaciones Asociadas” en el que se ve que el costo por kilómetro es de S/ 301,252.00. Que se encuentra en el anexo “5”.

**Tabla 9:** Presupuesto de tendido eléctrico (PU\_A\_2491\_REP\_MACARI)

Descripción	Longitud de línea de transmisión	Costo por Kilometro (S/)	Total (S/)
PU_A_2491_REP_MACARI	6 Km	301,252.00	1'807,512.00

Elaboración Propia

**Tabla 10:** Presupuesto de tendido eléctrico (PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01)

Descripción	Longitud de línea de transmisión	Costo por Kilometro (S/)	Total (S/)
PU_A_2492_REP_PUTINA PUNCO 01	3.5 Km	301,252.00	1'054,382.00

Elaboración Propia

### B. Presupuesto de consumo eléctrico de red convencional anual.

**Tabla 11:** Consumo en KWh de las BTS

Descripción	Consumo Diario (kWh)	Consumo Mensual (kWh)	Consumo Anual (kWh)
Ambas BTS	22 kWh	660 kWh	8030 kWh

Elaboración Propia

El costo de KWh se tomó de una tesis de investigación (López Huayta, 2019) en la que se indica el consumo de una BTS y el pago que se hizo por este consumo, del cual se

puede obtener el costo de KWh, que es de 0.5540 S/ / KW/H que están en el anexo “6” y que usamos en nuestros cálculos para sacar nuestro costo por consumo anual.

- Potencia : 22 kWh
- Anual : 365 días
- Costo KWh : S/ 0.5540

Costo Anual de Energía = Potencia consumida al día (kWh) x Días

Costo Anual de Energía = 22 kWh X 365 días

Costo Anual de Energía = 8030 kWh

Costo Anual de Energía = 8030 kWh X S/ 0.5540 = S/ 4,448.62

### 3.7.3 Costos de los sistemas Fotovoltaico y Convencional en el tiempo

Se estima que los Sistemas fotovoltaicos tienen una duración de 20 años, por lo que se realizó un costo proyectado para 20 años de servicio en ambos sistemas.

**Tabla 12:** Costos proyectados de sistemas fotovoltaicos en 20 años

Descripción	Costo de Instalación (S/)	Costo por Mantenimiento (20 Años) ( S/)	Total (S/)
PU_A_2491_REP_MACARI	89,803.00	118,120.00	207,903.00
PU_A_2492_REP_PUTINA PUNCO 01	100,365.40	118,120.00	218,474.40

Elaboración Propia

**Tabla 13:** Costos proyectados de sistemas Convencional en 20 años

Descripción	Costo de tendido (S/)	Costo por consumo eléctrico (20 Años) (S/)	Total (S/)
PU_A_2491_REP_MACARI	1'807,512.00	88,972.40	1'896,484.40
PU_A_2492_REP_PUTINA PUNCO 01	1'054,382.00	88,972.40	1'143,354.40

Elaboración Propia

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS

Se estudió un sistema fotovoltaico eficiente para energizar plantas remotas de telecomunicaciones del proyecto de instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Puno, considerando los paneles fotovoltaicos de la marca Jinko los cuales aprovechan mejor la captación de radiación solar, esto según el laboratorio PV Evolution Labs (PVEL) (Doyle & Erion-lorico, 2020) en el que indica que los paneles fotovoltaicos de la serie JKM muestran buena eficiencia con relación a la irradiación, los cuales se muestran en el anexo “7”:

**Tabla 14:** Resultados de dimensionamiento del sistema Fotovoltaico

Descripción	PU_A_2491_R EP_MACARI	PU_A_2492_REP_P UTINA PUNCO 01
Carga (Kw)	1.63	1.63
Energía diaria total (kWh/día)	22	22
Horas pico de sol (PSH)	4.59	3.17
N° Paneles en Paralelo	16	22
N° Paneles en serie	2	2
N° Paneles Solares	32	44
Amperaje del arreglo (A)	139.84	192.28
Capacidad Mínima Requerida por el Sistema (Ah)	2075.07	2075.07
N° Baterías en Paralelo	8	8
N° Baterías en Serie	4	4
N° Baterías	32	32

Elaboración Propia

Se estudió un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a las plantas remotas de telecomunicaciones en la región Puno, que según (Mesquita et al., 2019), los paneles policristalinos JKM330P-72 muestran un mayor rendimiento y eficiencia similar a paneles monocristalinos. Además las baterías de la marca Ritar los cuales tienen buena eficiencia de carga energética, que es certificado por el laboratorio Shenzhen CTL

Testing Technology en el que en su reporte de pruebas (Shenzhen CTL Testing Technology, 2015), indica que las baterías del modelo RA12-260 aprueban sus diferentes pruebas que se muestran en el anexo “8”. Por lo que el sistema dimensionado es eficiente para suministrar energía a las plantas remotas de telecomunicaciones en la región Puno.

Se comparó los beneficios de un sistema fotovoltaico en relación a un sistema eléctrico convencional. Como se puede apreciar en las tablas 12 y 13, que los costos totales proyectados en 20 años de cada una de las BTS tienen una gran diferencia de costos de instalación y operaciones, y para poder apreciar mejor esta comparación se resume en la tabla 15, quedando de la siguiente manera:

**Tabla 15:** Comparación de costos Totales proyectados en 20 años de ambos sistemas

<b>Descripción</b>	<b>Costo total con sistema FV (S/)</b>	<b>Costo total con sistema convencional (S/)</b>	<b>Diferencia de costos (S/)</b>
PU_A_2491_REP_MACARI	207,903.00	1'896,484.40	1'688,581.40
PU_A_2492_REP_PUTINA PUNCO 01	218,474.40	1'143,354.40	924,888.00

Elaboración Propia

Se realizó el estudio del sistema fotovoltaico eficiente, según (Gonzalez & Sánchez, 2014) es obtener el mismo servicio con menor costo de generación de energía, al energizar plantas remotas de telecomunicaciones del proyecto de instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Puno. Donde se obtuvo que el costo del sistema fotovoltaico para la BTS PU\_A\_2491\_REP\_MACARI es el 10.96% del costo total del sistema convencional, mientras que para la BTS PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01 el costo del sistema fotovoltaico es el 19.11% del costo total del sistema convencional, esto en función a la tabla 15.



## 4.2. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos en esta investigación aceptamos la hipótesis general que establece que el estudio del sistema solar fotovoltaico usando energía renovable, es eficiente para energizar plantas remotas de telecomunicaciones cuya discusión se detalla a continuación:

Los resultados obtenidos guardan relación con lo que se sostiene en las tesis de investigación “DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO ENERGÉTICO PARA EDIFICIOS” Martín Muñoz S., José Luis S. Brito y Andrés Avilés N. (2017) y la tesis “Estudio de las necesidades de un sistema de energía alternativa (energía solar) como respaldo para la estación base El Pinal del cantón Daule provincia del Guayas” Iturralde Baque, M. A. (2016) en el que señalan que las energías renovables en un futuro en el apoyo de un sistema de suministro distribuido es fiable, eficiente y limpio en términos ambientales, además que presentan una considerable disminución en los costes fijos y variables de las fuentes renovables, pudiendo producir más de la mitad de la demanda de un edificio, brindando así la posibilidad de añadir fuentes adicionales según sea el caso, además considerando que en zonas rurales los servicios de la red eléctrica son deficientes, habiendo varios cortes de energía, hace que un sistema fotovoltaico sea una alternativa confiable para energizar una estación base.

De acuerdo a las tesis de título “PROPUESTA DE SISTEMA FOTOVOLTAICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA VIVIENDAS DOMICILIARIAS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA” Portugal Chalco, I. (Arequipa-2018), “Implementación de un sistema fotovoltaico aislado para la electrificación de las estaciones base celular de la empresa Viettel Perú SAC, en zonas rurales de la provincia de Huancayo, 2019. Huayta, L., & Roberto, Y. (2019), y la tesis “Diseño de una instalación fotovoltaica para una estación base en Teruel, España” Muñoz Abelairas, S. (2016) Indican que el Perú tiene ventaja en



ser un país con buena radiación solar y que puede ser aprovechado, mediante la implementación de los sistemas fotovoltaicos, además de que los sistemas fotovoltaicos son rentables económicamente a partir de los 5.4 años y que tienen un aproximado de 15 años de ahorro de dinero por consumo de energía eléctrica, y que en el caso de una estación base es económicamente rentable desde el año 12 de los 20 años de vida útil de un sistema fotovoltaico, además de que los gastos iniciales son importantes, sin embargo los gastos de mantenimiento y funcionamiento son mínimos.

Por otro lado las tesis de investigación “Dimensionamiento de un sistema energético autosuficiente para un usuario residencial urbano” García, H. (2018). Y la tesis “ANÁLISIS DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL AUTOCONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA EN ZAMORA” ZAMORA, U. A. E. (2018), señalan que la instalaciones fotovoltaicas aisladas y también híbridas son menos rentables de lo esperado al ver una ganancia luego de unos 12 años de su instalación al ver que los gastos en comprar los equipos son altos, en especial las baterías.

De acuerdo a los trabajos de investigación “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para electrificar al caserío Flor del Valle en Yambrasbamba provincia de Bongará departamento de Amazonas” Cayotopa Medina, J. R. (2019). “Análisis y modelamiento para un módulo fotovoltaico, basado en un sistema de generación de energía renovable microgrid en la ciudad de Puno” Sagua Mamani, W. (2017). Y la tesis “Dimensionamiento de un Sistema de Generación Fotovoltaico Aislado para suministrar Energía Eléctrica a la localidad de Cruz De Pañala-Morrope-Lambayeque”. Chapoñan Cuzo, A. J. (2018). Que señalan que obtuvo varios valores de radiación solar mensual de la página de la NASA y del atlas del SENAMHI del lugar a ser estudiado, y que ha de ser considerado el menor de ellos, para ser usado en sus cálculos, por lo que tener los valores



correctos de radiación solar es importante por estar ligado directamente a la corriente generada.

De acuerdo al artículo “ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOCONSUMO ELÉCTRICO BASADO EN PANELES FOTOVOLTAICOS PARA UNA VIVIENDA” Martínez López, Andrea G. (2016) que señalan que los costos de mantenimiento y que los espacios que los equipos ocupan hace que los sistemas fotovoltaicos sean costosos de mantener, al mismo tiempo indica que en un mediano plazo se necesita desarrollar celdas solares más eficientes así como los sistemas de almacenamiento, para que haya un impacto más positivo en los sistemas fotovoltaicos.

Así como en las tesis de investigación “Implementación de un sistema fotovoltaico aislado para la electrificación de las estaciones base celular de la empresa Viettel Perú SAC, en zonas rurales de la provincia de Huancayo, 2019”. Huayta, L., & Roberto, Y. (2019) y la tesis de investigación “Diseño y Coordinación de Protecciones Eléctricas de una Micro-Red para una Estación Base de Comunicación en Condición de Isla” Peñaloza Graterón, J. H. (2016). Que señalan que en zonas rurales que presentan geografías accidentadas y que las redes convencionales presentan muchas dificultades técnicas y económicas para poder energizar las estaciones base celulares, además de que se debe de evaluar por separado las regiones específicas para ver su viabilidad, para implementar un sistema fotovoltaico, eólico o un sistema dinámico.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen, Ortiz F.& Puma, D. (2018), que indican en sus investigaciones que los sistemas fotovoltaicos presentan un ahorro de operación y mantenimiento en términos económicos por lo que son convenientes en relación a los grupos electrógenos que son usados usualmente para energizar o alimentar a las estaciones bases remotas.



## V. CONCLUSIONES

En esta investigación se realizó el estudio del sistema fotovoltaico para energizar plantas remotas de telecomunicaciones del proyecto de instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Puno. Donde se da a conocer la demanda energética de las BTS que según lo obtenido es de 22 kWh/día y se calculó el dimensionamiento en cantidad de paneles, siendo para PU\_A\_2491\_REP\_MACARI, 32 módulos fotovoltaicos y para PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01, 44 módulos fotovoltaicos, así como el controlador usado para PU\_A\_2491\_REP\_MACARI, (PWM) JNDX-48V200A de 200A/48V así como para PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01, un par de (PWM) JNDX-48V150A de 150A/48V y en el número de baterías en ambos casos es de 32 Baterías RA12-260A, siendo el dimensionamiento con equipos que cumplen la demanda energética de la BTS, por lo que es un sistema eficiente para el funcionamiento de las BTS.

Para el sistema fotovoltaico de las plantas remotas de telecomunicaciones, en las distintas ubicaciones del proyecto de telecomunicaciones de la región Puno, se utilizó la menor radiación solar durante los años 2017 al 2019 en sus diferentes locaciones como son para PU\_A\_2491\_REP\_MACARI de 4.59 Kwh/m<sup>2</sup>/día y para PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01 de 3.17 Kwh/m<sup>2</sup>/día, valores que fueron utilizados para el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos eficientes.

Se comparó los beneficios de un sistema fotovoltaico eficiente con relación a un sistema eléctrico convencional. Cuyo beneficio se vio reflejado desde el punto de vista de los costos de inversión, donde para PU\_A\_2491\_REP\_MACARI resultó menor en S/ 1'688,581.40 respecto al sistema convencional. Mientras que para el sistema fotovoltaico eficiente PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01 resultó menor en S/ 924,888.00, respecto al sistema convencional. Siendo el sistema fotovoltaico eficiente beneficioso en



términos económicos. Por lo que se concluye que es posible energizar estaciones bases aisladas para el “Proyecto de instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la Región Puno” con sistemas fotovoltaicos aislados en las diferentes zonas rurales que son de difícil acceso en la región Puno.



## VI. RECOMENDACIONES

El estudio del sistema fotovoltaico es eficiente para energizar plantas remotas de telecomunicaciones, además el sistema fotovoltaico es autónomo, se recomienda la implementación de Tecnologías de la información y la comunicación en tiempo real, en futuras BTS que estén ubicadas en zonas rurales y de difícil acceso, ya que se podrá recoger datos y a la vez monitorear el desempeño y eficiencia del sistema fotovoltaico, así como de los demás equipos de telecomunicaciones de la BTS, lo que puede proporcionar maneras de optimizar de mejor manera los sistemas fotovoltaicos

Se recomienda impulsar y fomentar las investigaciones futuras en temas de energías renovables, como son las tecnologías fotovoltaicas eficientes para suministrar energía eléctrica, ya que estas tienen un constante avance tecnológico viendo mejoras en la eficiencia de las células fotovoltaicas y también mejoras en los sistemas de almacenamiento, teniendo así un sistema más eficiente y competitivo con relación a otras tecnologías.

Se recomienda hacer futuros estudios de beneficios de sistemas fotovoltaicos y la incidencia de radiación solar, en por lo menos cada distrito de la región Puno por separado, en los que fuese a instalar un sistema fotovoltaico, para un correcto y eficiente dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos, ya que se vio que estos índices influyen de manera directa en los cálculos para el arreglo solar para nuestro sistema fotovoltaico.



