

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS.**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA.**



DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LA MEDICIÓN
EXPERIMENTAL DE LA EFICIENCIA EN TIEMPO REAL DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO (38.4 WATTS) EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO

**TESIS PRESENTADA POR:
DARWIN CANAZA CHIQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PUNO – PERÚ

2018

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

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LA MEDICIÓN
EXPERIMENTAL DE LA EFICIENCIA EN TIEMPO REAL DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO (38.4 WATTS) EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO.**

PRESENTADA POR:
DARWIN CANAZA CHIQUE



PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

FECHA DE SUSTENTACION: 22/08/2018

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

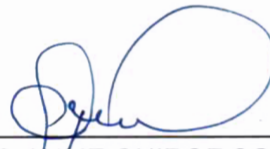
PRESIDENTE:


M.Sc. WALTER OSWALDO PAREDES PAREJA


PRIMER MIEMBRO:


M.Sc. MARIO MAMANI PAMPA

SEGUNDO MIEMBRO:


M.Sc. ROBERTO JAIME QUIROZ SOSA

DIRECTOR / ASESOR:


M.Sc. JOSE MANUEL RAMOS CUTIPA

Área : CONTROL
Tema : ENERGIAS RENOVABLES

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a mi familia, a la escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, a la Universidad Nacional del Altiplano, a mi departamento de Puno y a todos mis amigos y conocidos por todo lo compartido y enseñado en el transcurso de mi vida.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a la memoria de mi ejemplar padre, para mi noble madrecita y para mis dos lindas hijas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	X
CAPÍTULO I	13
1. INTRODUCCION.	13
1.1. Situación actual y normativa de los sistemas fotovoltaicos en el Perú.....	15
1.2. Planteamiento Del Problema.	17
1.2.1. Problema General	18
1.2.2. Problemas Específicos:.....	18
1.3. Justificación Del Problema.....	18
1.3.1. Justificación Técnica:	19
1.3.2. Justificación Económica	19
1.3.3. Justificación Académica.	19
1.4. Objetivo General:	20
1.4.1. Objetivos Específicos:	20
1.4.2. Método de investigación.....	20
1.5. Estado del arte	21
CAPÍTULO II	22
2. REVISIÓN DE LITERATURA	22
2.1. Antecedentes De La Investigación	22
Primer Antecedente:	22
Segundo Antecedente:.....	22
2.2. Energía Solar	23
2.2.1. Tecnología solar fotovoltaica.....	23
2.2.2. Radiación Solar	23
2.2.3. Radiación Solar En Una Superficie Inclined.....	24
2.2.4. Medición De Radiación Solar.....	24
2.2.5. Radiación Solar Promedio En El Departamento De Puno.	25
2.2.6. Ubicación estratégica de las centrales fotovoltaicas en Perú.....	26
2.3. El Panel Fotovoltaico	27
2.3.1. Clasificación de los paneles solares	28
2.3.2. Evolución del costo a nivel mundial de los paneles solares	30
2.4. Estructura De La Célula Solar	30
2.4.1. El Efecto Fotoeléctrico	32
2.4.2. Curva característica I-V de un panel fotovoltaico.....	33

2.4.3.	La corriente de cortocircuito (I_{SC}).....	33
2.4.4.	Voltaje de circuito abierto (V_{OC}).....	34
2.4.5.	Punto de potencia máxima P_{max}	34
2.4.6.	Factor de forma	34
2.4.7.	Eficiencia de un panel fotovoltaico.....	35
2.4.8.	Condiciones estándar de prueba (STC).....	35
2.5.	Modelo Matemático De Una Célula Solar.....	35
2.5.1.	Tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito.....	40
2.5.2.	Efecto del tamaño físico	41
2.5.3.	Efecto de la temperatura	44
2.5.4.	Efecto intensidad de luz.....	46
2.5.5.	Serie de resistencia	48
2.5.6.	Una señal analógica.....	49
2.5.7.	La señal digital	50
2.6.	Matlab®	50
2.6.1.	Características principales	50
CAPITULO III.....		52
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	52
3.1.	Ubicación del Proyecto.....	52
3.2.	Equipos e instrumentos utilizados	53
3.2.1.	Microprocesador Arduino Uno R3	53
3.2.2.	Sensor de corriente allegro ACS712TELC 30A +- 30A.....	53
3.2.3.	Sensor de Corriente de Voltaje Max471	54
3.2.4.	Sensor De Temperatura Y Humedad DHT11	55
3.2.5.	Cable UART USB para Arduino	55
3.2.6.	Piranómetro	56
3.2.7.	Carga variable electrónica de 0-30 V y 0 a 10 A	57
3.3.	Esquema De Conexión Del Sistema	58
CAPITULO IV.....		59
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1.	Modelo matemático en Simulink® del panel fotovoltaico.....	59
4.1.1.	Parámetros de panel fotovoltaico para simulación en Simulink®.....	59
4.1.2.	Modelo en Simulink® de corriente de saturación.....	60
4.1.3.	Modelo en Simulink® de corriente de saturación inversa.....	60
4.1.4.	Modelo en Simulink® de corriente de shunt.	61
4.1.5.	Modelo en Simulink® de corriente del foto diodo.....	62
4.1.6.	Modelo en Simulink® de corriente del panel fotovoltaico.	62
4.1.7.	Modelo en Simulink® de curvas V-I, V-P del panel fotovoltaico.	63

