



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de**

### **INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“DIMENSIONAMIENTO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CASERÍO TANCHO JALCA EN BAGUA GRANDE USANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER”**

**Autor:**

**Bach. ROIBER VÁSQUEZ TAPIA**

**Asesor:**

**Dr. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**Abril del 2019**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TESIS DE INGENIERÍA**

**Para Optar el Título Profesional de**

### **INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“DIMENSIONAMIENTO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CASERÍO TANCHO JALCA EN BAGUA GRANDE USANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER”**

**Autor:**

**Bach. ROIBER VÁSQUEZ TAPIA**

**Aprobado por el Jurado Examinador**

**PRESIDENTE: Msc. CARLOS YUPANQUI RODRÍGUEZ**

**SECRETARIO: Ing. NESTOR DANIEL PUYEN MATEO**

**MIEMBRO: Ing. ROBINSON TAPIA ASENJO**

**ASESOR: Dr. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**Abril del 2019**



# UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

## TESIS DE INGENIERÍA

### TITULO

**“DIMENSIONAMIENTO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO  
PARA EL CASERÍO TANCHO JALCA EN BAGUA GRANDE USANDO LA  
HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER”**

### CONTENIDOS

**CAPITULO I:** PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

**CAPITULO II:** MARCO TEÓRICO.

**CAPITULO III:** MARCO METODOLÓGICO.

**CAPITULO IV:** PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

**CAPITULO V:** ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

**CAPITULO VI:** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

**Autor:** Bach. ROIBER VÁSQUEZ TAPIA

---

PRESIDENTE

---

SECRETARIO

---

MIEMBRO

---

ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

Abril del 2019

## DEDICATORIA

A mis padres Sixto y Consuelo quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un gran objetivo en mi vida, por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y perseverancia, porque nunca dejaron de confiar en mí.

A mi hermana Margot por su amor tan puro y apoyo incondicional, durante todo este proceso.

A mí novia Roxana que siempre estuvo a mi lado ayudándome y motivándome a seguir en con mi investigación y a mis amigos que hacen los acontecimientos difíciles más llevaderos.

*Raiber Vásquez Tapia*

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A los docentes de la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, en especial a mi asesor de TESIS el Dr. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO por haber compartido sus conocimientos a lo largo del desarrollo de esta investigación y a los habitantes del caserío Tancho Jalca por su valioso aporte.

*Roiber Vásquez Tapia*

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo Dimensionar y simular un sistema fotovoltaico para el caserío Tancho Jalca perteneciente al distrito de Bagua Grande en el departamento de Amazonas usando la herramienta computacional HOMER. Luego de realizar los cálculos se obtuvo lo siguiente: La demanda de energía diaria proyectada para el caserío Tancho Jalca es de 17,47 kWh/día para 43 viviendas proyectadas y 01 local comunal. Para la irradiación solar se ha obtenido los datos de la NASA con un valor mínimo de 3,93 kWh/m<sup>2</sup>/día, el cual se utilizó para el método de cálculo del mes crítico. El sistema fotovoltaico por el método del mes crítico se obtuvo: 20 paneles fotovoltaicos de 300 Wp de la marca JINKO, 02 controladores 150/70 Blue Solar, 20 baterías de acumuladores TROJAN de 205 Ah, 01 inversor de 6 000 W, El generador fotovoltaico tiene 6,0 kWp. Mientras que utilizando el software HOMER considerando una pérdida de carga del 1% se obtuvo 32 paneles fotovoltaicos de 300 Wp de la marca JINKO, 02 controladores 150/100 Blue Solar, 16 baterías de acumuladores TROJAN de 205 Ah, 01 inversor de 6 000 W, El generador fotovoltaico tiene 9,60 kWp. Además, se obtuvo la información que el porcentaje de carga no atendida es del 0,723 % anual. Hay un exceso de producción de energía de 4 719 kWh/año. Se realizó el diseño del sistema de distribución en baja tensión en 220 V, en el ANEXO 08. El presupuesto para suministrar energía eléctrica al caserío Tancho Jalca es de: S/ 210 417,97

**Palabras clave:** Generador fotovoltaico, inversor, controlador, panel fotovoltaico

## ABSTRACT

The objective of this thesis was the Tancho Jalca home photovoltaic system belonging to the Bagua Grande district in the department of Amazonas using the HOMER computational tool. After performing the calculations, the following was obtained: The projected daily energy demand for the Tancho Jalca case is 17,47 kWh / day for 43 projected and 01 communal dwellings. For solar irradiation, NASA data have been obtained with a minimum value of 3,93 kWh / m<sup>2</sup> / day, which refers to the calculation method of the critical month. The photovoltaic system by the critical month method was obtained: 20 photovoltaic panels of 300 Wp of the JINKO brand, 02 controllers 150/70 Blue Solar, 20 accumulator batteries TROJAN of 205 Ah, 01 inverter of 6,000 W, The photovoltaic generator has 6,0 kWp. While we used the software, HOMER was reduced by 1% obtained 32 300 Wp photovoltaic panels from the JINKO brand, 02 150/100 Blue Solar controllers, 16 TROJAN accumulator batteries from 205 Ah, 01 6,000 W inverter, The photovoltaic generator has 9,60 kWp. In addition, the information corresponding to the annual load percentage has been obtained. There is an excess of energy production of 4 719 kWh / year. The design of the low voltage distribution system was carried out in 220 V, in ANNEX 08. The budget for the supply of electricity to the Tancho Jalca farm is: S / 210 417,97

**Keywords:** Photovoltaic generator, inverter, controller, photovoltaic panel

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN .....	VI
ABSTRACT .....	VII
ÍNDICE .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Realidad Problemática .....	2
1.2. Formulación del Problema .....	5
1.3. Delimitación de la Investigación .....	5
1.3.1. Delimitación espacial .....	5
1.4. Justificación e Importancia de la TESIS.....	12
1.5. Limitaciones de la TESIS .....	12
1.6. Objetivos de la TESIS .....	13
1.6.1. Objetivo General.....	13
1.6.2. Objetivo Específicos .....	13
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Antecedentes de Estudios .....	14
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado .....	24
2.2.1. Energías renovables .....	24
2.2.2. Energía solar .....	27
2.2.3. Sistemas fotovoltaicos .....	38
2.2.4. Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos aislados .....	58
2.2.5. Software HOMER .....	63
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.....	65
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	70
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	70
3.2. Población y muestra.....	71
3.3. Hipótesis .....	71

3.4. Variables - Operacionalización.....	71
3.5. Métodos y Técnicas de investigación.....	72
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados .....	75
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos .....	75
<b>CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>76</b>
4.1. Propuesta de la investigación .....	76
<b>CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>79</b>
5.1. Cálculo de la energía promedio proyectada y máxima demanda .....	79
5.1.1. Energía promedio proyectada.....	79
5.2. Datos de Irradiación Solar disponible en el caserío Tancho Jalca.....	83
5.3. Dimensionamiento y simulación del sistema fotovoltaico.....	85
5.3.1. Prediseño del sistema fotovoltaico (Método del mes peor).....	85
5.3.2. Optimización HOMER.....	93
5.4. Red de distribución eléctrica .....	103
5.4.1. Cálculo de caída de tensión.....	103
5.4.2. Cálculos mecánicos de conductores autoportantes.....	104
5.4.3. Hipótesis de estado .....	104
5.5. Presupuesto del sistema fotovoltaico .....	107
5.5.1. Presupuesto del sistema fotovoltaico y red de distribución eléctrica .....	109
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES.....</b>	<b>110</b>
<b>6.1. Conclusiones.....</b>	<b>110</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>113</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Temperaturas máximas, promedios y mínimas en el distrito de Bagua Grande .....	10
Tabla N° 2: Ubicación del Caserío Tancho Jalca .....	11
Tabla N° 3: Eficiencia de las células fotovoltaicas.....	44
Tabla N° 4: Características de las baterías usadas en sistemas fotovoltaicos	52
Tabla N° 5: Capacidades típicas de baterías en sistemas fotovoltaicos .....	53
Tabla N° 6: Operacionalización de variables.....	72
Tabla N° 7: Técnicas e instrumentos.....	75
Tabla N° 8: Tasas de crecimiento en el departamento de Amazonas.....	80
Tabla N° 9: Consumo de energía eléctrica diaria para vivienda particular .....	81
Tabla N° 10: Consumo de energía eléctrica para el local comunal .....	82
Tabla N° 11: Consumo diario de energía eléctrica.....	83
Tabla N° 12: Irradiación solar en el caserío Tancho Jalca .....	85
Tabla N° 13: solución óptima según HOMER.....	98
Tabla N° 14: Pérdida de carga y exceso de producción de energía.....	99
Tabla N° 15: Comparación entre los resultados del método del peor mes y HOMER.....	100
Tabla N° 16: Caída de tensión por cada tramo de la instalación fotovoltaica	102
Tabla N° 17: Cálculo de la sección de los conductores eléctricos en cada tramo .....	102
Tabla N° 18: Capacidad de corriente de los conductores eléctricos seleccionados.....	103
Tabla N° 19: Hipótesis para la ecuación de cambio de estado .....	104
Tabla N° 20: Cálculos mecánicos del conductor .....	105
Tabla N° 21: Parámetros eléctricos de cables autoportantes.....	106
Tabla N° 22: Presupuesto del sistema fotovoltaico .....	107
Tabla N° 23: Costo directo sistema fotovoltaico .....	108
Tabla N° 24: Presupuesto referencial total.....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Distrito de Bagua Grande donde se encuentra el caserío Tancho Jalca.....	11
Figura N° 2: espectro electromagnético de la radiación solar .....	27
Figura N° 3: Esquema de energías renovables procedentes del sol.....	29
Figura N° 4: .....	31
Figura N° 5: Mapa de irradiación horizontal en Latinoamérica y el Caribe.....	31
Figura N° 6: Mapa solar del Perú .....	32
Figura N° 7: irradiación solar en el departamento de Amazonas.....	33
Figura N° 8: Piranómetro.....	34
Figura N° 9: Albedómetro.....	35
Figura N° 10: Concepto de horas sol pico .....	36
Figura N° 11: Gama de energía radiante .....	38
Figura N° 12: Componentes de un sistema fotovoltaico.....	40
Figura N° 13: Panel fotovoltaico .....	41
Figura N° 14: Funcionamiento de la célula fotovoltaica de silicio.....	42
Figura N° 15: Árbol de tecnologías fotovoltaicas.....	43
Figura N° 16: tecnologías fotovoltaicas más comunes.....	43
Figura N° 17: Curva de potencia .....	46
Figura N° 18: Conexión en serie de módulos fotovoltaicos .....	48
Figura N° 19: Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos .....	49
Figura N° 20: Conexión serie/paralelo de módulos fotovoltaicos .....	49
Figura N° 21: Baterías en sistemas fotovoltaicos .....	53
Figura N° 22: Controladores para sistemas fotovoltaicos.....	56
Figura N° 23: Inversores para sistemas fotovoltaicos .....	58
Figura N° 24: Satélite espacial con paneles fotovoltaicos .....	59
Figura N° 25: Antena de telefonía alimentada por paneles fotovoltaicos .....	60
Figura N° 26: Sistema de bombeo de agua con paneles solares.....	61
Figura N° 27: Vivienda aislada alimentada mediante paneles fotovoltaicos....	62
Figura N° 28: Alumbrado de calles mediante paneles solares .....	62
Figura N° 29: Entrevista al señor Reynero Castillo Astonitas en Tancho Jalca .....	74
Figura N° 30: Entrevista al señor Elcer Avellaneda Delgado en Tancho Jalca	74

Figura N° 31: Proceso para determinar el equipamiento del sistema fotovoltaico .....	78
Figura N° 32: unidad de vivienda en Tancho Jalca .....	81
Figura N° 33: En el local comunal de Tancho Jalca .....	82
Figura N° 34: Ingreso de datos a la página de la NASA.....	84
Figura N° 35: Irradiación solar en el caserío Tancho Jalca .....	84
Figura N° 36: batería 12 V, 205 Ah Trojan (ANEXO 02) .....	90
Figura N° 37: Introducción de datos de ubicación en HOMER.....	93
Figura N° 38: pestaña de introducción del recurso solar en HOMER.....	95
Figura N° 39: pestaña de introducción de la carga en HOMER .....	96
Figura N° 40: Esquema del sistema fotovoltaico en HOMER.....	96
Figura N° 41: HOMER en proceso de cálculo .....	97
Figura N° 42: Resultados de la simulación en HOMER .....	98
Figura N° 43: Detalles del sistema fotovoltaico optimo .....	99

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis se realizó en el Tancho Jalca ubicado en el distrito de Bagua Grande, Departamento de Amazonas, debido que la Energía Eléctrica es un factor importante para el desarrollo y crecimiento económico, y que ayudarán al poblador a incrementar su capacidad de trabajo útil y productivo en base a fuentes de energía como la convencional o energía renovable como la del sol que es una fuente limpia, abundante e inagotable

El desarrollo de la presente tesis consta de cinco capítulos los cuales se describen a continuación en forma breve.

En el Capítulo 1, Presentamos la realidad problemática del caserío Tancho Jalca, así como la justificación es importancia.

El Capítulo 2, se presenta el Marco teórico el cual contiene la teoría relacionada con el desarrollo de la tesis, así como los estudios realizados a nivel internacional, nacional y local.

El Capítulo 3, se presenta el Marco metodológico en donde se desarrolla la estrategia, el procedimiento para poder alcanzar a conocer los objetivos de la tesis.

En el Capítulo 4, Desarrollamos la propuesta.

En el Capítulo 5, Se desarrollan los cálculos del sistema fotovoltaico y la red de distribución secundaria.

En el capítulo 6, se redactan las conclusiones

## CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

#### En Latinoamérica<sup>1</sup>

Alrededor de 30 millones de latinoamericanos viven aún sin luz eléctrica, en una región donde se utiliza la mayor cantidad de energía renovable del mundo para generar electricidad, afirmaron expertos en Panamá.

Esta cifra representa el 4 % de los 620 millones personas que habitan en América Latina y el Caribe.

“No están conectadas (a la red eléctrica) no porque no tengan dinero (...) No es un problema de precio de la energía, es un problema de dificultad (de llegar a algunas zonas) y de falta de planes energéticos de los países”, explicó Fernando César Ferreira, secretario Ejecutivo de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), durante la apertura de un foro que reúne a funcionarios, expertos y miembros de organismos internacionales para tratar sobre energía en el continente.

Según un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el 75 % de las personas que no tienen acceso a la electricidad se concentran en siete países: Haití (7,5 millones), Perú (3 millones), Argentina (2,1 millones), Bolivia (1,8 millones), Brasil y Colombia (1,7 millones cada uno) y Guatemala (1,6 millones).

---

<sup>1</sup> <http://www.cubadebate.cu/noticias/2016/09/10/30-millones-de-latinos-viven-sin-acceso-a-luz-electrica/#.WtLlm4hubIU>

Por el contrario, Bahamas, Barbados, Brasil, Costa Rica, Uruguay, Paraguay y Venezuela han alcanzado el acceso por encima del 99 %.

Además, según el BID, el promedio de electrificación urbana en América Latina es del 99 %, mientras que la cobertura rural es de 82 %.

Sin embargo, “en Latinoamérica el 60% de la electricidad es generada por energías renovables, es la más alta tasa a nivel mundial”, dijo Ariel Yépez, jefe de la división de Energía del BID.

**“Los retos generales son que los países (latinoamericanos) tengan matrices de energía más limpias”**, pero “este esfuerzo debe ser conjunto con los países, organizaciones e instituciones porque no tenemos recursos abundantes”, añadió Ferreira.

Según el BID, **en la región todavía hay 87 millones de personas que cocinan con combustibles tradicionales como la madera y el carbón<sup>2</sup>.**

### **En el Perú<sup>3</sup>**

La producción nacional de energía eléctrica se incrementó 2,5 % en el año 2018, por la entrada en operación de varios proyectos de generación de capacidad mediana, estimó hoy el departamento de Estudios Económicos de Scotiabank.

---

<sup>2</sup><http://www.cubadebate.cu/noticias/2016/09/10/30-millones-de-latinos-viven-sin-acceso-a-luz-electrica/#.WtLlm4hubIU>

<sup>3</sup><http://www.eleconomistaamerica.pe/economia-eAm-peru/noticias/9065326/04/18/Produccion-de-energia-electrica-en-Peru-crecera-25-en-el-2018-.html>

Además, Manchego señaló que durante el segundo semestre del año empezarían a operar dos pequeñas centrales de generación en base a biomasa de la Empresa Concesionaria Energía Limpia en Lima y Callao.

Durante el 2018 la única termoeléctrica que empezó a operar fue la ampliación de la Central Termoeléctrica Santo Domingo de Olleros (Lima) de Termochilca, cuya inversión total asciende a 181 millones de dólares y agregará una potencia de 90MW a los 210MW con los que cuenta actualmente la planta.

La red eléctrica a la que está conectada el mundo entero genera gases de efecto invernadero uno de ellos es el CO<sub>2</sub>, este ocasiona que exista la posibilidad de un aumento en la temperatura media terrestre aproximadamente en un grado centígrado por año, haciendo que aumenten también los fenómenos de salinización y erosión en zonas costeras, además de aumentar la propagación de enfermedades y el desplazamiento de varias especies hacia zonas frías donde pueden adaptarse mejor, lo cual conlleva a un desequilibrio ecológico<sup>4</sup>.

#### **Caserío Tancho Jalca,**

Este caserío no cuenta con energía eléctrica convencional, cuenta con 28 viviendas que alberga a 64 habitantes, además se encuentra alejado a 10 Km de las redes eléctricas convencionales , el caserío se encuentra ubicado en una zona de difícil acceso para las líneas de distribución .

---

<sup>4</sup> (Vizcon Toledo, 2006)

Con la finalidad de reducir el consumo de energía eléctrica de origen no convencional y reducir los efectos dañinos al medio ambiente el gobierno peruano promueve el uso de las energías no convencionales según el Artículo 3° de DLEG-1002-2008.

La irradiación solar en el caserío TANCHO JALCA es mayor que 3 kWh/m<sup>2</sup>/día por lo cual resulta aplicable la tecnología fotovoltaica en este caserío.

Lo que se propone en esta tesis es la implementación y simulación de un sistema fotovoltaico para el caserío TANCHO JALCA utilizando la herramienta computacional HOMER.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Tendremos la suficiente irradiación solar para suministrar energía eléctrica al caserío Tancho Jalca en Bagua Grande con un sistema fotovoltaico?

## **1.3. Delimitación de la Investigación**

### **1.3.1. Delimitación espacial<sup>5</sup>**

El caserío Tanco Jalca se encuentra ubicado en el Distrito de Bagua Grande provincia de Utcubamba perteneciente al departamento Amazonas.

---

<sup>5</sup> Elaboración propia

**Bagua Grande**<sup>6</sup>: tan igual como los pueblos de ceja de selva, se caracteriza por tener un clima regular de cálido húmedo, oscilando la temperatura de su ambiente entre 28 y 39 grados centígrados a la sombra durante todo el año. El pueblo se ubica muy cerca de la orilla izquierda del río Utcubamba., tomando como referencia el Punto Geodésico ubicado en la Plaza antigua, donde hoy se ha construido el Parque Infantil.

Se cree que antes de la presencia del hombre en estos lugares, cuando hace 75 millones de años los dinosaurios arrastraban su corpulenta y pesada figura, demostrando dominio absoluto sobre el planeta, las tierras de Bagua Grande se encontraban sumergidas bajo las aguas represadas por un dique natural a la altura del pongo de Rentema, formando un inmenso lago de agua dulce, alimentado por los ríos Marañón, Utcubamba y Chinchipe, donde los antiguos monstruos prehistóricos jugueteaban a su antojo sin encontrar a nadie capaz de perturbar su apacible descanso. Existen evidencias que el agua en esta laguna natural, alcanzaban los quinientos metros de profundidad, con un espejo de aproximadamente cien kilómetros cuadrados.

### **Superficie**<sup>7</sup>

El distrito de Bagua Grande tiene una extensión territorial de 746,64 Km<sup>2</sup>.

### **Delimitación**<sup>8</sup>

El distrito de Bagua Grande presenta los siguientes límites

---

<sup>6</sup> <https://www.monografias.com/trabajos95/bagua-grande/bagua-grande.shtml>

<sup>7</sup> <https://www.monografias.com/trabajos95/bagua-grande/bagua-grande.shtml>

<sup>8</sup> <https://www.monografias.com/trabajos95/bagua-grande/bagua-grande.shtml>

a) Por el norte:

Con la Provincia de Bagua del Departamento de Amazonas y el Distrito de Cajaruro, a lo largo de una línea que iniciándose en la margen izquierda del río Utcubamba, a un punto a donde llega una línea recta Sur- Norte, trazada desde la desembocadura de la Quebrada de Huarango Pampa, sigue por el lecho del río Utcubamba, aguas arriba y con dirección Este- Sureste, hasta la desembocadura de la Quebrada Olón o La Caldera, afluente del Río Utcubamba por su margen izquierda.

b) Por el este

Con el Distrito de Jamalca, por una línea que indicándose en la desembocadura de la Quebrada Olón o La Caldera, se traza por el lecho de la Quebrada antes mencionada, aguas arriba y con dirección generalizada Norte- Sur, hasta alcanzar las nacientes más lejanas de la mencionada Quebrada Olón o La Caldera, en el cerro Condorpuma.

c) Por el sur

Con los Distritos de Lonya Grande, Yamón y Cumba, a lo largo de una línea que iniciándose en el cerro Condorpuma y en los orígenes más lejanos de la Quebrada Olón o La Caldera, se traza con dirección Generalizada Este- Sureste u Oeste Noreste, siguiendo la divisoria de aguas que separa las cuencas formadas por los ríos Marañón y Utcubamba. Pasa sucesivamente por los cerros Shipago y Vista Alegre, hasta alcanzar el cerro El Punto, que es divisoria de aguas que separa las cuencas formadas por la Quebrada Jahuanga, afluente del río

Utcubamba por su margen izquierda y la Quebrada Pintana, afluente del río Marañón por su margen derecha.

d) Por el oeste

Con el Distrito de El Milagro, a lo largo de una línea que inicia en el cerro El Punto, en la parte más alta de la divisoria de aguas que separa las cuencas formadas por las Quebradas Jahuanga y Naranjo y se traza con dirección Sur- Norte, pasando con las cumbres de los cerros de Balcho, Portachuelo y Lo Rollos, hasta alcanzar las nacientes de la Quebrada Huarango Pampa, continúa por el lecho de la Quebrada Huarango Pampa, siempre con dirección Sur- Norte, hasta el final de su recorrido en terrazas bajas de la margen izquierda del río Utcubamba y sigue por una línea recta que con dirección Sur- Este va a terminar en la margen izquierda del río Utcubamba, frente a la ciudad de Bagua, donde se inicia esta delimitación.

### **Altitud**<sup>9</sup>

Bagua Grande se encuentra situada a una altura de 440 metros sobre el nivel del mar.

### **Relieve**<sup>10</sup>

El relieve del suelo donde se ubica la ciudad de Bagua Grande, presenta dificultades para un desarrollo urbanístico armónico, atraviesan la ciudad varias zánoras, por donde corre agua en las épocas de lluvias, la más profunda y de mayor recorrido se denomina "Cachimay", que divide

---

<sup>9</sup> <https://www.monografias.com/trabajos95/bagua-grande/bagua-grande.shtml>

<sup>10</sup> <https://www.monografias.com/trabajos95/bagua-grande/bagua-grande.shtml>

a la ciudad en dos partes y se torna muy peligrosa para los pobladores cuando la lluvia es abundante.

### **Vías De Comunicación**<sup>11</sup>

La ciudad de Bagua Grande se halla enlazada con los demás centros poblados mediante caminos carreteros, los cuales deben ser ensanchados y asfaltados para un mejor mantenimiento y operatividad.

La avenida Chachapoyas, que es la principal arteria de la ciudad capital, es a la vez parte de la carretera de penetración a la selva, la que comprende la ruta Corral Quemado- Rioja- Tarapoto. La misma se encuentra asfaltada, lo que posibilita enormemente el rápido desplazamiento de los vehículos.

### **Temperatura**

Con respecto al a temperatura en la Tabla N° 1 se muestran los valores promedios mensuales

---

<sup>11</sup> <https://www.monografias.com/trabajos95/bagua-grande/bagua-grande.shtml>

Tabla N° 1: Temperaturas máximas, promedios y mínimas en el distrito de Bagua Grande<sup>12</sup>

 <b>Parámetros climáticos promedio de Bagua Grande</b>  <span style="float: right;">[ocultar]</span>													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	40	38.7	38	37	37	36	38	39	42.1	41	39	43.3	43.3
Temp. máx. media (°C)	30.6	30.6	30.3	30.8	30.3	29.5	29.1	29.8	30	30.4	31.1	31.4	30.3
Temp. media (°C)	25.2	25.3	25.1	25.4	25	24.4	24.1	24.4	25	25.1	25.6	25.6	25
Temp. mín. media (°C)	19.8	20	20	20.1	19.8	19.4	19.2	19.1	20	19.9	20.2	19.8	19.8
Temp. mín. abs. (°C)	14	14	14	13	12	9	7	10	13	14	14	14	7
Precipitación total (mm)	93	87	137	138	126	105	79	57	69	80	74	80	1125
<i>Fuente: Climate-data.org<sup>3</sup></i>													

<sup>12</sup> <https://es.climate-data.org/americas-del-sur/peru/amazonas/bagua-grande-33770/>

Tancho Jalca se encuentra ubicado en las coordenadas siguientes:

Tabla N° 2: Ubicación del Caserío Tancho Jalca<sup>13</sup>

Latitud	-5.87510581359
Longitud	-78.4063117031



Figura N° 1: Distrito de Bagua Grande donde se encuentra el caserío Tancho Jalca<sup>14</sup>

<sup>13</sup> <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

<sup>14</sup> [http://www.perutouristguide.com/translator/01am/translator\\_01ut\\_mapa\\_utcubamba.html](http://www.perutouristguide.com/translator/01am/translator_01ut_mapa_utcubamba.html)

## **1.4. Justificación e Importancia de la TESIS**

### **Justificación ambiental**

Con la implementación de esta tesis se generará energía limpia debido a la utilización de la energía solar y esto contribuirá a la reducción de CO<sub>2</sub> que se genera debido a la energía convencional.

### **Justificación social**

Con la ejecución de la tesis se suministrará a la población del servicio eléctrico, el cual contribuirá a una mejora social ya sea en educación salud transporte etc.

### **Justificación Científica**

Promover el uso de las energías no convencionales. En caso específico de la energía solar como fuente para ser transformada en energía eléctrica a través de la tecnología fotovoltaica.

## **1.5. Limitaciones de la TESIS**

Las fuentes de irradiación solar se limitaron a datos del Atlas solar del PERÚ y de la NASA.

## **1.6. Objetivos de la TESIS**

### **1.6.1. Objetivo General**

Dimensionar y simular un sistema fotovoltaico para el caserío Tancho Jalca perteneciente al distrito de Bagua Grande en el departamento de Amazonas usando la herramienta computacional HOMER.

### **1.6.2. Objetivo Específicos**

- a) Determinar la energía promedio diaria proyectada y máxima demanda para el caserío Tancho Jalca.
- b) Obtener los datos de irradiación solar existentes en el caserío Tancho Jalca.
- c) Dimensionar el sistema fotovoltaico
- d) Dimensionar la red de distribución de energía en B.T.
- e) Calcular el costo total de la inversión del sistema fotovoltaico y red de distribución para el caserío Tancho Jalca.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de Estudios

Entre los trabajos de investigaciones realizadas sobre dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas en nuestro país como en el extranjero cito a los siguientes autores, como:

#### Contexto Internacional

Según (Baron Ortiz, 2015) en su tesis titulado **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO** en su **resumen se expone lo siguiente:** El proyecto consiste en el diseño y simulación de un sistema fotovoltaico para el futuro edificio de la Federación Colombiana de Futbol, con el fin de generar energía eléctrica que contribuya a minimizar el consumo que el edificio hace de la red convencional al suministrar energía fotovoltaica. La técnica que se implementará será basada en la energía solar, dando espacio al ámbito cultural y social que ocasiona las energías renovables, así mismo, se requiere minimizar el consumo energético generado en la red eléctrica. La instalación consta de un arreglo de paneles solares, cuya generación de energía se adecúe a un porcentaje de la carga diaria que consume el edificio. (Baron Ortiz, 2015) Dado que se trata de un edificio nuevo, se realiza un cálculo en las cargas ideales de los elementos que se

pretenden conectar a esta red, permitiendo estimar el valor de potencia que se debe generar para alimentar y hacer que funcionen los equipos conectados a la red. Estos paneles van conectados a la red eléctrica convencional, realizando un reemplazo en el día de la producción de energía que consume el edificio a la red convencional, así beneficia al consumidor, puesto que disminuiría el costo de la factura de consumo eléctrico. Con el **software Homer pro** y una simulación en Matlab se podrá visualizar el comportamiento de la instalación, es decir la producción de energía que se genera diariamente, por tanto se podrá ilustrar a qué hora del día se realiza la mayor captación de energía, así mismo los beneficios que conlleva el hecho de tener una instalación fotovoltaica, que contribuyen a la disminución del que se genera durante el día. . (Baron Ortiz, 2015)

**Juana Kareli Tercero Ubau** en su trabajo de tesis de "Diseño de una minicentral solar fotovoltaica autónoma con una capacidad de 2,7 kWp para electrificar la comunidad de La Fortuna-MiraFlor Moropotente, Estelí". Este proyecto está dividido en dos fases: La primera fase es el diseño y/o dimensionado del sistema solar fotovoltaico, llevada a cabo en Alemania, en FH Bielefeld, Universidad de Ciencias Aplicadas y la segunda fase es el diseño de la Red de Distribución de la energía producida. como objetivo principal con dichas fases culminada es ejecutar este pequeño proyecto,

que está dirigido a beneficiar a la comunidad de La Fortuna, proporcionando energía eléctrica con fuentes de energía renovable y así evitar daños al lugar que pertenece a un área protegida, con esto se espera mejorar la calidad de vida de las personas, proporcionándoles el servicio de energía eléctrica, con la energía que nos proporciona el sol, transformándola en energía eléctrica a través de módulos fotovoltaicos, la cual está diseñada para generar 2,7 kWp a 11 viviendas y una iglesia a las que se les distribuirá la energía en la comunidad La Fortuna, que con el tiempo cuya capacidad puede aumentar en base a la cantidad demandada de energía<sup>15</sup>.

