

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA DETERMINAR
LA EFICIENCIA ENERGETICA SUMINISTRADA A UN PARADERO
UBICADO EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO UAP – FILIAL
HUANCAYO”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

QUISPE CHAUCA, MIGUEL ANGEL

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL
HUANCAYO-PERÚ**

2015

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación que fue realizado con mucho esfuerzo entusiasmo y sacrificio lo dedico a Dios por guiarme y cuidarme a lo largo de mi vida, también lo dedico a mi querida madre Maximiliana Chauca Hilario y a mis hermanas María Alessandra, Edith y Lizet ya que gracias a su apoyo incondicional y por haber creído en mi pude lograr alcanzar una de mis metas; Este trabajo solo es una pequeña muestra de agradecimiento a todo su apoyo.

AGRADECIMIENTO

Los más sinceros agradecimientos al Director de la Facultad de Ingeniería Ambiental el Ingeniero José Manuel, Valer Silva quien dio la idea del proyecto, enseñó las instalaciones de los sistemas fotovoltaicos y siempre apoyo en la construcción y acabados del paradero.

De igual manera al Ingeniero Henry Raúl, Ochoa León, mi asesor, quien me supo explicar, corregir las observaciones de los problemas encontrados en el desarrollo del proyecto y del planteamiento de la tesis.

A todas las personas que me brindaron su apoyo a lo largo de la construcción e instalación del paradero solar amigos, estudiantes y trabajadores.

INDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	ix
INDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiii
INDICE DE ANEXO	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN	xxi
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Caracterización de la Realidad Problemática	1
1.2. Formulación del Problema	3
1.2.1. Problema General	3
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Justificación	5
1.5. Importancia	5
1.6. Limitaciones	7

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	8
2.1. Marco Referencial.....	8
2.1.1. Antecedentes de la Investigación.....	8
2.1.2. Referencias Históricas.....	11
2.2. Marco Legal	14
2.2.1. Ley.....	14
2.2.2. Resolución.....	14
2.2.3. Norma técnica.	14
2.3. Marco Conceptual.....	15
2.4. Marco Teórico	19
2.4.1. Fuente Solar	19
2.4.2. Radiación	20
2.4.3. Rayos solares.....	21
2.4.4. Radiación climatológica.....	22
2.4.5. La energía solar.....	23
2.4.6. Valoración de la radiación global.....	25
2.4.7. Luminosidad Solar.....	27
2.4.8. Irradiancia (G).....	29
2.4.9. Irradiación (I)	30
2.4.10. Insolación (H)	31
2.4.11. Instrumentos para medir la radiación solar	32
2.4.12. Efecto fotoeléctrico.....	33
2.4.13. Banda Prohibida o Bandgap	34
2.4.14. Semiconductores tipo P y tipo N	35

2.4.15.	Efecto fotovoltaico	36
2.4.16.	Funcionamiento FV	37
2.4.17.	Comportamiento de la célula fotovoltaica.....	38
2.4.18.	Composición y eficiencia de los Paneles Fovoltaiicos	39
2.4.19.	Dimensionamiento de los sistemas FV	41
2.4.20.	Orientación de los paneles FV	42
2.4.21.	Conexión de paneles fotovoltaicos.....	42
2.4.22.	Ángulo de inclinación e incidencia	45
2.4.23.	Corriente eléctrica	46
2.4.24.	Tipos de corrientes.....	46
2.4.25.	Intensidad de corriente.....	48
2.4.26.	Potencia eléctrica.....	49
2.4.27.	Elementos de un sistema fv	49
2.4.28.	Regulador de carga.....	60
2.4.29.	Inversor	61
2.4.30.	Instrumentos de medición para el sistema fotovoltaico	64
2.4.31.	Transmisión de energía.....	66
2.4.32.	Leyes básicas de transferencia de calor	69
2.4.33.	Relaciones	73
2.4.34.	Mecanismos combinados en la transferencia de calor.....	75
2.4.35.	Balance de energía de cada célula fotovoltaica	76
2.4.36.	Punto de máxima potencia (PMP).....	80
2.4.37.	Eficiencia en la conversión de energía.....	81
2.4.38.	Sección de cableado.....	81

3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	83
3.1. Metodología	83
3.1.1. Método	83
3.1.2. Tipo de la Investigación.....	91
3.1.3. Nivel de la Investigación.....	91
3.2. Diseño de la Investigación	91
3.3. Hipótesis de la Investigación.....	92
3.3.1. Hipótesis General.....	92
3.3.2. Hipótesis Específicas	92
3.4. Variables.....	93
3.4.1. Variable Independiente.....	93
3.4.2. Variable Dependiente	93
3.5. Cobertura del Estudio.	93
3.5.1. Universo	93
3.5.2. Población.....	93
3.5.3. Muestra	93
3.5.4. Muestreo	93
3.6. Técnicas e Instrumentos.....	94
3.6.1. Técnicas de la Investigación	94
3.6.2. Instrumentos de la Investigación	94
3.7. Procesamiento Estadístico de la Información.	94
3.7.1. Estadísticos	94
3.7.2. Representación	94
3.7.3. Técnica de Comprobación de la Hipótesis	95

4. ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	96
4.1. Calculo para el número de paneles requeridos.....	96
4.2. Calculo para la capacidad de acumulación de energía en las baterías ...	98
4.3. Calculo para el número de reguladores a utilizar	99
4.4. Calculo para seleccionar el inversor adecuado.....	99
4.5. Determinando la eficiencia del sistema fotovoltaico.....	99
4.6. Calculo del área del panel fotovoltaico.....	100
4.7. Balance de energía	102
4.8. Cálculo de la potencia y de la eficiencia del panel fotovoltaico.....	106
4.9. Resultados	108
4.10. Comprobación de hipótesis	116
LINKOGRAFIA.....	124
ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- A= Área de la superficie isotérmica, (m²)
- A: Área transversal, (m²)
- A: Área de superficie de radiación (m²)
- A_c: Área del panel fotovoltaico, (m²)
- A_M: Área del marco de aluminio, (m²)
- A_p: Área de la placa, (m²)
- A_{pc}: Área de sumatoria de todas las celdas fotovoltaicas, (m²)
- a: Ancho de la pared. (m)
- b: Base de la placa, (m)
- c: Capacidad del banco de baterías, (Ah)
- CA: Corriente Alterna, (V)
- CD: Corriente Directa, (V)
- E: Consumo energético real, (Wh)
- E: Energía que absorbe el electrón. (J)
- E_c: Energía cinética del electrón emitido. (J)
- E_T: Consumo energético teórico, (Wh)
- E_g: Bandgap, (eV)
- ε: Emisividad
- f: Frecuencia de la radiación electromagnética. (Hz)
- F₁₋₂: Factor de forma geométrica
- G: Radiación, ($\frac{W}{m^2}$)
- h: Constante de Planck.
- H: Coeficiente de película por convección (W/m².°C).
- H: Radiación solar medida en superficie, ($\frac{W}{m^2}$)
- H_c: Altura de la placa, (m)
- H₀: Radiación solar medida en el tope de la atmosfera, ($\frac{W}{m^2}$)
- I: Intensidad de corriente (A)
- I_{sc}: Intensidad de corriente de cortocircuito, (A)

I_{mp} : Intensidad de corriente de máxima potencia (A)
 J : Densidad superficial de corriente (A/m^2)
 K : Conductividad térmica del material ($W/m^{\circ}C$)
 L : Espesor de la pared (m)
 L : Longitud de cable, (m)
 L_H : Longitud de largo de la celda monocristalina, (m)
 n : Vector normal de superficie
 NP : Número de paneles.
 N_{PH} : Número de celdas monocristalinas verticalmente.
 σ : Constante de Stefan-Boltzman, ($\frac{W}{m^2k^4}$)
 P : Potencia (Watts)
 P_i : Potencia recibida por el panel, (W)
 P_{mp} : Potencia máxima, (W)
 q : flujo de calor (W)
 Q : Carga eléctrica en Coulomb (C)
 R : Parámetro de rendimiento global
 R : Resistencia térmica ($^{\circ}C / W$)
 R : Resistencia eléctrica (Ohmio: Ω)
 S : Superficie transversal del conductor. (m)
 $^{\circ}S$: Latitud.
 S : Horas de sol efectivas, (h)
 S_0 : Duración astronómica del día para una fecha del año y latitud específicos, (h)
 t : Tiempo (s)
 T_a : Temperatura del ambiente, (K)
 T_c : Temperatura del panel fotovoltaico, (K)
 T_p : Temperatura de la placa, (K)
 T_w : Temperatura de la pared o superficie. ($^{\circ}C$)
 T_{∞} : Temperatura del fluido. ($^{\circ}C$)
 ΔT : Caída de temperatura. (K)
 ∇T : Gradiente de temperatura

V: Tensión o voltaje: Voltio (V)

V_{oc} : Voltaje a circuito abierto, (V)

V_{mp} : Voltaje de máxima potencia (V)

w: Longitud de un lugar. (m)

W: Energía mínima necesaria para que un electrón escape del metal. (J)

δ : Sección de cableado, (mm²)

ρ : Resistividad o resistencia específica (Ω -m)

Φ : Factor de emisividad

INDICE DE TABLAS

TABLA 2: 1 Irradiación solar diaria media (Huancayo).....	30
TABLA 2: 2 Eficiencia de cada panel FV según los tipos de células.	41
TABLA 2: 3 Volumen de gas emitido por baterías PowerSafe	53
TABLA 2: 4 Relación de temperatura con la tensión generada	53
TABLA 2: 5 Tiempos de almacenamiento	55
TABLA 2: 6 Valores normalizados de cables A.W.G	82
TABLA 4: 1 consumo energético estimado	96
TABLA 4: 2 Resultados de Monitoreo del Mes Junio	108
TABLA 4: 3 Resultados de Monitoreo del Mes Julio.....	109
TABLA 4: 4 Resultados de Monitoreo del Mes de Agosto.....	110
TABLA 4: 5 Resultados de Monitoreo del Mes de Setiembre.....	111

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2: 1 Puesta de sol	20
FIGURA 2: 2 Radiación Solar sobre la tierra.....	21
FIGURA 2: 3 Componentes de la radiación solar terrestre total.....	23
FIGURA 2: 4 Energía que llega a la tierra procedente del sol	24
<i>FIGURA 2: 5 El sol visto desde el límite superior de la Tierra</i>	<i>27</i>
FIGURA 22: 6 Distribución del espectro electromagnético sobre la Tierra ...	28
FIGURA 2: 7 Irradiancia y horas solares pico (insolación).....	31
FIGURA 2: 8 Piranómetro	32
FIGURA 2: 9 El medidor fotovoltaico	33
FIGURA 2: 10 Efecto fotoeléctrico.....	33
FIGURA 2: 11 Diagrama de bandas	35
FIGURA 2: 12 Instalación fotovoltaica	38
FIGURA 2: 13 Efecto fotovoltaico en una célula solar	39
FIGURA 2: 14 Conexión de paneles fotovoltaicos en serie.....	43
FIGURA 2: 15 Conexión de paneles fotovoltaicos en paralelo	44
FIGURA 2: 16 Conexión de paneles en serie y en paralelo	44
FIGURA 2: 17 Ángulo de inclinación y de incidencia	45
FIGURA 2: 18 Corriente eléctrica.....	46
FIGURA 2: 19 Intensidad de corriente y tensión con respecto al tiempo	47
FIGURA 2: 20 Tensión continua respecto al tiempo	47
FIGURA 2: 21 Formas de ondas de corriente y voltaje de una C.A.	48
FIGURA 2: 22 Ondas de corriente y tensión de una C.A.	48
FIGURA 2: 23 Densidad de corriente.....	49
FIGURA 2: 24 Módulos fotovoltaicos de 72 celdas	50
FIGURA 2: 25 Acumuladores solares POWERSAFE	51
FIGURA 2: 26 Principio del ciclo de reducción de oxígeno.....	52
FIGURA 2: 27 Principio del ciclo de reducción de oxígeno.....	54
FIGURA 2: 28 Corrección de voltaje con la temperatura	56
FIGURA 2: 29 Tiempo de recarga vs. Función de la corriente de carga	56

FIGURA 2: 30	Instalación de baterías en serie	57
FIGURA 2: 31	Instalación de baterías en paralelo	58
FIGURA 2: 32	Instalación de baterías en serie- paralelo	59
FIGURA 2: 33	Reguladores de carga	60
FIGURA 2: 34	Diferentes formas de onda en corriente alterna	61
FIGURA 2: 35	Power Inverter	62
FIGURA 2: 36	Inversor de onda modificada.....	63
FIGURA 2: 37	Inversor de corriente de onda senoidal (4000W).....	64
FIGURA 2: 38	Multitester digital para medir tensión y corriente	65
FIGURA 2: 39	Medición del voltaje de consumo de una carga	65
FIGURA 2: 40	Medición de la corriente que circula en el circuito	66
FIGURA 2: 41	Conservación de la energía para un volumen de control	66
FIGURA 2: 42	Transferencia de calor	67
FIGURA 2: 43	Energía que irradia el sol hacia la tierra.....	68
FIGURA 2: 44	Mecanismos de transferencia de calor	69
FIGURA 2: 45	Transferencia de calor en una pared plana.....	70
FIGURA 2: 46	Transferencia de calor en una placa plana.	71
FIGURA 2: 47	Transferencia de calor en dos cuerpos grises	72
FIGURA 2: 48	Analogía de la transferencia de calor con un Circuito térmico .	74
FIGURA 2: 49	Balance de energía superficial.....	76
FIGURA 2: 50	Vista del PF para realizar un balance de energía	76
FIGURA 2: 51	Volumen de control del sistema del panel fotovoltaico.....	77
FIGURA 2: 52	Curva IV y PV para un SFV típico a 1000 W/m² y 25 °C	80
FIGURA 3: 1	Área de la plataforma del paradero	84
FIGURA 3: 2	construcción de la plataforma del paradero	84
FIGURA 3: 3	construcción de la estructura del paradero	85
FIGURA 3: 4	implementación del techo y de la banca del paradero	86
FIGURA 3: 5	implementación del jardín, piso y vidrios del paradero	86
FIGURA 3: 6	Instalación de luces y del sistema fotovoltaico al paradero	87

FIGURA 4: 1 Dimensiones del Panel Fotovoltaico	101
FIGURA 4: 2 Balance de energía en un panel fotovoltaico.....	102
FIGURA 4: 3 Temperatura de la placa vs. Temperatura del panel	106
FIGURA 4: 4 Arreglo interno del Panel Fotovoltaico	107
FIGURA 4: 5 Variación del Voltaje en el Panel.....	112
FIGURA 4: 6 Variación de la Intensidad de Corriente en el Panel	112
FIGURA 4: 7 Variación de la potencia en el Panel.....	113
FIGURA 4: 8 Voltaje en los Paneles Mensuales	114
FIGURA 4: 9 Intensidad de Corriente en los Paneles Mensual	114
FIGURA 4: 10 Potencia en los Paneles Mensual	115

INDICE DE ANEXO

ANEXO: 1 AREA DE LA PLATAFORMA PARA EL PARADERO	126
ANEXO: 2 CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DEL PARADERO.....	126
ANEXO: 3 INSTALACION DE EQUIPOS AL SISTEMA FOTOVOLTAICO	127
ANEXO: 4 PARADERO ILUMINADO EN LA NOCHE	127
ANEXO: 5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BATERÍA	128
ANEXO: 6 DESEMPEÑO DEL MÓDULO RESPECTO A LA TEMPERATURA..	128
ANEXO: 7 ANGULO DE INCLINACIÓN DEL PANEL.....	129
ANEXO: 8 TABLA: LONGITUD DE LOS CABLES SEGÚN SU AMPERAJE	129
ANEXO: 9 TABLA: DATOS TECNICOS DE LOS MODULOS SOLARES	130
ANEXO:10 TABLA: MEDIA MENSUAL DE UV DIARIA EN EL PERU.....	131
ANEXO: 11 TABLA: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS BATERIAS	134
ANEXO: 12 TABLA: W/HORA DE ARTEFACTOS ELECTRICOS.....	134
ANEXO: 13 RECURSOS HUMANOS	135
ANEXO: 14 MATERIALES.....	135
ANEXO: 15 PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	136

RESUMEN

El estudio de las energías renovables actualmente se presenta como una herramienta de gran utilidad, debido a la escasez de fuentes de energía convencionales que se han venido explotando desde hace ya varios años, sin pensar que ello conllevaría a la humanidad a un punto en el cual se agotarían dichos recursos.

La falta de iluminación y de un espacio donde los estudiantes y pobladores de la zona puedan esperar su unidad de transporte cómodamente y con iluminación en las noches hace que sea una necesidad la construcción de un paradero que será suministrado energéticamente con la luz del sol mediante un sistema fotovoltaico el cual no emitirá gases de efecto invernadero al transformar la energía.

El Distrito de Pilcomayo ubicado en la Región Junín a una altura de 3200 m.s.n.m donde se desarrollara la construcción de un paradero suministrado con energía solar ubicado en la intersección de la Avenida Parra del Riego y el Jirón Sebastián Lorente a la altura de la Universidad Alas Peruanas filial Huancayo cuenta con una radiación promedio anual de 4.9 kWh/día siendo la segunda región a nivel nacional con mayor índice de radiación después de Arequipa.

El presente trabajo de investigación fue realizado con el fin de generar energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para suministrar la demanda energética del paradero, conociendo la implicancia de los factores climáticos y geográficos que permitan estimar la generación de energía de los paneles fotovoltaicos, la estimación de la superficie de captación de energía solar, así como la evaluación experimental del módulo.

Analizando la influencia de los factores climáticos y geográficos en la ciudad de Huancayo, se consideró la irradiación media anual es 4,9 kWh/m², altitud 3249 msnm, latitud 12,SO, eligiéndose así, un ángulo de inclinación de 25,5° para la instalación del panel solar fotovoltaico.

Para determinar la superficie de captación solar, para la demanda energética del paradero, se determinó el área de 2,22 m², que generaron una potencia promedio de 290 W con una corriente de 16,9 A y una tensión de 43,6 V. Se realizó un balance de energía donde se halló el modelo matemático, el cual relaciona las temperaturas tanto de la placa como del panel. Mientras que la tensión y la intensidad de corriente a la salida del panel fotovoltaico determinaron el comportamiento eléctrico, también se determinó la eficiencia de la radiación absorbida por el panel el cual es de 15,32%.

Se evaluó experimentalmente el módulo del panel fotovoltaico en la generación de energía eléctrica para el suministro energético del paradero, obteniendo una eficiencia de 59,5 % con corriente convencional (CA de 220V). Finalmente, se empleó la energía eléctrica generada por el modulo solar fotovoltaico para la iluminación con 8 reflectores de 10 W durante 11 horas continuas sin tener inconvenientes hasta la culminación del proyecto.

Este tipo de generación de energía eléctrica es amigable con el medio ambiente, pues las instalaciones son silenciosas, requieren un mantenimiento mínimo y sencillo, y no producen polución térmica ni emisiones de CO₂ y son capaces de producir la potencia adecuada para suministrar demandas de hasta 5000W para una vivienda, edificios o lugares donde no llega el suministro eléctrico.

ABSTRACT

The study of renewable energy currently comes as a very useful tool because of the shortage of conventional energy sources which have been exploited for several years already, without thinking that this would lead humanity to a point where these resources are exhausted.

Poor lighting and a space where students and residents of the area can expect its transport unit comfortably and lighting at night makes it a necessity to build a whereabouts to be supplied energy in sunlight through a PV system which does not emit greenhouse gases to transform energy.

The Pilcomayo District located in Junín region at an altitude of 3200 meters where the construction of a solar energy supplied whereabouts at the intersection of Avenida Parra del Riego and Jiron Sebastian Lorente at the height of Alas Peruanas University will develop Huancayo subsidiary has an average annual radiation of 4.9 kWh / day being the second region at the national level with the highest radiation after Arequipa.

This research was conducted in order to generate electricity using photovoltaic panels to supply energy demand whereabouts, knowing the implication of climatic and geographical factors to estimate power generation photovoltaic panels, estimation area of solar energy, as well as the experimental evaluation of the module.

Analyzing the influence of climatic and geographical factors in the city of Huancayo, the average annual irradiation is 4.9 kWh / m^2 , 3249 m altitude, latitude 12.50° , whichever the case, an inclination angle of 25.5° is considered $^\circ$ for the installation of photovoltaic solar panel.

To determine the area of solar collectors, energy demand for the whereabouts, the area of 2.22 m^2 , equivalent to two solar panels of $1.45 \text{ m} \times 0.76 \text{ m}$, generating an average power of 280 W was determined with a current of 16.9 A and a voltage of 43.6 V . An energy balance where the mathematical model, which relates the temperatures of both the plate and the panel, was found it was performed. While the voltage and current at the output of the photovoltaic panel determined the electrical behavior, the efficiency of radiation absorbed by the panel which is of 15.32% was also determined.

PV module panel to generate electricity for the energy supply whereabouts are experimentally evaluated, obtaining an efficiency of 59.5% with conventional current (AC 220V). Finally, the electricity generated is used by the photovoltaic solar array for lighting with 8 spotlights 10 W for 11 continuous hours without problems until the completion of the project.

This type of power generation is friendly to the environment, as the facilities are quiet, require minimal and simple maintenance, and do not cause thermal pollution or CO_2 emissions and are able to produce sufficient power to supply demands to 5000 W for housing, buildings or places where there is no electricity supply.

INTRODUCCIÓN

Casi toda la energía disponible en el planeta tiene tres fuentes fundamentales: el sol de forma directa o indirecta (combustibles fósiles, biomasa, vientos y rayos solares); el proceso de formación cósmica que procedió a la formación del sistema solar actual (energía nuclear y geotérmica) y finalmente una pequeña parte de la energía disponible proviene de los movimientos lunares.

La energía solar es un tipo de energía renovable y limpia, perteneciente al grupo de energías consideradas “verdes”, las cuales provienen de fuentes respetuosas con el medio ambiente, ya que no inciden sobre el de manera negativa.

Con el objeto de llegar a formular un diagnóstico y presentar soluciones, se evalúa la situación energética del país y ciudad, presentando la información general sobre la capacidad de generación y la necesidad e importancia de la energía utilizada para el abastecimiento, adquiriendo indicadores para conseguir mejores resultados y determinar la viabilidad de la implementación de un sistema de energía fotovoltaica.

Por otra parte, este tipo de tecnología presenta numerosas ventajas: instalación simple, emplea una fuente de energía limpia y gratuita, su operación es

automática y silenciosa, requiere poco mantenimiento y es amigable con el ambiente. Dos ventajas en las instalaciones de generación de energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico es que son autónomos y pueden estar interconectadas a la red de suministro eléctrico, de donde se deriva una de sus más importantes aplicaciones en la actualidad.

La principal importancia de la utilización de la radiación solar es que proviene de una fuente de energía inagotable, es un sistema ecológico, silencioso y no contamina el ambiente. Todo esto, sumado a la disminución paulatina de los costos que han tenido tecnologías de los paneles solares y su aumento de eficiencia, hacen que esta alternativa energética surja con el tiempo atractivamente económico.

Es indudable el crecimiento acelerado en la actualidad de los sistemas dedicados al aprovechamiento de las distintas fuentes de energía renovable. Debido a la mayor disponibilidad energética de la energía solar en nuestra región nos vemos en la capacidad de emplear este tipo de tecnología para un eficiente aprovechamiento, pues contamos con una radiación media anual de 4.9 kWh/m^2 que nos ubica en un marco rentable para generar energía eléctrica directamente de la radiación solar mediante sistemas fotovoltaicos. Sin embargo, este recurso no es explotado adecuadamente debido a tres factores que contribuyen a retardar su difusión: bajos ingresos, falta de crédito y carencia de conocimientos tecnológicos.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Caracterización de la Realidad Problemática

El estudio de las energías renovables actualmente se presenta como una herramienta de gran utilidad, debido a la escasez de fuentes de energía convencionales que se han venido explotando desde hace ya varios años, sin pensar que ello conllevaría a la humanidad a un punto en el cual se agotarían dichos recursos.

La energía es indispensable para la humanidad. Porque el hombre en tanto ente biológico y social depende de ella, ya sea como la radiación solar indispensable para las funciones biológicas o para los ciclos agrícolas, o como la fuerza motriz del viento o del agua requerida para impulsar los antiguos molinos de granos, o los modernos equipos de generación eléctrica. Y es permanente, porque las necesidades pasadas, presentes y futuras de energía son determinadas y conducidas por tres factores principales: el crecimiento de la población, el desarrollo económico y el progreso tecnológico

Actualmente, existe clara evidencia de los efectos del cambio climático en el mundo, tales como el aumento significativo de la

temperatura, el deshielo de los glaciares, el deterioro de los suelos, el aumento de las precipitaciones, entre otros. En gran parte, estos efectos son consecuencia del alto nivel de emisiones de CO₂ que se producen por el uso y combustión de energéticos como el carbón, el gas, el petróleo y la quema de leña. De acuerdo con información de la Agencia Internacional de Energía (Secretaría de Energía, 2010), el sector energético contribuye con aproximadamente 80% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el mundo. De igual forma, el uso desmedido de energía eléctrica y el uso de equipos de baja eficiencia contribuyen al calentamiento global.

Perú, consciente de su situación privilegiado por la cantidad de la radiación solar, elaboró, como parte de su programa de electrificación rural, el Atlas Solar que comprueba las condiciones excelentes para aprovechar de la energía solar. (APES)

En la página del Ministerio de Energía y Minas (MEM) se encuentra la versión 'online' del Atlas Solar del Perú, publicado en 2003 como parte de los programas para reforzar la electrificación rural con sistemas fotovoltaicos. Aquí mostramos los mapas con la situación para todos los meses pero teniendo más en cuenta los de Febrero y Agosto. Estos meses en general son los más extremos en el país (verano o invierno, temporada seca o de lluvia). El promedio anual de la irradiancia (la radiación solar que llega a la tierra) varía desde 4.5 en la Amazonía hasta 6.5kWh/día en el sur. En la zona del altiplano es más de 5.5kWh/día (APES).

Estos valores son excelentes y altamente favorecen instalaciones en todo el país. Para poner estos datos en relación: por ejemplo en Alemania, donde la mayoría de los sistemas fotovoltaicos al nivel mundial están instalados, el promedio anual de la radiación llega solamente a 3.01kWh/día (APES).

La falta de iluminación y de un espacio donde los estudiantes y pobladores de la zona puedan esperar su unidad de transporte cómodamente y con iluminación en las noches hace que sea una necesidad la construcción de un paradero que será suministrado energéticamente con la luz del sol mediante un sistema fotovoltaico el cual no emitirá gases de efecto invernadero al transformar la energía.

El Distrito de Pilcomayo ubicado en la Región Junín a una altura de 3200 m.s.n.m donde se desarrollara la construcción de un paradero suministrado con energía solar ubicado en la intersección de la Avenida Parra del Riego y el Jirón Sebastián Lorente a la altura de la Universidad Alas Peruanas filial Huancayo cuenta con una radiación promedio anual de 4.9 KWh/día siendo la segunda región a nivel nacional con mayor índice de radiación después de Arequipa.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuáles son los parámetros de diseño para determinar la eficiencia del sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a un paradero ubicado en el campus universitario UAP – filial Huancayo?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuánta energía es necesaria para suministrar la demanda energética del paradero ubicado en el campus universitario UAP – filial Huancayo?
- ¿Cuáles son los parámetros de diseño para determinar la eficiencia del sistema fotovoltaico para suministrar la demanda energética del paradero ubicado en el campus universitario UAP – filial Huancayo?

- ¿Cuál es el dimensionamiento del sistema fotovoltaico para suministrar la demanda energética del paradero ubicado en el campus universitario UAP – filial Huancayo?
- ¿Cuál es la eficiencia del sistema fotovoltaico para suministrar la demanda energética del paradero ubicado en el campus universitario UAP – filial Huancayo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Establecer los parámetros de diseño para determinar la eficiencia del sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a un paradero ubicado en el campus universitario UAP – filial Huancayo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la energía necesaria para suministrar la demanda energética del paradero ubicado en el campus universitario UAP – filial Huancayo.
- Establecer los parámetros de diseño para determinar la eficiencia del sistema fotovoltaico para suministrar la demanda energética del paradero ubicado en el campus universitario UAP – filial Huancayo.
- Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico para suministrar la demanda energética del paradero ubicado en el campus universitario UAP – filial Huancayo.
- Cuantificar la eficiencia del sistema fotovoltaico para suministrar la demanda energética del paradero ubicado en el campus universitario UAP – filial Huancayo.