## VII. REFERENCIAS

- Acuña Martínez, C. E. (2019). *Alternativas De Energía En El Perú*. Universidad Privada del Norte.
- Alvarado Ladrón de Guevara, J. (2018). Diseño y Cálculo de una Instalación Fotovoltaica Aislada.
- Autosolar Peru. (2015). *¿Qué es un amperio-hora?*  
<https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-amperio-hora>
- Autosolar Peru. (2017). *Entender ficha tecnica panel solar*.  
<https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/como-entender-la-ficha-tecnica-de-un-panel-solar>
- Autosolar Peru. (2018). *Orientación e inclinación recomendable de los paneles solares en el Perú para mejorar su eficiencia*. <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/que-orientacion-e-inclinacion-han-de-tener-los-paneles-solares-en-el-peru>
- Chávez Guerrero, M. A. (2012). “Proyecto de factibilidad para uso de paneles solares en generacion fotovoltaica de electricidad en el complejo habitacional ‘San Antonio’ de Riobamba”.
- COES. (s/f). *¿Quiénes Somos?* Recuperado el 6 de noviembre de 2020, de <https://www.coes.org.pe/Portal/Organizacion/QuienesSomos>
- CTL-Lab. (2019). *CTL Testing*. <http://www.ctl-lab.com/en/>
- Defensoria del Pueblo. (2020). *Educacion En Pandemia*.
- Doyle, T., & Erion-lorico, T. (2020). 2020 PV Module Reliability Scorecard. *Pvel - Dnv Gl*.
- Gerencia Energetica. (2018). Diseño e Instalación De Sistemas Solares Fotovoltaicos.
- Gonzalez, H. F., & Sánchez, C. (2014). *Eficiencia energética. June 2014*.



Herrera García, E. F. (2007). Optimización Del Performance De La Red Gsm De Otecel (Movistar) A Partir Del Monitoreo Y Análisis De Sus Principales Indicadores.

Hogarsense. (2020). *Diccionario energía solar térmica (A - D)*.  
<https://www.hogarsense.es/energia-solar/diccionario-energia-solar-termica-1>

Honsberg, C., & Bowden, S. (2019). *Medición de la Radiación Solar / PVEducation*. <https://www.pveducation.org/es/fotovoltaica/2-propiedades-de-la-luz-del-sol/medición-de-la-radiación-solar>

INEI. (2018). Hogares según cobertura de las tecnologías de información y comunicación. *Perú: Perfil Sociodemográfico 2017*, 395–410.  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1539/cap07.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/cap07.pdf)

Instituto Tecnológico de Canarias. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*.

La Cámara. (2019). *Urgen medidas para ampliar el acceso de las TIC en el Perú*.  
<https://lacamara.pe/urgen-medidas-para-ampliar-el-acceso-de-las-tic-en-el-peru/>

La Vanguardia. (2017). *¿Por qué sigue sin llegar internet al mundo rural?*  
<https://www.lavanguardia.com/vida/20170622/423603725653/asaja-exige-a-la-junta-que-se-facilite-el-acceso-a-internet-en-el-medio-rural.html>

López Huayta, Y. R. (2019). Implementación de un sistema fotovoltaico aislado para la electrificación de las estaciones base celular de la empresa Viettel Perú S.A.C, en zonas rurales de la provincia de Huancayo, 2019. *Universidad Nacional Del Centro Del Centro*.  
[http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1846/Tesis\\_Márquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1846/Tesis_Márquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Marzoa, C. G. de. (2011). Boletín Solar Fotovoltaica Autónoma SunFields Europe. *SunFields Europe*, 15.



- Md. Rabiul Islam, Faz Rahman, & Wei Xu. (2016). *Advances in solar photovoltaic power plants*.
- Méndez Muñiz, J., & Cuervo García, R. (2017). *Energía Solar Fotovoltaica* (Editorial Fundación Confemetal (ed.); 7ma. Edici).
- Mesquita, D. D. B., Lucas De Silva, J., Moreira, H. S., Kitayama, M., & Villalva, M. G. (2019). A review and analysis of technologies applied in PV modules. *2019 IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies, ISGT Latin America 2019, December*. <https://doi.org/10.1109/ISGT-LA.2019.8895369>
- Messenger, R., & Abtahi, A. (2017). *Photovoltaic systems engineering* (CRC press (ed.)).
- Ministerio de Energía y Minas. (s/f). *Conceptos básicos sobre la energía*. 16–24.
- Model, A., & Moving-Average, A. (2017). *Proyección de la demanda eléctrica: clasificación, variables y métodos empleados*. <https://dheybicervan.com/proyeccion-de-la-demanda-electrica/>
- Osinermin. (2020). *Energía Solar*. <https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-solar>
- Osorio Estrada, P. A. (2013). Optimización de una estación base celular mimetizada para mejorar los índices de accesibilidad de la celda. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Pachauri, R. K., & Chauhan, Y. K. (2014). Hybrid PV/FC stand alone green power generation: A perspective for Indian rural telecommunication systems. *Proceedings of the 2014 International Conference on Issues and Challenges in Intelligent Computing Techniques, ICICT 2014, February 2014*, 802–810. <https://doi.org/10.1109/ICICT.2014.6781383>
- Pérez Valderrama, J. I., & Walteros Parra, Y. M. (2016). *Sistema De Gestión De Carga Para Baterías De Ion-Litio*. 147(1610), 11–40.



- Perpiñan Lamigueiro, O. (2012). *Energía Solar Fotovoltaica*. 194.  
<http://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf>
- ProInversion. (2018). *Proyectos Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo Social de las Regiones: Junín, Puno, Moquegua y Tacna :: Proinversión*.  
<https://www.proyectosapp.pe/modulos/JER/PlantillaProyecto.aspx?ARE=0&PFL=2&JER=8413>
- REN21. (2019). *La inacción en las políticas de energía sostenible es la culpable de la falta de progreso en los objetivos de clima y desarrollo de la ONU. 2017–2019*.
- Sagua Mamani, W. (2017). *Análisis Y Modelamiento Para Un Módulo Fotovoltaico, Basado En Un Sistema De Generación De Energía Renovable Microgrid En La Ciudad De Puno*. 1–124.
- Sebastian, E. (2011). *Hora Solar Pico uso en paneles solares fotovoltaicos / EliseoSebastian.com*. <http://eliseosebastian.com/hora-solar-pico-uso-en-paneles-solares-fotovoltaicos/>
- Shenzhen CTL Testing Technology. (2015). *Application for IEC Test Report On Behalf of Hengyang Ritar Power Co . Ltd .*
- SUNFIELDS. (2020). *¿Cuales son las mejores placas solares? (Análisis, 2019-20)*.  
<https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/el-mejor-panel-solar-del-mundo/>
- Tamayo Pacheco, J. F. R. (2017). *La Industria de la Energía Renovable en el Perú: 10 Años de Contribuciones a la Mitigación del Cambio Climático*. osinerming.
- Tecnosol. (2020). *Baterías para energía solar. Tipos de baterías / Energía Solar Baterías / Tecnosol*. <https://tecnosolab.com/noticias/baterias-para-energia-solar-tipos/>
- UNESCO. (2020). *La UNESCO reafirma la necesidad de la universalidad de Internet, en medio de la intensificación de las amenazas*.



<https://es.unesco.org/news/unesco-reafirma-necesidad-universalidad-internet-medio-intensificacion-amenazas>

Vilches Verzosa, R. (2019). Estudio Tecno-Económico Comparativo Entre Una Instalación Solar En Modo Autoconsumo Y Una Instalación Fotovoltaica Aislada Con Cálculo De Sistema Solar Térmico De Acs.



# ANEXOS

## ANEXO 1: Hoja de datos de JKM 330P

[www.jinkosolar.com](http://www.jinkosolar.com)



## JKM330P-72

# 310-330 Watt

POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0/+3%

ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS18001 certified factory.  
IEC61215, IEC61730 certified products.

(4BB)





### KEY FEATURES



**4 Busbar Solar Cell:**

4 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



**High Efficiency:**

High module conversion efficiency (up to 17.01%), through innovative manufacturing technology.



**Low-light Performance:**

Advanced glass and solar cell surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.



**Severe Weather Resilience:**

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

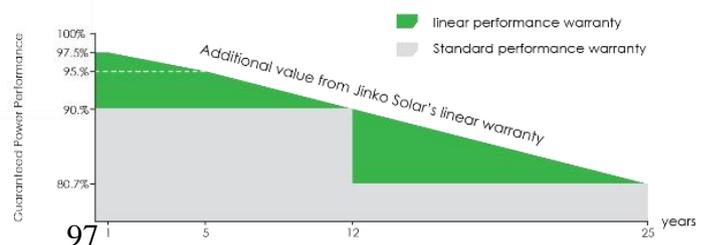


**Durability against extreme environmental conditions:**

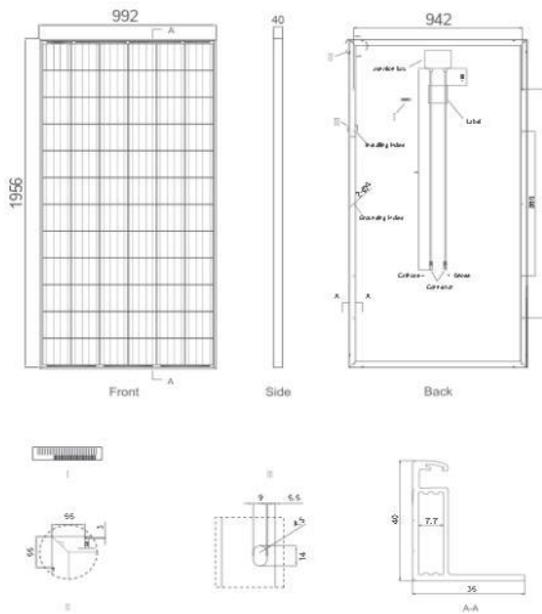
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty

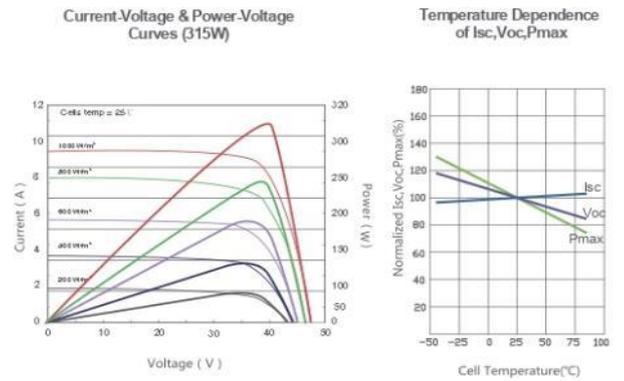


### Engineering Drawings



**Packaging Configuration**  
( Two pallet=One stack )  
25pcs/pallet, 50pcs/stack, 600 pcs/40' HQ Container

### Electrical Performance & Temperature Dependence



### Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline	156×156mm (6 inch)
No. of cells	72 (6×12)	
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.05×1.57 inch)	
Weight	26.5 kg (58.4 lbs.)	
Front Glass	4.0mm, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass	
Frame	Anodized Aluminium Alloy	
Junction Box	IP67 Rated	
Output Cables	TÜV 1×4.0mm <sup>2</sup> ; Length: 900mm or Customized Length	

## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM310P		JKM315P		JKM320P		JKM325P		JKM330P	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	310Wp	230Wp	315Wp	233Wp	320Wp	237Wp	325Wp	241Wp	330Wp	245Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.0V	34.4V	37.2V	34.7V	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V
Maximum Power Current (Imp)	8.38A	6.68A	8.48A	6.71A	8.56A	6.83A	8.66A	6.89A	8.74A	6.94A
Open-circuit Voltage (Voc)	45.9V	42.7V	46.2V	42.8V	46.4V	43.0V	46.7V	43.3V	46.9V	43.6V
Short-circuit Current (Isc)	8.96A	7.26A	9.01A	7.28A	9.05A	7.35A	9.10A	7.40A	9.14A	7.45A
Module Efficiency STC (%)	15.98%		16.23%		16.49%		16.75%		17.01%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	15A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.41%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.31%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup> Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

\* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. EN-MKT-330P\_v1.0\_rev2016

## ANEXO 2: Manual JNDX200A

JNDX -\*\*\*200

—New type of solar power controller

### Regular technical parameters

Rated system voltage	___VDC
Rated charge current	200A
Rated discharge current	NO
Solar panel maximum input voltage <sup>①</sup>	___VDC
Solar panel maximum input power	___W

①Maximum input voltage, is refers to the applications at the lowest temperature under the condition of solar panel modules of open circuit voltage (VOC), namely the VOC values should be less than or equal to the provisions of the solar panel maximum input voltage value.

### I. Important Safety Information

Please keep this manual for later use.

This manual contains the JNDS solar controller all safety, installation and operating instructions.

Following icon manual runs through the whole manual, indicating an action may be potentially dangerous situation, or important safety operation steps, come across these ICONS, must pay attention to.

#### General Safety Information

- Prior to installation, please read all the instructions in the manual and matters needing attention.
- JNDS series controller, no need of maintenance or repair parts, users don't disassembly and maintenance the controller itself.
- Disconnect the solar module and fuse/breaker near to battery before installing or adjusting the controller.
- Install external fuses/breakers as required.
- Prevent any liquid from spattering on controller. Do not clean the controller with wet cloth.



Warning: Indicates have potentially dangerous, take extra care when performing this task.



Warning: Indicates the controller safe and correct operation of a key program.



Note: this step or function is very important for the controller's safe and proper operation

- Confirm that power connections are tightened to avoid excessive heating from loose connection.
- Keep controller away from electrical heater, warmer and avoid controller under sunlight.

### II. Basic information

#### 2.1 General Description

Thank you for choosing JNDS power station controller. our company production of a new generation of JNDS series controller is a according to the latest technology development, represents the latest photovoltaic technology development level of products, this product has many excellent performance:

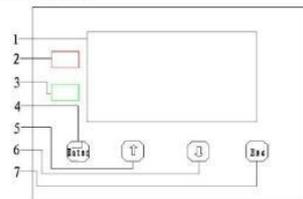
- Excellent thermal design and air cooling control.
- High efficient PWM charging ways.
- Variety of load control method, enhanced the flexibility of the system
- Battery charging parameters can be set up.
- Any combination of photovoltaic module and storage battery reverse automatic protection function, no damage to any device.
- Adopt traditional LCD liquid crystal display and keyboard design, convenient to view the running parameters of the controller.

adopt advanced protection system, provide full protection for over current, over voltage or overload.  
Provide industrial generic RS232 communication interface, the user can design PC communication software, also can buy the company developed the upper machine communication accessories.

This controller used for off-grid solar power systems (independent system), especially suitable for small off-grid solar power control system, automatically adjust the charging and discharging.  
JNDS series controller's battery charging process is optimized, can prolong the life of battery, improve system performance.  
Its comprehensive self-test function and electronic protection function can be avoided due to installation errors and damage of system failure caused the controller damaged.

### 2.2 LCD, LED, and buttons Description

Although JND - X series controller is easy to operate and use, in order to make you better able to use all functions of the controller, to improve your pv systems, would you please take a little time to get to know the instructions in this manual.



- 1 - LCD display  
Display system operation parameters.
- 2 - Charge indicator  
Indicate the charging status.

- Explosive battery gasses may be present during charging. Be certain there is sufficient ventilation to release the gasses.
- Avoid direct sunlight and do not install in locations where water can enter the controller.
- Loose power connections and/or corroded wires may result in resistive connections that melt wire insulation, burn surrounding materials, or even cause fire. Ensure tight connections and use cable clamps to secure cables and prevent them from swaying in mobile applications.
- Use with Gel, Sealed or Flooded batteries only.
- Battery connection may be wired to one battery or a bank of batteries. The following instructions refer to a singular battery, but it is implied that the battery connection can be made to either one battery or a group of batteries in a battery bank.
- Select the system cables according to 4A/mm<sup>2</sup> current density.