Según **Carmencita De Los Ángeles Joachin Barrios** en su trabajo de tesis de "Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado, para el suministro de energía a la comunidad rural de Buena Vista, San Marcos". Se plantea la energía solar fotovoltaica para generación eléctrica se está aplicando en áreas rurales, ya que su uso es relativamente reciente en Guatemala; en el presente proyecto se diseñaron dos tipos de instalaciones o sistemas de energía solar fotovoltaica para suministrarle energía eléctrica a una comunidad en el área rural del municipio de Esquipulas Palo Gordo, perteneciente al departamento de San Marcos, llamada Buena Vista.

Con esto se logra impulsar el uso de fuentes renovables de energía y se soluciona el problema del suministro de energía eléctrica. A través de un

---

<sup>15</sup> Tercero Ubau, Juana Karelia. «Diseño de una minicentral solar fotovoltaica autónoma con una capacidad de 2,7 kWp para electrificar la comunidad de La Fortuna-MiraFlor Moropotente, Estelí.» Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Esteli-Nicaragua, 2015.

análisis sobre la disponibilidad de los recursos naturales en la zona (San Marcos) se realizó el diseño de un sistema solar fotovoltaico; previamente se efectuó la comparación y análisis de las ventajas y desventajas de un sistema fotovoltaico y un sistema eólico, para esta aplicación, sistema aislado individual en una comunidad rural<sup>16</sup>. (Tercero Ubau, 2015)

Según **Roberto Andrés Velásquez Céspedes**<sup>17</sup> en su tesis titulado: “Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el departamento de ingeniería eléctrica de la universidad de Santiago de Chile” En este caso se utilizó el software PVSyst para la estimación de generación del proyecto cumplió con las expectativas, entre ellas es posible mencionar la potencialidad de entregar estimaciones referenciales de las pérdidas totales, pérdidas detalladas, rendimiento de equipos, rendimiento del sistema y porcentajes de eficiencia del proyecto. Todo lo anterior permitió cumplir con uno de los objetivos planteados al inicio de este trabajo.

Con respecto al tipo de tecnología, el estudio del proyecto de ingeniería de una instalación fotovoltaica conectada a la red ha permitido definir las ventajas que posee sobre las instalaciones aisladas, sobre todo en un sector urbano. En particular destaca la capacidad de prescindir de sistemas de respaldo de energía o baterías lo que conlleva a una disminución en la inversión cercana a un 30 %, disminución en el espacio requerido para el almacenamiento y reducción en el costo por mantención, por ser equipos que involucran riesgos explosivos. (Velasquez Cespedes, 2012)

---

<sup>16</sup> Acevedo Garcés, F. (2016). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios*. Bogotá.

<sup>17</sup> (Velasquez Cespedes, 2012)

Así mismo (Rivas Celi, 2015) en su tesis titulado **“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA.”** Nos expresa que la investigación trata de la factibilidad del uso de paneles fotovoltaicos en el sector residencial de la ciudad de Loja, como alternativa energética limpia, debido al potencial solar y ubicación geográfica de la misma. (Rivas Celi, 2015)

Se procedió a establecer la demanda energética de una casa tipo con los aparatos eléctricos de mayor necesidad logrando estimar la potencia eléctrica a solventar por el sistema fotovoltaico. El sistema es versátil para el usuario en caso de no querer depender del sistema eléctrico que proviene de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A (EERSSA); este puede depender de la energía que proviene del sistema fotovoltaico o viceversa. Subsecuentemente se obtuvo la radiación solar de nuestra ciudad a través de la estación meteorológica “La Argelia”; misma que viene monitoreando desde el mes de Marzo del 2013 hasta la actualidad. (Rivas Celi, 2015)

Después se eligió el método denominado “Mes peor” por ser el más utilizado para dimensionar este tipo de sistemas, además de todos los equipos con los que funcionará el sistema fotovoltaico que están acordes al potencial eléctrico establecido para la casa tipo, así como los ángulos a los que se fijarán los paneles y el cableado. Por último, se hizo el análisis técnico económico de todos los equipos y materiales a utilizarse para determinar la factibilidad de dicho sistema. (Rivas Celi, 2015)

En sus recomendaciones el autor expresa lo siguiente: Se recomienda la utilización de HOMER en los estudios de sistemas fotovoltaicos, ya que es una herramienta muy útil a la hora de tomar decisiones por la fiabilidad que ofrece el mismo con respecto a los métodos teóricos.

### **Contexto Nacional**

**Vizcon Toledo** en su trabajo “SISTEMA HÍBRIDO PROPUESTO PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL POLICLÍNICO DE PERICO” en el resumen explica que se realizó una propuesta de sistema híbrido, fotovoltaico-Diesel, para la generación de energía eléctrica. Para ello se hizo una minuciosa búsqueda bibliográfica donde se analizó la situación actual de la utilización de las energías renovables en el mundo y en Cuba, así como los softwares más utilizados actualmente en el tratamiento de estos sistemas. Posteriormente se ejecutó la simulación y optimización de un sistema híbrido mediante la aplicación del software HOMER, para determinar la mejor variante de suministro de electricidad a un policlínico. (Vizcon Toledo, 2006)

Según **José Zegner Alva Silva**<sup>18</sup> en su tesis titulado “ Estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en el caserío de Vigaspampa, Celendín, Cajamarca, 2016” En este trabajo de tesis que fue elaborado en la ciudad de Cajamarca, durante los meses de abril hasta noviembre del año 2016, que tiene como principal objetivo realizar un estudio de factibilidad técnico económico de un sistema

---

<sup>18</sup> (Alva Silva, 2016)

fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en el caserío de Vigaspampa, Celendín, Cajamarca. En este trabajo se demuestra a través de las observaciones directas y encuestas que se utilizó, la necesidad de los habitantes de la comunidad que tienen por la falta de la energía eléctrica, que le sería de mucha utilidad para ayudar al desarrollo y mejorar la calidad de vida, que por la geografía que presenta su localidad, por la dispersión de sus casas entre sí y por el nivel de pobreza no es factible la inversión de las empresas proveedoras de electricidad, frente a eso con este trabajo se pretende dar una alternativa de solución para suministrar electricidad a través de un sistema fotovoltaico autónomo. El desarrollo se realizó con una investigación aplicada no experimental, la población es de 60 viviendas que en este caso fue igual a la muestra. Durante el desarrollo vimos el potencial energético que hay en la zona de estudio que es un elemento indispensable para realizar un sistema solar fotovoltaico, esto ayuda para el proyecto sea factible técnicamente ya que los elementos fotovoltaicos los tenemos disponibles en el mercado local (Alva Silva, 2016).

Según **Delfor Flavio Muños Anticona**<sup>19</sup> en su trabajo de tesis de "Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país". En esta tesis se plantea el uso de la energía solar, como alternativa de solución inmediata a los problemas de electrificación rural en zonas aisladas y de frontera, con población dispersa y baja demanda de energía y que no cuentan con la posibilidad de acceder a los sistemas de electrificación convencionales. La aplicación de esta

---

<sup>19</sup> (Muñoz Anticona, 2005)

alternativa se basa en criterios principales tales como el de priorización, análisis de sostenibilidad y un escenario probable con el cual se desea cumplir las metas propuestas en el Plan Nacional de Electrificación Rural.

Así mismo **Héctor Raúl Avalos Vallejos**<sup>20</sup> en su tesis titulado. “Diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda de energía eléctrica del servicio habitacional gran hotel, San Ignacio 2016” en este estudio se obtuvo que :

La máxima demanda del servicio habitacional está referida a la estadística y datos brindados por la misma concesionaria de la zona teniéndose una potencia de 10 kW y una energía consumida promedio de 2 010,7 kW mensual.

Para elaborar el sistema fotovoltaico se consideró una energía teórica que es la referenciada por el consumo del hotel y una real que es dispuesta para el cálculo del campo solar, con un factor de perdidas global de 0.686 lo que nos brinda una energía real de 97 671,04 Wh, y se tomó la radiación del mes más crítico de 3,93 kWh/m<sup>2</sup>, el campo solar tendrá una cantidad de 92 paneles solares de 270 Wp dispuestos en paralelo configurados de 3 para conectarlos a los 24 reguladores, las acumuladores será 12V, 230 Ah en un total de 93 baterías dispuestas entre los 24 reguladores (21 grupos de 4 y 3 grupos de 3), el inversor se determinó de acuerdo a la potencia de suministro se consideraron 3 inversores de 4 KW con capacidad de trabajar en paralelo y cumplir con la potencia requerida.

---

<sup>20</sup> Avalos Vallejos, H. R. (2016). *Diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda de energía eléctrica del servicio habitacional gran hotel, San Ignacio 2016*. Jaen.

La evaluación económica se realizó a 25 años, tiempo de vida útil promedio de un panel solar y el resto de equipos exceptuando las baterías que deberán cambiarse cada 7 años, no resulta abrumadora, pero considerando los costos obtenidos nos brinda un TIR 13 % y un VAN de S/. 175 116,07, lo que nos brinda la seguridad que el proyecto será rentable (Avalos Vallejos, 2016).

### **Contexto Local**

Según **Llauce Chozo Anthony Joel** en su tesis titulado “Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación eléctrica en el restaurant el Cruceñito, ubicado en el km 90, carretera a Lambayeque-Piura” Nos dice que el restaurant está en un lugar donde no hay el servicio eléctrico en redes de baja tensión, se optó por la implementación de un sistema fotovoltaico comercial, reemplazando la generación eléctrica de un motor diésel. El objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar técnica y económicamente la implementación de un sistema fotovoltaico (SFV) autónomo en la generación de energía eléctrica, y así proponer que estos sistemas sean implementados a comunidades de nuestra región que aún no cuentan con el suministro eléctrico, además de contribuir a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, así mismo capacitar a la población sobre la gran importancia que tiene la energía solar y sus diferentes aplicaciones. Por otra parte, este tipo de tecnología presenta numerosas ventajas: instalación simple, emplea una fuente de energía limpia y gratuita, su operación es automática y silenciosa, requiere poco mantenimiento y es amigable con el ambiente.

Para el desarrollo del proyecto se realizó el estudio de la máxima demanda de energía eléctrica en el restaurant “El Cruceño” propiedad del Sr. Orlando Santamaría Valdera y así aplicarla al diseño. Se tuvo en cuenta la radiación solar existe en la región de Piura usando datos estadísticos de NASTEC y de esta manera poder seleccionar los componentes a utilizar. La orientación del panel fotovoltaico tendrá la inclinación adecuada para captar la mayor radiación posible y nuestro sistema sea lo más eficiente posible. La potencia requerida para el sistema es de 870 Wp, que se obtuvo según cálculos realizados, y cada panel tendrá una potencia de 145 Wp para que su funcionamiento sea con total eficiencia.

Al realizar el presente trabajo se logró determinar que el sistema fotovoltaico autónomo a implementar si es económicamente rentable, satisfaciendo la demanda eléctrica considerada en el proyecto, el cual me permitirá reducir el consumo de combustible diésel en 912 galones/año. Se recomienda difundir y apoyar la investigación sobre este tipo de tecnología y así desarrollar proyectos en beneficio de comunidades que aún no tienen el servicio de electricidad en sus domicilios.

**Jorge Máximo Moran Santamaría**; en su tesis de Ingeniería titulado “Análisis y Evaluación para la Viabilidad Técnico Económico en el uso de la Energía Solar Fotovoltaica para el Centro Poblado Cruz de Pañalá – Distrito de Mórrope”; hace un estudio de electrificación con energía solar para el centro poblado Cruz de Pañalá, el cual carece de energía eléctrica de manera geográfica por tener limitaciones al acceso de redes eléctricas por su distancia, altos costos de transporte y recursos energéticos limitados, lo que hace tener un costo elevado en la generación de energía;

el cual lo llevo a la evaluación de otros recursos de energía renovable y su rentabilidad.

En este estudio el autor concluye que en el centro poblado Cruz de Pañalá distrito de Mórrope, si es rentable implementar un Sistema Fotovoltaico para uso doméstico y productivo (en uso productivo se hizo el diseño de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua) frente a otras alternativas de generación eléctrica como la convencional, por ser una zona aislada. Y de acuerdo a la evaluación económica, la inversión a realizar en beneficio de las 40 familias suministrando energía con sistemas fotovoltaicos es de S/. 393 154,87 y con la electrificación convencional es de S/. 1 584,052,88 la cual es muy superior<sup>21</sup>

## **2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado**

### **2.2.1. Energías renovables<sup>22</sup>**

Se denomina Energía Renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o por ser capaces de regenerarse por medios naturales.

---

<sup>21</sup> Moran Santamaria, Jorge Maximo. «Análisis y Evaluación para la Viabilidad Técnico Económico en el uso de la Energía Solar Fotovoltaica para el Centro Poblado Cruz de Pañalá – Distrito de Mórrope.» Lambayeque, 2013.

<sup>22</sup> <http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/contenido/IntroduccionEnergiasRenovables.html>

En consideración su grado de desarrollo tecnológico y a su nivel de penetración en la matriz energética de los países, las Energías Renovables se clasifican en Energías Renovables Convencionales y Energías Renovables No Convencionales. Dentro de las primeras se considera a las grandes centrales hidroeléctricas; mientras que dentro de las segundas se ubica a las generadoras eólicas, solares fotovoltaicos, solares térmicas, geotérmicas, mareomotrices, de biomasa y las pequeñas hidroeléctricas.

El aprovechamiento de las fuentes de energía renovable por el hombre es muy antiguo. Desde muchos siglos antes de nuestra era, energías renovables como la solar, eólica e hidráulica eran aprovechadas por el hombre en sus actividades domésticas, agrícolas, artesanales y comerciales. Esta situación prevaleció hasta la llegada de la Primera Revolución Industrial del Siglo XVIII, cuando las energías renovables debieron ceder su lugar a los recursos fósiles como el petróleo y el carbón que en ese momento se ofrecían como fuentes energéticas abundantes y baratas. La revolución industrial desencadenó también los cambios sociales y económicos que dieron lugar al posterior desarrollo la gran industria hidroeléctrica considerada hoy como fuente energética renovable convencional.

Respecto al ámbito nacional debe destacarse que el Perú ha sido tradicionalmente un país cuya generación eléctrica se ha sustentado en fuentes renovables. Esto significa que nuestro desarrollo energético

contribuye desde tiempo atrás a la reducción del efecto invernadero que hoy agobia al planeta, con un desarrollo que se sustenta mayoritariamente en fuentes limpias de energía. Hasta el año 2002, la electricidad generada con centrales hidroeléctricas representó el 85% del total de energía generada en el país. Con la llegada del Gas de Camisea la participación de las hidroeléctricas disminuyó hasta llegar al 61% en el año 2008.

En la actualidad, cuando la disponibilidad de recursos fósiles juega un rol determinante en el suministro energético global y nacional, y cuando los factores medio ambientales aparecen entre las preocupaciones principales de la sociedad contemporánea, las Energías Renovables resurgen con éxito creciente en todas las latitudes del planeta, alentadas por los apremios del suministro energético y la presencia de marcos normativos favorables.

En este contexto, en mayo de 2008, el Estado Peruano emitió el Decreto Legislativo 1002 que promueve la inversión para la generación de electricidad con el uso de Recursos Energéticos Renovables ('RER', en adelante), tales como la energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, la biomasa y las pequeñas hidroeléctricas con una capacidad instalada de hasta 20 MW.

## 2.2.2. Energía solar

El sol genera energía mediante reacciones nucleares de fusión que se producen en su núcleo. Esta energía recibe el nombre de radiación solar, se transmite en forma de radiación electromagnética y alcanza la atmósfera terrestre en un conjunto de radiaciones o espectro electromagnético con longitudes de onda que van desde los 0,15  $\mu\text{m}$  a 4  $\mu\text{m}$  aproximadamente, tal como se muestra en la figura N° 2. La parte del espectro que va de 0,40  $\mu\text{m}$  a 0,78  $\mu\text{m}$  forma el espectro visible que denominamos comúnmente luz, el resto del espectro que no es visible que lo forman las radiaciones con longitud de onda menores a 0,4  $\mu\text{m}$  denominadas radiaciones ultravioletas (UV) y con longitudes de onda mayores a 0,78  $\mu\text{m}$  denominadas radiaciones infrarrojas (IR) (Castejon, 1998).

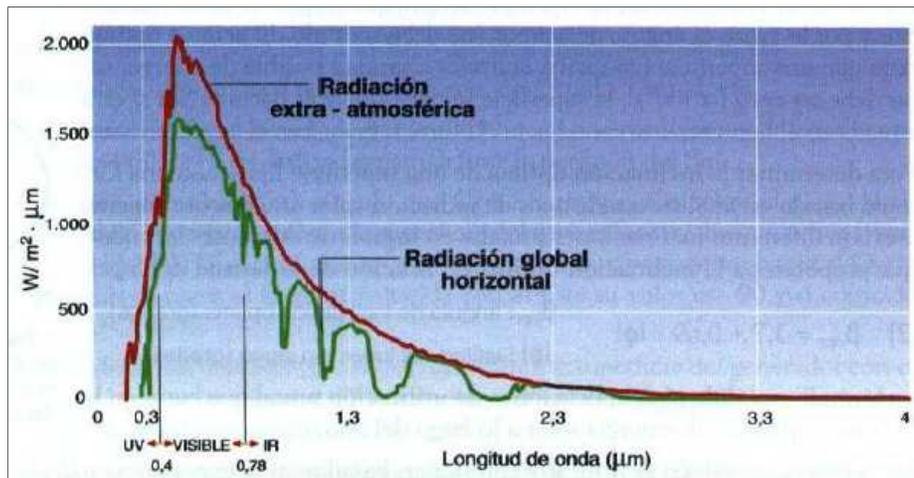


Figura N° 2: espectro electromagnético de la radiación solar

Fuente: (Agustin Castejon)

Podemos transformar la energía solar en energía térmica o eléctrica. La energía solar es aprovechada para elevar la temperatura de un fluido, como por ejemplo

el agua, y en el segundo caso la energía luminosa del sol transportada por sus fotones de luz, incide sobre la superficie de un material semiconductor (ejemplo: el silicio), produciendo el movimiento de ciertos electrones que componen la estructura atómica del material. Un movimiento de electrones produce una corriente eléctrica que se puede utilizar como fuente de energía de componentes eléctricos o bien electrónicos. (Canales Ciudad, 2012)

La cantidad de energía solar recibida por unidad de superficie y por unidad de tiempo (por término medio) sobre una superficie enfrentada al Sol (perpendicular a los rayos solares), situada en el límite de la atmosfera, a la distancia media entre la Tierra y el Sol, es de unos  $1\,353\text{ W/m}^2$ , cantidad que se conoce como constante solar. Viene a indicarnos la energía media que llega a la capa externa de la atmosfera terrestre. (Rivas celis, 2015)

Esta energía que llega en realidad es una radiación electromagnética (por eso, la llamamos radiación solar). Como en la atmosfera se refleja parte de la radiación que llega al sol, y otra parte se absorbe, a la superficie de la Tierra llega, lógicamente, una cantidad menor que la que se tiene en el exterior de la atmosfera. Viene a ser unos  $900\text{ W/m}^2$ .

Motivados por los problemas ambientales del sector energético, y, concretamente, por los compromisos adquiridos para la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, los gobiernos de la Unión Europea se han lanzado en apoyo decidido de las energías renovables. La mayoría de las energías renovables. La mayoría de las energías renovables procede de una transformación, directa o indirecta, de la energía solar, como se puede ver en la figura N° 3

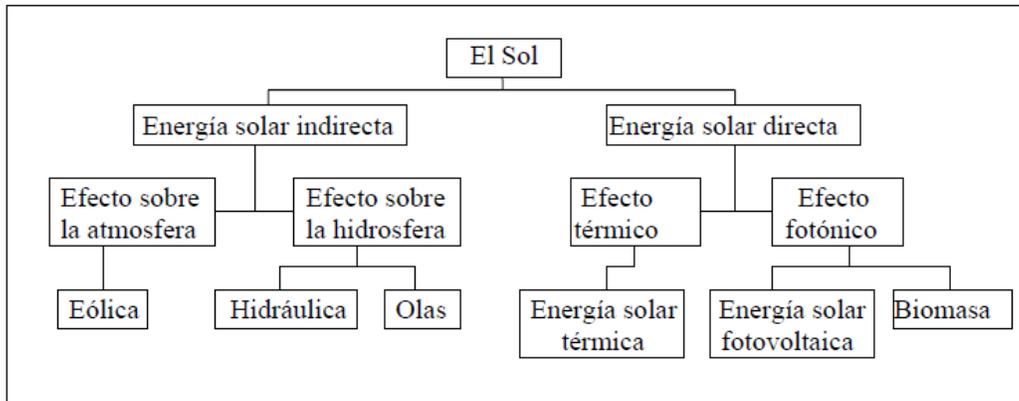


Figura N° 3: Esquema de energías renovables procedentes del sol<sup>23</sup>

### 2.2.2.1. Historia de la energía solar fotovoltaica<sup>24</sup>

El efecto fotovoltaico fue descubierto por el francés Edmund Becquerel en 1839, cuando experimentaba con dos electrodos metálicos en una solución conductora y apareció un aumento de la generación eléctrica con la luz. En 1873, Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico en sólidos, en el selenio, y en 1877 W. G. Adams y R. E. Day producen la primera célula fotovoltaica de selenio.

En 1904, Albert Einstein publica su artículo sobre el efecto fotovoltaico, al mismo tiempo que un artículo sobre la teoría de la relatividad. En 1921, Einstein gana el premio Nobel por sus teorías en 1904, explicando el efecto fotovoltaico (recibe el premio y lee el discurso en Gotemburgo, Suecia, en 1923).

La tecnología fotovoltaica tuvo un importante desarrollo a finales de los años cincuenta como parte de los programas espaciales, con la finalidad de desarrollar una fuente de energía económica e inagotable. En 1954, los investigadores D. M. Chapin, C. S. Fuller y G. L. Pearson de los Laboratorios Bell en Murray Hill, New Jersey, producen la primera célula de silicio, publican el artículo «A New

<sup>23</sup> (Rivas Celi, 2015)

<sup>24</sup> (Rivas Celi, 2015)

Silicon p-n junction Photocell for converting Solar Radiation into Electrical Power>>, y hacen su presentación oficial en Washington (26 abril). En 1955, se le asigna a la industria americana la tarea de producir elementos solares fotovoltaicos para aplicaciones espaciales. Hoffman Electronic, empresa de Illinois (EE.UU), ofrece células del 3% de 14mW a 1.500 \$/Wp y en 1957 Hoffman Electronic alcanza el 8% de rendimiento en sus células, y el 10% en 1959.

El 17 de marzo de 1958, se lanza el Vanguard I, el primer satélite alimentado con energía solar fotovoltaica. El satélite lleva 0,1W, en una superficie aproximada de 100  $cm^2$ , para alimentar un transmisor de respaldo de 5 mW, que estuvo operativo 8 años. La Unión Soviética muestra, en la Exposición Universal de Bruselas, sus células fotovoltaicas con tecnología de silicio.

En 1962, se lanza el primer satélite comercial de telecomunicaciones, el Telstar, con una potencia fotovoltaica de 14 W.

En 1963, Sharp consigue una forma práctica de producir módulos de silicio; en Japón se instala un sistema de 242 W en un faro, el más grande de aquellos tiempos.

En 1964, el navío espacial Nimbus se lanza con 470 W de paneles solares.

En 1966, el observatorio astronómico espacial lleva ya 1kW de paneles solares.

En 1977, la producción de paneles solares fotovoltaicos en el mundo es de 500kW. En 1980, ARCO Solar (después Siemens, después Sell Solar) es la primera empresa con una producción industrial de 1MW de módulos al año.

Gracias al descenso de los costes y a la mejora del rendimiento, los sistemas fotovoltaicos han extendido su utilización a numerosas aplicaciones, incrementándose sustancialmente la potencia instalada. (Rivas Celi, 2015)

### 2.2.2.2. Energía solar en el Perú

El Perú es uno de los países que cuenta con mayor radiación solar en el mundo, por ello cuenta con un gran potencial de desarrollo en el sector de energía fotovoltaica. Dentro de la región, solo Chile lo supera (Valdiviezo Salas, 2014). Esto se puede observar en la siguiente Figura N° 4, En la figura N° 5 se muestra el mapa de radiación solar del Perú

Figura N° 4:

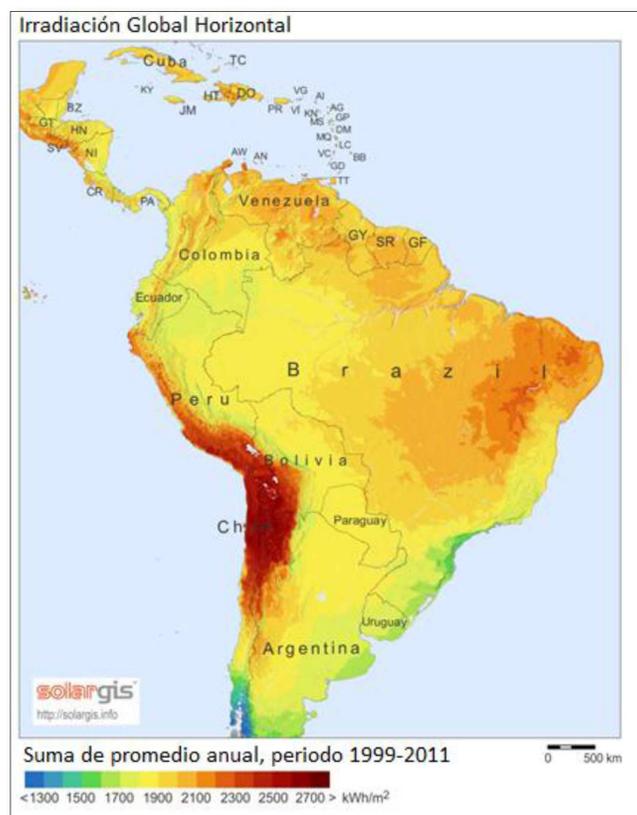


Figura N° 5: Mapa de irradiación horizontal en Latinoamérica y el Caribe<sup>25</sup>

<sup>25</sup> (Valdiviezo Salas, 2014)



Figura N° 6: Mapa solar del Perú<sup>26</sup>

<sup>26</sup> (SENAMHI, 2003)

### 2.2.2.3. Energía solar en Amazonas

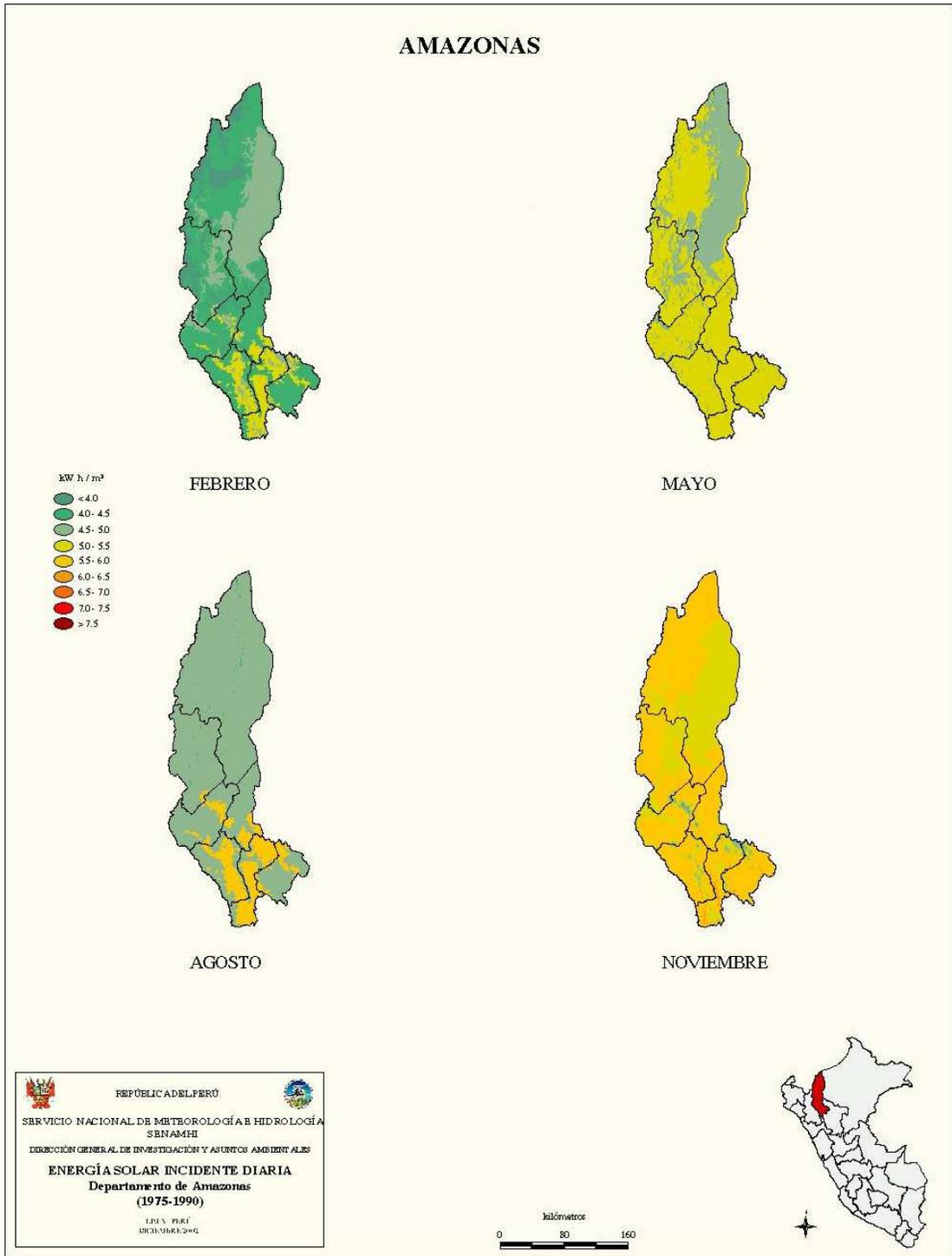


Figura N° 7: irradiación solar en el departamento de Amazonas<sup>27</sup>

<sup>27</sup> <https://deltavolt.pe/phocadownload/Amazonas.jpg>

#### 2.2.2.4. Irradiación

La irradiación o energía radiante es la cantidad de energía que se recibe del sol en un tiempo determinado y la unidad de superficie, se expresa en kWh/m<sup>2</sup>, Wh/m<sup>2</sup> .En las primeras y últimas horas del día, los rayos solares rozan la superficie terrestre y el ángulo de incidencia es muy grande, el recorrido total del sol a lo largo del día nos da un valor de irradiación que dependerá de la época del año y la latitud, este valor se averigua con unos aparatos llamados piranómetros (ver figura N° 8 y Figura N° 9) y albedómetros. (Gimenes, 2010)



Figura N° 8: Piranómetro

Fuente: (Gimenes, 2010)



Figura N° 9: Albedometro

Fuente: (Gimenes, 2010)

No cabe duda de que las opciones de uso de la energía solar son grandes. Lamentablemente, aún existe desconocimiento de aquellos sectores que pueden aprovecharlo más intensamente. Desarrollar este subsector energético sería crucial ya que es una de las mejores opciones para cambiar la actual matriz energética mundial intensiva en gases de efecto

#### **2.2.2.1. Horas de sol pico (H.S.P.)**

Las horas de sol pico son las horas que se definen como el número de horas al día con una irradiancia hipotética de  $1000 \text{ W/m}^2$ , que sumen la misma irradiación total que la real ese día.