1.4. Justificación

La energía eléctrica es el medio o elemento esencial para el desarrollo y confort de las personas que entre otras razones, permite mejorar su desempeño y prolongar sus actividades más allá de las horas de luz natural, de donde surge la necesidad de considerar el análisis y estudio sobre el ahorro de energía eléctrica o mejor aún, la posibilidad de generar energía eléctrica haciendo uso de los recursos renovables como es la energía solar.

En la década de 1970, cuando los países productores de petróleo elevaron su valor a cifras nunca previstas, los países consumidores de petróleo comprendieron que era de vital importancia buscar fuentes de energía alternativas a aquellas que se extinguirán eventualmente, las no “renovables”. Asimismo se comenzó a hacer hincapié en un mejor aprovechamiento de las energías alternativas, mediante el uso racional y cuidadoso de la misma.

La justificación de la construcción de un paradero que estará suministrado energéticamente por un sistema fotovoltaico no generara residuos contaminantes ni emisiones de efecto invernadero que altere el medio ambiente ya que se utilizara una tecnología limpia y moderna para el funcionamiento del paradero.

1.5. Importancia

En el ámbito de la eficiencia energética, la energía eléctrica, es uno de los principales recursos, necesarios en el proceso del desarrollo y tecnificación de los pueblos, que influye directamente en la calidad de vida del hombre y su aumento en el consumo; es a su vez el resultado, principalmente, del incremento en el proceso de la industrialización, del aumento poblacional y de la demanda generalizada por más comodidades y mayor tecnificación en los diferentes sectores, donde el uso de la energía eléctrica es cada vez mayor.

Consecuentemente, la energía eléctrica es el medio o elemento esencial para el desarrollo y confort de las personas que entre otras razones, permite mejorar su desempeño y prolongar sus actividades más allá de las horas de luz natural, de donde surge la necesidad de considerar el análisis y estudio sobre el ahorro de energía eléctrica o mejor aún, la posibilidad de generar energía eléctrica haciendo uso de los recursos renovables como es la energía solar.

El tema de generación de energía solar, es sólo una fracción del complejo problema del consumo energético, en el cual se plantea la búsqueda de soluciones que puedan existir para corregir el consumo de energía eléctrica y evitar daños al medio ambiente. El estudio alcanza desde los antecedentes de los proyectos de energía solar, estudios realizados con anterioridad y resultados obtenidos, así como la realización del diagnóstico energético hasta el diseño del sistema fotovoltaico y los programas de mantenimiento.

Con el objeto de llegar a formular un diagnóstico y presentar soluciones, se evalúa la situación energética del país y ciudad, presentando la información general sobre la capacidad de generación y la necesidad e importancia de la energía utilizada para el abastecimiento, adquiriendo indicadores para conseguir mejores resultados y determinar la viabilidad de la implementación de un sistema de energía fotovoltaica.

La principal importancia de la utilización de la radiación solar es que proviene de una fuente de energía inagotable, es un sistema ecológico, silencioso y no contamina el ambiente. Todo esto, sumado a la disminución paulatina de los costos que han tenido tecnologías de los paneles solares y su aumento de eficiencia,

hacen que esta alternativa energética surja con el tiempo atractivamente económico.

Es importante la construcción de un paradero ya que brindara iluminación en la zona donde no cuenta con un poste cercano de alumbrado público además brindara un espacio cómodo para los estudiante y para los pobladores de la zona que esperan diariamente su unidad de transporte.

1.6. Limitaciones

Como cualquier sistema fotovoltaico, está limitado a las características de radiación solar de la zona donde se va a instalar. En este caso se instalara es el Campus Universitario de la UAP Filial-Huancayo se encuentra a una Altitud de 3,247 m.s.n.m. Ubicado a la Altura del Paradero N° 5 (Av. Coronel Parra) en el Distrito de Pilcomayo. Provincia de Huancayo. Departamento de Junín.

No se podrá evaluar las pérdidas de tención en las terminales, conexión de luminarias, conexión de los paneles, conexiones de las baterías y del controlador de carga.

Gastos elevados de inversión para la compra de los equipos y materiales.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Marco Referencial

2.1.1. Antecedentes de la Investigación

Zekkour Z. A. y Gonzáles A. T. (1995) realizo un diseño de un sistema fotovoltaico para la alimentación de una clínica rural, en el cual se muestran las características generales para la implementación de dicho sistema de suministro de energía y la comparación de los estudios técnicos económicos entre el sistema de suministro de energía fotovoltaico y un suministro de energía por medio de un moto generador alimentado por diésel. Los autores recomiendan para zonas rurales el uso del sistema fotovoltaico, aunque sea de un mayor costo inicial, pero comentan que ya que los costos de mantenimiento y operación son menores, se recupera la inversión más rápidamente.

Gasquet H. (2000) escribió un manual teórico y práctico sobre los sistemas fotovoltaicos. En este manual se describe el funcionamiento e instalación de los equipos de energía

solar. El manual contiene nociones básicas y la terminología relacionadas con la radiación solar, el diagrama en bloques de un sistema fotovoltaico para uso doméstico, el análisis de cada bloque en detalle, los pasos de diseño de un sistema FV con cargas de CC, los pasos de diseño de un sistema FV con cargas de CC y AC, guía para la instalación de un sistema FV y una guía para el mantenimiento de un sistema FV.

Ellis A. y Cota A. (2001) elaboro el manual de Energía Fotovoltaica en la Educación a Distancia, con el cual se puede aprender a calcular un sistema de energía solar. En el documento mencionado se describe el recurso solar, los dispositivos FV, baterías, controles, inversores, cargas eléctricas, el dimensionamiento, la estimación de costos, la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos.

Núñez M. F, Sánchez H. V, y Acosta O. R. (2007) realizo la caracterización de los ocho módulos fotovoltaicos que se encuentran instalados en la universidad de Quintana Roo, México, con el fin de conocer la carga eléctrica máxima real generada, en las condiciones físicas, creadas por efecto del clima en el cual se encuentran los módulos fotovoltaicos en el lugar. Para dicho fin se creó un sistema electrónico que permite medir cambios de corriente eléctrica y voltaje. Además se describe todo el proceso de caracterización, medición de corriente, voltaje, temperatura en los módulos y la irradiación solar instantánea. Al terminar la caracterización se demostró que el sistema electrónico funcionó para el fin que fue creado, además de que resultó ser sencillo, rápido y fácil de construir.

González G. R. y Jiménez G. H. (2007) se presentó un resumen de los resultados operacionales obtenidos a lo largo de un año, del primer sistema fotovoltaico trifásico interconectado a la red, en una de las sucursales de la empresa *The Green Corner* en la ciudad de México, capaz de producir 30,6 kWp; donde se incluyen datos climatológicos, balance de energía, potencia máxima, producción, pérdidas normalizadas, eficiencias y diversos índices que muestran la interacción de dicha tecnología con la red eléctrica. Con este trabajo el autor reporta un desempeño muy aceptable de la operación del sistema fotovoltaico en el inmueble, pero asegura que se puede mejorar eliminando diversos factores que ocasionan pérdidas en el rendimiento.

Del Ángel R. J. y Saiz W. (2007) realizó un trabajo donde se presenta el proceso de instalación de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico en la Residencia Regional General de Construcción de Proyectos de Trasmisión y Transformación Sureste en Veracruz, con la capacidad de producir 65KW, el cual consta de 272 paneles fotovoltaicos de 165 watts cada uno y dos aerogeneradores de 10KW, donde se explican los procesos de trabajo preliminar, armado de la estructura especial para el sistema fotovoltaico, montaje de las estructuras para los aerogeneradores, armado de cuarto de control, interconexión a la red y montaje hasta la puesta en operación.

La empresa KYOCERA (2009) en una reseña breve da a conocer los paneles solares que servirán para el sistema de aeración del interior de un auto. Esta empresa los suministrará para el auto Prius 2010 de la marca Toyota. En

dicha reseña se dan a conocer las características especiales que poseen estos paneles solares.

La empresa SCHOTT Solar AG (2009) creó un manual técnico de instalación para sus módulos solares enmarcados. Este documento incluye las normas de seguridad, instrucciones de instalación, conexión, montaje, fijación admisible para el montaje de canto y fijación admisible para el montaje transversal.

2.1.2. Referencias Históricas

En 1839 el físico experimental francés Edmund Becquerel, descubrió el efecto fotovoltaico mientras efectuaba experimentos con una pila electrolítica de dos electrodos sumergidos en una sustancia electrolítica. Esta pila aumentó su generación de electricidad al ser expuesta a la luz. A fines del siglo XIX científicos tales como W. Smith, W Adas y R. Day descubren la fotoconductividad del selenio y construyen la primera celda experimental hecha de una oblea de selenio. En 1904 Albert Einstein publica su paper acerca del efecto fotovoltaico (junto con su paper de la teoría de la relatividad), por este documento es galardonado en 1921 con el Premio Nóbel. Recién en 1941 se construye un dispositivo que puede ser llamado “celda solar”, fue fabricada de selenio y tenía una eficiencia del 1 %. La compañía Western Electric fue la primera en comercializar las celdas solares en 1955.

Mientras tanto científicos de diversas partes del mundo realizaban experimentos en combinaciones como el cobre y óxido cuproso, en Silicio Monocristalino, en Cadmio – Silicio, Germanio Monocristalino. En ese mismo año a la U.S. Signal Corps le fue asignada la tarea de construir fuentes de poder

para satélites espaciales. Los estudios de esta compañía comenzaron con celdas de una eficiencia de un 4,5 %, y en tres años lograron que esta eficiencia subiera hasta un 9 %. Fue entonces cuando en 1958 fue lanzado al espacio el primer satélite que utilizaba celdas fotovoltaicas, el Vanguard I. Éste tenía un sistema de poder de 0.1 W, en aproximadamente 100 cm^2 y estuvo operativo por 8 años. Ese mismo año se lanzaron 3 satélites con esta misma tecnología, el Explorer III, el Vanguard II y el Sputnik-3. Desde este año las celdas solares aumentaron su utilización en naves espaciales, y el aumento de eficiencia seguía subiendo a pasos agigantados. Fue así como en 1960 Hoffman Electronics conseguía fabricar una celda con un 14 % de eficiencia. Aun cuando para la NASA fuese más importante la seguridad que el costo en sus naves espaciales, y por ende utilizaba celdas solares, en la tierra la energía fotovoltaica era 50 veces más cara que cualquier fuente convencional de generación, por lo que fue excluida para el uso terrestre. En la década de los sesenta, la potencia instalada de las celdas solares de las naves espaciales y satélites alcanzaba a 1 KW. En 1973 se produce el embargo de petróleo impuesto por la OPEC, con lo cual se inicia una política de investigación del uso de celdas solares en la Tierra, se destinan fondos por sobre los 300 millones de dólares por año, y se comienza a investigar nuevos materiales para la construcción de las celdas, tales como el silicio policristalino, las celdas de película delgada, combinaciones CdS/Cu_2 y Silicio amorfo, con el fin de abaratar los costos de éstas. En esta misma década

comienza la NASA a instalar sistemas de generación fotovoltaica por todo E.E.U.U. para fines de refrigeración, iluminación de calles, iluminación clínica y aparatos de televisión, bombeo de agua, etc... A principios de los años 80', la compañía ARCO Solar fabricaba más de 1 MW de celdas solares por año. Es el comienzo de la masificación de módulos de 1,4 a 6 KW en torres de departamentos, áreas apartadas del tendido eléctrico, centros comerciales y prototipos de automóviles. La producción mundial de celdas en el año 1982 era de 9,3 MW y en 1983 de 21,3 MW, haciendo que se duplique la producción en sólo un año, y alcanzando ventas de alrededor de US\$250 millones. En 1985 se alcanzaba un 20 % de eficiencia en celdas fotovoltaicas, y existían módulos en todas partes del mundo: E.E.U.U., Australia, España, Kenya, Alemania, Ecuador, Japón por nombrar algunos. En Chile se instalaron los primeros módulos en la década de los setenta, principalmente en lugares rurales con módulos de 50 W y baterías de 150 Ah suministrando energía a artefactos de 12 V. Ya en los noventa ARCO Solar es comprada por Siemens, formando Siemens Solar Industries, una de las firmas de mayor producción de celdas solares a nivel mundial. A principios de esta década se instala en la Antártica un sistema de 0.5 KW con baterías de 2,4 KWh para suministrar energía a equipos de un laboratorio. En 1996 comienzan estudios para la utilización de cobre-indio-diselenio en celdas, y de celdas súper eficientes. A fines del siglo pasado en Grecia se aprueba la instalación de una planta de 5 MW en Creta, de un proyecto de 50 MW de la empresa Enron Solar. Aun cuando este proyecto era magno,

ya estaba en funcionamiento en California una planta de 6,5 MW produciendo alrededor de 12 millones de kWh por año, suministrando energía a cerca de 2.500 hogares como promedio. Hoy en día las celdas fotovoltaicas son utilizadas en prácticamente todo el mundo, generan el 2,1 % de la energía necesaria para mover al mundo, una industria que en 25 años pasó de producir casi nada a fabricar 70 - 80 MW anuales y con un costo por W que bajó desde los US\$50 hasta los 5 US\$/W, con alrededor de 40 MW conectados a la red eléctrica.

2.2. Marco Legal

2.2.1. Ley.

- ✓ Ley N° 1002, Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.
- ❖ Energías renovables para electrificación rural (pequeños y medianos sistemas)
 - ✓ Ley N° 28749, Ley general de electrificación rural.

2.2.2. Resolución.

- ✓ D. S. N° 050-2008-MEM, Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables.
- ✓ D. S. N° 011-2009-EM, Modificación del D. S. N° 025-2007-EM, Reglamento de la Ley N° 28749.

2.2.3. Norma técnica.

- ✓ Norma Técnica Peruana NTP 399.403-2006, Sistemas fotovoltaicos hasta 5000 Wp. Especificaciones técnicas y método para la calificación energética de un sistema fotovoltaico.

- ✓ Guía de instalación de sistemas fotovoltaicos domésticos (SFD)
- ✓ Norma Técnica de Edificación EM 080, Instalaciones con energía solar
- ✓ Las Normas Técnicas Peruanas (NTP) pueden ser adquiridas en el Instituto Nacional de Defensa al Consumidor y Propiedad Intelectual (INDECOPI) y tienen un costo. La demás normativa puede ser solicitada a la Dirección General de Electricidad del Ministerio y Minas sin costo.

2.3. Marco Conceptual

- **Radiación difusa:** Radiación proveniente del cielo como resultado de la dispersión de la radiación solar por la atmósfera.
- **Electricidad,** es una propiedad física que se manifiesta a través de la atracción o del rechazo que ejercen entre sí las distintas partes de la materia. El origen de esta propiedad se encuentra en la presencia de componentes de carga negativa (electrones) y otros con carga positiva (protones).
- **Inversor:** Componente que transforma la energía producida por los módulos fotovoltaicos (corriente continua) en energía idéntica a la que hay en la red eléctrica (corriente alterna).
- **Panel solar fotovoltaico: Placas compuestas de células solares,** que a su vez lo están de obleas finas de silicio. El silicio es un elemento químico que por sus características naturales se activa cuando recibe radiación solar. Esto es, los electrones del átomo de silicio, la parte que rodea el núcleo, comienzan a moverse y dicho movimiento genera la energía fotovoltaica en forma de electricidad de corriente continua.

- **Potencia eléctrica:** Es el ritmo al que se usa o genera la energía, medida en vatios (W). La capacidad o potencia de una planta se mide en vatios, pero la energía generada o producida anualmente se mide en vatios-hora (Wh) o kilovatios-hora (KWh) entre otros.
- **Consumo eléctrico:** La energía consumida durante un tiempo determinado y medida en vatios-hora (Wh), o en kilovatios-hora (KWh).
- **Arreglo solar:** Conjunto de módulos solares fotovoltaicos conectados eléctricamente e instalados.
- **Caja de conexión:** Caja a donde se llevan los cables para realizar las conexiones.
- **Carga:** Cualquier dispositivo o aparato que demanda potencia. Esta depende de cada aparato y varía durante el día de acuerdo a la manera en que ésta opera.
- **Celda solar o celda fotovoltaica:** Elemento que transforma la luz solar (fotones) en electricidad. Es el insumo fundamental de los módulos solares fotovoltaicos.
- **Celdas de película delgada:** Celdas fabricadas de películas del orden de los micrones de material sensible a la radiación solar.
- **Conexión en paralelo:** Método de conexión en el cual todos los bornes positivos y negativos se juntan. Si los módulos son todos iguales, la corriente se suma y la tensión permanece igual.
- **Conexión en serie:** Método de conexión en el cual el borne positivo de un módulo se conecta al borne negativo del siguiente y así sucesivamente. Si los módulos son todos iguales, el voltaje se suma y la corriente permanece igual.
- **Consumo eléctrico:** Número de Watts hora (Wh) o Kilowatts hora (KWh) utilizados para que funcione un aparato eléctrico

durante un tiempo. Depende de la potencia del aparato y del tiempo que esté funcionando.

- **Capacidad instalada:** Potencia nominal o de placa de una unidad generadora.
- **Corriente alterna:** En la corriente alterna (CA o AC, en inglés) los electrones, a partir de su posición fija en el cable (centro), oscilan de un lado al otro de su centro, dentro de un mismo entorno o amplitud, a una frecuencia determinada (número de oscilaciones por segundo)
- **Eficiencia de la celda:** Relación entre la potencia que entrega una celda solar (expuesta a pleno sol) a la potencia solar incidente sobre ella.
- **Instalación eléctrica:** Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.
- **Intensidad eléctrica:** Magnitud eléctrica definida como la cantidad de electricidad que pasa a través de la sección de un cable conductor en un segundo. Se mide en Amperios (A)
- **Kilowatt:** Mil watts (1 KW = 1 000 W)
- **Megawatt:** Un millón de watts (1 MW = 1 000 000 W)
- **Módulo o módulo solar fotovoltaico:** Conjunto de celdas solares interconectadas dentro de una unidad sellada.
- **Potencia eléctrica:** Capacidad de los aparatos eléctricos para producir trabajo (la cantidad de trabajo realizado en la unidad de tiempo). La unidad de medida es el Watt (W), el kilowatt (kW) o el megawatt (MW)
- **Punto de máxima potencia:** Punto de la curva I-V en donde el producto $I * V$ (potencia) tiene su valor máximo.

- **Radiación difusa:** Radiación proveniente del cielo como resultado de la dispersión de la radiación solar por la atmósfera.
- **Regulador de carga:** También llamado unidad de control o controlador de carga. Componente que controla el flujo de corriente hacia la batería y de la batería hacia los equipos para proteger la batería de sobrecargas y sobre descargas.
- **Radiación difusa:** Radiación proveniente del cielo como resultado de la dispersión de la radiación solar por la atmósfera.
- **Regulador de carga:** También llamado unidad de control o controlador de carga. Componente que controla el flujo de corriente hacia la batería y de la batería hacia los equipos para proteger la batería de sobrecargas y sobre descargas.
- **Tensión eléctrica:** Diferencia de potencial eléctrico que tiene que existir entre los bornes de conexión o entre dos partes activas de una instalación, para que la corriente eléctrica circule por dicha instalación. La unidad de medida es el Voltio (V)
- **Termocupla:** Dispositivo compuesto de dos alambres metálicos diferentes que sirve para medir temperatura, mediante una corriente eléctrica proporcional a la temperatura leída.
- **Voltaje de circuito abierto:** Voltaje que se mide en los terminales sin carga de un sistema fotovoltaico.
- **Voltaje de máxima potencia:** Voltaje correspondiente al punto de máxima potencia.
- **Watt pico:** Unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, que significa la cantidad de potencia máxima que puede generar el módulo a condiciones estándar de funcionamiento (1000 W/m², 25°C y 1.5 de masa de aire).

2.4. Marco Teórico

2.4.1. Fuente Solar

El sol es nuestro proveedor natural de calor, y cualquier parte que reciba su influencia directa, como consecuencia de ello el aumenta su temperatura original. El que exista diferencias notables entre la acción solar durante los meses invernales y los veraniegos, se debe básicamente a que los rayos solares, al incidir sobre la superficie terrestre, se apartan más o menos, en su inclinación, de la perpendicularidad ideal. Cuanto más se acerquen a esa perpendicularidad, mayor sería su acción térmica.

El diámetro del sol, de acuerdo con los más recientes cálculos efectuados, es de 1 390 860 Km. O sea unas 109 veces mayor que el diámetro de nuestro planeta. A tal diámetro corresponde un volumen de un trillón cuatrocientos mil millones de kilómetros cuadrados, referidos tan solo a su núcleo principal. En este último se originan, de forma ininterrumpida y como consecuencia de ciertas reacciones nucleares, ocasionadas presuntamente por la fusión de protones en el interior continuos desprendimientos de calor que elevan la temperatura de la superficie solar una parte importa, ya que en las próximamente del cual es emitido al exterior como radiaciones. Los cálculos que se han realizado para conocer el valor de este fenómeno, por medio del análisis espectral sitúan en los 6 260°C la temperatura solar en su superficie, ya que en las proximidades del centro hipotético asignado a su núcleo, se supone que la misma alcanza los diez millones de grados centígrados. (Acosta Alcazar, 2008)

2.4.2. Radiación

La emisión de calor en el sol se produce, pues por efecto del fenómeno físico conocido con el nombre de radiación, que consiste en despedir cualquier tipo de energía en forma de ondas electromagnéticas que se desplazan por el espacio en todas direcciones. Así, la Tierra recibe los efectos de ondas térmicas emitidas por la fuente solar, cuando se encuentra en su camino.

Estas ondas electromagnéticas, referidas al sol agente emisor, son los rayos solares, los cuales parten del punto de radiación para ser transmitidos, por un movimiento ondulatorio, a través del éter.

La naturaleza de las ondas electromagnéticas es siempre la misma, pero tienen distintas longitudes de onda. La radiación solar se divide, en el espacio, en una muy amplia gama de longitudes de onda, comprendida mayormente entre las diez milésimas de milímetro y una centésima de milímetro. (Acosta Alcazar, 2008)

FIGURA 2: 1 Puesta de sol



Fuente: www.peru.indymedia.org

2.4.3. Rayos solares

Aproximadamente la mitad de estos rayos son visibles, constituyendo la banda radiante visible, cuyos componentes forman la luz visible o rayos luminosos, perceptibles por el ojo humano.

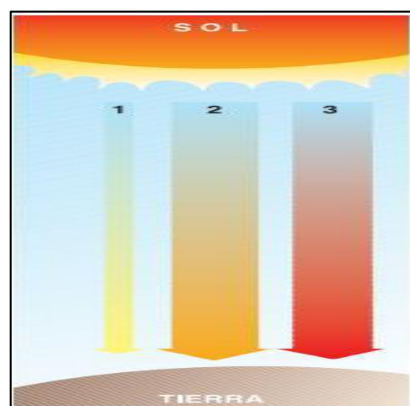
El resto de rayos de los rayos solares es invisible. La mayoría están situados por encima de la banda visible: son los rayos infrarrojos o caloríficos, llamados así por su alto poder calorífico, transmisores del calor. Tienen una longitud de onda relativamente grande y ofrecen fenómenos muy interesantes de difracción.

En cuanto a los rayos por debajo de la banda visible, que son pocos, reciben el nombre de rayos ultravioleta. (Acosta Alcazar, 2008)

Recientemente se ha descubierto la existencia de otros tipos de radiación de frecuencia muy elevada; los más importantes, son los rayos cósmicos, de influencia biológica en los seres vivos.

La relación entre estos grupos queda reflejada de la siguiente manera:

FIGURA 2: 2 Radiación Solar sobre la tierra



1. Rayos ultravioleta (7%)
2. Luz visible (violeta, azul, verde, amarillo, rojo) (47%)
3. Rayos infrarrojos (46%)

Fuente: Ente Vasco de la Energía

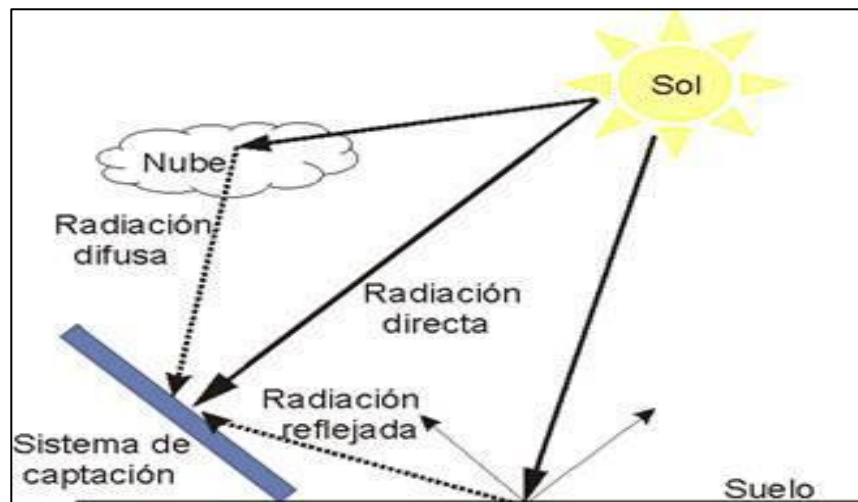
2.4.4. Radiación climatológica

Considerando sus efectos, o sea desde un punto de vista meteorológico, en la radiación solar caben cinco tipos de rayos:

- a) **Rayos solares directos**, que son aquellos recibidos en una superficie perpendicular a la dirección de los rayos. La radiación directa es la que habitualmente se denomina brillo del sol, porque ofrece una luz cegadora, reverberante. Estos rayos permiten el más óptimo aprovechamiento para aplicaciones térmicas controladas.
- b) **Rayos difusos**, los cuales presentan una radiación débil, aunque también térmicamente aprovechables. La radiación difusa tiene como causa la incidencia de los rayos en partículas de variada especie y origen que flotan en el aire, tales como las moléculas gaseosas, gotas de agua, bióxido de carbono, granos microscópicos de polvo, etc., que producen una dispersión capaz de alterar, por interacción, la radiación original. Este fenómeno es el que produce el característico color azulado del cielo. Y cuando la concentración es densa, promovida por la formación de nubes, puede llegar a difundir hasta 80% de la radiación recibida.
- c) **Rayos cenitales**, que son asimilables al componente vertical de la radiación difusa, es decir, cuando la superficie receptora sea perpendicular a aquella.
- d) **Rayos reflejados**, con tal denominación se considera la radiación directa o difusa que se refleja, como consecuencia de su incidencia sobre la superficie terrestre.

e) **Radiación global**, que corresponde a la suma de radiaciones solares directa, difusa y reflejada. Su conocimiento es de suma importancia para efectuar el cálculo de la posible energía aprovechable en cada lugar. Podemos distinguir los tipos de radiación en la Figura 2:3, donde se muestra los componentes de la radiación solar terrestre global sobre un sistema de captación.

FIGURA 2: 3 Componentes de la radiación solar terrestre total



Fuente: Ente Vasco de la Energía

2.4.5. La energía solar

Es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres.

Sin la presencia del sol no existiría vida en la tierra. El planeta sería demasiado frío, no crecerían las plantas ni habría vida alguna, excepto algunas bacterias. Todos nuestros recursos energéticos provienen indirectamente del sol. Los combustibles fósiles son plantas y árboles muy

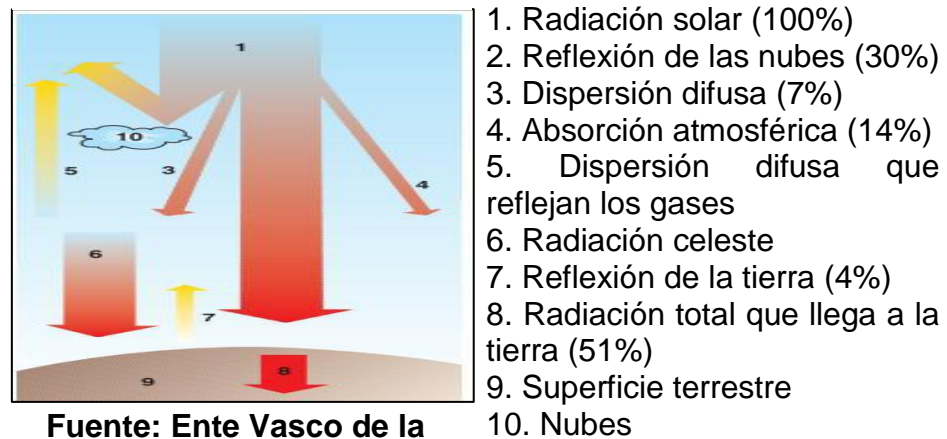
antiguos, que crecieron gracias a la luz solar y han sido comprimidos durante millones de años.

