

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Diseño técnico - económico de autogeneración de  
energía eléctrica para oficina administrativa en  
la ciudad de Arequipa, 2020**

Isaac Zacarías Portugal Chalco

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

**Ing. Ronald Alex Gaona Gallegos**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por ser mi guía en mí existir, ser el sostén y hacerme fuerte en todo instante, antes las debilidades y conflictos, así como también por bendecir mi vida y mi familia.

Agradecido con mis padres, por ser autores en alcanzar mis ilusiones, por su confianza, por sus lecciones, y lo más importante los principios éticos inculcados.

Gracias a mis hijos, quienes son mi motivación, mi fortaleza para no detenerme en alcanzar mis sueños

Quiero expresar mi gratitud a todos los miembros que conforman la Universidad Continental, por permitir desarrollar mis estudios y progresar como profesional.

Por último, quiero agradecer al Ing. Ronald Alex Gaona Gallegos, por ser contribuyente con sus conocimientos y dedicación para llevar a cabo este trabajo de investigación

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, ya que está presente siempre en mi vida, bendiciéndome y fortaleciéndome para continuar con mis objetivos sin debilitarme.

A mis padres y a mis hijos, con su cariño, familiaridad, apoyo, son fuente promotora de mis logros, pude alcanzar culminar mi carrera profesional, de igual manera a todas aquellas personas que estuvieron conmigo a lo largo de mi carrera cooperando en mi formación profesional y como ser humano.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>3</b>
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.1.2 Formulación del problema.....	4
1.1.2.1 Problema General .....	4
1.1.2.2 Problemas Específicos .....	4
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 Objetivo General .....	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN O IMPORTANCIA DEL ESTUDIO .....	5
1.4 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	6
1.4.1 Hipótesis General.....	7
1.4.2 Hipótesis Específica.....	7
1.5 VARIABLES .....	7
1.5.1 Variable Dependiente.....	7
1.5.2 Variable Independiente. ....	7
1.5.3 Operacionalización de Variables .....	8
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	9
2.1.1 Nacionales .....	9
2.1.2 Internacionales.....	11
2.2 BASES TEÓRICAS.....	14
2.2.1 Diseño Técnico y Económico .....	14
2.2.2 Energía Solar .....	16
2.2.3 Radiación Solar.....	17
2.2.4 Sistema Solar Fotovoltaico.....	19
2.2.5 Sistema Solar Fotovoltaico Conectado a una Red Eléctrica .....	20

2.2.5.1	Paneles Solares .....	21
2.2.5.2	Inversor .....	25
2.2.5.3	Cableado .....	26
2.2.6	Angulo de inclinación y ubicación de los paneles solares.....	27
2.2.7	Esquema de Conexión a La Red.....	28
2.2.8	Método Financiero de Valorización e Inversiones .....	30
2.2.9	Cotejo entre valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) .....	32
2.3	DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	34
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>		<b>36</b>
3.1	MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....	36
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	37
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.4	TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	37
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>39</b>
4.1	RESULTADO DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	39
4.2	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	75
4.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	79
CONCLUSIÓN.....		83
BIBLIOGRAFÍA.....		85
ANEXOS.....		88

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Tensión nominal de los cables .....	27
Tabla 2.	Radiación de Arequipa 2019. ....	41
Tabla 3.	Requisitos mínimos de iluminación .....	43
Tabla 4.	Potencia de los equipos que representa consumo de energía.....	44
Tabla 5.	Cuadro de carga de equipos eléctricos .....	44
Tabla 6.	Categoría de tensión y corriente eléctrica para elegir el inversor.....	51
Tabla 7.	Sección y extensión de los cables a usar en el sistema fotovoltaico.....	57
Tabla 8.	Datos técnicos de cable Top Solar PZ ZZ-F .....	57
Tabla 9.	Valores máximos de resistencia de puesta tierra.....	58
Tabla 10.	Datos técnico de fusibles.....	63
Tabla 11.	Tabla de elCección de protección magnetotermica y diferencial .....	65
Tabla 12.	Horas diurnas de sol por mes.....	69
Tabla 13.	Estimación de costo de la instalación .....	71
Tabla 14.	Costo de retribución por producción de energía anual .....	72
Tabla 15.	Retribución por lapso de tiempo .....	73
Tabla 16.	Comparación de presupuesto de inversión de los tipos de sistema fotovoltaico solar .....	75
Tabla 17.	Incidencia de la radiación solar promedio en la ciudad de Arequipa, datos del software atmosférico de la NASA .....	77
Tabla 18.	Clasificación de la radiación solar .....	78
Tabla 19.	Retribución financiera del sistema solar fotovoltaico .....	79

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Trayectoria de la tierra alrededor del sol .....	17
Figura 2:	Irradiación solar en superficie.....	18
Figura 3:	Tipos de radiación solar cuando atraviesa la atmósfera terrestre .....	18
Figura 4:	Atlas mundial de irradiancia solar promedio. ....	19
Figura 5:	Esquema del funcionamiento de un sistema fotovoltaico conectado a la red. ....	20
Figura 6:	Distribución del sistema solar fotovoltaico interconectado a la red .....	21
Figura 7:	Función de la célula fotovoltaica.....	22
Figura 8:	Placa de silicio policristalino .....	24
Figura 9:	Placa de silicio monocristalino.....	24
Figura 10:	Panel de manto fino .....	25
Figura 10:	Tipos de inversor acoplado al sistema fotovoltaico con conexión a red .....	26
Figura 12:	Trópicos durante los solsticios.....	28
Figura 13:	Inclinación de las placas solares fotovoltaicas.....	28
Figura 14:	Esquema de enlace a la red .....	29
Figura 15:	Relación que existe entre el VAN y la TIR.....	33
Figura 16:	Diagrama de Flujo para sistema fotovoltaico conectado a la red. ....	39
Figura 16:	Mapa de Ubicación De Arequipa .....	40
Figura 18:	Irradiación Solar Anual .....	42
Figura 19:	Plano de distribución Oficina Administrativa .....	43
Figura 20:	Diagrama del sistema solar fotovoltaico conectado a la red .....	45
Figura 21:	HAWUEI modelo SUN2000-8KTL-MO .....	52
Figura 22:	Funcionamiento de sistema puesta tierra .....	61
Figura 23:	Fusible Bussman.....	62
Figura 24:	Termomagnético ABB de 25 A de 2 polos.....	66
Figura 25:	Interruptor diferencial 25A – ABB .....	67
Figura 26:	Vatímetro X3 Híbrido .....	68
Figura 27:	Curva “S” de costos a corto, mediano y largo plazo .....	73
Figura 28:	Comparación de presupuesto de inversión de los tipos de sistema fotovoltaico solar .....	77

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como título “DISEÑO TÉCNICO – ECONÓMICO DE AUTOGENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA OFICINA ADMINISTRATIVA EN LA CIUDAD DE AREQUIPA, 2020.”, su objetivo es diseñar técnica y económicamente la autogeneración de energía eléctrica, ofreciendo energía eficiente y oprimir los gastos por utilización de energía eléctrica y contribuirá con el ambiente.

La capacidad de energía solar en la ciudad de Arequipa fue verificada a partir de los datos suministrados por el software atmosférico de la NASA y mediante el aplicativo en Excel y software de DIALux para la obtención energía consumida, para así establecer el total de energía.

Posteriormente, para establecer la viabilidad del proyecto en estudio se efectuó el presupuesto de todos los recursos para poner en funcionamiento el sistema solar fotovoltaico y una evaluación económica donde se aplicaron los criterios de valor neto actual (VAN), tasa interna de rentabilidad (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión.

Obteniéndose como resultados una radiación en Arequipa promedio en el año de 6.41 kWh/m<sup>2</sup>/día, el sistema fotovoltaico aportara anual 39.229.20 kWh, y su retribución por el suministro de energía eléctrica anual de S/. 22,635.25. Se realizó el análisis económico a partir de la inversión inicial de S/. 45,718.75 y considerando la vida útil del sistema de 20 años, resultando de los métodos económicos un VAN de S/. 118.530,17, una TIR de 53% y PR de 2.01 años.

**Palabra clave:** paneles solares, sistema solar fotovoltaico, optimización técnica-económica.

## ABSTRACT

The title of this work is "TECHNICAL - ECONOMIC DESIGN OF SELF-GENERATION OF ELECTRICAL ENERGY FOR ADMINISTRATIVE OFFICE IN THE CITY OF AREQUIPA, 2020.", its objective is to design technically and economically the self-generation of electrical energy, offering efficient energy and oppressing costs for utilization of electrical energy and will contribute to the environment.

The solar energy capacity in the city of Arequipa was verified from the data provided by NASA's atmospheric software and through the Excel application and DIALux software to obtain consumed energy, in order to establish the total energy.

Subsequently, to establish the viability of the project under study, a budget was made for all the resources to put the solar photovoltaic system into operation and an economic evaluation where the criteria of net present value (NPV), internal rate of return (IRR) were applied. and the investment payback period.

Obtaining as results an average radiation in Arequipa in the year of 6.41 kWh / m<sup>2</sup> / day, the photovoltaic system will contribute 39,229.20 kWh annually, and its remuneration for the annual electricity supply of S /. 22,635.25. The economic analysis was carried out from the initial investment of S /. 45,718.75 and considering the useful life of the system of 20 years, resulting from the economic methods a NPV of S /. 118,530.17, an IRR of 53% and a PR of 2.01 years.

**Key word:** solar panels, photovoltaic solar system, technical-economic optimization.

## INTRODUCCIÓN

La energía fotoeléctrica, es transformada en electricidad mediante paneles solares y estos están compuestos de unas fotocélulas con materiales semiconductores, teniendo sus ventajas primordiales que es una energía eléctrica inagotable y lo más importante que no contamina al medio ambiente, no genera gases efectos invernaderos y tampoco afecta a los cambios climáticos, este tipo de recurso proveniente de la radiación solar, favorece de manera significativa al desarrollo sostenible.

La producción de energía eléctrica es fundamental para el progreso socioeconómico de un país, motivado a que la electricidad es el consumo vital para la obtención de la mayoría de los beneficios y atenciones que actualmente adquirimos. Igualmente, nos genera bienestar y calidad de vida, es por ello que el abastecimiento de energía eléctrica debe ser estable, de manera continua y confiable. En el presente el consumo de energía eléctrica ha tenido un alza en su consumo, acarreado la búsqueda de más fuentes de energía para poder satisfacer la demanda, aunque la implementación es altamente costoso y sobretodo origina que los recursos naturales con los que contamos se extingan; con lo antes expuesto el interés es buscar alternativas partiendo de las energías renovables.

Perú tiene un balance positivo en radiación solar, por sus características geográficas y climatológicas, pudiendo así aprovechar al máximo su potencial en energía solar, también cuenta con una institución promotora de las energías renovables siendo esta la Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas trabajando conjuntamente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para la creación de un mapa solar lo cual dará lugar a considerar el potencial disponible y a su vez es un instrumento significativo para el aprovechamiento de la energía solar.

Se propone en el presente trabajo de investigación, abastecer las instalaciones de la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa con el sistema fotovoltaico interconectado a la red. Se considera abastecimiento de iluminación, energías para las computadoras, fotocopiadora, impresora, y demás equipos electrónicos, también la inclusión del análisis de carga, tipo de panel, así como el cálculo del número de los mismos, y de la eficiencia arrojada por él, ubicación según la orientación y demás mecanismos del sistema a utilizar, la implementación de este sistema es que pueda generar su propia energía eléctrica en el transcurso del día aprovechando la energía solar que cuenta la región de Arequipa, de igual manera se realizará un análisis económico para determinar su rentabilidad, viabilidad y tiempo de retorno de la inversión. Este proyecto tiene como fin realizar una propuesta de

diseño técnico y económico de autogeneración de energía eléctrica para la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa y obtener beneficios económicos, ambientales y sociales.

# **CAPÍTULO I:**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

Partiendo de los indicios del sol de su propia capacidad para generar energía, este es el origen de todas las energías renovables, en definitiva, es la fuente de la vida en la tierra y debemos aprovechar su energía, las energías renovables aportan recursos limpios e inagotables, Perú es un país privilegiado debido a que en toda su extensión existe radiación solar directa, según el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, tiene una elevada radiación solar anual siendo en la sierra de aproximadamente 5.5 a 6.5 kWh/m<sup>2</sup>; 5.0 a 6.0 kWh/m<sup>2</sup> en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4.5 a 5.0 kWh/m<sup>2</sup>.

Adicional el Gobierno Peruano en el 2011 consideró el Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables, de igual manera en septiembre del 2015 se promulga el Decreto Legislativo No. 1221, dicho decreto busca mejorar la regulación de la distribución de electricidad, incluyendo en su artículo N° 2 Generación Distribuida, donde los usuarios del servicio público de electricidad pueden usar generación eléctrica renovable no convencional o de cogeneración, tienen derecho a disponer de ellos para su propio consumo o pueden inyectar sus excedentes al sistema de distribución, sin afectar la seguridad operacional del sistema de distribución al cual está conectado.

En vista de la radiación solar en el país, uno de los usos que se ha desarrollado con más frecuencia es la energía solar térmica que aprovecha la luz para convertirla en calor, esta fuente térmica, es aplicada en la zona sur de Perú principalmente en Arequipa y Puno, ya que la radiación es alta sobrepasa los 6 kWh/día. Usar las termas de agua se ha convertido en el principal uso doméstico siendo este el consumidor principal de energía, partiendo de estas iniciativas y dando conocer que el usar la energía solar tiene beneficios y se podría aprovechar al máximo, implementar la energía fotoeléctrica aprovechando el

sol se podría aplicar en los sistemas de riego, secadores de granos para la agricultura, bombeo de agua, iluminación, señalización, electrificación de viviendas, entre otros.

Con lo antes expuesto nace la iniciativa de la presente investigación que es diseñar técnica y económicamente la autogeneración de energía eléctrica para la oficina administrativa que abastezca la demanda eléctrica en la oficina administrativa de la región de Arequipa, con el fin de contribuir con el medio ambiente, la economía y garantizar la energía requerida; basándonos a la intención primordial de este trabajo nos planteamos lo siguiente.

- Las oficinas administrativas en la ciudad de Arequipa no cuentan con alternativas técnica-económicas que suplan el consumo de energía de la red pública de electricidad que generen beneficios a la empresa.
- Las oficinas administrativas de la ciudad de Arequipa, no tienen datos del potencial de radiación que de las áreas geográficas que ocupan.
- No se cuenta con un análisis donde se demuestre la conveniencia o la no conveniencia de conectar la generación fotovoltaica producida en una oficina administrativa en la ciudad de Arequipa a la red de pública de electricidad.
- No se cuenta con un análisis de retribución de la factura en el costo por consumo de energía eléctrica de la acción de conectar la generación fotovoltaica producida en una oficina administrativa en la ciudad de Arequipa con la red de pública de electricidad.

## **1.1.2 Formulación del problema**

### **1.1.2.1 Problema General**

¿Cuál será el diseño técnico y económico de la autogeneración de energía eléctrica para oficina administrativa en la ciudad de Arequipa?

### **1.1.2.2 Problemas Específicos**

¿Cuál es el potencial de radiación solar promedio y su valor energético para la producción de electricidad en una oficina administrativa en la ciudad de Arequipa?

¿De qué manera se podrá evaluar la factibilidad de la propuesta del diseño técnico y económico del sistema fotovoltaico con conexión a red como autogeneración para la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa?

¿Cómo se puede estimar la retribución de la facturación en el costo por consumo de energía eléctrica de la oficina administrativa con el uso del sistema solar fotovoltaico con conexión a red?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar técnica y económicamente la autogeneración de energía eléctrica para la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Evaluar el potencial de la radiación solar en la ciudad de Arequipa para el uso de autogeneración en el sistema fotovoltaico.

Determinar la factibilidad técnica y económica de autogeneración eléctrica con el sistema fotovoltaico con conexión a red en la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa.

Estimar la retribución de la facturación en el costo por consumo de energía eléctrica de la oficina administrativa con el uso del sistema solar fotovoltaico con conexión a red.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN O IMPORTANCIA DEL ESTUDIO**

El actual trabajo de investigación, centraliza su justificación en la búsqueda de opciones técnicas y económicas en la autogeneración de energía eléctrica para la elaboración de un diseño como propuesta, para que sea una iniciativa para proyectos próximos considerando que las energías renovables aportan recursos limpios e inagotables. Cabe destacar la importancia del presente estudio está en el hecho de hallar la mejor inversión en que genere ahorros en los costos de energía eléctrica, así como también dar a conocer el uso del sistema fotovoltaico y sus beneficios impulsar a nuevas alternativas de generación eléctrica.

### **Justificación Técnica**

Perú es el país con el mayor índice de radiación solar a nivel mundial. La causa principal de debe a la cercanía del país a la zona ecuatorial, donde la radiación ultravioleta cae en forma perpendicular sobre el territorio. Según datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), motivado a esta condición que por ser alta es Peligrosa, pero útil en el sur del Perú es propicio para la instalación de proyectos de energía solar, cabe destacar que en el desierto de Moquegua la planta solar más grande del Perú.

Sin embargo, la ciudad de Arequipa no está exenta de ello. La radiación en Arequipa alcanza niveles de 15 hasta 19 puntos, aunque el máximo permisible establecido por la OMS es de 11 puntos.

Debido a lo antes expuesto, el gobierno ha realizado el apoyo a los usuarios que quieran hacer uso de este recurso renovable inagotable generando un ahorro en el consumo de energía eléctrica y a su vez disminuir la contaminación ambiental. Partiendo de esto y aprovechando los beneficios de los recursos naturales; el presente proyecto pretende que la opción técnica y económica es invertir en la implementación de sistema de paneles solares para reducir el costo de producción en el concepto de luz eléctrica, ya que se sabe que el consumo de energía de instalaciones de oficinas administrativas, negocios, industrias representan un porcentaje considerable en sus costos.

Las ventajas de estos sistemas radican en su simplicidad, ya que por lo general son sistemas simples y modulares, se instalan fácilmente y pueden ampliar el sistema, la reparación y son sistemas adaptables a la mayoría de comunidades y a sus necesidades. Por medio de avances en la tecnología e incentivos contributivos, la energía solar es ahora una inversión financiera inteligente. Los incentivos reducen el costo significativamente, este es el mejor momento para comprar energía solar ya que puede protegerse de los aumentos en los costos energéticos.

### **Justificación Económica**

El resultado de la investigación permitirá reducir el costo de la facturación obtenida por el consumo de energía eléctrica de la oficina administrativa en Arequipa.

### **Justificación Social**

Esta investigación tiene la intención de brindar una nueva alternativa de generación eléctrica, la implementación de paneles fotovoltaicos genera energía eléctrica a partir de la irradiación solar, la cual será utilizada para abastecer el consumo de energía eléctrica de la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa. Además, la futura implementación del proyecto es amigable con el medio ambiente, puesto que la fuente primaria para la generación de energía eléctrica es la irradiación solar, la posible implementación del proyecto también beneficiará a la sociedad, quienes podrán formar nuevos conocimientos sobre este tipo de tecnologías, podrán obtener mejoras en otros servicios gracias al ahorro que ofrece tener una instalación mixta.

## **1.4 HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

### **1.4.1 Hipótesis General**

La propuesta de un sistema solar fotovoltaico con conexión a la red es el diseño técnico y económico factible para la autogeneración en la oficina administrativa localizada en la ciudad de Arequipa.

### **1.4.2 Hipótesis Específica**

El potencial de la incidencia solar en la ciudad de Arequipa es suficiente para la generación de energía eléctrica en la oficina administrativa localizada en la ciudad de Arequipa

La propuesta de autogeneración con un sistema solar fotovoltaico con conexión a red en la oficina administrativa de la ciudad de Arequipa es factible técnica y económicamente.

Se reducirá el costo de la facturación del consumo de energía eléctrica con el uso del sistema solar fotovoltaico con conexión a red en la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa.

## **1.5 VARIABLES**

### **1.5.1 Variable Dependiente**

Energía eléctrica.

### **1.5.2 Variable Independiente.**

Sistema solar fotovoltaico

### 1.5.3 Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicador	Instrumentos
<b>Variable Dependiente:</b> Energía eléctrica	La energía eléctrica es una forma de energía que se deriva de la existencia en la materia de cargas eléctricas positivas y negativas que se neutralizan	Consumo de energía eléctrica. Costo en facturación por consumo de energía eléctrica.	KWh Soles (S/.)	Análisis de consumo de energía Factura por consumo de energía
<b>Variable Independiente:</b> Sistema solar fotovoltaico	La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor	Irradiación solar Potencia Eléctrica Costo del sistema fotovoltaico	kWh/m2 kW Soles (S/.)	Análisis de consumo de energía Factura proforma

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

#### **2.1.1 Nacionales**

Mesones Abanto, (2019), en su tesis titulada “Dimensionamiento y Selección de un Sistema Solar Fotovoltaico de Conexión a la Red para el restaurante “El Zarco” ubicado en la Ciudad de Cajamarca”. El presente trabajo de investigación, tiene por objetivo elegir y evaluar un sistema fotovoltaico interconectado a la red y que proporcione energía de eficaz y la reducción en coste por utilidad de energía eléctrica, este estudio obtuvo por referencia la demanda máxima de energía eléctrica del restaurant y de la plataforma de la NASA obtuvieron el potencial de radiación solar de la ciudad de Cajamarca, aplicado cálculos técnicos y económicos, para determinar el consumo real, se instaló un analizador de redes, el cual medirá los valores de corriente y voltaje, finalmente, se plasma en el diagrama de carga que muestra la actuación de la potencia del consumo, concluyendo que son 9,6 kW de potencia que se requieren instalar, el método es de tipo autoconsumo temporal, por lo que trabajara de conexión dual con la red convencional, pudiendo satisfacer el consumo de energía cuando el sistema fotovoltaico no logre alcanzar el consumo máximo, Es importante acotar que la cantidad de energía anual obtenida por el software PVSYST 6.7.0 es de 13.48 MWh y que el sistema a instalar seria el ideal, así como también económicamente a un largo plazo, el periodo de recuperación de la inversión son 7 años, también cederá a disminuir el coste por consumo de energía eléctrica.

Atarama Montero, (2019), en su tesis “Evaluación del Potencial de Energía Solar para Generación de Energía Eléctrica, como una alternativa para disminuir el uso de Combustibles Fósiles, en La Región Piura”. Perú se considera que posee gran potencial de energía solar, es por ello que, el presente trabajo tiene por objetivo establecer la capacidad de utilización de radiación solar como alternativa para reducir el uso de

combustibles fósiles, para determinar el potencial real de energía se hace la recopilación de datos en siete provincias (Piura, Huancabamba, Sechura, Talara, Paita, Ayabaca y Morropon) en estas provincias existen estaciones meteorológicas automáticas (NRS Systems), monitorean con sus sensores los diferentes parámetros ambientales, datos que fueron usados para el presente estudio, también se requirió herramientas especializadas para la medición adecuada como lo son los pirómetros, los cuales fueron instalados en las estaciones antes mencionadas.

Con el propósito de establecer la cantidad de radiación solar y su transición temporal de la región, los datos fueron recopilados en tiempo real y acopiados en “data logger” (Estaciones NRS Systems), para promediar las mediciones en cada 10 minutos, dando como resultado en verano por la parte costera una potencia máxima de 6.8 kWh/m<sup>2</sup> y mínimo de 2.6 kWh/m<sup>2</sup> en invierno, concluyendo que en la ciudad de Piura es posible que se emplee la energía solar como fuente de energía eléctrica para secadores solar de café y cacao, deshidratación de frutas, bombas hidráulicas, sistema de transferencia de calor en las zonas de altas temperaturas, proporcionar energía a poblaciones aisladas, entre otros y posteriormente la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> y no contribuir con los cambios climáticos.

Sanchez Gutierrez, (2019). En su tesis de grado “Propuesta De Mejora Del Abastecimiento De Energía Con Paneles Solares Para Reducir Insatisfacción De Usuarios En Zarumilla-Tumbes”, el objetivo principal de esta investigación es evaluar la opción de energía solar mediante módulos solares para reemplazar el actual sistema eléctrico y disminuir la insatisfacción de los beneficiarios, el método que se implementó en este proyecto fue la encuesta cerrada 68 habitantes de la provincia, la cual procura ponderar las causas que no acceden al funcionamiento ideal del sistema actual, así como los elementos que representa insatisfacción de los beneficiarios. Tomando en cuenta que el 54.41% de los encuestados manifestaron descontento con el servicio eléctrico que actualmente tienen, por otro lado, el 48.65% indicó que una de las principales razones de no estar contento es por el costo del servicio eléctrico, así mismo manifestó el 91.18% está interesado con la propuesta de utilizar paneles solares.

De la indagación alcanzada se plasmó en el software estadístico SPSS 25. En referencia a los resultados alcanzados, se elaboró un antecedente del consumo de energía eléctrica arrojando mensualmente el consumo de 2,36 Gw en la provincia de Zarumilla y

diario se consume 7,9 kWh por grupo familiar. Logrando determinar que el panel solar que mejor se adapta es el panel monocristalino por tener el mejor beneficio y se requieren 13,440 paneles para cubrir la demanda. Esto se origina ya que el sistema eléctrico no puede satisfacer el consumo de la provincia, concluyéndose que se requiere un sistema solar fotovoltaico autónomo, aprovechando las condiciones climáticas y garantizar un servicio permanente en las 24 horas, cabe destacar que en la actualidad se cuenta con un arqueo de 280,48 MW resultando ser más accesible económicamente en cotejo con el sistema actual por más de 40 soles por kWh.

Díaz Mendoza (2017), en su trabajo de grado “Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para Suministrar Energía Eléctrica Al Caserío Laquipampa Bajo Incahuasi, 2017, cuyo objetivo es plantear un sistema solar fotovoltaico para inyectar energía eléctrica al caserío, ya que este diseño posibilita el suministro de energía eléctrica; para este estudio se realizó una recolección de datos a los pobladores en 35 viviendas lo cual representa un total de 120 habitantes del caserío, donde se analizó el consumo máximo en artefactos eléctricos e iluminarias, obteniendo diario 0,79 kW/día de energía consumida y llevando este consumo a un año será de 8,88 kW y en el trayecto de 20 años es de 11,65 kW. Estos resultados son en base a un estudio de mercadeo eléctrico del caserío, de igual manera se comprobó la radiación solar promedio con la obtención de los resultados del software atmosférico de la NASA de 4,47 kWh/m<sup>2</sup>/día. Concluyéndose que para la instalación de la centra fotovoltaico se requieren 2 reguladores de carga de 110A cada uno, 8 módulos de baterías de 48v-554, 2 inversores de corriente de 6kw, 2 interruptores termomagnético de 65A, este sistema fotovoltaico para su correcto funcionamiento arroja una inversión de 287.390,10 soles, lo que se podría decir que según el VAN (Valor Actual Neto) este proyecto no es económicamente factible pero socialmente si porque tiene una alta rentabilidad desarrollando un horizonte de vida social, educación, salud de los pobladores.

### **2.1.2 Internacionales**

Acero Herrera, et al., (2019), tesis de grado denominada “Guía Metodológica Para La Implementación Y Selección De Paneles Solares Fotovoltaicos Para Edificios Y Viviendas En La Ciudad De Bogotá D.C.”. El mencionado trabajo tiene como objetivo proyectar una guía metodológica donde se puedan constituir pautas técnicas y un balance en la elección de módulos solares fotovoltaicos, contribuyendo con las exigencias de instalación y de esta manera el constructor o usuario obtengan conocimientos previos para suplir sus expectativas y el ahorro económico, independientemente donde sea su uso, este

proyecto brindará información precisa por esquemas y padrones que expongan sus tipologías del costo haciendo comparativos para la selección adecuada por lo que se oferte en el mercado. Para la estructuración de la guía es necesario conocer la implementación de las células solares fotovoltaico y la información fue obtenida en visitas a empresas que elaboran las características de paneles y demás componentes que conforman el sistema, brindando información del rendimiento, funcionamiento, proceso de maniobra para su instalación, vida útil, mantenimiento y el coste de venta en el mercado; de igual manera se realizaron encuestas a la Facultad de arquitectura y a la colectividad para conocer el inconveniente principal de la instalación de un sistema fotovoltaico en los edificios o viviendas concluyendo que 63% de la población es por falta de conocimientos.