Se puede notar que cuando la irradiancia se expresa en  $\text{kW.h/m}^2$  es numéricamente similar a las H.S.P. Este concepto es importante, ya que junto con un factor de pérdidas ayuda a estimar la potencia producida por

los paneles fotovoltaicos. La distribución de la radiación a lo largo del día y el concepto de horas pico de sol se muestran en la siguiente figura N° 10. (Valdiviezo Salas, 2014).

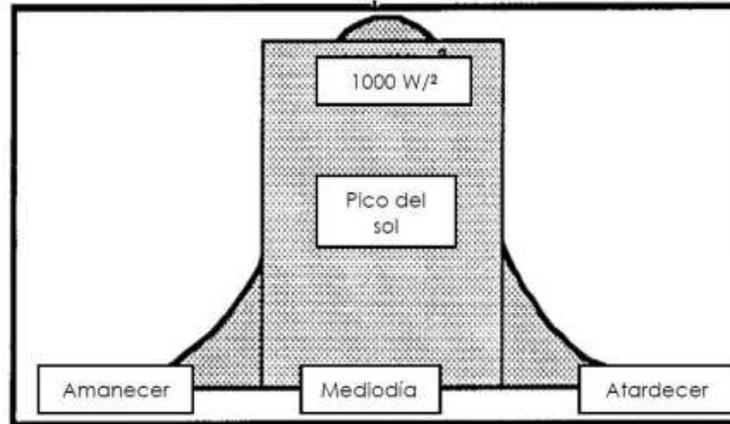


Figura N° 10: Concepto de horas sol pico<sup>28</sup>

#### 2.2.2.2. Efecto fotoeléctrico

La electricidad es un flujo de electrones, cargas negativas que rodean el núcleo atómico. Se comprobó que en algunos cristales se producía un flujo eléctrico por la incidencia de la luz. En 1905 Albert Einstein descubrió que, en algunos casos, los fotones golpeaban a los electrones de un material al incidir sobre el, hasta llegar a liberarlos de sus átomos, permitiéndoles circular libres en forma de corriente eléctrica. La radiación electromagnética está compuesta por paquetes de energía o fotones. Cada fotón transporta una energía

$$E = h \cdot \nu \dots (Ec. 1)$$

<sup>28</sup> (Valdiviezo Salas, 2014)

donde  $h$  es la constante de Planck y  $\nu$  la frecuencia del fotón en Hertz.

Cuando un fotón incide sobre el metal, transfiere toda su energía a alguno de los electrones. Si esta energía es suficiente para romper el enlace del electrón con el metal, entonces el electrón se desprende y se recombina (diferencia de potencial). Si el fotón transporta más energía de la necesaria, este exceso se transforma en energía cinética del electrón, saliendo del cristal al circuito exterior mediante conductores, la diferencia de potencial hará que fluya por el conductor exterior, esto dará lugar a la intensidad de corriente, que circulará en un solo sentido, es decir en corriente continua (cc). Es decir, que, si la energía del fotón es suficientemente grande, los electrones saldrán del cristal creando un flujo de electrones en el conductor del circuito, si la energía del fotón es pequeña, se desprenderán los electrones dentro del cristal, pero no saldrán de él, de esta manera tendremos una tensión en vacío o circuito abierto y ninguna o poca intensidad. Si los fotones tienen muy pocas energías son repelidas sin efecto alguno. No toda la energía de la luz se puede aprovechar para el efecto fotoeléctrico. Para el aprovechamiento total solo es importante la llamada radiación térmica, en la que se incluye la ultravioleta (UV), visible (VIS) y la infrarroja (IR). (Figura N° 11) La temperatura en un cuerpo afecta a la hora de la radiación emitida por éste. (Gimenes, 2010)

Cuanto mayor es la temperatura mayor son los cambios:

i. La intensidad de la emisión es mayor, la energía por metro cuadrado que abandona el cuerpo es más elevada, es decir mayor frecuencia.

ii. El tipo de radiación cambia hacia una menor longitud de onda. De esta forma tenemos que la energía radiante (fotones) se caracteriza por su longitud de onda, que es inversamente proporcional a la frecuencia, según la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{c}{T} \dots (Ec. 2)$$

$\lambda$  = longitud de onda de la luz. La unidad es el Ångstrom (Å)

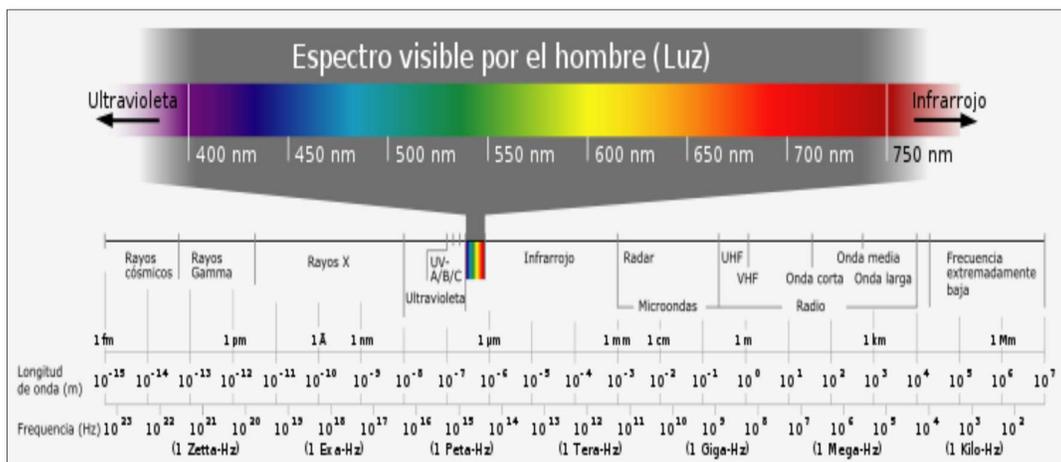


Figura N° 11: Gama de energía radiante

Fuente: (Gimenes, 2010)

### 2.2.3. Sistemas fotovoltaicos<sup>29</sup>

Se llama sistema fotovoltaico al conjunto de elementos, debidamente acoplados, que permiten utilizar la energía eléctrica obtenida por conversión

<sup>29</sup> (Rivas Celi, 2015)

de la energía solar mediante las células o celdas solares. Los sistemas fotovoltaicos presentan una importante simplificación respecto a los procesos energéticos convencionales, debido a que transforman una energía primaria la energía solar en electricidad de un modo directo, es decir, sin transformaciones intermedias en otras formas de energía. Por lo tanto, las células solares o celdas fotovoltaicas son dispositivos capaces de transformar la radiación solar en electricidad de un modo directo. (Rivas Celi, 2015)

Las celdas fotovoltaicas son placas fabricadas principalmente de silicio. Cuando al silicio se le añaden cantidades relativamente pequeñas de ciertos materiales con características muy particulares obtiene propiedades eléctricas únicas en presencia de luz solar, los electrones son excitados por los fotones asociados a la luz y se mueven a través del silicio produciendo una corriente eléctrica, este efecto es conocido como fotovoltaico. La eficiencia de conversión de estos sistemas es de alrededor de 15%, por lo que un metro cuadrado puede proveer aproximadamente unos 150 W. (Rivas Celi, 2015)

Las celdas fotovoltaicas para poder proveer de energía eléctrica en las noches, requieren de baterías donde se acumula la energía eléctrica generada durante el día, lo cual encarece su aplicación. También existen otra posibilidad de utilización de este sistema, como por ejemplo sistema fotovoltaico conectado directamente a la red eléctrica, evitando así el uso de baterías, por lo que la energía que se genera se usa de inmediato, con la posibilidad de vender los excedentes de electricidad a las compañías generadoras, sistema que ya se ha implementado en varios países. (Rivas Celi, 2015)

Para tener una idea clara del crecimiento de las ventas de módulos FV en las últimas dos décadas es importante mencionar que en 1984 las ventas mundiales sólo alcanzaron los 25 MW, mientras que en el año 2007 se reportaron ventas del orden de los 2 700 MW, lo que representa un crecimiento de dos órdenes de magnitud. (Rivas celis, 2015)



Figura N° 12: Componentes de un sistema fotovoltaico<sup>30</sup>

### 2.2.3.1. Paneles solares fotovoltaicos

Un panel fotovoltaico es la conexión de varias células en paralelo y/o en serie, se conectan en serie para aumentar la corriente y en paralelo para incrementar el voltaje. Para ensamblar un panel fotovoltaico, se cuentan con plantan que deben estar certificadas con altos estándares de calidad sobre todo en soldadura. Se utilizan principalmente, metales (buenos

<sup>30</sup> <http://jokainnovation.blogspot.com/2014/11/implementacion-de-sistema-fotovoltaico.html>

conductores) y vidrios. En la figura N° 13, se muestra la composición de la célula fotovoltaica a la izquierda y el panel fotovoltaico a la derecha. Es un requisito que los módulos se fabriquen de acuerdo a la norma internacional IEC61215 “Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación de tipo” o equivalente

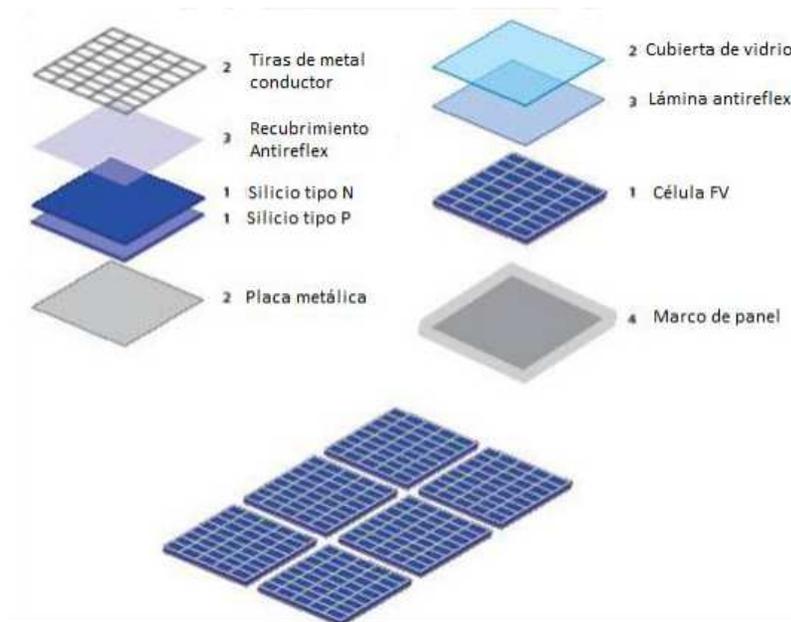


Figura N° 13: Panel fotovoltaico<sup>31</sup>

### Células fotovoltaicas<sup>32</sup>

El componente principal de los paneles fotovoltaicos es la célula, su funcionamiento es el que hace posible la obtención de electricidad a partir de luz solar. Las células fotovoltaicas son sensibles a la luz, están hechas de un material semiconductor, silicio en la mayoría de los casos, el cual se excita ante la presencia de radiación (aumento de temperatura) y los electrones pueden fluir del tipo P (positivo) al tipo N (negativo), esto

<sup>31</sup> (Valdiviezo Salas, 2014)

<sup>32</sup> (Valdiviezo Salas, 2014)

ocasiona un voltaje interno, el cual ante la presencia de una resistencia se produce una corriente. (Valdiviezo Salas, 2014)

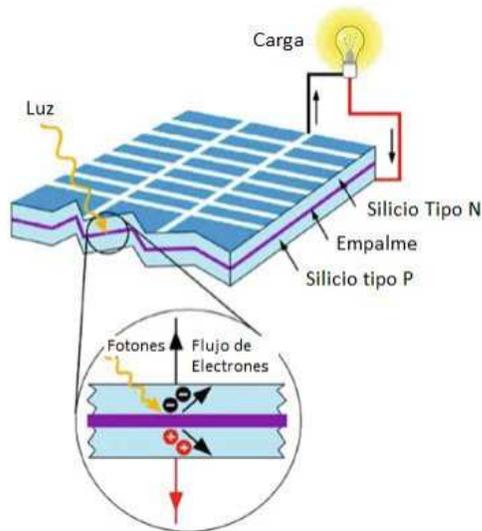


Figura N° 14: Funcionamiento de la célula fotovoltaica de silicio<sup>33</sup>

En la actualidad, existen varios tipos de células fotovoltaicas con diversas tecnologías, cada una de ellas tiene diferentes propiedades y se debe escoger la más apropiada dependiendo de los siguientes factores:

**Cristalinidad:** Indica el grado de orden en la estructura cristalina de los átomos de silicio. Puede ser: monocristalino, policristalino o amorfo.

**Coefficiente de absorción:** Indica como la luz puede penetrar antes de ser absorbida por el material. Esto depende del material de la célula y de la longitud de onda de la luz.

---

<sup>33</sup> (Valdiviezo Salas, 2014)

**Costo y complejidad de fabricación:** Depende de un gran grupo de factores, número de pasos implicados, necesidad de ambiente especial, cantidad y tipo de material, necesidad de mover las células, entre otros.

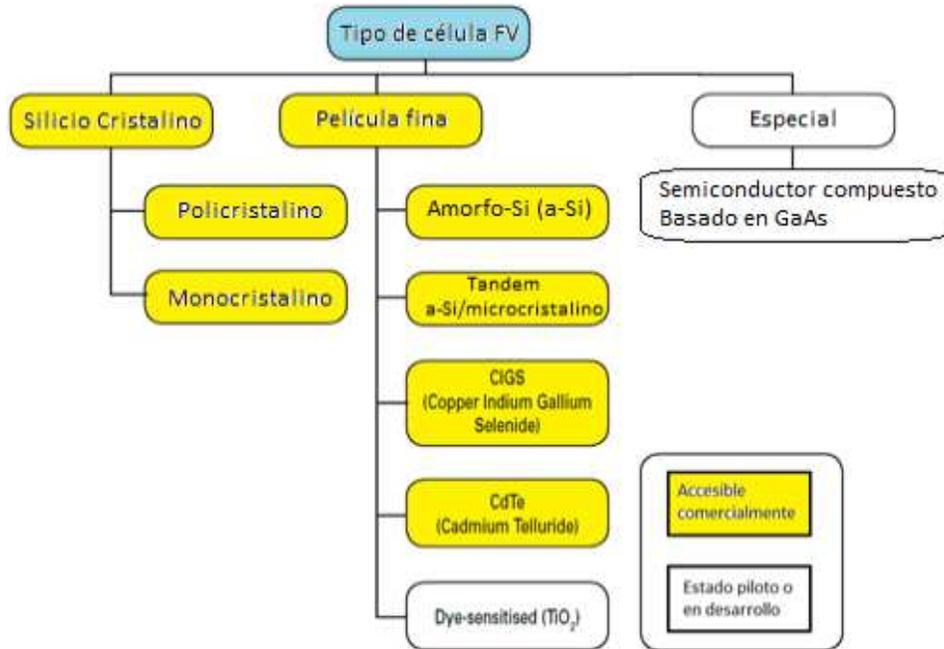


Figura N° 15: Árbol de tecnologías fotovoltaicas<sup>34</sup>

Las tecnologías más utilizadas se muestra en la figura N° 15

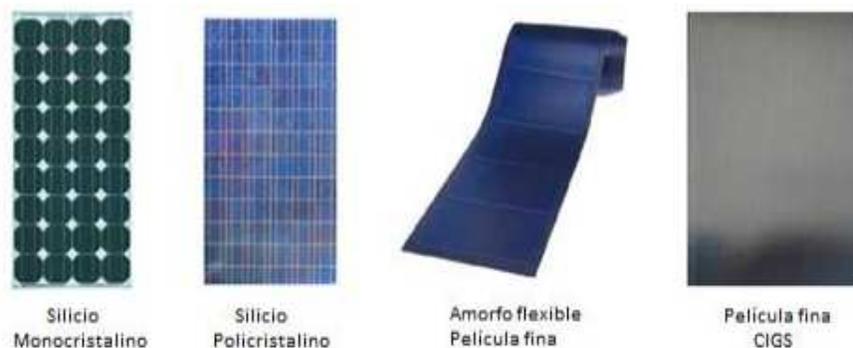


Figura N° 16: tecnologías fotovoltaicas más comunes<sup>35</sup>

<sup>34</sup> (Valdiviezo Salas, 2014)

<sup>35</sup> (Valdiviezo Salas, 2014)

Tabla N° 3: Eficiencia de las células fotovoltaicas<sup>36</sup>

<b>Tecnología</b>	<b>Eficiencia del Módulo</b>
Mono-crystalline Silicon	12.5-15%
Poly-crystalline Silicon	11-14%
Copper Indium Gallium Selenide (CIGS)	10-13%
Cadmium Telluride (CdTe)	9-12%
Amorphous Silicon (a-Si)	5-7%

Se puede observar que la eficiencia de la célula de Silicio mono-cristalina es la más alta, sin embargo, su alta pureza que eleva los costos de producción y la encarecen. En nuestro caso, la mejor opción es la de utilizar la tecnología policristalina, ya que es la superior en el balance rendimiento/costo. (Valdiviezo Salas, 2014)

### **Parámetros característicos**

En las fichas técnicas los paneles muestran datos de eficiencia, voltaje y amperaje bajo condiciones estándares, las cuales son llamadas STC (Standard Testing Condition). Estos parámetros son los siguientes:

Irradiación 1 000 W.h/m<sup>2</sup>

Temperatura del módulo 25°C

AM 1.5.

### **2.2.3.2. Curvas características<sup>37</sup>**

A la hora de trabajar con los paneles solares nos interesa saber qué datos nos proporciona el fabricante, con el fin de utilizarlos

<sup>36</sup> (Valdiviezo Salas, 2014)

<sup>37</sup> <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

correctamente. En los catálogos aparecen todos aquellos parámetros que nos son de utilidad a la hora de realizar el diseño de la instalación.

Entre toda la información que proporciona el fabricante, vamos a ir viendo cuál puede ser de mayor relevancia, desde el punto de vista práctico, a la hora de elegir un panel solar.

No obstante, hay que tener cuidado, ya que los valores proporcionados por el fabricante son obtenidos siempre en unas determinadas condiciones de irradiación solar y temperatura ambiente. En la práctica siempre existirá una pequeña desviación sobre los valores teóricos cuando el panel esté colocado en la instalación.

Obtención de los valores de tensión e intensidad en el panel cuando se está entregando la máxima potencia.

Como un aplicativo tenemos: dada la siguiente gráfica de un panel solar, facilitada por el fabricante, obtén los valores de  $I_m$  y  $V_m$ , tal como se muestra en la figura N° 17

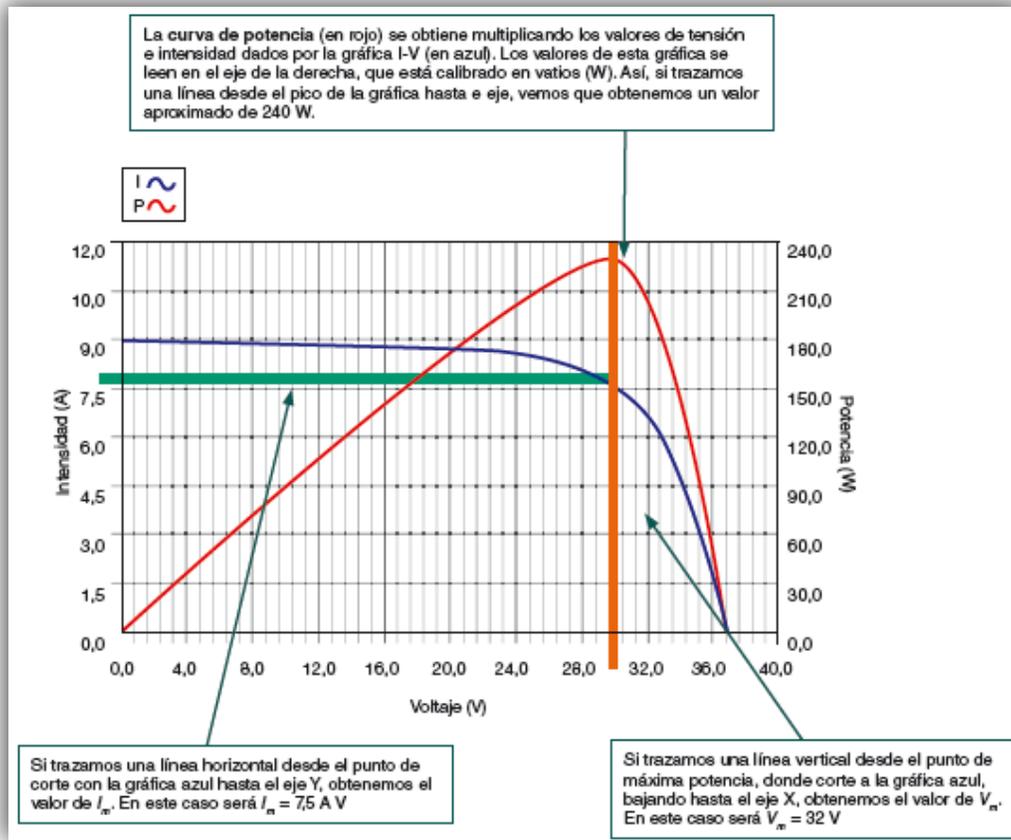


Figura N° 17: Curva de potencia<sup>38</sup>

### 2.2.3.3. Agrupamiento y Conexión de módulos fotovoltaicos<sup>39</sup>

La intensidad y la tensión de un módulo fotovoltaico no siempre satisfacen los recursos de tensión e intensidad de un sistema. Es necesario agrupar varios módulos para conseguir valores adecuados, teniendo en cuenta que conectando módulos en serie aumenta la tensión del sistema y conectando módulos en paralelo se aumenta la

<sup>38</sup> <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

<sup>39</sup> (Castejon, 1998)

intensidad de corriente del sistema más características de tensión y de corriente no siempre satisfacen. (Castejon, 1998).

Siempre que se agrupen módulos deben cumplir con la característica de que sean iguales. Esta igual implica que tengan las mismas características y que sean del mismo fabricante.

Se pueden realizar tres tipos de conexiones en función de las necesidades:

**Conexión serie** para elevar la tensión del generador.

**Conexión paralela** para elevar la intensidad de corriente del generador.

**Conexión serie/paralela** para elevar la tensión y la intensidad de corriente del generador.

### **Conexión de módulos Serie**

Al conectar los paneles en serie, lo que estamos haciendo es conectar un polo positivo de un módulo con el polo negativo del siguiente módulo. Con ello se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada (ver figura 18).

La tensión generada es igual a la suma de todas las tensiones por cada módulo fotovoltaico, o lo que es lo mismo al producto de la tensión de un módulo por el número de módulos fotovoltaicos (ya que se supone que tienen las mismas características).

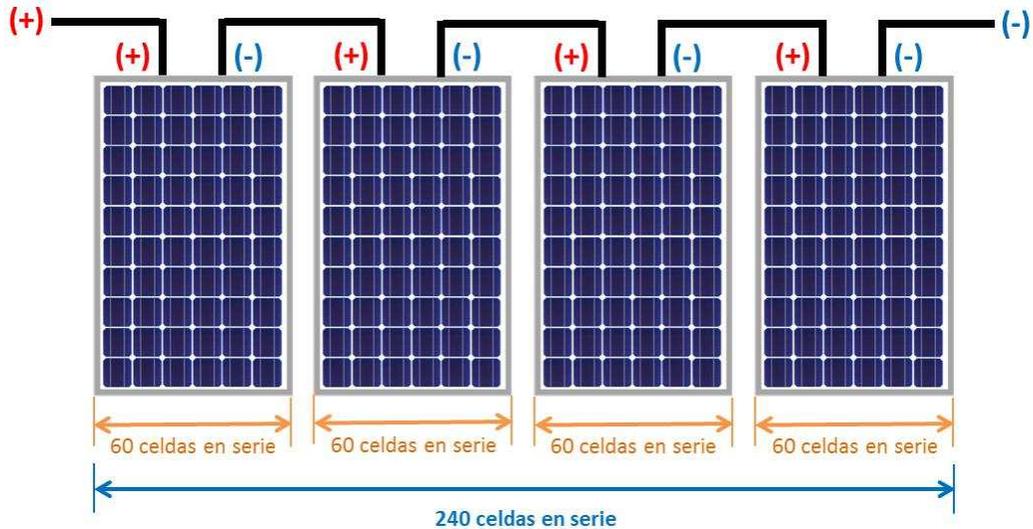


Figura N° 18: Conexión en serie de módulos fotovoltaicos<sup>40</sup>

### **Conexión de módulos en paralelo**

Quando conectamos los paneles en paralelo, lo que estamos haciendo es conectar todos los polos positivos y por separado todos los polos negativos. Con ello conseguimos aumentar la corriente generada (sumar la intensidad eléctrica de los paneles) y mantener fijo el voltaje, tal como se muestra en la figura 19.

La corriente generada es igual a la suma de todas las corrientes generadas por cada módulo, o lo que es lo mismo al producto de la corriente generada por un módulo por el número de módulos (ya que se supone que tienen las mismas características).

<sup>40</sup> <https://paraadultospamphprom36.weebly.com/blog/conexion-de-celdas-solares-en-serie>

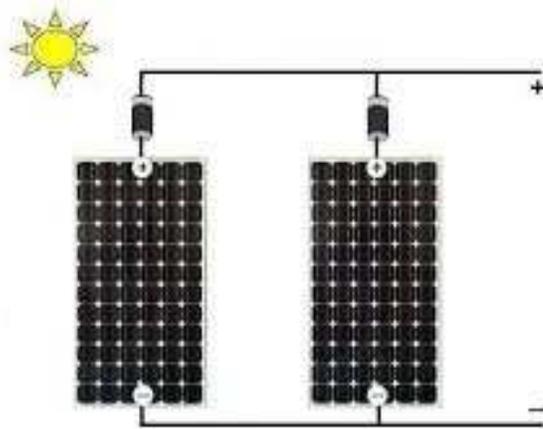


Figura N° 19: Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos<sup>41</sup>

**Conexión de módulos en serie/paralelo**

La tensión del generador es la tensión del módulo multiplicado por el número de módulos en serie y la intensidad de corriente es la intensidad de corriente del módulo multiplicado por el número de módulos en paralelo (ver figura 20).