La energía solar presenta dos características que la diferencian de las fuentes energéticas convencionales:

- **Dispersión:** Su densidad apenas alcanza 1 kW/m², muy por debajo de otras densidades energéticas, lo que hace necesarias grandes superficies de captación o sistemas de concentración de los rayos solares.
- **Intermitencia:** Hace necesario el uso de sistemas de almacenamiento de la energía captada.

Uno de los principales factores que repercute en la cantidad de energía recibida es la atmósfera del planeta ya que ella actúa como un filtro al flujo energético incidente, tal como se observa en la Figura 2:4.

FIGURA 2: 4 Energía que llega a la tierra procedente del sol



Fuente: Ente Vasco de la Energía

Algunos datos de interés:

- Potencia del Sol = 4×10^{26} W
- Energía del Sol que llega a la Tierra = $5,5 \times 10^{24}$ J/año
- Intensidad de radiación que llega en las capas altas de la atmósfera = $1,38$ kW/m².
- Intensidad de la radiación que llega a la superficie terrestre = 900 W/m²

2.4.6. Valoración de la radiación global

Las condiciones óptimas para valorar la energía solar recibida se dan cuando la superficie que recibe sus efectos se halla perpendicular a la dirección de los rayos, o sea una situación de radiación directa.

En tal supuesto, la energía radiada por el sol y recibida directamente por la capa superior atmosférica de una manera ininterrumpida, puede asimilarse (según A.D.A.E.) a la que producirían 173 millones de centrales nucleares de tipo medio, trabajando conjuntamente. Alrededor de 1 160 000 calorías por metro cuadrado y hora, lo que equivale a unas 2 calorías por minuto y centímetro cuadrado, aproximadamente $1\ 394$ W / m². Ese valor recibe el nombre de constante solar.

Tal potencia, sin embargo, es recibida con menor intensidad en la superficie terrestre. Hay que tener en cuenta que, para llegar a nosotros, los rayos solares, a una velocidad de 300 000 Km/seg. Deben introducirse en la órbita terrestre y atravesar unos 150 millones de kilómetros. Durante su camino sufrirán diferentes absorciones y reflexiones que van mermando su intensidad inicial. Así cuando llegan a nuestro planeta, su valor ha disminuido. Un 30% poco más o menos del total radiado, se ha proyectado de nuevo al exterior por

reflejo, y solo 70% que resta es absorbido por la tierra. Esta absorción se traduce en el calentamiento de la parte afectada, en donde se producirá un aumento de temperatura.

No obstante, a pesar de la pérdida de radiación producida al atravesar la atmósfera, esta energía tiene aún tal potencial que la intensidad por unidad de superficie en condiciones normales, que fluctúa entre 1 000 y los 1 200 vatios por metro cuadrado.

El valor exacto de la radiación global en un punto dado depende tanto de la intensidad de esta misma radiación, como de la insolación o soleamiento del lugar. Ambas condiciones se hallan en función, principalmente de las condiciones atmosféricas del punto de la tierra en donde se estudia el fenómeno.

Así, dicho valor variara según sea la zona geográfica en donde se ubique la localidad objeto del problema: la latitud es un factor determinante. También lo son, en mayor o menor grado, la altura sobre el nivel del mar; la estación del año; la hora; y por supuesto la calidad atmosférica, ya que las condiciones imperantes puede afectar a la intensidad de la radiación, lo cual aumentará cuando el aire sea nítido, claro, o estará mediatizada por la presencia de nubosidades. Estas actuaran a manera de filtro o de pantalla solar, que reducirá la radiación a niveles más bajos de efectividad. Y otro tanto puede decirse cuando exista un alto índice de polución. (Acosta Alcazar, 2008)

2.4.7. Luminosidad Solar

Es la energía emitida por el Sol por unidad de tiempo (Potencia), e integrando sobre toda la superficie solar, se obtiene:

$$L_s = AE_{sol} = \sigma T^4(4\pi r_s^2) = 3,65 \times 10^{23} kW$$

Dónde:

L_s : Luminosidad solar.

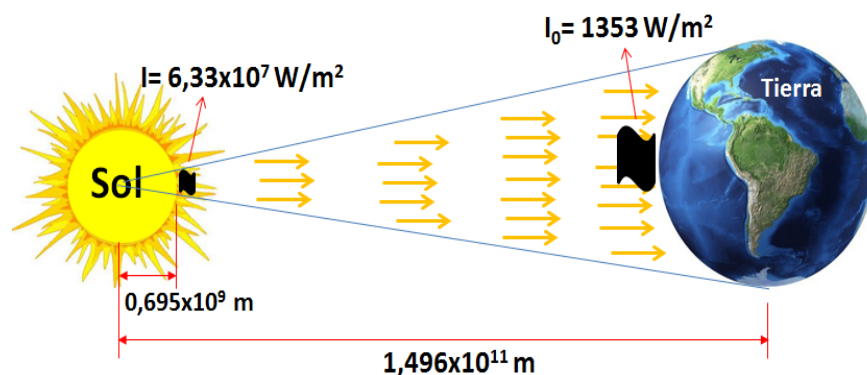
σ : Constante de Stefan Boltzmann, $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/m^2 * k^4$.

T : Temperatura del cuerpo negro en K.

r_s : Radio del Sol, $r_s = 0,7 \times 10^6 km$.

Ahora, un observador en la Tierra, viendo el Sol desde el límite superior de la atmósfera (para poder despreciar los procesos de dispersión y absorción) de manera normal al plano donde se encuentra, se ubica a una distancia $d_{T-S} = 1 AU$ del Sol, que es la distancia media Tierra-Sol, de acuerdo a la Figura 2:5

FIGURA 2: 5 El sol visto desde el límite superior de la Tierra



Fuente: John Wiley and Sons

En virtud de la ley del cuadrado inverso, se tiene que la potencia disminuye con el cuadrado de la distancia de acuerdo a:

$$I = \frac{L_s}{4\pi(d_{T-S})^2} \rightarrow I = 1353 \frac{W}{m^2}$$

Dónde:

I : Energía por unidad de tiempo y de área a una distancia.

($I = 1353 \frac{W}{m^2}$, conocido como **Constante Solar.**)

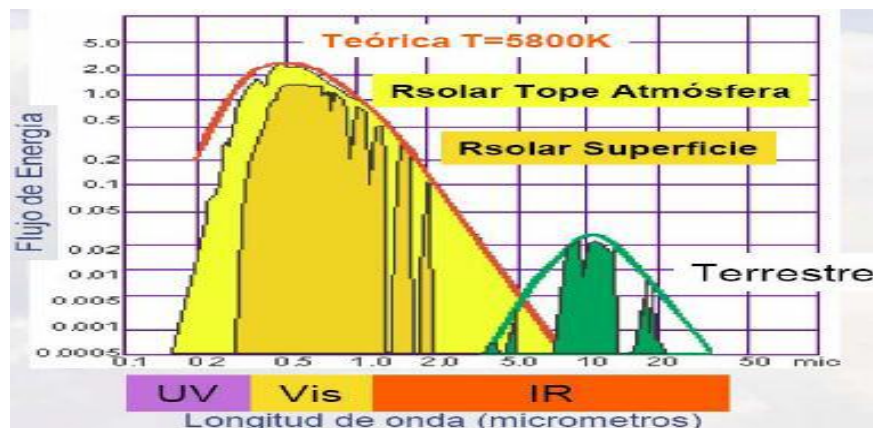
L_s : Luminosidad solar.

d_{T-S} : Distancia entre el Sol y el observador en la Tierra

($d_{T-S} = 1 AU = 149,6 \times 10^6 km$)

En la Figura 1:6, se observa que la radiación que emite la Tierra es de una mayor longitud de onda que la del Sol. Por tanto la radiación electromagnética (REM) proveniente del Sol es conocida como Radiación de Onda Corta, mientras que la REM proveniente de la Tierra es llamada Radiación de Onda Larga.

FIGURA 22: 6 Distribución del espectro electromagnético sobre la Tierra



Fuente: R. Garreaud- Transferencia Radiactiva

La energía transmitida en la REM viene contenida en los fotones que forman los haces de luz. Se sabe que la energía asociada a cada fotón viene dada por (2.1) y (2.2):

$$E_F = h\nu \quad (2.1)$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (2.2)$$

Dónde:

E_F : Energía asociada a cada fotón.

h : Constante de Planck ($h = 6,626 \times 10^{-19} \text{J} \cdot \text{s}$).

ν : Frecuencia de cada fotón.

c : Velocidad de la luz.

λ : Longitud de onda de cada fotón.

De la ecuación (2.2) se deduce que la energía contenida en un fotón es inversamente proporcional a su longitud de onda.

2.4.8. Irradiancia (G)

Es el valor instantáneo de la energía que llega por cada unidad de tiempo y por cada unidad de área. La irradiancia se especifica por cada punto de una superficie y, en muchos casos, varía de un punto a otro. Unidades: W/m^2

2.4.8.1. Constante Solar

Corresponde a la irradiancia sobre un plano ubicado en el tope de la atmósfera sobre el cual los rayos solares inciden normalmente. La constante solar es calculada cuando la distancia Tierra-Sol es, $d_{T-S} = 1 \text{ AU} = 149,6 \times 10^6 \text{ km}$). El valor de la constante solar viene dada por:

$$I = 1353 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

2.4.9. Irradiación (I)

El valor de la energía que llega durante un período de tiempo por cada unidad de área.

Unidades: MJ/m² ó kWh/m².

Dónde:

- 1 kWh/m² = 3,6 MJ/m²
- 1 MJ/m² = 0,278 kWh/m² (horas pico).

En la Tabla 2:1, podemos observar los valores de irradiación solar promedio en la ciudad de Huancayo, medidos en la Estación Climatológica del Huayao.

TABLA 2: 1 Irradiación solar diaria media (Huancayo)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
(kWh/m ²)	5	4,9	4,7	4,7	4,6	4,4	4,5	4,8	4,9	5,3	5,4	5,2	4,9

Fuente: Estación Climatológica del Huayao.

Viendo el Sol como un cuerpo negro de acuerdo a la Ley de Stefan Boltzmann, se tiene que éste irradia un flujo energético por unidad de tiempo y de área (potencia por unidad de área) dado por:

$$E = \sigma T^4 = 63,3 MW/m^2$$

Dónde:

E: Flujo energético por unidad de tiempo y de área.

σ : Constante de Stefan Boltzmann; $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/m^2 * k^4$.

T: Temperatura del Sol (cuerpo negro) en K.

2.4.10. Insolación (H)

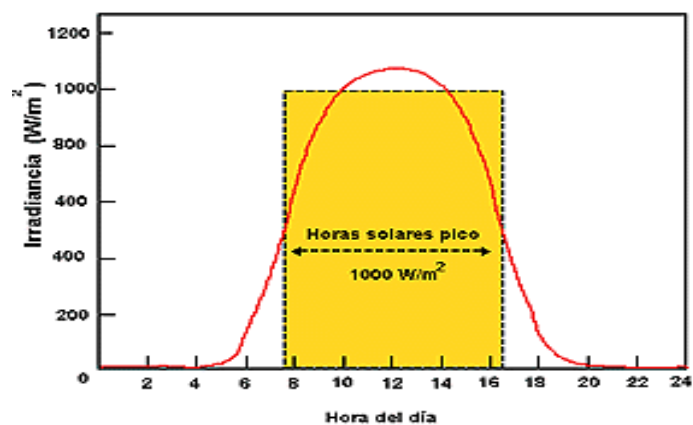
La insolación es la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diaria) o en un año (insolación anual). Básicamente eso significa la cantidad de luz solar que brilla sobre nosotros.

Unidades: $\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{m}^2\cdot\text{día})$. También se expresa en términos de horas solares pico.

La insolación es un parámetro clave en el diseño de sistemas solares. Los factores principales que afectan la insolación sobre una superficie captadora son las condiciones climáticas y el ángulo de la superficie captadora con respecto a la posición del sol.

Para el caso en estudio se observa que la energía útil que produce el arreglo fotovoltaico es directamente proporcional a la insolación que recibe. La Figura 2:7, muestra las horas solares pico durante un día soleado.

FIGURA 2: 7 Irradiancia y horas solares pico (insolación)



Fuente: Instituto de Investigaciones de Chihuahua

2.4.11. Instrumentos para medir la radiación solar

- a) Solarímetro: También llamado Piranómetro. Este instrumento mide la radiación solar total. (Figura 2: 8)

FIGURA 2: 8 Piranómetro



Fuente: www.ufpel.tche.br.

- b) Heliógrafo. Este instrumental mide la insolación, que son las horas de sol brillante que tiene el día.
- c) Actinómetro. También llamado Pirheliómetro. Es el instrumento capaz de medir la radiación directa.
- d) El **medidor fotovoltaico** no es nada más que una pequeña célula fotovoltaica que genera electricidad. La cantidad de electricidad es medida para conocer la radiación instantánea. Estos medidores son mucho más económicos que los piranómetros pero menos exactos.

FIGURA 2: 9 El medidor fotovoltaico

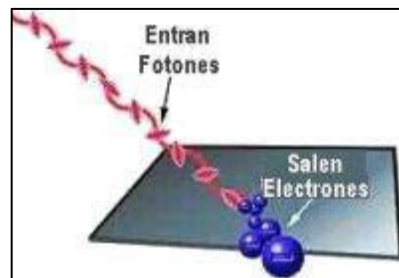


Fuente: www.arquimedes.tv

2.4.12. Efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un metal cuando se hace incidir sobre él una radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general). El fotón cede toda su energía al electrón desprendiéndolo o arrancándolo de su órbita.

FIGURA 2: 10 Efecto fotoeléctrico.



Fuente: Cimientos de la Mecánica Cuántica

$$E_c = E - W \quad (2.3)$$

Dónde:

W : Energía mínima necesaria para que un electrón escape del metal.

E : Energía que absorbe el electrón.

E_c : Energía cinética del electrón emitido.

Suponiendo que cada electrón absorbe un cuanto de radiación o fotón, tenemos:

$$E = hf \quad (2.4)$$

Dónde:

h : Constante de Planck.

f : Frecuencia de la radiación electromagnética.

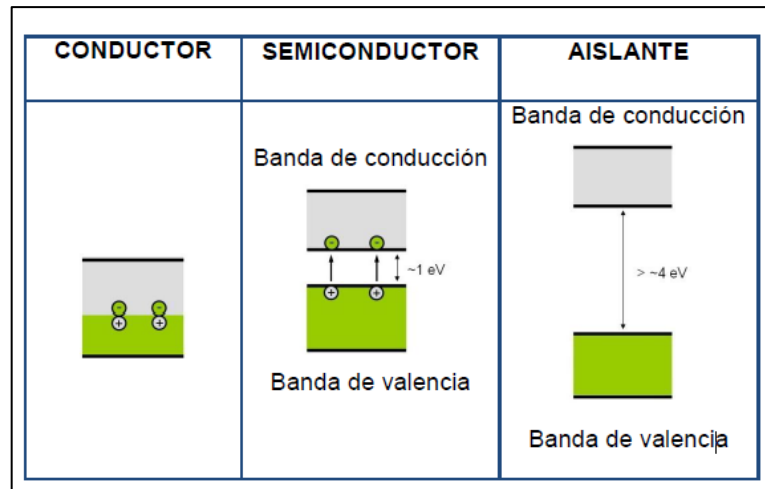
E : Energía de un fotón. Si $E < W$, no hay emisión fotoeléctrica

2.4.13. Banda Prohibida o Bandgap

Los semiconductores están compuestos por una banda prohibida que es la banda comprendida entre una banda permitida o de valencia y una de conducción.

Para que un material sea buen conductor del corriente eléctrico debe haber poca o ninguna separación entre la BC y la BV (que pueden a llegar a solaparse), de manera que los electrones puedan saltar entre las bandas. Cuando la separación entre electrones sea mayor, el material se comportará como un aislante, tal como se muestra en la Figura 2:11. En ocasiones, la separación entre bandas permite el salto entre las mismas de solo algunos electrones. En estos casos, el material se comportará como un semiconductor.

FIGURA 2: 11 Diagrama de bandas



Fuente: Elaboración propia

2.4.14. Semiconductores tipo P y tipo N

Los semiconductores como el silicio (componente esencial de una celda fotovoltaica) actúan como aislante cuando están muy fríos, pero conducen la corriente cuando se calientan. Esta característica se debe a que cada átomo de silicio tiene cuatro electrones de la capa exterior, que participan con otros electrones de los átomos vecinos en la formación de los enlaces que mantienen unidos al cristal. Sin embargo, es posible volverlos conductores agregándoles pequeñas cantidades de átomos de impurezas, entonces se convierten en semiconductores tipo P o N según sea la sustancia que se añade. Cuando al dopar introducimos átomos con tres electrones de valencia en un elemento de átomos con cuatro estamos formando un semiconductor tipo P. Sin embargo, si los átomos añadidos tienen cinco electrones en su última capa el semiconductor se denomina de tipo N. A este proceso de sustitución de átomos se le conoce como dopado.

- **Dopaje:** Se denomina **dopaje** al proceso intencional de agregar impurezas en un semiconductor extremadamente puro (también referido como intrínseco) con el fin de cambiar sus propiedades eléctricas. Las impurezas utilizadas dependen del tipo de semiconductores a dopar. A los semiconductores con dopajes ligeros y moderados se los conoce como extrínsecos. Un semiconductor altamente dopado, que actúa más como un conductor que como un semiconductor, es llamado degenerado.

2.4.14.1. Semiconductores Intrínsecos y Extrínsecos

Los semiconductores extrínsecos son aquellos a los que se les ha dopado de alguna forma, produciendo así un semiconductor tipo P o del tipo N. y los intrínsecos son los que no han sufrido ninguna clase de dopaje.

2.4.15. Efecto fotovoltaico

Es la producción de una corriente eléctrica en un material semiconductor como consecuencia de la absorción de radiación luminosa. El mecanismo de acción de este fenómeno está basado en la transformación directa de la luz solar en energía eléctrica, en las llamadas células solares o fotovoltaicas, constituidas por un material semiconductor, como, por ejemplo, silicio, pues al incidir luz (fotones) sobre estas células se origina una corriente eléctrica (efecto fotovoltaico).

Mediante este proceso, la energía del Sol se recoge en paneles solares y se convierte en electricidad. La luz incide sobre unos materiales semiconductores, denominados

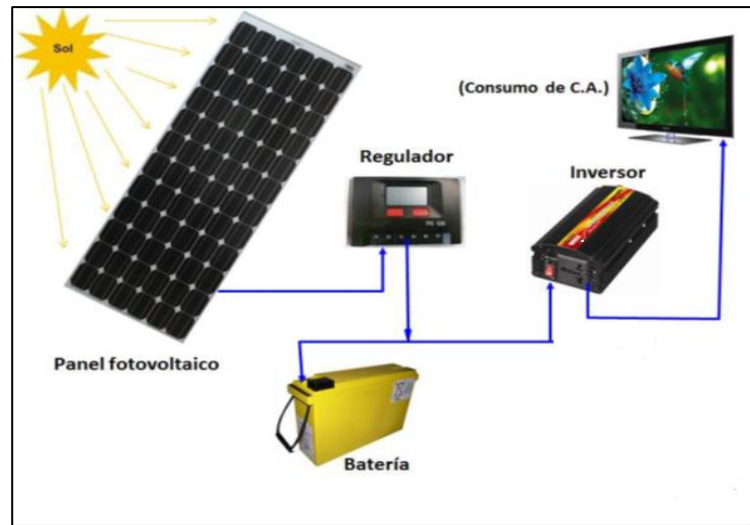
células fotovoltaicas, que están recubiertos de una capa antirreflejo y elaborados a base de silicio puro e impurezas de otros elementos químicos (boro y fósforo). La conversión de la energía solar en energía eléctrica está basada casi por completo en el denominado "efecto fotovoltaico".

2.4.16. Funcionamiento FV

Cada célula fotovoltaica (dispositivo semiconductor) es capaz de generar una corriente de 2 a 4 A, a un voltaje de 0,46 a 0,58 Volt, utilizando como fuente la radiación luminosa. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota); y la otra parte, debido a la transmisión, atraviesa la célula. Esta energía es recogida y conducida hasta un controlador o regulador de carga, el cual tiene la función de enviar toda o parte de esta energía hacia el banco de baterías que es el lugar donde es almacenada, y donde se tiene el cuidado de no excederse en los límites de sobrecarga; en algunos diseños, parte de esta energía es enviada directamente a las cargas. La energía almacenada es utilizada para abastecer las cargas durante la noche o en días de baja insolación, o cuando el arreglo fotovoltaico es incapaz de satisfacerla demanda por sí solo. Si las cargas a alimentar son de corriente directa o continua, esto puede hacerse directamente desde el arreglo fotovoltaico o desde la batería; en cambio, si las cargas son de corriente alterna, la energía proveniente del arreglo y de las baterías, limitada por el regulador, es enviada a un inversor de corriente, el cual la convierte a corriente alterna.

Se puede esquematizar este funcionamiento, según la Figura 2:12.

FIGURA 2: 12 Instalación fotovoltaica



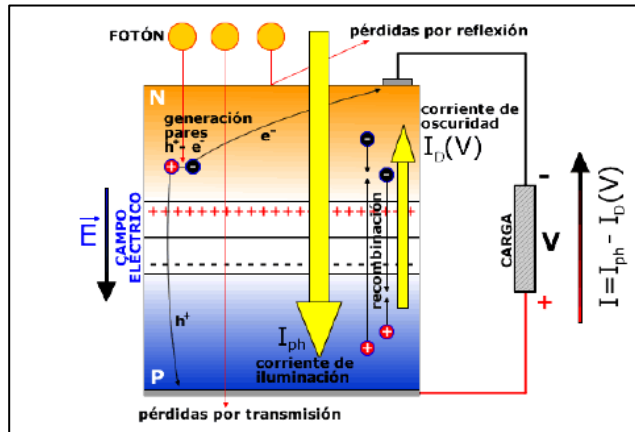
Fuente: Elaboración propia

2.4.17. Comportamiento de la célula fotovoltaica

Cada célula fotovoltaica está compuesta por dos láminas de silicio delgadas P y N, separadas por un semiconductor. Los fotones procedentes de la fuente luminosa inciden sobre la superficie de la capa N y, al interactuar con el material, liberan electrones de los átomos de silicio, los cuales, en movimiento, atraviesan la capa de semiconductor, pero no pueden volver. La capa N adquiere una diferencia de potencial respecto a la capa P. Si se conectan unos conductores eléctricos a ambas capas y estos, a su vez, se unen a un dispositivo o elemento eléctrico consumidor de energía, se iniciará una corriente eléctrica continua, los electrones se mueven siempre en el mismo sentido y de los potenciales más bajos a los más altos. Este conjunto de células está envuelto por unos elementos que le confieren protección frente a los agentes externos y rigidez para

acoplarse a las estructuras que los soportan. En la figura 2:13, se muestra el efecto fotovoltaico en una célula.

FIGURA 2: 13 Efecto fotovoltaico en una célula solar



Fuente:

<http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/index.htm>.

El conjunto de células solares conectadas eléctricamente entre sí, en serie y paralelo, constituye un panel fotovoltaico




2.4.18. Composición y eficiencia de los Paneles Fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos están compuestos por células fotovoltaicas de silicio Monocristalino, policristalino o amorfas. La diferencia entre ellas radica en el procedimiento de fabricación. Las células de silicio Monocristalino se obtienen a partir de silicio muy puro, que se refunde en un crisol junto con una pequeña proporción de boro. Una vez que el material se encuentra en estado líquido se le introduce una varilla con un cristal germen de silicio, que vuelve a crecer con nuevos átomos procedentes del líquido, y quedan ordenados siguiendo la estructura del cristal. De esta forma se obtiene un monocristal dopado, que luego se corta en obleas de aproximadamente 3 décimas de milímetro de grosor. Estas obleas se introducen después en hornos

especiales, dentro de los cuales se difunden átomos de fósforo que se depositan sobre una cara y alcanzan una cierta profundidad en su superficie. Posteriormente, y antes de realizar la serigrafía para las interconexiones superficiales, se recubren con un tratamiento antirreflexivo de bióxido de titanio o zirconio. En las células ***policristalinas***, en lugar de partir de un monocristal, se deja solidificar lentamente sobre un molde la pasta de silicio, con lo cual se obtiene un sólido formado por muchos pequeños cristales de silicio, que pueden cortarse luego en finas obleas policristalinas. Las células ***amorfas***, como su nombre lo indica, no poseen una estructura cristalina. Precisamente esa simplificación en la estructura conduce a un abaratamiento drástico de las mismas. La eficiencia de un panel es mayor cuanto mayor son los cristales; pero, también, su peso, grosor y costo. La producción de electricidad varía linealmente a la luz que incide sobre el panel; un día enteramente nublado equivale aproximadamente a un 10 % de la intensidad total del sol, y el rendimiento del panel disminuye en proporción a este valor. El rendimiento de un panel fotovoltaico depende de la intensidad de la radiación luminosa y de la temperatura de las células solares.

La siguiente tabla 2:2, muestra la comparación entre los tres distintos tipos de paneles fotovoltaicos.

TABLA 2: 2 Eficiencia de cada panel FV según los tipos de células.

TIPO DE CELULA		RENDIMIENTO LABORATORIO	RENDIMIENTO DIRECTO	CARACTERISTICAS	FABRICACION
	MONOCRISTALINO	24 %	15-18%	Es típico los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí. (Czochralsky)	Se obtiene de silicio puro fundido y se dopa con boro y fósforo.
	POLICRISTALINO	19-20%	12-14%	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos de azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	AMORFO	16%	<10%	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible en células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de láminas delgadas y sobre sustrato como vidrio o plástico.

Fuente: Elaboración propia.

2.4.19. Dimensionamiento de los sistemas FV

Para establecer las dimensiones de los sistemas FV, es necesario conocer la insolación diaria promedio, preferiblemente para cada mes del año. Una hora solar pico es la energía recibida durante una hora, a una irradiancia promedio de 1 kW/m². Es decir, **1kW h/m² es igual a 1 HSP**. No se debe confundir las HSP con las “horas luz”, que corresponden a la duración del día. Las HSP son relevantes para el diseño de sistemas FV. La insolación diaria promedio varía entre 3 y 7 HSP dependiendo del lugar. La potencia pico de un panel es la potencia de salida, que produce un panel fotovoltaico en condiciones de máxima iluminación

solar, con una radiación de aproximadamente 1000 W/m², que se produce en un día soleado al mediodía solar.

2.4.20. Orientación de los paneles FV

La intensidad de corriente que genera un panel aumenta con la radiación, y la tensión permanece aproximadamente constante. En este sentido, tiene mucha importancia la colocación de los paneles, su orientación e inclinación respecto a la horizontal, porque los valores de la radiación varían a lo largo del día en función de la inclinación del sol respecto al horizonte.

La luz del sol que cae sobre la superficie de captación sin dispersarse ni ser absorbida es, por supuesto, radiación directa. Debido a los baños de sol y al trabajo al aire libre, la radiación directa es la más intensa. Un panel solar genera electricidad, incluso, en ausencia de luz solar directa. Sin embargo, las condiciones óptimas de operación implican: la presencia de luz solar plena y un panel orientado lo mejor posible hacia el Sol, con el fin de aprovechar al máximo la luz solar directa. En el Hemisferio Norte, el panel deberá orientarse hacia el Sur y en el Hemisferio Sur, hacia el Norte.