Así como también se desarrollaron comparaciones con los distintos tipos de panel para analizar los contenidos de beneficio energético, el voltaje, amperios, tensión y eficiencia, concluyéndose que los monocristalinos es el que mejor se adapta para edificios, su consumo de energía es más alto y tiene mayor rendimiento energético y los policristalinos para viviendas ya que su consumo es menor en comparación con los edificios. Otro método que se implementó fue un análisis de la irradiación solar por mes para distintas inclinaciones en kilovatios / horas (kv/h) donde se observó el promedio de inclinación siendo de 0° a 50° para obtener su mayor captación solar durante el año, teniendo en cuenta, que el panel debe estar con dirección del Oriente al Oeste. En base a lo anteriormente expuesto la implementación del sistema solar fotovoltaico es una opción viable que contribuiría a reducir costos en energía haciéndose rentable su instalación. (p.39).

García Barrero, et al., (2019), en su trabajo de grado “Diseño E Implementación De Un Sistema De Paneles Solares Como Prueba Piloto Para Suministro Energético De Dispositivos Móviles. El objetivo de este trabajo es plantear y efectuar un sistema con módulos solares para el abastecimiento de energía en artefactos móviles, con el propósito de atenuar las alteraciones ambientales originadas por el uso de las energías no renovables; para este estudio se realizó la recolección de datos con encuestas cerradas a la colectividad estudiantil y el personal administrativo de la universidad, donde se obtuvo el 98% de los encuestados estar dispuestos a cargar sus dispositivos móviles con energía producida de fuentes renovables, de acuerdo a los resultados de las encuestas surge la iniciativa de un sistema solar que sea llamativo a la zona ya que no cuenta con la presencia de vegetación de un “Árbol Solar” y así aprovechando la radiación directa, cabe destacar

que la energía solar en Villavicencio Meta está entre 4,0 kWhm<sup>2</sup> y 5,2 kWhm<sup>2</sup>, datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

En la ejecución del árbol solar la mayoría de sus materiales fueron reciclables y otros fueron seleccionados de bajo costos tomando en cuenta su durabilidad, resistencia, maleabilidad y soporte, lo cual permitió ahorrar \$350.000 en la fase del diseño estructural ante el presupuesto inicial \$639.000, el árbol contiene dos módulos solares de 80W, un acumulador de energía de gel de 150A y un regularizador de corriente de 30A, obteniendo un desplazamiento para inyectar potencia a 240 aparatos móviles promedios, pudiendo cargar 16 dispositivos en tiempo real, ya que fueron implementados 16 puertos de USB. De acuerdo con la implantación del sistema solar con cada Kilovatio generado aporta un beneficio significativo al ambiente ya que se dejaría de enviar 0,128 toneladas de Co<sub>2</sub> anuales a la superficie atmosférica, según cálculos aplicados más recientes por la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME.

Jerez Padilla, (2019), trabajo de grado “Diseño De Modelo De Sistemas De Generación Fotovoltaica En El Sector Inmobiliario Comercial, Caso Estudio: Centro Comercial Mall De Rancagua”. El presente trabajo tiene como objetivo primordial, establecer la factibilidad técnico-económica de la instalación de un sistema de generación fotovoltaica en el techo del Mall de Rancagua para reducir el consumo energético en cuanto a la climatización y con ello, la disminución de gases de efecto invernadero al medio ambiente. La finalidad del diseño fotovoltaico es ahorrar el consumo energético, este trabajo de investigación busca implementar en el techo del Mall, ya que su ubicación geográfica favorece en la cantidad de radiación que incide sobre la techumbre, el mismo cuenta con una superficie cercana a los 1.000 m<sup>2</sup> libres, partiendo de la radiación global promedio mensual horizontal para la Ciudad, se pudo obtener que la radiación promedio por mes de los paneles situados con la respectivamente en el techo del Mall es el mes de diciembre con 19.091 (kWh), mientras que el peor mes es junio con 6.576 (kWh), otro aspecto importante es conocer el consumo energético los cuales se recaudaron por las facturas de la empresa distribuidora CGE, dando como resultado que el consumo en promedio es de 374.389 (kWh), donde la mayor demanda se registra en verano siendo de 416.245 (kWh). Una vez obtenido la radiación, espacio y consumo se logró establecer que el panel Policristalino de 300W es el que mejor se adapta, permitiendo instalar 336 módulos con una capacidad de 100,8 (kWp) y cuatro inversores de 27,6 (kWp), generando cerca de 150 (MWh) al año, sin embargo, la demanda energética del Mall está muy por encima,

según el registro en el mes de verano. Otro aspecto relevante es la elaboración de un cuadro por mes de mitigación mensual de Toneladas de CO<sub>2</sub>, con el fin de conocer la mitigación en el año, tomando en cuenta una estimación anual de 150 MWh/año, el ahorro del uso de este sistema fotovoltaico estaría evitando enviar cerca de 53 Ton de CO<sub>2</sub> por año, se podría decir que es un ahorro que contribuye con el medio ambiente.

El costo incidente del sistema fotovoltaico los tienen los paneles, para la instalación del sistema solar y se pretende una inversión promedio de 89,4 millones de pesos, incluyendo todos los parámetros que se requiere para su instalación y funcionamiento, de tal manera se puede estar ahorrando anualmente cerca de 13 millones de pesos en una proyección de 20 años, debido a que la energía a utilizar sería la suministrada por el sistema fotovoltaico; cabe destacar que al octavo año se recuperaría la inversión, en conclusión la implementación del sistema Fotovoltaico genera beneficios en los años proyectados, por tanto, una valoración positiva para los directivos. Un aspecto importante para los avances energéticos en este país es que existen leyes, empresas certificadas, así como también los proyectos gubernamentales que apoyan la extensión para la instalación del sistema solar fotovoltaico para contribuir con el sistema energético.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Diseño Técnico y Económico**

Permite designar a aquella actividad que combina creatividad y técnica y que tiene por misión la creación de objetos que dispongan de utilidad y estética. Básicamente, el diseño, supone el pensamiento de soluciones a un tema o problemática, en tanto, nos podremos encontrar con esta actividad en diversos ámbitos de la vida. (Definiciones, 2007).

La acción de desarrollar una actividad lo más eficientemente posible, es decir, con la mínima cantidad de recursos y en un corto tiempo. La optimización, en general, implica lograr el mejor funcionamiento de algo, usando de la mejor forma los recursos. (ECONOMIPEDIA, 2020).

Arteaga Rodríguez, y otros (1991), manifiesta “el estudio de viabilidad proporciona una base técnica, económica y comercial para una decisión de inversión, se usan procedimientos y técnicas iterativas para optimizar todos los elementos críticos del proyecto. Se define la capacidad de producción, la tecnología, las inversiones y los costes de producción, los ingresos y la rentabilidad”. (p.33)

Por otra parte, (Meza Orozco, 2013), indica que el estudio técnico verifica la viabilidad de alcanzar el objetivo del proyecto a través de la alternativa seleccionada, aunque su objetivo principal del estudio técnico es crear la posibilidad de alcanzar la producción y vender el producto o servicio con la eficacia, cantidad y costo requerido, para lograrlo es necesario identificar tecnología, maquinarias, equipos, insumos, materia prima, procesos y recursos humanos, entre otros, también debe ir entrelazado con el estudio de mercado. Las tipologías específicas de cada acción personifican las decisiones tomadas en relación a las descripciones técnicas del proyecto, tales como: emplazamiento, tecnología, técnicas de producción, dimensión, organización y permanencia, entre otros componentes, el estudio técnico tiene lugar seguidamente después de la determinación de la demanda permisible para el proyecto, es decir, luego de la determinación de la población afectada y potencialmente beneficiaria. (p.16).

De igual manera (Sapag Chain y otros, 1991, p. 30), define “el estudio técnico tiene como objeto promover información para cuantificar el monto de las inversiones y costos de operación, uno de los resultados de este estudio será definir la función de producción que optimice la utilización de los recursos disponibles en la producción del bien o servicio del proyecto”.

Sapag Chain, y otros, (1991), expresa que el estudio económico como la “última etapa del análisis de factibilidad económica de un proyecto, los objetivos es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario, la sistematización consiste en identificar y ordenar todos los ítems de inversión, costos e ingresos que puedan deducirse de los estudios previos” (p.30).

La estimación de proyecto de inversión, consiste en tener en cuenta un conjunto de destrezas organizadas y variables para conseguir que un proyecto tenga posibilidades de triunfo; coexisten una serie de líneas de acción y de apreciación que pueden acceder a tener un enfoque más ecuánime en relación a la decisión de inversión que se quiere llevar a cabo y que se va a fijar a lo extenso del progreso del proyecto si éste es triunfante o no. (ECONOMIPEDIA, 2020).

Dentro de los parámetros económicos, es preciso especificar los fondos de inversión económica inicial y ponderar la utilidad como puede ser de ahorro en los costos que representará el proyecto, haciendo uso de esta indagación para fundar un esquema de entrada y salida de los fondos para la vida útil de la inversión; conjuntamente se tendrá que automatizar las técnicas económicas partiendo de la entrada y salida de dinero, esto nos permitirá realizar un análisis de productividad del proyecto. Estos coeficientes

financieros sirven para cotejar con facilidad proyectos electivos, usándose con más regularidad:

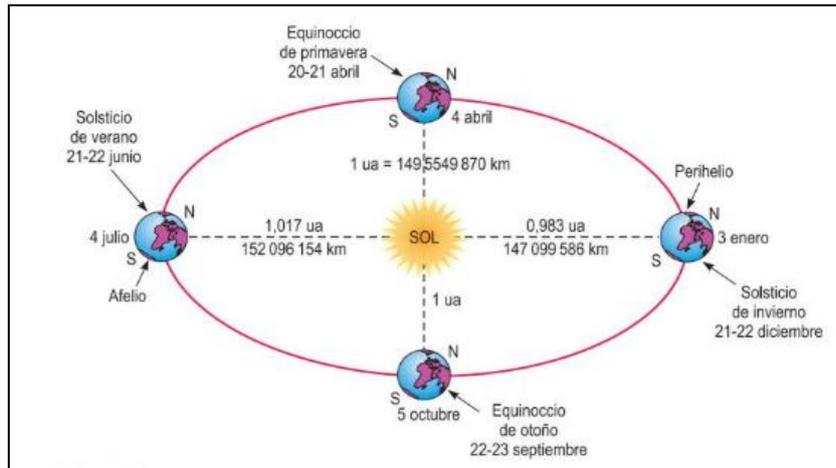
- VAN (Valor Actual Neto), establece la viabilidad del proyecto y accede cotejar la inversión inicial, ingreso y egresos.
- TIR (Tasa Interna De Retorno), muestra la productividad específica de la inversión.
- Payback o periodo de recuperación de capital, nos dice el lapso de tiempo pretendido para recuperar la inversión inicial.

### **2.2.2 Energía Solar**

Esta energía se consigue de la incidencia del sol y llega a la tierra en representación de luz, Méndez Muñiz y otros, (2012) afirman que “la energía solar necesita un sistema de captación y almacenamiento y que la radiación solar se puede aprovechar de varias maneras, como lo es de la utilización directa, la transformación en calor y transformación en electricidad”. (p.27).

Por otra parte, el sol manifiesta continuamente con una serie de reacciones termonucleares que desempeñan una cantidad suficiente de energía, una infinita porción de esa energía alrededor de una millonésima parte llega superficie terrestre. Una creciente sorprendente de energía solar de unos 1018 kilovatios horas (kWh) anuales, un volumen considerable que supera nuestro consumo energético anual y hasta la propia energía contenida en todas las reservas que conocemos de energía fósiles. (Moro Vallina, 2018 pág. 24).

El trayecto medido entre el sol y la tierra es de unos 149.597.870 kilómetros, y con el movimiento de traslación que hace la tierra alrededor del sol que dura alrededor de un año, los rayos del sol incurrirán más en unas regiones del planeta en unas épocas del año, dado a las variaciones climáticas que conocemos como estaciones. (Figura N° 1).



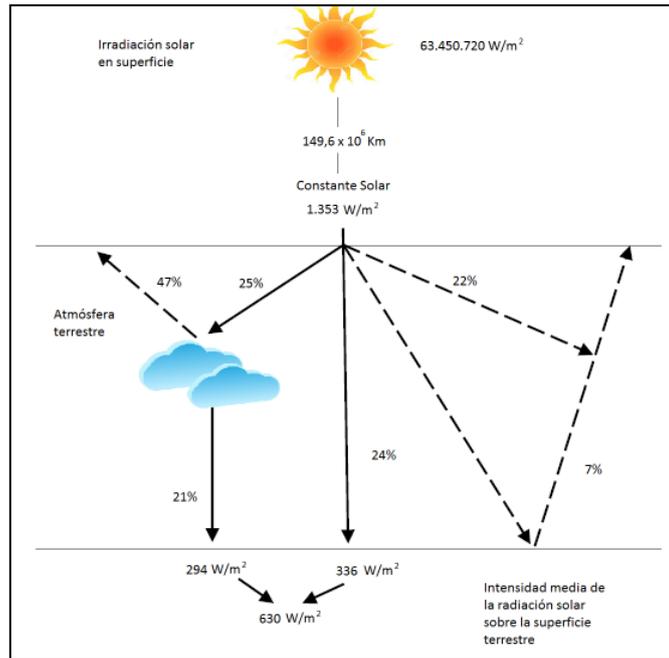
**Figura 1:** Trayectoria de la tierra alrededor del sol  
**Fuente:** “Instalaciones fotovoltaica” 2da edición, Moro (2018)

### 2.2.3 Radiación Solar

Es el conjunto de todas las emisiones electromagnéticas que el sol emite, habitualmente es luz y calor que tiene efectos en la tierra. (BIOENCICLOPEDIA, 2015).

Las irradiaciones pueden ser medidas y se representan en unidades de irradiancia, un elemento que manifiesta su energía por unidad de superficie, una peculiaridad específica de la radiación ya que se trata de un perfil de energía que puede ser transferida en el vacío, por lo que puede ser capaz de traspasar el espacio, el total de radiación solar que recibimos en el planeta depende de elementos como el recorrido entre sol y la tierra. (Definiciones, 2007).

Según Méndez Muñiz, y otros, (2012 pág. 29) definen que el “sol tiene una temperatura de 5.500 °C, esta energía liberada del sol se trasmite al exterior como radiación solar, siendo de 63.450.720 W/m<sup>2</sup>”.

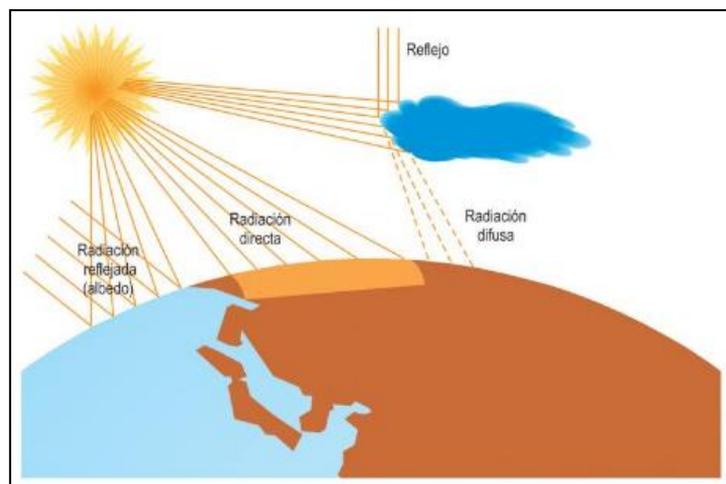


**Figura 2:** Irradiación solar en superficie.

**Fuente:** "Energía solar fotovoltaica" 2da edición, Méndez y Cuervo (2012)

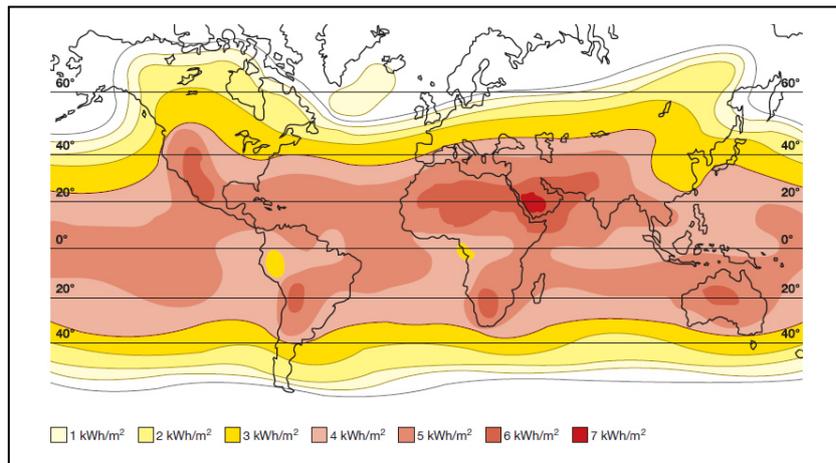
En relación de cómo se captan la irradiación solar se deduce que existen los siguientes tipos de irradiación

- Irradiación directa, es la que se recoge solamente del sol sin que se desalineé en su camino por la atmósfera.
- Irradiación difusa, tolera variabilidad en su orientación especialmente motivado a la reflexión y difusión atmosférica.
- Irradiación reflejada o albedo, es la que se recoge por reflexión al suelo u otra superficie próxima es decir es la radiación directa y difusa



**Figura 3:** Tipos de radiación solar cuando atraviesa la atmósfera terrestre

**Fuente:** "Instalaciones fotovoltaica" 2da edición, Moro, (2018).



**Figura 4:** Atlas mundial de irradiancia solar promedio.

**Fuente:** ABB, Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 10 plantas fotovoltaicas, 2011

## 2.2.4 Sistema Solar Fotovoltaico

Se podría decir que es el conjunto de dispositivos que sirven para reutilizar la energía solar y transformarla en electricidad, estos procedimientos se fundamentan en la cavidad que tienen las celdas fotovoltaicas de convertir la luz solar en energía eléctrica., (García Villas, 1999 p. 56), define que el “sistema fotovoltaico consta principalmente de un generador fotovoltaico o campo de paneles, este es el elemento captador de energía que recoge la radiación solar y la transforma en energía eléctrica, estos paneles o módulos fotovoltaicos son conectados en serio y/o paralelos, que deben proporcionar la energía necesaria para el consumo”.

Según Albella (2001) afirma que este tipo de tecnología reside en la conservación inmediata de la incidencia del sol en energía eléctrica, esta mutación se ejecuta mediante las células solares, mecanismo básico donde se origina el efecto fotovoltaico, esta metodología es empleada donde se pretenda generar electricidad, ya sea para compensar en los lugares donde no llegue la energía eléctrica, este se podría catalogar como un sistema fotovoltaico autónomo o también funcionar como proporcionador de energía a la red eléctrica convencional y se llama sistema interconectado a la red. (p.3).

Por otra parte, Méndez Muñiz, y otros, (2012) especifican que es un “conjunto de componentes mecánicos, eléctricos que concurren para captar energía disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica” (p.37).

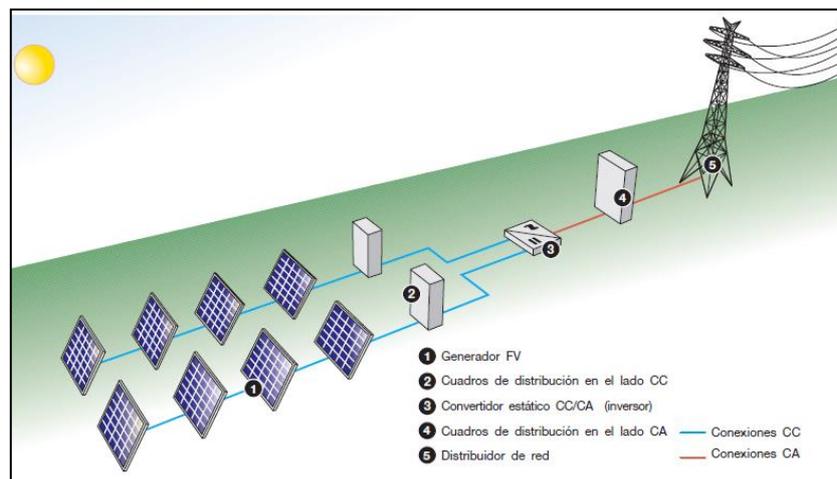
El Instituto Tecnológico de Canarias, (2008) manifiesta que “la energía solar se puede convertir en electricidad mediante células fotovoltaicas, este transcurso se basa en la aplicación del efecto fotovoltaico, que se origina al incidir la luz sobre unos materiales

denominados semiconductores y de esta manera se genera un flujo de electrones en el interior del material que puede ser aprovechado para conseguir energía eléctrica". (p.65).

Los patrones se miden en unos escenarios llamadas condiciones estándar: 100w/m<sup>2</sup> (1 kW/m<sup>2</sup>) de radiación solar y 25 °C de temperatura de las células fotovoltaicas, la cantidad generada en máxima potencia de cada panel fotovoltaico se expresa en Wp (vatios picos) y es llamada potencia nominal del panel; La energía originada por sistemas fotovoltaicos se deduce aplicando una multiplicación de su potencia nominal por la cantidad de horas sol pico, puesto a que todas las horas del sol no tienen la misma intensidad, considerando como pico (1000 w/m<sup>2</sup>), como sabemos la cantidad de horas sol pico de un día, dividiendo toda la energía producida en ese día (wh/m<sup>2</sup>) entre 1000w/m<sup>2</sup>. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008. p. 65).

## 2.2.5 Sistema Solar Fotovoltaico Conectado a una Red Eléctrica

Maniobra en paralelo con la red eléctrica convencional, la red eléctrica entra en acción cuando este sistema no logra promover la energía capaz para compensar el uso de los consumidores; en caso de que la energía que produce el sistema fotovoltaico tiene un excedente esta se le suministra a la red eléctrica convencional, desempeñándose como un condensador de magnas extensiones, en efecto estos sistemas interconectados a la red eléctrica no pretende el uso de baterías para acumulación de energía. (ABB, 2011).

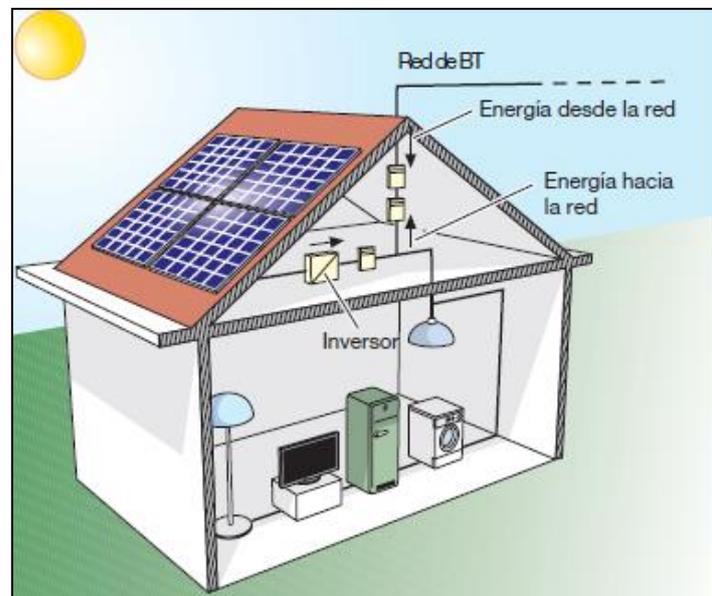


**Figura 5:** Esquema del funcionamiento de un sistema fotovoltaico conectado a la red

**Fuente:** ABB, Cuaderno de aplicaciones técnicas N°10 plantas fotovoltaicas. 2011.

De acuerdo con Albella, (2001, p. 72) la finalidad fundamental es extender de manera anual la producción de energía eléctrica que es suministrada a la red eléctrica, las

primordiales utilizaciones de este sistema son en los techados de hogares y en plantas de generación de energía. Existe otro prototipo de utilización en elementos constructivos en varios entornos urbanos donde se emplea el sistema fotovoltaico como lo es en barreras antisonido en autopista, vías del tren, cubiertas de piscina y aparcamientos, entre otros.



**Figura 6:** Distribución del sistema solar fotovoltaico interconectado a la red

**Fuente:** ABB, Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 10 plantas fotovoltaicas. 2011

### 2.2.5.1 Paneles Solares

También conocido como módulo fotovoltaico, estos están formados por diversas células fotovoltaicas enlazada entre sí y colocadas en un igual recuadro, las células se acoplan en series, en paralelo o en serie – paralelo, en relación de los valores de tensión e intensidad deseada, creando los patrones fotovoltaico, el Instituto Tecnológico de Canarias, (2008), afirma que “los paneles provocan electricidad en corriente continua y sus cuantificaciones particulares (intensidad y tensión) varían con la radiación solar que incide sobre las células y con la temperatura ambiente. La electricidad generada con energía solar fotovoltaica se puede transformar en corriente alterna, con las mismas tipologías que la electricidad de la red eléctrica, utilizando inversores”. (p.64).

- **Célula Fotovoltaica**

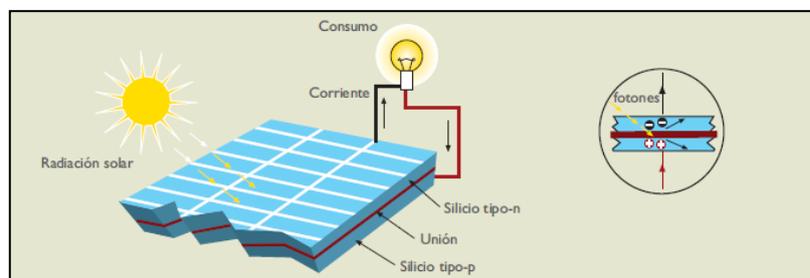
El elemento fundamental de un generador fotovoltaico es la célula fotovoltaica, donde se lleva a cabo la transformación de la radiación solar a corriente eléctrica, la célula

está compuesta por una delgada capa de material semiconductor, normalmente silicio tratado, con un grosor de alrededor de 0,3 mm y una superficie de 100 a 225 cm<sup>2</sup>.

El Instituto Tecnológico de Canarias, (2008), manifiesta que “en el momento que se exhibe la célula a la luz del sol, a raíz del efecto fotovoltaico se conciben ciertos pares electrón-hueco como en la región N al igual en la P, el campo de fuerza eléctrica íntimo crea que la exuberancia de partículas “electrones” (resultado de la permeabilidad de fotones por parte de material) se aparte de los huecos y los induce en orientaciones contrapuestas, como derivación, una vez que los partículas han prevaecido la zona de debilidad no pueden retornar ya que el campo de fuerza impide el flujo en la trayectoria contraria, al acoplar la unión a un conductor externo se alcanza un circuito cerrado, en el que la corriente destila de la capa P, con un potencial mayor a la capa N con un potencial menor, siempre que la capa este esclarecida”. (p.66).

- **Efecto fotovoltaico**

Por otra parte, el Instituto Tecnológico de Canarias, (2008), definen “cuando la banda ocupada por los orbitales moleculares con los electrones de valencia también llamados banda de Valencia semiconductor es liberado a la banda de conducción formada por las orbitales moleculares vacíos al incorporar un fotón con la suficiente energía (radiación electromagnética) que incurre en el material, se podría decir que tanto en los materiales semiconductores como en los aislantes de electrones no logran moverse libre, incluso al cotejar los materiales semiconductores con los aislantes de banda prohibida de energía entre la banda de valencia y la de conducción es mínima, de manera que los electrones puedan conseguir la banda de conducción cómodamente cuando absorben energía del exterior, esta energía puede ser proporcionada por la irradiación solar del efecto fotovoltaico”. (p.67).



**Figura 7:** Función de la célula fotovoltaica

**Fuente:** Instituto tecnológico de Canarias, S.A. 2008.

Poggi Varaldo, y otros, (2009 p. 29), define el panel solar como un “arreglo de celdas solares individuales conectadas eléctricamente entre sí y de esta manera sumar potencia a salida a cada una. El conjunto de varios paneles constituye un sistema fotovoltaico”.

### **Características de paneles fotovoltaicos**

#### **• Paneles de silicio cristalino**

El material más utilizado en la actualidad para la fabricación de células fotovoltaicas es el silicio, que es el material más abundante en la Tierra después del oxígeno; la combinación de ambos forma el 60% de la corteza terrestre y se dividen en dos categorías.