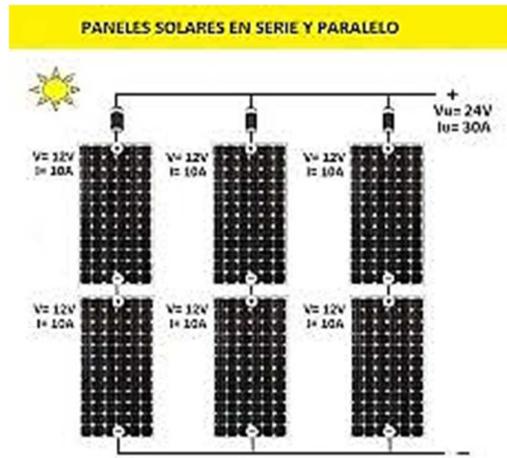


Figura N° 20: Conexión serie/paralelo de módulos fotovoltaicos<sup>42</sup>

<sup>41</sup> <http://eliseosebastian.com/conexion-paneles-de-diferente-tension/2f/>

<sup>42</sup> <https://www.mpptsolar.com/es/paneles-solares-paralelo.html>

#### **2.2.3.4. Banco de baterías<sup>43</sup>**

Son los elementos encargados de realizar la función de almacenar energía cuando la producción fotovoltaica exceda la demanda de la aplicación, para entregarla al usuario en forma de corriente continua. (Rivas Celi, 2015)

Este elemento resulta ser de gran importancia en la aplicación de paneles solares, debido a su papel principalmente de acumulación de la energía y la estabilización de la tensión de la respectiva instalación; por otro lado las baterías deben ser sometidas a ciclados diarios y a ciclados estacionales. El ciclado diario se debe a la existencia de un consumo de energía durante la noche. El ciclado estacionario está asociado a los periodos de baja radiación cuyas características de profundidad y duración dependen del consumo diario durante 24 horas, y de la climatología del lugar. (Rivas Celi, 2015)

La relación costo-beneficio en las instalaciones fotovoltaicas más características, conduce a baterías con una capacidad utilizable en el rango de 3 a 8 veces la energía diariamente consumida por la carga. Los requisitos exigibles a una batería fotovoltaica serán entonces la resistencia al ciclado y el poco mantenimiento. En el mercado estas baterías se ofrecen con una vida útil superior a 10 años, aunque existen experiencias en la que la duración real ha superado los 12 años. Los fabricantes garantizan un tiempo de vida de 7 años para las baterías estacionarias de placa plana y de 10 años para las tubulares. (Rivas Celi, 2015)

Como valor de partida se considera de forma muy conservadora 5 años, con periodos de mantenimiento de una o dos veces al año. El uso conveniente

---

<sup>43</sup> (Rivas celis, 2015)

de estas baterías en aplicaciones fotovoltaicas sugiere capacidades grandes que limiten el valor de la profundidad de descarga diaria y utilizar un electrolito de menor densidad al habitual, con el fin de disminuir la corrosión y alargar la vida de las baterías. (Rivas Celi, 2015)

La utilización de baterías en instalaciones fotovoltaicas no requiere precauciones muy específicas y es suficiente con seguir las normas generales de mantenimiento que aconsejan los fabricantes. No obstante, conviene insistir sobre algunos aspectos relativos a las cargas de igualación o ecualización. (Rivas Celi, 2015)

Fenómenos como la pérdida de material, la pérdida de electrolito, asociadas a la conexión en serie de estos elementos, pueden afectarlos en diferentes características y resultar dañinos para la vida útil de la batería.

Los fenómenos de dispersión están asociados fundamentalmente a los procesos de descarga y su permanencia en esta, este fenómeno se presenta principalmente al final de las estaciones de mal tiempo y es allí donde conviene efectuar las cargas de igualación. (Rivas Celi, 2015)

Existen dos tipos de baterías, las llamadas principales (que pierden su vida útil al terminase el químico que la compone, y no son recargables), y las secundarias, que son las recargables.

#### **Baterías de ácido plomo<sup>44</sup>**

Está constituida en esencia por un ánodo de bióxido de plomo, un cátodo de plomo y un electrolito de ácido sulfúrico diluido en agua. La primera batería de plomo-ácido fue construida en 1859 por Planté, a base de planchas de plomo macizo, en una de las cuales se forma óxido de plomo por paso de

---

<sup>44</sup> (Rivas Celi, 2015)

corriente. Su mayor inconveniente es que necesitan mucho tiempo para su fabricación lo cual incrementa su costo. Además la penetración del electrolito en el interior de las placas, por su macidez, limita la velocidad de la carga y descarga de la batería. (Calvo, 2009)

### **Batería Níquel – Cadmio “NiCd”**

Son baterías recargables para uso residencial e industrial cada vez se usan menos; tienen una desventaja y es su efecto memoria y su componente químico el Cadmio que es altamente contaminante. Presenta ciclos de carga y descarga entre 1 000 y 1 500. En condiciones normales entregan un potencial de 1,3V, adicionalmente estas baterías no se deben poner a cargar preferiblemente hasta que estén totalmente descargadas, para evitar así su deterioro (Rivas Celi, 2015)

Tabla N° 4: Características de las baterías usadas en sistemas fotovoltaicos<sup>45</sup>

<b>BATERIAS</b>	<b>Pb – ácido</b>	<b>Ni – Cd</b>
Tiempo de vida	600 – 1.500	1.500 – 3.000
Eficiencia	83 - > 90	71 %
Auto descarga (mensual, %)	3 – 10	6 – 20
Rango de operación	- 15 a + 50	- 40 a 45
Tensión máxima	2,4 Voltios	1,55 Voltios
Temperatura	- 20oC a + 40oC	- 40oC a + 50oC
Humedad	< 95%	< 95%

<sup>45</sup> (Rivas Celi, 2015)

Tabla N° 5: Capacidades típicas de baterías en sistemas fotovoltaicos<sup>46</sup>

Hour Rate	Capacity / AMP Hour	Current / AMPs
@ 100 Hour Rate	503 AH	5.03 A
@ 72 Hour Rate	475 AH	6.59 A
@ 50 Hour Rate	439 AH	8.78 A
@ 20 Hour Rate	357 AH	17.85 A
@ 15 Hour Rate	332 AH	22.13 A
@ 10 Hour Rate	296 AH	29.63 A
@ 8 Hour Rate	278 AH	34.81 A
@ 5 Hour Rate	239 AH	47.84 A
@ 1 Hour Rate	121 AH	121.38 A



Figura N° 21: Baterías en sistemas fotovoltaicos<sup>47</sup>

<sup>46</sup> <http://www.rollsbattery.com/battery/12-cs-11p/>

<sup>47</sup> [https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/cuales-son-los-anos-de-vida-de-cada-bateria-solar\\_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/cuales-son-los-anos-de-vida-de-cada-bateria-solar_1)

### 2.2.3.5. Controlador<sup>48</sup>

El controlador o regulador de carga asegura que la batería funcione en condiciones apropiadas, evitando la sobrecarga y sobre descarga de la misma, fenómenos ambos muy perjudiciales para la vida de la batería.

#### **Tipos de controladores**

En toda instalación fotovoltaica aislada existen dos tipos de reguladores de carga solares: los PWM y los MPPT. Ambos se encargan de lo mismo, controlar el flujo de energía entre el campo fotovoltaico y las baterías.

**Controlador (o regulador) PWM:** Un regulador PWM (Modulación por anchura de pulsos) sólo dispone en su interior de un Diodo, por tanto el campo fotovoltaico funciona a la misma tensión que las baterías. La energía a un lado y al otro del regulador es la misma, con los valores de tensión y corriente iguales también.

Esto hace que los módulos no trabajen en su punto de máxima potencia, sino en el que impone la batería según su estado de carga, produciendo una pérdida de potencia, que puede llegar hasta el 25 - 30%.

El regulador PWM es capaz de llenar por completo la batería gracias a que introduce la carga de forma gradual, a pulsos de tensión, en la fase de flotación, fase de llenado último de la batería. Así, la corriente se va introduciendo poco a poco hasta que la batería se llena de manera óptima y estable. (Llauca Chozo, 2016)

---

<sup>48</sup> (Llauca Chozo, 2016)

**Controlador (o regulador) MPPT:** Un regulador MPPT o maximizador solar dispone, además del diodo de protección, de un convertidor de tensión CC-CC y de un seguidor del punto de máxima potencia. Esto le permite dos cosas:

El convertidor de tensión CC-CC (de alta tensión en el campo fotovoltaico a baja tensión en las baterías) permite trabajar a tensiones diferentes en el campo fotovoltaico y en las baterías.

El seguidor del punto de máxima potencia (MPPT por sus siglas en inglés) adapta la tensión de funcionamiento en el campo fotovoltaico a la que proporcione la máxima potencia.

Por tanto, en un regulador MPPT la energía que entra y sale del regulador es la misma, al igual que en los reguladores PWM, pero la tensión y la corriente son diferentes a un lado y a otro. Con ello se consigue aumentar la tensión del panel solar y aumentar la producción solar en hasta un 30% respecto a los reguladores PWM, aunque también son más caros los MPPT.

### **Características del Controlador de carga**

Para definir o caracterizar completamente un Regulador se deben especificar:

**Tensión Nominal:** el valor más común es 12 V, aunque existen modelos que permiten su selección manual o automática en un rango habitual entre 12 y 48 V.

**Intensidad Nominal:** define a la corriente procedente del Campo FV que puede manejar el Regulador.



Figura N° 22: Controladores para sistemas fotovoltaicos<sup>49</sup>

### 2.2.3.6. Inversor

Está constituido por los convertidores e inversores, elementos cuya finalidad es adaptar las características de la corriente generada a la demanda total o parcial de las aplicaciones. (Muñoz Anticona, 2005)

Los inversores solares fotovoltaicos son el componente necesario para transformar la corriente continua que genera la instalación solar en corriente alterna 220 V, 60Hz. El inversor solar permite la utilización de consumos a 220-230 V nutridos de una instalación solar, sin inversor solar, será necesario que todos los consumos sean en corriente continua (12 V, 24 V o 48 V). Existen dos tipos de inversor, los inversores **de onda senoidal pura** e **inversores trifásicos**,

<sup>49</sup> <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/que-controlador-de-carga-necesito-para-mi-instalacion-solar>

recomendamos siempre que se use el inversor de onda senoidal pura a todos los efectos<sup>50</sup>.

**Los inversores de onda senoidal pura** son aquellos que son capaces de reproducir una onda uniforme entre los diferentes pulsos. La ventaja que tiene este tipo de inversor frente a los inversores de onda senoidal modificada o cuadrada es que los pulsos entre las ondas son mucho más bruscos y segmentados. Es por ello, que para la utilización de aparatos electrónicos será muy recomendable la utilización de los inversores de onda senoidal pura, ya que permitirá que el tipo de corriente con el que alimentemos el aparato será exactamente igual a la que podemos recibir de la red eléctrica convencional. La repercusión de la utilización de inversores de onda senoidal pura es que la vida de los aparatos electrónicos será mucho más larga en comparación con los inversores de onda senoidal modificada<sup>51</sup>.

Los inversores trifásicos pueden ser para instalaciones solares aisladas con sistemas de conexión a red, los inversores trifásicos incorporan el regulador de carga MPPT, en cada modelo de inversor deberemos fijarnos en la ficha técnica cuántos paneles solares admite el mismo así como las líneas de módulos que deberemos instalar para alcanzar el voltaje de trabajo óptimo del inversor. Los inversores trifásicos de aislada son todos a 48V, lo que quiere decir que deberemos de instalar un banco de baterías de 48V para poder hacer funcionar correctamente el sistema. Los inversores trifásicos suelen utilizarse en lugares donde

---

<sup>50</sup> <https://www.autosolar.es/inversores>

<sup>51</sup> <https://autosolar.es/inversores/inversores-onda-senoidal-pura>

hay un consumo elevado de energía en viviendas o para uso industrial<sup>52</sup>.



Figura N° 23: Inversores para sistemas fotovoltaicos<sup>53</sup>

#### 2.2.4. Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos aislados

Las principales aplicaciones de los sistemas aislados de la red eléctrica para Sánchez Quiroga (Sanchez Quiroga, 2012) son:

- a) **Aplicaciones Espaciales:** Desde los orígenes de la aventura espacial los satélites y naves espaciales han utilizado paneles solares fotovoltaicos para alimentar sus equipos electrónicos (ver figura N°24).

<sup>52</sup> <https://autosolar.es/inversores/inversores-trifasicos>

<sup>53</sup> <https://www.dexen.mx/inversores/inversores-solares/>



Figura N° 24: Satélite espacial con paneles fotovoltaicos

Fuente: (Sanchez Quiroga, 2012)

Sector de gran consumo: Calculadoras, relojes, etc.

**b) Telecomunicaciones:** Existen multitud de equipos de telecomunicaciones situados en zonas de difícil acceso, alejados de la red eléctrica, alimentados por energía solar fotovoltaica. En estos casos, normalmente, la solución solar es la más económica y fiable (ver figura N° 25). Son ejemplos característicos: repetidores de televisión, equipos de radio, antenas de telefonía móvil, etc...

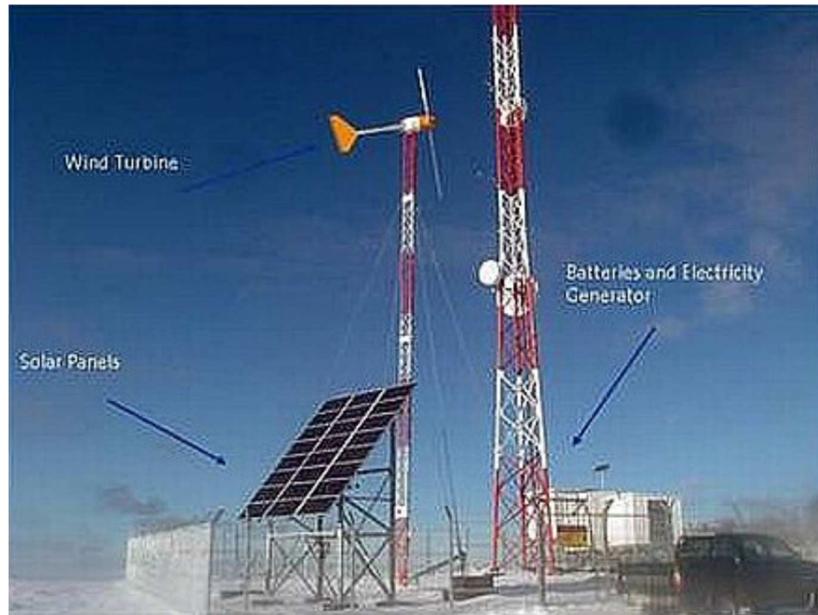


Figura N° 25: Antena de telefonía alimentada por paneles fotovoltaicos

Fuente: (Sanchez Quiroga, 2012)

**c) Señalización:** La señalización marítima y terrestre es una de las grandes aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos. Así son numerosos los ejemplos en balizamiento de aeropuertos, señalización de carreteras y puertos, etc...

**d) Bombeo:** Al estar los pozos alejados de la red eléctrica, el bombeo con energía fotovoltaica es una solución muy adecuada. Estas instalaciones se adaptan muy bien a las necesidades ya que, en los meses más soleados, que es normalmente cuando más agua se necesita, es cuando más energía se produce (ver figura N° 26).



Figura N° 26: Sistema de bombeo de agua con paneles solares

Fuente: (Sanchez Quiroga, 2012)

**e) Zonas protegidas:** En parajes naturales, donde por motivos de protección ambiental se recomienda no instalar tendidos eléctricos aéreos, en ocasiones, resulta más rentable utilizar sistemas fotovoltaicos en lugar de tendidos subterráneos o grupos electrógenos que utilizan combustibles fósiles.

**f) Electrificación de viviendas aisladas:** La distancia del punto de consumo a la red eléctrica puede hacer, en muchos casos, más rentable esta aplicación debido no solo al coste del instalar el tendido eléctrico sino también a la calidad del suministro eléctrico al evitarse cortes de electricidad, muy frecuentes en lugares aislados (ver figura N° 27).



Figura N° 27: Vivienda aislada alimentada mediante paneles fotovoltaicos

Fuente: (Sanchez Quiroga, 2012)

**g) Alumbrado de calles y carreteras:** La posibilidad de utilizar sistemas de iluminación autónomos (ver figura N° 28) de fácil instalación y mínima obra civil hace que sea una solución adecuada en muchas ocasiones. (Sanchez Quiroga, 2012)



Figura N° 28: Alumbrado de calles mediante paneles solares

Fuente: (Sanchez Quiroga, 2012)

**h) Sistemas centralizados para poblaciones rurales aisladas:** Cuando hay que electrificar una pequeña población rural aislada, la solución más idónea es instalar un sistema centralizado que gestione y distribuya la energía de los habitantes de la pequeña población.

#### **2.2.5. Software HOMER<sup>54</sup>**

Es un modelo de optimización para la potencia distribuida, simplifica la tarea de los diseños de evaluación de ambos sistemas, de potencia fuera de la red y conectadas a la red para una variedad de aplicaciones.

El número largo de las opciones de tecnología y la variación de los costos en tecnología y la disponibilidad de recursos energéticos hacen estas decisiones difíciles. La optimización y el análisis logarítmico de sensibilidad hace fácil evaluar muchas de las configuraciones posibles del sistema.

Para utilizarlo, se proporciona el modelo con entradas que describan opciones tecnológicas, costos de componentes, y la disponibilidad de recurso. Se utiliza estas entradas para simular configuraciones diferentes del sistema, o combinaciones de componentes, y genera resultados que se pueden visualizar como una lista ordenada de configuraciones posibles por el costo neto actual. También despliega resultados de simulación en una variedad amplia de tablas y gráficos que ayudan a comparar las configuraciones y evaluar sobre los méritos económicos y técnicos. Además se pueden exportar las tablas y los gráficos para utilizarlos en informes y presentaciones.

---

<sup>54</sup> (Rivas Celi, 2015)

Cuándo se quiera explorar el efecto que cambia en factores tales como la disponibilidad del recurso y condiciones económicas que pueden tener sobre el costo de efectividad de configuraciones diferentes del sistema, se puede modelar para realizar el análisis de sensibilidad. Para llevar a cabo un análisis de sensibilidad, se prepara al software con valores de análisis que describan un rango de disponibilidad de recursos y costos de componentes. Este simula cada configuración de sistema sobre el rango de valores. Se puede utilizar los resultados de un análisis de sensibilidad para identificar los factores que tengan un impacto más grande sobre el diseño y el funcionamiento de un sistema de potencia. También se puede utilizar los resultados del análisis de sensibilidad para responder preguntas generales sobre las opciones tecnológicas para informar las decisiones políticas y de planificación. (Mattio, 2004)

### **Simulación**

Simula el funcionamiento de un sistema para realizar cálculos del balance de energía para cada una de las 8 760 horas en un año. Para cada hora, este compara la demanda eléctrica y térmica en la hora para la energía que el sistema pueda suministrar en esa hora, y los cálculos de los flujos de energía para cada componente del sistema. Para los sistemas que incluyen baterías o generadores diésel, también decide para cada hora, cómo funcionan los generadores y si cargan o descargan las baterías.

Se realiza estos cálculos del balance de energía para cada configuración del sistema que se quiera considerar. Además determina si una configuración es posible, es decir, si éste puede hallar la demanda eléctrica bajo las condiciones que se especifique, y las estimaciones del costo de

instalación y de funcionamiento del sistema sobre el tiempo de vida del proyecto. El sistema de cálculos del costo considera por costos el capital, reemplazo, funcionamiento y mantenimiento, combustibles y/o intereses. (Mattio, 2004)

### **Optimización**<sup>55</sup>

Después de la simulación de las configuraciones posibles del sistema, este despliega una lista de configuraciones, ordenadas por el costo neto actual (a veces llamado ciclo de vida del costo) que se pueda utilizar para comparar las opciones del diseño del sistema. (Mattio, 2004)

### **Análisis de Sensibilidad**<sup>56</sup>

El análisis de sensibilidad lo hace al introducir las variables como: recurso solar, curvas de carga diaria, velocidad de viento, Diésel; así como rangos económicos entre ellos tasa de interés y el tiempo de vida del proyecto. Se repite el proceso de optimización para cada variable que ya se especificó, para hacer una evaluación más exacta y acercada a la realidad para evaluar el comportamiento del sistema de diseño. (Mattio, 2004)

## **2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.**

**Célula Fotovoltaica:** Unidad básica del sistema fotovoltaico donde se produce la transformación de la luz solar en energía eléctrica.

---

<sup>55</sup> (Rivas Celi, 2015)

<sup>56</sup> (Rivas Celi, 2015)

**Central Fotovoltaica:** Conjunto de instalaciones destinadas al suministro de energía eléctrica a la red mediante el empleo de sistemas fotovoltaicos a gran escala.

**Concentrador:** Dispositivo que, mediante distintos sistemas, concentra la radiación solar sobre las células fotovoltaicas.

**Contador:** Un contador principal mide la energía producida (kWh) y enviada a la red, que pueda ser facturada a la compañía a los precios autorizados. Un contador secundario mide los pequeños consumos de los equipos fotovoltaicos (kWh) para descontarlos de la energía producida.

**Controlador de Carga:** Componente del sistema fotovoltaico que controla el estado de carga de la batería.

**Convertidor Continua - Continua:** Elemento de la instalación encargado de adecuar la tensión que suministra el generador fotovoltaico a la tensión que requieran los equipos para su funcionamiento.

**Dimensionado:** Proceso por el cual se estima el tamaño de una instalación de energía solar fotovoltaica para atender unas necesidades determinadas con unas condiciones meteorológicas dadas.

**Baterías:** Acumulan la energía que reciben de los paneles. Cuando hay consumo, la electricidad la proporciona directamente la batería y no los paneles.

**Acumulador:** Elemento de instalación capaz de almacenar la energía eléctrica, transformándola en energía química. Se compone de diversas baterías conectadas entre sí en serie o en paralelo.

**Amperio-hora:** Unidad usada para especificar la capacidad de una batería.

**Diodo de bloqueo:** Diodo que impide que se invierta la corriente en un circuito. Normalmente es usado para evitar la descarga de la batería.

**Caja de Conexiones:** Elemento donde las series de módulos fotovoltaicos son conectados eléctricamente, y donde puede colocarse el dispositivo de protección, si es necesario.

**Efecto Fotovoltaico:** Conversión directa de la energía luminosa en energía eléctrica.

**Eficiencia:** En lo que respecta a células solares es el porcentaje de energía solar que es transformada en energía eléctrica por la célula. En función de la tecnología y la producción técnica, éste varía entre un 5 % y un 30 %.

**Electrolito:** En el caso de las baterías empleadas en sistemas fotovoltaicos, es una solución diluida de ácido sulfúrico en la que se verifican los distintos procesos que permiten la carga y descarga de la batería.

**Fotón:** Cada una de las partículas que componen la luz.

**Fotovoltaico (FV):** Relativo a la generación de fuerza electromotriz por la acción de la luz.

**Generador:** Conjunto de todos los elementos que componen una instalación fotovoltaica, necesarios para suministrar energía a las distintas aplicaciones.

Transforma la energía del Sol en energía eléctrica y carga las baterías.

**Inclinación:** Ángulo que forma el panel fotovoltaico con una superficie perfectamente horizontal

o a nivel.

**Inversor:** Transforma la corriente continua que suministran las baterías o los paneles en corriente alterna para su uso en diferentes electrodomésticos o

aplicaciones, tanto en sistemas aislados como en sistemas conectados a red.

**Kilovatio (kW):** Unidad de potencia equivalente a 1000 vatios.

**Módulo o Panel Fotovoltaico:** Es el conjunto formado por las distintas células fotovoltaicas interconectadas, encapsuladas y protegidas por un vidrio en su cara anterior y por un marco por los laterales. El módulo está provisto de terminales para su conexión a la instalación.

**Nominal Operating Cell Temperature (NOCT):** Temperatura a la que trabaja una célula en un módulo bajo las Condiciones de Operación Estándar, que es de 20º Centígrados de temperatura ambiente, irradiación de 0.8 kW/m<sup>2</sup> y velocidad media del viento de 1 m/s, con el viento orientado en paralelo al plano de la estructura y todos los lados de la estructura totalmente expuestos al viento.

**Orientación:** Ángulo de orientación respecto al Sur Solar de la superficie de un panel. El Sur geográfico (o real) no debe confundirse con el magnético, que es el que señala la brújula, aunque en el caso de España la diferencia no suponga grandes desviaciones.

**Punto de máxima potencia de un Panel:** Potencia que suministra un panel fotovoltaico cuando el producto de la tensión por la intensidad es máximo.

**Radiación Solar:** Cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie y tiempo determinados.

**Rendimiento:** Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.

**Silicio:** Elemento químico del que básicamente se componen las células de un panel solar. Es de naturaleza prácticamente metálica, gris oscuro y de excelentes propiedades semiconductoras.

**Sistema Aislado o Remoto:** Sistema fotovoltaico autónomo, no conectado a red.

## CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación para la presente tesis es **aplicado**.

En el ámbito científico, se conoce con el nombre de Investigación Científica Aplicada al proceso que busca convertir el conocimiento puro, es decir teórico, **en conocimiento práctico y útil** para la vida de la civilización humana<sup>57</sup>. Entonces en base a esta idea es aplicada por que aremos uso de los conocimientos teóricos de sistemas fotovoltaicos y solucionaremos la problemática existente en el caserío Tancho Jalca.

El diseño de la investigación es **no experimental**:

Se establece que un diseño no experimental es: “La que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de investigación donde no hacemos variar intencionadamente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.” (Hernández, 184)” En este caso se estudia la población del caserío Tancho Jalca tal como está, sin manipulación.

---

<sup>57</sup> <https://educacion.elpensante.com/la-investigacion-aplicada/>

## **3.2. Población y muestra**

### **Población**

La población está dada por las 27 unidades de vivienda y 01 local comunal.

### **Muestra**

La muestra está dada por las 27 unidades de vivienda y 01 local comunal.

## **3.3. Hipótesis**

Existe la irradiación solar suficiente para que con un sistema fotovoltaico se logre suministrar de energía eléctrica al Tancho Jalca ubicado en el departamento de Amazonas.

## **3.4. Variables - Operacionalización**

X: Variable independiente

Irradiación solar

Y: Variable dependiente

Energía eléctrica

Tabla N° 6: Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores
Energía solar	La energía solar es una fuente de energía renovable que se obtiene del sol y con la que se pueden generar calor y electricidad <sup>58</sup>	Obtener la data de irradiación solar	Irradiación (kWh/m <sup>2</sup> /día)
energía eléctrica	La energía eléctrica o electricidad es la corriente de energía que se origina de la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos determinados, cuando se los pone en contacto mediante un transmisor eléctrico <sup>59</sup> .	Máxima demanda. Energía eléctrica promedio diario	Energía promedio diaria (kWh) Máxima demanda (kW)

Fuente: elaboración a partir de conceptos

### 3.5. Métodos y Técnicas de investigación

Las técnicas que se aplicarán en la investigación se resumen a continuación:

#### a) Observación directa

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor

<sup>58</sup> <https://twenergy.com/energia/energia-solar>

<sup>59</sup> <https://concepto.de/energia-electrica/>

número de datos. Gran parte del acervo de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación<sup>60</sup>.

Entonces con esta técnica se obtuvo información de la situación problemática, medios alternativos para iluminación en el caserío Tancho Jalca.

## **b) La Entrevista**

Es una técnica para obtener datos que consisten en un diálogo entre dos personas: El entrevistador "investigador" y el entrevistado; se realiza con el fin de obtener información de parte de este, que es, por lo general, una persona entendida en la materia de la investigación<sup>61</sup>.

Con la entrevista se puede recopilar información del número de habitantes por vivienda, el número de equipos que podría utilizar en caso de haber energía eléctrica.

---

<sup>60</sup> <http://www.rppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm>

<sup>61</sup> <http://www.rppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm>



Figura N° 29: Entrevista<sup>62</sup> al señor Reynero Castillo Astonitas en Tancho Jalca



Figura N° 30: Entrevista<sup>63</sup> al señor Elcer Avellaneda Delgado en Tancho Jalca

---

<sup>62</sup> Elaborado a partir de las visitas al caserío Tancho Jalca

<sup>63</sup> Elaborado a partir de las visitas al caserío Tancho Jalca

### c) **Análisis de contenido**

Esta técnica se utilizó para registrar la información de diferentes bibliografías sobre sistemas fotovoltaicos las cuales sirvieron de base para elaborar el marco teórico.

## **3.6. Descripción de los instrumentos utilizados**

De acuerdo a la técnica utilizada tenemos los siguientes instrumentos

Tabla N° 7: Técnicas e instrumentos<sup>64</sup>

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Observación directa	Cuaderno de apuntes, cámara fotográfica.
Análisis de contenido	Libros, tesis, revistas, páginas web de internet
Entrevista	Cuaderno de apuntes.

## **3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos**

La información primaria obtenida de las entrevistas servirá para calcular la energía promedio diaria proyectada y la máxima demanda, con los datos secundarios de irradiación solar calcularemos el sistema fotovoltaico y además se hará la simulación en el software HOMER.

Los datos recopilados se han organizado en tablas y gráficas de barras y son procesados utilizando el MS Excel 2019.

---

<sup>64</sup> Fuente. Elaboración propia

## CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. Propuesta de la investigación

Con la finalidad de suministrar electricidad al caserío Tancho Jalca se propone un sistema fotovoltaico aislado centralizado con su respectiva red de distribución de energía eléctrica para así poder hacer llegar la energía eléctrica a cada una de las viviendas y al local comunal.