2.4.21. Conexión de paneles fotovoltaicos

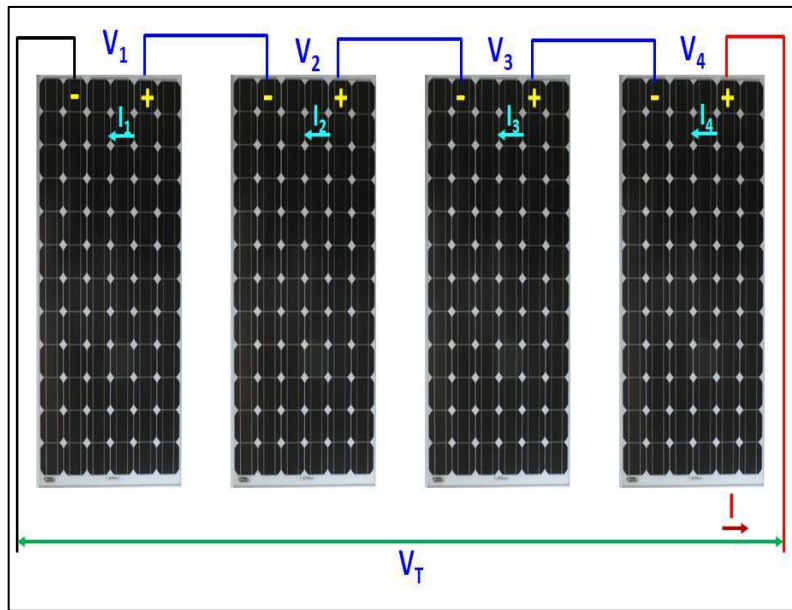
Un arreglo de paneles fotovoltaicos, es un conjunto de módulos conectados eléctricamente en serie o paralelo. Las características eléctricas del arreglo son análogas a la de módulos individuales, con la potencia, corriente y tensión modificados de acuerdo al número de módulos conectados en serie y en paralelo.

2.4.21.1. Conexión en serie

Una conexión en serie es una configuración en la que los bornes o terminales de los dispositivos los

cuales están unidos para un solo circuito se conectan secuencialmente. El terminal de salida del dispositivo uno se conecta al terminal de entrada del dispositivo dos, tal como se ve en la Figura 2:14.

FIGURA 2: 14 Conexión de paneles fotovoltaicos en serie



Fuente: Elaboración propia

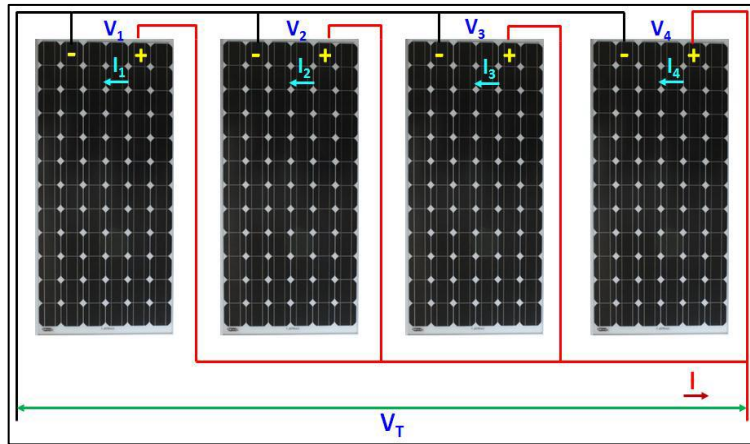
La tensión se incrementa: $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

La corriente permanece constante: $I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$

2.4.21.2. Conexión en paralelo

Una conexión en paralelo es una conexión donde los puertos de entrada de todos los dispositivos conectados coincidan entre sí, lo mismo que sus terminales de salida como se ve en la Figura 2:15.

FIGURA 2: 15 Conexión de paneles fotovoltaicos en paralelo



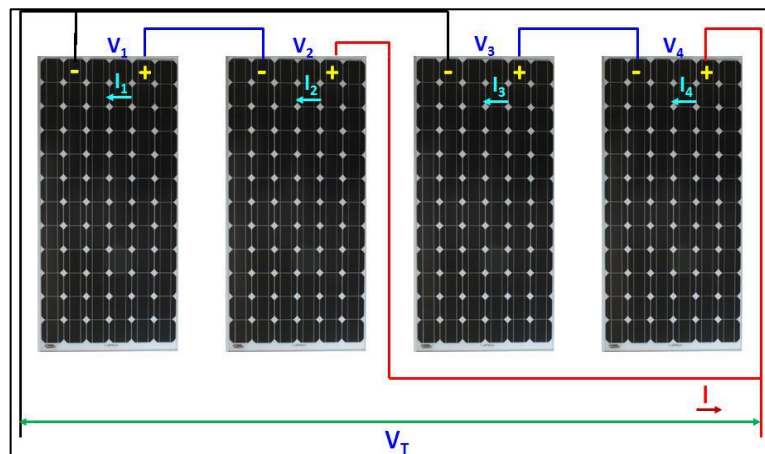
Fuente: Elaboración propia

La tensión permanece constante: $V_T = V_1 = V_2 = V_3 = V_4$

La corriente se incrementa: $I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$

2.4.21.3. Conexión mixta (serie – Paralelo)

FIGURA 2: 16 Conexión de paneles en serie y en paralelo



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2:16 se muestra la conexión de paneles en serie y en paralelo.

La tensión se incrementa: $V_{T1} = V_1 + V_2$

$V_{T2} = V_3 + V_4$

La tensión permanece constante: $V_T = V_{T1} = V_{T2}$

La corriente permanece constante: $I_{T1} = I_1 = I_2$

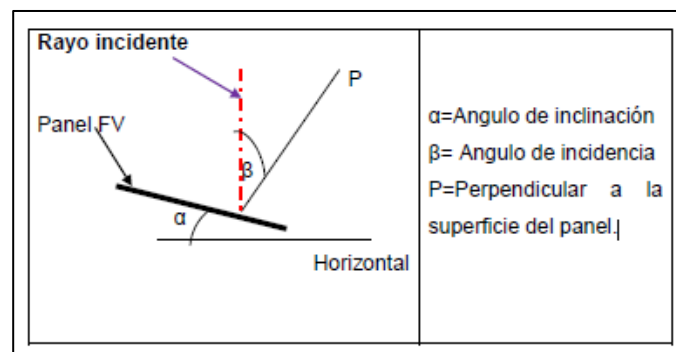
$I_{T2} = I_3 = I_4$

La corriente se incrementa: $I_T = I_{T1} + I_{T2}$

2.4.22. Ángulo de inclinación e incidencia

El ángulo de inclinación (α) es el formado entre la superficie colectora y la horizontal del lugar. Para un valor dado del ángulo de inclinación, dependiendo de la posición del sol sobre el horizonte, existirá un valor para el ángulo de incidencia (β) que forma la perpendicular a la superficie de colección con los rayos incidentes. Es preferible dar al ángulo de inclinación (α) un valor igual al de la latitud del lugar más 10 ó 15 grados. La Figura 2:17, ilustra el ángulo de inclinación y el ángulo de incidencia respecto al panel fotovoltaico.

FIGURA 2: 17 Ángulo de inclinación y de incidencia



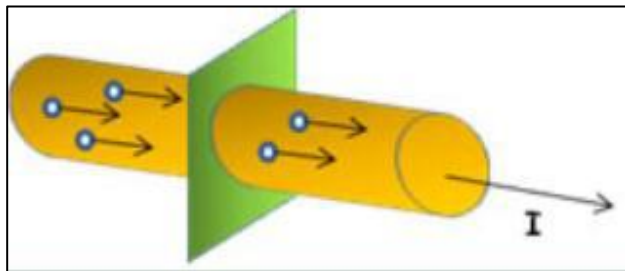
Fuente: Elaboración propia

Para determinar el ángulo de inclinación e incidencia del caso en estudio, se necesita conocer la latitud y las horas solares pico, que se describen en la siguiente tabla

2.4.23. Corriente eléctrica

Se define como el movimiento de carga dentro de un conductor debido a un campo eléctrico aplicado, Suponga que las cargas se mueven perpendiculares a una superficie de área A, como en la Figura 2:18. La corriente es la tasa a la cual fluye la carga por esta superficie. La corriente promedio, es igual a la carga que pasa por unidad de tiempo

FIGURA 2: 18 Corriente eléctrica



Fuente: Elaboración propia

$$I = \lim_{t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta q}{\Delta t} \right) = \frac{dq}{dt} \Rightarrow I = \frac{q}{t} \quad (2.5)$$

Unidad: Ampere: 1 A= 1 C/s

I: Intensidad de corriente: ampere (A)

q: Carga eléctrica: Coulomb (C)

t: Tiempo: Segundos (s)

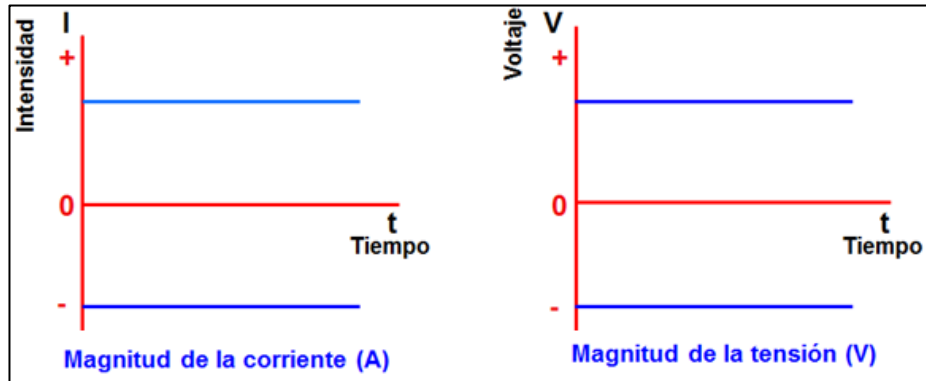
2.4.24. Tipos de corrientes

a) Corriente continua (C.C.) o Corriente directa (D.C.)

Es una corriente constante; esta corriente se mueve en un circuito o conductor en una sola dirección. La razón de que la corriente sea unidireccional es que las fuentes de tensión tales como las celdas y las baterías mantienen la misma

polaridad en su tensión de salida. En la Figura 2:19, se muestra el comportamiento de la intensidad y tensión respecto al tiempo

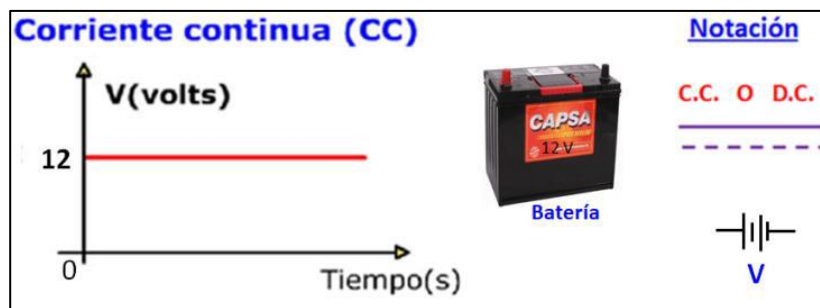
FIGURA 2: 19 Intensidad de corriente y tensión con respecto al tiempo



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2:20, se ve el comportamiento de la tensión en corriente continua respecto al tiempo. Las pilas y baterías producen una tensión y corriente continua, que siempre recorre el circuito en el mismo sentido.

FIGURA 2: 20 Tensión continua respecto al tiempo



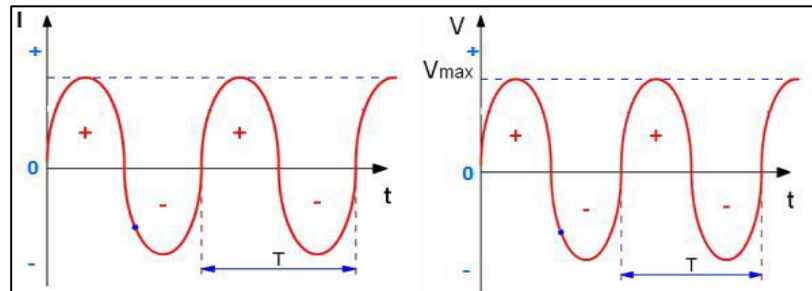
Fuente: Elaboración propia

b) Corriente alterna (C.A.) o corriente senoidal

Corriente que varía senoidalmente con el tiempo. Una fuente de tensión de corriente alterna (C.A.) invierte o alterna periódicamente su polaridad (como se ilustra en la Figura

2:21. La tensión y la dirección de la corriente tienen un gran número de inversiones en cada segundo.

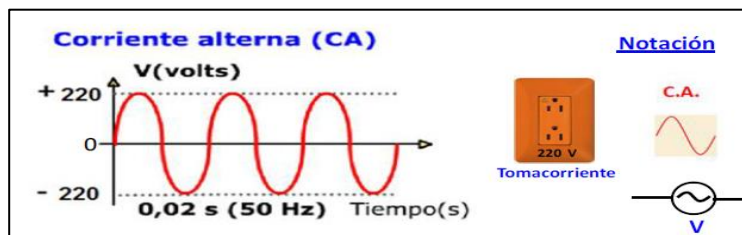
FIGURA 2: 21 Formas de ondas de corriente y voltaje de una C.A.



Fuente: Elaboración propia

Los generadores eléctricos alternos, producen una diferencia de potencial que se invierte alternadamente, generando una corriente alterna, tal como se puede observar en la Figura 2:22.

FIGURA 2: 22 Ondas de corriente y tensión de una C.A.

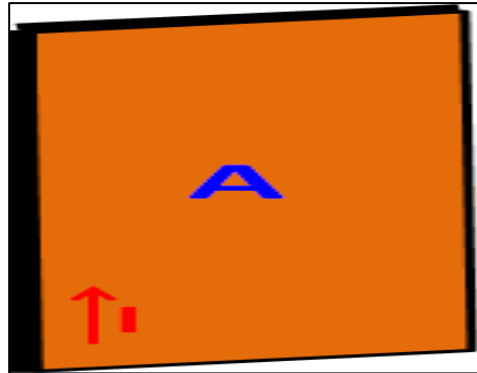


Fuente: Elaboración propia

2.4.25. Intensidad de corriente

La densidad de corriente, está definido por el cociente de la intensidad de corriente (I) con la superficie transversal (A) como se ve en la Figura 2:23.

FIGURA 2: 23 Densidad de corriente.



Fuente: Elaboración propia

$$J = \frac{I}{A} \quad (2.6)$$

Unidades: A/m²

Dónde:

J: Densidad superficial de corriente

I: Intensidad de corriente (A)

A: Superficie transversal (m²)

2.4.26. Potencia eléctrica

La potencia eléctrica (*P*) es la tasa a la que se gasta la energía eléctrica, por unidad de tiempo.

$$P = \frac{v}{t} = \frac{qv}{t} = \frac{nv}{t} \rightarrow P = VI \quad (2.7)$$

Unidad: Watt (W)

Donde

V= Tensión o voltaje: Voltio (V)

I= Intensidad de corriente: Amperio (A)

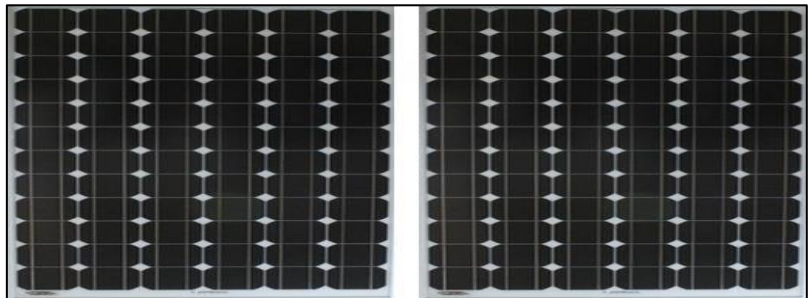
2.4.27. Elementos de un sistema fv

Un sistema fotovoltaico consta principalmente de los siguientes elementos:

2.4.27.1. Generador solar

Compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la radiación luminosa procedente del Sol y la transforman en corriente continua a baja tensión. La Figura 2:24, representa dos generadores solares, compuesto por 72 celdas de silicio Monocristalino, dopados con boro y fosforo.

FIGURA 2: 24 Módulos fotovoltaicos de 72 celdas



Fuente: Elaboración propia

2.4.27.2. Acumulador

Los acumuladores o baterías tienen una doble función, deben proveer de potencia a la carga cuando no haya luz solar disponible, y amortiguar las variaciones de energía; la función de los paneles solares es recargar diariamente estas baterías o acumuladores. El tipo de acumuladores utilizados en los arreglos fotovoltaicos son los llamados de ciclo profundo, pueden ser como los tradicionales de plomo ácido o las baterías selladas libres de mantenimiento. Los acumuladores de ciclo profundo para los sistemas fotovoltaicos están diseñados para ser descargados lentamente

durante muchas horas, sin ser recargados completamente por varios días o semanas, sin que por ello sufran daños o se reduzca su vida útil.

FIGURA 2: 25 Acumuladores solares POWERSAFE



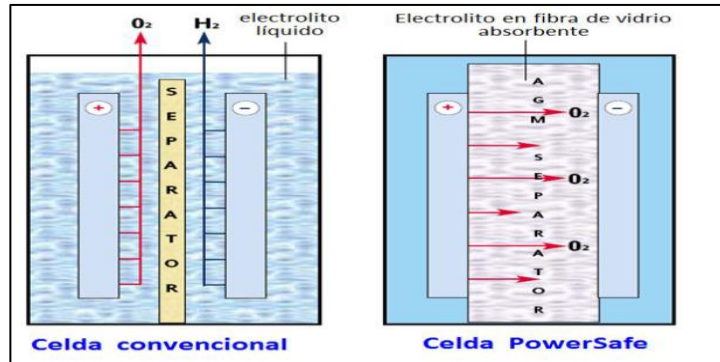
Fuente: Elaboración propia

La Figura 2:25 muestra una batería de gel con un electrolito en fibra de vidrio absorbente, que reduce el efecto de contaminación ambiental, y es libre de mantenimiento, teniendo una vida útil de 15 a 20 años; que a comparación con baterías tradicionales de plomo, éstas no emiten gases contaminantes.

2.4.27.2.1. Principio del ciclo de reducción de oxígeno

La siguiente figura muestra la comparación entre un acumulador convencional y un acumulador de gel, con una descripción del principio de reducción de oxígeno.

FIGURA 2: 26 Principio del ciclo de reducción de oxígeno



Fuente: Manual de Baterías PowerSafe

En una celda convencional, el oxígeno y el hidrógeno escapan a la atmósfera. En la celda de PowerSafe, el oxígeno se transfiere de la placa positiva a la negativa y recombina para formar agua.

2.4.27.2.2. La recombinación eficiente

La eficacia de recombinación se determina bajo condiciones específicas, midiendo el volumen de hidrógeno emitido por la batería y convertir esta en su equivalente ampere- hora. Este valor equivalente se resta entonces el total de ampere- horas tomadas por la batería durante el período de prueba, y el resto es la eficiencia de la batería de recombinación y se expresa generalmente como un porcentaje.

Como la recombinación no es 100%, algo de gas hidrógeno se emite a partir de células PowerSafe. El volumen de gas emitido son valores medios muy pequeños y típicos en el flotador potencial

constante a 20 ° C y son los mostrados en la siguiente tabla 2:3.

TABLA 2: 3 Volumen de gas emitido por baterías PowerSafe

EMISIÓN DE HIDRÓGENO DE LA BATERÍA POWERSAFE	
Voltaje emitido (V)	Volumen de gas emitido
2,28	3,7
2,40	24,0

Fuente: Manual de Baterías PowerSafe

2.4.27.2.3. Tensión emitida

A temperatura ambiente normal (20 °C), la tensión de flotación recomendada es igual a 2,28 V por celda. Para optimizar el rendimiento de la batería se recomienda que la tensión de flotación se ajuste para temperaturas ambiente de acuerdo con la siguiente tabla 2:4.

TABLA 2: 4 Relación de temperatura con la tensión generada

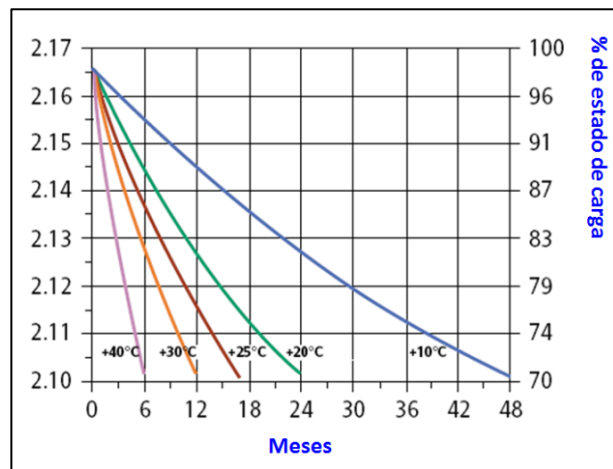
Temperatura (°C)	Emisión de voltaje por celda (V)
0	2,33 – 2,36
10	2,30 – 2,33
20	2,27 – 2,30
25	2,25 – 2,28
30	2,24 – 2,27
35	2,22 – 2,25
40	2,21 – 2,24

Fuente: Manual de Baterías PowerSafe

Bajo estas condiciones una recarga se completa en aproximadamente 72 horas. Las altas temperaturas aumentan la tasa de auto-descarga y reduce la vida de almacenamiento.

La Figura 2:27, muestra la relación entre la tensión de circuito abierto por celda y el tiempo de almacenamiento a cinco temperaturas.

FIGURA 2: 27 Principio del ciclo de reducción de oxígeno



Fuente: Manual de Baterías PowerSafe

Los tiempos de almacenamiento máximo antes de una carga de reactivación son necesarios, se recomienda tensión de circuito abierto (OCV) y los intervalos de auditoría son los que se muestran en la siguiente tabla 2:5.

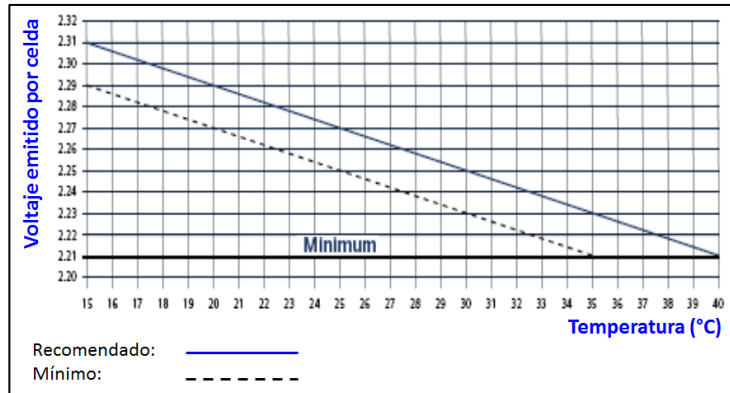
TABLA 2: 5 Tiempos de almacenamiento

Temperatura (°C)	Almacenamiento	Voltaje de circuito abierto (meses)
10	48	6
15	34	6
20	24	4
25	17	4
30	12	3
35	8.5	2
40	6	2

Fuente: Manual de Baterías PowerSafe

La duración de la batería y características de carga se ven afectados por la temperatura. La duración de la batería óptima se logrará cuando la batería está funcionando entre 20 ° C a 25 ° C. La duración de la batería se reduce en un 50 % por cada 10 ° C de aumento de la temperatura. El Flotador de compensación de tensión reduce la corriente de carga cuando aumenta la temperatura de la batería, y parcialmente niega el efecto adverso de alta temperatura. La tensión recomendada de compensación de temperatura es como se muestra en la Figura 2:28, donde se determina el comportamiento de la tensión emitida por celda versus la temperatura:

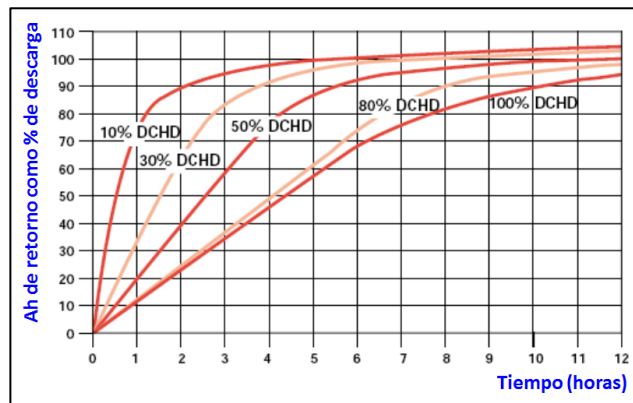
FIGURA 2: 28 Corrección de voltaje con la temperatura



Fuente: Manual de Baterías PowerSafe

El tiempo de recarga es una función de la corriente de carga (ver Figura 2:29). Para recargar en un tiempo aceptable, se recomienda que la corriente de salida del cargador deba ser igual a la carga permanente más 0,1 C₈ a 0,4 C₈.

FIGURA 2: 29 Tiempo de recarga vs. Función de la corriente de carga



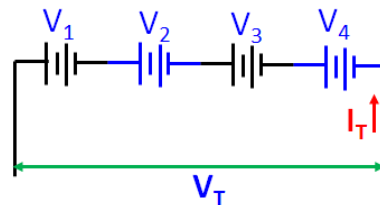
Fuente: Manual de Baterías PowerSafe

2.4.27.2.4. Conexiones de las baterías

Disponemos de tres formas de conectar un grupo de baterías entre sí. Dependiendo como se instala, podemos incrementar la tensión total, la capacidad o ambos.

a) Conexión en serie.

Para elevar la tensión, las fuentes se conectan en serie, como se expresa esquemáticamente.

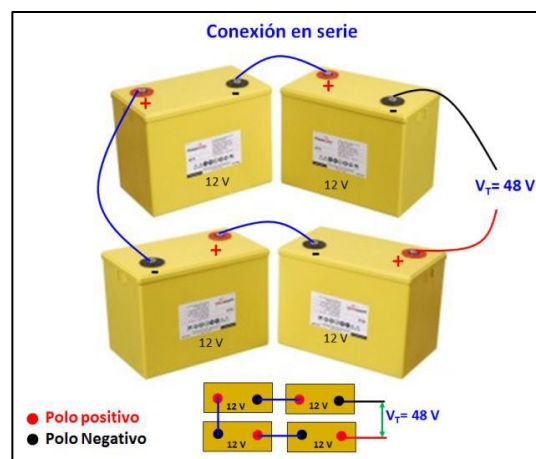


La tensión se incrementa: $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$

La corriente se mantiene constante: $I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_4$.

En la Figura 2:30, se observa cómo se realiza una instalación de baterías en serie.

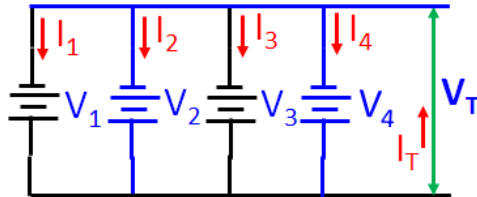
FIGURA 2: 30 Instalación de baterías en serie



Fuente: Elaboración propia

b) Conexión en paralelo.

Para elevar la corriente, las fuentes se conectan en paralelo, tal como se muestra en el siguiente esquema:

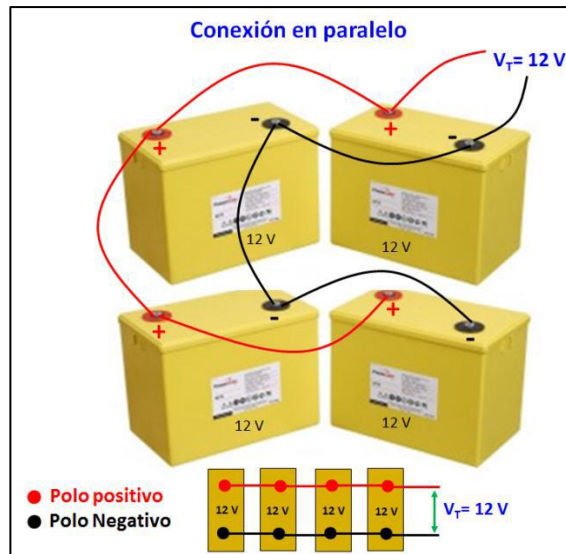


La tensión se mantiene constante: $V_T = V_1 = V_2 = V_3 = V_4$

La corriente se incrementa $I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$.