- Silicio monocristalino uniformes, están diseñados de vidrio de silicio traslúcido de máxima pureza, la barra de silicio monocristalino es tubular, calibre entre 13 a 20 centímetros y una extensión de 200 centímetros, se consigue desde el desarrollo de un vidrio delgado en revolución pausada, seguidamente este cilindro se secciona en obleas de 200-250  $\mu\text{m}$  de espesor cuyo espacio se intenta de conseguir microsurcos predestinados a menguar las pérdidas por reflexión. La importante preeminencia de estas células es la eficacia, un rendimiento de 14 a 17 %, junto con la larga permanencia y el sostenimiento de las propiedades a lo largo del tiempo, regularmente se definen por color azul oscuro uniforme.
- Silicio policristalino, es la unión de varios cristales que conforman las células se adicionan acogiendo formas y orientaciones desiguales, habitualmente los tornasolados particulares de las células de silicio policristalino quedan producidos por las divergentes orientaciones de los cristalinicos, actuando de forma desigual directo a la luz, la barra de silicio se alcanza desde la fundición y filtrado del silicio en un molde con formas de paralelepípedo, las obleas conseguidas tienen formas cuadradas y exhiben una estría típica de 1800-3000  $\mu\text{m}$  de espesor y su rendimiento es menor que la del silicio monocristalino del 12 al 14%, aun así, su duración es larga con respecto al monocristalino y buena parte de su utilidad se conserva a lo extenso del tiempo, mediante este procesos pueden identificarse la célula por su superficie donde claramente es visible los granos cristalinicos.



**Figura 8:** Placa de silicio policristalino  
**Fuente:** ABB, Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 10 Plantas fotovoltaicas. 2011



**Figura 9:** Placa de silicio monocristalino  
**Fuente:** ABB, Cuaderno de aplicaciones Técnicas N° 10 Plantas fotovoltaicas.2011

- **Panel de manto fino (capa fina)**

Se conforma por el arreglo de material semiconductor acumulado, regularmente como combinaciones gaseosas como vidrio, polímeros o aluminio, originando estabilidad física a las combinaciones, la membrana semiconductor es de un espesor de escasas micras, mientras que las células de silicio cristalino conservan un espesor de múltiples de micras, en efecto la conservación del material es apreciable y la eventualidad de adaptar un apoyo flexible extiende en el campo de aplicaciones de este prototipo de células, los elementos usados son el silicio ammorfo, CdTeS (teluro de cadmio-sulfuro de cadmio), GaAS (arseniuro de galio), CIS, CIGS y CIGSS (aleaciones de diseleniuro de indio-cobre).



**Figura 10:** Panel de manto fino

**Fuente:** ABB, Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 10 Plantas fotovoltaicas. 2011

### 2.2.5.2 Inversor

Se caracteriza por ser un módulo electrónico preparado para transformar de corriente continua a corriente alterna, a un voltaje y frecuencia determinada. (Perpiñan Lamigueiro, 2011), la indicación de corriente proveída por un generador fotovoltaico es en corriente continua y debe ser fijada para ceder la correcta articulación a la red eléctrica. El dispositivo de preparación de potencia llamado inversor DC (corriente continua) / AC (corriente alterna) realiza la transformación de continua a alterna desempeñando con explícitas exigencias de tensión eficaz, frecuencia, distorsión armónica de las ondas de tensión y corriente, eficacia y utilidad, seguridad eléctrica, entre otros, el inversor habitualmente trabaja como fuente de corriente autoconmutada y armonizada con la red.

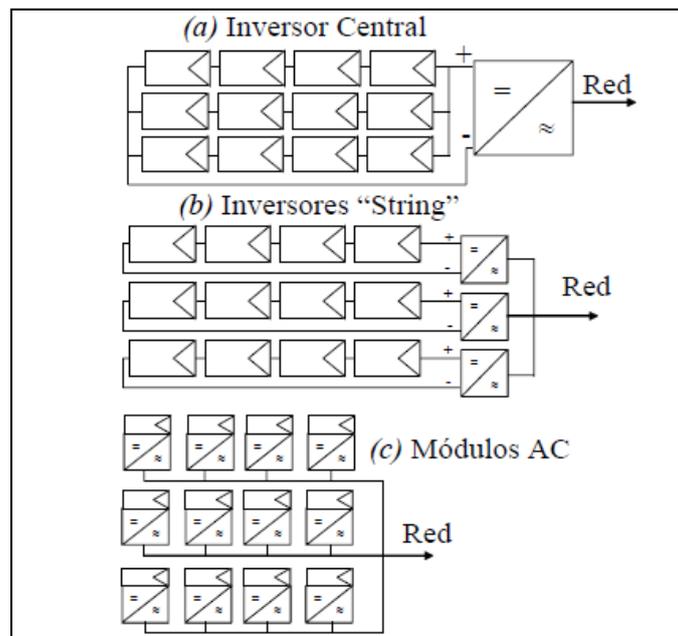
Coexisten diferentes tipologías de inversores, con lo que es aconsejable elegirlo en función de la magnitud de establecimiento. Instituto Tecnológico de Canarias, (2008), expresa que la “potencia del inversor es la que toma como potencia nominal del establecimiento expresándose en vatios (W), la suma de las potencias de todos los módulos fotovoltaicos que componen la instalación se designa potencia pico con unidad Wp. La potencia del inversor suele ser entre 10% y un 20% menor que la potencia pico de la instalación, el inversor se coloca entre el generador fotovoltaico y el punto de conexión a la red”. (p.68).

Según Albella, (2001), el desempeño primordial de los inversores es la “inversión de corriente continua / corriente alterna, modulación de la onda alterna de salida y

regulación del valor eficaz de la tensión de salida. Los inversores pueden ser monofásicos o trifásicos a 50Hz, con diferentes voltajes nominales de entradas con un amplio rango de potencias de unos pocos vatios a megavatios, pueden operar conectados a baterías o directamente al generador fotovoltaico y puede estar conectado a diferentes consumos o inyectar energía en la red eléctrica”. (p.39).

Existen tres tipos de inversores:

- Inversor central, es el único que se emplea para todo el generador o a un conjunto de ramas.
- Inversor orientado a rama (string-inverter), empleado a una rama del generador.
- Módulo-AC, empleado a un módulo del generador.



**Figura 11:** Tipos de inversor acoplado al sistema fotovoltaico con conexión a red

**Fuente:** "Sistema fotovoltaico" CIEMAT, Albella (2001)

### 2.2.5.3 Cableado

En un sistema fotovoltaico se suelen utilizar cables idóneos para resistir en todo el lapso de vida útil del sistema fotovoltaico que se considera que es de 20 a 25 años, condiciones medioambientales continuas en cuanto a temperatura, precipitaciones atmosféricas y radiaciones ultravioleta, los conductores deben tener una tensión nominal apropiada para el sistema. En condiciones de corriente continua, la tensión de la planta no debe superar el 50% de la tensión nominal de los cables. (ABB, 2011).

**Tabla 1.***Tensión nominal de los cables*

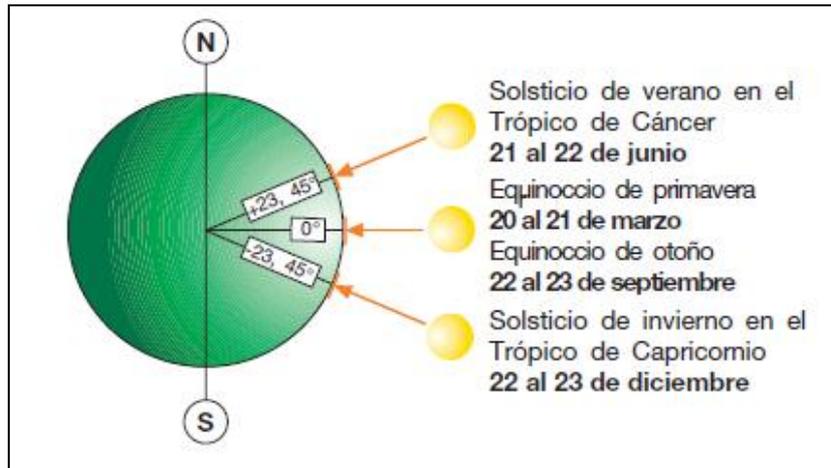
<b>Tensión Alterna (V)</b>	<b>Tensión Continua (V)</b>
<b>300/500</b>	450/750
<b>450/750</b>	675/1125
<b>600/1000</b>	900/1500

**Fuente:** ABB, Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 10. Plantas fotovoltaicas. 2011.

Los cables deben contar con resistencia a la tensión, torsión, doblado, entre otros, es por ellos existen tres tipos de cableado según sea el uso, uno es el cableado de unión de los módulos para formar strings, dos cableados principales de corriente continua que conduce la electricidad hasta el inversor y por último el cableado de corriente alterna que transporta la electricidad desde el inversor hasta la red eléctrica. Es por ello que los dos se emplean cables de un solo conductor, es decir, el polo negativo y el positivo deben ir juntos en el mismo cable. Por el contrario, para el cableado de alterna se usan cables de conductores (fase, neutro y tierra) en los sistemas monofásicos y en los trifásicos, cables de cinco conductores (tres fases, neutro y tierra). (Moro Vallina, 2018).

### **2.2.6 Ángulo de inclinación y ubicación de los paneles solares**

(ABB, 2011) Específica “la eficacia máxima de una placa solar se adquirirá de la inclinación de la energía solar puesto a la latitud como de la decadencia solar en el año. Cabe destacar que el eje de giro planetario está inclinado aproximadamente 24.45° con relación al plano de la órbita terrestre alrededor de sol, a una latitud precisada de la altura del sol, en el horizonte se modifica diariamente, por otra parte, el sol está ubicado en un ángulo de ocurrencia de 90° en relación con la superficie terrestre (cenit) en el Ecuador los dos días de equinoccio y en los trópicos durante los solsticios”. (p.22).



**Figura 12:** Trópicos durante los solsticios

**Fuente:** Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 10. Plantas fotovoltaicas ABB. 2011

La ubicación perfecta de las placas solares conseguirá ser Sur o Norte y el ángulo de inclinación depende de la latitud del emplazamiento, de la estación del año en que se pretende manejar y si emplea o no de un grupo electrógeno propio. Asumiendo que en algún momento no es posible conseguir los escenarios de ubicaciones apropiadas, habrá que ajustar, en todo caso las pérdidas de irradiación directa motivada a las circunstancias del lugar.



**Figura 13:** Inclinación de las placas solares fotovoltaicas

**Fuente:** ABB, Cuadernos de aplicaciones técnicas N° 10. Plantas fotovoltaicas. 2011

### 2.2.7 Esquema de Conexión a La Red

La provisión de la red estimada como una energía de cortocircuito perdurable, se concentra a través de un productor de tensión perfecto con un importe autónomo de los escenarios de cargas del establecimiento del usuario, sin embargo, el generador fotovoltaico se personifica por un generador de energía invariable e incidencia solar y uniforme, mientras que el establecimiento del usuario se personifica por una resistencia  $R_u$ .

Las energías  $I_g$  e  $I_r$ , que derivan del generador fotovoltaico y de la red equitativamente, coinciden en el nodo N y la intensidad  $I_u$  absorbida por el usuario que es originaria del nodo:  $I_u = I_g + I_r$

Dada que la energía en la carga es igual a la analogía entre la tensión de red  $U$  y la resistencia de la carga  $R_u$ :  $I_u = U / R_u$

La analogía entre las energías se obtiene formulando:  $I_r = U / R_u - I_g$  si la ecuación  $I_g = 0$  como ocurriría en las horas nocturnas, la energía absorbida por la red resultaría:

$$I_r = U / R_u$$

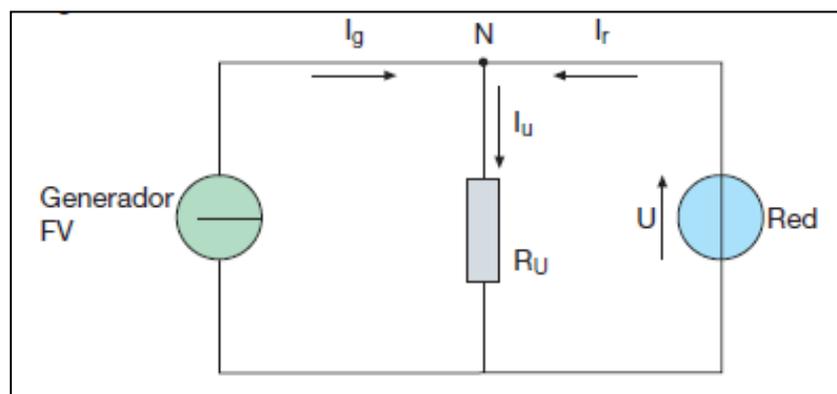
Por otra parte, si el usuario consume toda la energía concebida por el sistema fotovoltaico, la energía inyectada por la red resultaría cero por lo que la ecuación saltaría ser:

$$I_g = U / R_u$$

Al extender el acaloramiento, si la energía generada  $I_g$  prevalece la energía pretendida por la carga  $I_u$ , la energía  $I_r$  se convierte negativa, lo que resultaría que ya no se capta de la red sino se introduce a la misma.

Al aplicar la multiplicación de los métodos de la ecuación  $I_u = I_g + I_r$  por la tensión de red  $U$ , las atenciones preliminares pueden emplearse a las energías, partiendo de los siguientes:

- $P_u = U \times I_u = U^2 / R_u$ , energía cautivada por el usuario
- $P_g = U \times I_g$ , la energía concebida por la planta fotovoltaica
- $P_r = U \times I_r$ , energía proveída por la red.



**Figura 14:** Esquema de enlace a la red

**Fuente:** ABB, Cuaderno de aplicaciones técnicas N°10. Plantas fotovoltaicas. 2011

## 2.2.8 Método Financiero de Valorización e Inversiones

Para decidir sobre una inversión se requiere analizar el potencial de rentabilidad que se espera invertir, se muestran tres técnicas alternativas, que de manera distinta pueden indicar la aceptabilidad y la preferencia entre distintos proyectos de inversión, los cuales son:

### - Valor Actual Neto (VAN)

Es una técnica económica que sirve para fijar la factibilidad de un proyecto, Sapag Chain, (2007) manifiesta “que es el método más conocido aceptado por los evaluadores de proyectos, este método mide la rentabilidad deseada después de recuperar toda inversión, para ello se calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja, proyectados a partir del primer periodo de operación y le resta la inversión total expresada en el momento cero. Cuando el VAN es superior a cero, se puede entender que la actualización de los flujos de caja generara beneficios. Si el VAN es igual a cero, la inversión no generará beneficios ni pérdidas. Y finalmente, cuando el VAN es inferior a cero, el proyecto de inversión generara pérdidas”. (p.253).

Se puede decir que el razonamiento de los fondos de inversión que reside en renovar las cobranzas y liquidaciones de una inversión para estar al tanto de las cuantificaciones de lo que se va a captar o desaprovechar con una inversión, asimismo se debe conocer el valor neto actual (VNA) también conocido como valor actualizado neto (VAN) o valor presente neto (VPN), trayendo los flujos de caja al tiempo actual y descontando a un prototipo de interés fijo, este método va a formular una compostura de productividad del proyecto en métodos autoritarios netos, es decir, en unidades monetarias. (ECONOMIPEDIA, 2020).

Para calcular el VAN la fórmula es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Dónde:

Ft: son los flujos de liquidez en cada periodo

Io: es la inversión realizada en el instante (t=0)

n: es el número de ciclos de tiempo

k: es el porcentaje de descuento o de interés establecido a la inversión

### - **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Este método financiero nos muestra si es factible invertir en un determinado proyecto, según Sapag Chain, (2007) indica que “mide la rentabilidad como porcentaje y es una herramienta que permite evaluar una inversión, este método se calcula a partir del VAN, el TIR es la tasa de descuento, para su cálculo llevamos el VAN a cero. Cuanto más alta sea la TIR de una inversión en un proyecto, más deseable será la inversión, Lo más ideal es comparar la TIR con un coste de oportunidad”. (p.254).

Es la pauta de comodidad o rentabilidad que aporta una inversión, por lo tanto, es la proporción de bienes o pérdidas que obtendrá un proyecto de inversión para los totales que no se han clausurado del proyecto de inversión, esta técnica mide rentabilidad de invención, para conocer si un proyecto es viable o no, se compara con el porcentaje de interés que constituye el costo de oportunidad del capital (X), si la TIR es superior a X, la inversión es factible, si la TIR es semejante a X, ¿el proyecto tiene opciones? y si la TIR es menor a X, el proyecto no es factible. (ECONOMIPEDIA, 2020).

Además, se logra detallar fundamentándose en su sistematización donde la tasa interna de retorno es el ajuste de porcentaje que equipara en el instante, los frecuentes cobros a futuro con los desembolsos, forjando el VAN equivalente a cero:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Dónde:

Ft: son los flujos de liquidez en cada periodo

lo: es la inversión realizada en el instante (t=0)

n: es el número de ciclos de tiempo

### - **Plazo de Recuperación de la Inversión**

También conocido como payback reducido, es una técnica de estimación de inversiones eficiente, que estipula el período en que se rescata el capital de una inversión, asumiendo que al transcurrir del tiempo el efecto que se tendrá en el capital; esta técnica es un razonamiento de fluidez, que corresponde al periodo de recuperación o payback, pero restando los flujos de liquidez, consiste en ir sustrayendo a la inversión inicial los flujos de liquidez restando hasta que se recobra la inversión y en ese año se efectuara el payback reducido. (ECONOMIPEDIA, 2020).

Para calcularlo la fórmula es:

$$\text{Payback} = a + \frac{I_0 - b}{F_t}$$

Dónde:

a: Es la cantidad del ciclo seguidamente el anterior hasta recuperar el desembolso inicial

$I_0$ : Es la inversión inicial del proyecto

b: Es la suma de los flujos de liquidez hasta el final del ciclo "a"

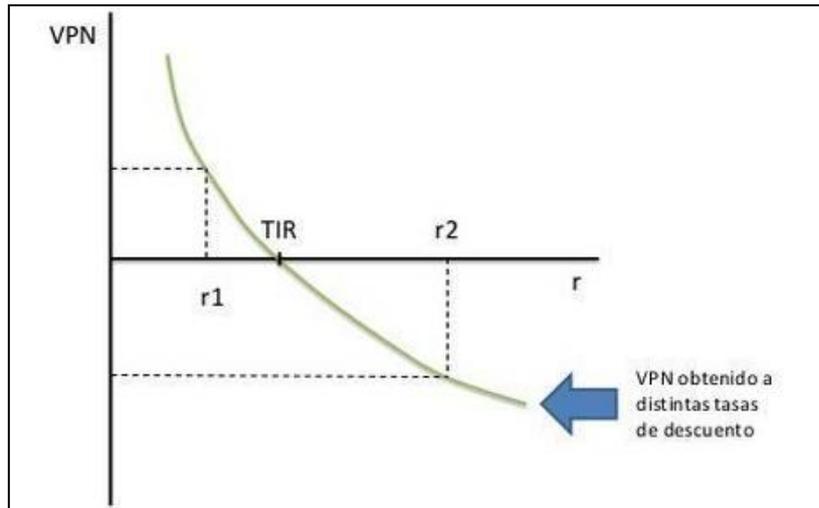
$F_t$ : Es el importe del flujo de liquidez del año en que se recobra la inversión

### **2.2.9 Cotejo entre valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR)**

Las cuantificaciones del VAN y el TIR que pueden ayudarnos a estudiar la factibilidad de ciertos proyectos a nivel económico. Ahora bien, hay que tener presente que estos discernimientos no constantemente concuerdan, apalean sus restricciones y sus deducciones lograrían ser frágiles en ciertos argumentos.

La principal discrepancia a indicar es la representación de ilustrarse el rendimiento de un proyecto. El VAN lo crea en técnicas autoritarios netos, así como también, en elementos económicos, nos muestra el importe del proyecto al presente, y la TIR, nos da una medida relativa en porcentaje.

Estas metodologías siempre se diversifican en el procedimiento de los flujos de caja. Por una parte, el VAN razona las múltiples terminaciones de los flujos de caja, proporcionando particularidad a los más adyacentes y oprimiendo así el peligro. Apoderarse que cualesquiera de los flujos se recapitalizan en la propia tasa K, tasa de deducción que se recurre en el oportuno estudio. Ahora bien, la TIR no discurre que lo flujos de caja se recapitalicen habitualmente a la tasa de deducción K, sino a un tanto de beneficio r, sobreestimando el porte de inversión del proyecto. (ECONOMIPEDIA, 2020).



**Figura 15:** Relación que existe entre el VAN y la TIR

**Fuente:** <https://economipedia.com/wp-content/uploads/2015/06/van-y-tir.jpg>.

**Iniciativas para mejorar la rentabilidad del proyecto, puntualizamos las subsiguientes:**

**Ministerio de Energía y Minas (MINEM).** El gobierno peruano ha implantado el marco legal de las energías renovables y el marco institucional del sector eléctrico, con los que proyecta impulsar las energías renovables que son importantes para el país, ya que involucra inducir la transformación de la central energética y con él un avance hacia un manejo de seguridad energética y de resguardo del medio ambiente, con el fin de promover la capacidad de los proyectos con energías renovables e incentivar la investigación científica e innovación tecnológica que permitan hacer competitivas a estas tecnologías y mitigar el impacto sobre los usuarios de la electricidad. Esta institución promotora de las energías renovables trabaja conjuntamente al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para la creación de un mapa solar y dará lugar a considerar el potencial disponible y a su vez es un instrumento significativo para aprovechar la energía solar.

**Marco legal de las energías renovables:**

- Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables - Decreto Legislativo 1002 (mayo 2008).
- Decreto Legislativo No. 1221 (septiembre 2015) donde manifiesta, que busca mejorar la regulación de la distribución de electricidad, este decreto incluye en su artículo N° 2 "Generación Distribuida", que "Los usuarios del servicio público

de electricidad que disponen de equipamiento de generación eléctrica renovable no convencional o de cogeneración, hasta la potencia máxima establecida para cada tecnología, tienen derecho a disponer de ellos para su propio consumo o pueden inyectar sus excedentes al sistema de distribución, sujeto a que no afecte la seguridad operacional del sistema de distribución al cual está conectado”.

- Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables Decreto Supremo 012-2011-EM (Marzo 2011).

### 2.3 DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Diseño**, se conoce el arte de proyectar el aspecto, la función y la producción de un objeto funcional por medio de signos gráficos, sea que se trate de un objeto bidimensional o tridimensional.

**Generación de energía**, reside en la evolución de algún género de energía bien sea química, mecánica, térmica, luminosa, entre otros en energía eléctrica, los aparatos como generadores y motores eléctricos se usan con más frecuencia ya que la electricidad es una representación muy práctica de energía y se produce con facilidad.

**Energía renovable**, proviene de fuentes inagotables, estas pueden ser solar, la energía y la hidráulica, entre otros, habitualmente descienden de un recurso natural, la radiación solar logra convertirse en energía sin agotarse.

**Radiación**, es un fenómeno que reside en la extensión en el espacio de la energía, bien sea en partículas subatómicas como lo son las partículas  $\alpha$ , partícula  $\beta$  y los neutrones, entre otros, o bien en ondas electromagnéticas, estas ondas abarcan un amplio espectro, entre ellas esta los rayos UV, los rayos X y los rayos gamma.

**Autogeneración**, proceso en el que tiene lugar una generación o producción de seres o entes a partir solamente de elementos contenidos en el ente generador, sin intervención de un elemento externo.

**Panel solar**, también conocido como placa solar o Módulo solares, siendo este un módulo que se beneficia de la incidencia del sol para concebir electricidad, según esta definición se puede dar dos funciones, los recopiladores solares son los que producen agua caliente empleando la energía solar térmica y paneles fotovoltaicos son los que forjan electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre las células fotovoltaicas del panel.

**Corriente eléctrica**, es el flujo de carga eléctrica que recorre a través de la sección de un conductor por unidad del tiempo, es decir, es el movimiento de partículas cargadas, positiva o negativamente a través de un material conductor de un circuito abierto.

**Corriente alterna**, es un prototipo de corriente eléctrica que se especializa porque la extensión y la trayectoria muestran una diferenciación de ejemplar constante, oscilará en forma senoidal, siendo la órbita que va escalando y descendiendo monótonamente, por esta representación de vaivén la corriente alterna logra transferir la energía más eficaz.

**Corriente continua**, es un prototipo de energía eléctrica que se domina por no modificar de dirección con el transitar del período, igualmente es conocida como corriente directa, el flujo invariable y continuo de electrones a partir de un conductor eléctrico.

**Voltaje**, es el contraste de potencia o tensión eléctrica entre dos puntos, también se conoce como la proporción de voltios que se usan en un sistema eléctrico.

**Fotovoltaico**, es un calificativo para asemejar todo aquello que posee correlación con la energía fotovoltaica y el efecto fotovoltaico, más resumidamente esta palabra es una constitución de fotón y voltio, un fotón es la partícula transportadora de todas las conveniencias de irradiación electromagnética, entre ellas la luz visible.

**Redes eléctricas**, es la red interconectada que tiene intención de suministrar electricidad desde los distribuidores hasta los consumidores.

**Inversor de corriente**, igualmente citado inversor de voltaje o convertidor, es un aparato electrónico que convierte corriente continua en corriente alterna, además de convertir el tipo de corriente, los inversores también modifican el voltaje (tensión eléctrica), de forma que el voltaje de entrada y el voltaje de salida son diferentes por eso también se conocen como inversores de voltaje.

**Cable**, es un cordón de un espesor variable y contiene uno o varios hilos conductores, los cuales no se ven porque están protegidos por una funda aislante y que tradicionalmente lo seres humanos lo utilizamos en electricidad, comunicaciones telefónicas y telegráficas.

**Potencia**, es el contenido para confeccionar algo o producir un efecto, habitualmente se maneja en aquellas circunstancias en las que se quiere dar un elemento de fuerza y poder.

**Eficiencia energética**, engloba las operaciones que busca contribuir al ahorro energético, sin que represente un cambio en la calidad de vida, utilizar eficientemente la energía representa no usarla en acciones innecesarias para alcanzarlo es elemental indagar nuevas tecnologías y técnicas de vida y trabajo que economicen energía obteniendo así el desarrollo sustentable.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Método**

El método aplicado es de tipo deductivo, porque a partir de premisas, teorías, conceptos y leyes en la aseveración de los resultados obtenidos de la investigación en función a la propuesta de diseño técnico – económico de autogeneración de energía eléctrica para oficina administrativa en la ciudad de Arequipa. Mediante este método se aplican los principios descubiertos a casos particulares a partir de la vinculación de juicios.

#### **Alcance**

El nivel o alcance es descriptivo, consisten en especificar las propiedades o características de los fenómenos o hechos que se someten a un análisis sin que haya manipulación de variables por parte del investigador. A través de estos estudios se miden de manera independiente las variables objeto de estudio; su propósito no es relacionar variables (Hernández et al., 2010).

Considera el desarrollo de una metodología de diseño para instalaciones de alumbrado en la que el diseño de la instalación consiste en el autoconsumo de alumbrado público de oficinas administrativas.

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

#### **Tipo de investigación**

Investigación Aplicativa: Conocida también como investigación práctica o empírica, esta está orientada a resolver problemas de carácter práctico a fin de mejorar la sociedad. Se caracteriza porque aplica o utiliza los conocimientos producidos en la investigación básica.

Investigación Descriptiva: Describe las características y funciones de las variables.

Investigación Explicativa: Explica el comportamiento de causa-efecto de la implementación de un sistema fotovoltaico en la facturación por consumo de energía eléctrica convencional en una oficina administrativa.

### **Nivel de la investigación**

En relación con los niveles este trabajo de investigación se centra en ser descriptiva y consiste en la caracterización de un hecho o fenómeno, con el propósito de establecer su estructura o comportamiento

## **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de la investigación que se utilizó es de tipo cuasi-experimental, por la aplicación del pretest y postest; y además por la no aleatorización de la muestra, respecto al sistema fotovoltaico propuesto y facturación por consumo de energía eléctrica convencional de una oficina administrativa en la ciudad de Arequipa.

## **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **Población**

Comprende de manera específica en la oficina administrativa ubicada en la ciudad de Arequipa se encuentra ubicada en el sur del Perú su elevación es 2,335 m sobre el nivel de mar, adicional la rodean 3 volcanes.

### **Muestra de estudio**

El muestreo empleado para esta investigación es el probabilístico puesto que el objetivo es poder generalizar los resultados aplicados sobre una muestra, en este caso el muestreo es realizado a los consumidores potenciales de la energía eléctrica de las oficinas administrativas de la ciudad de Arequipa ubicada en el sur del Perú.

## **3.4 TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **Técnica**

En este trabajo de investigación, se aplicó la observación directa mediante un aplicativo para recolectar la información de la cantidad de equipos de uso en la oficina administrativa y cantidad de iluminarias por área de las instalaciones, ya que simboliza un consumo de energía eléctrica; también se evaluó la capacidad de energía solar de la ciudad de Arequipa, mediante el software de la NASA ya que proporciona conjuntos de datos

solares y meteorológicos de la investigación de la NASA para respaldar la energía renovable, para así determinar la energía capaz de suministrar.