Lo primero que se hará es un precálculo por el método del peor mes, luego utilizar el software HOMER y comparar los resultados con el método del peor mes, además de obtener el porcentaje de energía no cubierta durante el año y el exceso de energía producida por el sistema fotovoltaico (Ver figura N° 31) . El sistema fotovoltaico estará conformado por los siguientes equipos y/o componentes:

**a) Generador Fotovoltaico:** Se propone trabajar con paneles fotovoltaicos de la marca JINKO por ser de una marca reconocida y el número de estos paneles se calculará teniendo en cuenta que deben proporcionar la energía necesaria para el consumo.

**b) El controlador de carga:** Se propone usar controladores de la marca BLUE SOLAR los cuales son controladores MPPT, el número de controladores se calculará teniendo en cuenta la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico.

**c) La batería:** Se considera trabajar con baterías TROJAN, la capacidad de las baterías se obtendrá teniendo en cuenta la energía de la carga, el

número de días de autonomía y la profundidad de descarga de las baterías.

**d) El convertidor o inversor:** Se propone trabajar con inversores de la marca STUDER, el número de inversores se calculará en base a la potencia de la carga.

**e) Sistema de distribución en 220 V:**

En el plano del ANEXO N° 08, se detalla el plano del sistema de distribución eléctrica en 220 V, el cual especifica la ubicación de cada vivienda el tipo de armado y poste a utilizar en cada punto el tipo de conductor, puesta a tierra, retenidas.

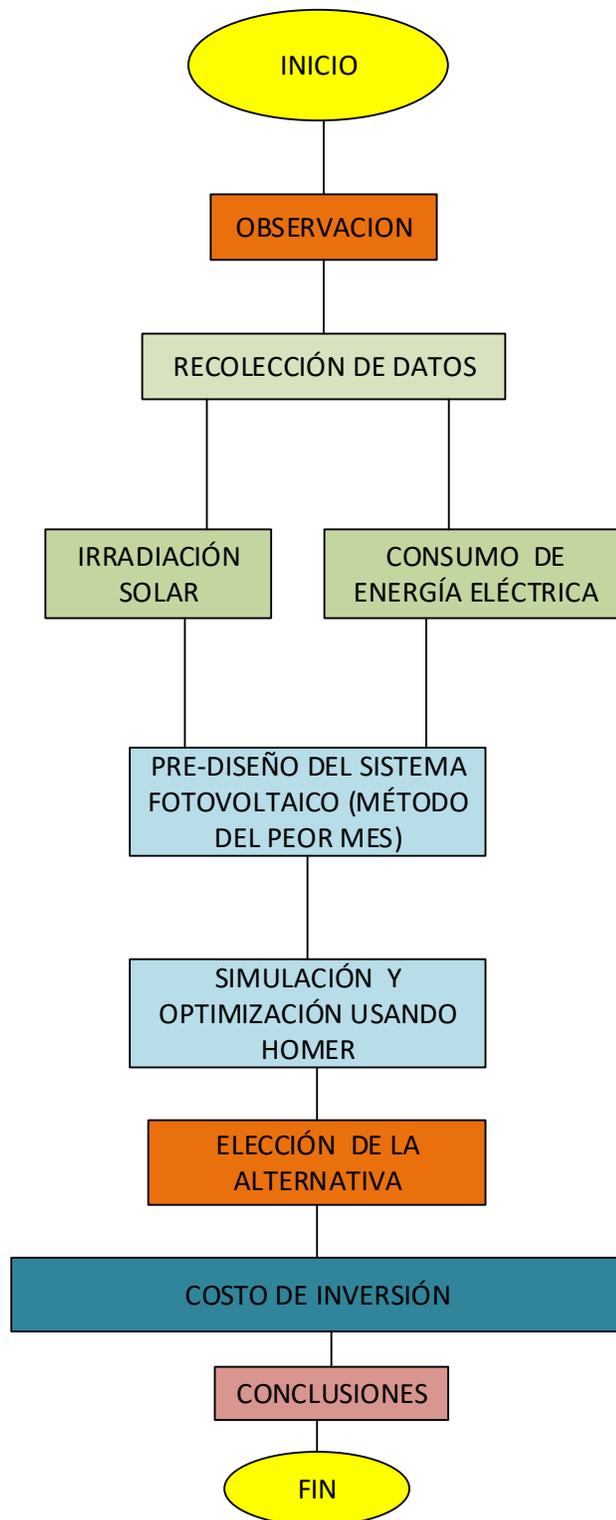


Figura N° 31: Proceso para determinar el equipamiento del sistema fotovoltaico<sup>65</sup>

<sup>65</sup> Fuente: elaboracion propia

## **CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **5.1. Cálculo de la energía promedio proyectada y máxima demanda**

#### **5.1.1. Energía promedio proyectada**

Considerando que la vida útil del sistema fotovoltaico es de 20 años y sabiendo el número de viviendas actuales es de 27 y además de 01 local comunal, es de esperar que el número de viviendas aumente, además considerando que la calidad de vida mejora el caserío y se vuelve más atractivo.

##### **5.1.1.1. Tasa de crecimiento**

Se indago sobre la tasas de crecimiento en el departamento de Amazonas obteniéndose la siguiente información del INEI.

Tabla N° 8: Tasas de crecimiento en el departamento de Amazonas<sup>66</sup>

PERÚ: TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DE LA POBLACIÓN CENSADA, SEGÚN  
DEPARTAMENTO, 1940 - 2017  
(Porcentaje)

Departamento	1940-1961	1961-1972	1972-1981	1981-1993	1993-2007	2007-2017
Total	2,2	2,9	2,5	2,2	1,5	0,7
Amazonas	2,9	4,6	3,0	2,4	0,8	0,1
Áncash	1,5	2,0	1,4	1,2	0,8	0,2
Apurímac	0,5	0,6	0,5	1,4	0,4	0,0
Arequipa	1,9	2,9	3,2	2,2	1,6	1,8
Ayacucho	0,6	1,0	1,1	-0,2	1,5	0,1
Cajamarca	2,0	1,9	1,2	1,7	0,7	-0,3
Prov. Const. del Callao	4,6	3,8	3,6	3,1	2,2	1,2
Cusco	1,1	1,4	1,7	1,8	0,9	0,3
Huancavelica	1,0	0,8	0,5	0,9	1,2	-2,7
Huánuco	1,6	2,1	1,6	2,7	1,1	-0,6
Ica	2,9	3,1	2,2	2,2	1,6	1,8

De los valores de la Tabla N° 5, sacamos el valor promedio obteniéndose 2,3% debido a la vida útil de los paneles fotovoltaicos, usaremos la ecuación (3)

$$P_{20} = P_0(1 + i)^n \dots (Ec. 3)$$

Donde:

P<sub>0</sub>: Población actual (62 habitantes)

P<sub>20</sub> : Población proyectada al año 20

i: Taza de crecimiento poblacional (2,30%)

Reemplazando los datos obtenemos:

$$P_{20} = 62(1 + 0,0230)^{20} \approx 98 \text{ personas}$$

Considerando que el número de habitantes por vivienda se mantiene el tiempo y por lo tanto el número de viviendas es la que aumenta entonces haciendo

<sup>66</sup> [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1530/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1530/libro.pdf)

una regla de tres obtenemos que el número viviendas proyectados es de 43 viviendas

Tabla N° 9: Consumo de energía eléctrica diaria para vivienda particular

Equipo	Cantidad	Potencia (W)	N° horas de uso (h)	Energía (Wh/día)	potencia (W)
Lampara sala-comedor	1	9	4	36	9
Lampara cocina	1	9	4	36	9
Lampara externa	1	9	3	27	9
Lampara dormitorio	1	9	3	27	9
Radio	1	12	5	60	12
Televisor	1	60	3	180	60
Carga de celular	1	5	2	10	5
<b>consumo</b>				<b>376,00</b>	<b>113</b>

fuelle: elaboración propia

Cada vivienda tiene un consumo diario de 376 Wh/día por lo tanto para las 43 viviendas proyectadas tendrán un consumo diario de 16 168 Wh/día.



Figura N° 32: unidad de vivienda<sup>67</sup> en Tancho Jalca

<sup>67</sup> Elaboracion a partir de las visitas al caserío Tancho Jalca

Adicionalmente el caserío cuenta con un local comunal cuyo consumo se detalla a continuación:

Tabla N° 10: Consumo de energía eléctrica para el local comunal

Equipo	Cantidad	Potencia (W)	N° horas de uso (h)	Energía (Wh/día)	potencia (W)
Lámparas	3	9	3	81	27
Radio	1	12	4	48	12
Televisor	1	60	3	180	60
Equipo de sonido	1	400	2	800	400
Carga de celular	1	5	2	10	5
<b>Sub total</b>				<b>1 119,00</b>	504

fuentes: elaboración propia

Se considera una lámpara de vapor de sodio de 50 W con 10 W de pérdidas en total 60 W, la cual se encontrará ubicada en el sistema fotovoltaico con 3h de uso diario. Para la evaluación del consumo total se considera un margen de seguridad de captación correspondiente a las pérdidas en el cableado, variaciones de los consumos previstos inicialmente, consumo del regulador y ciclado de la batería, etc. puede estimarse en un 15 % (Rivas Celi, 2015)



Figura N° 33: En el local comunal<sup>68</sup> de Tancho Jalca

<sup>68</sup> Elaboración a partir de las visitas al caserío Tancho Jalca

Tabla N° 11: Consumo diario de energía eléctrica<sup>69</sup>

Sector	Energía demandada al día (kWh/día)
Consumo familiar	16,178
Local comunal	1,119
Alumbrado público	0,180
<b>TOTAL, DIARIO</b>	<b>17,47</b>

De la Tabla N° 11 se observa que el consumo total es de 17,47 kWh/día. La máxima demanda se considerará igual a la potencia instalada= 5,425 kW.

## 5.2. Datos de Irradiación Solar disponible en el caserío Tancho Jalca

Se obtuvo los datos de radiación solar de la NASA y del atlas solar del Perú tal como se muestra a continuación

**Atlas de energía solar del Perú:** Se obtuvo un intervalo en el cual varía la radiación solar, para el departamento de Amazonas<sup>70</sup>, observamos que la radiación solar más desfavorable varía entre 4,0 kWh/m<sup>2</sup>/día y 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/día por lo que se considerará el valor promedio de 4,25 kWh/m<sup>2</sup>/día.

<sup>69</sup> Fuente: elaboración propia

<sup>70</sup> SENAMHI. (2003). *Atlas de energía solar del Perú*.

**Consultando la página web de la NASA** la cual brinda información de la radiación solar promedio mensual evaluado en un periodo de 22 años, ingresando los datos de latitud y longitud

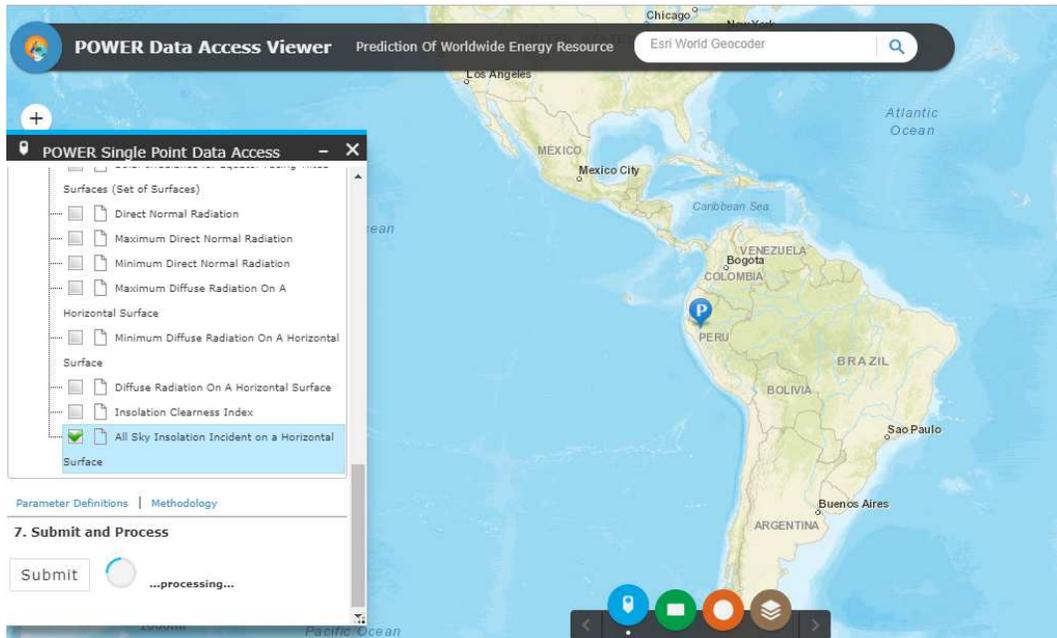


Figura N° 34: Ingreso de datos a la página<sup>71</sup> de la NASA



Figura N° 35: Irradiación solar<sup>72</sup> en el caserío Tancho Jalca

<sup>71</sup> <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

<sup>72</sup> <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Tabla N° 12: Irradiación solar<sup>73</sup> en el caserío Tancho Jalca

Mes	Irradiación solar según la NASA (kWh(m2/día))
Enero	4,16
Febrero	3,93
Marzo	4,25
Abril	4,24
Mayo	4,31
Junio	4,22
Julio	4,31
Agosto	4,62
Septiembre	4,95
Octubre	4,94
Noviembre	5,15
Diciembre	4,63

### 5.3. Dimensionamiento y simulación del sistema fotovoltaico

#### 5.3.1. Prediseño del sistema fotovoltaico (Método del mes peor)

##### 5.3.1.1. Angulo óptimo de inclinación de los paneles solares:

Al tratarse de una instalación fija y sabiendo que la latitud del caserío Tancho Jalca es de:  $-5,603^\circ$ .

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |-5,603^\circ|) \dots (Ec. 4)$$

$$\beta_{opt} = 7,57^\circ \approx 8^\circ$$

La inclinación óptima es de  $8^\circ$  pero con la finalidad de evitar la acumulación del polvo y humedad se recomienda un ángulo de  $15^\circ$ .

<sup>73</sup> Fuente: elaborado a partir de:

[https://power.larc.nasa.gov/downloads/POWER\\_SinglePoint\\_Climatology\\_05d88S\\_78d41W\\_b4d20a0c.txt](https://power.larc.nasa.gov/downloads/POWER_SinglePoint_Climatology_05d88S_78d41W_b4d20a0c.txt)

### 5.3.1.2. Dimensionado del generador fotovoltaico

Debido a que la energía eléctrica producida por el sistema fotovoltaico no llega en su totalidad a la carga debido a las pérdidas entonces se considera un factor de rendimiento (F)

$$E_{sistema} = E_d / F. \text{ (Ec. 5)}$$

Donde F

$$F = 1 - \left[ \frac{f_a \times N}{P_d} \right] - f_b - f_i - f_j. \text{ (Ec. 6)}$$

Se consideran los siguientes valores para los factores de pérdida de

$f_a$ : Fracción de energía perdida por autodescarga =0,005

$f_b$ : Factor de pérdidas debido a la eficiencia de la batería=0,05

$f_i$ : Factor de pérdidas debido a la eficiencia del inversor=0,13

$f_j$ : Factor de pérdidas global debido al calentamiento conexiones, etc.=0,05

$P_d$ : Profundidad de descarga máxima de las baterías=0,7

Reemplazando en (6) obtenemos que F= 0,76

Ahora reemplazando en (5) obtenemos que la energía que suministra el sistema a la carga es de:

$$E_d = \frac{17,47}{0,76} = 22,99 \text{ kW.h}$$

## Selección de los paneles fotovoltaicos

Para determinar la potencia del generador fotovoltaico y el número de paneles consideraremos el panel fotovoltaico JINKO de 300 Wp.

Para calcular la potencia del generador fotovoltaico usamos la ecuación (7):

$$P_{GENERADOR}(kWp) = \frac{E_d}{HSP} \dots (Ec. 7)$$

Reemplazando:

$$P_{GENERADOR} = \frac{22\,990 \left(\frac{Wh}{dia}\right)}{3,93} = 5,85 \text{ kWp}$$

De la ecuación (8) el número de paneles fotovoltaicos necesarios para generar una potencia de 5,85 kWp

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{E_d}{HSP \times \text{Potencia panel}(Wp)} \dots (Ec. 8)$$

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{22\,990 \left(\frac{Wh}{dia}\right)}{3,93 \times 300} = 19,45 \approx 20$$

De donde se obtiene que:

**Se usaran 20 paneles fotovoltaicos JINKO de 300 Wp**

Como la tensión de trabajo de los paneles solares es de 24 V y la tensión del sistema va a ser de 48 V, entonces Haciendo uso de la ecuación (9) para saber el número de paneles fotovoltaicos a conectarse en serie:

$$N_{\text{paneles-serie}} = V_{\text{de trabajo}} / V_{\text{modulof}} \dots (\text{Ec. 9})$$

Reemplazando

$$N_{\text{paneles-serie}} = 48 / 24 = 2$$

Al conectar dos módulos en serie entonces tendremos ramas de dos módulos las cuales van a ser conectadas en paralelo para el cual usaremos la ecuación (10)

$$N_{\text{ramas-paralelo}} = N_{\text{paneles}} / N_{\text{paneles-serie}} \dots (\text{Ec. 10})$$

Reemplazando:

$$N_{\text{ramas-paralelo}} = 20 / 2 = 10$$

#### JinkoSolar JKM300M-60 300W Mono BLK/WHT 1000V Solar Panel



CS Part #:	cs-302729
Mfr. Part #:	JKM300M-60
Manufacturer:	JinkoSolar
Category:	Solar Panels
Min Qty:	4
Bundle Size:	1
Unit Price:	\$232.25
Ext Price:	\$929.00
\$/W:	\$0.774

QUANTITY: 4

Fuente: <https://www.civicsolar.com/product/jinkosolar-jkm300m-60-300w-mono-blkwht-1000v-solar-panel>

### 5.3.1.3. Dimensionado de baterías

Para determinar la capacidad del banco de baterías se utiliza la siguiente ecuación

$$C_T = (N_D \times E_d) / (P_{D\ max} \times V_T) \dots (Ec. 11)$$

Donde:

$C_T$  = Capacidad mínima del banco de baterías, expresada en Ah.

$N_D$  = Número de días de autonomía =2.

$E_d$  = Energía eléctrica total media diaria (Wh/día).

$P_{D\ max}$  = Profundidad máxima de descarga: 0,7

$V_T$  = Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (48 V).

$$C_T = (2 \times 17\ 470) / (0,70 \times 48)$$

$$C_T = 1\ 039,88\ \text{Ah}$$

Entonces la capacidad del banco de baterías es de 1 039,88 Ah. Se propone el uso de baterías de la marca Trojan de 12 V y una capacidad de 205 Ah



Figura N° 36: batería 12 V, 205 Ah Trojan (ANEXO 02)<sup>74</sup>

El número de baterías que conectaremos en serie lo obtenemos usando la ecuación (12):

$$N_{baterias-serie} = V_{tension\ de\ trabajo} / V_{Tension\ de\ la\ bateria...} \quad (Ec. 12)$$

Reemplazando datos:

$$N_{baterias\ en\ serie} = \frac{48}{12} = 4$$

El número de ramas de baterías en paralelo lo calculamos de la siguiente ecuación (13):

$$N_{ramas\ de\ baterias.} = C_{banco} / C_{de\ la\ bateria\ seleccionada} \quad (Ec. 13)$$

Entonces reemplazando tenemos que el número de ramas de baterías en paralelo:

$$N_{ramas\ de\ baterias.} = \frac{1\ 039,88}{205} = 5,07 \approx 5$$

<sup>74</sup> <http://www.suncolombia.com/nuevaweb/product/trojan-12v-205ah-bateria/>

***Se usaran 20 baterias TROJAN DE 205 Ah***

#### **5.3.1.4. Dimensionado del controlador**

Para determinar la corriente eléctrica mínima que circulara por el regulador hacemos uso de la ecuación (14)

$$I_{\text{minimo del regular}} = 1,25 \times I_{\text{Cortocircuito del panel}} \times N_{\text{ramas-paralelo}} \quad (\text{Ec. 14})$$

Reemplazando

$$I_{\text{minimo del regular}} = 1,25 \times 9,72 \times 10 = 121,50 \text{ A}$$

El número de reguladores para nuestra instalación considerando los reguladores BLUE SOLAR 150/70 (ANEXO 03) con una capacidad de corriente de 70 A

Teniendo la corriente eléctrica del regulador podemos calcular el número de reguladores para la instalación con la ecuación (15)

$$N_{\text{reguladores}} = I_{\text{minimo del regulador}} / I_{\text{regulador seleccionado}} \quad (\text{Ec. 15})$$

$$N_{\text{reguladores}} = 121,50 / 70 = 1,74 \approx 2$$

***Se usaran 2 reguladores BLUE SOLAR 150/70***

### 5.3.1.5. Dimensionado del inversor

Usaremos la ecuación (16):

$$\text{Potencia de entrada al inversor} = \frac{\text{Potencia de la carga}}{\text{Rendimiento del inversor}} \dots (\text{Ec. 16})$$

$$\text{Potencia de entrada al inversor} = \frac{5\,423}{0,96} = 5,425 \text{ kW}$$



#### Inversor Studer cargador XTH 48V-6000VA

Referencia 43052 XTH 6000VA-48V Con  
crg

Condición: Nuevo producto

Inversor de corriente de 5000VA a 48v de  
forma continua y un pico de potencia máxima  
de 6000VA



Fuente: <https://madridsolar.es/inversores-de-onda-senoidal-pura-con-cargador/63-inversor-studer-senoidal-cargador-xth-48v-6000va.html>

**Se usara 1 inversor de 6 kW**

## 5.3.2. Optimización HOMER

### 5.3.2.1. Introducción de datos

Se procederá a introducir los datos que definirán nuestro espacio de trabajo, antes de la simulación

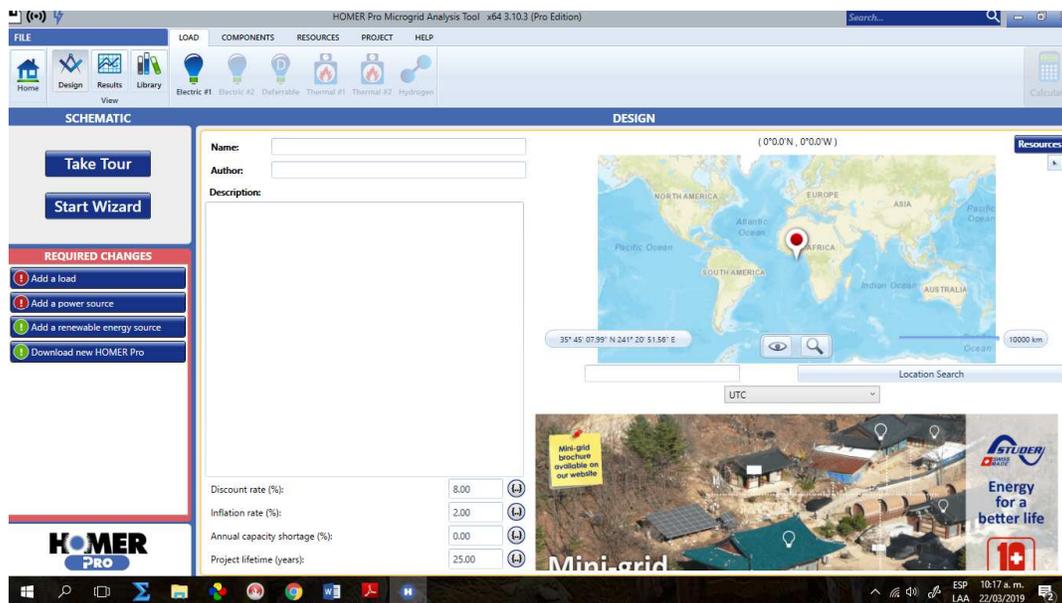
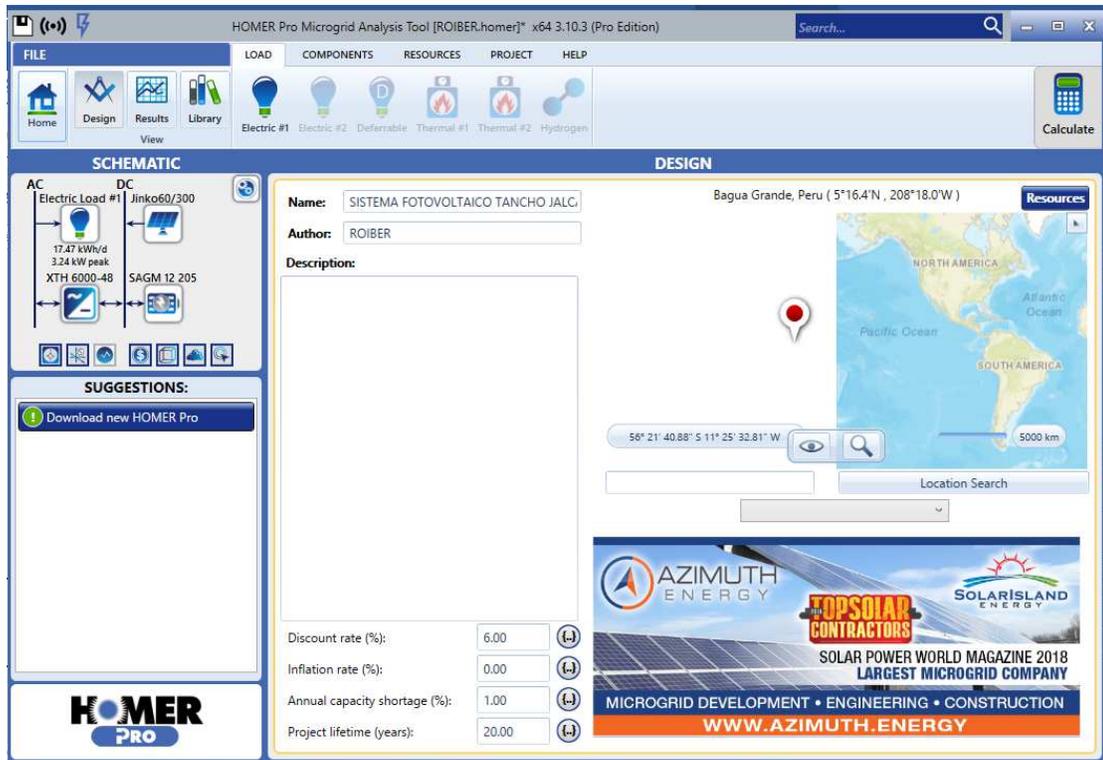


Figura N° 37: Introducción de datos de ubicación en HOMER

Ingresamos la ubicación por medio de la latitud y longitud del caserío Tancho Jalca



Por defecto Project life time (years) está en 25 años lo modificaremos para 20 que consideramos la vida útil del sistema fotovoltaico. Se considera como máximo una pérdida de carga de 1%

### 5.3.2.2. Recurso solar

Para el cálculo de la potencia del módulo solar es requerida la irradiación solar la cual los datos son extraídos de la NASA directamente

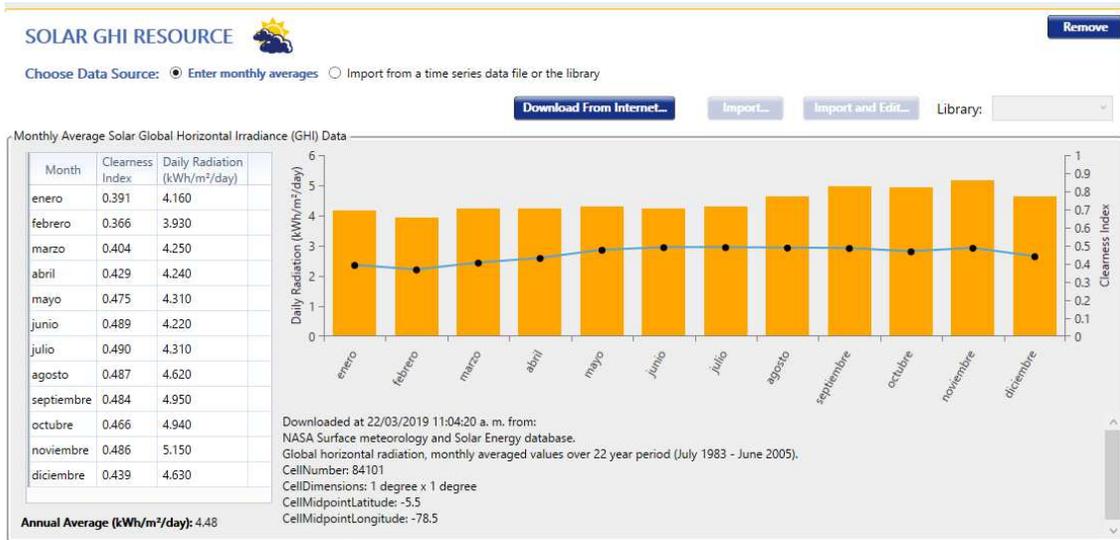


Figura N° 38: pestaña de introducción del recurso solar en HOMER

Fuente: software HOMER

### 5.3.2.3. Carga eléctrica

Luego ingresamos los componentes en la pestaña Load e ingresamos la energía promedio diaria 17,47 kWh/día, en scaled Annual Average (kWh/día) y generamos una carga con HOMER, dejamos los valores de variabilidad por defecto

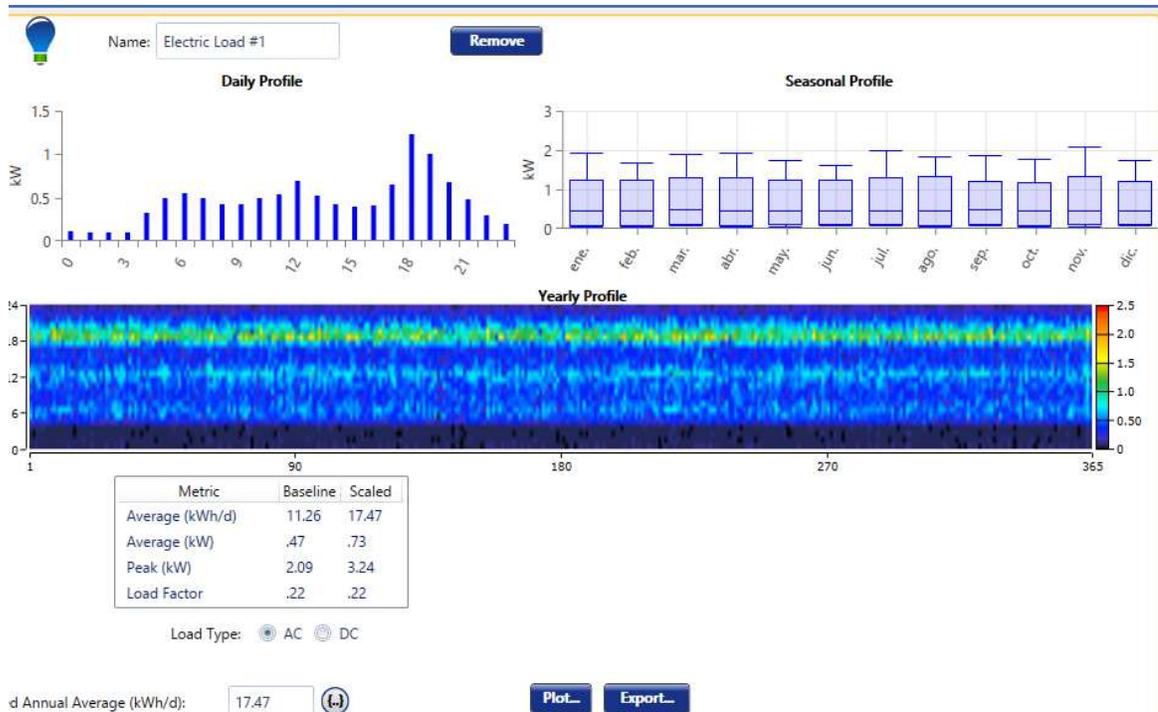


Figura N° 39: pestaña de introducción de la carga en HOMER

Fuente: software HOMER

### 5.3.2.4. Equipos

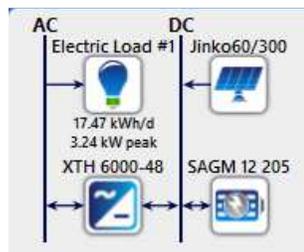


Figura N° 40: Esquema del sistema fotovoltaico en HOMER

Fuente: software HOMER

### 5.3.2.5. Simulación

HOMER generará las distintas configuraciones que serán combinaciones de los equipos previamente introducidos entonces agregamos los componentes de sistema fotovoltaico que se obtuvieron en la etapa de precálculo

Luego le hacemos clic en la opción calcular para que determine el número de equipos necesarios para el sistema fotovoltaico o potencia de los componentes del sistema fotovoltaico.