### 3.2 Controller Mounting

#### NOTE:

When mounting the JNDS series controller, ensure free air through the controller heat sink fins. There should be at least 150mm of clearance above and below the controller to allow for cooling. If mounted in an enclosure, ventilation is highly recommended.

**Warning:** the danger of explosion. Don't install the controller and the open type cell in the same confined space! Do not install in a battery gas may also gather airtight place.

- Step 1: Choose Mounting Location  
Locate the JNDS series controller on a vertical surface protected from direct sun, high temperature, and water.
- Step 2: Unpacking and inspection  
Receive the goods before unpacking, please first check whether the packing breakage or deformation, and then open the packing cases, remove the controller, which should include a controller, a specification, and annex,

- 3 - Battery indicator light  
Indicate the battery voltage and discharge state.
- 4 - Set the button  
Press this button to enter setup interface or change the Settings.
- 5 - "↑" button  
Click this button add a page up or figures.
- 6 - "↓" button  
Press the page up or number minus one.
- 7 - Exit button  
Under the set interface to browse interface, press this key to exit the setup interface does not save the Settings data when power supply drop.

### 2.3 Terminal Description

1	2	3	4	5	6
S1+	S1-	S2+	S2-	B+	B-

- 1 - solar panels NO.1 positive pole S1+
- 2 - solar panels NO.1 negative pole S1-
- 3 - solar panels NO.1 positive pole S2+
- 4 - solar panels NO.1 negative pole S2-
- 5 - Battery positive pole B+
- 6 - Battery negative pole B-

### III. Installation instructions

#### 3.1 Installation considerations

- Be very careful when working with batteries. Wear eye protection. Have fresh water available to wash and clean any contact with battery acid.
- Uses insulated tools and avoid placing metal objects near the batteries.

if there are any missing, please contact our company. Check receive the controller should be no stains, no damage or fall, if have the above situation, please contact our company.

- Step 3: Select installation  
JNDS series controller can be installed horizontally, or hung up vertically. If choose horizontal installation, you can directly install the controller is placed on the stage, and ignore this step; If choose vertical installation, remove attachments, to reverse its horizontal, as shown in the figure below, the attachment is installed this controller.



Place the controller in the location where it will be mounted. Verify that there is sufficient room to run wires and that there is sufficient room above and below the controller for air flow.

- Step 4: Mark Holes  
Use a pencil or pen to mark the eight (8) mounting hole locations on the mounting surface.
- Step 5: Drill Holes  
Remove the controller and drill 8 size able holes in the marked locations.
- Step 6: Secure Controller  
Place the controller on the surface and align the mounting holes with the drilled holes in step 5. Secure the controller in place using the mounting screws.

### 3.3 System Wiring

Note: In order to install security, we recommend a connection order.



Note: The JND - X series controller is a total of anode type control.

**Warning:** Ban the load end connection than controller surge power electrical equipment, in case of damage to the controller.

**Warning:** Need to move when using, make sure all wiring fixed well. Due to the empty string contact may lead to heat accumulation, serious and cause a fire.

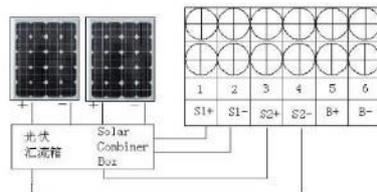
Step 1: First closed the controller switch(before delivery is usually closed), open the terminal on the panel.



3-1

Step 2: **Battery Wiring**

**Warning:** If the battery positive and negative extreme and wires short circuit will cause the risk of fire or explosion. Please be careful operation.



3-3 Solar modules connection

Step 4: Double-check the wiring in step through 4. confirm correct polarity at each connection. Verify that all six terminals are tightened.

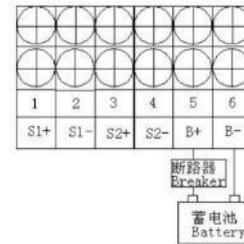
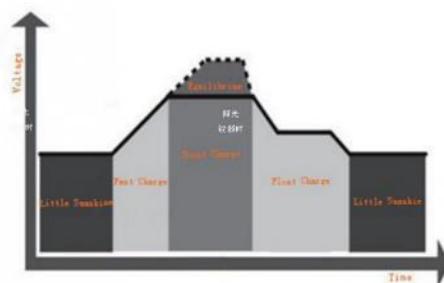
Step 5: Confirm power-up

Closed switch controller, storage battery to power a controller, the controller starts up, LED blink on the controller battery, LCD will appear light and subtitles, observe whether it is right.

If the controller has not started, or the indicator light on the controller indicates errors, refer to chapter 5 remove fault.

#### IV. Operation

##### 4.1 Battery Charging Status



3-2. Battery connection

Before connecting the battery, ensure the normal state of the battery, in order to ensure the normal operation of the system.

According to figure 3-2, the installation process must not be connected to circuit breaker, after the connection is verified through to connect the circuit breaker.

Step 3: **Solar Module Wiring**

**Warning:** electric shock danger! Photovoltaic modules may produce high voltage, be careful to prevent wiring electric shock.

Please make sure that solar energy components in the system voltage or lower than the system voltage, shall not exceed the maximum input voltage range.

##### • Fast Charging Gradation:

In fast charging gradation, solar controller will come into direct charge mode if voltage of battery cannot reach re-made full charge values.

##### • Boost Charging Gradation:

Solar controller will adjust battery voltage continuously to maintain boost charge setting point when battery voltage reached setting values. It prevents battery from product gas and become too hot. Battery boost charging time keeps about 120 minutes, and then solar controller will enter into float charge statuses. Solar controller will come into boost charge status while it identify battery isn't in over-discharge and over-load status every time.

##### • Float Charging Gradation:

Solar controller will enter into float charging status after battery finished boost charge gradation. All charging current will transform into heat and gas after battery is fully charged without more electrochemical reaction. Solar controller with more little voltage and current to charging battery during float charge gradation. Thus decrease temperature of battery and give out gas, then charging battery with little current.

Float charging is aimed at compensate electricity consumption from battery over-discharge and small load from system. At the same time, keeps battery in full charged status.

Load can obtain electricity from battery continuously in float charging gradation. Solar controller won't keep in ready-made float charging values if load exceed solar charge current.

Solar controller will enter into fast charge gradation rather stay in float charge gradation if battery voltage values lower than float charge recovery values.

• Equilibrium Gradation



Warning: the explosion risk. Balanced openings lead-acid battery, can produce explosive gas. Battery must be well ventilated.



Note: equipment damage!

Equilibrium can increase the battery voltage to the dc load can damage sensitive level. Need to verify the permission of all the load to the system input voltage is greater than the battery charge balance set point.



Note: equipment damage!

Charging too much, too much gas evolution may damage the battery plate, and leads to the active material on the battery plate fall off. Equalizing charge is too high or too long may cause damage. Please check carefully to the specific requirements of the battery used in the system.

Some types of battery charged benefit from regular balanced, can stir up the electrolyte, the balance of battery voltage, complete the chemical reaction. Equalizing charge increase the battery voltage, make its voltage is higher than the standard, make the battery electrolyte gasification.

If a battery is detected over discharge, equalizing charge controller automatically control the charging, equalization charging time is 120 minutes. Equalization charging and ascension is not repeated in the process of a full, in order to avoid too much product gas or battery overheat.

4.2 Indicator light

• Charging indicator:

When the system connection is normal, and the system has a charging current when charging indicator light red keep lighting, said the system charging circuit is normal.

• Battery indicator:

Two represent the charging and discharging, for charging, have the current will show effect, when there is no current or current is very small, the label will disappear; For discharge, when the battery is in a state of under voltage, flashing the overall effect, when the battery is in good state, according to static effect, marking can pick up the load, after loading, if there are current, will display effect.



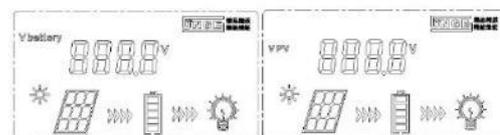
Battery, in the middle of the five bars represent the current battery power



Load, when connected to the load, there will be lighting effects

• Browse other parameters introduced

Users click to view the charging current, the page is shown in figure 4.3.2, "Charge" on behalf of the displayed charging current, behind the numbers is the charging current readings; in the figure 4.3.2 interface, users click will return to the interface of figure 4.3.1, click to view the discharge current. the page is shown in figure 4.3.3. "Discharge" on behalf of the discharge current, behind the Numbers is the discharge current readings.



4.3.3 battery voltage interface

4.3.4 solar panel voltage interface

The above three pages, collectively known as browse pages, when a minute don't operating controller buttons, LCD backlight will automatically go out. after pressing any key will once again lit backlight and continuously

When battery over-voltage, green battery indicator light goes out; When the battery voltage, battery indicator light flashing green; When the battery is in normal state, green keep lighting. See chapter 5 processing malfunction.

4.3 controller parameters view and set operation

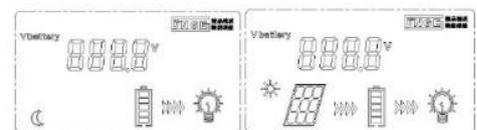
LCD initial interface introduced

For users after 3.3 this connection and power operation, general automatically entered into the following interface (default during the day, as shown in figure 4.3.1).

"Battery" on behalf of the display Battery voltage at this time, digital is the Battery voltage readings:



On behalf of the day, solar panels in the power generation state, if removed panels connection, or into the night, the icon out, the moon icon appears.



4.3.1 start interface

4.3.2 solar panel connect interface



represent daytime, solar panel already connected



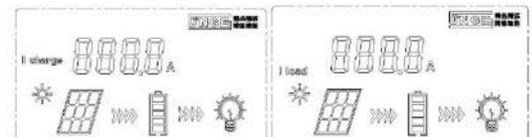
represent night, solar panel not connected

for one minute.

• Parameter Settings:

Press Enter to controller with parameter is set into the interface, as shown in figure, "Float" represent this time can be set to float charging voltage value, the user can press or key numerical, each time you press the increase or decrease 1v, set up finished, the user can press the ESC key to exit to browse the first page, also can continue to press the Enter key to Enter as shown in the page.

As shown in figure, "LVD" represent this time can be set up under-voltage protection voltage numerical, the user can press or numerical, each time you press the increase or decrease 1v, set up finished, the user can press the ESC key to exit to browse the first page, also can continue to press the Enter key to Enter 4.3.6 is shown in the page.

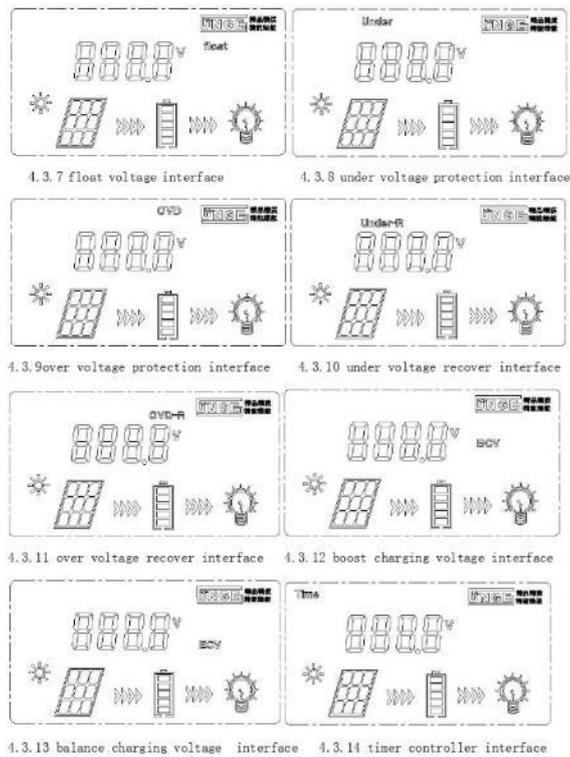


4.3.5 charging current interface

4.3.6 discharging current interface

As shown in figure, "OVD" represent can be set up at this time of over-voltage protection numerical, the user can press the key or key numerical, each time you press the increase or decrease 1 v, set up finished, the user can press the ESC key to exit to scan the first page.

The above three pages are collectively referred to as Settings, LCD backlight will not automatically, please press the ESC key to exit the users to browse the first page, a minute is not operating controller buttons, LCD backlight automatically extinguished.



When there is sun on the PV modules, and the red charging indicator don't light.	Battery is full charging or the PV array connection is open	First please check that if the battery is full charging. The indicator will not light if the battery is full charging. Then please check if the internal connection of PV modules and battery is correct and reliable.
The green indicator is not light	The battery is under voltage	When the battery is back to normal, the green light will auto recovery.
The green indicator flash	The battery is under voltage	When the battery is fully charged, the green light will auto recovery.

**Warning:** If all of the LED and LCD don't indicate, please check if the switch of the controller on "ON" side.

**Warning:** If the connection is right and the charging indicator don't light, please check if the output voltage of the PV module is high than battery voltage.

### 6.3 The Maintenance of the system

In order to maintain the best long-term performance, we recommend the following checks twice a year.

- Make sure that the controller is securely mounted in a clean, dry environment.
- Make sure that the air flow around the controller will not be blocked. Clear any dirt or debris that on the radiator.
- Check all of the exposed wires are well or damaged. Because of the sun, and other objects around the friction, such as dry rot, insect or rodent damage the insulation. If necessary, repair or replace wires.
- According to suggestion, please tighten all electrical connection terminal screws.
- Check the grounding of all components, verify that all ground wires are securely and properly grounded.
- Check all terminals, see if there is corrosion, insulation damage, heat or burning / discolored sign, tighten the terminal screws to the recommended torque.
- Check for dirt, insects and nesting corrosion, as required cleanup.
- If the arrester has expired, the timely replacement of failed arrester

### V. Communication accessories

Users according to the demand of choose and buy the following parts

- 5.1 RS232 USB cable
- 5.2 Software installation CD
- 5.3 Software installation instructions

### VI. Protection, Troubleshooting and Maintenance

#### 6.1 The controller have great protections as below:

- PV array short circuit:  
PV array input short circuit, when it solved, the controller will continue to charge the battery automatic.
- Reverse connection of PV modules:  
When reverse connection of PV modules, the controller will not damaged. After you modify the wrong connection, the controller will continues to work safety.
- Reverse connection of battery:  
When reverse connection of battery, the controller will not damaged. After you modify the wrong connection, the controller will continues to work safety.
- Sensor off:  
When the current-sensor-wire off, it will affect the current display, but it does not affect the normal charging and discharging of the system.
- High voltage surges:  
This controller have great protection for smaller energy with high voltage surges. At lighting frequently areas, we suggest to install external arrester for the controller.

#### 6.2 Troubleshooting

If the controller meet these problems as below, please solve them according to the suggestion.

Troubleshooting		6-1
Problem	Main reason	Workaround

to prevent causing the controller to other devices or users lightning damage.



**Warning:** Risk of electric shock!!!

Please make sure that all of the power is off before you do these checks.

### VII. Warranty

The charge controller is warranted to be free from defects for a period of TWO (2) years from the date of shipment to the original end user. We will, at its option, repair or replace any such defective products.

This warranty does not apply under the following conditions:

1. Damage by accident, negligence, abuse or improper use.
2. PV or load current exceeding the rating of product.
3. Unauthorized product modification attempted repair.
4. Damage occurring during shipment.
5. Damage results from acts of nature such as lightning, weather extremes.
6. Irreclaimable mechanical damage.