La forma de instalar las baterías en paralelo se muestra en la Figura 2:31.

FIGURA 2: 31 Instalación de baterías en paralelo

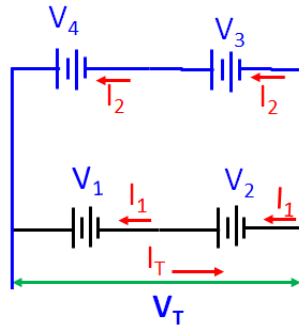


Fuente: Elaboración propia

c) Conexión mixto (serie - paralelo.)

Este tipo de instalación es una combinación de las dos conexiones anteriormente mencionadas, y se

realiza tal como se muestra en el siguiente esquema.



La tensión se incrementa y luego se mantiene constante:

$$V_{T1} = V_1 + V_2$$

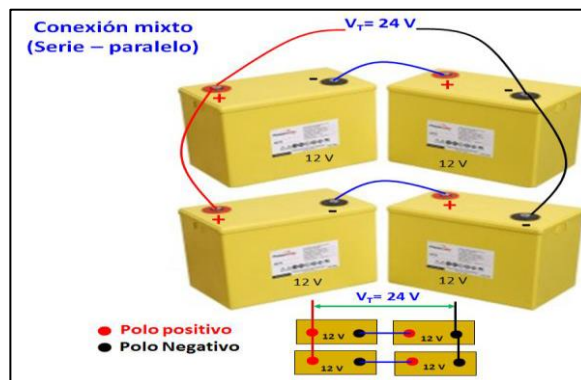
$$V_{T2} = V_3 + V_4$$

Luego: $V_T = V_{T1} = V_{T2}$

La corriente se mantiene constante y luego se incrementa $I_T = I_1 + I_2$

La forma de instalar las baterías mediante una conexión mixta se muestra en la Figura 2.32.

FIGURA 2: 32 Instalación de baterías en serie-paralelo



Fuente: Elaboración propia

2.4.28. Regulador de carga

Su misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le produciría daños irreversibles, y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia. Una sobrecarga además de reducir la vida útil de la batería, genera el riesgo de explosión o incendio de la batería. Para proteger a las baterías, el regulador cierra en forma automática el flujo de corriente eléctrica desde y hacia las baterías, o bien emitiendo una señal visible o sonora.

El conjunto de paneles puede ser desconectado por completo o en forma parcial de las baterías sin perjudicar al sistema. Conforme las baterías van alcanzando su nivel de carga máxima, el regulador desconecta gradualmente el flujo de corriente desde los paneles hacia las baterías.

El subsistema de regulación está constituido por un regulador, que instalado entre los paneles solares y la batería, tiene como misión fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del panel solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. En la Figura 2:33, se puede observar el tipo de regulador instalado en el sistema de estudio.

FIGURA 2: 33 Reguladores de carga

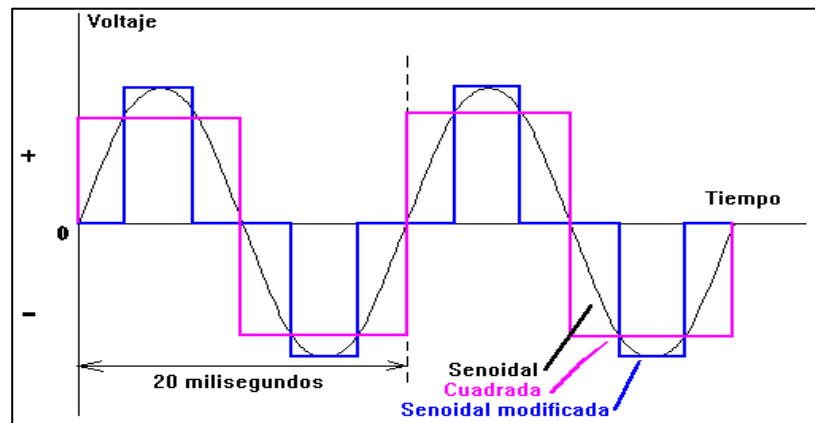


Fuente: Elaboración propia

2.4.29. Inversor

Los inversores transforman la corriente continua en corriente alterna. En la Figura 2:34, se muestran las tres formas de onda que puede entregar un inversor.

FIGURA 2: 34 Diferentes formas de onda en corriente alterna



Fuente: Sistemas fotovoltaicos

La conversión de corriente continua en alterna puede realizarse de diversas formas. La mejor manera depende de cuánto ha de parecerse a la onda sinusoidal ideal para realizar un funcionamiento adecuado de la carga de corriente alterna:

2.4.29.1. Inversores de onda cuadrada

La mayoría de los inversores funcionan haciendo pasar la corriente continua a través de un transformador, primero en una dirección y luego en otra. El dispositivo de conmutación que cambia la dirección de la corriente debe actuar con rapidez. A medida que la corriente pasa a través de la cara primaria del transformador, la polaridad cambia. Como consecuencia, la corriente que sale de la

cara secundaria del transformador va alternándose en una frecuencia de ciclos completos por segundo. La dirección del flujo de corriente mediante la cara primaria del transformador se cambia muy bruscamente, de manera que la forma de onda de la cara secundaria es “cuadrada”, el dispositivo de conmutación está representado en la Figura 2:34, mediante color magenta, mientras que la Figura 2:35, muestra un inversor de corriente de 2500 W de onda cuadrada.

FIGURA 2: 35 Power Inverter



Fuente: Elaboración propia

2.4.29.2. Inversores de onda senoidal modificada

Son más sofisticados y caros. El ancho de la onda es modificada para acercarla lo más posible a una onda senoidal. La salida no es todavía una auténtica onda senoidal, pero está bastante próxima. El contenido de armónicos es menor que en la onda cuadrada. En la Figura 35 se representa en color azul. Son los que mejor relación calidad/precio ofrecen para la conexión de iluminación, televisión o variadores de frecuencia.

Se puede observar este dispositivo en la Figura 2:36.

FIGURA 2: 36 Inversor de onda modificada



Fuente: Elaboración propia

2.4.29.3. Inversores de onda senoidal

Con una electrónica más elaborada se puede conseguir una onda senoidal pura. Hasta hace poco tiempo estos inversores eran grandes y caros, además de ser poco eficientes (a veces sólo un 40% de eficiencia). Últimamente se han desarrollado nuevos inversores senoidales con una eficiencia del 90% o más, dependiendo de la potencia. La incorporación de microprocesadores de última generación permite aumentar las prestaciones de los inversores con servicios de valor añadido como telecontrol, contaje de energía consumida, selección de batería. Sin embargo su coste es mayor que el de los inversores menos sofisticados. Puesto que sólo los motores de inducción y los más sofisticados aparatos o cargas requieren una forma de onda senoidal pura, normalmente es preferible utilizar inversores menos caros y más eficientes, tal como se muestra en la Figura 2:37. Dentro de poco

tiempo el coste de los inversores senoidales se acercará al de los otros, popularizándose su instalación.

FIGURA 2: 37 Inversor de corriente de onda senoidal (4000W)



Fuente: Elaboración propia

2.4.30. Instrumentos de medición para el sistema fotovoltaico

2.4.30.1. Multitester

Llamado también multímetro; es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas (como corrientes y tensiones) o pasivas (como resistencias, capacidades y otras). Las medidas pueden realizarse para corriente continua o corriente alterna y en varios márgenes de medida; según los modelos de fabricación. Los hay analógicos y digitales cuya función es la misma (con alguna variante añadida).

FIGURA 2: 38 Multitester digital para medir tensión y corriente

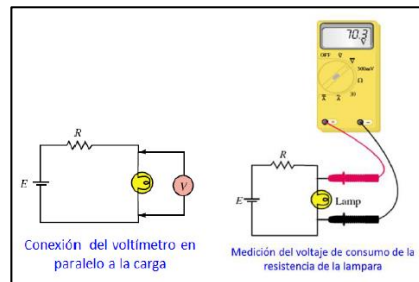


Fuente: Elaboración propia

2.4.30.2. Conexión de un voltímetro

Para medir la tensión en un circuito eléctrico; el voltímetro se conecta en forma paralela a la carga a medir, tal como se muestra en la Figura 2:39.

FIGURA 2: 39 Medición del voltaje de consumo de una carga

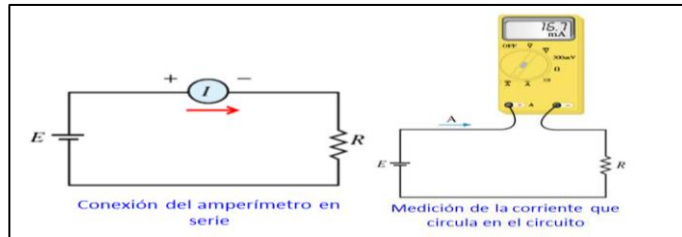


Fuente: Elaboración propia

2.4.30.3. Conexión de un amperímetro

Para medir la corriente en un circuito eléctrico; el amperímetro se conecta en serie, tal como se representa en la Figura 2:40.

FIGURA 2: 40 Medición de la corriente que circula en el circuito



Fuente: Elaboración propia

2.4.31. Transmisión de energía

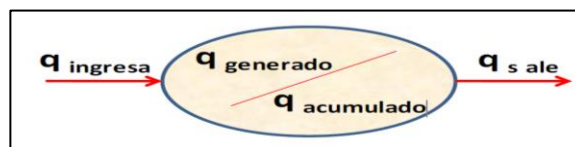
La transferencia de calor es aquella ciencia que busca predecir la transferencia de energía que pueda ocurrir entre cuerpos; como resultado de una diferencia de energía. La termodinámica enseña que esta transferencia de energía se define como calor.

2.4.31.1. Calor

Energía en tránsito, que no puede ser medido ni observado directamente; pero sus efectos si son susceptibles a ser medidos y observados. En la Figura 2:41, se observa el análisis de transferencia de calor respecto a un volumen de control.

1^{ra} Ley de la Termodinámica: (Principio de la conservación de la energía)

FIGURA 2: 41 Conservación de la energía para un volumen de control



Fuente: Elaboración propia

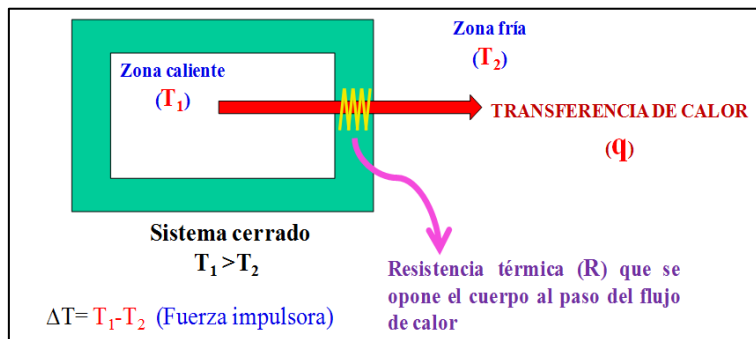
Realizando un Balance de calor o energía en el volumen de control mostrado en la Figura 2:42, se tiene:

$$q_{ingresa} + q_{generado} = q_{sale} + q_{acumulado} \quad (2.8)$$

2^{da} Ley de la termodinámica:

“El calor fluye espontáneamente de la zona caliente a la zona fría”

FIGURA 2: 42 Transferencia de calor



Fuente: Elaboración propia

Del sistema mostrado, se puede definir la relación de transferencia de calor, como el cociente de una fuerza motriz (Fuerza impulsora) por una resistencia térmica; es decir:

$$\begin{aligned} \text{Transferencia de calor} \\ &= \frac{\text{fuerza impulsora}}{\text{resistencia termica}} \end{aligned} \quad (2.9)$$

Luego:

$$q = \frac{\Delta T}{R} \quad (2.10)$$

Dónde:

q = Flujo de calor (W, Btu/h; kcal/h.)

$\Delta T = T_1 - T_2 =$ Caída de temperatura

$R =$ Resistencia térmica; en función del mecanismo de transferencia de calor. ($^{\circ}\text{C} / \text{W}$)

2.4.31.2. Mecanismo de transmisión de calor

Se puede distinguir tres mecanismos de transmisión de calor.

1. Mecanismo de transmisión de calor por conducción.

2. Mecanismo de transmisión de calor por convección.

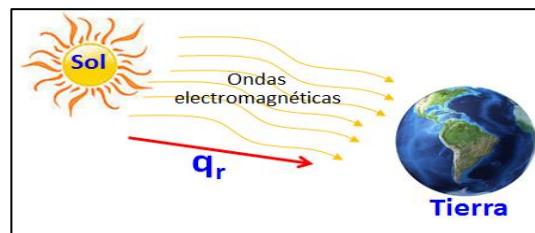
2.1 Convección Forzada.

2.2 Convección natural.

3. Mecanismo de transmisión de calor por radiación:

La radiación involucra la transferencia de energía radiante desde una fuente a un receptor. Cuando la radiación se emite desde una fuente a un receptor, parte de la energía se absorbe por el receptor y parte es reflejada por él, tal como se muestra en la Figura 2:43

FIGURA 2: 43 Energía que irradia el sol hacia la tierra.



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2:44 se presenta de manera esquemática los mecanismos de transferencia de calor.

FIGURA 2: 44 Mecanismos de transferencia de calor



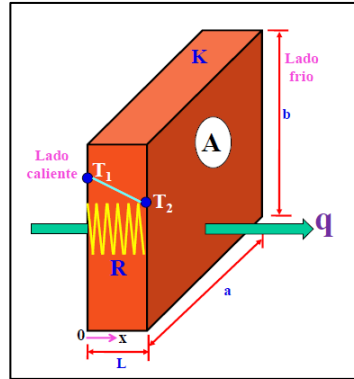
Fuente: Ente Vasco de la energía

2.4.32. Leyes básicas de transferencia de calor

2.4.32.1. Ley de Fourier (Para conducción)

Esta Ley predice como se conduce el calor a través de un medio partiendo de una región de alta temperatura a una región de baja temperatura.

FIGURA 2: 45 Transferencia de calor en una pared plana.



Fuente: Elaboración propia

La Figura 2:45, muestra una pared plana de espesor L, ancho a y altura b, con una área transversal A.

$$\int_{x_1}^{x_2} q_x \partial x = \int_{T_1}^{T_2} -kA \partial T \quad (2.11)$$

Haciendo que: $T_1 - T_2 = \Delta T$

$$x_1 - x_2 = L$$

Se obtiene la ecuación escalar para una placa plana:

$$q_x = kA \frac{\Delta T}{L} \quad (2.12)$$

Si: > 1 , entonces son buenos conductores (metales)

< 1 , entonces son malos conductores (materiales aislantes)

$$k_{gases} < k_{liquidos} < k_{solidos}$$

Dónde:

q : Flujo de calor

k : Conductividad térmica del material

x : Dirección

T_1 : Temperatura de la pared en el lado caliente

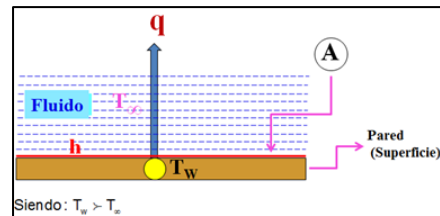
T_2 : Temperatura de la pared en el lado frío

2.4.32.2. Ley del enfriamiento de Newton (Para convección)

2.4.32.2.1. Para una placa plana

La transferencia de calor en una placa plana se realiza tal como se muestra en la Figura 2:46.

FIGURA 2: 46 Transferencia de calor en una placa plana.



Fuente: Elaboración propia

Ecuación:

$$q = hA(T_w - T_\infty) \quad (2.13)$$

Dónde:

q = Flujo de calor transferido por convección entre la superficie y el fluido (W)

h = Coeficiente de película por convección ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

A = Área de transferencia de calor (área de contacto entre la superficie y el fluido) m^2 .

T_w = Temperatura de la pared o superficie. ($^\circ C$)

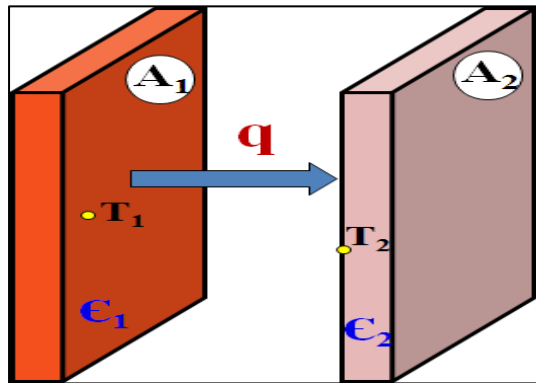
T_{∞} = Temperatura del fluido. (°C)

2.4.32.3. Ley de la cuarta potencia de Boltzmann (Para radiación)

2.4.32.3.1. Para dos cuerpos grises

En la Figura 2:47, se puede ver la transferencia de calor por radiación para dos cuerpos grises.

FIGURA 2: 47 Transferencia de calor en dos cuerpos grises



Fuente: Elaboración propia

$$q = \sigma A_1 (T_1^4 - T_2^4) \epsilon_1 \quad (2.14)$$

Dónde:

q : Flujo de calor radiante (W)

σ : Constante de Boltzmann, $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}^4$.

A : Área de superficie de radiación (m^2)

ϵ : Emisividad (es una propiedad física de los cuerpos, que varía de 0 hasta 1)

T_1, T_2 = Temperaturas absolutas (K)

\emptyset : Factor de emisividad:

$$\emptyset = \frac{1}{\left(\frac{1}{F_{1-2}} + \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1\right) + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right)\right)}$$

F_{1-2} : Factor de forma geométrica

Además:

i) Para cuerpos negros: $F_{1-2} = 1$

ii) Para planos infinitos paralelos: $F_{1-2} = 1$

2.4.32.3.2. Para un cuerpo gris y un cuerpo negro

$$q = \sigma A_1 \varepsilon_1 (T_1^4 - T_2^4) \quad (2.15)$$

2.4.33. Relaciones

2.4.33.1. Flujo de calor unitario

$$Q = \frac{q}{A} \quad (2.16)$$

Unidades: (W/m²)

2.4.33.2. Relación del flujo de calor con potencia:

$$q \approx P = \frac{E}{t} = VI \quad (2.17)$$

Además:

$$R = \frac{v}{I} = \rho \frac{L}{S} \quad (2.18)$$

Siendo:

P = Potencia (Watt o Vatio; 1 W = 1 J/s)

E = Energía eléctrica (J, Btu, Kcal)

t = Tiempo (s)

V = Voltaje (Voltio: V)

I = Intensidad de corriente (Amperio: A): $I = \frac{Q}{t}$ (C/s)

Q = Carga eléctrica en Coulomb (C)

R = Resistencia eléctrica del conductor (Ohmio: Ω)

ρ = Resistividad o resistencia específica ($\Omega\cdot m$)

L = Longitud del conductor (m)

s = Superficie transversal del conductor (m)

Calor de generación:

El calor de generación está dado por la relación:

$$q_g = q^0 V \quad (2.19)$$

$$q_g = q_{\text{electrico}} = \alpha_c G A_c n_c \quad (2.20)$$

Dónde:

q^0 : Calor de generación volumétrico (W/m^3)

V : Volumen (m^3)

α_c : Absorvancia del panel fotovoltaico.

A_c : Área del panel fotovoltaico (m^2)

G : Irradiación solar (W/m^2)

n_c : Eficiencia del panel fotovoltaico teórico

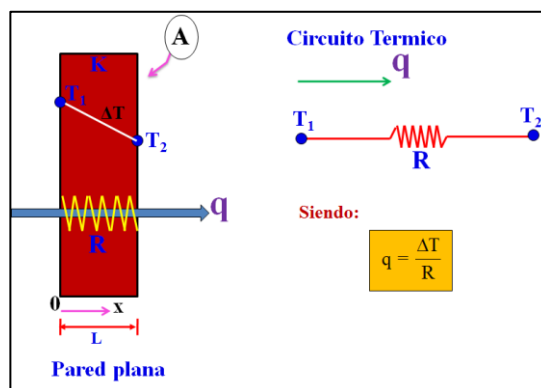
s = Superficie transversal del conductor (m)

2.4.33.3. Circuito térmico

Tomando un sistema de conducción de calor,

Siendo: \rightarrow como se muestra en la Figura 2:48.

FIGURA 2: 48 Analogía de la transferencia de calor con un Circuito térmico



Fuente: Elaboración propia

2.4.34. Mecanismos combinados en la transferencia de calor

En los casos anteriores se han considerado en forma separada o individual los tres mecanismos de la transferencia de calor, sin embargo en la práctica, el calor usualmente es transferido en pasos de dos o tres formas de transferencia de calor.

2.4.34.1. Coeficiente global de transferencia de calor

Es la variable que engloba los tres mecanismos de transferencia de calor de conducción, convección y radiación.

$$q = AU(T_1 - T_2) \quad (2.21)$$

Dónde:

$$U = \frac{1}{A \sum R} \quad (2.22)$$

Unidad: (W/m².°C)

Además:

$$q = AU(T_1 - T_2) = \frac{T_1 - T_2}{\sum R} \quad (2.23)$$

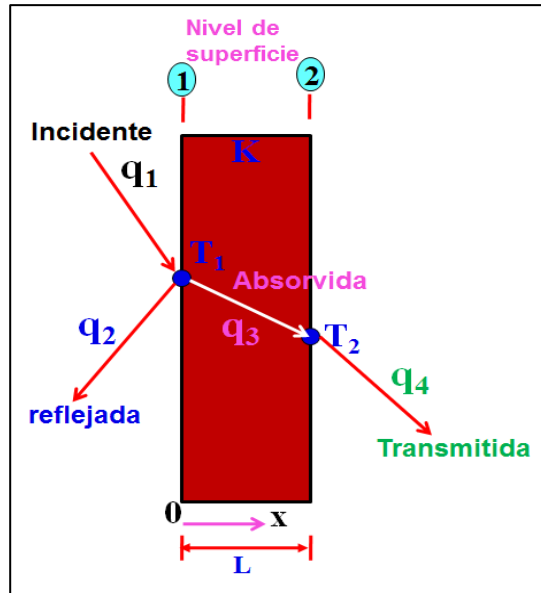
2.4.34.2. Balance de energía superficial

Esto está basado en la primera Ley de Kirchhoff:

“Calor que ingresa a un nivel de superficie, es igual al calor que sale del nivel de superficie”.

La Figura 2:49, muestra el balance de energía en una placa plana.

FIGURA 2: 49 Balance de energía superficial



Fuente: Elaboración propia

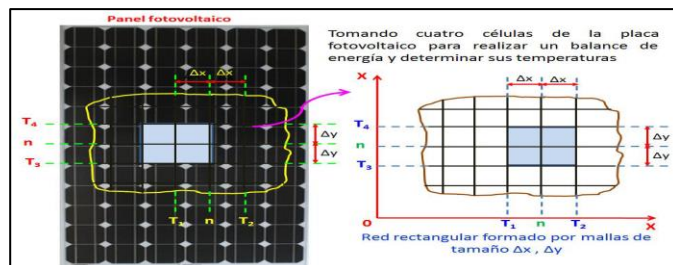
Balance de energía:

$$q_{ingresa} = q_{sale} \tag{2.24}$$

- i) En el nivel de superficie (1): $q_1 = q_2 + q_3$
- ii) En el nivel de superficie (2): $q_3 = q_4$

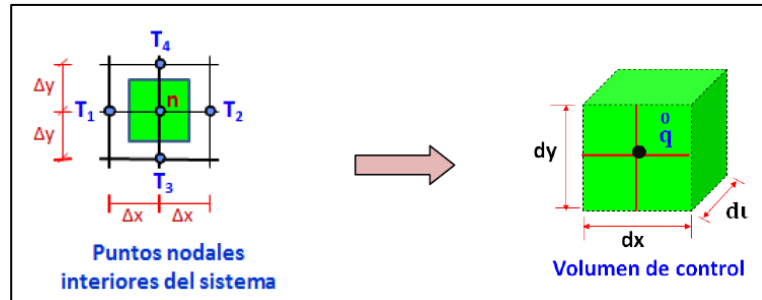
2.4.35. Balance de energía de cada célula fotovoltaica

FIGURA 2: 50 Vista del PF para realizar un balance de energía



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2: 51 Volumen de control del sistema del panel fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia

Realizando el balance de energía en el nodo n:

$$\begin{aligned}
 q_{ingresa} + q_{generado} \\
 &= q_{sale} \\
 &+ q_{acumulado}
 \end{aligned}
 \tag{2.25}$$

Energía que ingresa:

Flujo de calor conductivo que ingresa al nodo principal “n”

1. De conducción:

$$q_{1 \rightarrow n} = kA \frac{(T_1 - T_n)}{L} \tag{2.26}$$

$$q_{2 \rightarrow n} = kA \frac{(T_2 - T_n)}{L} \tag{2.27}$$

$$q_{3 \rightarrow n} = kA \frac{(T_3 - T_n)}{L} \tag{2.28}$$

$$q_{4 \rightarrow n} = kA \frac{(T_4 - T_n)}{L} \tag{2.29}$$

$$q_{p \rightarrow n} = kA \frac{(T_p - T_n)}{L} \tag{2.30}$$

2. De radiación:

$$q_r = \sigma A \varepsilon (T_r^4 - T_s^4) \approx h_r A (T_r - T_n) \tag{2.31}$$

Energía generada por la placa de silicio dopado con fósforo y boro:

$$q_{generado} = q_g = qv = VI \quad (2.32)$$

$$q = \frac{VI}{v} \quad (2.33)$$

Energía convectiva que sale del panel:

$$q_{sale} = hA(T_n - T_\infty) \quad (2.34)$$

Energía acumulada por la masa de la pared de silicio dopados:

$q_{acumulado} = mC_p \frac{dT}{dt}$; considerando un estado estacionario en el sistema fotovoltaico; debido a que se cuenta con acumuladores donde se almacena la energía para proveer a la carga de consumo de tensión continua o a la alimentación del inversor en forma continua:

Como T es constante en función del tiempo se tiene que:

$$\frac{dT}{dt} = 0$$

Reemplazando las ecuaciones en (1.25):

$$\begin{aligned} (q_{1 \rightarrow n} + q_{2 \rightarrow n} + q_{3 \rightarrow n} + q_{4 \rightarrow n} + q_{p \rightarrow n} + q_{r \rightarrow n}) + q_g &= q_{n \rightarrow \infty} + q_a \\ \left(kA \frac{(T_1 - T_n)}{L} + kA \frac{(T_2 - T_n)}{L} + kA \frac{(T_3 - T_n)}{L} + kA \frac{(T_4 - T_n)}{L} + kA \frac{(T_p - T_n)}{L} + h_r A_r (T_r - T_n) \right) \\ + qv &= hA(T_n - T_\infty) \end{aligned}$$

Determinando las áreas; donde el flujo de calor debe ser perpendicular a esta y paralela a la dirección, se obtiene.

$$\begin{aligned} k(dydt) \frac{(T_1 - T_n)}{dx} + k(dydt) \frac{(T_2 - T_n)}{dx} + k(dxdt) \frac{(T_3 - T_n)}{dy} \\ + k(dxdt) \frac{(T_4 - T_n)}{dy} + k(dxdt) \frac{(T_p - T_n)}{dt} \\ + h_r(dx dy)(T_r - T_n) + q(dx dy dt) \\ = h(dx dy)(T_n - T_\infty) \quad (1.35) \end{aligned}$$

Considerando cuadrados curvilíneos en la malla del volumen de control en tres direcciones:

$$dx \approx \Delta x; dy = \Delta y, dt = \Delta t, \text{ además } \Delta x \approx \Delta y$$

Simplificando:

$$\begin{aligned}
& k(\Delta t)(T_1 - T_n) + k(\Delta t)(T_2 - T_n) + k(\Delta t)(T_3 - T_n) \\
& \quad + k(\Delta t)(T_4 - T_n) + k(\Delta x^2) \frac{(T_p - T_n)}{\Delta t} \\
& \quad + h_r(\Delta x^2)(T_r - T_n) + q(\Delta x^2 \Delta t) = h(\Delta x^2)(T_n - T_\infty) \\
& k(T_1 - T_n) + k(T_2 - T_n) + k(T_3 - T_n) + k(T_4 - T_n) \\
& \quad + k(\Delta x^2) \frac{(T_p - T_n)}{\Delta t^2} + \frac{h_r(\Delta x^2)}{\Delta t} (T_r - T_n) + q(\Delta x^2) \\
& = h \frac{(\Delta x^2)}{\Delta t} (T_n - T_\infty)
\end{aligned}$$

Como

$$q = \frac{VI}{v} \Rightarrow q = \frac{VI}{\Delta x \Delta y \Delta t} \quad (2.36)$$

Luego

$$\begin{aligned}
& (T_1 - T_n) + (T_2 - T_n) + (T_3 - T_n) + (T_4 - T_n) + (\Delta x^2) \frac{(T_p - T_n)}{\Delta t^2} \\
& \quad + \frac{h_r(\Delta x^2)}{k\Delta t} (T_r - T_n) + \frac{VI}{\Delta x \Delta y \Delta t} (\Delta x^2) \\
& = h \frac{(\Delta x^2)}{k\Delta t} (T_n - T_\infty)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& (T_1 - T_n) + (T_2 - T_n) + (T_3 - T_n) + (T_4 - T_n) + (\Delta x^2) \frac{(T_p - T_n)}{\Delta t^2} \\
& \quad + \frac{h_r(\Delta x^2)}{k\Delta t} (T_r - T_n) + \frac{VI}{k\Delta t} (\Delta x^2) \\
& = h \frac{(\Delta x^2)}{k\Delta t} (T_n - T_\infty)
\end{aligned}$$

Reduciendo, obtendremos la ecuación (2.37):

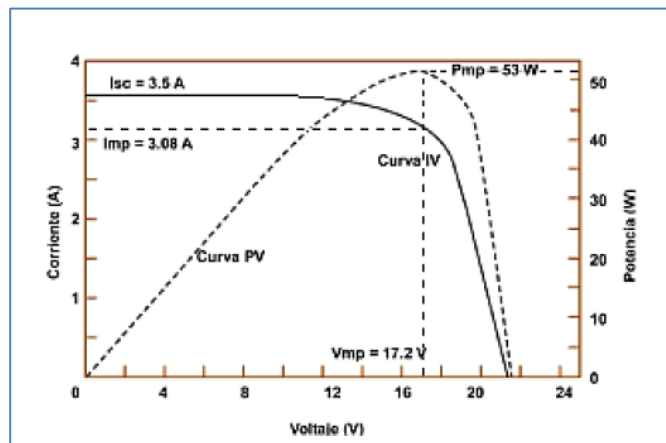
$$\begin{aligned}
& T_1 + T_2 + T_3 + T_4 - \left(4 + \frac{\Delta x^2}{\Delta t^2} + \frac{h_r \Delta x^2}{k\Delta t^2} + \frac{h\Delta x^2}{k\Delta t^2} \right) T_n \\
& = -\frac{\Delta x^2}{k\Delta t^2} (hT_\infty - h_r T_r) - \frac{\Delta x^2}{\Delta t^2} T_p - \frac{VI}{k\Delta t} \quad (1.37)
\end{aligned}$$

En todo el panel fotovoltaico tenemos 72 células; por consiguiente existirán 72 temperaturas, formándose una matriz cuadrada de 72x72; cuya solución será mediante una matriz de Gauss o Gauss Jourdan (se utiliza el software del Polymath para la solución de la matriz).