HOMER simula la operación de un sistema por medio de cálculos de balances de energía para cada una de las 8 760 horas de un año. Para cada hora HOMER compara la carga eléctrica con la carga que el sistema puede entregar. HOMER también verifica si el sistema satisface las cargas para todo el año.

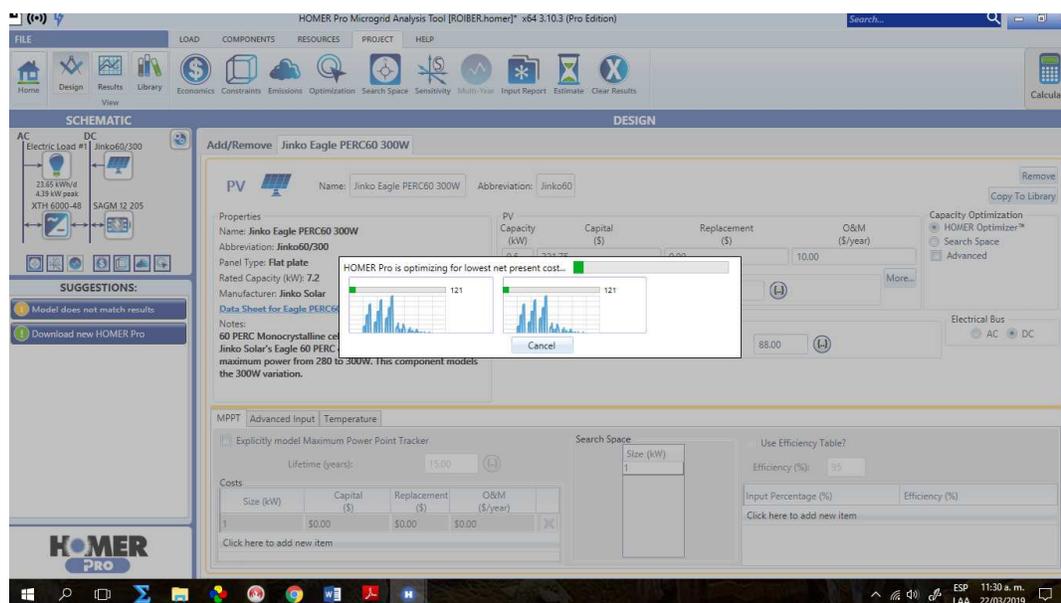


Figura N° 41: HOMER en proceso de cálculo

Fuente: software HOMER

### 5.3.2.6. Análisis de sensibilidad

Luego de hacer la simulación HOMER devolverá un conjunto de configuraciones conformado por equipos de diferentes tamaños y potencias. Cada una de estas opciones es una solución para el abastecimiento de la carga

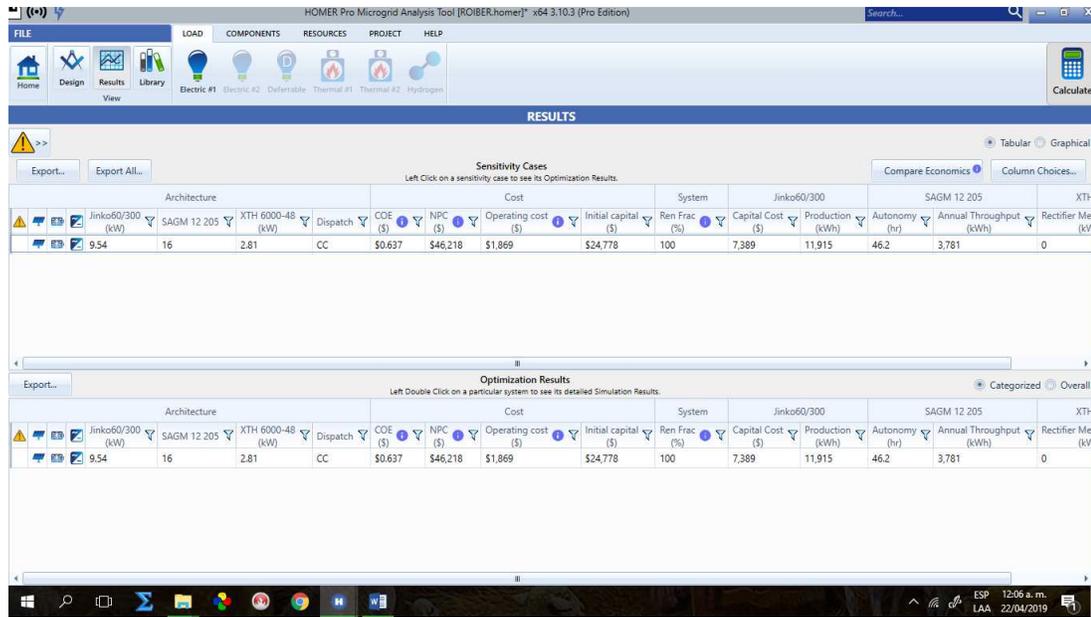


Figura N° 42: Resultados de la simulación en HOMER

Fuente: software HOMER

Export...

**Optimization Results**  
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.

Architecture				Cost			
Jinko60/300 (kW)	SAGM 12 205	XTH 6000-48 (kW)	Dispatch	COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$)	Initial capital (\$)
9.54	16	2.81	CC	\$0.637	\$46,218	\$1,869	\$24,778

Tabla N° 13: solución óptima según HOMER

Fuente: software HOMER

Y obtenemos los siguientes resultados:

Potencia del generador fotovoltaico= 9,54 kW

Numero de baterías: 16

Potencia del inversor: 2,81 kW

Para obtener más datos del funcionamiento del sistema



Figura N° 43: Detalles del sistema fotovoltaico optimo

Fuente: software HOMER

Tabla N° 14: Perdida de carga y exceso de producción de energía

Quantity	kWh/yr	%
Excess Electricity	4,719	39.6
Unmet Electric Load	46.1	0.723
Capacity Shortage	69.8	1.10

Fuente: software HOMER

El sistema fotovoltaico tiene una pérdida de carga de 0,723 % es decir 46,10 kWh/año.

También se observa que hay un exceso de producción de energía de 4 719 kWh/año

### 5.3.2.7. Comparación entre el método del peor mes y HOMER

Con los datos obtenidos por el software se hará una comparación del error relativo porcentual entre el valor obtenido por el método del peor mes tomando como base los resultados de HOMER

Tabla N° 15: Comparación entre los resultados del método del peor mes y HOMER

	Método del mes peor	HOMER	Error relativo porcentual
Paneles fotovoltaicos	20	32	-38 %
Baterías	20	16	25 %
Inversor (kW)	5,38	2,81	91 %

Fuente: elaboración a partir de los resultados de HOMER

Se puede observar que existe un porcentaje de error de -38 % en el caso de los paneles fotovoltaicos, para el caso de las baterías 25 % , este error se debe a que el método del peor mes establece que la carga no variara así como la irradiación solar; lo que HOMER no lo hace. En el caso del inversor hay un sobredimensionamiento debido a que se ha considerado el factor de simultaneidad igual a 1.

### 5.3.2.8. Recalculo del controlador

De los resultados de HOMER utilizaremos 32 paneles fotovoltaicos entonces del a ecuación (14) tenemos

$$I_{\text{mínimo del regular}} = 1,25 \times 9,72 \times 16 = 194,40 \text{ A}$$

**Se usaran 2 reguladores BLUE SOLAR 150/100**

### 5.3.2.9. Dimensionamiento de los conductores eléctricos

Utilizaremos conductores eléctricos NYY (ANEXO 05).

Cálculo de la Intensidad máxima que debe soportar el tramo campo fotovoltaico – regulador

Haciendo uso de la Ecuación (14) tenemos:

$$I_{\text{mínimo del regular}} = 1,25 \times 9,72 \times 16 = 194,40 \text{ A}$$

Cálculo de la intensidad máxima que debe soportar el tramo regulador – inversor

Haciendo uso de la Ecuación (16) tenemos:

$$I_{MAX \text{ inv}} = 1,25 \times P_{\text{inversor}} / (V_{\text{tension de trabajo}} \times \eta_{\text{inversor}}) \dots (\text{Ec. 16})$$

$$I_{MAX \text{ inv}} = 1,25 \times 6\,000 / (248 \times 0,96) = 81,38 \text{ A}$$

Ahora consideraremos las caídas de tensión máximas en cada tramo:

Tabla N° 16: Caída de tensión por cada tramo de la instalación fotovoltaica<sup>75</sup>

Subsistema	Caída tensión Máxima
Paneles – Regulador	3%
Regulador – Baterías	1%
Baterías – Inversor	1%

Para el cálculo de la sección mínima del conductor usando la ecuación (16) y la ecuación (17) y el ANEXO 05, de conductores eléctrico NYY

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} \dots (Ec. 17)$$

Donde:

$S_{CABLE}$  = Sección mínima recomendada [ $mm^2$ ].

$L$  = Longitud tramo [m].

$I$  = Corriente para cada tramo de la instalación [A].

$\Delta V$  = Caída máxima permitida para cada tramo [V].

tenemos lo siguiente:

Tabla N° 17: Calculo de la sección de los conductores eléctricos en cada tramo

Tramo	L(m)	i (dc)	$\Delta V$ (V)	Scal (mm <sup>2</sup> )	S(mm <sup>2</sup> ) NYY
Generador-Controlador	5	97,20	1,44	12,05	16
Regulador-acumulador	2	97,20	0,48	14,46	16
Regulador-inversor	2	81,38	0,48	12,11	16

Fuente. Elaboración propia

<sup>75</sup> <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/>

## 5.4. Red de distribución eléctrica

### 5.4.1. Cálculo de caída de tensión

Se propone un sistema monofásico, con los conductores autoportantes 1x16/25 y 2x16/25, son los que se utilizarán.

La caída máxima de tensión entre la subestación de distribución y el extremo terminal más alejado de la red no deberá exceder el 7,0 % para nuestro caso Sistema 220 V: Máxima caída tensión 15,4 V.

Tabla N° 18: Capacidad de corriente de los conductores eléctricos seleccionados<sup>76</sup>

Cable	K(factor de caída de tensión)	Capacidad de corriente (A)
1X16+N25	3,272	64
2X16+N25	3,272	64

De la Tabla N° 20 la capacidad de corriente del cables de 64 A. De la potencia del inversor obtenemos la corriente eléctrica de diseño:

Aquí consideraremos la potencia del inversor

$$I_{MAX\ carga} = 6\ 000 / (220 \times 0,85)$$

$$I_{MAX\ carga} = 32,08\ A < 64\ A$$

En el ANEXO 09 se puede observar que la caída de tensión en ambos circuitos es menor del 7%, por lo que el conductor cumple con las condiciones.

<sup>76</sup> Fuente: norma D.G.E. rd031-2003-EM

### 5.4.2. Cálculos mecánicos de conductores autoportantes

Los cálculos mecánicos tienen la finalidad de determinar las tensiones y flechas en las diversas condiciones de operación. Las características mecánicas de los cables autoportantes se detallan en la Tabla N° 23

### 5.4.3. Hipótesis de estado

Para los cálculos mecánicos del conductor se hacen uso de las siguientes hipótesis (Tabla N° 19) y sobre la base de los factores meteorológicos.

- a) Velocidad del Viento
- b) Temperatura

Tabla N° 19: Hipótesis para la ecuación de cambio de estado

<b>HIPÓTESIS N° 1: Condición de máximo esfuerzo</b>	Temperatura: 5°C. Velocidad de viento: 70 Km/h.
<b>HIPÓTESIS N° 2: Condición de mayor duración (EDS)</b>	Temperatura: 25° C. Velocidad de viento: Nula.
<b>HIPÓTESIS N°3: Condición de flecha máxima</b>	Temperatura: 50°C. Velocidad de viento: Nula.

Fuente. Elaboración propia

Del Anexo 08: observamos que el vano básico es de 60 m

Tabla N° 20: Cálculos mecánicos del conductor<sup>77</sup>

<b>Vano (m)</b>		<b>60</b>
	$\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )	9,60
<i>HIP. I</i>		
	$f$ (m)	0,74
	$\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )	5,44
<i>HIP. II</i>		
	$f$ (m)	0,53
	$\sigma$ (Kg/mm <sup>2</sup> )	3,56
<i>HIP. III</i>		
	$f$ (m)	0,81

De la Tabla N° 20 observamos que el esfuerzo máximo es de 9,60 kg/mm<sup>2</sup> el cual es menor que 17,9 kg/mm<sup>2</sup> establecido por la norma 031 de electrificación rural.

<sup>77</sup> Fuente: elaboracion propia

Tabla N° 21: Parámetros eléctricos de cables autoportantes<sup>78</sup>

FORMACIÓN	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR DE FASE ( $\Omega$ /Km)		RESISTENCIA DEL CONDUCTOR DE ALUMBRADO PUBLICO ( $\Omega$ /Km)		RESISTENCIA DEL CONDUCTOR NEUTRO ( $\Omega$ /Km)		REACTANCIA INDUCTIVA ( $\Omega$ /Km)		FACTOR DE CAÍDA DE TENSIÓN			CAPACIDAD DE CORRIENTE A 40 °C	
	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	A 20 °C	A 40 °C	XL(30)	XL (10)	K (380-220)	K(440-220 V)	K(220 VAP)	Cond. Fase	Cond.
3x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,094	0,123	1,607	-	3,272	102	64
3x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,100	0,116	2,223	-	3,272	83	64
3x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,110	0,110	3,538	-	3,272	64	64
3x35/25	0,868	0,929	-	-	1,38	1,478	0,091	-	1,607	-	-	102	-
3x25/25	1,200	1,285	-	-	1,38	1,478	0,095	-	2,223	-	-	83	-
3x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	0,103	-	3,538	-	-	64	-
2x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,086	0,114		3,780	3,272	102	64
2x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,093	0,109		3,776	3,272	83	64
2x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,096	0,096	3,538	3,765	3,272	64	64
2x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,096	-	3,765	3,272	64	-
1x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,094	-		3,272	64	-

<sup>78</sup> Fuente especificada no válida.

## 5.5. Presupuesto del sistema fotovoltaico

Tabla N° 22: Presupuesto del sistema fotovoltaico

ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario S/	Sub-Total S/
01	Módulo de paneles fotovoltaicos			
	Panel fotovoltaico de 300Wp	32	647,54	20 721,28
02	Sistema Controlador			
	Controlador Blue Solar MPPT 150 I 100 Tr	2	3 978,29	7 956,58
03	Sistema de almacenamiento			
	Batería Trojan de 205	16	2 648,73	42 379,68
04	Inversor de Corriente			
	Inversor 48V 6000 W STUDENT	1	13 047,94	13 047,94
05	Equipamiento Adicional			
	Accesorios del SFV	1	2 000,00	2000,00
	<b>TOTAL</b>			<b>86 105,48</b>

Fuente: elaboracion propia

Tabla N° 23: Costo directo sistema fotovoltaico

ítem	Descripción	Sub-Total S/
01	suministro	86,105,48
02	Montaje	7 195,19
03	Transporte	3 597,59
	TOTAL	96 898,26

Fuente: elaboracion propia

### 5.5.1. Presupuesto del sistema fotovoltaico y red de distribución eléctrica

De la Tabla N° 23 y del ANEXO 7

Tabla N° 24: Presupuesto referencial total

ítem	Descripción	Sub-Total S/
01	Sistema fotovoltaico	96 898,26
02	Red de distribución secundaria	54 634,44
<b>TOTAL</b>		151 532,70
03	Gastos generales	12 122,62
04	Utilidades	12 122,62
<b>COSTO SIN IGV</b>		175 777,94
05	IGV	31 640,037
<b>COSTO INCLUIDO IGV</b>		202 417,97
06	Capacitación a los habitantes del caserío Tancho Jalca	3 000,00
<b>TOTAL</b>		210 417,97

Fuente: elaboración propia

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES

### 6.1. Conclusiones

- a) La demanda de energía diaria proyectada para el caserío Tancho Jalca es de 17,47 kWh/día para 43 viviendas proyectadas y 01 local comunal.
- b) Para la irradiación solar se ha obtenido los datos de la NASA con un valor mínimo de 3,93 kWh/m<sup>2</sup>/día, el cual se utilizó para el método de cálculo del mes crítico.
- c) El sistema fotovoltaico por el método del mes crítico se obtuvo un equipamiento de 20 paneles fotovoltaicos de 300 Wp de la marca JINKO, 02 controladores 150/70 Blue Solar, 20 baterías de acumuladores TROJAN de 205 Ah, 01 inversor de 6 000 W, El generador fotovoltaico tiene 6,0 kWp. Mientras que utilizando el software HOMER considerando una pérdida de carga del 1% se obtuvo 32 paneles fotovoltaicos de 300 Wp de la marca JINKO, 02 controladores 150/100 Blue Solar, 16 baterías de acumuladores TROJAN de 205 Ah, 01 inversor de 6 000 W, El generador fotovoltaico tiene 9,60 kWp. Además, se obtuvo la información que el porcentaje de carga no atendida es del 0,723 % anual. Y hay un exceso de producción de energía de 4 719 kWh/año
- d) Se realizó el diseño del sistema de distribución en baja tensión en 220 V, en el ANEXO 08.
- e) El presupuesto para suministrar energía eléctrica al caserío Tancho Jalca es de: S/ 210 417,97

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Acevedo Garces, F. (2016). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios*. Bogota.
- 2) Adanaque Sanchez, J. L. (2016). *Estudio de factibilidad para suministrar energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico en el centro poblado de Shungun región Amazonas, 2016*. Cajamarca.
- 3) Agustin Castejon, G. S. (s.f.). *instalaciones solares fotovoltaicas*. España.
- 4) Alva Silva, J. Z. (2016). *Estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en el caserío de Vigaspampa, Celendín, Cajamarca, 2016*. Cajamarca.
- 5) Arias, J. J. (2009). *Estudio de la utilización de energía eólica para la generación de electricidad en un asentamiento humano de San Juan de Marcona*. Lima.
- 6) Avalos Vallejos, H. R. (2016). *Diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda de energía eléctrica del servicio habitacional gran hotel, San Ignacio 2016*. Jaen.
- 7) Baron Ortiz, Y. L. (2015). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO*. Bogota.
- 8) Canales Ciudad, C. (2012). *Guia solar fotovoltaica 2012*.
- 9) Castejon, A. (1998). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España.
- 10) Celemin Cuellar, M. A. (2016). *Estudio para la implementación de un sistema fotovoltaico como alternativa rural sostenible de la vereda san roque en el municipio de Ortega-Tolima*. Colombia.
- 11) Cuenca Benites, W. A. (2018). *"DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO ALTERNATIVO DE ENERGIA ELECTRICA*. LOJA.
- 12) Diaz Corcobado, T. (2008). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Mexico.
- 13) Diaz hernandez, M. (2012). *Analisis del efecto de las lamparas fluorescentes compactas en la calidad de la energia electrica en sistemas residenciales utilizando el software LABVIEW "*.
- 14) Energia Innovadora. (2017). *Cotizacion del sistema fotovoltaico de bombeo de agua*.

- 15) Gimenes, J. M. (2010). *Energía solar eólico fotovoltaico*.
- 16) Ixtebe Portabelle, C. (2010). *Proceso de creación de una planta solar fotovoltaica conectada a red*. Barcelona.
- 17) Joachin Barrios, C. D. (2008). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado para el suministro de energía eléctrica a la comunidad Buena Vista, San Marcos*. Guatemala.
- 18) Llauce Chozo, A. J. (2016). *Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica en el restaurant el Cruceñito, ubicado en el Km 901, carretera Lambayeque – Piura*. Lambayeque.
- 19) Muñoz Anticona, D. F. (2005). *Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país*. Lima.
- 20) Pérez Garrido, D. O. (2009). *Análisis de un sistema de iluminación utilizando ampollitas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos*. Chile.
- 21) Rivas Celi, E. R. (2015). *“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA.”*. Ecuador.
- 22) Sánchez Quiroga, D. (2012). *Sistema de energía solar fotovoltaica aislada para vivienda unifamiliar aislada*. Leganes.
- 23) Tercero Ubau, A. K. (2015). *«Diseño de una minicentral solar fotovoltaica autónoma con una capacidad de 2,7 kWp para electrificar la comunidad de La Fortuna-MiraFlor Moropotente, Estelí.» Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Estelí-Nicaragua*. Nicaragua.
- 24) Valdiviezo Salas, P. D. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP*. Lima.
- 25) Velásquez Céspedes, R. A. (2012). *Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el departamento de ingeniería eléctrica de la universidad de Santiago de Chile*. Santiago de Chile.
- 26) Velásquez Céspedes, R. A. (2012). *Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Santiago de Chile*. tesis, Universidad de Santiago de Chile, Santiago-Chile.
- 27) Vizcon Toledo, R. (2006). *“SISTEMA HÍBRIDO PROPUESTO PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL POLICLÍNICO DE PERICO”*.

## **ANEXOS**

**ANEXO N°01. FICHA TÉCNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO JINKO DE 300 Wp**

**ANEXO N°02. FICHA TÉCNICA DE LA BATERÍA TROJAN DE 205 12 V-205 Ah**

**ANEXO N°03. FICHA TÉCNICA DEL CONTROLADOR 150/100**

**ANEXO N°04. FICHA TÉCNICA DEL INVERSOR XTENDER**

**ANEXO N°05. CATALOGO DE CABLES NYY**

**ANEXO N° 06. SISTEMA FOTOVOLTAICO**

**ANEXO N° 07. METRADO Y PRESUPUESTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA**

**ANEXO N° 08. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA**

**ANEXO N° 09. CAÍDA DE TENSIÓN RS**

**ANEXO N°01. FICHA TÉCNICA DE LOS PANELES  
FOTOVOLTAICOS JINKO DE 300 Wp**

# Eagle PERC 60

## 280-300 Watt

### MONO CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

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



PERC

(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:

Higher module conversion efficiency (up to 18.33%) benefit from Passivated Emmitter Rear Contact (PERC) technology.



### PID RESISTANT:

Limited power degradation of Eagle module caused by PID effect is guaranteed under strict testing condition (85 C /85%RH,96hours) for mass production.



### 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).

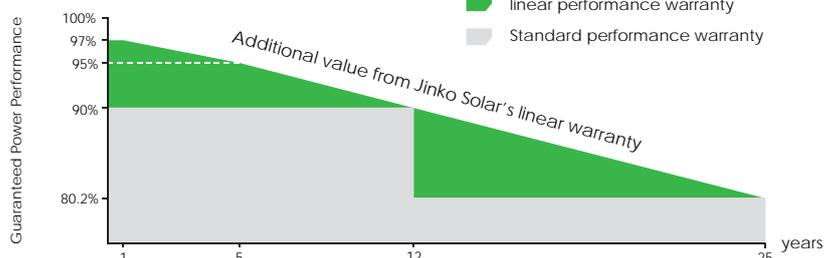


### Durability against extreme environmental conditions:

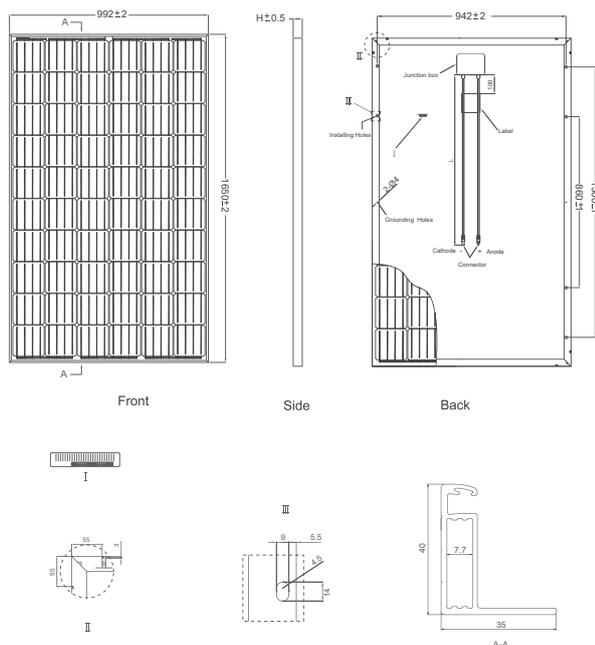
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

## LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



## Engineering Drawings

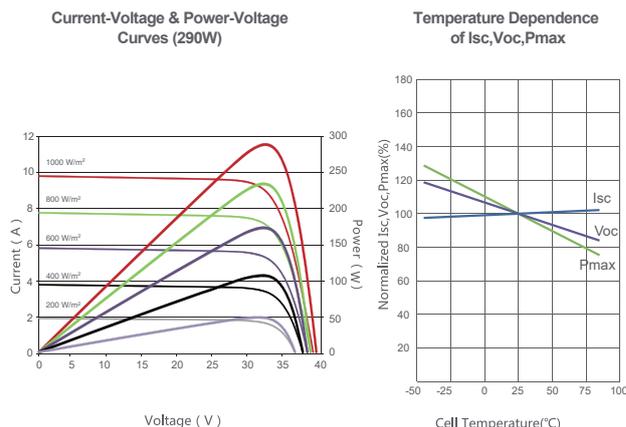


## Packaging Configuration

(Two boxes=One pallet)

26pcs/box, 52pcs/pallet, 728 pcs/40'HQ Container

## Electrical Performance & Temperature Dependence



## Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono-crystalline PERC	156×156mm (6 inch)
No. of cells	60 (6×10)	
Dimensions	1650×992×40mm (65.00×39.05×1.57 inch)	
Weight	19.0 kg (41.9 lbs)	
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass	
Frame	Anodized Aluminium Alloy	
Junction Box	IP67 Rated	
Output Cables	TÜV 1×4.0mm², Length: 900mm or Customized Length	

## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM280M-60		JKM285M-60		JKM290M-60		JKM295M-60		JKM300M-60	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	280Wp	209Wp	285Wp	212Wp	290Wp	216Wp	295Wp	220Wp	300Wp	224Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	31.8V	29.7V	32.0V	29.9V	32.2V	30.2V	32.4V	30.4V	32.6V	30.6V
Maximum Power Current (Imp)	8.81A	7.01A	8.90A	7.12A	9.02A	7.15A	9.10A	7.24A	9.21A	7.32A
Open-circuit Voltage (Voc)	38.6V	36.2V	38.7V	36.4V	39.5V	36.6V	39.7V	36.8V	40.1V	37.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.49A	7.62A	9.51A	7.72A	9.55A	7.81A	9.61A	7.89A	9.72A	8.01A
Module Efficiency STC (%)	17.11%		17.41%		17.72%		18.02%		18.33%	
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	-0.39%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.05%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

\* STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

\* Power measurement tolerance: ± 3%

**ANEXO N°02. FICHA TÉCNICA DE LAS BATERÍAS  
TROJAN DE 12 V-205 Ah**

MODEL **SAGM 12 205**  
 VOLTAGE **12**  
 CAPACITY **205Ah @ 20Hr**  
 MATERIAL **Polypropylene**  
 BATTERY **VRLA AGM / Non-Spillable / Maintenance-Free**  
 COLOR **Maroon**  
 WATERING **No Watering Required**  
 IEC 61427 **8+ Years Life**



**12 VOLT**

**PHYSICAL SPECIFICATIONS**

MODEL NAME	TERMINAL TYPE <sup>D</sup>	DIMENSIONS <sup>B</sup> INCHES (mm)			WEIGHT <sup>F</sup> LBS. (kg)	HANDLES	INSTALLATION ORIENTATION
		LENGTH	WIDTH	HEIGHT <sup>C</sup>			
SAGM 12 205	M8/LT	14.97 (380)	6.94 (176)	14.07 (357)	131 (59)	Braided Rope	Horizontal and Vertical

**ELECTRICAL SPECIFICATIONS**

VOLTAGE	CAPACITY <sup>A</sup> AMP-HOURS (Ah)					ENERGY (kWh)	INTERNAL RESISTANCE (mΩ)	SHORT CIRCUIT CURRENT (amps)
	10-Hr	20-Hr	48-Hr	72-Hr	100-Hr			
12	174	205	210	213	216	2.46	4.5	2790

**CHARGING INSTRUCTIONS**

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)				
SYSTEM VOLTAGE	12V	24V	36V	48V
Maximum Charge Current (A)	20% of C <sub>20</sub>			
Absorption Voltage (2.40 V/cell)	14.40	28.80	43.20	57.60
Float Voltage (2.25 V/cell)	13.50	27.00	40.50	54.00

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

**CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION**

ADD	SUBTRACT
0.005 volt per cell for every 1°C below 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F below 77°F	0.005 volt per cell for every 1°C above 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F above 77°F

**OPERATIONAL DATA**

OPERATING TEMPERATURE	SELF DISCHARGE
-4°F to 122°F (-20°C to +50°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	Less than 3% per month depending on storage temperature conditions.