### VIII. Detailed technical parameters

Electrical parameter

8-1

Electrical parameter	parameter								
	DC 240 V	DC 220V	DC 216V	DC 192V	DC 120V	DC 110V	DC 96V	DC 48V	DC 24V
rated system voltage	DC 240 V	DC 220V	DC 216V	DC 192V	DC 120V	DC 110V	DC 96V	DC 48V	DC 24V
Rated charge current	200 A	200A	200A						
The maximum allowable voltage	DC 320 V	DC 293V	DC 288V	DC 256V	DC 160V	DC 147V	DC 128V	DC 64V	DC 32V
Max input voltage	DC 450 V	DC 430V	DC 430V	DC 400V	DC 250V	DC 230V	DC 200V	DC 100V	DC 50V
Min input voltage	DC 300 V	DC 275V	DC 270V	DC 240V	DC 150V	DC 138V	DC 120V	DC 60V	DC 30V
Max input power (W)	48000	44000	43200	38400	24000	22000	19200	9600W	4800W
Static loss	<0.2A								
Charge loop drop	≤0.5V								
Discharge circuit of pressure drop	≤0.3V								

Battery voltage parameters (Temperature: 25°C) 8-2

controls parameter	parameter								
	320V	294V	288V	256V	160V	147V	128V	64V	32V
Over voltage switching off	320V	294V	288V	256V	160V	147V	128V	64V	32V
limited charge voltage	300V	275V	270V	240V	150V	138V	120V	60V	30V
Over voltage Recover	294V	270V	265V	235V	147V	135V	118V	59V	29.5V
Average voltage	290V	266V	261V	232V	145V	133V	116V	58V	29V
Boost voltage	276V	253V	248V	221V	138V	127V	110V	55.2 V	27.6V
Float voltage	250V	229V	225V	200V	125V	115V	100V	50V	25V

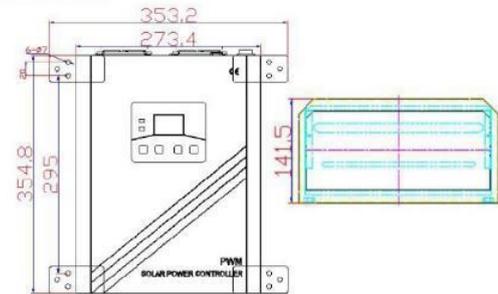
Under voltage recovery	216V	198V	194V	173V	108V	99V	87V	43.2 V	21.8V
Under voltage disconnect	—								
Duration of equilibrium	2 hours								

Note: The table 8-2 can be set up on behalf of this keypad and LCD Settings, all parameters can be set through the communications software

Environmental parameter	parameter
Work temperature	-35°C- +55°C
Store Temperature	-35°C- +80°C
Temperature Range	10%-90%No condensation
Protection level	IP30
Using altitude	≤3000m

Mechanical parameter	parameter
Dimension	355*273*142 (mm)
Hole Size	295mm x 353mm
Hole size	Φ7
Terminal	24mm <sup>2</sup>
Net weight	7.1kg
Dimension	355*273*142 (mm)

Dimension (mm)



### ANEXO 3: Hoja de datos de RA12-269A



## RA12-260A (12V260Ah)

RA series is a general purpose battery with 10 years design life in float service. It meets with IEC, JIS and BS standards. With up-dated AGM valve regulated technology and high purity raw materials, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPs, medical equipment, emergency light and security system applications.



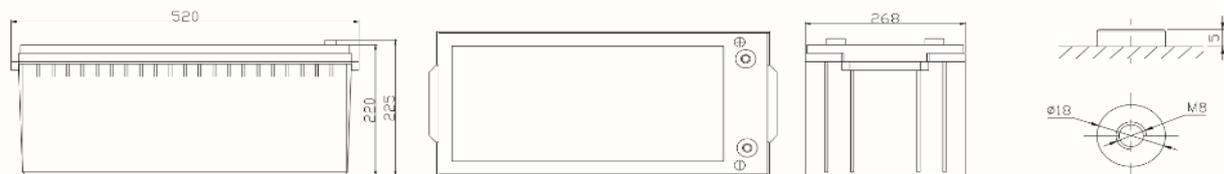
### Specification

<b>Cells Per Unit</b>	6
<b>Voltage Per Unit</b>	12
<b>Capacity</b>	260Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
<b>Weight</b>	Approx. 72.5 Kg (Tolerance ± 1.5%)
<b>Max. Discharge Current</b>	2600A (5 sec)
<b>Internal Resistance</b>	Approx. 3.5 mΩ
<b>Operating Temperature Range</b>	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
<b>Normal Operating Temperature Range</b>	25°C ± 5°C
<b>Float charging Voltage</b>	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
<b>Recommended Maximum Charging Current</b>	78 A
<b>Equalization and Cycle Service</b>	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
<b>Self Discharge</b>	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
<b>Terminal</b>	Terminal F14
<b>Container Material</b>	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



### Dimensions

Unit: mm Dimension: 520(L) × 268(W) × 220 (H)



### Constant Current Discharge Characteristics: A (25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	670.8	517.7	424.5	257.3	159.9	98.7	67.07	54.08	44.89	30.02	27.06	14.32
10.0V	651.5	492.6	415.8	254.0	157.7	96.7	65.83	53.31	44.49	29.90	26.79	14.06
10.2V	632.1	475.2	409.3	250.1	156.2	95.7	65.24	52.78	44.20	29.63	26.53	13.79
10.5V	567.6	438.5	389.7	243.2	154.3	94.4	64.66	52.00	43.83	29.37	26.26	13.52
10.8V	512.3	399.9	359.2	235.2	152.2	93.7	63.91	50.22	43.62	29.25	26.02	13.38
11.1V	437.5	357.4	322.2	226.3	148.6	89.9	62.66	49.50	43.30	29.01	25.72	12.84

### Constant Power Discharge Characteristics: W(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	6939	5514	4670	2945	1852	1157	789.6	647.3	537.8	354.1	319.58	169.9
10.0V	6802	5345	4595	2915	1836	1142	777.9	638.2	533.0	352.7	317.06	167.0
10.2V	6724	5204	4543	2890	1825	1134	774.5	632.2	529.8	350.1	314.24	163.9
10.5V	6122	4846	4333	2831	1813	1120	768.2	623.7	525.5	347.1	311.16	160.8
10.8V	5576	4467	4005	2764	1790	1112	759.5	602.7	523.1	345.6	308.08	159.3
11.1V	4897	4039	3605	2688	1763	1070	746.8	594.0	521.2	343.2	304.73	153.6

All mentioned values are average values (Tolerance ±2%).

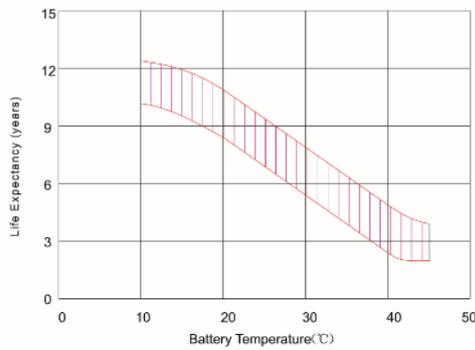


# RA12-260A

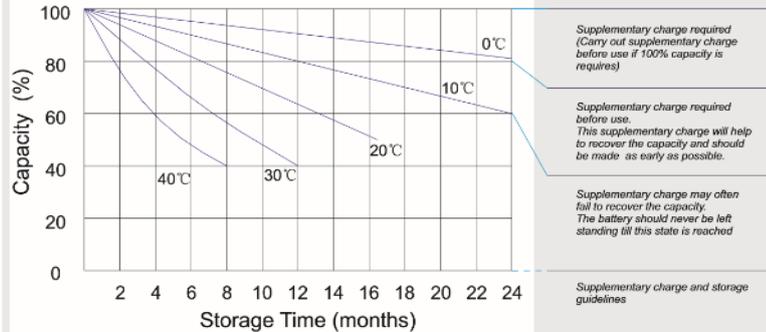
12V260Ah



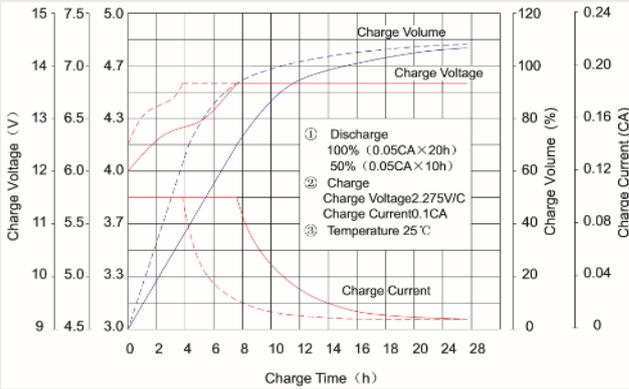
### Effect of temperature on long term float life



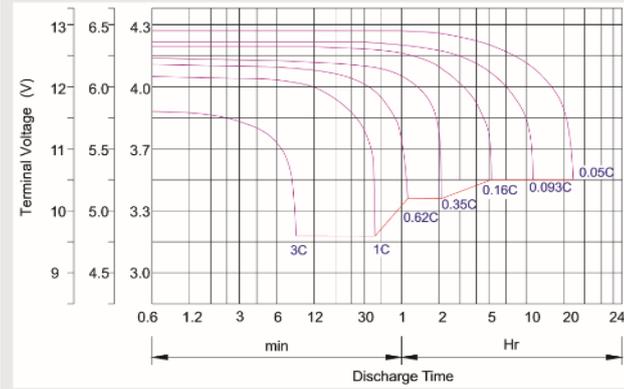
### Storage characteristic



### Charge characteristic Curve for standby use



### Discharge characteristic Curve



### Capacity Factors With Different Temperature

Battery Type		-20°C	-10°C	0°C	5°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	45°C
GEL Battery	6V&12V	50%	70%	83%	85%	90%	98%	100%	102%	104%	105%
	2V	60%	75%	85%	88%	92%	99%	100%	103%	105%	106%
AGM Battery	6V&12V	46%	66%	76%	83%	90%	98%	100%	103%	107%	109%
	2V	55%	70%	80%	85%	92%	99%	100%	104%	108%	110%

### Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V /cell	1.75V	1.70V	1.60V
Discharge Current (A)	(A) ≤ 0.2C	0.2C < (A) < 1.0C	(A) ≥ 1.0C

**Charge the batteries at least once every six months, if they are stored at 25°C.**

Charging Method:

Constant Voltage	-0.2Cx2h+2.4-2.45V/cellx24h, Max. Current 0.3C
Constant Current	-0.2Cx2h+0.1Cx12h
Fast	-0.2Cx2h+0.3Cx4h

Bolt	M5	M6	M8
Terminal	F3 F4 F13 F18 T25 T26	F8 F11 F12-1 F15	F5 F9 F10 F12 F14 F16
Torque	6 <sup>7</sup> N·m	8 <sup>10</sup> N·m	10 <sup>12</sup> N·m

### Maintenance & Cautions

#### Float Service:

- ※ Every month, recommend inspection every battery voltage.
  - ※ Every three months, recommend equalization charge for one time.
- Equalization charge method:
- Discharge: 100% rate capacity discharge.
- Charge: Max. current 0.3CA, constant voltage 2.4-2.45V/Cell charge 24h.
- ※ Effect of temperature on float charge voltage: -3mV/°C/Cell.
  - ※ Length of service life will be directly affected by the number of discharge cycles, depth of discharge, ambient temperature and charging voltage.

SHENZHEN RITAR POWER CO.,LTD.  
URL:www.ritarpower.com

Address: Rm405, Tower C, Huahan Building, Langshan Rd16, Nanshan District, ShenZhen, 518057, China  
Tel:+86-755-33981668 Fax:86-755-8347-5180

2015 - Version 1

## ANEXO 4: Costos de operaciones y mantenimiento del expediente “Fijación de la Tarifa Rural para Sistemas Fotovoltaicos 2014-2018”

Página 97 de 448  
CONSORCIO UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - MEN INGENIEROS S.A.C. Página 97

**Tabla 4.19 Resumen de Resultados de Costos de Operación y Mantenimiento – Sierra**

Descripción	Unidad	BT8-070	BT8-100	BT8-160	BT8-240	BT8-320	Total	Incidencia (%)
Usuarios	Unid.	2 581	831	44	36	8	3 500	
Total Materiales	US\$	14 688	5 259	317	311	81	20 656	7%
Total Mantenimiento Preventivo	US\$	78 594	26 236	1 624	1 600	426	108 481	34%
Total Mantenimiento Correctivo	US\$	8 355	2 702	165	144	32	11 398	4%
Total de Explotación Comercial	US\$	28 967	9 326	494	404	90	39 280	12%
Total por Cambio de equipos por vida útil	US\$	86 773	40 869	2 848	3 486	1 021	134 996	43%
<b>Costos Total</b>	<b>US\$</b>	<b>217 377</b>	<b>84 392</b>	<b>5 447</b>	<b>5 945</b>	<b>1 650</b>	<b>314 811</b>	<b>100%</b>
<b>Costo Unitario</b>	<b>US\$/SFV</b>	<b>84,22</b>	<b>101,57</b>	<b>123,8</b>	<b>165,14</b>	<b>206,24</b>		

**Tabla 4.20. Resumen de Resultados de Costos de Operación y Mantenimiento – Selva**

Descripción	Unidad	BT8-070	BT8-100	BT8-160	BT8-240	BT8-320	Total	Incidencia (%)
Usuarios	Unid.	2 581	831	44	36	8	3 500	
Total Materiales	US\$	21 182	7 500	446	430	110	29 668	8%
Total Mantenimiento Preventivo	US\$	84 825	28 901	1 835	1 873	492	117 925	30%
Total Mantenimiento Correctivo	US\$	10 585	3 420	203	177	39	14 424	4%
Total de Explotación Comercial	US\$	26 959	8 680	460	376	84	36 558	9%
Total por Cambio de equipos por vida útil	US\$	122 598	57 422	4 039	4 963	1 460	190 481	49%
<b>Costos Total</b>	<b>US\$</b>	<b>266 148</b>	<b>105 923</b>	<b>6 982</b>	<b>7 820</b>	<b>2 184</b>	<b>389 057</b>	<b>100%</b>
<b>Costo Unitario</b>	<b>US\$/SFV</b>	<b>103,12</b>	<b>127,46</b>	<b>158,68</b>	<b>217,21</b>	<b>273,02</b>		

**Tabla 4.21. Resumen de Resultados de Costos de Operación y Mantenimiento – Amazonia bajo el ámbito de la Ley N° 27037**

Descripción	Unidad	BT8-070	BT8-100	BT8-160	BT8-240	BT8-320	Total	Incidencia (%)
Usuarios	Unid.	2 581	831	44	36	8	3 500	
Total Materiales	US\$	24 995	8 850	526	508	130	35 008	8%
Total Mantenimiento Preventivo	US\$	85 371	29 084	1 846	1 884	495	118 679	28%
Total Mantenimiento Correctivo	US\$	10 653	3 442	204	178	40	14 517	3%
Total de Explotación Comercial	US\$	27 132	8 735	462	378	84	36 792	9%
Total por Cambio de equipos por vida útil	US\$	142 962	67 145	4 720	5 802	1 707	222 335	52%
<b>Costos Total</b>	<b>US\$</b>	<b>291 112</b>	<b>117 256</b>	<b>7 759</b>	<b>8 750</b>	<b>2 454</b>	<b>427 331</b>	<b>100%</b>
<b>Costo Unitario</b>	<b>US\$/SFV</b>	<b>112,80</b>	<b>141,1</b>	<b>176,33</b>	<b>243,05</b>	<b>306,79</b>		