Esto con el fin de implementar un sistema solar fotovoltaico conectado a la red que mejor se adecúe, entre el arqueo energético de la generación de energía y el consumo, teniendo presente la autosuficiencia energética.

Otro aspecto que se consideró, es el análisis del tarifario de venta de energía en la región de Arequipa para posteriormente hacer un balance del costo de consumo de energía de la oficina administrativa.

### **Instrumentos**

Mediante el aplicativo en Excel y software de DIALux para la obtención del cálculo preciso de energía consumida en medida kW/h de la oficina administrativa, mediante el conteo de equipos e iluminarias a utilizar, tiempo de uso de cada uno y la potencia requerida para su funcionamiento.

Del mismo modo se consigue indagación auténtica de la energía solar del software de la NASA (Predicción de la NASA de los recursos energéticos mundiales) en la ciudad de Arequipa durante los meses del último año captado en el sistema, para así tener una relación en la variación de la radiación en el transitar del tiempo, pudiendo conocer que tan beneficioso es la ejecución de la técnica solar.

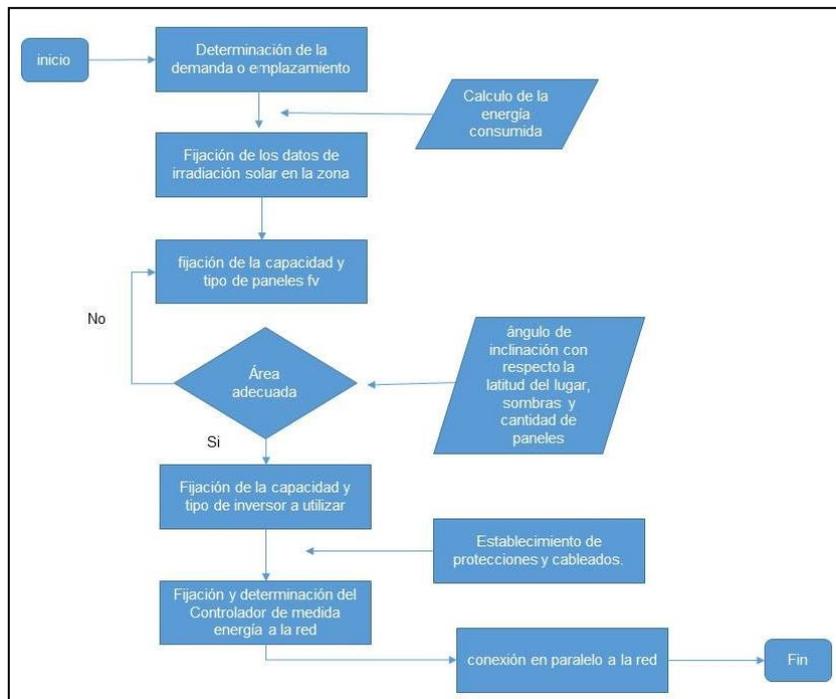
Se aplicó el método financiero de valorización e inversión para la viabilidad de autogeneración de energía eléctrica usando el tipo de sistema solar fotovoltaico interconectado a la red, aplicando las técnicas del valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y el plazo de recuperación de la inversión (payback).

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADO DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El actual proyecto tiene como finalidad realizar una propuesta de diseño que abarque aspectos técnicos y económicos para la autogeneración de energía eléctrica, es por ello por lo que se planteó un sistema solar fotovoltaico interconectada a la red ofreciendo una potencia de corriente eléctrica de eficacia y apisone el coste por utilización de energía eléctrica.

Para llevar a cabo este proyecto se consideró el siguiente diagrama de flujo:



**Figura 16:** Diagrama de Flujo para sistema fotovoltaico conectado a la red.

**Fuente:** Elaboración propia

Considerando los pasos para la elaboración del diseño, se procedió a realizar ilustraciones para así lograr determinar la demanda máxima, evolución de la irradiación solar y las metodologías de establecimiento, se efectuaron sistematizaciones técnicas y económicas, por lo que se indagaron a se ver la viabilidad del proyecto.

La instalación del sistema se planteó realizarla en el techo de las instalaciones de la oficina administrativa específicamente en la ciudad de Arequipa, zona en que no se tenga desventajas energéticas a causa de las sombras.

La ciudad de Arequipa se encuentra ubicada en el sur del Perú y sus coordenadas geográficas, Longitud:  $071^{\circ}32'6''$  Latitud:  $S16^{\circ}23'56''$  y limita por el Nor-Este y sur con 6 departamentos (Ica, Ayacucho, Apurímac, Cusco, Puno y Moquegua), longitud de 1.071 km. y por el Oeste con el océano pacífico de 528 km., personificando el 18.1% de la longitud de la costa peruana, su prominencia es 2,335 m sobre el nivel de mar, adicional la rodean 3 volcanes y cuenta con edificaciones en barrocos construidos de sillar, una piedra volcánica blanca.



**Figura 17:** Mapa de Ubicación De Arequipa

**Fuente:**

<https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/personalizacion-regional>

### **Determinación de la incidencia de radiación Solar en Arequipa**

Para valorar la incidencia del sol actual en la ciudad, se logró determinar mediante la recopilación de datos de los meses del año 2019, siendo este los últimos datos

registrados en el sistema atmosférico de la NASA, este proyecto POWER proporciona conjuntos de datos solares y meteorológicos de la investigación de la NASA para respaldar la energía renovable, estas deducciones de la radiación solar se muestran la inclinación en cada mes, para el esquema del sistema solar se obtuvo como reseña el valor promedio en el año (Anexo J).

**Tabla 2.**

*Radiación de Arequipa 2019.*

<b>Radiación Global Horizontal (kWh/m<sup>2</sup>/día)</b>	
<b>Mes</b>	<b>Datos del software atmosférico de la NASA</b>
Enero	6,10
Febrero	5,23
Marzo	6,58
Abril	6,07
Mayo	5,81
Junio	5,39
Julio	5,53
Agosto	6,36
Septiembre	6,71
Octubre	7,58
Noviembre	7,72
Diciembre	7,88
<b>PROMEDIO</b>	<b>6,41</b>

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 18:** Irradiación Solar Anual

**Fuente:**

[https://deltavolt.pe/phocadownload/radiacion\\_anual.jpg](https://deltavolt.pe/phocadownload/radiacion_anual.jpg)

### **Análisis de Potencia que suministrará el sistema fotovoltaico a las oficinas administrativas.**

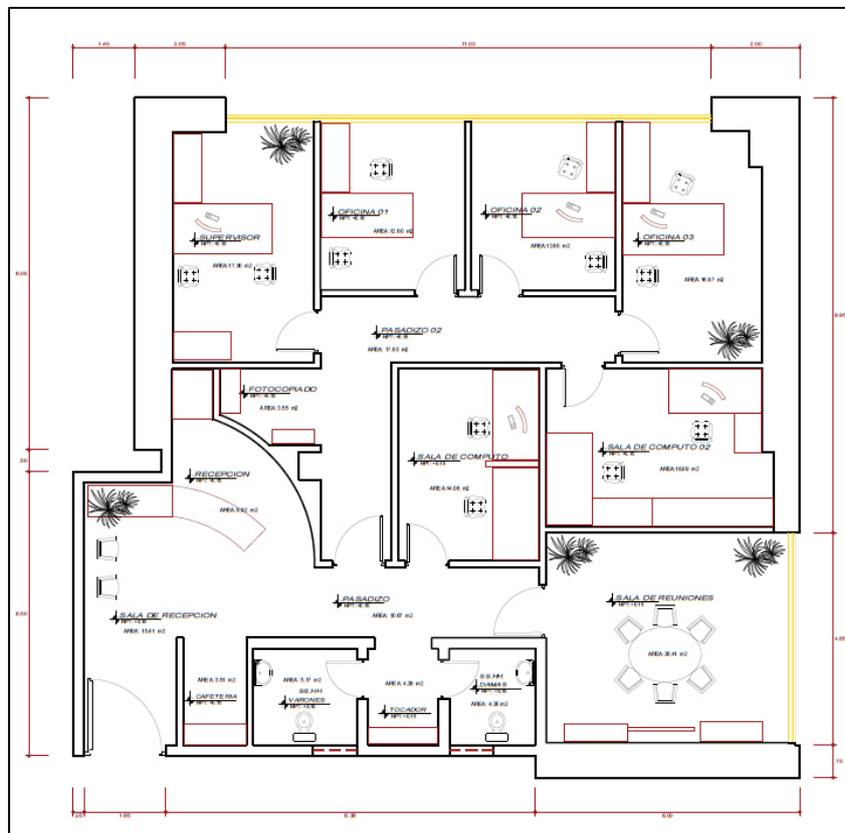
En la figura Nro. 19, se muestra un plano de planta con la distribución de espacios de la oficina administrativa, sala de reuniones, recepción, sala de copiado, servicios, donde se le aplicó el software de DIALux por área, para determinar la cantidad de iluminarias por espacio antes mencionados, también considerando que las instalaciones eléctricas interiores están normalizadas en el Código Nacional de Electricidad, específicamente en la Resolución Ministerial N° 083-2019-Vivienda modificación de la Norma EM.010 Instalaciones Eléctricas Interiores, se presenta la siguiente tabla de iluminancias mínimas a considerar en lux, según los ambientes al interior de las edificaciones.

**Tabla 3.**

*Requisitos mínimos de iluminación*

6. OFICINAS						
Nº ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em lux	UGR <sub>L</sub>	U <sub>0</sub>	R <sub>s</sub>	Requisitos específicos
	Archivo, copia, circulación, etc.	300	19	0,40	80	
	Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos	500	19	0,60	80	
	Estación de trabajo CAD	500	19	0,60	80	
	Salas de conferencias y reuniones	500	19	0,60	80	
	Archivos	200	25	0,40	80	

**Fuente:** Resolución Ministerial N° 083-2019-Vivienda



**Figura 19:** Plano de distribución Oficina Administrativa

**Fuente:** Elaboración Propia

De igual manera se indagó la demanda de potencia y la energía consumida por todos los equipos que se alimentarán del sistema de autogeneración; así como también, se efectuó una investigación estimada del lapso de tiempo que tendrán uso estos equipos, una vez concluido con la selección, se deriva a formalizar un resumen de potencia, donde nos permitió saber la demanda máxima y también la máxima demanda de consumo de

energía a lo extenso del día, consiguiendo tener así una reseña hipotética de la demanda máxima.

**Tabla 4.**

*Potencia de los equipos que representa consumo de energía*

<b>Equipos Eléctricos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Total (W)</b>
Computadora laptop	8	200	1600
Computadora escritorio	5	350	1750
Impresora Multifuncional	1	271	271
Routers y accesorios	1	34	34
Servidor	1	350	350
Ventilador	4	40	160
Equipo de sonido	1	30	30
Refrigerador	1	350	350
Cafetera	1	150	150
Hervidor eléctrico	1	100	100
Luminarias LED	31	50	1550
Teléfono fijo	5	1.8	9
Cargador de teléfono	10	15	150
Tv 29"	1	150	150
<b>Máxima Demanda</b>			<b>6,654.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 5.**

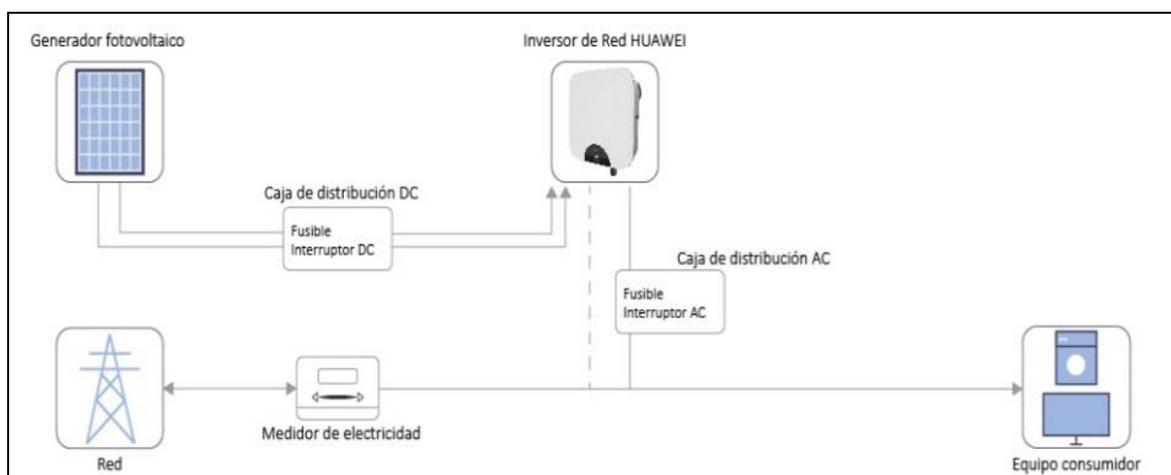
*Cuadro de carga de equipos eléctricos*

<b>Equipos Eléctricos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Horas (h) en el día</b>	<b>Consumo de energía (kWh)</b>
Computadora laptop	8	200	8	12800
Computadora escritorio	5	350	8	14000
Impresora Multifuncional	1	271	2	542
Routers y accesorios	1	34	8	272
Servidor	1	350	8	2800
Ventilador	4	40	2	320
Equipo de sonido	1	30	1	30
Refrigerador	1	350	8	2800
Cafetera	1	150	0.5	75
Hervidor eléctrico	1	100	0.5	50
Luminarias LED	31	50	8	12400
Teléfono fijo	4	1.8	8	57.6

Cargador de teléfono	10	15	1.5	225
Tv 29"	1	150	1	150
<b>Energía total consumida por día (kWh/día)</b>				<b>46,521.60</b>

**Fuente:** Elaboración propia

De la indagación de la potencia y carga de los equipos electrónicos se pudo obtener que la mayor demanda dentro de las instalaciones de la oficina administrativa sería de 6.7 kW, se debe adicionar una protección del 20% proyectando así nuestra potencia de instalación de 7,9 kW. Esta investigación se centra en que sea técnico y económico, técnicamente se plantea que la potencia de instalación se logre cubrir con el sistema solar fotovoltaico y económicamente rentable.



**Figura 20:** Diagrama del sistema solar fotovoltaico conectado a la red

**Fuente:** Elaboración propia

## Componentes del Sistema Solar Fotovoltaico

- **Paneles fotovoltaicos**

El panel solar a utilizar de marca ERA 340W Policristalino 24V ESPMC-340W, comercializado por la empresa distribuidora Autosolar energía del Perú (tabla de especificaciones técnicas, anexo A), es el más comercial de la región, económico y adicional son los sugeridos para climas cálidos y se puede reconocer ya que son de color azul oscuro y sus células tienen forma rectangular, a diferencia de los paneles solares monocristalinos son recomendables para climas más nublosos, con niebla y más bajas temperaturas, además su color se visualiza por ser más oscuras y constan de células octogonales alargadas.

La cantidad de paneles dependerá de la potencia que con el margen de seguridad es de 7.985,00 W y conociendo la capacidad de la potencia nominal del panel de 340W, dividimos la potencia total entre la potencia nominal del panel.

$$7.985,00 / 340 = 24 \text{ panel marca ERA}$$

Se requiere 24 paneles para satisfacer la demanda de la máxima potencia a instalar y su distribución se dispondrá en dos ramales enlazados en paralelo constituido por 12 paneles enlazados en series cada uno.

Cabe destacar que la técnica de elaboración del panel solar 340W 24V Policristalino ERA admite ir alcanzando una eficiencia preferente, del 17,5% aproximadamente, ya que el perfeccionamiento en la fabricación de las células va permitiendo potencias superiores de manera progresiva, su tecnología policristalina brinda una creación muy notable en diferente condición atmosférica, en conclusión su rendimiento en condiciones difíciles son excelentes y la vida útil es de 25 años sobre el rendimiento, este panel se le puede dar un uso hasta de treinta años o más pero en su funcionalidad su potencia se reducirá luego de ver cumplido su vida útil esto es motivado a la degradación de sus células fotovoltaicas y a los 10 años frente a defectos de producción.

La potencia nominal de los paneles solares habitualmente se degrada aproximadamente de 0,5% por año; es importante acotar que los paneles solares de película delgada (a-Si, CdTe y CIGS) se degradan a gran prontitud que los monocristalino y policristalino, otro punto que debemos considerar es que la exhibición continua de los paneles a los rayos ultravioleta de la radiación solar se malogra la resina preservadora de las células fotovoltaicas y es una de las causas del fallo de la célula solar y al fallar una se crea un descenso considerable de la eficiencia eléctrica para esto se aconseja en el mantenimiento y a mayor daño el reemplazo.

- **Inclinación y orientación de los paneles o placas solares**

Como sabemos debemos aprovechar al máximo la mayor incidencia de luz solar posible, es por ello que la orientación se hace siempre mirando hacia el Ecuador, en nuestro caso el Ecuador se encuentra hacia el norte.

El máximo de energía se capta si la inclinación coincide con la altitud geográfica, una representación vertiginosa de saber el ángulo de inclinación perfecta de las placas solares, para adquirir la máxima radiación solar teniendo en cuenta la latitud, se calcula de la forma siguiente:  $\text{lop} = 3,7 + 0,69 \times (\text{latitud})$ . (ABB, 2011).

Latitud: S16°23'56"

$$\text{lop} = 3,7 + 0,69 \times (\text{latitud}) = 3,7 + 0,69 \times (16,3988) = 15.02^\circ$$

- **Inversor solar de conexión a red**

Este aparato es primordial en la instalación solar fotovoltaica, ya que atraen la energía solar desde los paneles fotovoltaicos y convierten la energía en corriente continua, luego actúa el inversor transformando esta corriente en alterna, que es la utilizada por todos los aparatos eléctricos.

Al momento de elegir el inversor apropiado hay que tener presente el tipo de inversor ya que existe de onda senoidal pura que produce una corriente eléctrica similar a la que produce la red eléctrica convencional y onda cuadrada (modificada), con este se debe tener precaución al momento de conectar los aparatos eléctricos ya que puede que no funcionen debido a que algunos son muy sensibles y logren dañarse.

Así como también debemos tener en consideración los requerimientos técnicos fundamentales de los paneles fotovoltaicos como lo es:

- **Tensión y corriente en el punto de potencia máxima**, una de las consideraciones para elegir el inversor es conocer las características técnicas del generador, por lo que inicialmente debemos saber la tensión máxima de energía de las placas solares (paneles solares) para luego conseguir eficiencia energética máxima, considerando las condiciones normales de funcionamiento, lo realizamos mediante la siguiente fórmula:  $V_{mpptotal} = V_{mpp} \times N_s$ , donde  $V_{mpp}$  es la tensión del lugar de máxima potencia y  $N_s$  es la cantidad de panel en cada ramal

$$V_{mpptotal} = V_{mpp} \times N_s = 38.5 \times 12 = 462V$$

La carga eléctrica que provee el generador fotovoltaico cuando aporta la máxima energía surgirá expresada por la fórmula:  $I_{mpptotal} = I_{mpp} \times N_p$ , donde  $I_{mpp}$  es la energía en el lugar de máxima potencia y  $N_p$  la cantidad de panel en ramal o paralelo.

$$I_{mpptotal} = I_{mpp} \times N_p = 8.84 \times 2 = 17.68A$$

- **Rectificación de la tensión y energía debidas a los cambios de temperatura**, dado que los datos de tensión y corriente proporcionado por los creadores de estas placas solares, es para una temperatura ambiente patrón de 25 °C adaptándolos a la temperatura del sitio donde se efectuará el emplazamiento; por lo tanto, debemos coleccionar la indagación de la temperatura en la ciudad de Arequipa, esta indagación se obtiene de SENAMHI

Arequipa, en la estación meteorológica La Pampilla (Anexo L), donde se explora la temperatura más alta de 24.38°C y la más baja de 10.13°C en el año. La temperatura de actividad que obtienen las células de las placas (paneles) solares fotovoltaicos puede acercarse por la ecuación:

$$T_p = T_a + \frac{(T_{onc} - 20)}{800} \times I$$

Dónde:

- $T_p$ , es la temperatura que adquiere la célula a una temperatura ambiente establecida.
- $T_a$ , es temperatura ambiente del sitio donde se colocarán las placas (paneles) solares.
- $T_{onc}$ , es la temperatura nominal de la célula, detallada como la temperatura que consiguen las células solares cuando se someten al sistema a una radiación de 800w/m<sup>2</sup> con repartición espectral AM 1,5G, la temperatura ambiente es de 20°C y la ligereza del viento, de 1 m/s. ( $T_{onc}=45^\circ\text{C}$ )
- $I$ , es la radiación media acatando el tiempo en el que se localice, en verano  $I=1000\text{w/m}^2$  y en invierno  $I =100\text{w/m}^2$ .

Para conocer la tensión de circuito abierto que se calculará a la salida de cada placa (panel) solar, en el instante en que están en actividad bajo estas circunstancias de temperatura de la célula desigual a 25 °C, se emplea el factor de temperatura para la tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) dado por los creadores de las placas (paneles) solares y la fórmula es:

$$V_{oc(x^\circ\text{C})} = V_{oc(25^\circ\text{C})} + \Delta T \times \Delta V_{oc(T)}$$

Dónde:

- $V_{oc(x^\circ\text{C})}$ , es la tensión de circuito abierto de la placa (panel) solar en una temperatura de la célula.
- $V_{oc(25^\circ\text{C})}$ , es la tensión del circuito abierto de la placa (panel) solar en circunstancias patrón de medidas.  $V_{oc(25^\circ\text{C})} =46.4\text{V}$
- $\Delta T$ , es la variabilidad de la temperatura de actividad de la placa (panel) solar y de las condiciones patrón de medidas.
- $\Delta V_{oc(T)}$ , es el factor de temperatura de la tensión de circuito abierto de la placa (panel) solar. ( $\Delta V_{oc(T)} = -0,29506\%/^\circ\text{C}$ ).

La corriente eléctrica del cortocircuito que se originará en la salida de cada placa (panel) solar cuando este en actividad bajo estas circunstancias de temperatura de la célula

desigual a 25 °C, se aplicará el factor de temperatura para la corriente de cortocircuito (ISC) proporcionado por los creadores de las placas y la fórmula es:

$$I_{sc(x^{\circ}C)} = I_{sc(25^{\circ}C)} + \Delta T \times \Delta I_{sc(T)}$$

Donde:

- $I_{sc(x^{\circ}C)}$ , es la corriente eléctrica de cortocircuito de la placa (panel) solar a una temperatura de célula.
- $I_{sc(25^{\circ}C)}$ , es la corriente eléctrica de cortocircuito de la placa (panel) solar en circunstancias patrón de medida.  $I_{sc(25^{\circ}C)} = 9.45A$ .
- $\Delta T$ , es la variación de temperatura entre los contextos de patrón dados por los creadores de las placas solares y el sitio donde se realizará el emplazamiento.
- $\Delta I_{sc(T)}$ , es el factor de temperatura de la tensión de circuito abierto de la placa solar ( $\Delta I_{sc(T)} = 0.08558\%/^{\circ}C$ )

Concretadas las fórmulas para la rectificación de los parámetros por temperatura en nuestro emplazamiento, descendemos a localizar los datos para el caso de altas temperaturas 24.38 °C y las temperaturas más bajas de 10.13°C, con el fin de determinar el inversor ideal.

### **Cálculo para la temperatura más alta**

Temperatura de ambiente de 24.38 °C, por tanto, la temperatura que consiguiera la célula de la placa (panel) solar será:

$$T_p = t_a + \frac{(T_{onc} - 20)}{800} \times I = 24.38 + \frac{(45 - 20)}{800} \times 1000 = 55.63^{\circ}C$$

Obteniendo ya la temperatura de la célula, procedemos a encontrar la tensión del circuito abierto y la corriente eléctrica de cortocircuito del panel es:

$$V_{oc(55.63^{\circ}C)} = V_{oc(25^{\circ}C)} + \Delta T \times \Delta V_{oc(T)} = 46.4 + (55.63 - 25) \times (-0,29506) = 37.36V$$

$$I_{sc(55.63^{\circ}C)} = I_{sc(25^{\circ}C)} + \Delta T \times \Delta I_{sc(T)} = 9.45 + (55.63 - 25) \times 0.08558 = 12.07A$$

Por último, la cantidad de placas (paneles) solares en serie por ramal del módulo generador lo multiplicamos por la tensión de circuito abierto de cada placa solar para la temperatura ambiente de 24.38 °C, obteniendo así la tensión de circuito a la salida del módulo generador en las temperaturas más altas y multiplicando la cantidad de ramales en paralelos del módulo generador fotovoltaico por la corriente eléctrica del circuito de cada placa para la temperatura ambiente, la corriente eléctrica de cortocircuito de salida del módulo generador es:

$$V_{oc(55.63^{\circ}C)} = V_{oc(55.63^{\circ}C)} \times N_s = 37.36V \times 12 \text{ panel} = 448.32 \text{ V}$$

$$I_{sc(55.63^{\circ}C)} = I_{sc(55.63^{\circ}C)} \times N_p = 12.07V \times 2 \text{ ramal} = 24.14 \text{ A}$$

### **Cálculo para la temperatura más baja**

Temperatura de ambiente de 10.13 °C, por tanto, la temperatura que consiguiera la célula de la placa (panel) solar será:

$$T_p = t_a + \frac{(T_{onc} - 20)}{800} \times I = 10.13 + \frac{(45 - 20)}{800} \times 100 = 13.26^{\circ}C$$

Consiguiendo ya la temperatura de la célula, procedemos a encontrar la tensión del circuito abierto y la corriente eléctrica de cortocircuito de la placa es:

$$V_{oc(13.26^{\circ}C)} = V_{oc(25^{\circ}C)} + \Delta T \times \Delta V_{oc(T)} = 46.4 + (13.26 - 25) \times (-0,29506) = 49.86 \text{ V}$$

$$I_{sc(13.26^{\circ}C)} = I_{sc(25^{\circ}C)} + \Delta T \times \Delta I_{sc(T)} = 9.45 + (13.26 - 25) \times 0.08558 = 8,45 \text{ A}$$

Adquiridas la tensión y corriente eléctrica de cada placa (panel) solar con la temperatura ambiente 10.13 °C, aplicaremos a cada placa conectada en series en cada ramal para conseguir la tensión a circuito abierto total del módulo generador y así como también a cada ramal conectado en paralelo para tener la corriente en cortocircuito del generador:

$$V_{oc(13.26^{\circ}C)} = V_{oc(13.26^{\circ}C)} \times N_s = 49.86V \times 12 \text{ panel} = 598.32 \text{ V}$$

$$I_{sc(13.26^{\circ}C)} = I_{sc(13.26^{\circ}C)} \times N_p = 8.45V \times 2 \text{ ramal} = 16.9 \text{ A}$$

Una vez alcanzados estos resultados se realiza la rectificación de la tensión máxima a la temperatura ambiente, para lograrlo principalmente hay que saber la diferenciación por temperatura del voltaje de máxima potencia.

$$\Delta V_{mpp(T)} = 0.83 \times \Delta V_{oc(T)} = 0.83 \times (-0.29506) = -0.245\%/^{\circ}C$$

Las tensiones de cada placa (panel) solar consiguieran en el punto máximo de potencia cuando este a la temperatura ambiente de 24.38 °C, la temperatura de la célula fotovoltaica será 55.63 °C y cuando la temperatura ambiente este a 10.13 °C la célula tendrá la temperatura 13.26 °C. Por lo que usaremos las fórmulas:

$$V_{mpp(55.63^{\circ}C)} = V_{mpp(25^{\circ}C)} + \Delta T \times \Delta V_{mpp(T)} = 46.4 + (55.63 - 25) \times (-0.245) = 38.90V$$

$$V_{mpp(13.26^{\circ}C)} = V_{mpp(25^{\circ}C)} + \Delta T \times \Delta V_{mpp(T)} = 46.4 + (13.26 - 25) \times (-0.245) = 49.28V$$

Ahora bien, la categoría de tensiones del punto máximo potencia que corresponderá ser tolerado por el inversor, lo obtendremos efectuando la multiplicación de los datos de tensión de máxima potencia de cada placa (panel) solar alcanzados para las desiguales

situaciones por la cantidad de placas (paneles) solares enlazados en series en cada uno de los ramales, logrando obtener así la tensión máxima y mínima que suministrará el generador fotovoltaico en condición de máxima potencia:

$$V_{mpp(55.63^{\circ}C)} = V_{mpp(55.63^{\circ}C)} \times N_s = 38.90 \times 12 \text{ panel} = 466.8V$$

$$V_{mpp(13.26^{\circ}C)} = V_{mpp(13.26^{\circ}C)} \times N_s = 49.28 \times 12 \text{ panel} = 591.36V$$

### Inversor elegido

Para la conversión de corriente continua a corriente alterna del módulo fotovoltaico convendrán estimar los valores subsiguientes:

**Tabla 6.**

*Categoría de tensión y corriente eléctrica para elegir el inversor*

Temperatura	Tensión de potencia Max.	Tensión de circuito abierto	Corriente de cortocircuito
Temp. Max. 24.38 °C	$V_{mpp(55.63^{\circ}C)} = 466.8V$	$V_{oc(55.63^{\circ}C)} = 448.32 V$	$I_{sc(55.63^{\circ}C)} = 24.14 A$
Tem. Min. 10.13 °C	$V_{mpp(13.26^{\circ}C)} = 591.36V$	$V_{oc(13.26^{\circ}C)} = 598.32 V$	$I_{sc(13.26^{\circ}C)} = 16.9 A$

**Fuente:** Elaboración propia

Luego de una indagación en encontrar el inversor que eficientemente cumpla con las condiciones de maniobras precisas para que tenga el mejor desempeño de acción de los módulos solares, el inversor seleccionado es de modelo SUN2000-8KTL-MO 8kW trifásico 380V/220V marca Huawei, comercializado por la empresa distribuidora Autosolar energía del Perú (tabla de especificaciones técnicas, anexo B) ya que se adapta a los parámetros calculados. Es importante acotar que para la salvaguardia de los equipos y como de los usuarios que manipulen en el mantenimiento y operación, la empresa distribuidora Autosolar calificada y basándose en los reglamentos vigentes, tiene como exigencias instalar todos los elementos necesarios como cortacircuitos, interruptores, componentes eléctricos en los diferentes trayectos de la instalación solar, con el fin de que se efectúen las normas generales para el resguardo de las instalaciones eléctricas, aunque este inversor inteligente tiene desconexión de corriente continua automática en caso de fallas, unidad de monitorización de la intensidad residual integrada, diseño sin fusibles, grado de protección IP65, protección tipo II tanto en corriente continua como corriente alterna, entre otros.