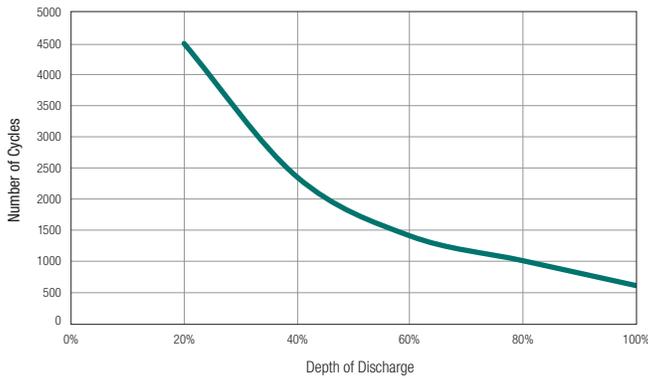
**RECYCLE RESPONSIBLY**



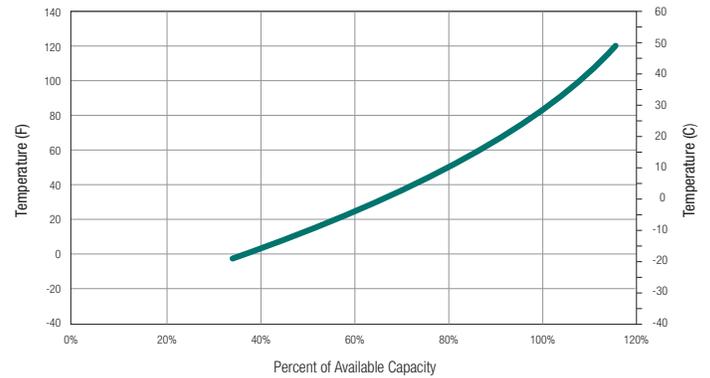
**STATE OF CHARGE MEASURE OF OPEN-CIRCUIT VOLTAGE**

PERCENTAGE CHARGE	CELL	12 VOLT
100	2.14	12.84
75	2.09	12.54
50	2.04	12.24
25	1.99	11.94
0	1.94	11.64

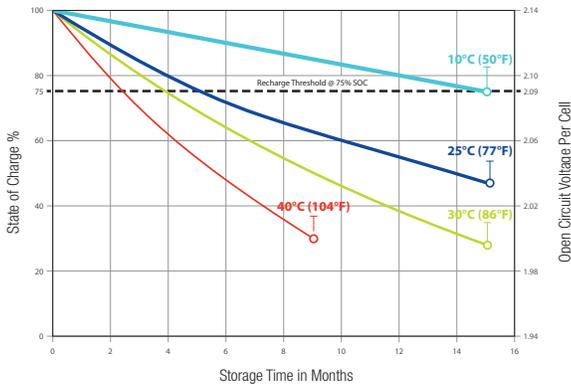
## SOLAR CYCLE-LIFE



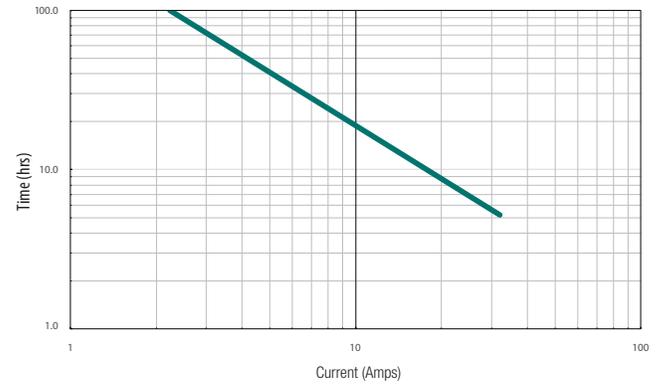
## PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



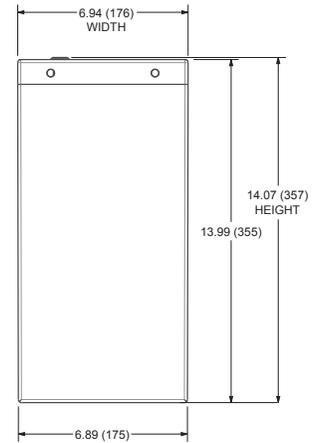
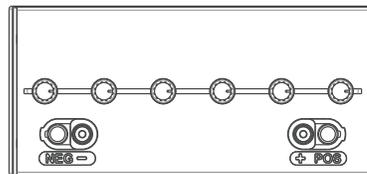
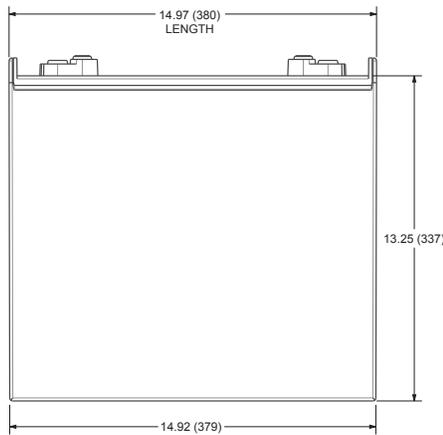
## SELF DISCHARGE VS. TIME<sup>E</sup>



## TROJAN SAGM 12 205 PERFORMANCE



## BATTERY DIMENSIONS (shown with M8, height is 15.57 (395) with LT)



## TERMINAL CONFIGURATIONS<sup>D</sup>

15	M8	M8
	<b>Battery Height with Terminal in Inches (mm)</b> 14.07 (357)	<b>Torque Values in-lb (Nm)</b> Bolt: 85 – 90 (10 – 11)

15	M8	M8 WITH LT ADAPTER (ADAPTER PROVIDED BUT NOT INSTALLED)
	<b>Battery Height with Terminal in Inches (mm)</b> 15.57 (395)	<b>Torque Values in-lb (Nm)</b> Connection to M8: 85 – 90 (10 – 11) Connection to LT: 65 – 75 (7.5 – 8.5)
	<b>Bolt Size</b> M8 x 1.25	

- A. The amount of amp-hours (Ah) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 86°F (30°C) for all rates and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
- B. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal. Batteries should be mounted with 0.5 inches (12.7 mm) spacing minimum.

- C. Height taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.
- D. Terminal images are representative only.
- E. A boost charge should be performed every 6 months when batteries are in storage.
- F. Weight may vary.



Designed in compliance with applicable BCI, DIN, BS and IEC standards.  
Tested in compliance to BCI and IEC standards.

800.423.6569 / +1.562.236.3000 / trojanbattery.com

SAGM\_12\_205\_DS\_021319



© 2019 Trojan Battery Company, LLC. All rights reserved. Trojan Battery Company is not liable for damages that may result from any information provided in or omitted from this publication, under any circumstances. Trojan Battery Company reserves the right to make adjustments to this publication at any time, without notice or obligation.

**ANEXO N°03. FICHA TÉCNICA DEL CONTROLADOR  
150/100**

## Controladores de carga SmartSolar con conexión de rosca o FV MC4 MPPT 150/45 hasta MPPT 150/100



**Controlador de carga SmartSolar  
MPPT 150/100-Tr  
Con pantalla conectable opcional.**



**Controlador de carga SmartSolar  
MPPT 150/100-MCA  
Sin pantalla**

### Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

### Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

### Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

### Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de *software* de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

### Amplia protección electrónica

Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

### Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

### Bluetooth Smart integrado: no necesita mochila

La solución inalámbrica para configurar, supervisar y actualizar el controlador con un teléfono inteligente, una tableta u otro dispositivo Apple o Android.

### VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

### On/Off remoto

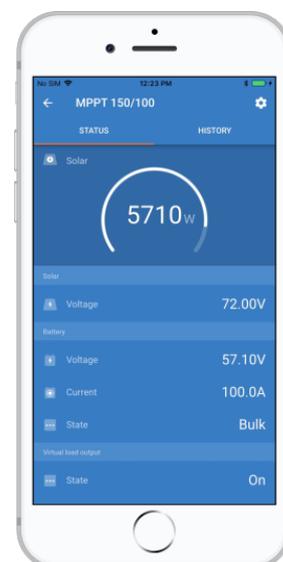
Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

### Relé programable

Se puede programar (entre otros, con un teléfono inteligente) para activar una alarma u otros eventos.

### Opcional: pantalla LCD conectable

Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.



Controlador de carga SmartSolar	150/45	150/60	150/70	150/85	150/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	1950W	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	50A (máx. 30A por conector MC4)			70A (máx. 30A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)				
Tensión de carga de "ecualización"	Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regulable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobrettemperatura				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Altura máxima de trabajo	5.000 m (fpotencia nominal completa hasta los 2.000 m)				
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados				
Grado de contaminación	PD3				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth				
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)				
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A		Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC		
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
<b>CARCASA</b>					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 3)	35 mm <sup>2</sup> / AWG2 (modelos Tr) Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4)			35 mm <sup>2</sup> / AWG2 (modelos Tr) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)	
Bornes de la batería	35mm <sup>2</sup> / AWG2				
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3 kg			4,5kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103	
<b>NORMAS</b>					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.

1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.

2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.

3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares

**ANEXO N°04. FICHA TÉCNICA DE LOS INVERSORES  
XTENDER**

# Xtender XTH



Modelo	XTH 3000-12	XTH 5000-24	XTH 6000-48	XTH 8000-48
<b>Inversor</b>				
Tensión nominal de batería	12 Vdc	24 Vdc	48 Vdc	
Rango de tensión de entrada	9.5 - 17 Vdc	19 - 34 Vdc	38 - 68 Vdc	
Potencia continua @ 25°C	2500 VA	4500 VA	5000 VA	7000 VA
Potencia 30 min. @ 25°C	3000 VA	5000 VA	6000 VA	8000 VA
Potencia 5 sec. @ 25°C	7.5 kVA	12 kVA	15 kVA	21 kVA
Carga máxima	Hasta corto circuito			
Carga asimétrica	Hasta Pcont			
* Detección de carga (stand-by)	2 a 25 W			
Cos φ	0.1-1			
Rendimiento máximo	93 %	94 %	96 %	
Consumo OFF/Stand-by/ON	1.2 W / 1.4 W / 14 W	1.4 W / 1.8 W / 18 W	1.8 W / 2.2 W / 22 W	1.8 W / 2.4 W / 30 W
* Tensión de salida	Sinusoidal pura 230 Vac (+/- 2 %) / 120 Vac <sup>(1)</sup>			
* Frecuencia de salida	Ajustable 45 - 65 Hz <sup>(1)</sup> ± 0.05 % (controlado por cuarzo)			
Distorsión armónica	< 2 %			
Protección de sobrecarga y corto circuito	Desconexión automática con 3 intentos de reinicio			
Protección de sobre temperatura	Alarma antes de corte y reinicio automático			
<b>Cargador de batería</b>				
* Características de carga	6 etapas: Bulk-Absorción-Flotación-Ecuilibración-Flotación reducida-Absorción periódica Número de etapas, umbrales, corriente de fin de etapa y tiempos completamente ajustables con el RCC-02/-03			
* Corriente de carga máxima	160 A	140 A	100 A	120 A
* Compensación por temperatura	Con BTS-01 o BSP 500/1200			
Corrección del factor de potencia (PFC)	EN 61000-3-2			
<b>Datos generales</b>				
* Rango de tensión de entrada	150 a 265 Vac / 50 a 140 Vac <sup>(1)</sup>			
Frecuencia de entrada	45 - 65 Hz			
Corriente máx. de entrada (relé de transferencia) / corriente máx. de salida	50 Aac / 56 Aac			50 Aac / 80 Aac
Tiempo de transferencia (UPS)	< 15 ms			
Contactos multifuncionales	2 contactos independientes (libres de potencial con 3 puntos, 16 Aac / 5 Adc)			
Peso	34 kg	40 kg	42 kg	46 kg
Dimensiones A/a/l [mm]	230 / 300 / 500	230 / 300 / 500	230 / 300 / 500	
Índice de protección	IP20			
Declaración UE de conformidad	<b>Directiva de Baja Tensión 2014/35/UE:</b> - EN 50178:1997 <b>Directiva de Compatibilidad Electromagnética (CEM) 2014/30/UE:</b> - EN 62040-2:2006, EN 61000-3-2:2014 EN 61000-3-12:2011			
Rango de temperatura de trabajo	-20 a 55°C			
Humedad relativa de funcionamiento	95% sin condensación			
Ventilación	Forzada a partir de 55°C			
Nivel acústico	< 40 dB / < 45 dB (sin/con ventilación)			
Garantía	5 años			
Certificado ISO	9001:2008 / 14001:2004			
<b>Accesorios</b>				
Control remoto RCC-02 o RCC-03	•	•	•	•
Módulo Xcom-232i	•	•	•	•
Sets de comunicación Xcom-LAN / Xcom-GSM / Xcom-SMS	•	•	•	•
Controlador del estado de carga de batería BSP	•	•	•	•
Módulo de entrada remota RCM-10 (3 m de cable)				
Módulo con 2 contactos auxiliares ARM-02				
Módulo de ventilación ECF-01				
Sensor de temperatura de batería BTS-01 (3 m)	•	•	•	•
Cable de comunicación para 3ph y // CAB-RJ45-8-2	•	•	•	•
Marco de montaje X-Connect	•	•	•	•

\* Ajustable con el RCC-02/-03

\*\* Valores mencionados únicamente válidos con el módulo de ventilación ECF-01

(1) Con -01 al final de la referencia, significa 120V/60Hz. Disponible para todos los Xtender excepto el XTH 8000-48

Estos datos pueden cambiar sin preaviso

**ANEXO N°05. CATALOGO DE CABLES NYY**

# NYY DUPLEX / TRIPLE

## Usos

Aplicación general como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, etc.), directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

## Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado (comprimido, compactado), aislamiento y cubierta individual de PVC. En la conformación duplex los dos conductores son trenzados entre sí. En la conformación triple, los tres conductores son ensamblados en forma paralela mediante una cinta de sujeción.

## Características

Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita empalmes, derivaciones y terminaciones. Menor peso que los cables NYN convencionales y mejor disipación de calor permitiendo obtener una mayor intensidad de corriente admisible. Retardante a la llama.

## Marcación

INDECO S.A. NYN(80°) 0.6/1 kV 3-1x<Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

## Calibre

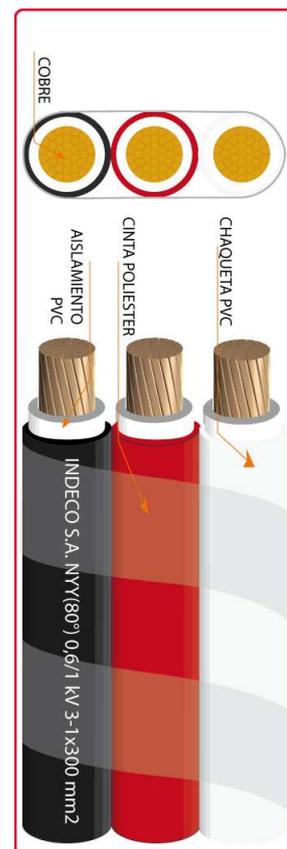
6 mm<sup>2</sup> – 500 mm<sup>2</sup>

## Embalaje

En carretes de madera, en longitudes requeridas.

## Colores

Aislamiento: Blanco  
Cubierta: Duplex : Blanco, negro.  
Triple : Blanco, negro, rojo.



### Norma(s) de Fabricación

NTP-IEC 60502-1

### Tensión de servicio

0.6/1 kV

### Temperatura de operación

80 °C

### TABLA DE DATOS TECNICOS NYD DUPLEX

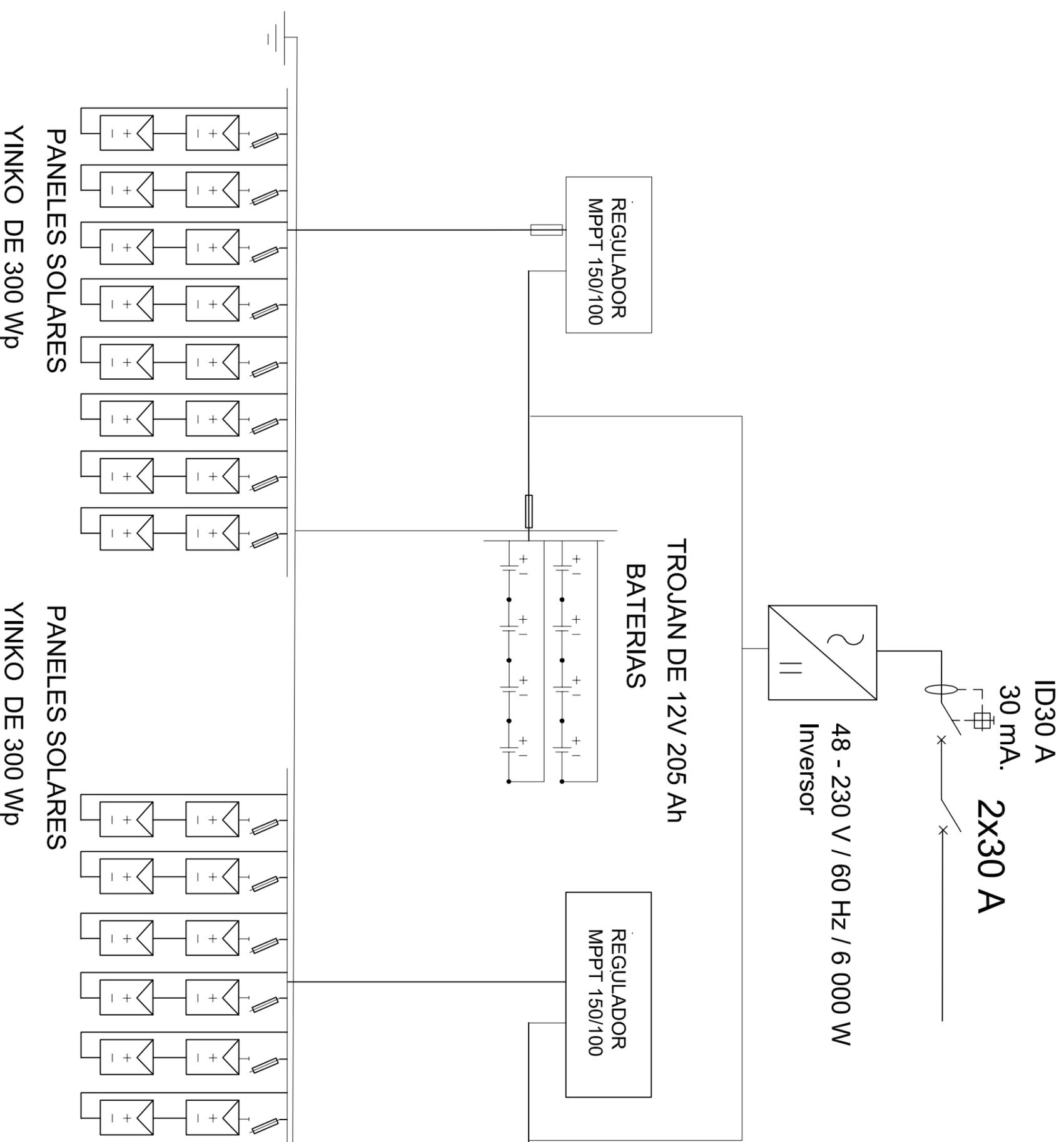
CALIBRE	Nº HILOS	ESPEORES		DIÁMETRO EXTERIOR	PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA			ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
2x1x6	1	1	1.4	15.4	218	77	58	62
2x1x10	1	1	1.4	17	307	105	80	85
2x1x16	7	1	1.4	19.3	454	136	108	112
2x1x25	7	1.2	1.4	22.5	672	170	140	140
2x1x35	7	1.2	1.4	24.6	880	205	175	170

### TABLA DE DATOS TECNICOS NYD TRIPLE

CALIBRE	Nº HILOS	ESPEORES		DIMENCIONES		PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
3 - 1 x 6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	72	54	58
3 - 1 x 10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	95	74	77
3 - 1 x 16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	127	100	102
3 - 1 x 25	7	1.2	1.4	11.4	33.9	992	163	131	132
3 - 1 x 35	7	1.2	1.4	12.4	37.1	1298	195	161	157
3 - 1 x 50	19	1.4	1.4	14.1	42	1707	230	196	186
3 - 1 x 70	19	1.4	1.4	15.7	46.8	2339	282	250	222
3 - 1 x 95	19	1.6	1.5	18.2	54.3	3209	336	306	265
3 - 1 x 120	37	1.6	1.5	19.9	59.5	3975	382	356	301
3 - 1 x 150	37	1.8	1.6	21.7	64.9	4836	428	408	338
3 - 1 x 185	37	2	1.7	24.1	72	6027	483	470	367
3 - 1 x 240	37	2.2	1.8	27	80.8	7825	561	562	426
3 - 1 x 300	37	2.4	1.9	29.8	89.3	9736	632	646	480
3 - 1 x 400	61	2.6	2	33.2	99.4	12336	730	790	555
3 - 1 x 500	61	2.8	2.1	36.9	110.4	15590	823	895	567

(\*) Temperatura del suelo: 20°C  
 Temperatura ambiente: 30°C  
 Temperatura en el conductor: 80°C  
 Resistividad del suelo: 1 k.m/W

## **ANEXO N° 06. SISTEMA FOTOVOLTAICO**



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA

TESIS: "DIMENSIONAMIENTO Y SIMULACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CASERIO TANCHO JALCA EN BAGUA GRANDE UTILIZANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER"

PLANO: SISTEMA FOTOVOLTAICA

RESPONSABLE: <b>ROBER VÁSQUEZ TAPIA</b> BACHILLER EN INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	ESCALA: S/E	DPTO.: AMAZONAS	LÁMINA: <b>SFV-02</b>
ELABORADO: R.V.T.	FECHA: ABRIL - 2019	PROVINCIA: UTCUBAMBA	
REVISADO: R.V.T.	CASERIO: TANCHO JALCA	DISTRITO: BAGUA GRANDE	

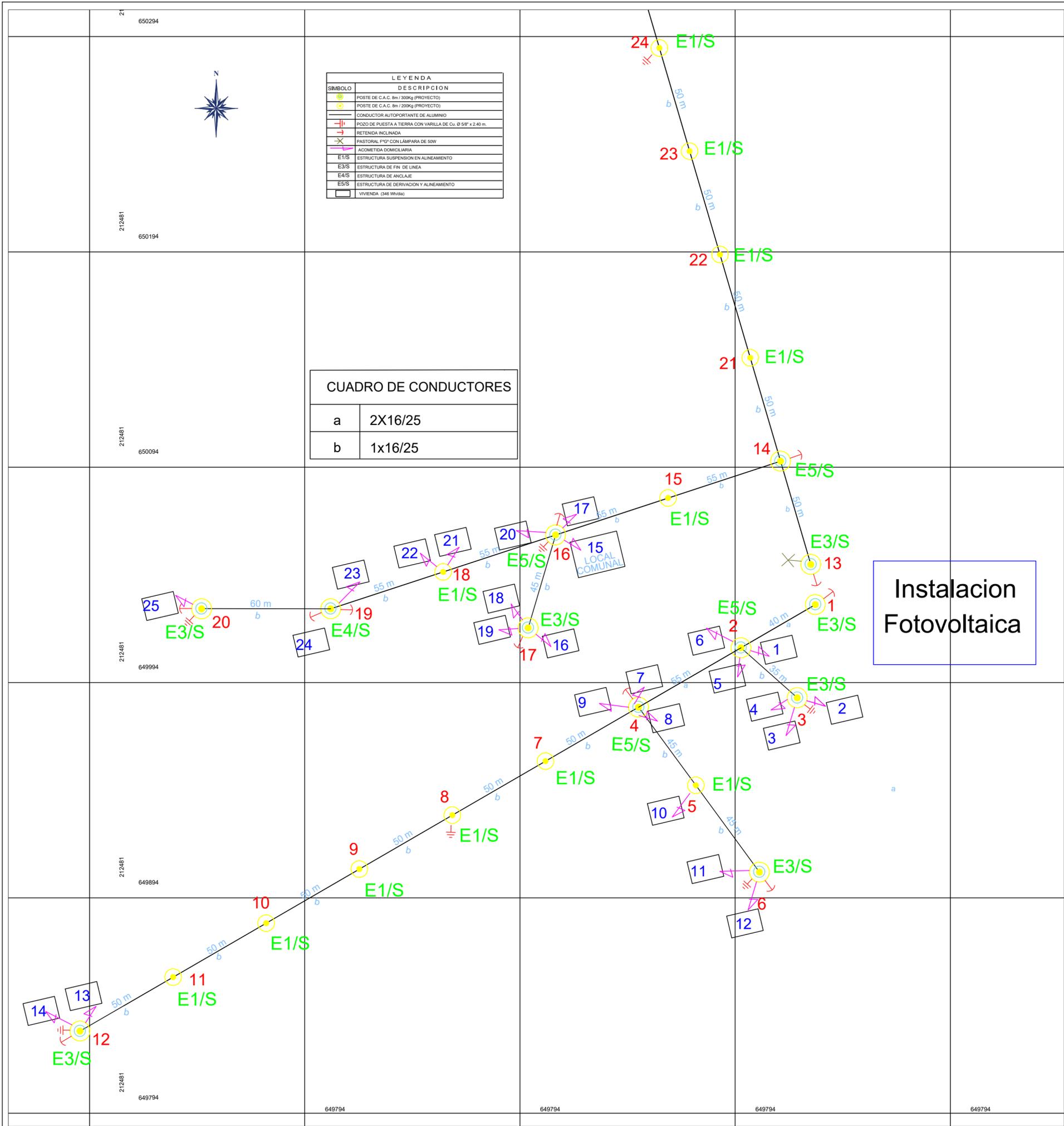
**ANEXO N° 07. METRADO Y PRESUPUESTO DE LA RED  
DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA**