2.4.36. Punto de máxima potencia (PMP)

Corresponde a la máxima potencia que el panel puede entregar, la cual se da cuando el voltaje y la corriente alcanzan sus valores máximos en forma simultánea, esto se puede ver en el rectángulo inscrito dentro la curva IV de la Figura 2:52, donde el vértice sobre la curva, denominado Pmp, representa el valor de máxima potencia.

FIGURA 2: 52 Curva IV y PV para un SFV típico a 1000 W/m² y 25 °C



Fuente: Universidad Austral de Chile

Este valor se consigue de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$P_{mp} = V_{mp} \times I_{mp} \quad (2.38)$$

Dónde:

P_{mp} : Potencia máxima (W)

V_{mp} : Tensión de máxima potencia (V)

I_{mp} : Intensidad de corriente de máxima potencia (A)

2.4.37. Eficiencia en la conversión de energía

La eficiencia de un panel fotovoltaico, corresponde al porcentaje de energía eléctrica generada en relación a la cantidad de energía luminosa recibida desde el sol, cuando el panel se encuentra conectado a un circuito eléctrico.

$$n = \frac{P_{mp}}{E \times A_c} = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{P_i} \quad (2.39)$$

Dónde:

n : Eficiencia de la conversión de la energía.

P_{mp} : Punto de potencia máxima (W)

E : Nivel de radiación solar en la superficie del panel (W/m²)

A_c : Superficie del panel fotovoltaico (m²)

P_i : Potencia recibida por el panel (W)

2.4.38. Sección de cableado

La sección de cable viene en general determinada por la caída de tensión y máxima intensidad. Para el cálculo de la sección de cableado se va a utilizar la siguiente ecuación:

$$\delta = \frac{0,036 \times L_c(m) \times I(A)}{(V_a - V_b)} \quad (2.40)$$

Dónde:

δ : Sección de cableado (mm²)

L : Longitud de cable (m)

I : Intensidad de corriente que pasa por el cable (A)

V_a : Tensión de entrada (V)

V_b : Tensión de salida (V)

La ecuación (2.40) se refiere exclusivamente a cables de cobre, ya que se ha tenido en cuenta la resistividad de dicho material para llegar a obtener esta fórmula.

La sección dependerá del tipo de conductor, longitud y corriente que ha de soportar. También tendrá que ver la

tolerancia que se considere a la hora de aceptar una determinada caída de tensión entre sus extremos, lo que ocasionará unas pérdidas de potencia determinadas en la Tabla 2.6 se darán los datos considerados por cada tramo de cableado

2.4.38.1. Cables de conexión

Conductores en buen estado deben presentar una resistencia muy baja. Los valores dependen del largo y del grosor de los hilos. Para hilos comunes hasta 20 m. de largo la resistencia debe ser siempre inferior a 10. Para hilos esmaltados la resistencia varia bastante en función del espesor. En la Tabla 2:6 de se da información de Valores normalizados de cables A.W.G. (American Wire Gauge Standard).

TABLA 2: 6 Valores normalizados de cables A.W.G

CAPACIDAD (A)	NUMERO DE CABLES (AWG)
25	14
30	12
40	10
55	8
75	6
95	4
130	2
150	1
170	1/0
265	2/0
360	4/0

Fuente: American Wire Gauge Standard

CAPÍTULO III

3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

3.1.1. Método

Pasos para la construcción del paradero:

a) PRIMER PASO:

Recopilación de información referente al proyecto

Se realizó el Estudio del estado del arte de todas las tecnologías involucradas en el proyecto. Esta etapa se ejecutó durante el primer semestre del proyecto. Se recopilaron materiales con información científico-técnica relativa al tema (artículos científicos y técnicos, manuales y catálogos de los componentes disponibles en el mercado). Se realizó, además, una delimitación del área relacionada con la temática objeto de la investigación.

b) SEGUNDO PASO:

Se determinó el área y dimensiones del proyecto

Este procedimiento consiste en la determinación del área y las dimensiones que tiene el proyecto los cuales fueron

fundamentales para realizar el plano de construcción y la estimación de los materiales a utilizarse en el proyecto desarrollado en la UAP filial Huancayo.

FIGURA 3: 1 Área de la plataforma del paradero



Fuente: elaborado por el autor

c) TERCEER PASO

Construcción de la plataforma del paradero

Para la construcción de la plataforma del paradero se utilizaron 25 unidades de fierro corrugado de 6m de largo, 18 bolsas de cemento y 4 cubos de arena, se contrataron los servicios de un albañil y dos ayudantes también se contrataron un trompo para la mezcla.

FIGURA 3: 2 construcción de la plataforma del paradero



Fuente: elaborado por el autor

d) CUARTO PASO

Construcción de la estructura del paradero

Se utilizó 5 fierros galvanizados para las columnas del paradero de 0,7mm de espesor también se utilizaron 8 tubos cuadrado y rectángulo para el armado del techo y de la banca, también se contrató los servicios de un soldador y un ayudante para la construcción de la estructura del paradero

FIGURA 3: 3 construcción de la estructura del paradero



Fuente: elaboración del autor

e) QUINTO PASO

Implementación del techo y la banca del paradero

El techo del paradero se implementó con policarbonato de color verde y azul para lo cual se contrató a una persona también se implementó la banca con un tablón de tipo tornillo por la resistencia del material

FIGURA 3: 4 implementación del techo y de la banca del paradero



Fuente: elaborado por el autor

f) SEXTO PASO

Implementación del jardín, del piso y la colocación de los vidrios del paradero

la implementación del jardín del paradero se plantaron grass y madre selva que es una planta que emite una fragancia agradable, el piso del paradero se colocaron mayólicas para lo cual se contrató un albañil con un ayudante y para colocar los vidrios de la publicidad se contrató un vidriero y un ayudante para la colocar el vidrio.

FIGURA 3: 5 implementación del jardín, piso y vidrios del paradero



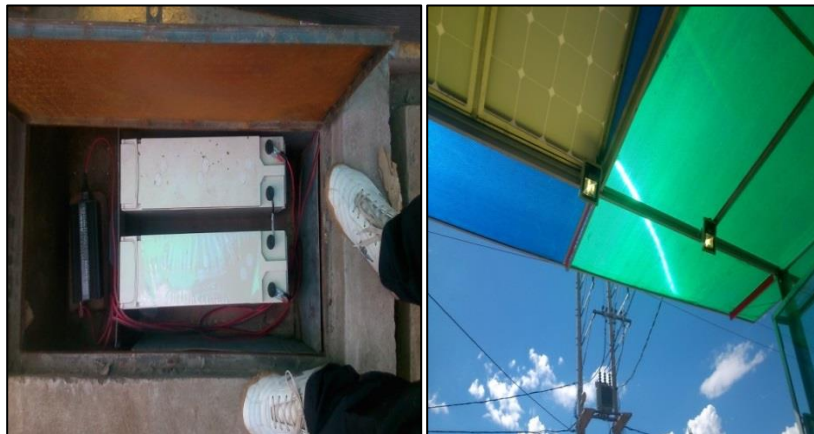
Fuente: elaboración del autor

g) SEPTIMO PASO

Instalación de las luces y del sistema fotovoltaico del paradero

Se instalaron 8 reflectores led de 10W en todo el paradero también se instaló 2 paneles solares de 145 W, dos baterías de 200Ah, un controlador de carga de 12/24V y un inversor de 600w que conforman todo el sistema fotovoltaico del paradero.

FIGURA 3: 6 Instalación de luces y del sistema fotovoltaico al paradero



Fuente: elaboración del autor

Materiales para la instalación del panel fotovoltaico

- 04 conectores de cable de 30 A.
- Cable vulcanizado N°12 código: AWG, 30 m.
- Cable para batería N° 8 de sección 8,32 mm², código: AWG, 50 cm.
- 04 bornes para batería.
- 08 terminales de cable para batería.
- 01 Llave corona de 7/16.
- 01 Tomacorrientes.
- 01 Cuchilla térmica de 16 A

- Cables para termocuplas
- 12 Pernos expandibles
- Broca de cemento de 3/8 de pulgadas
- 01 Caja para cuchilla térmica
- Cable mellizo N°12 código: AWG, 2 m

Equipos para la instalación del panel fotovoltaico

- 02 paneles fotovoltaicos de 145 Wp de 0,8 m de ancho x 1,45 m de largo, con marco de aluminio y placa absorbente de 72 celdas de silicio monocristalino de 0,12 m de ancho x 0,115 m de largo de 0,59 V cada celda.
- 01 Regulador de Carga, marca: solar work de 20 A, con un voltaje de 12-24 V
- 02 Baterías, marca: POWERSAFE de 12 V y una capacidad de almacenamiento de 1200 A/h.
- 01 Inversor, marca: ENERGIT de 24 V de CD a 220 V de CA, y 60 Hz, 600 W
- 01 Taladro Sky

Materiales y equipos para la medición

- 03 Multitester digital.
- 02 Termocuplas.
- 01 Piranómetro
- 01 Cronómetro.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL ÁREA DEL PANEL FOTOVOLTAICO.

- Contar el número de celdas monocristalinas verticalmente.
- Contar el número de celdas monocristalinas horizontalmente.

- Medir el espacio que hay de celda en celda.
- Medir la longitud de largo de la celda monocristalina.
- Medir la longitud de ancho de la celda monocristalina
- Hacer las mediciones de la altura del panel y de la base del panel
- Determinar el área de la sumatoria de todas las celdas monocristalinas.
- Determinar el área del marco de aluminio.
- Determinar el área del panel fotovoltaico

Procedimiento para determinar la potencia y eficiencia de un panel fotovoltaico

- Observar en las especificaciones técnicas del panel fotovoltaico la tensión de una celda fotovoltaica.
- Contar el número de celda fotovoltaica instalada en serie.
- Determinar el voltaje de circuito abierto del panel fotovoltaico.
- Observar en las especificaciones técnicas del panel fotovoltaico la intensidad de corriente de salida de una celda fotovoltaica.
- Contar el número de celdas instaladas en paralelo.
- Determinar la intensidad de corriente del panel fotovoltaico
- Determinar la potencia pico del panel fotovoltaico.

Procedimiento para determinar el número de paneles requeridos

- Escoger los equipos y cantidad de estos que se quieren alimentar con la carga del panel.
- Conocer la potencia requerida de los equipos que han de funcionar. (Ver en anexo)

- Multiplicar el número de equipos por la potencia requerida y por el tiempo en el que es usado y se obtiene la potencia del equipo (watt-hora).
- Determinar el consumo energético teórico de todos los equipos a usar sumando todas las potencias del equipo el cual resultara la potencia requerida (watt-hora) que el panel tendrá que alimentar.
- Determinar el consumo de energía real.
- Ver en la Tabla (1) la irradiación diaria media mensual del mes de enero y agosto.
- Determinar el número de paneles

Procedimiento para determinar la capacidad de acumulación de energía en las baterías.

- Determinar la utilidad energética real de todos los equipos a utilizar.

Procedimiento para determinar el número de reguladores a utilizar

- Determinar la intensidad de corriente del panel.
- Determinar el número de paneles.
- Determinar la máxima intensidad nominal a la que trabaja el regulador.

Procedimiento para seleccionar el inversor adecuado

- Determinar la potencia de cada equipo que la instalación va demandar.
- Sumar la potencia de todos los equipos a utilizar y se determina la potencia instantánea máxima.

- Multiplicar la potencia instantánea máxima. Por el factor de seguridad del 50%

Instalaciones de los paneles fotovoltaicos

- Los paneles fotovoltaicos se instalaron en serie respecto al regulador, siendo la tensión promedio que emite cada panel fotovoltaico 21,87 V, generándose así una tensión continua de 43 V en todo el arreglo fotovoltaico. Luego la tensión generada es enviada por el regulador a los acumuladores (baterías de gel).

Instalaciones de los acumuladores

Para la obtención de una tensión de 24 V; que va a alimentar a la línea de carga (consumo de energía) de corriente continua, las baterías se conectó en serie.

3.1.2. Tipo de la Investigación

- ✓ Cuasi Experimental.- La investigación cuasi experimental No hay manipulación de variables, éstas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural. Su metodología es fundamentalmente descriptiva, aunque puede valerse de algunos elementos cuantitativos y cualitativos.

3.1.3. Nivel de la Investigación

- ✓ Aplicada

3.2. Diseño de la Investigación

Diseño cuasi experimental

En base al III grupo de actividades identificado, es decir la existencia de una o más observaciones y a la relación temporal de

las mismas con la intervención previa (PRETEST) o posterior (POSTEST), pueden identificarse distintos diseños cuasi experimentales.

Diseños sin grupo control, estructura:

Diseño con Postest único y grupo único

✓ **X O1**

Diseño con pretest postest y grupo único

✓ **O1 X O2**

Diseño con doblepretest postest y grupo único

✓ **O1 O2 X O3**

Diseño con pretest postest y grupo único usando una variable dependiente no-equivalente

✓ **O1a,b X O2a,b**

Donde a y b representan dos atributos distintos

3.3. Hipótesis de la Investigación

3.3.1. Hipótesis General

- Mediante el diseño de un sistema fotovoltaico se obtendrá una eficiencia de un 95% para el suministro energético de un paradero ubicado en el campus universitario UAP – filial Huancayo.

3.3.2. Hipótesis Específicas

- Se necesitara 1060 W/día para suministrar la demanda energética del paradero que se desarrollara en el campus universitario UAP – filial Huancayo.
- Los parámetros para determinar la eficiencia del sistema fotovoltaico serán la tensión, voltaje y potencia del panel.
- El dimensionamiento del sistema fotovoltaico conformaran dos paneles de 145 W, dos baterías de 200 Ah un controlador de 20 A y un inversor de 600 W/h.
- La eficiencia del sistema fotovoltaico superara el 95%.

3.4. Variables

3.4.1. Variable Independiente

- ✓ Área del Panel mono cristalino (Wh).
- ✓ Radiación Solar (UV).

Indicadores

- ✓ 1000W/m²
- ✓ Horas de luz

3.4.2. Variable Dependiente

- ✓ Energía eléctrica (watts/hora)

Indicadores

- ✓ Capacidad de la batería

3.5. Cobertura del Estudio.

3.5.1. Universo

- ✓ El universo del proyecto será la energía solar.

3.5.2. Población

- ✓ La población de estudio lo conformaran dos paneles solares de 145W

3.5.3. Muestra

- ✓ La muestra tomada para el trabajo de campo estará compuesta por el área de los paneles solares de 145W que es de 2,22 metros cuadrados.

3.5.4. Muestreo

Se realizó un muestreo aleatorio simple debido a que en esta técnica, cada miembro de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado como muestra. Todo el proceso de toma de muestras se realiza en un paso, en donde cada muestra es seleccionada independientemente de los otros miembros de la población.

3.6. Técnicas e Instrumentos

3.6.1. Técnicas de la Investigación

La técnica que se utilizara en el presente trabajo de investigación para la obtención de resultados fue principalmente:

- Monitoreo en campo
- Observación Directa
- Comparación de datos.
- Interpretación de Resultados.

3.6.2. Instrumentos de la Investigación

- .Fotografías
- .instrumentos de monitoreo.
- .Atlas solar del Perú
- .Programas de comparación de datos
- .Diapositivas

3.7. Procesamiento Estadístico de la Información.

3.7.1. Estadísticos

Las medidas de tendencia central que se utilizaran en el presente trabajo de investigación son la media, la desviación estándar y la dispersión.

3.7.2. Representación

Las representaciones que utilizare para el presente trabajo de investigación serán la graficas estadísticas de barra, tablas de comparación de datos, imágenes y esquemas. Mediante ecuaciones y los análisis estadísticos según el software estadístico desarrollado.

3.7.3. Técnica de Comprobación de la Hipótesis

Para realizar la comprobación de la hipótesis del presente trabajo se utilizara el Anova por **Test de Tukey**.

CAPITULO IV

4. ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Calculo para el número de paneles requeridos

Para determinar la potencia hay que sumar la potencia total por unidad que consume y resultara la potencia requerida (watt-hora), el cual el panel tendrá que alimentar. (Ver la tabla 4.1)

TABLA 4: 1 Consumo energético estimado

Equipos	Cantidad	Potencia (W/h)	Tiempo (h)	Energía (Wh/día)
Pantalla digital	1	30	5	150
Cargador de celular	1	5	6	30
Reflector	8	10	11	880
Consumo Energético Teórico E_T				1060

Fuente: Elaboración propia.

Determinamos el consumo de energía total (E)

$$E = \frac{E_T}{R} \quad (4.1)$$

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v)x \left(1 - \frac{k_a N}{P_d} \right) \quad (4.2)$$

Dónde:

R : Parámetro de rendimiento global

E_T : Consumo Energético Teórico (Wh)

k_b : Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador

0,05 en sistemas que no demanden descargas intensas

0,1 en sistemas con descargas profundas

k_c : Coeficientes de pérdidas en el convertidor

0,05 para convertidores senoidales puros, trabajando en régimen optimo

0,1 en otras condiciones de trabajo, lejos de lo óptimo.

k_v : Coeficiente de perdidas varias, agrupa otras perdidas como (rendimiento de red, efecto joule, etc).

0,05-0,15 como valores de referencia

k_a : Coeficientes de auto descarga diario

0,002 para baterías de baja auto descarga Ni-Cd

0,005 para baterías estacionarias de Pb-acido

0,012 para baterías de alta auto descarga (arranque de automóviles)

N : Número de días de autonomía de la instalación

P_d : Profundidad de descarga diaria de la batería

Los valores de coeficiente de pérdidas son:

$$k_b = 0,1; k_c = 0,05; k_v = 0,05; k_a = 0,005; N = 4; P_d = 0,7$$

$$R = (1 - 0,1 - 0,05 - 0,05)x \left(1 - \frac{0,005x2}{0,7} \right) = 0,78$$

Reemplazamos R en la siguiente ecuación:

$$E = \frac{1060}{0,78}$$

$$E = 1358,97Wh/dia \approx 1359Wh/dia$$

Determinamos el número de paneles (NP):

$$NP = \frac{E}{0,9xW_p x HPS} \quad (4.3)$$

Dónde:

HPS : Horas pico solar (h)

W_p : Potencia de cada panel solar (V)

$$NP = \frac{1359}{0,9x145x6} = 1,74 \approx 2$$

Discusión: La determinación del número de paneles sirve para satisfacer el consumo energético de los equipos con las que se está trabajando el paradero ubicado en la UAP filial Huancayo.

4.2. Calculo para la capacidad de acumulación de energía en las baterías

$$C = \frac{E x N}{V x P_d} \quad (4.4)$$

Dónde:

V : Tensión nominal del acumulador (12V)

$$C = \frac{1359x2}{12x0,6} = 377,5 Ah \approx 378Ah$$

Discusión: La capacidad de las baterías o acumuladores dependen en gran manera del consumo de la energía real de los equipos que se está trabajando.

4.3. Cálculo para el número de reguladores a utilizar

$$I = A_{SC} \times NP \quad (4.5)$$

$$I = 8,45A \times 2 = 16,9A$$

4.4. Cálculo para seleccionar el inversor adecuado

$$P_{int} = \sum P_{Equipos} \quad (4.6)$$

$$P_{int} = P_{reflector} + P_{cargador} + P_{pantalla} \quad (4.7)$$

$$P_{inv} = P_{int} \times 1,5 \quad (4.8)$$

Dónde:

P_{int} : Potencia Instantánea (W)

$P_{Equipos}$: Potencia requerida por los equipos (W)

$P_{reflector}$: Potencia de los reflectores (W)

$P_{cargador}$ Potencia requerida del cargador de celular (W)

$P_{pantalla}$ Potencia requerida de la pantalla digital (W)

P_{inv} : Potencia del inversor (W)

$$P_{int} = 8 \times 10W + 5W + 30W = 115W$$

$$P_{inv} = 115 \times 1,5 = 172,5W \approx 173W$$

4.5. Determinando la eficiencia del sistema fotovoltaico.

$$n = \frac{P_{inv}}{P_p} \times 100$$

Dónde:

P_{inv} : Potencia del inversor, W

P_p : Potencia del panel, W

$$n = \frac{172,5}{290} \times 100$$

$$n = 59,5\%$$

Discusión: La eficiencia de la corriente fotovoltaica nos arroja $n = 59,5\%$ es muy cercano a la eficiencia utilizando corriente convencional. Por lo tanto es eficaz la utilización de esta energía renovable para este proyecto.

4.6. Cálculo del área del panel fotovoltaico

De acuerdo al arreglo de las células del panel fotovoltaico, podemos determinar el área del panel (Ver la Figura 4.1) de la siguiente manera:

$$A_c = A_{pc} + A_M \quad (4.9)$$

Dónde:

A_c : Área del panel fotovoltaico (m^2)

A_{pc} : Área de la sumatoria de todas las celdas monocristalinas (m^2)

A_M : Área del marco de aluminio (m^2)

Y el viene dado por la siguiente fórmula:

$$A_{pc} = H_c \times b \quad (4.10)$$

Dónde:

H_c : Altura del panel FV (m)

b : Base del panel FV (m)

Como H_c y viene dado por:

$$H_c = N_{PH} \times L_H + (N_{PH} - 1)e \quad (4.11)$$

$$b = N_{Pb} \times L_b + (N_{Pb} - 1)e \quad (4.12)$$

Dónde:

N_{PH} : Número de celdas monocristalinas verticalmente.

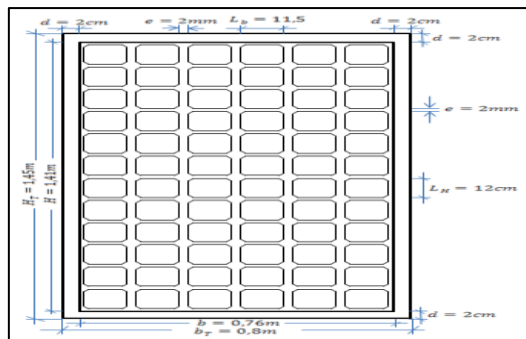
L_H : Longitud de largo de la celda monocristalina (m)

e : Espacio entre cada celda monocristalina (m)

N_{Pb} : Número de celda monocristalina horizontalmente (m)

L_b : Longitud de ancho de la celda monocristalina (m)

FIGURA 4: 1 Dimensiones del Panel Fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia

Entonces y reemplazando en la ecuación (4.1) se tiene:

$$A_{PC} = [N_{PH} \times L_H + (N_{PH} - 1)e] \times [N_{Pb} \times L_b + (N_{Pb} - 1)e]$$

$$A_{PC} = [9 \times 0,155 + (9 - 1)0,002] \times [4 \times 0,13 + (4 - 1)0,002]$$

$$A_{PC} = 1,023 \text{ m}^2$$

Donde el A_M viene dado por la ecuación, siendo el ancho del aluminio:

$$A_M = 2x[dH_c + db] + 4d^2$$

$$A_M = 2x[0,02(1,141) + 0,02(0,76)] + 4(0,02)^2$$

$$A_M = 0,88 \text{ m}^2$$

Reemplazando los valores en (4.9) tenemos:

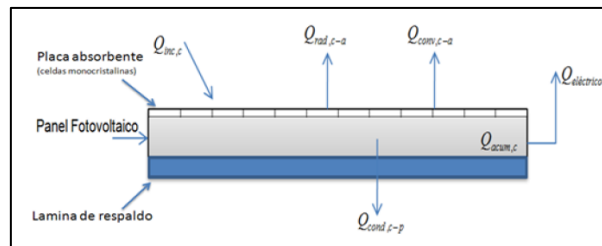
$$A_c = A_{pc} + A_M$$

$$A_c = 1.11 \text{ m}^2$$

Discusión: Se trabaja con los datos de un solo panel fotovoltaico y con los números de celdas que requiere un panel de 145 watt y con las especificaciones técnicas de los fabricantes se determina un modelo que nos da un área de $1.11m^2$

4.7. Balance de energía

FIGURA 4: 2 Balance de energía en un panel fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia

El balance de energía en el régimen permanente como se ve en la Figura 4.2, fue realizado considerando los flujos de calor existente entre el ambiente, la superficie absorbente, y la lámina de respaldo.

$$Q_{ingresa} = Q_{sale} + Q_{acumulacion}$$

$$Q_{inc,c} = Q_{rad,c} + Q_{conv,c} + Q_{cond,c-p} + Q_{electrico} + Q_{acum,c}$$

El balance del panel fotovoltaico se expresa de la siguiente manera:

Despejando la ecuación con respecto al calor de acumulación:

$$\begin{aligned} Q_{acum,c} &= Q_{inc,c} - Q_{rad,c} - Q_{conv,c} - Q_{cond,c-p} \\ &\quad - Q_{electrico} \quad (4.5) \end{aligned}$$

La ecuación de acumulación viene dado por:

$$Q_{acum,c} = (mc)_c \frac{dT_c}{dt} \quad (4.13)$$

Donde:

$Q_{accum,c}$: Calor de acumulación del panel fotovoltaico.