**ANEXO 5: Metrado y Valor Referencial del expediente “Línea de Transmisión  
220 kV Machupicchu-Quencoro-Onocora-Tintaya y Subestaciones Asociadas”**

**Metrado y Valor Referencial - Suministro de Equipos y Materiales  
Línea de Transmisión**

Item N°	Descripción de Equipos y Materiales	Metrado		Precio Unitario (US \$)	Presupuesto Total (US \$)
		Unidad	Metrado		
<b>I.</b>	<b>Estructuras Metálicas</b>				<b>5,428,538</b>
1.1	Torres de suspensión	Und	394	9,726	3,832,085
1.2	Torres de ángulo - anclaje	Und	28	19,452	544,662
1.3	Torres ángulo-terminal-especial	Und	24	36,473	875,349
1.4	Postes de acero autosoportado 25	Und	14	5,000	70,000
1.5	Accesorios (patas, stubs, placas, etc)	Glb	1	106,442	106,442
<b>II.</b>	<b>Conductores y Accesorios</b>				<b>7,254,407</b>
2.1	Conductor ACSR 319 mm <sup>2</sup> (Parakeet según ASTM)	km	1,806	3,400	6,140,400
2.2	Manguitos de empalme	Und	722	30	21,660
2.3	Manguitos de reparación	Und	241	40	9,640
2.4	Amortiguadores stockbridge	Und	0	55	0
2.5	Varilla de amar preformada	Und	2,676	14	37,464
2.6	Separadores flexibles	Und	12,040	75	903,000
2.7	Otros accesorios (esferas de balizaje, herramientas, etc)	Glb	1	142,243	142,243
<b>III.</b>	<b>Aisladores y Accesorios</b>				<b>616,590</b>
3.1	Aisladores clase ANSI 52-3, 15000 lb	Und	41,706	10	417,060
3.2	Aisladores tipo poste y accesorios	Cjt	36	500	18,000
3.3	Herraje de suspensión p/2c-fase	Cjt	1,338	80	107,040
3.4	Herraje de anclaje p/2c-fase	Cjt	624	100	62,400
3.5	Otros accesorios (contrapesos, alargadores, tensores, etc)	Glb	1	12,090	12,090
<b>IV.</b>	<b>Cable de Guarda y Accesorios</b>				<b>1,760,265</b>
4.1	Conductor acero EHS 7/16 " de diámetro	km	301	1,600	481,600
4.2	Manguitos de empalme para conductor EHS 7/16"	Und	86	15	1,290
4.3	Manguitos de reparación para conductor EHS 7/16"	Und	29	20	580
4.4	Herraje de suspensión para conductor EHS 7/16"	Cjt	394	30	11,820
4.5	Herraje de anclajes para conductor EHS 7/16"	Cjt	104	40	4,160
4.6	Amortiguadores stockbridge para conductor EHS 7/16"	Und	892	25	22,300
4.7	OPGW, 24 Hilos 106 mm <sup>2</sup> , tubo extruido Al y capa acero y accesorios	km	301	4,000	1,204,000
4.8	Otros accesorios para el cable de guarda	Glb	1	34,515	34,515
<b>V.</b>	<b>Sistema de Puesta a Tierra</b>				<b>72,517</b>
5.1	Jabalina Copperweld 2,4m; 16 mm diámetro	Und	690	13	8,970
5.2	Conductor copperweld N° 2 AWG	km	23	2,000	46,000
5.3	Tierra de vegetal	m3	383	6	2,298
5.4	Carbón Vegetal+bentonita+sal común	Tn	40	340	13,600
5.7	Conectores y accesorios del conductor y jabalinas	Glb	1	1,649	1,649
<b>Costo Directo : Suministro de Materiales y Equipo</b>					<b>15,132,317</b>
<b>Longitud de Línea de Transmisión (km)</b>					<b>284</b>
<b>Costo por kilómetro (US \$ / km)</b>					<b>53,302</b>



**Metrado y Valor Referencial - Montaje Electromecánico  
Línea de Transmisión  
Suministro de Equipos y Materiales**

Item N°	Descripción de Equipos y Materiales	Metrado		Precio Unitario (US \$)	Presupuesto Total (US \$)
		Unidad	Metrado		
<b>I.</b>	<b>Obras Preliminares y Estudios</b>				<b>1,118,000</b>
1.1	Levantamiento, replanteo, variante topográfica, servidumbre	km	284	500	142,000
1.2	Estudios previos (Ing. Básica, de detalle, ambiental y arqueológicos)	km	284	1,200	340,800
1.3	Estudios geotécnicos (excavaciones, sondajes, ensayos) x torre	Und	446	1,200	535,200
1.4	Monitoreo ambiental y arqueológico	Glb	1	75,000	75,000
1.5	Pagos de derecho (DGAAE, MINAM, INC)	Glb	1	25,000	25,000
<b>II</b>	<b>Obras Provisionales</b>				<b>450,000</b>
2.1	Limpieza y arreglo de caminos de acceso existentes	km	100	800	80,000
2.2	Construcción de caminos de acceso	km	50	2,500	125,000
2.3	Construcción de caminos de herradura	Glb	150	800	120,000
2.3	Campamentos, almacenes y oficina - instalación	Glb	1	45,000	45,000
2.4	Campamentos, almacenes y oficina - operación	Glb.	1	80,000	80,000
<b>III</b>	<b>Excavaciones, Rellenos y Fundaciones de Torres Metálicas</b>				<b>1,421,815</b>
3.1	Excavación	m3	6,442	45	289,890
3.2	Relleno compactado con material propio	m3	5,229	25	130,725
3.3	Eliminación de material excedente	m3	4,870	25	121,750
3.4	Solado de concreto $f_c=80\text{kg/cm}^2$ ( $e=10\text{ cm}$ )	m <sup>2</sup>	2,850	25	71,250
3.5	Concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$	m3	1,250	300	375,000
3.6	Encofrado y desencofrado para fundaciones	m <sup>2</sup>	3,150	40	126,000
3.7	Armadura $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$	Tn	96	3,200	307,200
<b>IV.</b>	<b>Montaje de Estructuras Metálicas</b>				<b>1,492,000</b>
4.1	Montaje de postes metálicos	Und	14	2,000	28,000
4.2	Montaje de torres de suspensión	Und	394	3,000	1,182,000
4.3	Montaje de torre de ángulo-anclaje	Und	28	4,500	126,000
4.4	Montaje de torre de ángulo-terminal-especial	Und	24	6,500	156,000
<b>V.</b>	<b>Montaje de Aisladores</b>				<b>162,750</b>
5.1	Montaje de cadena de suspensión c/accesorios	Cjt	1,338	75	100,350
5.2	Montaje de cadena de anclaje c/accesorios	Cjt	624	100	62,400
<b>VI.</b>	<b>Montaje de Conductor, Cable de Guarda y Accesorios</b>				<b>4,093,600</b>
6.1	Conductor ACSR 319 mm <sup>2</sup> (Parakeet según ASTM) y accesorios	km	1,806	2,000	3,612,000
6.2	Conductor acero galvanizado EHS 51 mm <sup>2</sup> y accesorios	km	301	800	240,800
6.3	OPGW, 24 Hilos 106 mm <sup>2</sup> de sección y accesorios	km	301	800	240,800
<b>VII.</b>	<b>Puesta a Tierra de Estructuras</b>				<b>42,820</b>
7.1	Instalación de Jabalina de Copperweld (incluye excavación y relleno)	Und	690	40	27,600
7.2	Instalación de Conductor Copperweld (Incluye excavación y relleno)	km	23	80	1,840
7.3	Medición de resistividad y resistencia de puesta a tierra por torre	Pto	446	30	13,380
<b>VIII.</b>	<b>Revisión Final, Pruebas y Puesta en Servicio</b>	Glb	1	50,000	<b>50,000</b>
<b>Costo Directo : Suministro de Materiales y Equipo</b>					<b>8,830,985</b>
<b>Longitud de Línea de Transmisión (km)</b>					<b>284</b>
<b>Costo por kilómetro (US \$ / km)</b>					<b>31,106</b>



## ANEXO 7: Ranking de confiabilidad de paneles fotovoltaicos del laboratorio PV

### Evolution Labs (PVEL)

## PAN Performance: Overview and Results

### Background

PVsyst is the industry's standard modeling software used to predict the performance of PV sites. A PAN file is used by PVsyst to model the irradiance- and temperature-dependent behavior of a PV module. PVsyst default PAN files are typically created from the specifications listed on a module's datasheet, which may not define all module performance parameters sufficiently. While the resulting PAN file is functional, it usually does not model the behavior of a PV module accurately for the entire range of potential irradiance and temperature conditions.

### Why the test matters

Energy yield predictions factor heavily in procurement decisions, cost of capital calculations and risk assessments. A custom PAN file provided by PVEL that is based on laboratory-measured irradiance- and temperature-dependent behavior of the PV module will result in more accurate energy models. To better illustrate performance from optimized PAN files, each PAN report includes two site simulation results: a 1 MW site in a temperate climate at a 0° tilt (in Boston, USA), and a 1 MW site in a desert climate at 20° tilt (in Las Vegas, USA).

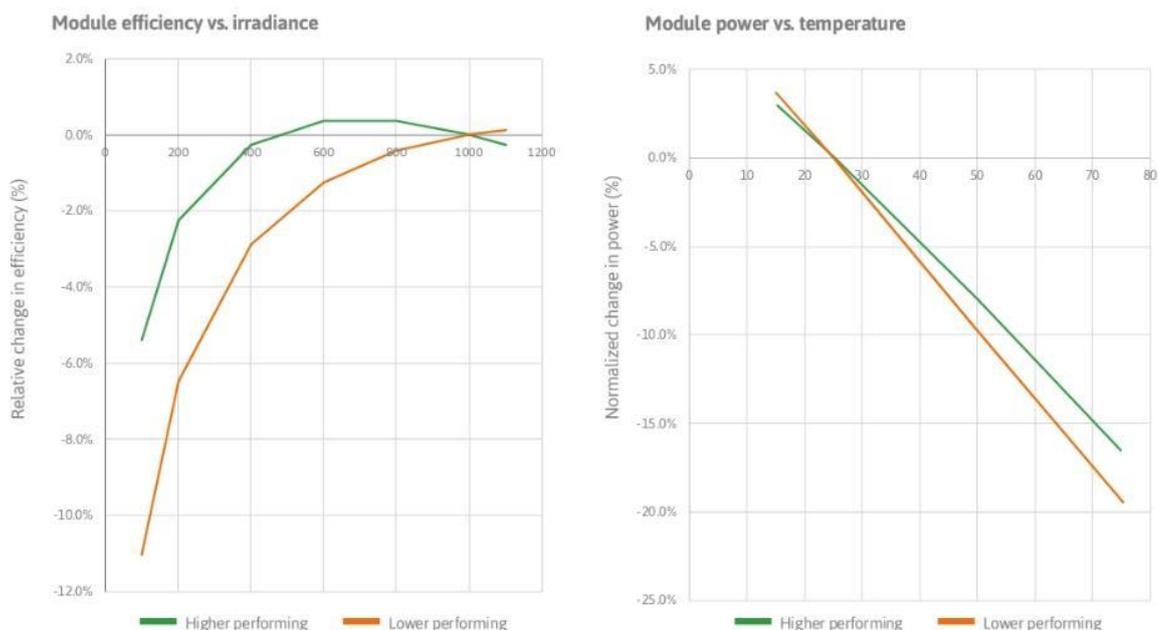
### PAN test procedure

Three identical PV modules are tested across a matrix of operating conditions per IEC 61853-1, ranging in irradiance from 100 W/m<sup>2</sup> to 1100 W/m<sup>2</sup> and ranging in temperature from 15°C to 75°C. A custom PAN file is then created with PVsyst's model parameters optimized for close agreement between PVsyst's modeled results and PVEL's measurements across all conditions.

### PAN performance differences

The graph on the left shows relative change in module efficiency versus irradiance. The lower performing module shows greater efficiency losses at lower irradiance. Although this difference affects performance at low insolation locations, such as the simulated Boston site, it is also impactful for high insolation locations due to the low irradiance experienced at different times of the day and year.

The graph on the right shows relative change in module efficiency versus temperature. Here, the lower performing module exhibits greater efficiency losses at high temperatures. This difference would be most significant in high temperature environments.



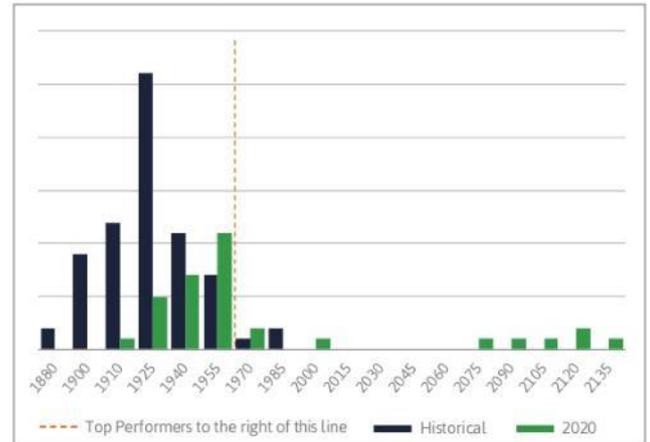
All modules shown here are p-type monofacial crystalline from the 2020 Scorecard dataset.

2020 PAN TOP PERFORMERS	
Manufacturer	Module Model
Astronergy	CHSM72M (DG)-B-xxx; CHSM60M (DG)-B-xxx
GCL	GCL-M3/72GDF; GCL-M6/72GDF
HT-SAAE	HT72-156M (PDV)-BF
JA Solar	JAM72S09-xxx/PR
Jinko	JKMxxxM-72H-TV / JKMxxxM-72HL-TV
Panasonic	VBHNxxxSA17
Trina Solar	TSM-xxxDE14A(II)

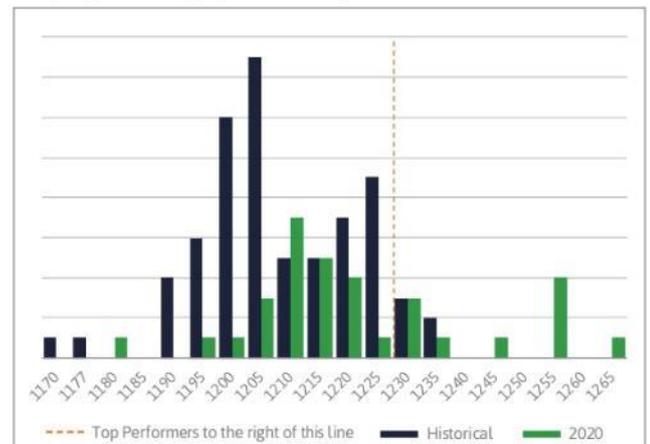
**Top Performer Criteria**

The Top Performers listed are module types whose PVsyst simulations for the Las Vegas or Boston site resulted in a kWh/kWp energy yield within the top quartile of all eligible results. The data presented here is only from PVEL's PAN testing as part of a PQP where the samples are factory witnessed.

kWh/kWp for 1 MW project in Las Vegas, USA



kWh/kWp for 1 MW project in Boston, USA



## Results in Context: Key Takeaways

The presented historical data provides context for the performance improvements seen in the 2020 Scorecard PAN dataset. Module energy yield is clearly increasing with improved module designs. Of PVEL's historical data from all PQPs since 2016, only 4% of modules tested would receive a 2020 Scorecard Top Performer designation.