4.1.8.	Análisis De Los Resultados Obtenidos en Simulink.....	63
4.2.	Diseño de sistema usando Matlab Con Placa Arduino.....	64
4.2.1.	Parámetros de panel fotovoltaico para simulación en tiempo real.	65
4.2.2.	Desarrollo Del Programa En Matlab – Arduino con simulación de sensores.....	65
4.2.3.	Análisis De Los Resultados del Programa En Matlab -Arduino.	66
4.3.	Sistema de control para panel solar AEG Modelo PQ10/40/02.	68
4.3.1.	Parámetros de panel fotovoltaico.....	69
4.3.2.	Desarrollo Del Programa	69
4.3.3.	Análisis De Los Resultados.	70
4.4.	Impacto de la radiación y temperatura en generadora Tacna Solar (20 Mw).	72
CAPITULO V.....		75
5.	CONCLUSIONES	75
CAPITULO VI.....		76
6.	RECOMENDACIONES	76
CAPITULO VII.....		77
7.	REFERENCIAS.....	77
CAPITULO VIII.....		78
8.	ANEXOS	78
	ANEXO A: DESARROLLO DEL PROGRAMA EN MATLAB	78
	ANEXO B: HOJA DE DATOS DEL PANEL “TYN-85S5”	82
	ANEXO C: HOJA DE DATOS ARDUINO UNO.....	84
	ANEXO D: HOJA DE DATOS SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA.	87
	ANEXO B: HOJA DE DATOS OBTENIDOS DE LA SIMULACION EN TIEMPO REAL.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: piranometro.....	25
Figura 2.2: Promedio anual de radiación en el departamento de PUNO.....	26
Figura 2.3: ubicación estratégica de las centrales fotovoltaicas en Perú.....	27
Figura 2.4: componentes de panel fotovoltaico	28
Figura 2.5: Células mono-cristalinas, poli-cristalinas, de película.....	29
Figura 2.6: Diagrama de banda de una célula solar de silicio.....	31
Figura 2.7: La corriente fotogenerada	32
Figura 2.8: Efecto fotoeléctrico.....	32
Figura 2.9: Curva característica y curva de potencia de un módulo fotovoltaico	33
Figura 2.10: El circuito equivalente de una célula solar	36
Figura 2.11: Efecto de la temperatura de una célula solar.	46
Figura 2.12: curva característica I-V en diferentes irradiaciones.....	47
Figura 2.13: Curva característica P-V a diferentes irradiaciones.....	48
Figura 2.14: Efecto de la resistencia en serie de una célula Solar.....	49
Figura 3.1: ubicación del proyecto, UTM: -15.851883, -70.020763	52
Figura 3.2: Placa Arduino Uno R3.	53
Figura 3.3: Sensor de corriente allegro ACS712TELC 30A +- 30A.	54
Figura 3.4: Sensor de Corriente de Voltaje Max471.	55
Figura 3.5: Sensor De Temperatura Y Humedad DHT11	55
Figura 3.6: Cable Uart- Usb para Arduino	56
Figura 3.7: panel solar pequeño usado como piranometro.	56
Figura 3.8: Carga variable electrónica de 0-30 V y 0 a 10 A.....	57
Figura 3.9: Carga variable electrónica de 0-30 V y 0 a 10 A, bornes de conexión.	57
Figura 3.10: Esquema de conexión del sistema.....	58
Figura 4.1: Modelo en Simulación de corriente de saturación.....	60
Figura 4.2: Modelo en Simulación de corriente de saturación inversa.	61
Figura 4.3: Modelo en Simulación de corriente de Shunt.....	61
Figura 4.4: Modelo en Simulación de corriente del foto diodo.	62
Figura 4.5: Figura 31: Modelo en Simulación de corriente del panel fotovoltaico.	63
Figura 4.6: Modelo en Simulink® de curvas V-I, V-P del panel fotovoltaico.....	63
Figura 4.7: curvas V-I, V-P del panel fotovoltaico en Simulink a 25°c y 1000 kwh/m2.	64
Figura 4.8: Simulación de sensores en panel fotovoltaico 200 w	66
Figura 4.9: simulación en Tiempo real con variación de la Radiación Solar.	67
Figura 4.10: Simulación en Tiempo real con variación de la Temperatura del panel fotovoltaico.	68
Figura 4.11: Esquema de conexión Panel fotovoltaico. AEG Modelo PQ10/40/02.....	70
Figura 4.12: Análisis del comportamiento del panel fotovoltaico AEG Modelo PQ10/40/02. Día: 05.01.2018.	71
Figura 4.13: Análisis del comportamiento del panel fotovoltaico AEG Modelo PQ10/40/02. Día: 28.01.2018.	72
Figura 4.14: Aplicativo de la NASA para obtención de datos de Radiación y temperatura.	73
Figura 4.15: Ubicación de central fotovoltaica Tacna Solar (20 Mw.)	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Evolución de precios panel solar (\$/watt).....	30
Tabla 3.1: datos de ubicación en puno.	52
Tabla 4.1: datos de fábrica de un panel fotovoltaico de 200 watts.	59
Tabla 4.2: Parámetros de panel fotovoltaico para simulación en Tiempo real con Arduino.	65
Tabla 4.3: Parámetros de panel fotovoltaico AEG Modelo PQ10/40/02.	69
Tabla 4.4: cuadros de generación, radiación, temperatura máxima y mínima para la central Tacna Solar (20 Mw).	74