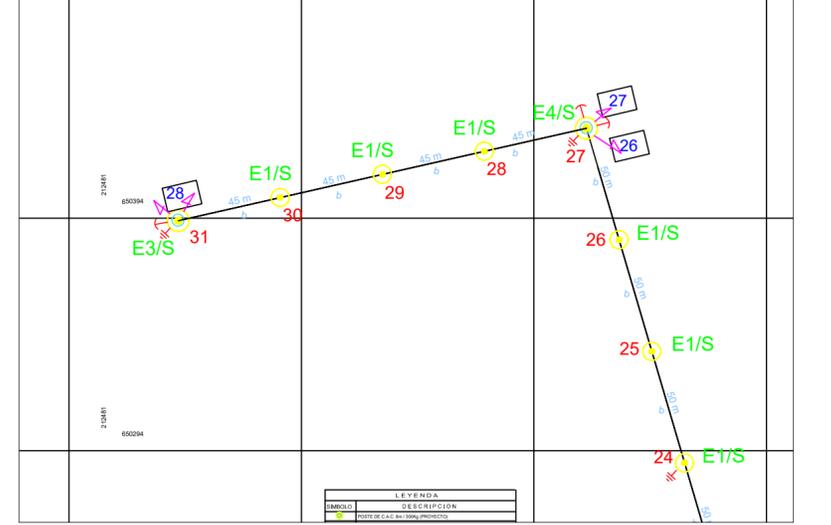
VALOR REFERENCIAL- SUMINISTRO DE MATERIALES					
SUMINISTRO DE MATERIALES PARA REDES SECUNDARIAS					
REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS 220 V, PARA LA TESIS : "DIMENSIONAMIENTO Y SIMULACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CASERIO TANCHO JALCA EN BAGUA GRANDE UTILIZANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER"					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	Metrado Total Cantidad	Costo Unitario \$/.	TOTAL \$/.
1.00	<b>POSTES DE CONCRETO ARMADO CENTRIFUGADO</b>				
1.01	POSTE DE CAC 8m/200 daN (INCLUYE PERILLA)	u	17,00	645,75	10 977,75
1.02	POSTE DE CAC 8m/300 daN (INCLUYE PERILLA)	u	14,00	410,00	5 740,00
	<b>SUB-TOTAL 1:</b>				<b>16 717,75</b>
2.00	<b>CABLES Y CONDUCTORES DE ALUMINIO</b>				
2.02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 1X16/25	Km	1,61	4000,00	6 446,00
2.05	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO TIPO 2X25/25	Km	0,04	6000,00	240,00
	<b>SUB-TOTAL 2:</b>				<b>6 710,00</b>
3.00	<b>ACCESORIOS DE CABLES AUTOPORTANTES</b>				
3.01	GRAPA DE SUSPENSION ANGULAR PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm <sup>2</sup>	u	20,00	13,00	260,00
3.02	GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO DE 25 A 35 mm <sup>2</sup>	u	16,00	15,00	240,00
3.03	CONECTOR BIMETÁLICO, PARA Al 25mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u		5,57	10,50
3.04	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA Al 35mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓ	u		10,50	10,50
3.05	CONECTOR, PARA Al 25mm <sup>2</sup> , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u	4,00	6,70	26,80
3.06	CONECTOR AISLADO, PARA Al 35mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓ	u		10,50	10,50
3.07	CORREA PLASTICA DE AMARRE COLOR NEGRC	u	130,00	0,35	45,50
3.08	CINTA AUTOFUNDANTE PARA EXTREMO DE CABLE	u	16,00	3,05	48,80
3.09	CINTA AISLANTE	rl	100,00	3,60	360,00
	<b>SUB-TOTAL 3:</b>				<b>981,10</b>
4.00	<b>CABLES Y CONDUCTORES DE COBRE</b>				
4.04	CONDUCTOR DE Cu RECOCIDO, TIPO N2XY, BIPOLAR, 2x10 mm <sup>2</sup> , CUBIERTA NEGRA	m		11,76	
4.07	CONDUCTOR DE COBRE CONCENTRICO, 2 x 4 mm <sup>2</sup> , CON AISLAMIENTO Y CUBIERTA DE PVC	m	540,00	4,90	2 646,00
4.08	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DESNUDO DE 16 mm <sup>2</sup>	m	81,00	6,60	534,60
	<b>SUB-TOTAL 4:</b>				<b>3 180,60</b>
5.00	<b>LUMINARIAS, LAMPARAS Y ACCESORIOS</b>				
5.01	PASTORAL TUBO A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> 38 mm f, INT.; 500mm AVANCE HORIZ.; 720 mm ALTURA, Y 20° INCLINACION, PROVISTO DE 2 ABRAZADERAS DOBLES PARA POSTE DE CAC	u	1,00	90,00	90,00
5.02	LUMINARIA COMPLETA CON EQUIPO PARA LAMPARA DE 50 W	u	1,00	196,00	196,00
5.03	LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION DE 50 W	u	1,00	35,00	35,00
5.04	PORTA FUSIBLE UNIPOLAR 220V, 5A, PROVISTO CON FUSIBLE DE 1A	u	1,00	25,00	25,00
5.05	CONECTOR BIMETÁLICO FORRADO PARA Al 35 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA TIPO PERFORACIÓ	u	1,00	10,50	10,50
5.06	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA NEUTRO DESNUDO TIPO CUÑA	u	1,00	5,92	5,92
	<b>SUB-TOTAL 5:</b>				<b>362,42</b>
6.00	<b>RETENIDAS Y ANCLAJES</b>				
6.01	CABLE DE ACERO GRADO SIEMENS MARTIN, DE 10 mm Ø, 7 HILOS	m	130,00	4,20	546,00
6.02	PERNO ANGULAR CON OJAL-GUARDACABO DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> , 16 mm Ø x 203 mm, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	u	78,00	9,50	741,00
6.04	VARILLA DE ANCLAJE DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> DE 16 mm Ø x 2,40 m, PROV. DE OJAL GUARD. EN UN EXTREMO; TCA Y CTC EN EL OTRO	u	13,00	35,00	455,00
6.05	ARANDELA DE ANCLAJE, DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> , 102 x 102 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mmØ	u	13,00	5,00	65,00
6.06	MORDAZA PREFORMADA, DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> PARA CABLE DE 10 mm Ø	u	25,00	9,00	224,00
6.07	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> , 57 x 57 x 5 mm, AGUJERO DE 18 mmØ	u	26,00	2,00	52,00
6.08	SOPORTE DE CONTRAPUNTA DE 51 mmØx1000mm DE LONG. CON ABRAZADERA PARTIDA EN UN EXTREM	u		70,00	70,00
6.09	ALAMBRE DE ACERO N° 12, PARA ENTORCHADO	m	39,00	1,00	39,00
6.10	BLOQUE DE CONCRETO DE 0,40 x 0,40 x 0,15 m	u	13,00	28,00	364,00
6.11	CONECTOR BIMETÁLICO FORRADO PARA Al 25 mm <sup>2</sup> Y COBRE DE 16mm <sup>2</sup> , TIPO CUÑA	u	13,00	6,70	87,10
6.12	CONECTOR DOBLE VIA BIMETÁLICO PARA CABLE DE ACERO DE 10mmØ Y COBRE DE 16 mm <sup>2</sup>	u	13,00	5,92	76,96
	<b>SUB-TOTAL 6:</b>				<b>2 660,06</b>
7.00	<b>ACCESORIOS DE FERRETERIA PARA ESTRUCTURAS</b>				
7.01	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		9,80	
7.02	PERNO CON GANCHO DE 16mm Ø, PROVISTO DE ARANDELA, TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	21,00	10,80	226,80
7.03	PERNO DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> DE 13mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		7,70	
7.04	PERNO DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> DE 13mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	31,00	8,20	254,20
7.05	PERNO CON OJAL, DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> DE 16mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 203 mm	u		9,30	
7.06	PERNO CON OJAL, DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> DE 16mm Ø, PROVISTO DE TUERCA Y CONTRAT., LONG. 254 mm	u	14,00	11,20	156,80
7.07	TUERCA-OJAL DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> PARA PERNO DE 16 mmØ	u	2,00	8,30	16,60
7.08	FLIJE DE ACERO INOXIDABLE DE 19 mm PROVISTO DE HEBILLA, 40 cm LONGITUI	u		6,58	
7.09	ARANDELA CUADRADA CURVA DE 57x57 mm, AGUJERO DE 18mmØ	u	32,00	2,00	64,00
7.11	CAJA DE DERIVACION PARA ACOMETIDAS, SISTEMA 220 V (10 BORNERAS EN CADA BARRA DE Cu)	u		185,00	
7.12	PORTALINEA UNIPOLAR DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> , PROVISTO DE PIN DE 10 mm Ø	u	62,00	4,28	265,36
	<b>SUB-TOTAL 7:</b>				<b>983,76</b>
8.00	<b>PUESTA A TIERRA</b>				
8.01	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE DE 16 mm Ø x 2,40 m	u	9,00	43,00	387,00
8.02	CONECTOR BIMETÁLICO PARA Al 25 mm <sup>2</sup> Y COBRE DE 16mm <sup>2</sup> , TIPO CUÑA	u	9,00	7,20	64,80
	CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE 16 mm Ø Y CONDUCTOR DE COBRE 16 mm <sup>2</sup>	u	9,00	6,50	58,50
	<b>SUB-TOTAL 8:</b>				<b>510,30</b>
9.00	<b>CONEXIONES DOMICILIARIAS</b>				
9.01	TUBO DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup> STANDARD / REDONDO DE 19mm x 1,5mm x 2,5m, PROVISTO DE CODC	u	14,00	33,49	468,86
9.06	ARMELLA TIRAFONDO DE 10mm fx 64mm DE LONGITUD	u	28,00	1,20	33,60
9.07	TARUGO DE CEDRO DE 13 mm x50 mm	u	28,00	0,66	18,48
9.08	ALAMBRE GALVANIZADO N° 12 AWG	m	112,00	1,00	112,00
9.09	CONECTOR BIMETÁLICO AISLADO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA FASE AISLADA, TIPO PERFORACIÓ	u	28,00	10,50	294,00
9.10	CONECTOR BIMETÁLICO, PARA Al 25 mm <sup>2</sup> /Cu 4-10 mm <sup>2</sup> , PARA NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	u	28,00	4,30	120,40
9.11	TEMPLADOR DE A <sup>3</sup> C <sup>3</sup>	u	56,00	2,10	117,60
9.12	CAJA METÁLICA PORTAMEDIDOR, EQUIPADO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 10A	u	28,00	76,66	2 146,48
9.13	MEDIDOR MONOF. DE ENERGIA ACTIVA, TIPO ELECTRONICO CON MICRO PROCESADOR DE 220 V; 10-40 A; 60 Hz; CLASE 1.	u	28,00	90,00	2 520,00
	<b>SUB-TOTAL 9:</b>				<b>5 831,42</b>
<b>TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES</b>				<b>\$/.</b>	<b>37 937,41</b>

VALOR REFERENCIAL					
MONTAJE ELECTROMECANICO PARA REDES SECUNDARIAS					
REDES SECUNDARIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS 220 V, PARA LA TESIS : "DIMENSIONAMIENTO Y SIMULACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CASERIO TANCHO JALCA EN BAGUA GRANDE UTILIZANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER"					
B: MONTAJE ELECTROMECANICO					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNID.	METRADO	PRECIO	TOTAL
			TOTAL CANT.	UNIT. \$/.	\$/.
1.00	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
1.01	ESTUDIOS DE INGENIERIA DE LAS REDES SECUNDARIAS	Loc	1,0	650,00	650
	REPLANTEO TOPOGRAFICO, UBICACION DE ESTRUCTURAS E INGENIERIA DE DETALLE DE LAS REDES SECUNDARIAS	Loc	1,0	413,82	413,82
1.02	PAGO POR COMPENSACION DE SERVIDUMBRE Y DAÑOS	Ha	0,0	0,00	0,00
	<b>SUB-TOTAL 1:</b>				<b>1 063,82</b>
2.00	<b>INSTALACIÓN DE POSTES DE CONCRETO</b>				
2.01	TRANSPORTE DE POSTE DE CAC 8 m DE ALMACEN A PUNTO DE IZAJE	u	31,0	46,95	1 455,45
2.02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso)	m <sup>3</sup>	21,7	34,77	754,51
2.04	IZADO DE POSTE DE CONCRETO 8 m/200 daN. INCLUYE NUMERACION Y SENALIZACION DE ESTRUCTURA (*)	u	31,0	44,07	1 366,17
2.05	RELLENO Y COMPACTACIÓN PARA CIMENTACIÓN DE POSTE	m <sup>3</sup>	23,3	48,84	1 135,53
	<b>SUB-TOTAL 2:</b>				<b>4 711,66</b>
3.00	<b>INSTALACIÓN DE RETENIDAS</b>				
3.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	m <sup>3</sup>	24,7	34,77	858,82
3.02	INSTALACIÓN DE RETENIDA INCLINADA	u	13,0	35,34	459,42
3.03	INSTALACIÓN DE RETENIDA VERTICAL	u	0,0	38,70	0,00
3.03	RELLENO Y COMPACTACION PARA INSTALACION DE BLOQUE DE ANCLAJE	m <sup>3</sup>	32,1	38,05	1 221,79
	<b>SUB-TOTAL 3:</b>				<b>2 540,03</b>
4.00	<b>MONTAJE DE ARMADOS</b>				
4.01	ARMADO TIPO E1, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	18,41	0,00
4.02	ARMADO TIPO E1/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	17,0	14,79	251,43
4.03	ARMADO TIPO E2, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	20,33	0,00
4.04	ARMADO TIPO E2/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	18,41	0,00
4.05	ARMADO TIPO E3, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	18,94	0,00
4.06	ARMADO TIPO E3/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	8,0	14,92	119,36
4.07	ARMADO TIPO E4, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	20,33	0,00
4.08	ARMADO TIPO E4/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	2,0	18,41	36,82
4.09	ARMADO TIPO E5, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	26,42	0,00
4.10	ARMADO TIPO E5/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	4,0	23,14	92,56
4.11	ARMADO TIPO E6, CON CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	32,25	0,00
4.12	ARMADO TIPO E6/S, SIN CAJA DE DERIVACIÓN PARA ACOMETIDA	u	0,0	24,85	0,00
	<b>SUB-TOTAL 4:</b>				<b>500,17</b>
5.00	<b>MONTAJE DE CONDUCTORES AUTOPORTANTES</b>				
	COMPRENDE TENDIDO Y PUESTA EN FLECHA DE :				
5.01	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 3X16+16/25 mm2	km	0,0		0,00
5.02	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 2X16/25 mm2	km	0,0	606,89	26,70
5.05	CONDUCTOR AUTOPORTANTE DE ALUMINIO 1X16/25 mm2	km	1,6	510,25	822,27
	<b>SUB-TOTAL 5:</b>				<b>848,97</b>
6.00	<b>INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA</b>				
6.01	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO I (arcilloso y/o conglomerado)	m <sup>3</sup>	13,9	31,62	438,25
6.02	EXCAVACIÓN EN TERRENO TIPO II (rocoso)	m <sup>3</sup>	0,0	112,44	0,00
6.03	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 EN POSTE DE CONCRETO	u	9,0	18,19	163,71
6.04	RELLENO Y COMPACTACIÓN DE PUESTA A TIERRA	m <sup>3</sup>	18,0	45,57	821,17
	<b>SUB-TOTAL 6:</b>				<b>1 423,13</b>
7.00	<b>PASTORALES, LUMINARIAS Y LAMPARAS</b>				
7.01	INSTALACIÓN DE PASTORAL DE A° G°	u	1,0	19,63	19,63
7.02	INSTALACIÓN DE LUMINARIA Y LÁMPARA	u	1,0	34,58	34,58
	<b>SUB-TOTAL 7:</b>				<b>54,21</b>
8.00	<b>CONEXIONES DOMICILIARIAS</b>				
	INSTALACIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA, QUE CONPRENDE : CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIAS, MONTAJE DE MEDIDOR Y CONTRASTE DEL MEDIDOR.				
8.01	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CONFIGURACIÓN CORTA (SIN MEDIDOR)	u	20,0	35,26	705,20
8.02	CONEXIÓN DE ACOMETIDA DOMICILIARIA CONFIGURACIÓN LARGA (SIN MEDIDOR)	u	8,0	42,67	341,36
8.03	INSTALACION DE MEDIDOR DE ENERGIA ACTIVA ELECTRONICO	u	28,0	11,09	310,52
8.04	CONTRASTE DE MEDIDOR MONOFÁSICO DE ENERGÍA ACTIVA - ELECTRÓNICO	u	28,0	20,00	560,00
	<b>SUB-TOTAL 8:</b>				<b>1 917,08</b>
9.00	<b>PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO:</b>				
9.01	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	Loc	1,0	452,97	452,97
9.02	EXPEDIENTE TECNICO FINALES CONFORME A OBRA (1 ORIGINAL + 3 COPIAS) DE REDES SECUNDARIAS, INCLUYE LA PRESENTACIÓN DIGITALIZADA DE L EXPEDIENTE EN UN CD	Glb	1,0	150,00	150,00
	<b>SUB-TOTAL 9:</b>				<b>602,97</b>
<b>TOTAL MONTAJE ELECTROMECÁNICO</b>				<b>S/.</b>	<b>13 662,04</b>

## **ANEXO N° 08. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA**



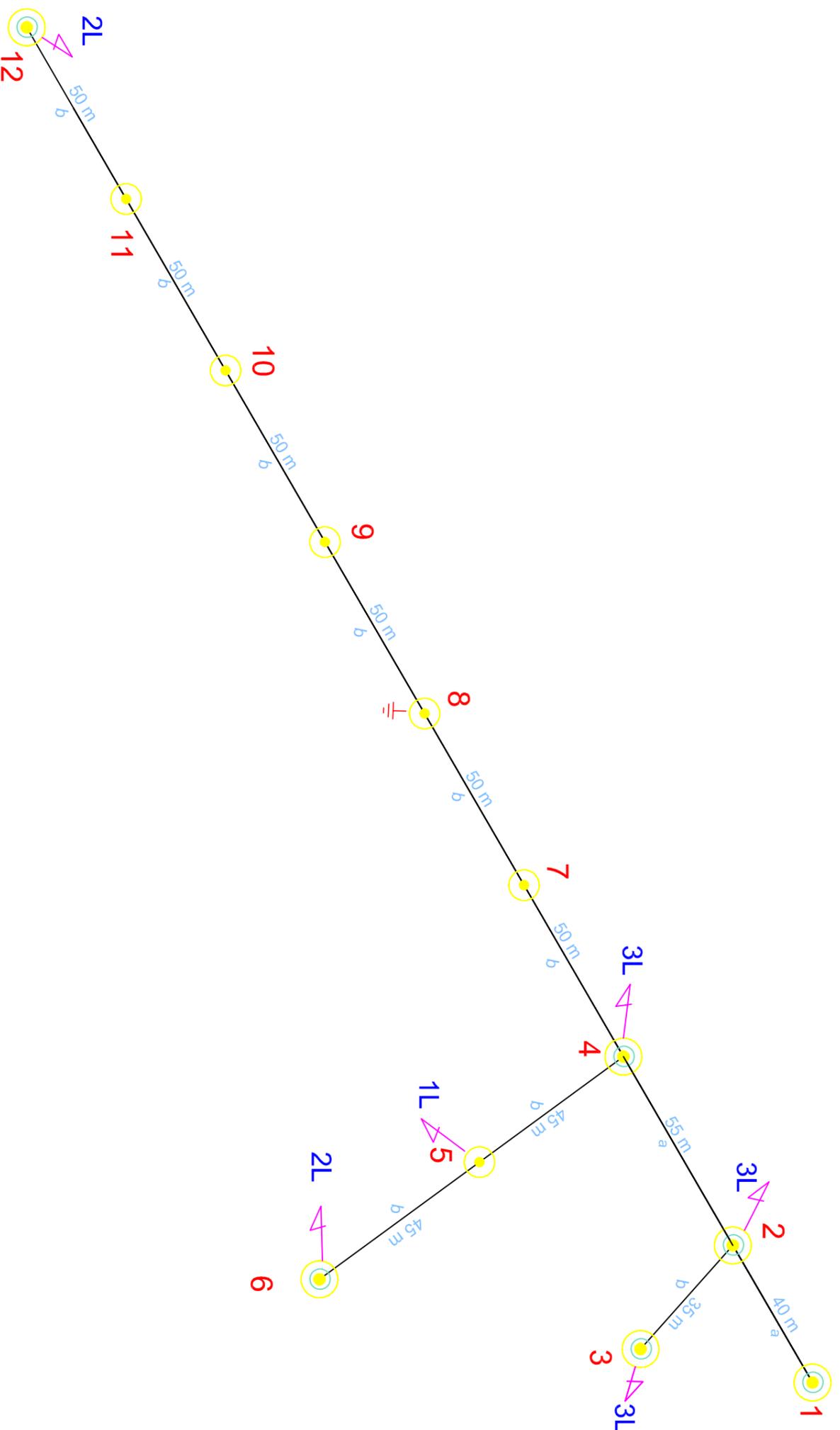
Instalacion  
Fotovoltaica



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO</b> FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA			
TESIS: "DIMENSIONAMIENTO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CASERÍO TANCHO JALCA EN BAGUA GRANDE UTILIZANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER"			
<b>RED DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA</b>			
RESPONSABLE: <b>ROIBER VASQUEZ TAPIA</b> BACHILLER EN INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	ESCALA: S/E	DPTO: AMAZONAS	LÁMINA: <b>RDS-01</b>
ELABORADO: R.V.T.	FECHA: ABRIL - 2019	PROVINCIA: UTCUBAMBA	
REVIZADO: R.V.T.	CASERÍO: TANCHO JALCA	DISTRITO: BAGUA GRANDE	

## **ANEXO N° 09. CAÍDA DE TENSIÓN RS**

# Instalacion Fotovoltaica



Servicio Particular											
Punto	Nº Lotes	Carga Especial	CORRIENTE [A]	POT. [W]	$\Sigma I$ [A]	Long. [m]	Tipo y Sección de Cond. [mm <sup>2</sup> ]	F.C.T. [V/A-km]	$\Delta V$ S.P. [V]	$\Sigma \Delta V$ Total [V]	% de $\Delta V$
1			0,0	0,0	7,2	30,0	1x16+N25	3,272	0,71	0,71	0,32%
2	6		3,1	678,0	7,2	40,0	1x16+N25	3,272	0,94	1,65	0,75%
4	6		3,1	678,0	4,1	55,0	1x16+N25	3,272	0,74	2,39	1,08%
7			0,0	0,0	1,0	50,0	1x16+N25	3,272	0,17	2,55	1,16%
8			0,0	0,0	1,0	50,0	1x16+N25	3,272	0,17	2,72	1,24%
9			0,0	0,0	1,0	50,0	1x16+N25	3,272	0,17	2,89	1,31%
10			0,0	0,0	1,0	50,0	1x16+N25	3,272	0,17	3,06	1,39%
11	2		0,0	0,0	1,0	50,0	1x16+N25	3,272	0,17	3,23	1,47%
12	2		1,0	226,0	1,0	50,0	1x16+N25	3,272	0,17	3,39	1,54%
3	3		1,5	339,0	1,5	35,0	1x16+N25	3,272	0,18	1,82	0,83%
5	1		0,5	113,0	1,5	45,0	1x16+N25	3,272	0,23	2,61	1,19%
6	2		1,0	226,0	1,0	45,0	1x16+N25	3,272	0,15	2,76	1,26%

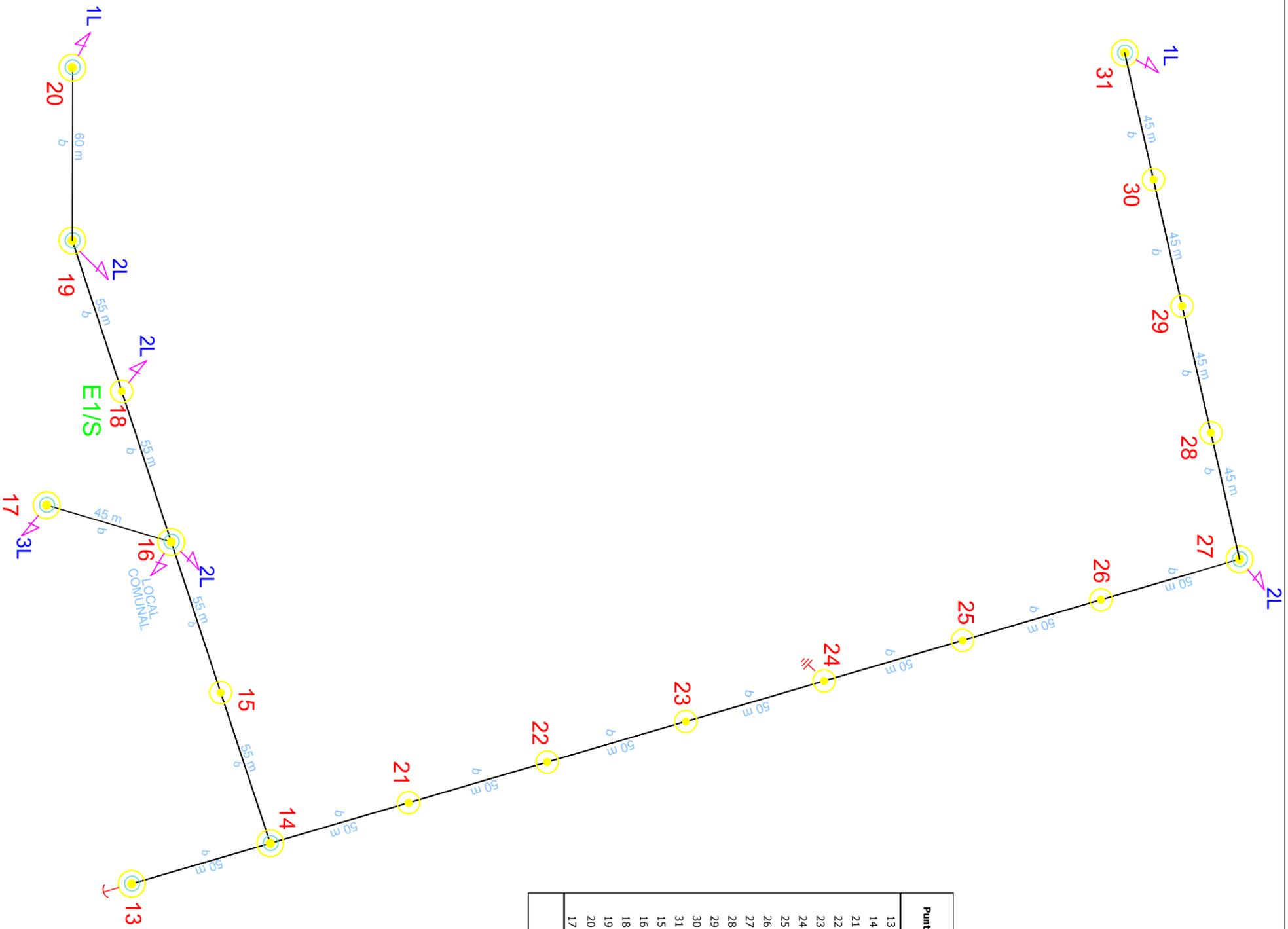
1,54% < 7% **ok**

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**TESIS:**  
" DIMENSIONAMIENTO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CASERIO TANCHO JALCA EN BAGUA GRANDE UTILIZANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER

**PLANO:**  
**CAÍDA DE TENSIÓN C-I**

<b>RESPONSABLE:</b> ROIBER VASQUEZ TAPIA		<b>ESCALA:</b> S/E		<b>DPTO:</b> AMAZONAS	
BACHILLER EN INGENIERIA MECANICA ELECTRICA		ABRIL.-2019		PROVINCIA: UTCUBAMBA	
<b>ELABORADO:</b> R.V.T.		<b>REVIZADO:</b> R.V.T.		<b>CASERIO:</b> TANCHO JALCA	
				<b>DISTRITO:</b> BAGUA GRANDE	
<b>CDT-01</b>					



Punto	Servicio Particular				Long.	Tipo y Sección de Cond.	F.C.T.	Δ V S.P.	Σ Δ V Total	% de Δ V
	Nº Lotes	Carga Especial	CORRIENTE [A]	POT. [W]						
13			0,0	0,0	30,0	2X16+25	3,272	0,88	0,88	0,40%
14	10	1	7,4	1634,0	50,0	1X16+N25	3,272	1,47	2,35	1,07%
21			0,0	0,0	50,0	1X16+N25	3,272	0,25	2,60	1,18%
22			0,0	0,0	1,5	1X16+N25	3,272	0,25	2,85	1,30%
23			0,0	0,0	50,0	1X16+N25	3,272	0,25	3,10	1,41%
24			0,0	0,0	1,5	1X16+N25	3,272	0,25	3,36	1,53%
25			0,0	0,0	1,5	1X16+N25	3,272	0,25	3,61	1,64%
26			0,0	0,0	1,5	1X16+N25	3,272	0,25	3,86	1,75%
27	2		1,0	226,0	50,0	1X16+N25	3,272	0,25	4,11	1,87%
28			0,0	0,0	45,0	1X16+N25	3,272	0,08	4,19	1,90%
29			0,0	0,0	0,5	1X16+N25	3,272	0,08	4,26	1,94%
30			0,0	0,0	0,5	1X16+N25	3,272	0,08	4,34	1,97%
31	1		0,5	113,0	45,0	1X16+N25	3,272	0,08	4,41	2,01%
15			0,0	0,0	5,0	1X16+N25	3,272	0,90	3,25	1,48%
16	5	1,0	2,4	534,5	55,0	1X16+N25	3,272	0,90	4,15	1,88%
18	2		1,0	226,0	55,0	1X16+N25	3,272	0,46	4,61	2,09%
19	2		1,0	226,0	1,5	1X16+N25	3,272	0,28	4,89	2,22%
20	1		0,5	113,0	60,0	1X16+N25	3,272	0,10	4,99	2,27%
17	3		1,5	339,0	1,5	1X16+N25	3,272	0,23	4,37	1,99%
<b>2,27% &lt; 7% OK</b>										

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS:  
 "DIMENSIONAMIENTO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL CASERIO TANCHO JALCA EN BAGUA GRANDE UTILIZANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL HOMER

**CAÍDA DE TENSIÓN C-II**

**Instalacion**  
**Fotovoltaica**

RESPONSABLE: <b>ROIBER VASQUEZ TAPIA</b>	ESCUELA: SIE	PROYECTO: ABRIL - 2019	PROYECTO: UTCUBAMBA	ELABORADO: R.V.T.	REVISADO: R.V.T.	DISTRITO: BAGUA GRANDE	ESTADISTICA: CDT-02
---	-----------------	---------------------------	------------------------	----------------------	---------------------	---------------------------	------------------------