$(mc)_c$: Constante entre el producto de la masa y el calor específico

T_c : Temperatura del panel fotovoltaico

Determinando la ecuación de calor incidido al panel:

$$Q_{inc,c} = \alpha_c A_c G \quad (4.14)$$

Dónde:

$Q_{inc,c}$: Calor incidido al panel fotovoltaico (W)

α_c : Absorbancia del panel fotovoltaico.

A_c : Área del panel fotovoltaico (m^2)

G : Irradiación solar (W/m^2)

Ahora la ecuación de calor de radiación viene dado por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} Q_{rad,c-a} \\ = \varepsilon A_c \sigma (T_c^4 \\ - T_a^4) \end{aligned} \quad (4.15)$$

Donde:

$Q_{rad,c-a}$: Calor de radiación del panel fotovoltaico hacia el ambiente (W).

σ : Coeficiente de Boltzmann ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/m^2 * k^4$)

ε : Coeficiente de emisividad de la superficie ($0 \leq \varepsilon \leq 1$)

T_a : Temperatura del ambiente (K)

Pasaremos ahora a la ecuación de transferencia de calor por convección del panel fotovoltaico hacia el ambiente que viene dada por la siguiente expresión:

$$Q_{conv,c-a} = A_c h_{conv} (T_c - T_a) \quad (4.16)$$

Dónde:

$Q_{conv,c-a}$: Calor de convección del panel FV hacia el ambiente (W)

h_{conv} : Coeficiente convectivo $\left(\frac{W}{mk}\right)$

A continuación la expresión viene dada por la ecuación de transferencia de calor por conducción del panel fotovoltaico hacia la placa.

$$Q_{cond,c-p} = -\frac{A_c k_{cond}}{x} (T_c - T_p) \quad (4.17)$$

$Q_{cond,c-p}$: Calor de conducción del panel FV hacia la placa (W)

k_{cond} : Coeficiente de conductividad $\left(\frac{W}{mk}\right)$

T_p : Temperatura de la placa (K)

x : Espesor de la placa (mm)

Ahora se tiene la ecuación de energía eléctrica que sale del panel fotovoltaico.

$$Q_{electrico} = n_c \alpha_c A_c G \quad (4.18)$$

$Q_{electrico}$: Calor eléctrico del panel fotovoltaico (W)

n_c : Eficiencia del panel fotovoltaico.

G : Radiación solar (W/m²)

Pasamos ahora a remplazar la ecuación (4.14):

$$\begin{aligned}
(mc)_c \frac{dT_c}{dt} = & \alpha_c A_c G - \varepsilon A_c \sigma (T_c^4 - T_a^4) - A_c h_{conv} (T_c - T_a) + \\
& A_c k_{cond} \left(\frac{T_c - T_p}{x} \right) - \\
n_c \propto_c A_c G & \qquad \qquad \qquad (4.19)
\end{aligned}$$

Consideraciones:

Tomaremos el balance en un estado estacionario por lo tanto:

$$(mc)_c \frac{dT_c}{dt} = 0$$

La absorbancia del panel fotovoltaico $\alpha_c = 0,9$; el área como ya sabemos es $A_c = 1.11 m^2$, la irradiación solar es $G = 1000 \frac{W}{m^2}$, el Coeficiente de Boltzmann según el S.I. $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/m^2 * k^4$; ahora el Coeficiente de emisividad de la superficie $\varepsilon = 0,106$. Según tablas (Anexo), el coeficiente convectivo es $h_{conv} = 12 \left(\frac{W}{m^2 k} \right)$, el coeficiente de conductividad de la placa tepblar $k_{cond} = 55 \left(\frac{W}{mk} \right)$. La eficiencia del panel fotovoltaico $n = 13,06 \%$ y un espesor de placa $x = 3mm$.

$$\begin{aligned}
& \alpha_c A_c G - \varepsilon A_c \sigma (T_c^4 - T_a^4) - A_c h_{conv} (T_c - T_a) + A_c k_{cond} \left(\frac{T_c - T_p}{x} \right) \\
& - n_c \propto_c A_c G = 0
\end{aligned}$$

Reemplazamos los valores:

$$\begin{aligned}
& 0,9 \times 1,11 m^2 \times 1000 \frac{W}{m^2} \\
& - 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 k^4} \times 1,11 m^2 \times 0,106 \times (T_c^4 \\
& - 298,15^4) k^4 - 1,11 m^2 \times 12 \frac{W}{m^2 k} (T_c - 298,15) \\
& + \frac{1,11 m^2 \times 55 \left(\frac{W}{mk} \right) (T_c - T_p) k}{0,0032} \\
& - 0,1532 \times 1000 \frac{W}{m^2} \times 1,11 m^2 = 0
\end{aligned}$$

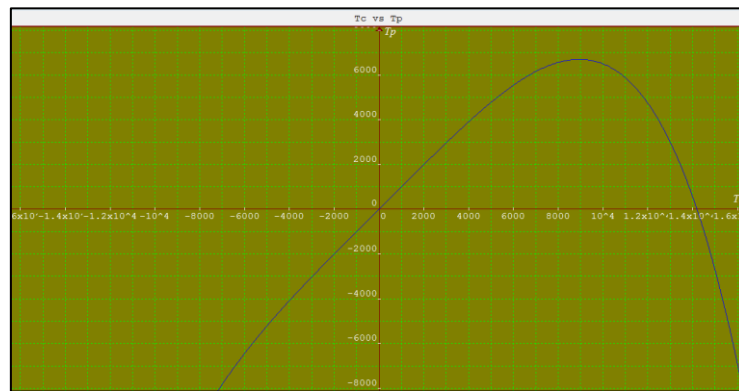
$$1044 - 0,69 \times 10^{-8} \times (T_c^4 - 298,15^4) - 13,92(T_c - 298,15) + 19937,5(T_c - T_p) - 152,99 = 0$$

Despejando con respecto a la temperatura de la placa:

$$T_p = 0,2552 + 0,9993T_c - 3,496 \times 10^{-13}T_c^4$$

De la ecuación hallada se grafica para observar el comportamiento de las dos temperaturas. (Ver la figura 4.3)

FIGURA 4: 3 Temperatura de la placa vs. Temperatura del panel



Fuente: Elaboración propia

Discusión: El modelo matemático es dado por un balance de energía ya que no podemos medir la temperatura de la placa la cual se encuentra herméticamente sellada, este modelo relaciona la temperatura de la placa y la del panel fotovoltaico.

4.8. Cálculo de la potencia y de la eficiencia del panel fotovoltaico

Cálculos para la conexión interna del panel fotovoltaico. Se cuenta con las siguientes especificaciones de la celda fotovoltaica (Ver el gráfico 4.4):

- Voltaje de circuito abierto de una celda: $V_{oc}^1 = 0,6075V_{cc}$
- Intensidad de corriente de salida de una celda: $I_{sc}^1 = 4,225A$

- Número indefinido de celdas instalados en serie: $n_s = 36$
- Número indefinido de celdas instalado en paralelo: $n_p = 2$

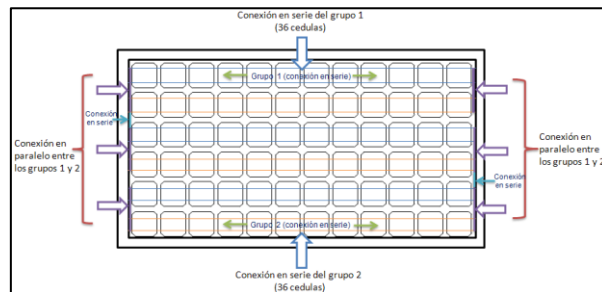
Reemplazar en la siguiente ecuación, y determinar el voltaje de circuito abierto del panel fotovoltaico.

$$V_{oc} = V_{oc}^1 \times n_s \quad (4.20)$$

$$V_{oc} = 0,6075V_{cc} \times 36$$

$$V_{oc} = 21,87V_{cc}$$

FIGURA 4: 4 Arreglo interno del Panel Fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia

Determinar la intensidad del panel

$$I_{SC} = I_{SC}^1 \times n_p \quad (4.21)$$

$$I_{SC} = 8,45A$$

Hallar la potencia pico del panel fotovoltaico

$$W_p = V_{oc} \times I_{SC} \quad (4.22)$$

$$W_p = 21,87 \times 8,45$$

$$W_p = 179,478W \approx 180W$$

Hallar la eficiencia del panel

$$n_c = \frac{P_m}{G_T \times A_c} \quad (4.23)$$

$$n_c = \frac{145W_p}{1000 \frac{W}{m^2} \times 1,11m^2} \times 100\%$$

$$n_c = 13,06, \%$$

4.9. Resultados

TABLA 4: 2 Resultados de Monitoreo del Mes Junio

MES DE JUNIO			
Hora	V_PANEL(V)	I_PANEL(A)	P_PANEL(W)
6:00 AM	16,29	9,16	151,50
7:00 AM	16,56	9,77	161,56
8:00 AM	16,77	9,87	165,29
9:00 AM	16,78	10,04	168,11
10:00 AM	16,76	9,97	166,91
11:00 AM	16,85	9,89	166,33
12:00 PM	16,78	9,90	165,91
1:00 PM	16,69	9,88	164,67
2:00 PM	16,62	9,64	160,00
3:00 PM	16,49	9,53	156,93
4:00 PM	16,54	9,31	153,82
5:00 PM	16,29	8,90	144,87

Fuente: elaboración del autor

En la tabla 4.2 se muestra los resultados de los parámetros de voltaje, corriente y potencia promedios monitoreado durante el mes de Junio del año 2015

TABLA 4: 3 Resultados de Monitoreo del Mes Julio

MES DE JULIO			
Hora	V_PANEL(V)	I_PANEL(A)	P_PANEL(W)
6:00 AM	16,69	9,95	165,93
7:00 AM	17,06	9,88	168,23
8:00 AM	16,48	10,44	172,05
9:00 AM	16,35	10,62	173,04
10:00 AM	16,84	9,98	167,93
11:00 AM	16,34	10,43	170,13
12:00 PM	16,98	9,93	168,26
1:00 PM	17,10	9,83	168,11
2:00 PM	17,52	9,63	168,80
3:00 PM	16,50	10,22	168,26
4:00 PM	17,10	9,71	165,92
5:00 PM	16,66	10,16	168,85

Fuente: elaboración del autor

En la tabla 4.3 se muestra los resultados de los parámetros de voltaje, corriente y potencia promedios monitoreado durante el mes de Julio del año 2015

TABLA 4: 4 Resultados de Monitoreo del Mes de Agosto

MES DE AGOSTO			
Hora	V_PANEL(V)	I_PANEL(A)	P_PANEL(W)
6:00 AM	16,25	9,86	160,00
7:00 AM	16,03	9,76	156,37
8:00 AM	16,56	9,27	153,38
9:00 AM	16,89	9,42	158,71
10:00 AM	16,23	9,89	160,47
11:00 AM	17,08	9,35	159,55
12:00 PM	16,82	9,51	159,83
1:00 PM	16,66	9,54	158,62
2:00 PM	16,29	9,70	157,80
3:00 PM	16,63	9,46	157,06
4:00 PM	16,57	9,58	158,65
5:00 PM	16,64	9,45	157,08

Fuente: elaboración del autor

En la tabla 4.4 se muestra los resultados de los parámetros de voltaje, corriente y potencia promedios monitoreado durante el mes de Agosto del año 2015

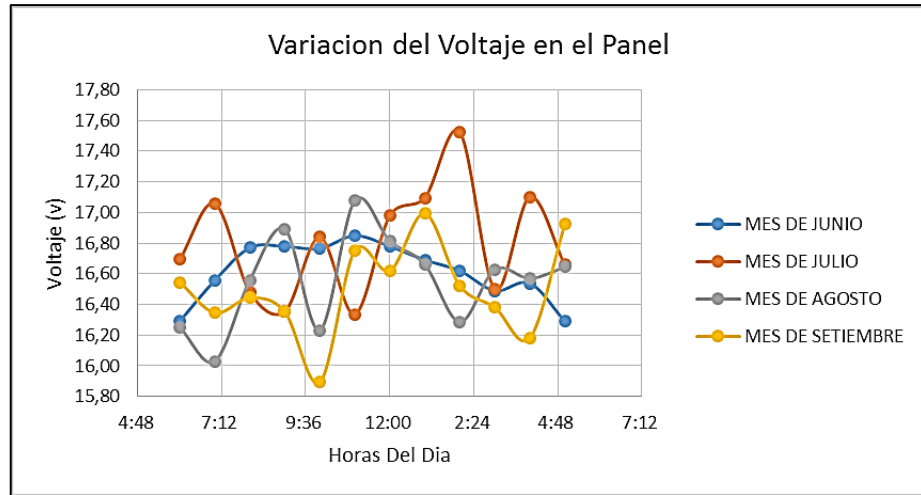
TABLA 4: 5 Resultados de Monitoreo del Mes de Setiembre

MES DE SETIEMBRE			
Hora	V_PANEL(V)	I_PANEL(A)	P_PANEL(W)
6:00 AM	16,55	9,33	154,31
7:00 AM	16,35	9,20	150,31
8:00 AM	16,44	9,42	154,76
9:00 AM	16,35	9,26	151,42
10:00 AM	15,89	9,65	153,45
11:00 AM	16,75	9,26	154,47
12:00 PM	16,62	9,16	151,97
1:00 PM	17,00	8,88	150,99
2:00 PM	16,52	9,20	152,08
3:00 PM	16,38	9,32	151,91
4:00 PM	16,18	9,27	150,12
5:00 PM	16,92	9,04	152,67

Fuente: elaboración del autor

En la tabla 4.5 se muestra los resultados de los parámetros de voltaje, corriente y potencia promedios monitoreado durante el mes de Setiembre del año 2015

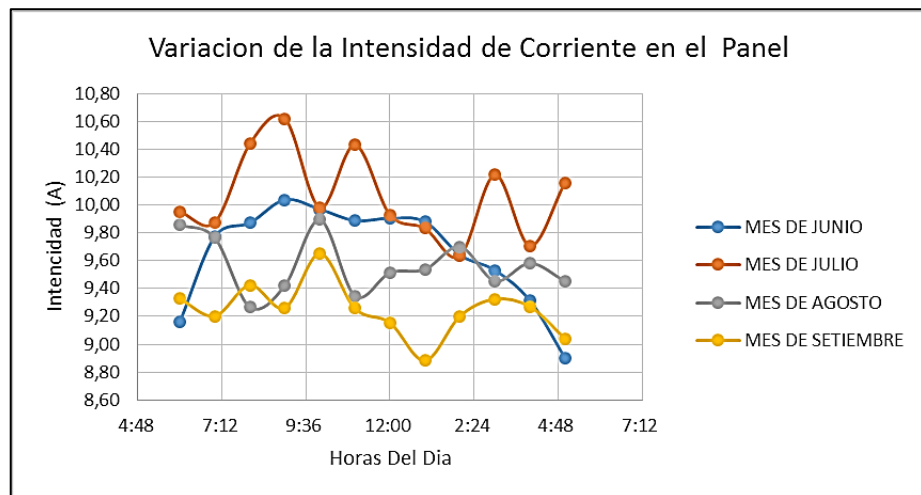
FIGURA 4: 5 Variación del Voltaje en el Panel



Fuente: elaboración del autor

En la Figura 4.5 observamos el comportamiento del voltaje en el panel solar en los cuatro meses de monitoreo desde las 6:00am hasta las 6:00 pm donde podemos decir que en el mes de Julio hay picos superiores a los demás respecto al voltaje

FIGURA 4: 6 Variación de la Intensidad de Corriente en el Panel

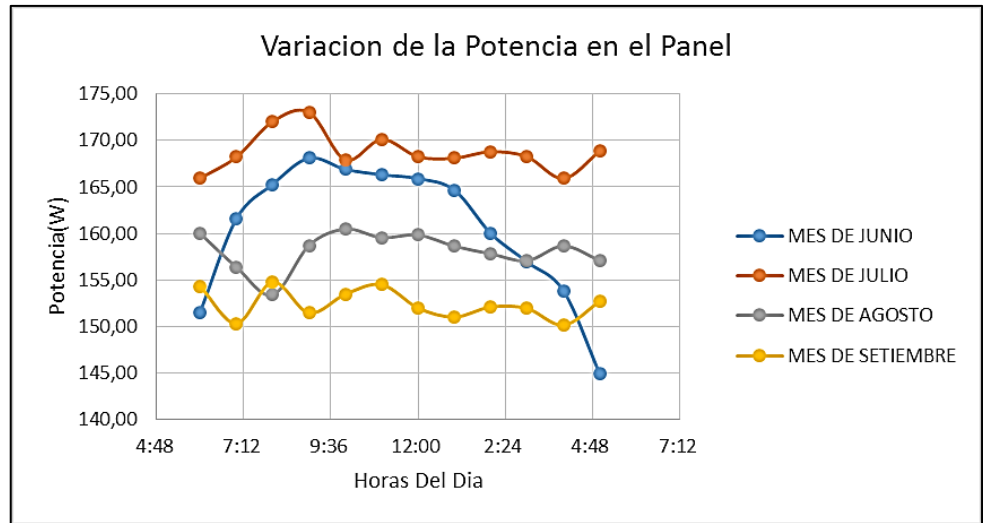


Fuente: elaboración del autor

En la Figura 4.6 observamos el comportamiento de la intensidad de corriente en el panel solar en los cuatro meses de monitoreo desde las 6:00am hasta las 5:00 pm de donde

podemos decir que en el mes de Julio hay picos superiores a los demás respecto a la intensidad y las menores intensidades se dieron en el mes de setiembre.

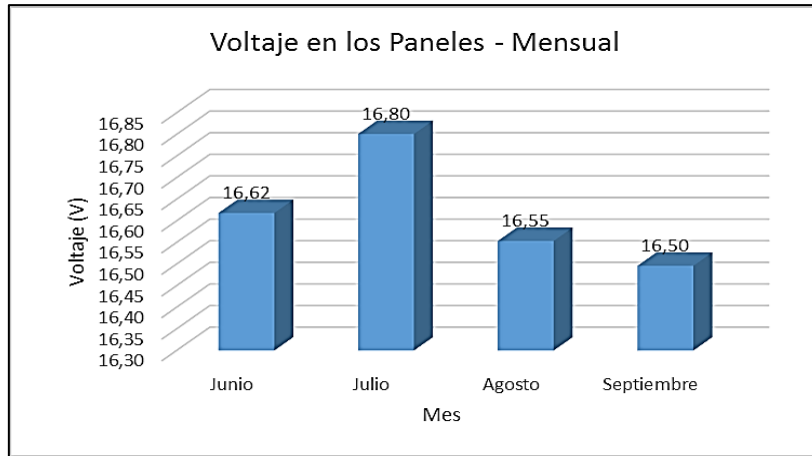
FIGURA 4: 7 Variación de la potencia en el Panel



Fuente: elaboración del autor

En la Figura 4.7 observamos el comportamiento de la Potencia en el panel solar en los cuatro meses de monitoreo desde las 6:00am hasta las 5:00 pm de donde podemos decir que existe diferencias significativas entre dichos meses de monitoreo al igual que en los datos de voltaje y corriente en el mes de julio es mayor la potencia

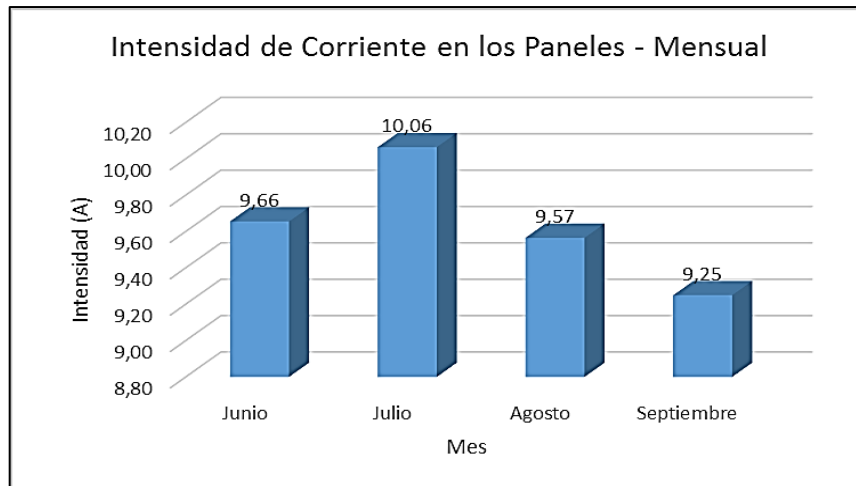
FIGURA 4: 8 Voltaje en los Paneles Mensuales



Fuente: elaboración del autor

En la Figura 4.8 observamos el promedio del voltaje durante los cuatro meses encontrando el mayor voltaje en el mes de julio con un valor de 16,8 voltios.

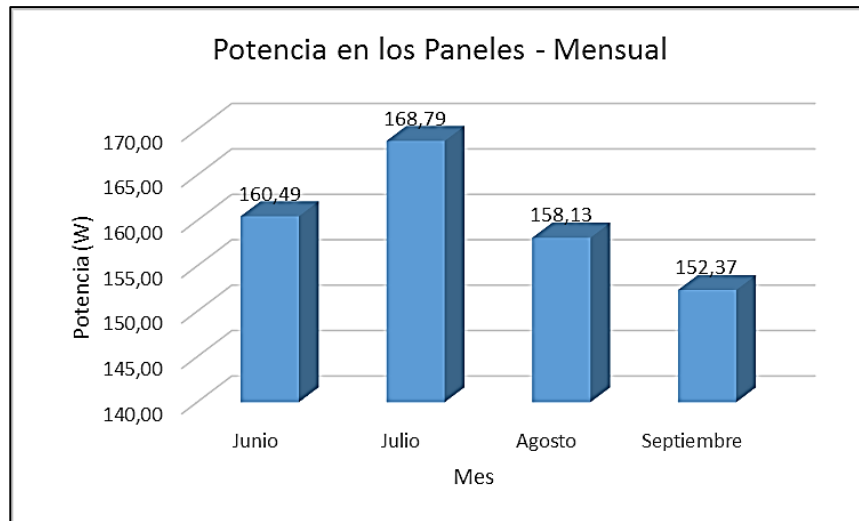
FIGURA 4: 9 Intensidad de Corriente en los Paneles Mensual



Fuente: elaboración del autor

En la Figura 4.9 observamos el promedio de la intensidad de corriente durante los cuatro meses encontrando la mayor intensidad de corriente en el mes de julio con un valor de 10,06 amperios.

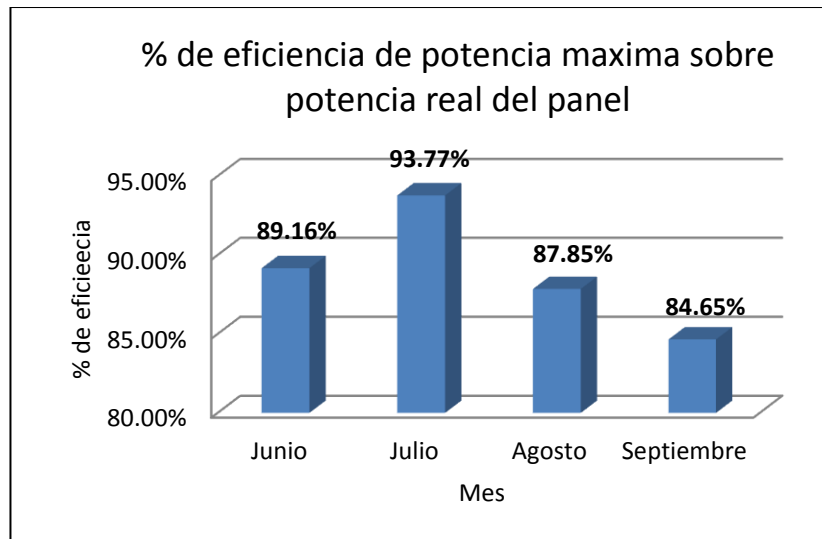
FIGURA 4: 10 Potencia en los Paneles Mensual



Fuente: elaboración del autor

En la Figura 4.10 observamos el promedio de la potencia durante los cuatro meses encontrando el mayor intensidad potencio en el mes de julio con un valor de 168,79 watts.

FIGURA 4: 11 %de eficiencia de potencia máxima sobre potencia real del panel



Fuente: elaboración del autor

En la Figura 4.11 observamos el porcentaje de eficiencia de potencia máxima sobre la potencia real del panel de los cuatro meses encontrando la mayor eficiencia en el mes de julio con un valor de 93,77%.

4.10. Comprobación de hipótesis

Hipótesis alterna Ha:

Mediante el diseño del sistema fotovoltaico se obtendrá una eficiencia de un 95% al suministrar energía eléctrica al paradero.

Hipótesis nula Ho:

Mediante el diseño del sistema fotovoltaico no se superara una eficiencia de un 95% al suministrar energía eléctrica al paradero.

One-way ANOVA: Eficiencia Practica, Eficiencia Teorica

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor Levels Values

Factor 2 Eficiencia Practica, Eficiencia Teorica

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	1	0.007544	0.007544	10.54	0.018
Error	6	0.004296	0.000716		
Total	7	0.011840			

Interpretación: En el análisis estadístico se trabajó con el software Minitab 17, utilizando el análisis de Anova, ingresando los datos del % de potencia máxima sobre la potencia real del panel solar, resultando el

valor P-value = 0,018 siendo menor al valor de significancia del 0,05; según este resultado podemos rechazar la hipótesis alternante y aceptar la hipótesis nula la cual menciona que Mediante el diseño del sistema fotovoltaico no se supera la eficiencia de un 95% al suministrar energía eléctrica al paradero.

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0267597	63.71%	57.67%	35.49%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Eficiencia Practica	4	0.8886	0.0378	(0.8558, 0.9213)
Eficiencia Teorica	4	0.9500	0.0000	(0.9173, 0.9827)

Pooled StDev = 0.0267597

Tukey Pairwise Comparisons

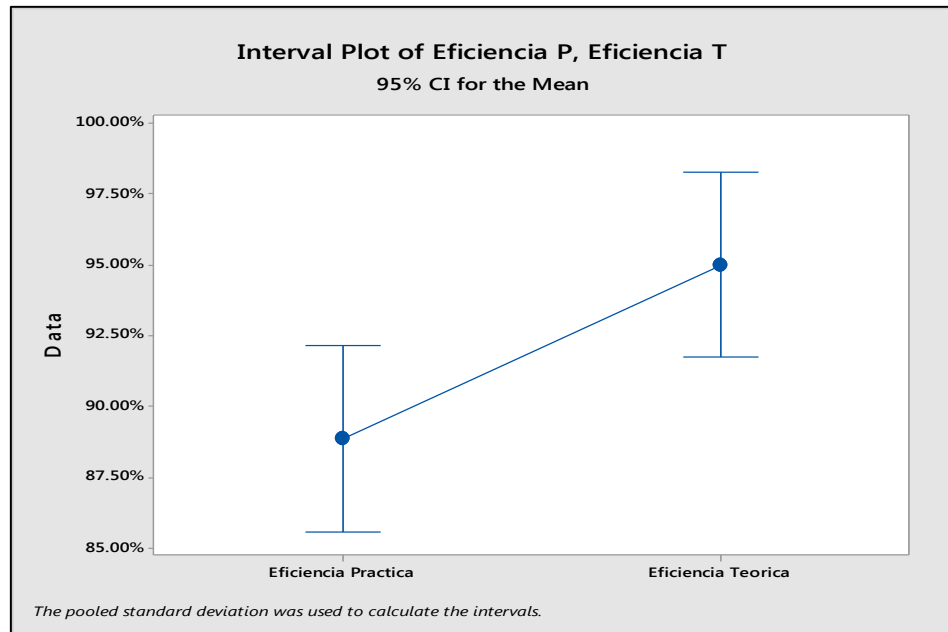
Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Eficiencia Teorica	4	0.9500	A
Eficiencia Practica	4	0.8886	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Interpretación: Al realizar la comparación de Tukey con el software Minitab 17, observamos los resultados en función de las medias lo cual si existen diferencia significativa entre la media de la potencia teórica y la media de la potencia real. Por lo consiguiente la media de la potencia teórica pertenece al grupo A y la media de la potencia real pertenece al grupo B

FIGURA 4: 12 Interval Plot of Eficiencia P, Eficiencia T



Fuente: elaboración del autor

En la Figura 4.12 Se observa el intervalo de la eficiencia teórica y la eficiencia real las cuales se encuentran en un intervalo de 87% y 95%.