**Figura 21:** Huawei modelo SUN2000-8KTL-MO  
**Fuente:** <https://autosolar.pe/pdf/Huawei-SUN2000-8-12KTL.pdf>

- **Cableado**

El sistema solar fotovoltaico, se ha dividido en diferentes trayectos de enlace ya que los conductores poseen diferentes secciones, debido a que la carga que transita por cada uno de ellos no es igual. Posteriormente se realizó la distribución del generador por dos ramales compuesto por 12 placas (paneles) en serie, enlazados en paralelo, las uniones irán a la caja de derivación del generador fotovoltaico.

Distribución de la instalación fotovoltaica por trayectos:

- Módulos fotovoltaicos a la caja de derivación en conjunto.
- Caja de derivación en conjunto a la caja de derivación del generador fotovoltaico
- Caja de derivación del generador fotovoltaico al Inversor
- Inversor al punto de Red de distribución.

Para los trayectos de corriente continua se manipularán cableados unipolares de cobre con reclusión 0.6/1kV y recubierto con material aislante PVC, para proceder a calcular el tipo de cable a usar debemos considerar:

- La corriente tolerable por el conductor debe ser mayor a la real.
- La conductividad del elemento conductor es de  $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .

- L es la extensión del conductor en metros (m), y deberá ser lo menor posible para impedir las caídas de tensión.
- La caída máxima de tensión que cause el conductor al transitar por él, la corriente eléctrica máxima sea menor a un estimado valor.

La instalación fotovoltaica interconectada a la red convencional se debe considerar dos aspectos en la caída de tensión, uno es que para el trayecto de la tensión continua no sea mayor al 1,5 % y segundo que en el trayecto de tensión alterna no mayor a 2,5%, según lo indicado por el instituto para la diversificación y ahorro de energía 2011.

En el tramo de tensión continua, se realiza el cálculo de la sección con la fórmula siguiente:

$$S = \frac{2 \times L \times I_{cc}}{C \times u \times U}$$

Dónde:

- S, es la sección hipotética del conductor en mm<sup>2</sup>
- L, es la extensión del conductor en metros (m)
- I<sub>cc</sub>, es la máxima corriente que transitará por los conductores, siendo así la de cortocircuito de las placas (panel).

En el trayecto de tensión alterna, se realiza el cálculo de la sección mediante la siguiente fórmula:

$$S = \frac{2 \times L \times P}{C \times u \times U}$$

Dónde:

- S, es la sección hipotética del conductor en mm<sup>2</sup>
- L, es la extensión del conductor en metros (m)
- P, es la potencia máxima que traslada el cable.
- u, es la caída máxima de tensión admitida dentro de la conexión.
- C, es la conductividad del elemento conductor, para este caso se utilizará cobre y su conductividad es de 56 m/Ω\*mm<sup>2</sup>.
- U, es la tensión de la red eléctrica convencional, por lo que es de 220V.

- **Módulo fotovoltaicos a la Caja de derivación en conjunto**

Percibe el enlace desde la salida de los dos ramales hasta la caja de derivación en tensión continua, la caja de derivación de grupo llegará dos conductores distribuidos al polo

positivo y al polo negativo, los parámetros para realizar la sistematización de la sección mínima de los conductores son:

- L, es la extensión del conductor, para este trayecto se considera como la distancia del cable, el recorrido de panel (Módulo) más retirado hasta la caja de distribución, por razones de seguridad y de mantenimiento se le emplea un 10% adicional, arrojando una extensión de 16 metros.
- I<sub>cc</sub>, es la corriente eléctrica máxima que circulará por los conductores, siendo la de cortocircuito de los paneles (módulos) solar, cada ramal proporcionará una corriente eléctrica máxima, semejante a la del cortocircuito de cada uno de los paneles, 9.45A
- La caída de tensión máxima (u) admisible en conductores de continua, es de 1.5% dada por el pliego de condiciones técnicas del IDEA, en este trayecto constará una tensión semejante a la tensión del punto máximo de potencia de cada módulo (panel) V<sub>mpp</sub> = 46,4V por la cantidad de módulos (panel) en serie de cada ramal 12 panel, por lo que la tensión de este trayecto es de 46.4V x 12 panel = 559.2V.
- C, es la conductividad del elemento conductor, para este caso se utilizará cobre y su conductividad es de 56 m/Ω\*mm<sup>2</sup>.

La sección mínima del conductor que deberá tener este trayecto es:

$$S = \frac{2 \times 16 \times 9.45}{0.015 \times 559.2 \times 56} = 0.644 \text{mm}^2$$

La corriente eléctrica máxima aceptable del conductor es tipo 0.6/1kv de 1.5mm<sup>2</sup>, de recubrimiento PVC. Ya que la sección mínima calculada es inferior a la sección normalizada.

- **Caja de derivación en conjunto a la Caja de derivación del generador fotovoltaico**

Esta conexión es donde surgirán dos conductores tanto el positivo como negativo hacia el inversor, es importante acotar que en esta caja de derivación del generador se localizan los componentes precisos para el resguardo del mismo, para este trayecto los cálculos de la sección mínima del conductor son:

- L, es la extensión del conductor en metros (m) y se considera el recorrido entre la caja de derivación de grupo que se encuentre lo más retirada y la caja de derivación del generador 3 metros.
- I<sub>cc</sub>, es la corriente eléctrica máxima que va a transitar por los conductores, en este caso es la del cortocircuito del ramal, cada ramal inyectará una corriente máxima semejante a la del cortocircuito de cada uno de los paneles, 9.45A.
- u, es la caída de tensión máxima que obtendrán los conductores, de continua es de 1.5% explícita en el pliego de condiciones técnicas del IDEA, en este trayecto constará una tensión semejante a la tensión del punto máximo de potencia de cada módulo (panel) V<sub>mpp</sub> = 46,4V por la cantidad de módulos (panel) en serie de cada ramal 12 panel por lo que la tensión de este tramo es de 46.4V x 12 panel = 559.2V.
- C, es la conductividad del elemento conductor, para este caso se utilizará cobre y su conductividad es de 56 m/Ω\*mm<sup>2</sup>.
- Como es un trayecto de tensión continua, la sección mínima que debe tener el conductor es:

$$S = \frac{2 \times 3 \times 9.45}{0.015 \times 559.2 \times 56} = 0.121 \text{mm}^2$$

La sección mínima calculada es inferior a la sección normalizada, la corriente máxima tolerable del conductor es tipo 0.6/1kv de 1.5mm<sup>2</sup>, de recubrimiento PVC.

- **Caja de derivación del generador fotovoltaico al Inversor**

Esta conexión es donde aflorarán dos conectores primordiales que trasladan la energía del generador fotovoltaico hasta la ubicación del inversor y desde allí adquieren 2 cables positivo y negativo, oportuno al final del circuito de tensión continua y a la salida del circuito tensión alterna, los parámetros de sección mínima para la sistematización de los conductores son:

- L, la extensión del conductor en metros, se considerará la extensión del cable el recorrido desde la caja de derivación del generador fotovoltaico al inversor, anexo se le implanta un 10% por seguridad y mantenimiento, teniéndose 25m.
- I<sub>cc</sub>, es la corriente eléctrica máxima que circulará por los conductores y es la de cortocircuito de los módulos (paneles), cada ramal inyectará una corriente eléctrica máxima semejante a la de cortocircuito de cada uno de los paneles, son dos ramales de 9.45A x 2 ramal= 18.9A

- $u$ , es la caída máxima de tensión que lograrán poseer los conductores de continua es de 1.5% establecido por el pliego de condiciones técnicas del IDEA, en este trayecto constará una tensión semejante a la tensión del punto máximo de energía de cada (Módulo) panel  $V_{mpp} = 46,4V$  por la cantidad de panel en serie de cada ramal 12 panel por lo que la tensión de este trayecto es de  $46.4V \times 12 \text{ panel} = 559.2V$ .
- $C$ , es la conductividad del elemento que forma el conductor, fijamente será de cobre y su conductividad es de  $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .

Al ser un trayecto de tensión continua, la sección mínima que debe tener el conductor es:

$$S = \frac{2 \times 25 \times 18.9}{0.015 \times 559.2 \times 56} = 1.005 \text{mm}^2$$

La sección mínima calculada es inferior a la sección normalizada, la corriente máxima aceptable del conductor es de prototipo 0.6/1kv de  $4\text{mm}^2$  de recubrimiento PVC.

- **Inversor al punto de Red de distribución.**

Comprende la salida del inversor hasta el punto de la red distribución, siendo ahí donde se proporcionará la transformación por el inversor de la energía continua promovida por el generador fotovoltaico en energía alterna, como es un trayecto de corriente alterna, los parámetros serían:

- $L$ , es la extensión del conductor en metros, se considera como extensión del cable el recorrido entre el inversor y el punto de conexión de la red, 4.5 metros.
- $P$ , es la potencia máxima que transita el cable, será la potencia máxima alterna que logra dar el inversor en su salida,  $8000W$ .
- $C$ , es la conductividad del elemento que forma el conductor, fijamente será de cobre y su conductividad es de  $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ .
- $U$ , es la tensión de la red eléctrica,  $220V$ .
- $u$ , es la caída de tensión admitida en la unión, se tiene como reseña del 2,5% de caída de tensión dada por el código nacional de electricidad, en la salida del inversor constará una energía alterna constante de  $220V$ , por lo que se le suministrara a la red, la caída de tensión máxima aceptable en este trayecto es  $u = 0.025 \times 220V = 5.5V$

Este último tramo la sección mínima que debe tener el conductor para corriente alterna es:

$$S = \frac{2 \times L \times P}{C \times u \times U} = \frac{2 \times 4.5 \times 8000}{56 \times 5.5 \times 220} = 1.063 \text{mm}^2$$

En este caso la sección mínima calculada es inferior a la sección normalizada, pero se debe tener presente el importe de corriente máxima que se pueda suministrar a la red, y es la arriba del inversor, por lo que la sección normalizada elegida será del prototipo 0.6/1kv de 4mm<sup>2</sup> de recubrimiento PVC.

### Elección del tipo de cable

En vista que de los cálculos realizados no están normalizados ya que son inferiores, por lo que debemos considerar que debe ser superior a la calculada y que soporte la corriente que circule por los conductores, en este caso vamos a implementar cable Unifilar Solar que son los especiales para sistema fotovoltaico, sus características eléctricas son de 1,8kv, su temperatura máxima es de 180 °C y la temperatura máxima en cortocircuito es de 250 °C, así como también, brinda suficiente seguridad en la instalación, sus conductores de cobre electrolítico estañado, aislamiento de goma libre de halógeno, resistente a altas temperaturas, bajo de emisión de humos tóxicos y libre de alógeno, comercializado por la empresa distribuidora Autosolar energía del Perú (ficha técnica, anexo C), quedando de la siguiente manera por tramo:

**Tabla 7.**

*Sección y extensión de los cables a usar en el sistema fotovoltaico*

Tramos	Sección teórica Conductor (mm <sup>2</sup> )	Extensión (m)	Conductor ideal Unifilar Top Solar PV ZZ-F
Módulos fotovoltaicos a la Caja de derivación en conjunto.	1.5mm <sup>2</sup>	16m	6mm <sup>2</sup>
Caja de derivación en conjunto a la Caja de derivación del generador fotovoltaico.	1.5mm <sup>2</sup>	3m	6mm <sup>2</sup>
Caja de derivación del generador fotovoltaico al Inversor.	4 mm <sup>2</sup>	25m	6mm <sup>2</sup>
Inversor al punto de Red de distribución.	4 mm <sup>2</sup>	4.4m	6mm <sup>2</sup>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 8.**

*Datos técnicos de cable Top Solar PZ ZZ-F*



**TOPSOLAR PV ZZ-F**

DIMENSIONES						
Sección (mm <sup>2</sup> )	Diámetro (mm)	Peso (Kg/km)	Aire libre (A)	Int. Sobre Superficie (A)	Int. Adyacente a Superficie (A)	Caída tensión (V/A - km)
1 x 2,5	4,8	42	41	39	33	23,0
1 x 4	5,3	57	55	52	44	14,3
1 x 6	5,9	76	70	67	57	9,49
1 x 10	7,0	120	98	93	79	5,46
1 x 16	8,2	179	132	125	107	3,47
1 x 25	10,8	294	176	167	142	2,23
1 x 35	11,9	390	218	207	176	1,58

**Fuente:** <https://silo.tips/download/cables-para-instalaciones-solares-fotovoltaicas>

- **Sistema puesta tierra**

Para el resguardo propio del establecimiento y de los usuarios, se requiere la conexión correcta de los elementos metálicos del establecimiento con tierra, con el propósito de que no sea peligroso y permita la salida a tierra la corriente por falla o por las descargas atmosféricas, para llevar acabo lo antes mencionado el Manual De Interpretación Código Nacional De Electricidad Suministro 2001, Sección 2: Métodos de Puesta a Tierra para Instalaciones de Suministro Eléctrico y de Comunicaciones, los sistemas de puesta a tierra se realizan según norma eléctrica tanto como pozos horizontales como pozos verticales.

**Tabla 9.**

*Valores máximos de resistencia de puesta tierra*

Para ser usado en:	Valor máximo de resistencia de puesta a tierra (ohms)
Estructuras de líneas de transmisión	10 – 25
Subestaciones de alta tensión	1
Subestaciones de media tensión en poste	10
Subestaciones de media tensión tipo interior	10
Protección contra rayos	5
Neutro de acometida en baja tensión	25
Descargas electrostáticas	25
Equipos electrónicos sensibles	5
Telecomunicaciones	5

**Fuente:** Código Nacional De Electricidad (CNE)

También se debe tener en consideración la Norma técnica peruana NTP 370.052:1999 sobre Seguridad Eléctrica y de igual manera en el Código Nacional De Electricidad en la sección 060 Puesta A Tierra Y Enlace Equipotencial

Las instalaciones de puesta tierra está compuesta por:

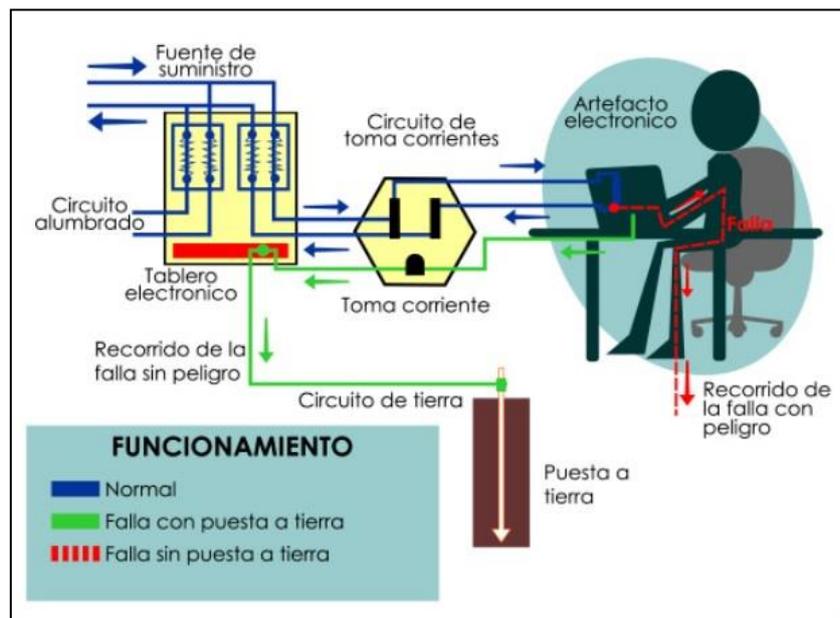
- Se deben considerar los compuestos metálicos que se encuentran en contacto inmediato con el terreno donde descargaría la corriente de fuga que se logre provocar en cualquier instante, estas son las señaladas como tomas a tierra, estos componentes en específico son enterrados a una hondura apropiada para las tipologías de la instalación a resguardar.
- Los bornes de puesta tierra es la alianza de todos los conductores de resguardo de la instalación que viene de los distintos elementos a salvaguardar.
- Conductores de resguardo recurren para acoplar eléctricamente los elementos de la instalación, con el objetivo de proteger acercamientos colaterales, acoplarán los elementos metálicos al borde de puesta tierra y con ello al conductor de tierra.

Con lo antes expuesto, se enlazará a tierra todas las segmentos metálicos como lo es, el soporte metálico de los paneles, tableros y demás partes metálicas que conforma la instalación, el cable que se utilizará es el conductor unifilar solar como se describió anteriormente en la sección de cables y sumaremos todos los trayectos para obtener la extensión de 96.8m y la sección del conductor de 6 mm<sup>2</sup> considerando que la resistencia de la puesta tierra no puede dar entrada a tensión de contactos mayor a las admitidas y no mayor a 25  $\Omega$ .

Puesta a tierra de protección electrónica, para evitar la decadencia de los elementos semiconductores por sobre voltajes se procederá a colocar dispositivos de protección, de

manera que se limiten los picos de sobré tensión conectados entre los conductores activos y tierra; este sistema de puesta a tierra de los aparatos electrónicos y de control se constituyen de una serie de electrodos instalados remotamente a la construcción y en el interior se coloca una barra de cobre electrolítico de dimensiones adecuadas acoplada a 2.60 metros sobre nivel de piso terminado con su respectiva leyenda indicativa, que es de uso exclusivo para el sistema de electrónica, considerando que la resistencia a tierra máxima en este sistema es de unos 5 Ohms, cuando no se logra obtener la resistencia deseada se recurre a usar otro mecanismo químico para reducir la resistividad del terreno y obtener la resistencia a tierra pretendida.

La elaboración de 3 pozos de tierras enlazados en paralelo para una admisible resistencia que debe ser de 3 a 5 Ohms, estos residirán al diseño para la salvaguardia de las personas y todos los equipos electrónicos, se debe considerar que el conductor de puesta a tierra debe ser de cobre u otro material resistente a la corrosión, puede ser macizo o prensado, aislado o desnudo, no debe tener en toda su extensión ningún empalme o unión excepto sí se trata de barra bus. Si el conductor no es de cobre la resistencia mecánica y la resistencia óhmica por unidad de longitud deben ser equitativamente a la de este es por ello que para secciones iguales o superiores a los conductores número 6 mm<sup>2</sup>, pueden tenderse sin daños mecánicos, para todas las secciones inferiores al número 6 mm<sup>2</sup>, los conductores deben ir protegidos por conductor, se podrá emplear la misma canalización de los conductores de alimentación del circuito para llevar el conducto de tierra.



**Figura 22:** Funcionamiento de sistema puesta tierra

**Fuente:** <https://desenchufados.net/la-importancia-de-la-toma-de-tierra/>

- **Protección del sistema**

Proteger la instalación nos garantiza la mejor manipulación protegiendo principalmente a las personas que la manipulen, de la misma manera como se calculó el tipo de conductor por tramos, en este caso se realizará para tensión continua y tensión alterna ya que los resguardos varían de acuerdo a la capacidad de corriente que abarca el sistema solar, basándose en el Código Nacional De Electricidad (CNE) Sección 080 Protección Y Control.

De acuerdo a las cuantificaciones en tensión continua son distintos a la tensión alterna, pero en este caso se utilizará el mismo criterio, ya que la corriente que activa a los aparatos de resguardo debe ser superior a la corriente que transitará por el conductor e inferior a lo soportado por el cable. Un módulo protege contra sobrecargas a un conductor y se comprueba de la siguiente manera:

$$I_U \leq I_N \leq I_M$$

Dónde:

$I_U$ , es la corriente de empleo que transita por el conductor

$I_N$ , es la corriente nominal del dispositivo de resguardo.

$I_M$ , es la corriente máxima aceptable a resguardar.

- **Protección para tensión continúa.**

Este tipo de tensión presenta más inconveniente ya que esta no es como la tensión alterna que consta una travesía nativa de la tensión por el 0 en cada semiperiodo, pertenece a un apagado espontáneo del arco que se forma cuando abre el circuito, por eso es importante que la interrupción se ejecute progresivamente sin toscas cancelaciones de la corriente que resultarían a enaltecidas sobretensiones.

**Fusible:** estos son los que protegen a las sobre energías de cada ramal del generador fotovoltaicos, originando la apertura del circuito en el momento de que se llegase a producir una corriente mayor a la aceptable, cada ramal tendrá dos cortocircuitos, para la elección del cortocircuito se aplicará la correlación antes mencionada, como la sección del conductor en ese trayecto es de 1.5mm<sup>2</sup>, según la sección teórica, los parámetros serían:

$$I_U = I_{mpp} \text{ Módulo} = 8.84A$$

$$I_M = I_{\max} \text{ Aceptable} = 14A$$

Para determinar la correlación para la sección de la corriente nominal del fusible es:

$$I_U \leq I_N \leq I_M$$

$$8.84 A \leq I_N \leq 14A$$

$$I_N = 10A$$

A pesar de que la correlación arroja un fusible de 10A a la salida de cada conductor procedente del ramal, utilizaremos de 16A como recomendación de la empresa que emplea este tipo de sistema solar “Autosolar energía del Perú” este tipo de fusible es de marca Bussman, modelo 5504027 (figura 23), perfecto para resguardo en instalaciones fotovoltaicas.



**Figura 23:** Fusible Bussman

**Fuente:** <https://autosolar.pe/fusibles/fusible-16a>

**Tabla 10.**

*Datos técnicos de fusibles*

Size (mm)	Current (A)	Catalogue Numbers Without Indicator	Catalogue Numbers With Indicator	Catalogue Numbers With Striker	Voltage (V)	Breaking Capacity (kA)	
8x31	0.5	C0800.5	-	-	400V	20kA	
	1	C0801	-	-			
	2	C0802	C0802I	-			
	4	C0804	C0804I	-			
	6	C0806	C0806I	-			
	8	C0808	C0808I	-			
	10	C08010	C08010I	-			
	12	C08012	C08012I	-			
	18	C08018	C08018I	-			
	20	C08020	C08020I	-			
10x38	0.5	C1000.5	-	-	500V	120kA	
	1	C1001	C1001I	-			
	2	C1002	C1002I	-			
	4	C1004	C1004I	-			
	6	C1006	C1006I	-			
	8	C1008	C1008I	-			
	10	C10010	C10010I	-			
	12	C10012	C10012I	-			
	18	C10018	C10018I	-			
	20	C10020	C10020I	-			
	25	C10025	C10025I	-			
	32	C10032	C10032I	-			400V
	14x51	1	C1401	C1401I	-	600V	80kA
2		C1402	C1402I	C1402S			
4		C1404	C1404I	C1404S			
6		C1406	C1406I	C1406S			
8		C1408	C1408I	C1408S			
10		C14010	C14010I	C14010S			
12		C14012	C14012I	C14012S			
18		C14018	C14018I	C14018S			
20		C14020	C14020I	C14020S			
25		C14025	C14025I	C14025S			
32		C14032	C14032I	C14032S			
40		C14040	C14040I	C14040S	500V		
50		C14050	C14050I	C14050S	400V		

**Fuente:** Cooper Bussmann

**Interruptor termomagnético:** su función es cortar la corriente del circuito automáticamente y proteger la instalación en caso de que exceda la corriente que circula por los conductores al valor nominal, existirá un interruptor en cada ramal y la sección del conductor que conforma el ramal es de 1.5 mm<sup>2</sup> según la sección teórica y los parámetros para el dimensionamiento del interruptor termomagnético es:

$$I_U = 1 \text{ ramal} \times I_{mpp} \text{ Módulo} = 1 \times 8.84 = 8.84A$$

$$I_M = I_{max} \text{ admisible} = 14A$$

Se requiere que se cumpla la condición como mínimo de la corriente nominal del interruptor y se aplica lo siguiente:

$$I_U \leq I_N \leq I_M$$

$$8.84 \text{ A} \leq I_N \leq 14 \text{ A}$$

$$I_N = 10 \text{ A}$$

**Tabla 11.**

*Tabla de elección de protección magnetotérmica y diferencial*

Interrupedores automáticos magnetotérmicos Acti9								
Modelo	Página	Poder de corte I <sub>cn</sub> o I <sub>cu</sub> a 400 V C.A.	Calibres (A)	N.º de polos	Curvas de disparo	Anchura por polo en mód.	Auxiliares que admiten	
 IK60N	24	6000 A	6 a 63A	1, 1+N, 2	C	1	Ninguno	
 IK60N	27	6000 A	6 a 63A	3P, 3P+N y 4P	C	1	Ninguno	
 ICP-M	25	6000 A	1,5 a 40	1, 1+N, 2	ICP	1	Ninguno	
	25		1,5 a 63	3 y 4 (*)				
 iC40F	30	6 kA (UNE-EN 60947) 6000 A (UNE-EN 60898)	1 a 40 A	1+N	C	1/2	OF, SD, OF+OF/SD, MX+OF, MN, MX, MSU, Vigi iCG40, Vigi iC40	
 iC40	30	6 kA (UNE-EN 60947), 4500 A (UNE-EN 60898)	1 a 40 A	1+N	B	1/2	OF, SD, OF+OF/SD, MX+OF, MN, MX, MSU, Vigi iCG40, Vigi iC40	
 iC40N	30	10 kA (UNE-EN 60947), 6000 A (UNE-EN 60898)	1 a 40 A	1+N, 3P, 3P+N	C, D	1+N: 1, 3P: 3, 3P+N: 3 (ancho total aparatos)	OF, SD, OF+OF/SD, MX+OF, MN, MX, MSU, Vigi iCG40, Vigi iC40	
 C60	37	10 kA (UNE-EN 60947); 6000 A (UNE-EN 60898)	0,5	1, 2, 3, 4	C	1	iOF, iSD, iOF+OF/SD, iMX, iMX+OF, iMN, iMSU, Quick Vigi, RCA, ARA	
1 a 40			1+N	C, B				
50 y 63			1, 1+N, 2, 3, 4	C, B, D				
 iC60H	38	15 kA (UNE-EN 60947); 10000 A (UNE-EN 60898)	0,5 1 a 4 6 a 40 50 y 63	1, 2, 3, 4	C, D C, B, D C, B	1	iOF, iSD, iOF+OF/SD, iMX, iMX+OF, iMN, iMSU, Quick Vigi, RCA, ARA	
 iC60L	39	25 kA (≤ 25 A) 20 kA (> 25 A)	1 a 40 6 a 40 1,6 a 40	1, 2, 3, 4	C B Z	1	iOF, iSD, iOF+OF/SD, iMX, iMX+OF, iMN, iMSU, Quick Vigi, RCA, ARA	
			1,6 a 40	2, 3	MA			
 C60H-DC	43	6 kA (UNE-EN 60947) 5 kA (UL 1077)	0,5 a 63 A	1, 2	C	1	OF, SD, OF+OF/SD, MX, MX+OF, MN, MSU	
 C120	40	10000 A	63 a 125	1, 2, 3, 4	C, B, D	1,5	OF, SD, OF+OF/SD, MX, MX+OF, MN, MSU (comunes con C60) Vigi C120	
		15000 A	10 a 125	1, 2, 3, 4	C, B, D	1,5		
 NG125	41	25 kA	10 a 80	1, 2	C	1,5	OF+OF OF+SD OF+OF/SD MX+OF, MN, Vigi NG125, SDV, MXV	
			10 a 125	3, 4	C			
			80 a 125	3, 4	B, D			
			10 a 80	1, 2, 3, 4	C			
	41	36 kA	10 a 80	1, 2, 3, 4	C	1,5		
	42	50 kA	10 a 80	1, 2, 3, 4	C, B, D	1,5		
			1,6 a 80	2, 3	MA			

(\*): Los calibres 45, 50 y 63 A existen también en 1, 1+N y 2 polos.