Bifacial modules are strongly represented in the Top Performers in this category. There is also a heterojunction module, which offers inherent high temperature performance gains. Two full-cell monofacial p-type PERC modules are also represented. A full-cell module's low light performance will be higher at the same nameplate rating than that of an identical half-cut module, which can result in higher annual energy yield. In one case, a full-cell BOM had a modeled energy generation for the Boston site that was 1.5% higher than an identical half-cut BOM. However, half-cut modules offer the benefit of higher power classes for the same cell efficiency. Module performance involves more than the datasheet values alone; PVEL's custom PAN files allow project stakeholders to model energy yield performance and determine which module choice is best for their site.

### Bifacial considerations

The results show that bifacial modules represent a step-function performance improvement as two thirds of the Top Performers are bifacial modules. With no inverter clipping, the median energy yield of all the Las Vegas sites with bifacial modules was 7.7% higher than that of monofacial sites. At the horizontal tilt site in Boston the median bifacial energy yield was 3.3% higher than the monofacial median.

## Historical Scorecard

The Historical Scorecard below shows the 2020 Top Performers and their history of top performance in past Scorecards. Manufacturers are listed by the number of years they have been designated a Top Performer, in alphabetical order.

A select group of manufacturers have earned Top Performer designations in PVEL's PV Module Reliability Scorecard multiple times through the years. PVEL commends these manufacturers for their commitment to product quality and reliability.

	2020	2019	2018	2017	2016	2014
	Jinko	●	●	●	●	●
Trina Solar	●	●	●	●	●	●
Hanwha Q CELLS	●	●	●	●	●	
JA Solar	●	●	●		●	●
REC Group	●	●	●	●	●	
GCL	●	●	●	●		
LONGi	●	●	●	●		
Suntech	●	●	●			●
Adani/Mundra	●	●	●			
Astronergy	●		●	●		●
Seraphim	●	●		●		
Silfab	●	●		●		
SunPower	●		●	●		
Vikram	●	●		●		
ZNShine	●	●			●	
Boviet	●	●				
First Solar	●		●			
HT-SAAE	●		●			
Panasonic	●		●			
Canadian Solar	●					
Heliene	●					
Sunergy California	●					

**ANEXO 8:** Reporte de Pruebas de Shenzhen CTL Testing Technology sobre las  
baterías Hengyang Ritar Power Company

Page 3 of 25

Report No.: CTL15052113340-S

<p><b>Possible test case verdicts:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- test case does not apply to the test object.....: N (N/A)</li> <li>- test object does meet the requirement.....: P (Pass)</li> <li>- test object does not meet the requirement.....: F (Fail)</li> </ul>
<p><b>General remarks:</b></p> <p>The test results presented in this report relate only to the object tested. This report shall not be reproduced, except in full, without the written approval of the Issuing testing laboratory. "(See Enclosure #)" refers to additional information appended to the report. "(See appended table)" refers to a table appended to the report. Throughout this report a comma (point) is used as the decimal separator. Clause numbers between brackets refer to clauses in IEC 61427-1</p>
<p><b>General product information:</b></p> <p><b>Model list:</b></p> <p>RA12-90D/DC12-90, RA12-33D/DC12-33, RA12-35D/DC12-35, RA12-38D/DC12-38, RA12-40D/DC12-40, RA12-45D/DC12-45, RA12-55D/DC12-55, RA12-60D/DC12-60, RA12-60SD/DC12-60S, RA12-65D/DC12-65, RA12-70D/DC12-70, RA12-70SD/DC12-70S, RA12-75D/DC12-75, RA12-80D/DC12-80, RA12-85D/DC12-85, RA12-100D/DC12-100, RA12-110D/DC12-110, RA12-100SD/DC12-100S, RA12-120D/DC12-120, RA12-120SD/DC12-120S, RA12-134D/DC12-134, RA12-145D/DC12-145, RA12-150D/DC12-150, RA12-160D/DC12-160, RA12-180D/DC12-180, RA12-200D/DC12-200, RA12-225D/DC12-225, RA12-230D/DC12-230, RA12-240D/DC12-240, RA12-260D/DC12-260, RA12-100B/DC12-100B, RA12-150BD/DC12-150B, RA12-200BD/DC12-200B, RA12-55FD/DC12-55F, RA12-75FD/DC12-75F, RA12-80FD/DC12-80F, RA12-90FD/DC12-90F, RA12-100FD/DC12-100F, RA12-105FD/DC12-105F, RA12-110FD/DC12-110F, RA12-120FD/DC12-120F, RA12-125FD/DC12-125F, RA12-135FD/DC12-135F, RA12-150FD/DC12-150F, RA12-160FD/DC12-160F, RA12-170FD/DC12-170F, RA12-180FD/DC12-180F, RT12100/DC12-10, RT12120/DC12-12, RT12140/DC12-14, RT12180/DC12-18, RT12200/DC12-20, RT12220/DC12-22, RT12240/DC12-24, RT12260/DC12-26, RT12280/DC12-28</p> <p>All models are identical except model name, voltage and Capacity. All the tests for model RA12-90D/DC12-90</p>
<p><b>Copy of marking plate: (For example model RA12-90D/DC12-90)</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>Valve Regulated Sealed-acid Battery              Model: RA12-90D/DC12-90              RATE CAPACITY: 12V.90Ah              Equalization and Cycle Service: 14.6 to 14.8V(25°C)              Float charging Voltage: 13.6-13.8V(25°)              Recommended Maximum Charging Current 27A</p>           <p>Hengyang Ritar Power Co.,Ltd <span style="float: right;">Made In China</span></p> </div>

IEC 61427-1			
Clause	Requirement + Test	Result - Remark	Verdict
5	General requirements		P
5.1	Mechanical endurance		P
	Batteries for photovoltaic application shall be designed to withstand mechanical stresses during normal transportation and handling. Additional packing or protection shall be used for off-road conditions.	No hazards.	P
	Particular care shall be taken while handling unpacked batteries. Manufacturer's instructions shall be observed.		P
	In case of specific requirements regarding mechanical stresses, such as earthquakes, shock and vibration, these shall be individually specified or referred to the relevant standard.		P
5.2	Charge efficiency		P
	The charge efficiency is the ratio between the quantity of electricity delivered during the discharge of a cell or battery and the quantity of electricity necessary to restore the initial state of charge under specified conditions (see IEC 482-05-39).	See table 5.2	P
	Where no data are available from the battery manufacturer, the following efficiencies as given in Table 4 may be assumed.	See table 5.2	P
5.3	Deep discharge protection		P
	Lead-acid batteries shall be protected against deep discharge to avoid capacity loss due to irreversible sulphation. This could be achieved by using a system which monitors the battery voltage and automatically disconnects the battery before it reaches its maximum depth of discharge (see manufacturer's recommendations).	Considered	P
	Nickel-cadmium batteries do not normally require this type of protection.		N/A
5.4	Marking		P

### ANEXO 9: Datos de radiación solar de PU\_A\_2491\_REP\_MACARI y

PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01 obtenidos del aplicativo Power Data Acces

Viewer.

power.larc.nasa.gov/downloads/POWER_SinglePoint_Interannual_201701_201912_14d70S_70d89W_f103a2f3.txt														
-BEGIN HEADER-														
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MIERRA2/GEOS 5.12.4 (FP-IT) 0.5 x 0.5 Degree Interannual Averages/Sums														
Dates (month/day/year): 01/01/2017 through 12/31/2019														
Location: Latitude -14.7039 Longitude -70.8854														
Elevation from MIERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 4295.47 meters Site = na														
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)														
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999														
Parameter(s):														
ALLSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 All Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (kWh-hr/m^2/day)														
CLRSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Clear Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (kWh-hr/m^2/day)														
PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2017	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2018	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2019	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2017	5.07	5.11	5.02	4.79	4.59	5.38	5.78	5.98	5.26	6.08	6.08	5.11	5.36
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2018	4.76	5.10	5.05	5.53	5.75	4.90	5.04	5.22	6.10	5.26	5.55	5.59	5.28
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2019	5.34	4.61	5.32	5.24	5.62	5.27	5.39	6.35	5.88	6.35	5.63	4.88	5.44
-END HEADER-														
PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2017	5.04	4.03	4.51	3.68	3.56	3.17	4.02	4.25	4.30	4.99	4.60	4.07	4.20
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2018	4.09	4.68	4.08	4.54	4.00	3.33	4.07	3.98	5.00	4.83	3.92	4.19	4.19
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2019	4.30	4.18	4.52	4.41	3.74	3.56	3.75	4.86	4.85	4.86	4.72	4.12	4.29
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2017	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2018	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2019	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999

power.larc.nasa.gov/downloads/POWER_SinglePoint_Interannual_201701_201912_13d97S_69d27W_939405ea.txt														
-BEGIN HEADER-														
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MIERRA2/GEOS 5.12.4 (FP-IT) 0.5 x 0.5 Degree Interannual Averages/Sums														
Dates (month/day/year): 01/01/2017 through 12/31/2019														
Location: Latitude -13.9721 Longitude -69.2685														
Elevation from MIERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 1227.51 meters Site = na														
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)														
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999														
Parameter(s):														
ALLSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 All Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (kWh-hr/m^2/day)														
CLRSKY_SFC_SW_DWN SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Clear Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (kWh-hr/m^2/day)														
PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2017	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2018	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2019	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2017	5.04	4.03	4.51	3.68	3.56	3.17	4.02	4.25	4.30	4.99	4.60	4.07	4.20
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2018	4.09	4.68	4.08	4.54	4.00	3.33	4.07	3.98	5.00	4.83	3.92	4.19	4.19
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2019	4.30	4.18	4.52	4.41	3.74	3.56	3.75	4.86	4.85	4.86	4.72	4.12	4.29
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2017	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2018	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999
CLRSKY_SFC_SW_DWN	2019	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999	-999

### ANEXO 10: Estudio Técnico de Sitio (TSS) PU\_A\_2491\_REP\_MACARI

	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2491 - REP_MACARI		17/08/2018	Pág. 1/30

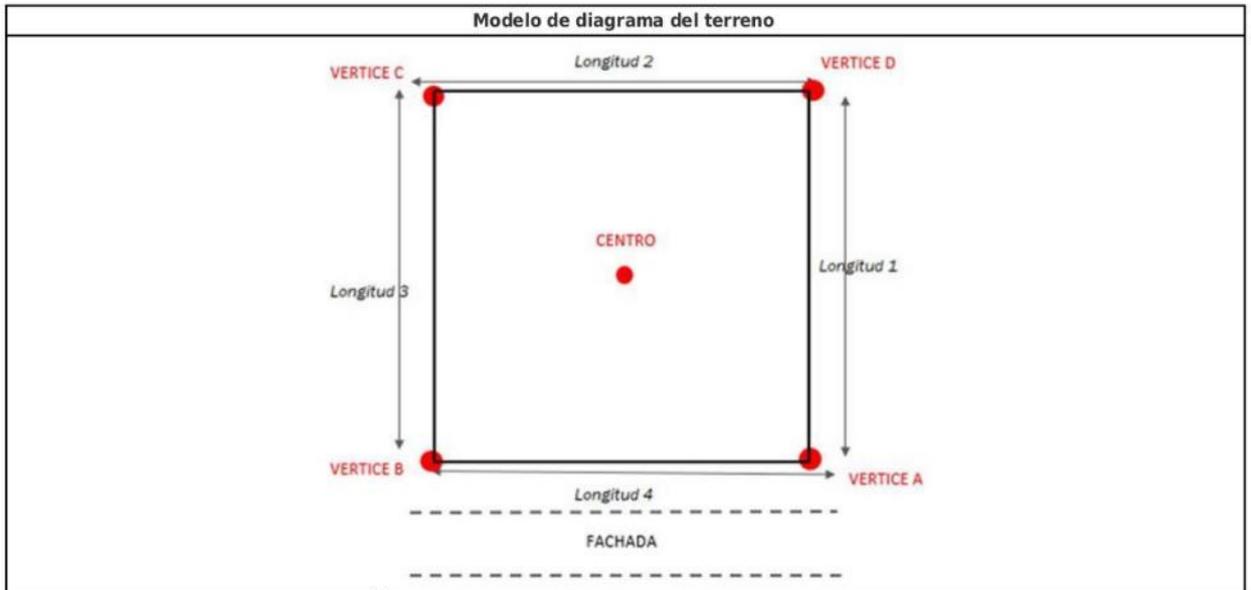
PARTICIPANTS			
Role	Company	Fullname	Email
Ceragon Responsable	Ceragon	Kelh Rojas	kelhr@ceragon.com
Assigned To	Amitel	Ronald Wilfredo Mamani Huaman	ronald.mh@amitel.com.pe

DATOS GENERALES	
<b>Código INEI</b>	REPETIDOR15
<b>Nombre de la localidad</b>	SELQUE
<b>Nombre codificado de nodo</b>	PU_A_2491_REP_MACARI
<b>Candidato</b>	A
<b>Dirección</b>	CERRO SELQUE
<b>Coordenadas en el punto centro del candidato</b>	Latitude: -14.70387999 Longitude: -70.8854204 Altitude: 4476





TSS CANDIDATOS - CERAGON			
	Cliente	OROCOM	
	Proyecto Ceragon	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	Responsable	Kelh Rojas	
Site: PU_A_2491 - REP_MACARI		17/08/2018	Pág. 2/30



Provincia	MELGAR
Distrito	MACARI
Departamento	PUNO

DATOS TÉCNICOS - TRANSMISIÓN					
Tipo de Nodo	Repetidor				
Tipo de transmisión	MW				
Cuántos FE tiene el candidato?	2				
Tabla FE	#	Nombre	PRE LOS OK	Altura (m)	Azimuth
	FE 1	PU_A_2059_MACARI	SI	24	195
	FE 2	PU_A_2477_SAN FRANCISCO	SI	36	281
<b>NODO DISTRITAL (NODO CONECTADO A LA RED DE TRANSPORTE DE F.O)</b>					
Nombre	PU_A_2059_MACARI				



TSS CANDIDATOS - CERAGON		
	Cliente	OROCOM
	Proyecto Ceragon	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP
	Responsable	Kelh Rojas
Site: PU_A_2491 - REP_MACARI		17/08/2018 Pág. 3/30

1.0 RF-TX aclaración							
<b>DATOS TÉCNICOS - ENLACES PMP (LM)</b>							
¿Cuántos beneficiarios obligatorios tiene las localidades beneficiarias?							
Tabla de instituciones beneficiarias							
	Item	Nombre Codificado	Nombre IIBB	Codigo unico	Altura(m)	Azimuth hacia IIBB	PRE LOS OK
	1	-	-	-	-	-	
<b>COMENTARIOS Y OBSERVACIONES</b>							
Comentarios NODO ÚNICAMENTE REPETIDOR, NO CUENTA CON IIBBS.							