CONCLUSIONES.

- Se estableció la demanda energética del paradero 1060Wh/día y se analizó la influencia de los factores climáticos y geográficos en la ciudad de Huancayo, que permitieron estimar la generación de energía eléctrica, de los paneles fotovoltaicos. Siendo estos factores de Irradiación promedio 4,9 kW/m², latitud 12.S0, altitud 3249 msnm y un ángulo de inclinación de 25,5° para el panel fotovoltaico.
- Se determinó la superficie de captación de energía solar de los paneles fotovoltaicos 2,22m² para la generación de energía eléctrica para el suministro de la demanda energética del paradero, siendo el área determinada de, que equivale a los dos paneles fotovoltaicos que generara una potencia promedio de 290 W con una corriente de 16 A y 43 V.
- Se determinó el dimensionamiento del sistema fotovoltaico para el suministro eléctrico del paradero los cuales conforman dos paneles monocristalinos de 145W, un controlador de carga de 20A dos baterías de 200Ah y un inversor de 173W.

- Se validó experimentalmente la eficiencia del sistema fotovoltaico al suministrar la demanda energética del paradero obteniendo una eficiencia de $\eta = 59,5\%$ con corriente convencional (CA de 220)

RECOMENDACIONES

- Difundir el uso de esta energía alternativa, que puede ser aplicada a procesos electroquímicos ambientales, ya que las instalaciones de este tipo son silenciosas, requieren un mantenimiento mínimo, sencillo, y no producen polución térmica ni emisiones de CO₂.
- Se recomienda utilizar para este proceso, baterías de gel de alta potencia, debido a que las baterías convencionales emiten gases contaminantes que son perjudiciales para la salud y el ambiente.
- Instalar un sistema de refrigeración en el panel fotovoltaico; con el fin de mejorar la eficiencia del panel solar para generar energía eléctrica.
- Considerar los factores climáticos de la zona donde se quiere instalar este tipo de tecnologías ya que también existen otro tipo de tecnologías como la energía eólica donde son más eficientes en lugares donde el viento es constante y no sería rentable la energía solar.

BIBLIOGRAFÍA

- Arteaga, Juan Manuel y Goldoni García, Luis Diego. Convertidor DC-DC Flyback. Costa Rica : Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería, 2007.
- Atlas de la energía solar del Perú. SENAMHI. Lima: s.n., 2003.
- Escobar Mejia, Andres, Torres, Carlos Andres y Hincapie Isaza, Ricardo. Conexión de un sistema fotovoltaico a la red eléctrica. Pereira: Scientia et Technica, 2010. ISSN 0122-1701.
- Galarreta, Octavio. Energía fotovoltaica en el Perú. Lima, 16 de Diciembre de 2011.
- Hart, Daniel W. Electronica de Potencia. Madrid: Prentice Hall, 2001. 0-02-351182-6.
- Jang, Yungtaek y Jovanovic, Milan M. New Two-Inductor Boost Converter with Auxiliary Transformer. s.l.: Delta Products Corporation-Power Electronics Laboratory, 2002.
- Klimczak, Pawel. Modular Power Electronic Converters. Aalborg, Dinamarca : Institute of Energy Technology, 2009.
- Liccardo, F., Marino, P. y Triggianese, M. Interleaved dc-dc Converters for Photovoltaic Modules. Napoli. : Seconda Univesita degli Studi di Napoli, Aversa.
- Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica. San José, Costa.
- National Instruments. Photovoltaic Cell Overview. [En línea] [Citado el: 15 de Octubre de 2011.]
- Pacheco, V.M., y otros. ADC-DC converter Adequate for Alternative Supply System Applications. Uberlandia, Brasil: Universidade Federal de Uberlandia, 2002.
- Photon - La revista de fotovoltaica. s.l.: PHOTON USA Corp. , 2011.
- Photovoltaic Cell I-V Characterization Theory.

- Prudente, Marcos, y otros. Voltage Multiplier Cells Applied to Non-Isolated DC–DC Converters. Sao Leopoldo, Brasil: IEEE Transactions on Power Electronics, 2008.
- R.Mahalakshmi. Implementation of zero current switching in step-up/step-down resonant converter. Coimbatore, India: Electrical and Electronics Engineering Kumaraguru college of Technology, 2011. 0975-5462.
- Schönberger, John. Modeling of a Photovoltaic. Zürich: s.n., 2009.
- Severns, Rudy. Design of snubbers for power circuits. 2009.
- Sulaiman, Diary R., Amin, Hilmi F. y Said, Ismail K. Design of High DC-DC Converter for Photovoltaic Solar Home Applications. Kurdistan, Iraq: Departament of Electrical Engineering, University of Salahaddin-Hawler.
- Torrico-Bascope, René, y otros. A New Isolated DC-DC Boost Converter using Three-State Switching Cell. Fortaleza, Brasil : Universidade Federal do Ceara, 2008.
- Torrico-Bascope, Grover, y otros. A High Step-Up DC-DC Converter Based on Three-State Switching Cell. Montreal, Canada: s.n., 2006.
- Undelnd, Mohan y Robbins. Power electronics, conveters aplicaciones and design. s.l. : John Wiley & Sons, 2003.
- Walker, Geoffrey y Sernia, Paul C. Cascaded DC-DC Converter Connection of Photovoltaic Modules. Queensland, Australia: IEEE Transactions on Power Electronics, 2004.

LINKOGRAFIA

1.- Energía solar fotovoltaica

http://www.appa.es/09fotovoltaica/09que_es.php

2.- Qué es la Energía Solar Fotovoltaica

<http://www.monografias.com/trabajos61/energia-fotovoltaica/energia-fotovoltaica.shtml>

3.- Energía solar fotovoltaica

<http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Energia/EnergiasRenovables/EnergiaSolarFotovoltaica.asp>

4.- Energía solar fotovoltaica, historia y desarrollo

<http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar>

5.- Imágenes de energía fotovoltaica

<https://www.google.com.pe/search?q=energia+fotovoltaica&biw=1040&bih=626&espv=2&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwi2m5e1rNLJAhVILyYKHVfPDRQQsAQIKg>

ANEXOS.

ANEXO: 1 AREA DE LA PLATAFORMA PARA EL PARADERO



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

ANEXO: 2 CONSTRUCCION DE LA ESTRUCTURA DEL PARADERO



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

ANEXO: 3 INSTALACION DE EQUIPOS AL SISTEMA FOTOVOLTAICO



FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

ANEXO: 4 PARADERO ILUMINADO EN LA NOCHE




FUENTE: ELABORADO POR EL AUTOR

ANEXO: 5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BATERÍA

Equipos fotovoltaicos
Baterías solares
PowerSafe

**Acumuladores solares
POWERSAFE**

Baterías para sistemas solares - energía renovable
Power Safe. Ya sea tras de su reposición de fin de semana, de una autocaravana, de una embarcación, o de la fuente de alimentación móvil para su radio o TV, con un sistema de placas solares y una batería de Johnson Controls, usted contará con una solución avanzada y económica para sus necesidades de alimentación móvil, incluso por la noche o en días nublados tendrá la certeza de contar con una fuente de energía fiable.



**Baterías estacionarias VRLA
PowerSafe**

Modelo	Tipo GEL AGM VRLA	AMPS hora Capacidad Ah @ 10 h	AMPS hora Capacidad Ah @ 8 h	VOLTS Tensión nominal Vn	Vida útil Ciclos 50% Stand by use años	AMPS Corriente máxima Imax 5 s	PESO kg	TAMAÑO L x ancho x alt. ø en mm
12V30F	VRLA	31 Ah	31 Ah	12 V	> 12 a	A	10,8 kg	200*97*169 mm
12V38F	VRLA	38 Ah	38 Ah	12 V	> 12 a	A	12,5 kg	200*97*184 mm
12V52F	VRLA	62 Ah	62 Ah	12 V	> 12 a	A	19,7 kg	200*97*264 mm
12V92F	VRLA	92 Ah	92 Ah	12 V	> 12 a	A	28,0 kg	309*108*264 mm
12V105F	VRLA	105 Ah	107 Ah	12 V	> 12 a	A	46,0 kg	361*128*338 mm
12V125F	VRLA	125 Ah	126 Ah	12 V	> 12 a	A	56,0 kg	361*105*316 mm
12V155F	VRLA	150 Ah	155 Ah	12 V	> 12 a	A	57,7 kg	361*128*303 mm
12V165F	VRLA	165 Ah	165 Ah	12 V	> 12 a	A	67,0 kg	361*128*316 mm

ESPECIFICACIONES

- Células cuadradas de electrolito monocrómico.
- Células selladas herméticamente y con capa antirreflejo.
- Contactos recubiertos múltiples en cada célula.
- Circuito laminado entre dos capas de EVA (etileno-vinil-acetato).
- Marco de perfil de aluminio anodizado.
- Cara frontal protegida con vidrio templado de alta transmisividad.
- Cara posterior protegida con tejido de varias capas.
- Caja de conexión incluyendo diodos de bypass.
- Toma de tierra exterior.
- Diseñado y fabricado cumpliendo especificaciones ESTI 503, TÜV, CEI/IEC 1215, EN 61215.

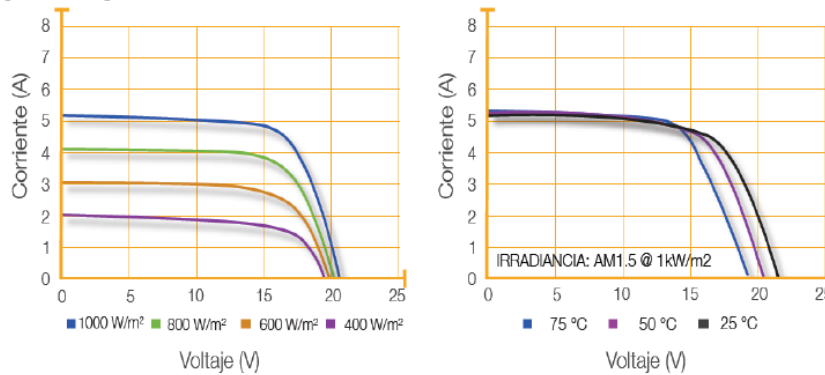
* Los datos técnicos de los modelos pueden ser cambiados sin aviso.

ANEXO: 6 DESEMPEÑO DEL MÓDULO RESPECTO A LA TEMPERATURA

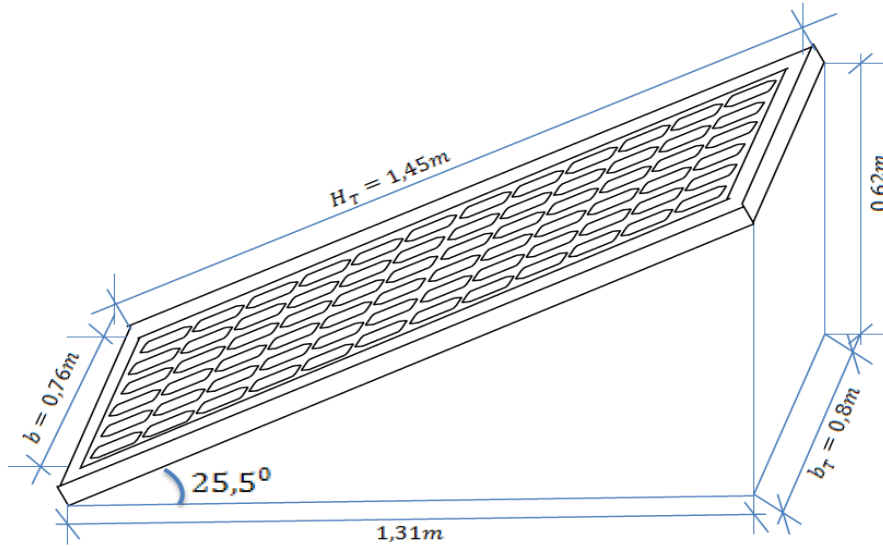
Xantia-Xamuels Series ST-8900-AD

Módulo solar mono-cristalino de alto desempeño de 80 y 95 Watts

Curvas I-V Características



ANEXO: 7 ANGULO DE INCLINACIÓN DEL PANEL



ANEXO: 8 TABLA: LONGITUD DE LOS CABLES SEGÚN SU AMPERAJE

CALIBRE AWG - MCM	SECCIÓN REAL (mm²)	INTENSIDAD ADMISIBLE (AMPERIOS)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.3	100
4	21.15	130
3	26.67	150
2	33.63	175
1	42.41	205
1/0	53.48	235
2/0	67.43	275
3/0	85.03	320
4/0	107.2	370
250 MCM	126.77	410
300MCM	151	460

ANEXO: 9 TABLA: DATOS TECNICOS DE LOS MODULOS SOLARES

	20	50	55	85	90	120	140
Marca	Sun Earth	Sun Earth	Ninfo	Ninfo	Sun Earth	Solar Land	Sun Earth
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS							
		631x665x30 mm		1.224 x 545 x 39,5	1.200 x 527 x 34		
Peso		6,4			8		
Número de células en serie		36		36	36		
Numero de células en paralelo							
TONC (800 W/m ² , 20°C, AM 1.5, 1m/s)							
ELÉCTRICAS (1.000 W/m², 25°C célula, AM 1.5)							
Tensión nominal (Vn)	12 V	12 V	12 V	12 V	12 V	12 V	12 V
Potencia máxima (Pmáx)	20 Wp	50 Wp	55 wp	85 Wp	90 Wp	120 Wp	140 Wp
Corriente de cortocircuito (Isc)	1,24	3,24	3,4	4,98	5,28	8,20	8.43
Tensión de circuito abierto (Voc)	21,8	21,7	21,92	22,3	22.30	21,7	22
Corriente de máxima potencia (Imáx)	1,14	2,86	3,11	4,65	4.98	7,80	8
Tensión de máxima potencia (Vmáx)	17,6	17,5	17,64	17,5	18.10	19,0	17.5

ANEXO:10 TABLA: MEDIA MENSUAL DE UV DIARIA EN EL PERU

ESTIMACION DE LA MEDIA MENSUAL DE LA RADIACION SOLAR DIARIA EN EL PERU

DEPARTAMEN TO	PROVINCIA	DISTRITO	LAT	ALT	IRRADIACION DIARIA MEDIA MENSUAL EN kWh/m ²												MEDIA ANUA L
			GRA D	m	EN E	FE B	MA R	AB R	MAY O	JU N	JU L	AGO S	SEP T	OC T	NO V	DI C	kWh/m ²
TUMBES	TUMBES	CORALES	3.6	85	4.6	4.9	5.1	4.9	4.5	4.1	3.0	3.9	4.2	4.2	4.6	4.9	4.5
PIURA	TALARA	EL ALTO	4.3	270	4.5	4.6	4.5	4.1	3.9	3.4	3.5	3.6	3.9	3.9	4.0	4.4	4.0
PIURA	HUANCABAMBA	HUANCABAMBA	5.2	57	4.6	4.8	4.5	4.7	4.4	4.2	4.4	5.0	5.1	4.9	4.4	4.9	4.7
LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	6.7	10	5.4	5.4	5.2	5.0	4.6	3.9	3.8	4.3	4.9	5.1	5.3	5.3	4.9
LAMBAYEQUE	CHICLAYO	CAYALTI	7.1	150	5.9	5.9	5.5	5.5	5.0	4.4	4.5	4.9	5.6	5.8	6.1	6.2	5.5
LA LIBERTAD	ASCOPE	CASAGRANDE	7.7	150	4.8	5.1	4.7	4.5	4.5	3.4	3.3	4.1	4.1	4.7	4.9	5.1	4.4
LA LIBERTAD	ASCOPE	CARTAVIO	7.9	51	5.0	6.1	5.0	4.7	4.8	3.8	3.6	4.4	4.3	4.9	5.3	5.5	4.8
ANCASH	SANTA	EMPEÑA	9.2	203	5.5	6.4	5.9	5.3	5.5	3.5	3.7	4.6	4.5	5.6	5.7	5.7	5.2
ANCASH	HUARAZ	HUARAZ	9.5	30	5.2	5.0	5.0	5.1	4.9	4.7	4.9	5.3	5.4	5.4	5.5	5.2	5.1
LIMA	BARRANCA	PARAMONGA	10.7	15	5.3	4.4	5.1	4.7	2.7	1.9	2.3	2.1	2.7	4.3	4.9	5.5	3.0
LIMA	LIMA	JESÚS MARIA	12.1	10	5.5	5.3	5.2	5.0	5.6	2.3	2.0	2.2	2.4	3.3	4.0	4.8	3.8
LIMA	LIMA	LA MOLINA	12.1	150	4.3	4.9	4.2	4.3	3.7	2.2	2.0	2.0	2.2	2.8	3.3	4.2	3.4
ICA	CHINCHA	CHINCHA ALTA	13.4	94	5.3	4.7	4.9	5.0	3.5	2.7	2.6	3.2	3.9	4.8	5.6	4.9	4.2

ICA	ICA	CAUCATO	13.7	35	5.8	5.7	5.8	5.0	4.3	3.2	3.2	3.6	4.8	5.1	5.1	5.5	4.8
ICA	NAZCA	MARCONA	15.1	620	5.4	5.1	5.2	4.9	4.3	3.8	3.8	4.4	5.1	5.8	5.8	5.7	4.9
AREQUIPA	AREQUIPA	AREQUIPA	16.3	215 0	5.4	5.1	5.0	5.2	4.5	4.4	4.5	5.1	5.7	6.1	6.5	6.2	5.3
AREQUIPA	AREQUIPA	CHARACATO	16.4	245 1	5.2	5.0	5.2	5.1	4.6	4.4	4.6	5.2	5.7	6.6	6.5	5.9	5.3
AREQUIPA	AREQUIPA	PAMPA DE MAJES	16.5	140	5.8	5.5	5.7	5.4	4.7	4.5	4.8	5.3	5.0	6.7	6.6	6.4	5.6
MOQUEGUA	MARISCAL NIETO	MOQUEGUA	17.2	141 2	5.5	5.3	5.8	5.2	4.6	4.3	4.4	4.8	5.7	6.4	6.6	6.3	5.4
TACNA	TARATA	PAUCARANI	17.5	454 1	5.1	5.3	5.0	5.8	4.8	4.7	4.8	5.5	5.8	6.2	6.1	5.6	5.4
TACNA	TACNA	CALANA	17.9	875	5.6	5.5	5.2	4.8	4.2	3.8	4.0	4.4	4.9	5.7	6.0	5.9	5.0
CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	7.1	264 0	4.5	4.4	4.3	4.2	4.2	4.1	4.8	4.5	4.4	4.6	4.9	4.7	4.5
HUANUCO	LEONCIO PRADO	TINGO MARIA	9.1	640	3.8	3.9	3.8	3.8	3.7	3.6	3.9	4.6	4.5	4.5	4.2	3.9	4.0
HUANUCO	HUANUCO	HUANUCO	9.9	189 5	4.5	4.3	4.4	4.4	4.3	4.2	4.4	4.7	4.7	4.9	4.9	4.7	4.5
JUNIN	CHANCHAMAYO	HUMAYA	11.1	-1	5.1	5.3	5.3	4.7	4.6	3.5	3.6	4.3	4.2	5.0	4.9	5.3	4.7
JUNIN	HUANCAYO	HUACHAC	12	115 0	5	4.9	4.7	4.7	4.6	4.4	4.5	4.8	4.9	5.3	5.4	5.2	4.9
HUANCVELIC A	CASTROVIRREY NA	ACONOCOCH A	13.1	452 0	4.9	3.7	4.1	4.3	4.2	4.6	4.3	4.6	4.9	4.9	5.2	4.9	4.6
AYACUCHO	HUAMANGA	AYACUCHO	13.2	276	5.1	5.1	4.7	4.7	4.5	4.2	4.2	4.7	5.0	5.4	5.7	5.3	4.9

				0													
APURIMAC	ABANCAY	ABANCAY	13.6	2378	4.8	4.7	4.7	4.6	4.4	4.2	4.2	4.7	5.0	5.5	5.4	5.0	4.7
CUZCO	LA CONVENCION	SANTA ANA	12.9	920	4.0	4.0	4.0	3.8	3.9	3.8	3.9	4.0	4.1	4.3	4.3	4.9	4.0
CUZCO	CUZCO	SAN JERONIMO	13.6	320	4.6	4.6	4.6	4.6	4.4	4.3	4.4	4.6	4.9	5.2	5.2	4.8	4.7
PUNO	PUNO	PUNO	15.8	3875	5.1	5.2	5.1	5.1	4.6	4.4	4.6	5.0	5.5	6.0	6.0	5.6	5.2
AMAZONAS	BAGUA	HDA. VALOR	5.7	421	4.1	4.2	4.4	4.4	4.1	4.2	4.1	4.6	4.8	4.9	5.3	4.8	4.5
SAN MARTIN	SAN MARTIN	JUAN GUERRA	6.6	30	3.9	4.0	3.8	3.4	3.7	3.6	3.9	4.2	4.2	4.3	4.2	4.1	4.0
LORETO	MAYNAS	IQUITOS	3.8	125	3.4	3.7	3.5	3.7	3.0	3.1	3.7	4.2	4.7	3.8	4.2	3.8	3.7
LORETO	REQUENA	REQUENA	5.0	180	3.9	4.0	3.7	3.5	3.4	3.4	3.7	4.2	4.3	4.4	4.2	3.8	3.9
UCAYALI	PADRE ABAD	PADRE ABAD	8.5	270	4.0	3.9	3.8	3.5	3.7	3.5	4.0	4.6	4.6	4.5	4.2	4.1	4.0
UCAYALI	ATALAYA	YURAC-YURAC	9.0	-1	2.5	2.6	2.7	2.7	2.7	3.0	3.3	3.8	4.0	3.5	3.4	3.2	3.1
MADRE DE DIOS	TAHUAMANU	IBERIA	11.4	150	3.7	3.7	3.7	3.7	3.5	3.5	3.8	4.3	4.3	4.1	4.2	3.9	3.9

ANEXO: 11 TABLA: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS BATERIAS

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Modulo Solar, Solar Word, 80 Wp,12 Vdc, Monocristalino	36	Unid.	440	15840
2	Controlador de carga Steca Solarix_ PRS, Bitensión 12/24 Vdc, 30 Amp.	3	Unid.	310	930
3	Batería Sonnenschein 1959 Ah - 2 VDC - Gelificada, uso solar	12	Unid.	3100	37200
4	Inversor Steca, modelo XPC 24/1600, 220 VAC / 60 Hz / OP	1	Unid.	2400	2400
5	Cable AWG 2x10 Vulcanizado – Marca INDECO (Modulo – Regulador)	56	Metros	9	504
6	Cable AWG 8 Bipolar – Marca INDECO (Regulador – Batería)	45	Metros	9	405
7	Cable AWG 2x14 Vulcanizado – Marca INDECO (Regulador - Cargas)	100	Metros	8	800
8	Tablero Electrónico de 50*40*20	3	Und.	80	240
9	Llave termo magnética de 10 Amperios	4	Und.	6	24
10	Riel para llave termo magnética	6	Und.	5	30
11	Bornera de Bakelita de 15 amperios	5	Und.	5	25
12	Soporte para batería de Fe Galvanizado	1	Und.	1072	1072
13	Soporte para módulo de Fe Galvanizado	1	Und.	810	810
14	Accesorios para instalación (pernos, precintos, Canaletas, etc.)	1	Und.	600	600
15	Instalación	1	Und.	2800	2800
				Precio Total	63680

ANEXO: 12 TABLA: W/HORA DE ARTEFACTOS ELECTRICOS

TABLA DE POTENCIA ELECTRICA DE ARTEFACTOS ELECTRICOS

Artefacto eléctrico que utiliza normalmente	Potencia	
	(Watts)	(kilowatts)
Cocina eléctrica de 4 hornilla	4 500	4.5
Ducha eléctrica	3 500	3.5
Secadora de ropa	2 500	2.5
Aire acondicionado (10 000 BTU - 220 V)	1 800	1.8
Hervidor de agua (Jarra eléctrica)	1 500	1.5
Calentador de agua (terma eléctrica)	1 500	1.5
Aspiradora	1 300	1.3
Horno Eléctrico	1 200	1.2
Lavaplatos	1 200	1.2
Secadora de cabello	1 200	1.2
Blowers (secadora profesional)	1 200	1.2
Horno Microondas	1 200	1.2
Olla arrocera	1 000	1
Plancha eléctrica	1 000	1
Tostadora	1 000	1
Waflera	1 000	1
Fotocopiadora comercial	900	0.9
Bomba de piscina	800	0.8
Electrobomba de 1 HP	746	0.75
Cafetera	600	0.6
Taladro manual comercial (600 W)	600	0.6
Lavadora	500	0.5
Congeladora comercial	500	0.5
Ventilador de techo	500	0.5
Máquina de coser ropa (1/2 HP)	350	0.35
Refrigeradora(**)	350	0.35
Campana extractora de aire	300	0.3
Licuadora	300	0.3
Lustradora	300	0.3
Congeladora residencial	250	0.25
Reflector (floodlight)	250	0.25
Computadora (cpu y monitor)	200	0.2
Batidora	200	0.2
TV de 21 pulgadas color	200	0.2
DVD (Video Digital)	200	0.2
Escáner (Digitalizador)	150	0.15
Fax	150	0.15

Impresora	150	0.15
Equipo de sonido (estéreo)	120	0.12
Foco incandescente de 100 W	100	0.1
TV de 21 pulgadas blanco y negro	100	0.1
VHS	100	0.1
VCR (Lectora Video)	100	0.1
Monitor Computadora	75	0.08
Extractor de jugo (exprimidor)	50	0.05
Fluorescente de 40 W	40	0.04
Fluorescente de 32 W	32	0.03
Modem ADSL (Internet)	30	0.03
Foco ahorrador 20 W	20	0.02
Radio Reloj	10	0.01
Timbre de pared con transformador	10	0.01

ANEXO: 13 RECURSOS HUMANOS

Nº	Oficio
1	Soldador
2	Albañil
3	Carpintero
4	Electricista
5	Ayudante

ANEXO: 14 MATERIALES.

Nº	Material
1	Cemento
2	Fierro corrugado
3	Tubo rectángulo
4	Tubo cuadrado
5	Fierro ángulo
6	Fierro T
7	Tablones
8	cuartones
9	Plancha de fierro
10	Policarbonato

11	Alambre
12	Clavos
13	Pernos
14	Pintura
15	Ladrillos
16	Arena
17	Vidrios
18	Silicona
19	Canaleta
20	Soldadura

ANEXO: 15 PRESUPUESTO DEL PROYECTO.

Nº	Detalle del gasto	Cantidad	Monto
	Ítems		Costo (\$)
1	Útiles de escritorio,memorias USB		500.00
2	Línea de internet (4 meses)		600.00
3	Pasaje y viáticos para toma de datos en la zona de estudio.		2400.00
4	Compra de instrumentos para toma de datos y		2 000.00

	material bibliográfico.			
5	Edición final de la tesis y empastado		500.00	
6	Sustentación de la Tesis		300.00	
7	Imprevistos		300.00	
Nº	Oficio	Cantidad	Costo	
1	Soldador	2	1500	
2	Albañil	2	1200	
3	Carpintero	1	400	
4	Electricista	1	300	
5	Ayudante	2	400	
Total		8	3800	
Nº	Material	Cantidad	Costo unitario \$	Costo final \$
1	Cemento	30	25	750
2	Fierro corrugado	15	12	180
3	Tubo rectángulo	10	25	250
4	Tubo cuadrado	6	23	138
5	Fierro ángulo	8	18	144
6	Fierro T	5	21	105
7	Tablones	15	12	180
8	Cuartones	10	8	80
9	Plancha de fierro	2	90	180
10	Policarbonato	2	400	800
11	Alambre	1	30	30
12	Clavos	1	10	10

13	Pernos	1	25	25
14	Pintura	2	50	50
15	Ladrillos	100	0.70	70
16	Arena	8	100	800
17	Vidrios	3	120	360
18	Silicona	10	7	70
19	Canaleta	8	5	40
20	Soldadura	15	14	210
TOTAL				4382