(\*\*): Interruptor automático especial para corriente continua.

**Fuente:** Schneider Electric

Obteniéndose que el interruptor es de 10A, pero se implantará dos interruptores termomagnéticos de 25A en cada ramal del generador fotovoltaico, para este prototipo de protección se usara el ABB del modelo IC60N, tiene dos polos, intensidad de corriente de

25 A. como recomendación de la empresa que emplea este tipo de sistema solar “Autosolar energía del Perú”



**Figura 24:** Termomagnético ABB de 25 A de 2 polos

**Fuente:** <https://autosolar.pe/termomagneticos/termomagnético-25a-ic60n-abb-monofásico>

- **Protección para tensión alterna.**

Estas protecciones se ubicarán luego del inversor, su función es proteger los aparatos que trabajen con tensión alterna dentro de la instalación, los componentes de protección íntimamente del sistema, la protección abarca el último trayecto del circuito.

**Interruptor termomagnético:** la función de este, es la protección del conductor que transita corriente alterna, la sección del conductor de este trayecto es de 4mm<sup>2</sup> según la sección teórica y los parámetros a considerar son:

$$I_U = I_{\max} \text{ salida del inversor} = 8000/220 = 36.6 \text{ V}$$

$$I_M = I_{\max} \text{ aceptable} = 39\text{A}$$

La relación para la sección de la corriente nominal del elemento de resguardo es:

$$I_U \leq I_N \leq I_M$$

$$36.6\text{A} \leq I_N \leq 39\text{A}$$

$$I_N = 40\text{A}$$

Se implementará un interruptor de 40A, para este tipo de protección será termomagnético de 40 A marca Legrand trifásico.

**Interruptor diferencial y de interconexión:** El interruptor diferencial es el que ofrece resguardo a los usuarios contra descargas eléctricas, adicional este puede detectar las fugas de energía, este artefacto debe poseer la comprensión adecuada y ser de tipología selectiva para que su coherencia con los aparatos de corriente residual de alta sensibilidad de 30mA, lo que se debe conectar en los tableros residenciales, según el Código Nacional de Electricidad - Generalidades técnicas 020-132 (Toda instalación en la que se prevea o exista conectado equipo de utilización, debe contar con interruptor diferencial de no más de 30 mA de umbral de operación de corriente residual, de conformidad con la Regla 150-400), implementaremos interruptor tipo diferencial de 25 A ABB 30 mA tipo A 4P,(figura 24) y los interruptores de interconexión funcionan de conexión del sistema, esto es en función al inversor seleccionado SUN2000-8KTL-MO 8kW trifásico 380V/220V, que tiene estas desempeños de salvaguardia en los valores de frecuencia en máxima y mínima y de tensión y se caracteriza por ser de string inteligente.



**Figura 25:** Interruptor diferencial 25A – ABB

**Fuente:** <https://autosolar.es/pdf/Diferencial-Trif-ABB-25A-A-4P-30mA.pdf>

- **Controlador de medida energía a la red**

Obligatoriamente se debe tener con un controlador de la corriente a la salida del inversor, su función es medir la electricidad que será suministrada a la red y definir el límite

de sistema solar y la red de distribución, por lo tanto, este contador debe medir la energía concedida a la red producidas por el sistema fotovoltaico, se ha elegido el Vatímetro X3 Híbrido modelo Chint DTSU666-D 250 A / 50mA marca Huawei Trifásico, comercializado por la empresa distribuidora Autosolar energía del Perú (tabla de especificaciones técnicas, anexo D), está creado para el monitoreo de la energía eléctrica.



**Figura 26:** Vatímetro X3 Híbrido

**Fuente:** <https://autosolar.es/pdf/Ficha-tecnica-DTSU666-D-hibrido.pdf>

- **Horarios de actividad del sistema fotovoltaico**

Este sistema tendrá su actividad de modo dual a la red eléctrica convencional, y el dispositivo que le dará control al horario cuando esté en funcionamiento el sistema es el inversor, el inversor elegido SUN2000-8KTL-MO 8kW trifásico 380V/220V, tiene, automatizada donde comienza a funcionar al tener esencia del sol, la tensión del generador fotovoltaico aumenta y pone en actividad al inversor y empieza a suministrar energía eléctrica.

Para determinar las horas diurnas del sol en el sitio del emplazamiento, obtuvimos información del [weatheravenue.com](http://weatheravenue.com) consigue computar los esquemas oportunos a la hora justa de la salida y de la puesta del sol, así como del crepúsculo y la posición exacta del sol en el firmamento, los cálculos se hacen en función del grado de latitud y longitud del centro geográfico del sitio indicado es este caso es la ciudad de Arequipa y del año 2019 como referencia.

**Tabla 12.***Horas diurnas de sol por mes*

<b>Mes</b>	<b>Salida del sol</b>	<b>Puesta del sol</b>
<b>01-ene</b>	05:16	18:21
<b>15-ene</b>	05:25	18:25
<b>01-feb</b>	05:34	18:24
<b>15-feb</b>	05:41	18:19
<b>01-mar</b>	05:46	18:10
<b>15-mar</b>	05:49	18:00
<b>01-abr</b>	05:51	17:47
<b>15-abr</b>	05:54	17:37
<b>01-may</b>	05:57	17:28
<b>15-may</b>	06:01	17:23
<b>01-jun</b>	06:07	17:20
<b>15-jun</b>	06:11	17:21
<b>01-jul</b>	06:15	17:25
<b>15-jul</b>	06:14	17:29
<b>01-ago</b>	06:10	17:34
<b>15-ago</b>	06:03	17:37
<b>01-sep</b>	05:52	17:40
<b>15-sep</b>	05:41	17:41
<b>01-oct</b>	05:28	17:43
<b>15-oct</b>	05:17	17:45
<b>01-nov</b>	05:08	17:50
<b>15-nov</b>	05:04	17:57
<b>01-dic</b>	05:04	18:06
<b>15-dic</b>	05:08	18:14
<b>31-dic</b>	05:16	18:21

**Fuente:** <https://www.weatheravenue.com/es/america/pe/arequipa/arequipa-salida-del-sol.html>

Donde obtenemos un promedio de las cantidades de horas diurnas efectivas en el año de 06 horas con 19 minutos, en ese determinado tiempo el sistema fotovoltaico funcionará en su máxima potencia, siendo estas las horas del sol efectivamente aprovechable. Otro método para conocer el tiempo de la cantidad de brillo del sol efectivo con más precisión de las horas picos a lo extenso del año, consideremos que una placa solar adquiere una irradiación nominal en las condiciones estándar de 1000w/m<sup>2</sup> como reseña. Aplicando una división del valor de irradiación global horizontal entre radiación nominal estándar, se obtendría las horas pico de sol.

### **Energía anual forjada por el sistema solar fotovoltaico conectado a la red**

Se estudiará el cálculo de la energía que aportara el sistema fotovoltaico anualmente evidenciando cómo interviene en el beneficio y la viabilidad, las cuantificaciones energéticas son:

$$E_{AC} = P_{PMP} \times (G_{daeff}/G') \times FS \times PR$$

Dónde:

$P_{PMP}$ , es la potencia máxima que aportara el panel en condiciones patrón (1000W/m<sup>2</sup> de irradiación y 25 °C de temperatura de la célula)

$G_{daeff}$ , radiación anual efectiva que transgrede sobre la zona del panel.

$G'$ , es el dato de irradiación a la que se determina la energía nominal de las células, justamente 1000W/m<sup>2</sup>.

FS, factor de seguridad que supone las pérdidas por orientación e inclinación, desigual de la recomendable y por sombras. FS=1.

PR, factor de rendimiento que discurre las pérdidas energéticas relacionadas a la transformación de tensión continua a tensión alterna y al momento de que la utilidad de las células solares en el contexto es menor a la que muestra el valor de su corriente nominal, ya que la temperatura de trabajo es claramente mayor a 25 °C. (Valores alcanzados desde 0.7 y 0.75), PR=0.75.

Para conocer la potencia pico del generador se establece así:

Numero de paneles: N= 24

Potencia máxima de la placa (panel): 340W

Potencia pico del generador: PPMP = 24 x 340 = 8160W

La producción de energía anual del generador:

$$E_{AC} = P_{PMP} \times (G_{daeff}/G') \times FS \times PR = 8160 \times (6.41/1000) \times 1 \times 0.75 = 39.2292 \text{ kWh.}$$

### **Análisis de rentabilidad económica de la instalación del sistema solar fotovoltaico con conexión a la red**

Inicialmente realizaremos un cálculo estimado de lo que costará la instalación solar del proyecto, que sería un presupuesto, luego se aplicará los métodos de análisis económico más usual el VAN, el TIR y el periodo de recuperación (playback) de la inversión.

- **Estimación de costo de la instalación**

En este componente se tendrá presente los costos de los materiales y equipos mencionados anteriormente, así como también los de la empresa comercializadora Autosolar energía del Perú (Anexo F).

**Tabla 13.**

*Estimación de costo de la instalación*

Descripción	Cantidad	Precio	Total
<b>KIT Fotofotovoltaico</b>			
Panel Solar ERA 340W 24V ESPMC-340 Policristalino	20.00	500.00	12,000.00
Estructura Cubierta Plana 15° 10 Panel CVE915 2	2.00	1,463.97	2,927.94
Inversor Huawei SUN2000-8KTL-M0 8kW Trifásico 380V/220V	1.00	7,964.97	7,964.97
Vatímetro CHINT DTSU666-H 250A/50mA Huawei Trif.	1.00	1,730.69	1,730.69
Juego Conectores MC4 paneles-regulador	1.00	24.80	24.80
Cable Unifilar de 6 mm <sup>2</sup> SOLAR PV 1,5kV Rojo	48.40	8.10	392.04
Cable Unifilar de 6 mm <sup>2</sup> SOLAR PV 1,5kV Negro	48.40	8.10	392.04
<b>Accesorios de protección</b>			
Portafusible 10x38 (10, 16, 20, 25 y 32A) 500V	4.00	23.08	92.32
Fusible 16A Paneles 10x38	4.00	15.38	61.52
Protección sobretensiones YPV 1000V DC Dehnguard	1.00	291.60	291.60
Termomagnético 25A ABB	2.00	269.51	539.02
Diferencial Trif. 25A 30mA 4P A - ABB	1.00	817.32	817.32
Termomagnético 40A LEGRAND Trifásico	1.00	383.50	383.50
Caja de conexión en grupo	2.00	47.96	95.92
Caja de conexión del generador	1.00	75.92	75.92
Cable Unifilar de 6 mm <sup>2</sup> Tierra	96.80	8.10	784.08
Terminal de Compresión Cable 6mm - Perno 6mm	22.00	1.75	38.50
Tablero Adosable 8 Polos	1.00	33.75	33.75
Caja estanca grande	1.00	53.85	53.85
		<b>COSTO DIRECTO (S/.)</b>	<b>28,699.78</b>
		Transporte (5%)	1,434.99
		Gastos generales (20%)	5,739.96
		Utilidad (10%)	2,869.98
		<b>SUBTOTAL (S/.)</b>	<b>38,744.70</b>
		IGV (18%)	6,974.05
		<b>TOTAL PRESUPUESTO (S/.)</b>	<b>45,718.75</b>

**Fuente:** Cotización por la empresa comercializadora Autosolar energía del Perú

Para la aplicación del VAN, TIR y PR (Playback) elaboró la siguiente tabla de flujo de caja anual, considerando la energía de producida anualmente y costo de energía por la empresa distribuidora por kWh consumida.

- Producción anual de energía: Eac: 39,229.20 kWh.

- Costo de energía por empresa distribuidora en Arequipa: 0.577 S/. kWh.
- Retribución por el suministro de energía eléctrica anual: S/. 22,662.70
- Costo de mantenimiento: costo general de un técnico especialista en sistema fotovoltaico, considerando que el mantenimiento del sistema es trimestral de S/. 150x3 al año = S/.450 y al pasar de los años se incrementó un 3%.
- Costo de energía, asumimos que incrementa cada año: 4%
- Flujo de caja inicial: S/. 45,718.75

**Tabla 14.**

*Costo de retribución por producción de energía anual*

<b>Años</b>	<b>Costo de energía (s/. KWh)</b>	<b>Retribución (S/.)</b>	<b>Mantenimientos y otros (S/.)</b>	<b>Flujo de caja (S/.)</b>	<b>Retribución total (S/.)</b>
1	0.577	22,635.25	450.00	22,185.25	22,185.25
2	0.600	23,540.66	463.50	23,077.16	45,262.41
3	0.624	24,482.28	477.41	24,004.88	69,267.29
4	0.649	25,461.58	491.73	24,969.85	94,237.14
5	0.675	26,480.04	506.48	25,973.56	120,210.70
6	0.702	27,539.24	521.67	27,017.57	147,228.26
7	0.730	28,640.81	537.32	28,103.49	175,331.75
8	0.759	29,786.44	553.44	29,233.00	204,564.75
9	0.790	30,977.90	570.05	30,407.85	234,972.60
10	0.821	32,217.02	587.15	31,629.87	266,602.47
11	0.854	33,505.70	604.76	32,900.93	299,503.41
12	0.888	34,845.92	622.91	34,223.02	333,726.43
13	0.924	36,239.76	641.59	35,598.17	369,324.60
14	0.961	37,689.35	660.84	37,028.51	406,353.11
15	0.999	39,196.93	680.67	38,516.26	444,869.37
16	1.039	40,764.80	701.09	40,063.72	484,933.09
17	1.081	42,395.40	722.12	41,673.28	526,606.36
18	1.124	44,091.21	743.78	43,347.43	569,953.80
19	1.169	45,854.86	766.09	45,088.77	615,042.56
20	1.216	47,689.05	789.08	46,899.98	661,942.54

**Fuente:** Elaboración propia

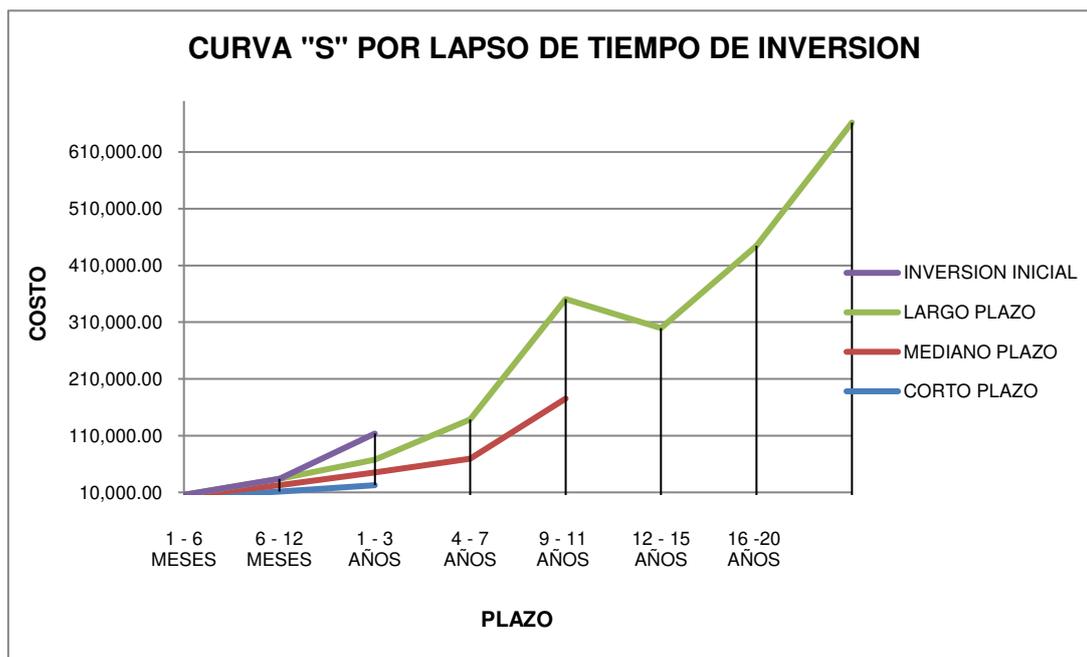
En la siguiente tabla se realizó una ponderación por lapso de tiempo estableciendo el corto, mediano y largo plazo de los costos por retribución del sistema solar fotovoltaico con conexión a red con los datos de la tabla 14 y a su vez se logra apreciar en que lapso se logra retribuir la inversión inicial.

**Tabla 15.**

*Retribución por lapso de tiempo*

Tiempo	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	Inversión inicial
	Monto en S/.	Monto en S/.	Monto en S/.	Monto en S/.
Inicio	1,886.27	1,886.27	1,886.27	45,718.75
1 - 6 meses	11,317.62	11,317.62	11,317.62	-
6 - 12 meses	22,635.25	22,635.25	22,635.25	-
1 - 3 años		69,267.29	69,267.29	45,718.75
4 - 7 años		175,331.75	175,331.75	
9 - 11 años			299,503.41	
12 - 15 años			444,869.37	
16 -20 años			661,942.54	

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 27:** Curva "S" de costos a corto, mediano y largo plazo

**Fuente:** Elaboración propia

- **Valor actual neto (VAN)**

Para realizar el cálculo del VAN la fórmula es la siguiente:

Tasa de descuento 16%

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Dónde:

Ft: son los flujos de liquidez en cada periodo

Io: es la inversión realizada en el instante (t=0)

n: es el número de ciclos de tiempo

k: es el porcentaje de descuento o de interés establecido a la inversión

VAN= S/. 118,530.17

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Dónde:

Ft: son los flujos de liquidez en cada periodo

Io: es la inversión realizada en el instante (t=0)

n: es el número de ciclos de tiempo

TIR= 53%

- **Plazo de Recuperación de la Inversión o Payback**

Para el cálculo la fórmula es:

$$\text{Payback} = a + \frac{I_0 - b}{F_t}$$

Dónde:

a: Es la cantidad del ciclo inmediatamente anterior hasta recuperar el desembolso inicial

Io: Es la inversión inicial del proyecto

b: Es la suma de los flujos hasta el final del ciclo “a”

Ft: Es el valor del flujo de caja del año en que se recupera la inversión

$$\text{Payback} = 2.01 \text{ años}$$

## 4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS

### Hipótesis General

Ho: La propuesta de un sistema solar fotovoltaico autónomo es el diseño técnico y económico factible para la autogeneración en la oficina administrativa localizada en la ciudad de Arequipa. El tipo de sistema solar fotovoltaico autónomo es el diseño técnico y

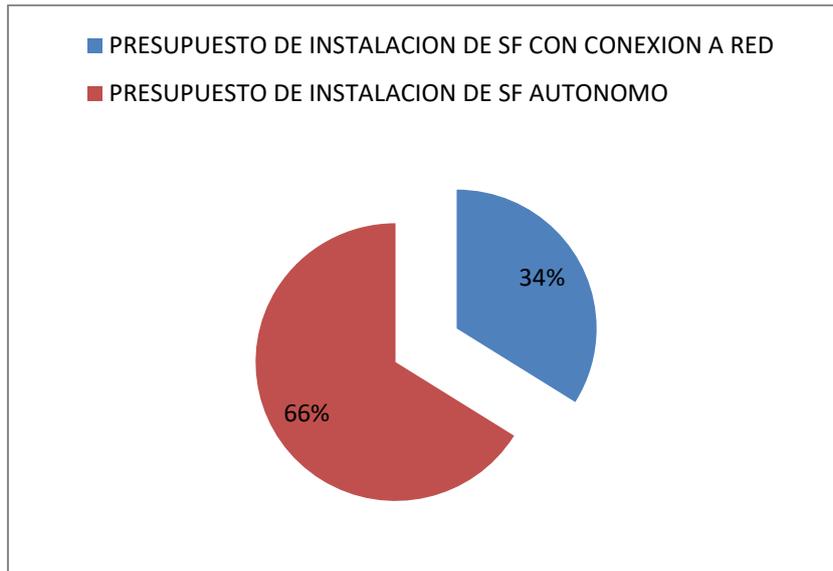
Ha: La propuesta de un sistema solar fotovoltaico con conexión a la red es el diseño técnico y económico factible para la autogeneración en la oficina administrativa localizada en la ciudad de Arequipa.

**Tabla 16.**

*Comparación de presupuesto de inversión de los tipos de sistema fotovoltaico solar*

PRESUPUESTO DE INVERSION DE UN SF CON CONEXIÓN A RED				vs.	PRESUPUESTO DE INVERSION DE UN SF AUTONO			
DESCRIPCIÓN	CANT.	P. U.	TOTAL		DESCRIPCIÓN	CANT.	P. U.	TOTAL
KIT FOTOFOTOVOLTAICO					KIT FOTOFOTOVOLTAICO			
Panel Solar ERA 340W 24V ESPMC-340 Policristalino	24.00	500.00	12,000.00		Panel Solar ERA 340W 24V ESPMC-340 Policristalino	24.00	500.00	12,000.00





**Figura 28:** Comparación de presupuesto de inversión de los tipos de sistema fotovoltaico solar  
Fuente: Elaboración propia

Basándose en la hipótesis de trabajo también conocida como hipótesis operacional, se decide admitir la hipótesis asociativa  $H_a$  y en refutar la hipótesis nula  $H_0$ , debido a que se concluye la evidencia real que la evaluación de implementar este tipo de sistema solar resulta una inversión de 34% en comparación es más económico y a su vez técnicamente óptima para la autogeneración de energía eléctrica de la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa aplicándose, cabe destacar que la hipótesis asociativa donde se establece una relación entre dos variables ya que si se conoce la primera variable, es posible predecir la segunda.

#### Hipótesis específicas

- El potencial de la incidencia solar en la ciudad de Arequipa es suficiente para la generación de energía eléctrica en la oficina administrativa localizada en la ciudad de Arequipa.

#### Tabla 17.

*Incidencia de la radiación solar promedio en la ciudad de Arequipa, datos del software atmosférico de la NASA*

Radiación solar (kWh/m <sup>2</sup> ) promedio	6.41
Mayor incidencia de radiación solar	7.88
Menor incidencia de radiación solar	5.23

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 18.***Clasificación de la radiación solar*

Parámetros de radiación kWh/m <sup>2</sup>		Categorización
0	3.5	Baja
3.5	6.5	Media
6.5	10	Alta

**Fuente:** Elaboración propia

Se obtiene que la radiación solar que incurre en la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa se encuentre en la categoría media y según información del software atmosférico de la NASA Arequipa tiene una incidencia del sol promedio de 6.41 kWh/m<sup>2</sup>/día lo que es apto para la generación de energía eléctrica.

- La propuesta de autogeneración con un sistema solar fotovoltaico con conexión a red en la oficina administrativa de la ciudad de Arequipa es factible técnica y económicamente.

Técnicamente se concluye que es factible y garantizada ya que su ejecución y operación es posible gracias a los siguientes elementos:

- La incidencia del sol promedio en la ciudad de Arequipa es de categoría media con un valor de 6.41 kWh/m<sup>2</sup>/día.
- El módulo de generación fotovoltaico con conexión a la red está constituido por 24 paneles marca ERA 340W Policristalino 24V ESPMC-340W, generando una potencia nominal de 8160W.
- El sistema solar fotovoltaico proporciona una Producción anual de energía de 39,229.20 kWh.
- El sistema fotovoltaico trabaja con un inversor inteligente tiene desconexión de corriente continua automática en caso de fallas, mecanismo de monitorización de la fuerza residual integrada, esquema sin fusibles, Tiene una potencia nominal activa de 8000w, tensión nominal de salida de 220V – 400V y frecuencia nominal de red de 50 Hz – 60Hz.
- El sistema solar fotovoltaico posee un medidor de energía, un equipo programable e inteligente, integrados con la función de medición y comunicación, especialmente manipulados en tiempo real, medición y visualización de las cuantificaciones eléctricas tales como energía en el circuito

eléctrico, frecuencia, voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, entre otros.

Económicamente es factible el proyecto y garantizado y su implementación es permisible según los métodos económicos:

- El valor actual neto (VAN) es de S/. 118,530.17, es superior a cero, el proyecto debe ser considerado.
  - La tasa interna de retorno (TIR) es de 53%, es superior a la tasa de interés de descuento 16%, el proyecto debe ser considerado.
  - El plazo de recuperación de la inversión o Payback es de 2.01 años, este dato indica que se superara la inversión inicial en un corto plazo, el proyecto debe ser considerado.
- Se reducirá el costo de la facturación del consumo de energía eléctrica con el uso del sistema solar fotovoltaico con conexión a red en la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa.  
El coste por utilización de energía eléctrica por el tarifario de venta es 0.577 S/. kWh. y con la producción de energía del sistema solar fotovoltaico se representa una retribución.

**Tabla 19.**

*Retribución financiera del sistema solar fotovoltaico*

Descripción	Montos (S/.)
Retribución mensual	1,886.27
Retribución anual	23,537.52
Retribución a 20 años	47,689.05

**Fuente:** Elaboración propia

Se concluye que la producción de energía es descentralizada y representa un ahorro por consumo de energía eléctrica al consumidor de S/. 47,689.05 en los 20 años estimados de vida útil del sistema solar.

### **4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En el desarrollo de esta investigación, se planteó un objetivo principal de diseñar técnica y económicamente la autogeneración de energía eléctrica para la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa, mediante una comparación real y comprobada del

presupuesto de inversión entre dos tipos de sistema solar fotovoltaico y se determinó que si es viable, ya que su inversión representa un 34% la autogeneración con el sistema solar conectado a la red, en comparación a otro sistema solar y de los objetivos específicos: Evaluar el potencial de la radiación solar en la ciudad de Arequipa para el uso de autogeneración en el sistema fotovoltaico, se logró determinar por el software de la Nasa que tiene una categorización media aprovechable y factible para la autogeneración de energía; determinar la factibilidad técnica y económica de autogeneración eléctrica con el sistema fotovoltaico con conexión a red en la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa, es permisible técnicamente y el VAN es superior a 0, al igual que el TIR es superior a la tasa de descuento, y PR o playback es en un corto plazo; estimar la retribución de la facturación en el costo por consumo de energía eléctrica de la oficina administrativa con el uso del sistema solar fotovoltaico con conexión a red, representa un ahorro por consumo ya que no se facturaría con la empresa distribuidora los kWh cuando el sistema esté en funcionamiento.

Con respecto a la contrastación de las hipótesis con los resultados

#### Hipótesis general

- La propuesta de un sistema solar fotovoltaico con conexión a la red es el diseño técnico y económico factible para la autogeneración en la oficina administrativa localizada en la ciudad de Arequipa.

Del progreso de la tesis se finiquitó lo siguiente:

- Se aplica técnicas comprobadas utilizando datos reales de la incidencia del sol en el lugar de emplazamiento, perfeccionando así los resultados obtenidos, donde nos permite asegurar que el tipo de diseño es viable tanto económico como técnico, cubre la demanda de energía eléctrica de 7,9 kW.
- El sistema solar fotovoltaico conectado a la red, es una alternativa con menor costo en comparación a otros sistemas de generación de energía utilizando la energía solar, considerándose que esta es una fuente energía renovable, limpia, no tiene efectos en el cambio climáticos.

#### Hipótesis específicas

- El potencial de la incidencia solar en la ciudad de Arequipa es suficiente para la generación de energía eléctrica en la oficina administrativa localizada en la ciudad de Arequipa.

Perú por estar cerca de la zona ecuatorial es uno de los países con mayor irradiación solar, es por ello que se determinó la demanda de radiación solar en el lugar de emplazamiento resultando de 6.41 kWh/m<sup>2</sup>/día promedio en el año, suficiente para el perfecto funcionamiento del sistema solar fotovoltaico, es un valor muy importante ya que nos permite conocer la proyección de nuestro tipo de sistema a instalar y nos indica la cabida de generación eléctrica para compensar la demanda de consumo energético de las oficinas administrativas.

- La propuesta de autogeneración con un sistema solar fotovoltaico con conexión a red en la oficina administrativa de la ciudad de Arequipa es factible técnica y económicamente.