INFORMACIÓN DEL CANDIDATO (B&A)	
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>	
Nombre del propietario	CIRILO MAMANI PAUCAR
Teléfono	968451868
Nombre del contacto	ALEX CRISTIAN ZACARIAS LAVADO
Teléfono	998666823
<b>PROPIEDAD</b>	
Tipo de propiedad	Cerro
<b>ÁREA A ARRENDAR / COMPRAR</b>	
Superficie (m2)	100
Pendiente / desnivel de terreno	SI/SI
Tipo de Terreno	Roca
<b>ACARREO</b>	
Tiempo de acarreo con carga	2 HORAS
Coordenadas del punto de inicio de acarreo	Latitude: -14.70326049 Longitude: -70.87339936 Altitude: 4171

	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		Pág. 4/30
	<b>Ciente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2491 - REP_MACARI		17/08/2018	

<b>Foto de GPS</b>	
<b>Lat: -14.70326049 Lon: -70.87339936 Time: 20/09/2018 15:47:57</b>	

<b>COMENTARIOS Y OBSERVACIONES</b>	
<b>Comentarios</b>	-PARA PODER LLEGAR A LOS CANDIDATOS QUE SE ENCUENTRAN UBICADOS EN LA CIMA DEL CERRO SELQUE, ES NECESARIO CAMINAR 2 HORAS APROXIMADAMENTE CON CARGA DESDE EL PUNTO DE ACARREO. - SE RECOMIENDA UTILIZAR UN CABALLO O BURRO PARA PODER TRANSPORTAR CARGA.
<b>INFORMACIÓN SOBRE SERVICIOS DE TELEFONÍA MÓVIL / FIJA / INTERNET ENTRE OTROS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA ZONA</b>	
<b>¿DE QUE OPERADORES HAY COBERTURA EN LA LOCALIDAD?</b>	
<b>Movistar</b>	Yes
<b>Claro</b>	Yes
<b>Entel</b>	No
<b>Bitel</b>	Yes
<b>Otro</b>	No
<b>Servicios de internet</b>	BITEL, CLARO
<b>Servicio de TV por Cable</b>	NA
<b>ESTUDIO DE CAMPO (LOS)</b>	
<b>ESQUEMA DE SOLUCIÓN DETERMINADO EN CAMPO</b>	



TSS CANDIDATOS - CERAGON		
	Cliente	OROCOM
	Proyecto Ceragon	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP
	Responsable	Kelh Rojas
Site: PU_A_2491 - REP_MACARI	17/08/2018	Pág. 5/30
<b>Croquis de solución o topología MW (*Se debe realizar un layout de la topología de la red de acceso del nodo visitado)</b>		
<p>The diagram illustrates a network topology with three nodes. Node PU_A_2477_SAN FRANCISCO is connected to node PU_A_2491_REP_MACARI with an angle of 281°. Node PU_A_2491_REP_MACARI is connected to node PU_A_2059_MACARI with an angle of 195°. Node PU_A_2059_MACARI is represented by a triangle, while the other two are circles.</p>		
<b>OBSERVACIONES</b>		
Observaciones	- EL NODO REPETIDOR SE UBICA EN LA CIMA DEL CERRO. - LA VÉRTICE D TIENE UN DESNIVEL DE 2.5M APROXIMADAMENTE CON RESPECTO A LOS DEMÁS VÉRTICES.	
<b>ENLACES PUNTO A PUNTO (PTP)</b>		
Cuántos FE están obstruidos?	2	
<b>ENLACES MULTI-PUNTO (PMP)</b>		
Cuántas II.BB estan obstruidas?		
<b>SKETCH GENERAL</b>		



	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		Pág. 6/30
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2491 - REP_MACARI		17/08/2018	

Sketch obstrucciones																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>AZIMUT</th> <th>ALTURA</th> <th>DISTANCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1E</td> <td>CERRO</td> <td></td> <td>123</td> <td>-</td> <td>1.7Km</td> </tr> <tr> <td>2E</td> <td>CERRO</td> <td></td> <td>149</td> <td>-</td> <td>274m</td> </tr> <tr> <td>3E</td> <td>CERRO</td> <td></td> <td>236</td> <td>-</td> <td>2.6Km</td> </tr> <tr> <td>4E</td> <td>CERRO</td> <td></td> <td>283</td> <td>-</td> <td>3.7Km</td> </tr> <tr> <td>5E</td> <td>CERRO</td> <td></td> <td>310</td> <td>-</td> <td>4.3Km</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO	DESCRIPCION	AZIMUT	ALTURA	DISTANCIA	1E	CERRO		123	-	1.7Km	2E	CERRO		149	-	274m	3E	CERRO		236	-	2.6Km	4E	CERRO		283	-	3.7Km	5E	CERRO		310	-	4.3Km
TIPO	DESCRIPCION	AZIMUT	ALTURA	DISTANCIA																																
1E	CERRO		123	-	1.7Km																															
2E	CERRO		149	-	274m																															
3E	CERRO		236	-	2.6Km																															
4E	CERRO		283	-	3.7Km																															
5E	CERRO		310	-	4.3Km																															

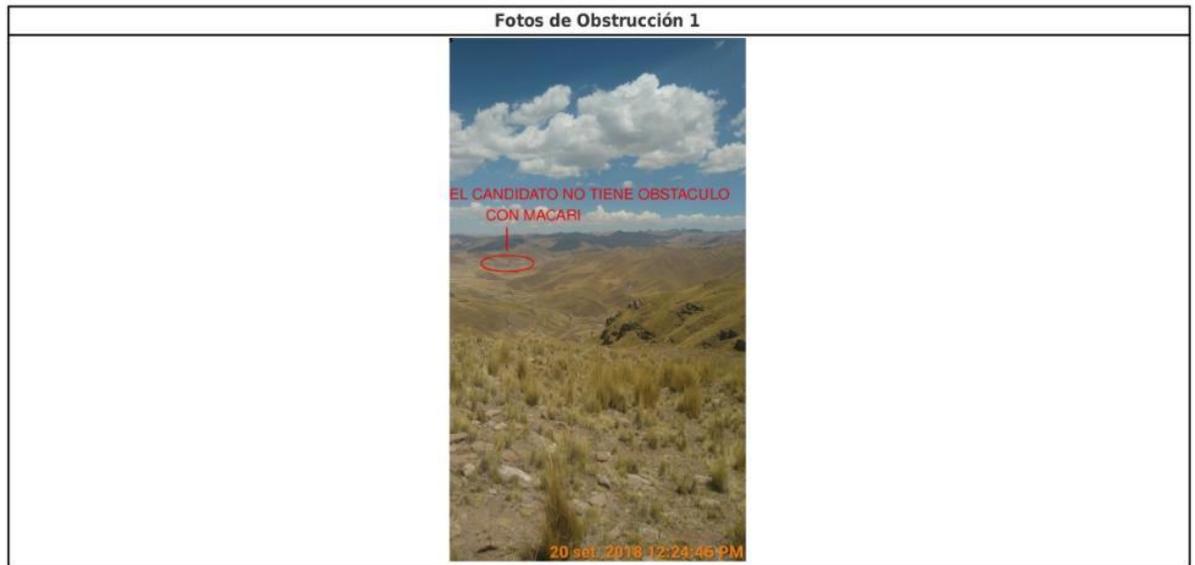
DIAGRAMA DE OBSTÁCULOS FE 1	
<b>Nombre FE</b>	PU_A_2059_MACARI
<b>Azimuth</b>	195
<b>Cuántas obstrucciones hay? (del IIBB hacia el nodo)</b>	1

Sketch obstrucciones

Tabla Obstrucciones	#	Tipo de obstrucción	Altura (m)	Distancia	Latitud	Longitud	Cota
	1	E = Obstaculos naturales	0	0	-14.70386	-70.88541	4446



	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2491 - REP_MACARI		17/08/2018	Pág. 7/30





	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2491 - REP_MACARI		17/08/2018	Pág. 8/30

DIAGRAMA DE OBSTÁCULOS FE 2	
<b>Nombre FE</b>	PU_A_2477_SAN FRANCISCO
<b>Azimuth</b>	281
<b>Cuántas obstrucciones hay? (del IIBB hacia el nodo)</b>	1

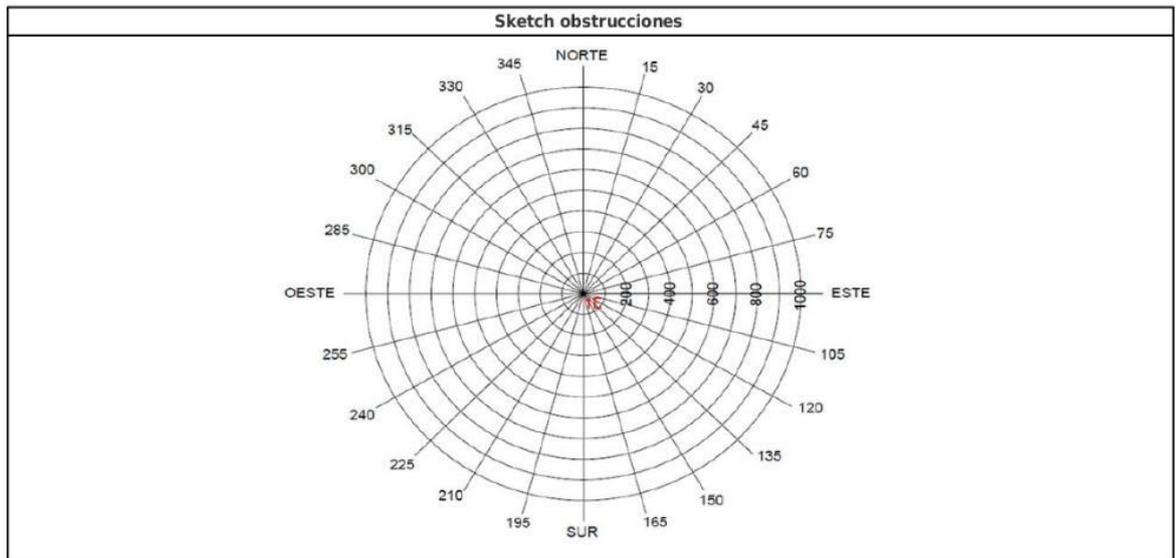
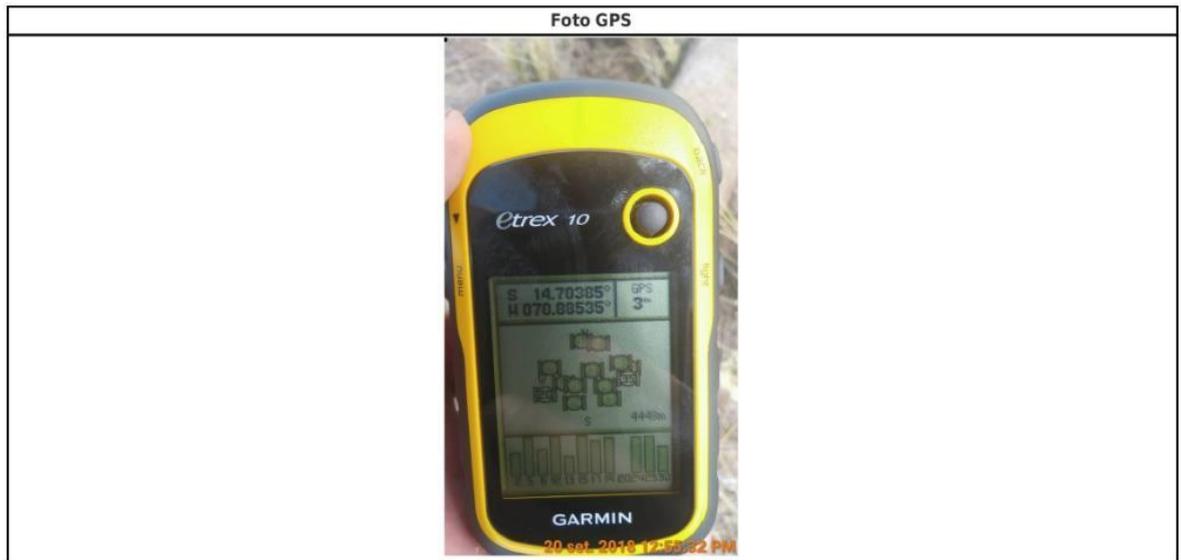


Tabla Obstrucciones	#	Tipo de obstrucción	Altura (m)	Distancia	Latitud	Longitud	Cota
	1	E = Obstáculos naturales	0	0	-14.70385	-70.88535	4448

	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		Pág. 9/30
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2491 - REP_MACARI		17/08/2018	



ANEXO 11: Estudio Técnico de Sitio (TSS) PU\_A\_2492\_REP\_PUTINA PUNCO 01

	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
Site: PU_A_2492 - REP_PUTINA PUNCO 01		17/08/2018	Pág. 1/32

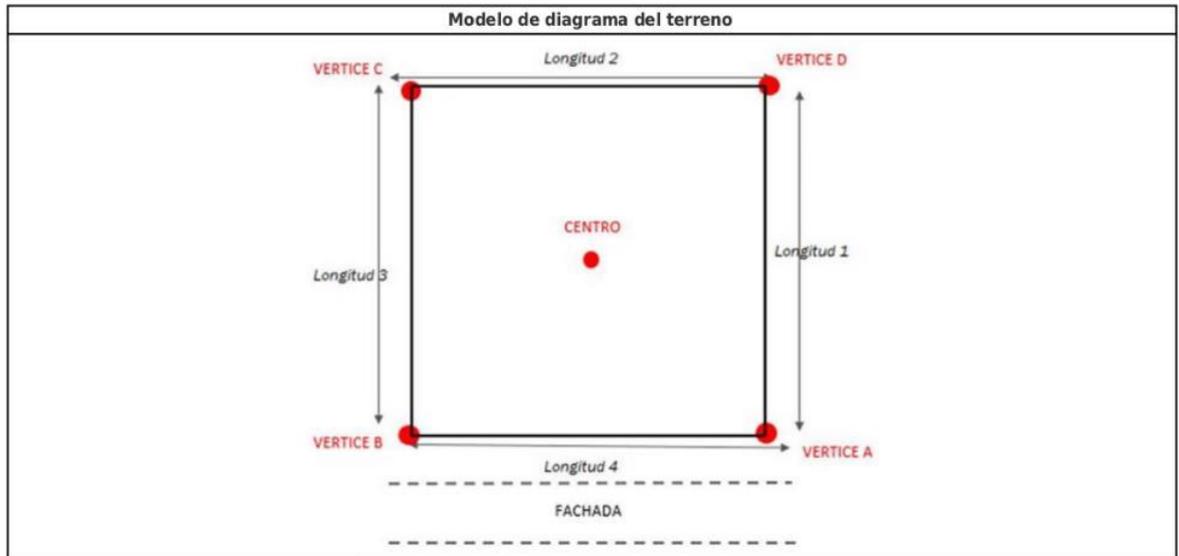
PARTICIPANTS			
Role	Company	Fullname	Email
Ceragon Responsable	Ceragon	Kelh Rojas	kelhr@ceragon.com
Assigned To	Amitel	Ronald Wilfredo Mamani Huaman	ronald.mh@amitel.com.pe

DATOS GENERALES	
<b>Código INEI</b>	-
<b>Nombre de la localidad</b>	PAMPA YANAMAYO
<b>Nombre codificado de nodo</b>	PU_A_2492_REP_PUTINA PUNCO 01
<b>Candidato</b>	A
<b>Dirección</b>	-
<b>Coordenadas en el punto centro del candidato</b>	Latitude: -14.97208 Longitude: -69.26847 Altitude: 2103





	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		Pág. 2/32
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2492 - REP_PUTINA PUNCO 01		17/08/2018	