Es factible técnica y económica, ya que tiene las condiciones necesarias para su maniobra y los indicadores del análisis económico, dan como resultados un VAN superior a 0 con un importe de S/. 118,530.17, TIR de 53% superior a la tasa de descuento de la inversión, periodo de recuperación o Payback en un corto plazo de 2.01 años, estos indicadores son positivos y el proyecto es rentable.

- Se reducirá el costo de la facturación del consumo de energía eléctrica con el uso del sistema solar fotovoltaico con conexión a red en la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa.

La cantidad de soles que se retribuirá con la instalación de este tipo de sistema solar fotovoltaico interconectado a red desde el primer mes es notable ya que la producción de energía es descentralizada y constituye un ahorro por consumo de energía eléctrica.

Esta implementación del sistema solar fotovoltaico puede ser desarrollada en cualquier parte de la ciudad como pequeños proyectos de plantas solares, este desarrollo de la energía solar se refleja en el estudio del autor Mesones, P (2019) en Cajamarca, realizó un dimensionamiento y selección de un sistema solar fotovoltaico de conexión a la red para el restaurante “El Zarco”, resultando económicamente rentable su análisis económico es positivo y su instalación permite ahorrar por consumo de energía eléctrica. De igual manera el autor Jerez, R (2019), en Chile proyecta un diseño de modelo de sistemas de generación fotovoltaica en el sector inmobiliario comercial, caso estudio:

centro comercial Mall de Rancagua, implicando ser factible económicamente e inyectaría beneficios monetarios al mal en los años proyectados.

Así mismos autores como Acero, J. y Puentes, H. (2019) en Colombia, plantean una guía metodológica para la implementación y selección de paneles solares fotovoltaicos para edificios y viviendas, que sería de mucha utilidad para los usuarios porque tendrían los conocimientos básicos para la mejor elección del sistema y sus componentes.

Por otra parte, este sistema solar fotovoltaico no generaría emisiones de gases de efecto invernadero, como lo presento Atarama, N. (2019) en Piura proyecta la evaluación del potencial de energía solar para generación de energía eléctrica, como una alternativa para disminuir el uso de combustibles fósiles.

En este sentido, este trabajo de investigación tiene un aporte en buscar implementar el uso de energía renovable como lo son sistemas solares para impulsar el ahorro energético, motivado a que la energía solar resulta más económica dado que la energía se obtiene a partir del sol y a su vez se contribuye con el medio ambiente, adicionalmente en el desarrollo de este estudio despierta gran interés ya que puede ser un puente que une la teoría con la práctica para conocer el funcionamiento, durabilidad y rentabilidad de este tipo de sistema para ser implementados en la ciudad por su impacto económico y técnico.

## CONCLUSIÓN

En la ciudad de Arequipa, se tiene una radiación solar, radiación global horizontal de promedio en el año de 6.41 kWh/m<sup>2</sup>/día, resultados obtenidos del software atmosférico de la NASA; también se determinó las cantidades de horas diurnas efectivas de 06 horas con 19 minutos, en ese determinado tiempo el sistema fotovoltaico funcionará en su máxima potencia, siendo estas las horas del sol efectivamente aprovechables. La máxima demanda de empleo de energía eléctrica en las instalaciones de las oficinas administrativas en Arequipa es de 6.7 kW, se le adicionó una protección del 20% proyectando así nuestra potencia de instalación de 7,9 kW, dado que este tipo de sistema es de consumo momentáneo en el lapso de tiempo que supere la potencia del sistema es abastecido por la red eléctrica convencional.

Los dispositivos que conforman el sistema solar fotovoltaico conectado a red, son elegidos mediante las sistematizaciones efectuados, las normas establecidas para el correcto funcionamiento y tomando en consideración las recomendaciones de la empresa distribuidora. Los generadores fotovoltaicos son policristalinos de 24V ESPMC-340W, certificado ISO9001, ISO14001, ISO18001. El inversor SUN2000-8KTL-MO 8kw trifásico 380V/220V, es un inversor inteligente que tiene desconexión de corriente continua automática en caso de fallas, mecanismo de monitorización de la fuerza residual integrada, esquema sin fusibles, grado de protección IP65, protección tipo II tanto en corriente continua como corriente alterna y certificado en 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, IEC 62116. Por último, el medidor de energía Vatímetro X3 Híbrido DTSU66-H 250 A / 50mA es un dispositivo de instrumentos programables inteligentes integrados con la función de medición y comunicación, especialmente manipulados en tiempo real, medición y visualización de las cuantificaciones eléctricas tales como energía en el circuito eléctrico, frecuencia, voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, entre otros.

Para este diseño técnico y económico con un sistema solar fotovoltaico con conexión a red, se quiere una inversión S/. 45,718.75, se podría considerar un monto elevado, pero es el valor estimado para este tipo de instalaciones solares, a pesar de lo antes expuesto la inversión en el análisis económico es confortante, obteniéndose su valor actual neto (VAN) de S/. 118.530,17 y una tasa interna de retorno (TIR) de 53%, datos positivos para esta inversión. En consecuencia, es económicamente factible a corto plazo ya que el ciclo de recuperación de la inversión de 2.01 años, concluyendo que el tipo

sistema solar fotovoltaico con conexión a red nos permitirá ahorrar en costo por consumo de energía eléctrica.

El uso de las energías renovables tienen una ventaja principal, la conversión en energía y se espera que esta alternativa sea aplicada con más frecuencia en el futuro como energía sostenible, ya que nos aportarían mejoras en el sistema eléctrico, el sol es una radiación inagotable por lo que estaría disponible extensamente y no contribuye a la contaminación ambiental ni cambios atmosféricos en comparación con los combustibles fósiles.

Esta tecnología fotovoltaica por su costo de inversión y su periodo de recuperación y principalmente su eficiencia independiente presenta gran interés para producción de energía descentralizada para el consumidor y adiciona el ahorro por consumo de energía, lo que se deduce que se podría implementar en cualquier lugar de la ciudad de Arequipa, ya que es un diseño óptimo en lo técnico y económico; cabe destacar que se tiene un aspecto importante para los avances energéticos en el país, ya que cuenta con suficiente radiación solar y existe un marco legal, empresas certificadas, así como también los proyectos gubernamentales que apoyan la extensión para la instalación del sistema solar fotovoltaico para contribuir con el sistema energético.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABB, Cuaderno de Aplicaciones Técnicas N 10: Plantas Fotovoltaicas [en línea]. Barcelona: Asea Brown Boveri S.A, 2011. [Fecha de consulta: 05 de agosto de 2020]. ISBN: 1TXA007109G0701-000911 Disponible en: [https://www.academia.edu/33407959/Plantas\\_Fotovoltaicas\\_ABB](https://www.academia.edu/33407959/Plantas_Fotovoltaicas_ABB).
- ACERO, J. y Puentes, H. Guía Metodológica para la Implementación y Selección de Paneles Solares Fotovoltaicos para Edificios y Viviendas en la Ciudad de Bogotá D.C. Tesis (Tecnólogo en construcciones arquitectónicas). Bogotá: Universidad La Gran Colombia, 2019. 39 pp. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2020]. Disponible en: <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5578>
- ALBELLA, M. Sistema Fotovoltaico. [En línea]. Madrid: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), 2001. 3, 39, 72 pp. [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2020]. Disponible en: [https://www.academia.edu/37034126/Sistemas\\_fotovoltaicos\\_Sistemas\\_Fotovoltaicos](https://www.academia.edu/37034126/Sistemas_fotovoltaicos_Sistemas_Fotovoltaicos)
- ARTEAGA, R. Y ZAPATERO, M. Manual de Evaluación Técnico - Económica de Proyectos Mineros de Inversión. [En línea]. España: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1991. 33 pp. [Fecha de consulta: 24 de agosto de 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=Eu9Qb5R655AC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=Eu9Qb5R655AC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- ATARAMA, N. Evaluación del potencial de energía solar para generación de energía eléctrica, como una alternativa para disminuir el uso de combustibles fósiles, en la Región Piura. Tesis (Magister En Ingeniería Ambiental Y Seguridad Industrial). Piura: Universidad de Piura, 2019, 84 pp. [Fecha de consulta: 01 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1813>
- BIOENCICLOPEDIA. Radiación Solar. [En línea]. Estados Unidos: Bioenciclopedia WordPress 2015. [Fecha de consulta: 24 de Junio de 2020] Disponible en: <https://www.bioenciclopedia.com/>
- DEFINICIONES, ABC. Radiación Solar. [En línea]. Brasil: Onmidia LTDA, 2007. [Fecha de la consulta: 15 de Junio de 2020] Disponible en: <https://www.definicionabc.com/>.
- DÍAZ, J. Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al Caserío Laquipampa Bajo Incahuasi, 2017. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2017. 77 pp. [Fecha de consulta: 30 de junio

- de 2020]. Disponible en:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/17253?show=full>
- ECONOMIPEDIA, S.L. Diccionario Económico [En línea]. Madrid: Economipedia, 2020. [Fecha de consulta: 20 de Julio de 2020] Disponible en: <https://economipedia.com/>.
- GARCÍA, A. y PEÑUELA, L. Diseño e implementación de un sistema de paneles solares como prueba piloto para suministro energético de dispositivos móviles. Tesis (Ingeniera ambiental). Villavicencio: Universidad Santo Tomas, 2019. 69 pp. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2020]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/17565?show=full>
- GARCÍA, M. Energía Solar Fotovoltaica y Cooperación al Desarrollo. Madrid: Instituto de Estudios Politécnicos para América Latina y África (IEPALA), 1999. 56 pp. ISBN: 978-84-283-4011-3
- INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANARIAS, S.A. Energías Renovables y Eficiencias energética. Primera Edición. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. 2008. 64-68 pp. ISBN: 978-84-69093-86-3
- JEREZ, R. Diseño de modelo de sistemas de generación fotovoltaica en el sector inmobiliario comercial, Caso Estudio: Centro Comercial Mall de Rancagua. Tesis (Título de Ingeniero Civil Mecánico Mención Energía). Chile: Universidad Técnica Federico Santa María, 2019. 94 pp. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/48031>
- MÉNDEZ, J. Y CUERVO, R. Energía Solar Fotovoltaico. 2da. Edición. Madrid: Fundación Confemetal, 2012. 27, 29, 37 pp. ISBN: 978-84-96743-29-8
- MESONES, P. Dimensionamiento y selección de un sistema solar fotovoltaico de conexión a la red para el Restaurante "El Zarco" ubicado en la ciudad de Cajamarca. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista). Lambayeque: Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", 2019. 100 pp. [Fecha de consulta: 30 de junio de 2020]. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4310>
- MEZA, J. Evaluación Financiera de Proyectos. 3ra Edición. Colombia: Ecoe Ediciones, 2013. 16 pp. ISBN: 978-958-648-855-6
- MORO, M. Instalaciones Solares Fotovoltaica. 2da. Edición. [En línea] Madrid: Ediciones Paraninfo S.A. 2018. 24, 76 pp. [Fecha de consulta: 12 de agosto de 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=Rj1RDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=Rj1RDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

- PERPIÑAN, O. Energía Solar Fotovoltaica [en línea]. España: Creative Commons, 2011. 48 pp. [Fecha de consulta: 18 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf/>
- POGGI, H. y MARTÍNEZ, A. Tecnologías Solar, Eólica, Hidrógenos, Pilas de Combustible Como Fuentes Energía. 1er Edición. México: Tecnológico de estudios superiores de Ecatepet, 2009. 29 pp. ISBN: 978-607-95065-0-6.
- SÁNCHEZ, L. Propuesta de mejora del abastecimiento de energía con paneles solares para reducir insatisfacción de usuarios en Zarumilla-Tumbes. Tesis (Ingeniero Industrial y Comercial) Lima: Universidad San Ignacio de Loyola, 2019. 78 pp. [Fecha de consulta: 01 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/8755>
- SAPAG, N. Proyecto de Inversión y Formulación y Evacuación. Primera Edición. [En línea]. México: Pearson Educación de México S.A. 2007. 253-254 pp. [Fecha de consulta: 30 de agosto de 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=pIS1QnFYt5IC&printsec=frontcover&hl=es&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=pIS1QnFYt5IC&printsec=frontcover&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- SAPAG, N. y Sapag, R. Preparación y Evaluación de Proyectos. 2da Edición. México: McGraw-Hill Internacional de México S.A. 199. 31pp. ISBN: 968-422-045-6.
- SENAMHI. Datos Hidrometeorológicos en Arequipa. [En línea] Plataforma Digital Única del Estado Peruano gob.pe. [Fecha de consulta: 23 de Julio de 2020.] Disponible en: <https://www.gob.pe/SENAMHI>.

# ANEXOS

## Anexo A: Ficha técnica del panel solar



**ERA**  
SOLAR

### ESPMC

Polycrystalline Solar Module

**KEY FEATURES**

- 5 Busbar Solar Cell**  
5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- High Power Output**  
Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 340Wp.
- Low-light Performance**  
Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- Reliable Warranty**  
10 years' product warranty, Power warranty of 80% up to 10 years and 80% up to 25 years.

+ **WHITE POSITIVE TOLERANCE**

12 **YEARS PRODUCT WARRANTY**

10 **YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 90%**

25 **YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 80%**

**POLYCRYSTALLINE, 72-CELL SERIES**

**ELECTRICAL PERFORMANCE**

Module Type	MONO
Maximum Power (P <sub>max</sub> )	340W
Open circuit voltage (V <sub>oc</sub> )	48.4V
Short circuit Current (I <sub>sc</sub> )	9.45A
Maximum Power Voltage (V <sub>mp</sub> )	38.5V
Maximum Power Current (I <sub>mp</sub> )	8.84A
Module efficiency	17.5%
Maximum Series Fuse	15A
Watts positive tolerance	0-3%
Number of Cells	72
Standard Test Conditions	1000W/m <sup>2</sup> , 25°C, AM 1.5
Maximum System Voltage	1000VDC
Temperature Coefficient (I <sub>sc</sub> )	+0.562%/°C
Temperature Coefficient (V <sub>oc</sub> )	-0.292%/°C
Temperature Coefficient (P <sub>mp</sub> )	-0.382%/°C
Normal Operating Cell Temperature	-40°C ~ +85°C
Load Capacity for the cover of the module (upset)	5400Pa (1224.2 lbf/ft <sup>2</sup> ) (Snow)
Load Capacity for the front & back of the module	2400Pa (512.1 lbf/ft <sup>2</sup> ) (Wind)
Product Certificate	TUV SUD IEC 61215, IEC 61701, IEC 61634, ISO 14001, ISO 9001
Company Certificate	ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001

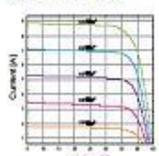
**MATERIALS CONTACT LIST**

Front cover (material / thickness)	Low-iron tempered glass / 3.2mm
Backsheet (material)	TPT or white
Cell (capacity / material / dimensions)	72 / Polycrystalline silicon / 156.75x156.75mm
Frame (material / color)	anodized aluminum -black or silver on each side, anodized aluminum silver / silver
Junction box (junction string)	>3P3
Cables & Plug connectors	2x602mm <sup>2</sup> or more / MC4 compatible
Module Dimensions (L x W x H)	1956x912x35mm
Module Weight	22.5kg
Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C

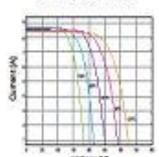
**PACKING**

Container Size	Unit/Tray (PCS)	Weight/Tray (KG)	Pallet Measurement (mm)	Unit/Container (PCS)
20'GP	26	576	2280x108x108	330
40'HC	26	576	2280x108x108	627

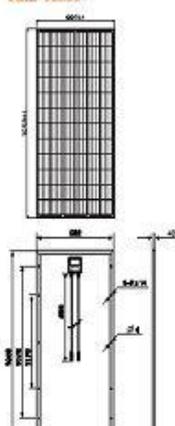
**MODULE CHARACTERISTICS**



Module characteristics at constant module temperature (25°C) and different levels of irradiance.



Module characteristics at different module temperatures and constant module irradiance (1.000 W/m<sup>2</sup>).





© Zhongxing ERA Solar Technology Co., Ltd.  
www.erasolar.com.cn



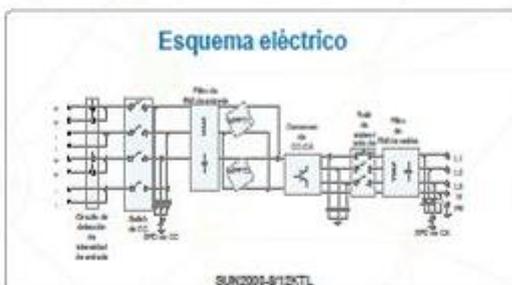
ERA SOLAR and the ERA SOLAR logo are trademarks or registered trademarks of ERA SOLAR Corporation.  
© Zhongxing ERA Solar Technology Co., Ltd. All rights reserved. Trademark used under license from the respective rights holders.

## Anexo B: Ficha técnica del Inversor

### Inversor de String Inteligente (SUN2000-8/12KTL)



Especificaciones técnicas	SUN2000-8KTL	SUN2000-12KTL
<b>Eficiencia</b>		
Eficiencia máxima	96.5%	96.5%
Eficiencia europea	96.0%	96.0%
<b>Entrada</b>		
Máx. tensión de entrada	1,000 V	1,000 V
Máx. intensidad por MPPT	18 A	18 A
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT	25 A	25 A
Tensión de entrada mínima	250 V	250 V
Rango de tensión de operación de MPPT	200 V ~ 950 V	200 V ~ 950 V
Tensión nominal de entrada	600 V	600 V
Máx. número de entradas	4	4
Número de MPPT	2	2
<b>Salida</b>		
Potencia nominal activa de CA	8,000 W	12,000 W
Máx. potencia aparente de CA	8,000 VA	12,000 VA
Máx. potencia activa de CA (cosφ=1)	8,000 W	12,000 W
Tensión nominal de salida	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, 3W-N-PE	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, 3W-N-PE
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz
Intensidad de salida nominal	12.2 A @380 V / 11.6 A @400 V	16.3 A @380 V / 17.4 A @400 V
Máx. intensidad de salida	13.4 A	20 A
Factor de potencia ajustable	0.8 LD ... 0.8 LD	0.8 LD ... 0.8 LD
Máx. distorsión armónica total	< 3%	< 3%
<b>Protecciones</b>		
Secionador CC	Si	Si
Protección anti-ile	Si	Si
Protección contra sobretensión de CA	Si	Si
Protección contra polaridad inversa de CC	Si	Si
Monitorización de strings	Si	Si
Protector contra sobretensión de CC	Tipo II	Tipo II
Protector contra sobretensión de CA	Tipo II	Tipo II
Detección de aislamiento de CC	Si	Si
Unidad de monitorización de la Intensidad Residual	Si	Si
<b>Comunicación</b>		
Visualización	LCD gráfica	LCD gráfica
RS485	Si	Si
USB	Si	Si
<b>General</b>		
Dimensiones (ancho x alto x profundo)	520 x 610 x 290 mm (20.5 x 24.0 x 10.5 pulgadas)	520 x 610 x 290 mm (20.5 x 24.0 x 10.5 pulgadas)
Peso (incluido soporte de montaje)	42 kg (92.6 lb.)	42 kg (92.6 lb.)
Rango de temperatura de operación	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Enfriamiento	Convección natural	Convección natural
Altura de operación	3,000 m (9,842 ft.)	3,000 m (9,842 ft.)
Humedad relativa	0 ~ 100%	0 ~ 100%
Conector de CC	Amphenol Helios HM	Amphenol Helios HM
Conector de CA	Amphenol C18/3	Amphenol C18/3
Clima de protección	IP65	IP65
Topología	Sin transformador	Sin transformador
<b>Cumplimiento de normas (Más información disponible en el sitio)</b>		
Certificados	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, IEC 62116	
Códigos de red	IEC 61727, NBT 32004-2013, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, 0632 (Only 8KTL), 0693 (Only 12KTL), UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, C10/11, EN 50438-Iceland, EN 50438-Turkey, AS 4777, IEC 61727, NRS 973, S.A.1	



El texto y las figuras adjuntas constituyen el momento de la impresión. Se admiten cambios técnicos. Son responsabilidad de Huawei y sus socios. Huawei no es responsable de errores de impresión o datos faltantes. Para obtener mayor información, visite el sitio web solar.huawei.com. Versión No. 01 (201906)

Always Available for Highest Yields

solar.huawei.com/es/

## Anexo C: ficha técnica del cable seleccionado

**Top Cable**  
BAJA TENSION · CL 0,6/1KV · CC 1,8 KV

**TOPSOLAR PV**



Modelo de referencia: **EA 003B**

Descripción: **TOPSOLAR PV ZZ-F (AS)**

Características: **TOPSOLAR PV ZZ-F (AS)**

**ZZ-F (AS)**  
Cables para instalaciones solares fotovoltaicas

**DESCRIPCIÓN**

**Conductor:** Cable electrotérmico estándar, clase 5 (filamentos según EN 60228).

**Aislamiento:** Línea libre de halógenos tipo Di.

**Cubierta:** Línea impregnada tipo DM, libre de halógenos y con alta resistencia de quemar y gases nocivos en caso de incendio.

**APLICACIONES**

Cables flexibles aptos para servicios móviles y para instalación fija. Adicionados para la conexión entre paneles fotovoltaicos y dispositivos de conexión al exterior de corriente continua a alterna. Cables de alta seguridad (AC): no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y fibra de halógenos. Aptos para instalaciones aéreas y subterráneas.

**4\* CARACTERÍSTICAS**

- 100% de conductores de aluminio
- Temperatura mínima de trabajo: -40°C
- Temperatura máxima de trabajo: 120°C
- Temperatura máxima de trabajo: 250°C (según IEC)
- Resistencia al fuego: Clase B2
- Resistencia al impacto: Clase B
- Resistencia al corte: Clase B
- Resistencia al rasgado: Clase B
- Resistencia al aplastamiento: Clase B
- Resistencia al tracción: Clase B
- Resistencia al desgarro: Clase B
- Resistencia al corte: Clase B
- Resistencia al rasgado: Clase B
- Resistencia al aplastamiento: Clase B
- Resistencia al tracción: Clase B
- Resistencia al desgarro: Clase B

**4\* CONDICIONES DE INSTALACIÓN**

- Instalación exterior
- Instalación interior
- Instalación en exteriores
- Instalación en interiores
- Instalación en exteriores

**TOPSOLAR PV ZZ-F (AS)**

DIMENSIONES				
Sección (mm <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	Peso (g/m)	Área libre (mm <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )
14,27	3,0	38	46	33
14,4	3,2	40	48	34
14,6	3,4	42	50	35
14,8	3,6	44	52	36
15,0	3,8	46	54	37
15,2	4,0	48	56	38
15,4	4,2	50	58	39
15,6	4,4	52	60	40
15,8	4,6	54	62	41
16,0	4,8	56	64	42
16,2	5,0	58	66	43
16,4	5,2	60	68	44
16,6	5,4	62	70	45
16,8	5,6	64	72	46
17,0	5,8	66	74	47
17,2	6,0	68	76	48
17,4	6,2	70	78	49
17,6	6,4	72	80	50
17,8	6,6	74	82	51
18,0	6,8	76	84	52
18,2	7,0	78	86	53
18,4	7,2	80	88	54
18,6	7,4	82	90	55
18,8	7,6	84	92	56
19,0	7,8	86	94	57
19,2	8,0	88	96	58
19,4	8,2	90	98	59
19,6	8,4	92	100	60
19,8	8,6	94	102	61
20,0	8,8	96	104	62
20,2	9,0	98	106	63
20,4	9,2	100	108	64
20,6	9,4	102	110	65
20,8	9,6	104	112	66
21,0	9,8	106	114	67
21,2	10,0	108	116	68
21,4	10,2	110	118	69
21,6	10,4	112	120	70
21,8	10,6	114	122	71
22,0	10,8	116	124	72
22,2	11,0	118	126	73
22,4	11,2	120	128	74
22,6	11,4	122	130	75
22,8	11,6	124	132	76
23,0	11,8	126	134	77
23,2	12,0	128	136	78
23,4	12,2	130	138	79
23,6	12,4	132	140	80
23,8	12,6	134	142	81
24,0	12,8	136	144	82
24,2	13,0	138	146	83
24,4	13,2	140	148	84
24,6	13,4	142	150	85
24,8	13,6	144	152	86
25,0	13,8	146	154	87
25,2	14,0	148	156	88
25,4	14,2	150	158	89
25,6	14,4	152	160	90
25,8	14,6	154	162	91
26,0	14,8	156	164	92
26,2	15,0	158	166	93
26,4	15,2	160	168	94
26,6	15,4	162	170	95
26,8	15,6	164	172	96
27,0	15,8	166	174	97
27,2	16,0	168	176	98
27,4	16,2	170	178	99
27,6	16,4	172	180	100
27,8	16,6	174	182	101
28,0	16,8	176	184	102
28,2	17,0	178	186	103
28,4	17,2	180	188	104
28,6	17,4	182	190	105
28,8	17,6	184	192	106
29,0	17,8	186	194	107
29,2	18,0	188	196	108
29,4	18,2	190	198	109
29,6	18,4	192	200	110
29,8	18,6	194	202	111
30,0	18,8	196	204	112
30,2	19,0	198	206	113
30,4	19,2	200	208	114
30,6	19,4	202	210	115
30,8	19,6	204	212	116
31,0	19,8	206	214	117
31,2	20,0	208	216	118
31,4	20,2	210	218	119
31,6	20,4	212	220	120
31,8	20,6	214	222	121
32,0	20,8	216	224	122
32,2	21,0	218	226	123
32,4	21,2	220	228	124
32,6	21,4	222	230	125
32,8	21,6	224	232	126
33,0	21,8	226	234	127
33,2	22,0	228	236	128
33,4	22,2	230	238	129
33,6	22,4	232	240	130
33,8	22,6	234	242	131
34,0	22,8	236	244	132
34,2	23,0	238	246	133
34,4	23,2	240	248	134
34,6	23,4	242	250	135
34,8	23,6	244	252	136
35,0	23,8	246	254	137
35,2	24,0	248	256	138
35,4	24,2	250	258	139
35,6	24,4	252	260	140
35,8	24,6	254	262	141
36,0	24,8	256	264	142
36,2	25,0	258	266	143
36,4	25,2	260	268	144
36,6	25,4	262	270	145
36,8	25,6	264	272	146
37,0	25,8	266	274	147
37,2	26,0	268	276	148
37,4	26,2	270	278	149
37,6	26,4	272	280	150
37,8	26,6	274	282	151
38,0	26,8	276	284	152
38,2	27,0	278	286	153
38,4	27,2	280	288	154
38,6	27,4	282	290	155
38,8	27,6	284	292	156
39,0	27,8	286	294	157
39,2	28,0	288	296	158
39,4	28,2	290	298	159
39,6	28,4	292	300	160
39,8	28,6	294	302	161
40,0	28,8	296	304	162
40,2	29,0	298	306	163
40,4	29,2	300	308	164
40,6	29,4	302	310	165
40,8	29,6	304	312	166
41,0	29,8	306	314	167
41,2	30,0	308	316	168
41,4	30,2	310	318	169
41,6	30,4	312	320	170
41,8	30,6	314	322	171
42,0	30,8	316	324	172
42,2	31,0	318	326	173
42,4	31,2	320	328	174
42,6	31,4	322	330	175
42,8	31,6	324	332	176
43,0	31,8	326	334	177
43,2	32,0	328	336	178
43,4	32,2	330	338	179
43,6	32,4	332	340	180
43,8	32,6	334	342	181
44,0	32,8	336	344	182
44,2	33,0	338	346	183
44,4	33,2	340	348	184
44,6	33,4	342	350	185
44,8	33,6	344	352	186
45,0	33,8	346	354	187
45,2	34,0	348	356	188
45,4	34,2	350	358	189
45,6	34,4	352	360	190
45,8	34,6	354	362	191
46,0	34,8	356	364	192
46,2	35,0	358	366	193
46,4	35,2	360	368	194
46,6	35,4	362	370	195
46,8	35,6	364	372	196
47,0	35,8	366	374	197
47,2	36,0	368	376	198
47,4	36,2	370	378	199
47,6	36,4	372	380	200
47,8	36,6	374	382	201
48,0	36,8	376	384	202
48,2	37,0	378	386	203
48,4	37,2	380	388	204
48,6	37,4	382	390	205
48,8	37,6	384	392	206
49,0	37,8	386	394	207
49,2	38,0	388	396	208
49,4	38,2	390	398	209
49,6	38,4	392	400	210
49,8	38,6	394	402	211
50,0	38,8	396	404	212

El cable debe instalarse en condiciones de temperatura ambiente superior a 0°C y no debe estar expuesto a temperaturas inferiores a -40°C.