<b>Provincia</b>	SANDIA
<b>Distrito</b>	ALTO INAMBARI
<b>Departamento</b>	PUNO

<b>DATOS TÉCNICOS - TRANSMISIÓN</b>					
<b>Tipo de Nodo</b>	Repetidor				
<b>Tipo de transmisión</b>	MW				
<b>Cuántos FE tiene el candidato?</b>	3				
<b>Tabla FE</b>	#	Nombre	PRE LOS OK	Altura (m)	Azimuth
	FE 1	PU_A_2486_PACAY SUIZO	SI	36	116.24
	FE2	PU_A_2493_REP_M ASSIAPO	SI	36	176.91
	FE3	PU_A_2413_PAMPA YANAMAYO	SI	24	183.01
<b>NODO DISTRIITAL (NODO CONECTADO A LA RED DE TRANSPORTE DE F.O)</b>					
<b>Nombre</b>	PU_A_2082_MASSIAPO				



		TSS CANDIDATOS - CERAGON				
		Cliente	OROCOM			
		Proyecto Ceragon	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP			
		Responsable	Kelh Rojas			
Site: PU_A_2492 - REP_PUTINA PUNCO 01			17/08/2018		Pág. 3/32	
1.0 RF-TX aclaración						
DATOS TÉCNICOS - ENLACES PMP (LM)						
¿Cuántos beneficiarios obligatorios tiene las localidades beneficiarias?						
Tabla de instituciones beneficiarias						
Item	Nombre Codificado	Nombre IIBB	Código unico	Altura(m)	Azimuth hacia IIBB	PRE LOS OK
1	-	-	-	-	-	
COMENTARIOS Y OBSERVACIONES						
Comentarios		* NODO REPETIDOR.				
INFORMACIÓN DEL CANDIDATO (B&A)						
DATOS DEL PROPIETARIO						
Nombre del propietario	BERNARDINA HUAYTA MEGIA					
Teléfono	973553804					
Nombre del contacto	ISAC BENITO BELLIDO					
Teléfono	952703899					
PROPIEDAD						
Tipo de propiedad	Cerro					
ÁREA A ARRENDAR / COMPRAR						
Superficie (m2)	10X10 (100m2)					
Pendiente / desnivel de terreno	NO					
Tipo de Terreno	Chacra					
ACARREO						
Tiempo de acarreo con carga	5 HORAS					
Coordenadas del punto de inicio de acarreo	Latitude: -14.00199 Longitude: -69.26366 Altitude: 1185					

	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		Pág. 4/32
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2492 - REP_PUTINA PUNCO 01		17/08/2018	

**Foto de GPS**



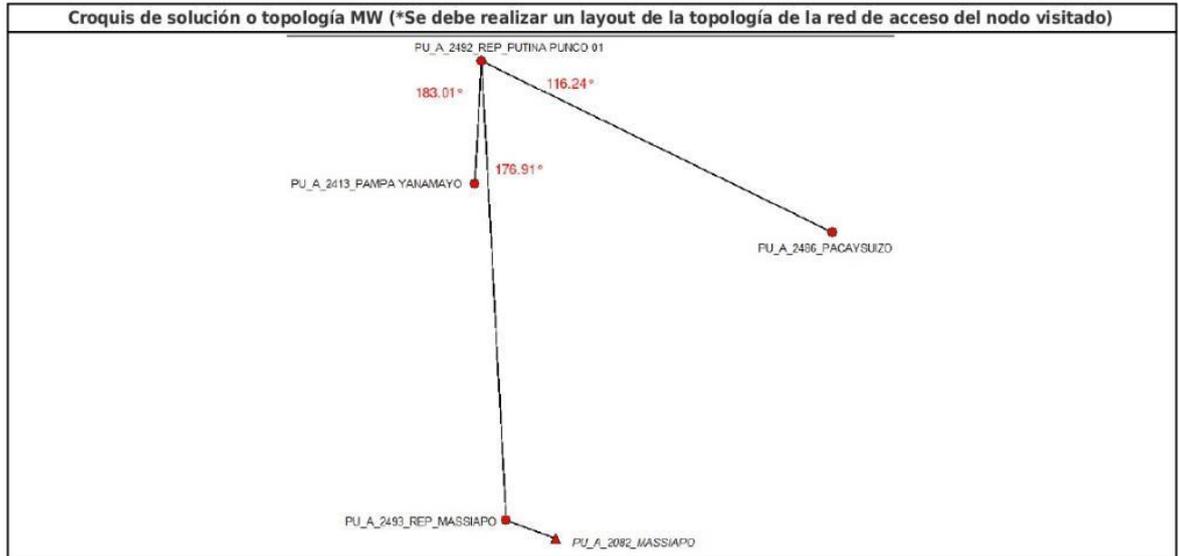
TSS CANDIDATOS - CERAGON		
	<b>Cliente</b>	OROCOM
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas
Site: PU_A_2492 - REP_PUTINA PUNCO 01		17/08/2018
		Pág. 5/32



COMENTARIOS Y OBSERVACIONES	
<b>Comentarios</b>	* EL TIEMPO QUE LLEVA PODER ARRIBAR AL CANDIDATO SON DE 5 HORAS SIN CARGA, CONSIDERAR QUE EN ALGUNOS TRAMOS SE TIENE QUE ABRIR CAMINO PARA PODER CONTINUAR.
INFORMACIÓN SOBRE SERVICIOS DE TELEFONÍA MÓVIL / FIJA / INTERNET ENTRE OTROS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN LA ZONA	
¿DE QUE OPERADORES HAY COBERTURA EN LA LOCALIDAD?	
<b>Movistar</b>	No
<b>Claro</b>	Yes
<b>Entel</b>	No
<b>Bitel</b>	No
<b>Otro</b>	No
<b>Servicios de internet</b>	NO
<b>Servicio de TV por Cable</b>	NO
ESTUDIO DE CAMPO (LOS)	
ESQUEMA DE SOLUCIÓN DETERMINADO EN CAMPO	



	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelth Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2492 - REP_PUTINA PUNCO 01		17/08/2018	Pág. 6/32



<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>Observaciones</b>	* EL POSTE MÁS CERCANO SE ENCUENTRA A 3.5km DEL CANDIDATO.

<b>ENLACES PUNTO A PUNTO (PTP)</b>	
<b>Cuántos FE están obstruidos?</b>	3

<b>ENLACES MULTI-PUNTO (PMP)</b>	
<b>Cuántas II.BB estan obstruidas?</b>	

**SKETCH GENERAL**

**Sketch obstrucciones**

N°	OBSTACULO	ALTURA	DISTANCIA	AZIMUT
1	OBS. NATURAL	100	700	18
2	OBS. NATURAL	5	20	144
3	OBS. NATURAL	50	277	251
4	OBS. NATURAL	60	44	301
5	OBS. NATURAL	50	729	341
6	OBS. NATURAL	100	740	355

	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		Pág. 7/32
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2492 - REP_PUTINA PUNCO 01		17/08/2018	

DIAGRAMA DE OBSTÁCULOS FE 1	
<b>Nombre FE</b>	PU_A_2413_PAMPA YANAMAYO
<b>Azimuth</b>	183.01
<b>Cuántas obstrucciones hay? (del IIBB hacia el nodo)</b>	1

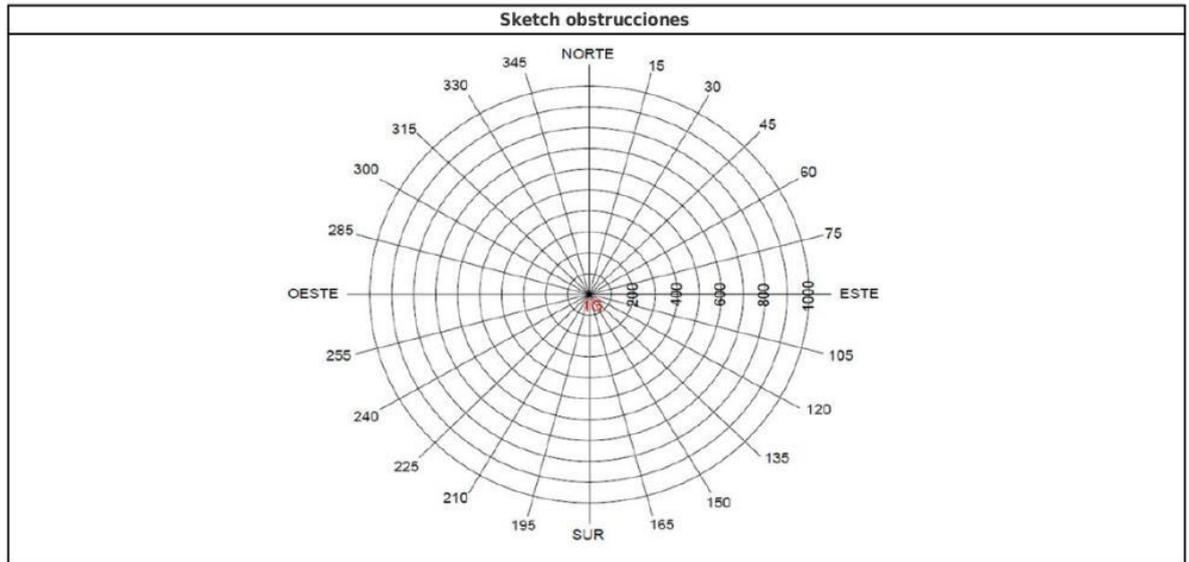


Tabla Obstrucciones	#	Tipo de obstrucción	Altura (m)	Distancia	Latitud	Longitud	Cota
	1	G = Otro	2.4	15	-13.97222	-69.26846	2096





	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2492 - REP_PUTINA PUNCO 01		17/08/2018	Pág. 8/32



**DIAGRAMA DE OBSTÁCULOS FE 2**

<b>Nombre FE</b>	PU_A_2493_REP_MASSIAPO
<b>Azimuth</b>	176.91
<b>Cuántas obstrucciones hay? (del IIBB hacia el nodo)</b>	1

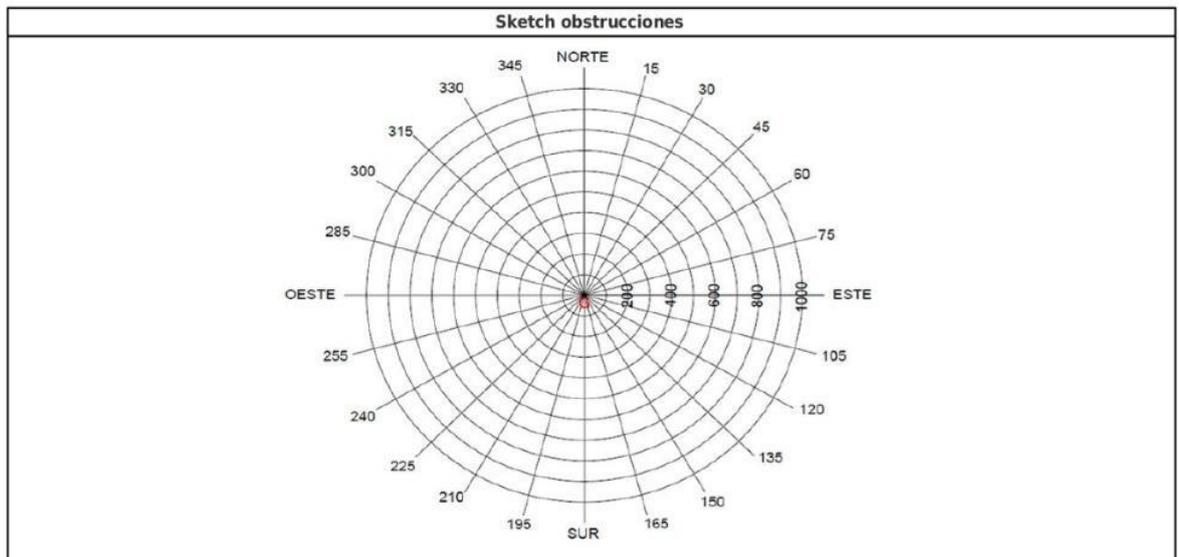


Tabla Obstrucciones	#	Tipo de obstrucción	Altura (m)	Distancia	Latitud	Longitud	Cota
	1	G = Otro	2.4	15	-13.97222	-69.26846	2096



	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2492 - REP_PUTINA PUNCO 01		17/08/2018	Pág. 9/32



	<b>TSS CANDIDATOS - CERAGON</b>		Pág. 10/32
	<b>Cliente</b>	OROCOM	
	<b>Proyecto Ceragon</b>	PE18001-SP - Fitel Peru 2018 - SP	
	<b>Responsable</b>	Kelh Rojas	
<b>Site:</b> PU_A_2492 - REP_PUTINA PUNCO 01		17/08/2018	

DIAGRAMA DE OBSTÁCULOS FE 3	
<b>Nombre FE</b>	PU_A_2486_PACAYSUIZO
<b>Azimuth</b>	116.24
<b>Cuántas obstrucciones hay? (del IIBB hacia el nodo)</b>	1

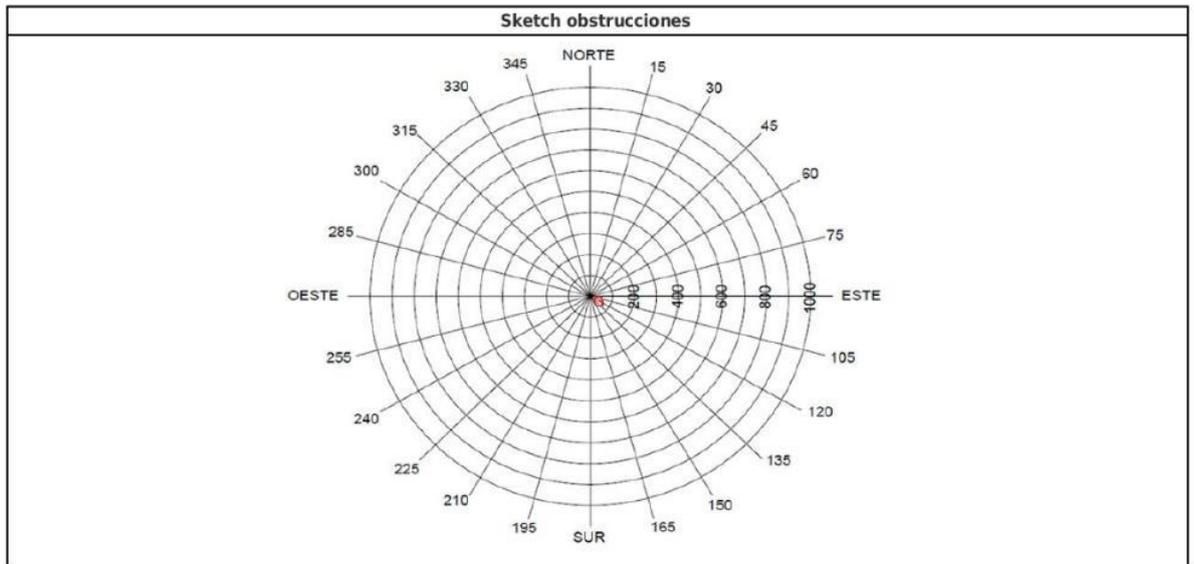


Tabla Obstrucciones	#	Tipo de obstrucción	Altura (m)	Distancia	Latitud	Longitud	Cota
	1	G = Otro	2.4	13	-13.97212	-69.26836	2099