El cable es resistente al fuego y cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-1-2.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-21.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-22.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-23.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-24.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-25.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-26.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-27.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-28.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-29.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-30.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-31.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-32.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-33.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-34.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-35.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-36.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-37.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-38.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-39.

El cable cumple con los requisitos de seguridad establecidos en la norma EN 60332-3-40.

## Anexo D: Ficha técnica del medidor de energía

### VATÍMETRO X3 HÍBRIDO



El medidor electrónico de energía serie DSU666 está diseñado para el monitoreo de energía y la medición de energía, como el sistema eléctrico, la industria de la comunicación, la industria de la construcción, etc., para ser una nueva generación de instrumentos programables inteligentes, integrados con la función de medición y comunicación, principalmente utilizados en tiempo real. Medición y visualización de los parámetros eléctricos como voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, frecuencia, factor de potencia, energía en el circuito eléctrico, etc.

#### 1. Principales funciones y características

- Montaje DIN-Rail estándar DIN35mm, con pantalla LCD de segmento.
- Función de medición: se caracteriza por la medición de voltaje, corriente, frecuencia, potencia activa, factor de potencia y energía activa.
- Función de comunicación: interfaz de comunicación RS485, compatible con el protocolo DL / T645-2007, personalizable para el protocolo MODBUS-RTU.
- Función multi-tasa: soporta cuatro velocidades, incluida la velocidad superior, pico, plana y valle.

#### 2. Especificación y selección de modelo

Función del producto		Modelo DDSU666
Voltaje de entrada	Entrada directa	AC 3x220/380V
Corriente de entrada	Entrada directa	5(80)A
	Entrada vía CT	1.5(6)A
Energía	Energía activa	Sí
	Energía reactiva	Sí
	Medida bidireccional	No
Otros	Demanda	No
	Pulso de potencia	Sí
Comunicación	IR	No
	RS485	Sí
Modo de display		Dos líneas de 7 segmentos LCD
Dimensiones (LxWxH)		126 × 89 × 66 – 7 módulos

Nota: Se asume que la comunicación RS485 es el protocolo DL / T645-2007, el protocolo Modbus-RTU es personalizable.

### Anexo E: Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Independientes</b>	
¿Cuál será el diseño técnico y económico de la autogeneración de energía eléctrica para oficina administrativa en la ciudad de Arequipa?	Diseñar técnica y económicamente la autogeneración de energía eléctrica para la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa.	La propuesta de un sistema solar fotovoltaico con conexión a la red es el diseño técnico y económico factible para la autogeneración en la oficina administrativa localizada en la ciudad de Arequipa.	Sistema Solar Fotovoltaico	<b>Tipo de investigación</b> *Investigación Aplicativa. * Investigación Descriptiva. * Investigación Explicativa  <b>Nivel de la investigación</b> Descriptivo  <b>Método de la investigación</b> El presente trabajo de investigación se desarrolló utilizando el método aplicado es de tipo deductivo.  <b>Diseño de la investigación</b> cuasi-experimental  <b>Técnicas</b> software de la NASA software de DIALux aplicativo en Excel
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas específicas</b>	<b>Dependientes</b>	
¿Cuál es el potencial de radiación solar promedio y su valor energético para la producción de electricidad en una oficina administrativa en la ciudad de Arequipa?	Evaluar el potencial de la radiación solar en la ciudad de Arequipa para el uso de autogeneración en el sistema fotovoltaico.	El potencial de la incidencia solar en la ciudad de Arequipa es suficiente para la generación de energía eléctrica en la oficina administrativa localizada en la ciudad de Arequipa.		
¿De qué manera se podrá evaluar la factibilidad de la propuesta del diseño técnico y económico del sistema fotovoltaico con conexión a red como autogeneración para la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa?	Determinar la factibilidad técnica y económica de autogeneración eléctrica con el sistema fotovoltaico con conexión a red en la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa.	La propuesta de autogeneración con un sistema solar fotovoltaico con conexión a red en la oficina administrativa de la ciudad de Arequipa es factible técnica y económicamente.	Energía Eléctrica	
¿Cómo se puede estimar la retribución de la facturación en el costo por consumo de energía eléctrica de la oficina administrativa con el uso del sistema solar fotovoltaico con conexión a red?	Estimar la retribución de la facturación en el costo por consumo de energía eléctrica de la oficina administrativa con el uso del sistema solar fotovoltaico con conexión a red.	Se reducirá el costo de la facturación del consumo de energía eléctrica con el uso del sistema solar fotovoltaico con conexión a red en la oficina administrativa en la ciudad de Arequipa.		

## Anexo F: Cotización de un sistema solar fotovoltaico con conexión a red



# Cotización

Autosolar Energía del Perú S.A.C  
 Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurín  
 Referencia: Frente a Campomar, entrada al Megacentro altura Puente VIDU  
 Teléfono: 017154357 Móvil: 993943927  
 autosolar@autosolar.pe  
 R.U.C: 20602492118

Alba Bastidas  
  
Socabaya  
Alba Bastidas

DOCUMENTO	NÚMERO	PÁGINA	FECHA
Presupuesto	1 006981	1	29/07/2020

CLIENTE	R.U.C.	AGENTE	FORMA DE PAGO	VALIDEZ DE LA OFERTA
10005		17 Jean Gómez		1 Mes, salvo cambio de tarifa

**GARANTÍA DE UN AÑO EN LOS EQUIPOS OFERTADOS**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UD.	SUBTOTAL	DTO.	TOTAL
1002120	Panel Solar ERA 340W 24V ESPMC-340 Policristalino	20	500,00	10.000,00		10.000,00
1501620	Estructura Cubierta Plana 15# 10 Panel CVE915	2	1.463,97	2.927,94		2.927,94
3200334	Inversor Huawei SUN2000-8KTL-M0 8kW Trifásico 380V/220V	1	7.964,23	7.964,23		7.964,23
3200236	Vatmetro CHIINT DTSU666-H 250A/50mA Huawei Trif.	1	1.730,69	1.730,69		1.730,69
5504017	Juego Conectores MC4 paneles-regulador	1	24,80	24,80		24,80
5201014	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Rojo	20	8,10	162,00		162,00
5201016	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Negro	20	8,10	162,00		162,00
<b>** Accesorios de PROTECCION **</b>						
5504024	Portafusible 10x38 (10, 16, 20, 25 y 32A) 500V	1	23,08	23,08		23,08
5504028	Fusible 16A Paneles 10x38	1	15,38	15,38		15,38
7102501	Proteccion sobretensiones YPV 1000V DC Dehnguard	1	291,60	291,60		291,60
5504107	Termomagnético 4x25A LEGRAND Trifásico	1	269,51	269,51		269,51
7103050	Diferencial Trif. 25A 30mA 4P A - ABB	1	817,32	817,32		817,32
5201014	Cable Unifilar de 6 mm2 Tierra	40	8,10	324,00		324,00
5504010	Terminal de Compresión Cable 6mm - Perno 6mm	22	1,75	38,50		38,50
5504052	Tablero Adosable 8 Polos	1	33,75	33,75		33,75
5304011	Caja estanca grande	1	53,85	53,85		53,85

TIPO	IMPORTE	DESCUENTO	PRONTO PAGO	PORTES	FINANCIACIÓN	BASE	I.G.V	I.E.
18,00	24.838,65					24.838,65	4.470,96	
10,00								
4,00								

Firmado Autosolar



**TOTAL: 29.309,61 S/.**

TIPO DE MONEDA: SOLES  
 PAGO EN DOLARES: TIPO DE CAMBIO S/. 3,33

NO INCLUYE ENVÍO NI INSTALACION, SALVO SE ESPECIFIQUE EN LA COTIZACIÓN  
 EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CONFIANZA PARA ENVÍO A PROVINCIAS:  
 MARVISUR - SHALOM - OLVA COURIER - SPC COURIER - TRANSAVALA

DATOS BANCARIOS EN SOLES	DATOS BANCARIOS EN DÓLARES
INTERBANK: 6373001500225 / CCI: 00363700300150022563 BCP: 1942448005022 / CCI: 00219400244800502298 BBVA: 001103970100013290 / CCI: 011397000100013290-70	INTERBANK: 2003108749061 / CCI: 00320001310874906134 BCP: 1942552861183 / CCI: 00219400255286118390 BBVA: 001103970100013304 / CCI: 011397000100013304-79

**CUENTA DE DETRACCIONES**

BANCO DE LA NACIÓN - Cuenta N°: 00-010-065666



Autosolar Energía del Perú S.A.C  
 Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurin  
 Referencia: Frente a Campomar, entrada al Megacentro altura Puente VIDU  
 Teléfono: 017154357 Móvil: 993943927  
 autosolar@autosolar.pe  
 R.U.C: 20602492118

Isaac Portugal Chalco

Arequipa  
 Isaac Portugal Chalco

DOCUMENTO	NÚMERO	PÁGINA	FECHA
Presupuesto	1 005492	2	24/06/2020

CLIENTE	R.U.C.	AGENTE	FORMA DE PAGO	VALIDEZ DE LA OFERTA
9259		3 Antony Otero		1 Mes, salvo cambio de tarifa

**GARANTÍA DE UN AÑO EN LOS EQUIPOS OFERTADOS**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UD.	SUBTOTAL	DTO.	TOTAL
5504033	Fusible 63A Paneles 22x58 690V	1	50,85	50,85		50,85
5504051	Tablero Adosable 6 Polos	1	25,88	25,88		25,88
7102024	Termomagnético 2x32A IC60N ABB Monofásico	1	72,09	72,09		72,09
9506083	Base Instalación Inversor	1	138,89	138,89		138,89

TIPO	IMPORTE	DESCUENTO	PRONTO PAGO	PORTES	FINANCIACIÓN	BASE	LG.V	R.E.
18,00	61.284,31					61.284,31	11.031,18	
10,00								
4,00								

Firmado Autosolar

**TOTAL: 72.315,49 S/.**



NO SE INCLUYE EL ENVÍO, SALVO SE ESPECIFIQUE EN LA COTIZACIÓN  
 EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CONFIANZA PARA ENVÍO A PROVINCIAS:  
 MARVISUR - SHALOM - OLVA COURIER - SPC COURIER - TRANSAVALA

TIPO DE MONEDA: SOLES

PAGO EN DOLARES: TIPO DE CAMBIO S/. 3,33

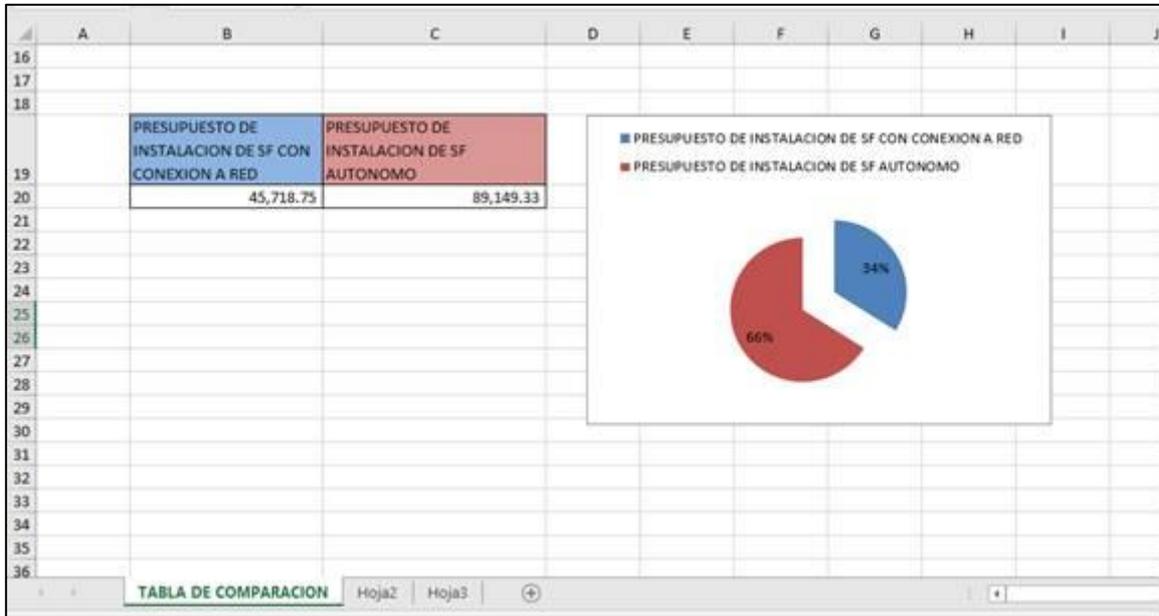
**DATOS BANCARIOS EN SOLES**  
 INTERBANK: 6373001500225 / CCI: 00363700300150022563  
 BCP: 1942448005022 / CCI: 00219400244800502298  
 BBVA: 001103970100013290 / CCI: 011397000100013290-70

**DATOS BANCARIOS EN DÓLARES**  
 INTERBANK: 2003108749061 / CCI: 00320001310874906134  
 BCP: 1942552861183 / CCI: 00219400255286118390  
 BBVA: 001103970100013304 / CCI: 011397000100013304-79

**CUENTA DE DETRACCIONES**

BANCO DE LA NACIÓN - Cuenta Nº: 00-010-065666

**Anexo H: Comparación entre el sistema solar fotovoltaico con conexión a red y sistema solar fotovoltaico autónomo.**



Anexo I: Cálculos con el software DIALux.

Proyecto 1



06.07.2020

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

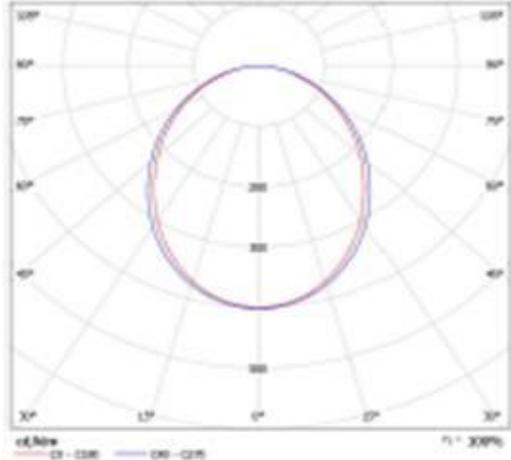
**PHILIPS RC140B L1430 1 xLED48S/840 / Hoja de datos de luminarias**



**Clasificación luminarias según CIE: 100**  
**Código CIE Flux: 50 81 95 100 100**

Simple and flexible solution to design modern light lines in professional and retail spaces. Light line solutions are always in fashion, therefore we know that delivering innovation in this field is crucial. PlainView is a modern looking, neat luminaire offering comfortable, good quality lighting and can also work as a design element. The luminaires offer high quality specifications and flexibility with different options for luminaire packages. Thanks to these features and benefits, PlainView delivers ideal lighting in the non-working areas of professional spaces such as offices, educational institutes, and also the welcoming areas and entrances of retail spaces.

**Emisión de luz 1:**



ca, lux      0° - 135°      0° - 135°       $\gamma = 300^\circ$

**Emisión de luz 2:**

**Valoración de deslumbramiento según IGB**

Luz (lx)	Módulo perpendicular al eje de la lámpara								Módulo perpendicular al eje de la lámpara							
	10	15	20	25	30	35	40	45	10	15	20	25	30	35	40	45
30	22,2	23,3	23,9	24,7	24,9	25,8	25,9	26,9	22,9	23,9	23,9	24,2	24,2	24,2	24,2	24,2
40	24,2	24,9	25,8	26,9	26,9	27,9	27,9	28,9	24,9	25,9	25,9	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2
50	26,2	26,9	27,9	28,9	28,9	29,9	29,9	30,9	26,9	27,9	27,9	28,2	28,2	28,2	28,2	28,2
60	28,2	28,9	29,9	30,9	30,9	31,9	31,9	32,9	28,9	29,9	29,9	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2
70	30,2	30,9	31,9	32,9	32,9	33,9	33,9	34,9	30,9	31,9	31,9	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2
80	32,2	32,9	33,9	34,9	34,9	35,9	35,9	36,9	32,9	33,9	33,9	34,2	34,2	34,2	34,2	34,2
90	34,2	34,9	35,9	36,9	36,9	37,9	37,9	38,9	34,9	35,9	35,9	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2
100	36,2	36,9	37,9	38,9	38,9	39,9	39,9	40,9	36,9	37,9	37,9	38,2	38,2	38,2	38,2	38,2
120	38,2	38,9	39,9	40,9	40,9	41,9	41,9	42,9	38,9	39,9	39,9	40,2	40,2	40,2	40,2	40,2
150	40,2	40,9	41,9	42,9	42,9	43,9	43,9	44,9	40,9	41,9	41,9	42,2	42,2	42,2	42,2	42,2

El grado de deslumbramiento depende del ángulo de visión.

El grado de deslumbramiento	El grado de deslumbramiento	El grado de deslumbramiento
0 <= 1,00	0,2 / 0,2	0,2 / 0,2
0 <= 1,00	0,2 / 0,4	0,2 / 0,4
0 <= 1,00	0,4 / 0,8	0,4 / 0,7

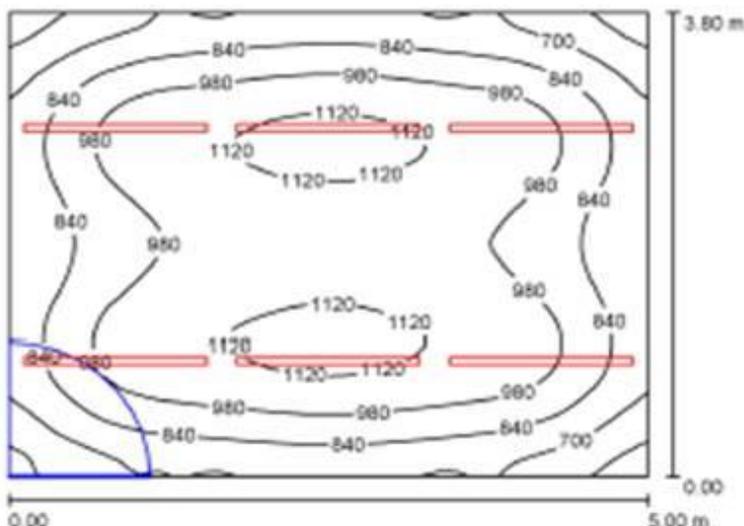
Tubo exterior: 840  
 Curvas de: 8,0

DIALux 4.13 by DIAL GmbH

Página 1

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Oficina N°1 / Resumen**



Altura del local: 2.400 m, Altura de montaje: 2.482 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:49

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{max} / E_m$
Piano útil	/	924	485	1162	0.525
Suelo	20	735	487	902	0.658
Techo	70	185	150	280	0.809
Paredes (4)	50	487	183	1680	/

Piano útil:		UGR	Longitud	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared Izq	25	26	
Trama:	64 x 64 Puntos	Pared inferior	24	25	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, GHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

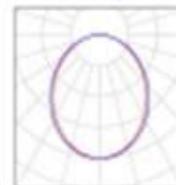
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [m]	$\Phi$ (Lámparas) [m]	P [W]
1	6	PHILIPS RC140B L1430 1 xLED480/840 (1.000)	4800	4800	50.0
			<b>Total: 28800</b>	<b>Total: 28800</b>	<b>300.0</b>

Valor de eficiencia energética: 15.79 W/m<sup>2</sup> = 1.71 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 19.00 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

Oficina N°1 / Lista de luminarias

6 Pieza PHILIPS RC140B L1430 1 xLED480/840  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4800 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 4800 lm  
Potencia de las luminarias: 50.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Codigo CIE Flux: 50 81 96 100 100  
Lámpara: 1 x LED480/840- (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

### Oficina N°1 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 28800 lm  
Potencia total: 300.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades luminicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad luminica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Piano útil	735	190	924	/	/
Suelo	540	199	739	20	47
Techo	0.13	185	185	70	41
Pared 1	290	183	473	50	75
Pared 2	321	182	503	50	80
Pared 3	288	185	473	50	75
Pared 4	321	186	508	50	81

Simetrías en el plano útil

$E_{min} / E_{m} = 0.525 (1:2)$

$E_{min} / E_{max} = 0.417 (1:2)$

UGR

Pared Izq

Pared inferior

(CIE, 0HR = 0.25.)

Longi-

25

24

Tran

26

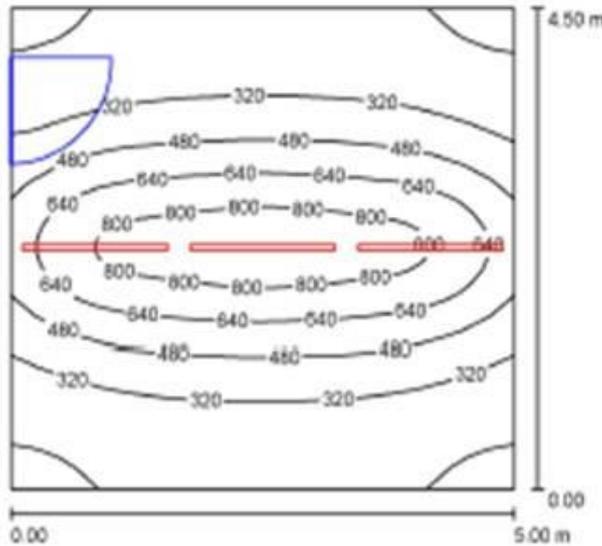
25

al eje de luminaria

Valor de eficiencia energética:  $15.79 \text{ W/m}^2 = 1.71 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $19.00 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala de Reuniones / Resumen**



Altura del local: 2.400 m, Altura de montaje: 2.482 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:58

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Piano útil	/	434	133	895	0.307
Suelo	20	358	180	559	0.502
Techo	70	82	55	232	0.668
Paredes (4)	50	196	70	1606	/

Piano útil:	UGR	Longi-	Tran-	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared Izq	25	26	
Trama: 64 x 64 Puntos	Pared inferior	25	26	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, GHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

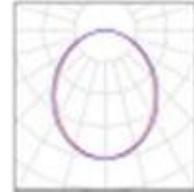
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [m]	$\Phi$ (Lámparas) [m]	P [W]
1	3	PHILIPS RC140B L1430 1 xLED480/840 (1.000)	4800	4800	50.0
			Total: 14400	Total: 14400	150.0

Valor de eficiencia energética:  $6.67 \text{ W/m}^2 = 1.53 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $22.50 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala de Reuniones / Lista de luminarias**

**3 Pieza** PHILIPS RC140B L1430 1 xLED480/840  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4800 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 4800 lm  
Potencia de las luminarias: 50.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 50 81 96 100 100  
Lámpara: 1 x LED480/840- (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Sala de Reuniones / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 14400 lm  
Potencia total: 150.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades luminicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad luminica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Piano útil	358	76	434	/	/
Suelo	274	84	358	20	23
Techo	0.06	82	82	70	18
Pared 1	86	76	163	50	26
Pared 2	152	77	230	50	37
Pared 3	86	78	164	50	26
Pared 4	160	76	236	50	38

Simetrías en el plano útil  
 $E_{min} / E_{m} : 0.307 (1:3)$   
 $E_{min} / E_{max} : 0.149 (1:7)$

UGR Longi- Tran al eje de luminaria  
 Pared Izq 25 26  
 Pared inferior 25 26  
 (CIE, GHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética:  $6.67 \text{ W/m}^2 = 1.53 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $22.50 \text{ m}^2$ )

## Anexo J: Datos del software atmosférico de la NASA de Arequipa

The screenshot shows the NASA POWER Data Access Viewer interface. The search bar contains 'arequipa' and the results list shows 'Arequipa' as the selected location. The configuration panel on the left includes the following options:

- SSE-Energía renovable**
- 2. Elija un promedio temporal**:  Diario,  Interanual,  Climatología
- 3. Ingrese Lat / Lon o agregue un punto al mapa**:
  - Lat: -16.4004 (-90 a +90 grados decimales)
  - Lon: -71.5354 (-180 a +180 grados decimales)
- 4. Seleccione Fecha de inicio de extensión de tiempo**: 2019 (mm)
- Fecha final**: 2019 (mm)
- 5. Seleccione formatos de archivo de salida**:
  - ASCII
  - CSV
  - GeoJSON
  - NetCDF

The screenshot shows a text file with the following content:

```

-800M HEADER-
NASA/POWER_SSE/FLASH/1/2/1/2 All Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (ku-hr/m^2/day)
Dates (month/day/year): 01/01/2019 through 12/31/2019
Location: latitude -16.4004 Longitude -71.5375
Elevation from MSL: 2, average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 2849.39 meters Site = na
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed out of model availability range: -999
Parameter(s):
IT_SSE/FLASH/1/2/1/2 Insolation Clearness Index (dimensionless)
ALLSKY_SFC_SW_DWN_SSE/FLASH/1/2/1/2 All Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (ku-hr/m^2/day)
PARAMETERS:
YEAR JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
-800M HEADER-
IT_SSE/FLASH/1/2/1/2 All Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (ku-hr/m^2/day)
ALLSKY_SFC_SW_DWN_SSE/FLASH/1/2/1/2 All Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface (ku-hr/m^2/day)
2019 6.18 5.23 6.58 6.97 5.81 5.90 5.93 6.36 6.71 7.58 7.72 7.88 6.35
    
```

The screenshot shows the NASA POWER Data Access Viewer interface with a parameter chart displayed. The chart title is "All Sky Insolation Incident on a Horizontal Surface" and the Y-axis is labeled "kWh-hr/m^2/day". The X-axis shows months from Jan 2019 to Dec 2019. The chart shows a seasonal variation in insolation, with higher values in the summer months (June-August) and lower values in the winter months (December-February).

The chart data is as follows:

Month	Insolation (kWh-hr/m <sup>2</sup> /day)
Jan 2019	6.18
Feb 2019	5.23
Mar 2019	6.58
Apr 2019	6.97
May 2019	5.81
Jun 2019	5.90
Jul 2019	5.93
Aug 2019	6.36
Sep 2019	6.71
Oct 2019	7.58
Nov 2019	7.72
Dec 2019	7.88
Ann 2019	6.35

The chart also includes a "Data Availability" section:

- Jan 1983 - Dec 2018 (Meteorology)
- July 1983 - Dec 2007 (Solar)
- \*Missing data and/or no data periods are not plotted.

### Anexo K: Datos hidrometeorológico de Arequipa, estación La Pampilla

	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>INVERSIÓN INICIAL</b>	45,718.75	<b>Producción Anual Estimada (kWh)</b>		39,229.20		<b>VAN (S/.)</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>P.R. (AÑOS)</b>	
2	<b>años</b>	<b>costo de energía (S/. Kwh)</b>	<b>ahorro abonado (S/.)</b>	<b>Mantenimientos y otros (S/.)</b>	<b>Flujo de caja (S/.)</b>	<b>retribución total (S/.)</b>	calculo del VAN: =VNA(0.16;F4:F23)-45718.75	calculo TIR: =TIR(F3:F23)		
3					-45,718.75		-45,718.75		45,718.75	
4	1	0.577	22,635.25	450.00	22,185.25	22,185.25	<b>S/. 118,530.17</b>	<b>53%</b>		
5	2	0.600	23,540.66	463.50	23,077.16	45,262.41			45,262.41	
6	3	0.624	24,482.28	477.41	24,004.88	69,267.29			456.34	
7	4	0.649	25,461.58	491.73	24,969.85	94,237.14			0.01	
8	5	0.675	26,480.04	506.48	25,973.56	120,210.70			<b>2.01</b>	
9	6	0.702	27,539.24	521.67	27,017.57	147,228.26				
10	7	0.730	28,640.81	537.32	28,103.49	175,331.75				
11	8	0.759	29,786.44	553.44	29,233.00	204,564.75				
12	9	0.790	30,977.90	570.05	30,407.85	234,972.60				
13	10	0.821	32,217.02	587.15	31,629.87	266,602.47				
14	11	0.854	33,505.70	604.76	32,900.93	299,503.41				
15	12	0.888	34,845.92	622.91	34,223.02	333,726.43				
16	13	0.924	36,239.76	641.59	35,598.17	369,324.60				
17	14	0.961	37,689.35	660.84	37,028.51	406,353.11				
18	15	0.999	39,196.93	680.67	38,516.26	444,869.37				
19	16	1.039	40,764.80	701.09	40,063.72	484,933.09				
20	17	1.081	42,395.40	722.12	41,673.28	526,606.36				
21	18	1.124	44,091.21	743.78	43,347.43	569,953.80				
22	19	1.169	45,854.86	766.09	45,088.77	615,042.56				
23	20	1.216	47,689.05	789.08	46,899.98	661,942.54				
24										

## Anexo L: Plano de la oficina administrativa