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

V_T : Tensión térmica (v)

Voc: Voltaje de circuito abierto

G: Irradiación actual del Sol (W/m^2)

Isc: Corriente De Corto Circuito De panel fotovoltaico

I_L : Corriente fotogenerada

n: Factor de idealidad del diodo

T: Temperatura estándar de panel fotovoltaico

R_s : Resistencia en serie del panel fotovoltaico

R_{sh} : resistencia en paralelo del panel fotovoltaico

q: Carga del electrón

A: factor de idealidad del panel fotovoltaico

COES: Comité de operación económica del sistema eléctrico

MEM: Ministerio Energía y Minas

NASA: National Aeronautics and Space Administration

RESUMEN

El presente trabajo se presenta el desarrollo de un sistema de control para el monitoreo en tiempo real de un panel fotovoltaico AEG Modelo PQ10/40/02 de 38.4 Watts de potencia, usando como hardware un adquisidor de datos Arduino UNO R3, sensores de irradiación, temperatura, voltaje y corriente. Y como softwares Matlab y IDE Arduino V.1.8.1. Los sensores de irradiación y temperatura se utiliza para la verificar cómo las condiciones ambientales influyen en la producción de energía del panel fotovoltaico en el departamento de puno, los sensores de voltaje y corriente son instalados en la bornera de salida del panel fotovoltaico para la obtención de las curvas de voltaje - corriente, voltaje - potencia. Mediante el modelamiento matemático de los paneles fotovoltaicos se valida, por una parte las características técnicas del panel fotovoltaico dadas por el fabricante y por otra parte las curvas de voltaje - corriente, voltaje - potencia que fueron obtenidos en tiempo real en campo por el sistema de control desarrollado en función a la influencia de las condiciones ambientales. Este trabajo se realizó en el departamento de Puno del territorio Peruano. Con el cual se pretende demostrar que se puede realizar sistemas de control baratos, también verificar cual es el verdadero desenvolviendo de los paneles fotovoltaicos en nuestra región de Puno.

Palabras Clave: Paneles fotovoltaicos, Arduino, Matlab®, sistemas de control.

ABSTRACT

This paper presents the development of a control system for the real-time monitoring of an AEG PQ10 / 40/02 photovoltaic panel with 38.4 Watts of power, using as hardware an Arduino UNO R3 data acquisition, irradiation sensors, temperature, voltage and current. And like Matlab and IDE Arduino software V.1.8.1. The irradiation and temperature sensors are used to verify how the environmental conditions influence the production of energy of the photovoltaic panel in the department of fist, the voltage and current sensors are installed in the output terminal of the photovoltaic panel to obtain the curves of voltage - current, voltage - power. The mathematical modeling of the photovoltaic panels validates, on the one hand, the technical characteristics of the photovoltaic panel given by the manufacturer and, on the other hand, the voltage - current, voltage - power curves that were obtained in real time in the field by the system. control developed according to the influence of environmental conditions. This work was carried out in the department of Puno of the Peruvian territory. With which it is tried to demonstrate that cheap control systems can be realized, also to verify what is the real one evolving of the photovoltaic panels in our region of Puno.

Key Words: Photovoltaic panels, arduino, Matlab®, control systems.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCION.

Actualmente en el país se tiene sistemas fotovoltaicos para generación de energía conectados al sistema interconectado nacional (SEIN) y sistemas fotovoltaicos instalados en los lugares más alejados a donde no llega líneas de transmisión eléctrica de las concesionarias de distribución, con el presente trabajo se desarrolla un sistema de control en tiempo real con el objetivo de ver el desenvolviendo de un panel fotovoltaico AEG Modelo PQ10/40/02 con las condiciones climatológicas en nuestro departamento de Puno.

En el **capítulo I:** Se efectúa un resumen de la situación actual y la normativa existente para los sistemas fotovoltaicos en nuestro país también se efectua el planteamiento del problema, se formula las interrogantes de investigación, así mismo se describe la justificación y objetivos del presente proyecto.

En el **capítulo II:** Corresponde a revisión de literatura de la investigación, donde se desarrolla los antecedentes de la investigación también temas como energía solar, panel fotovoltaico, estructura de la célula solar, modelamiento matemático de una célula solar y se describe las características y el potencial del software Matlab. En donde se observa las curvas V-I de los sistemas fotovoltaicos que responden a diferentes radiaciones, temperaturas, tamaños de carga.

En el **capítulo III:** Se da a conocer los materiales y métodos utilizados para la presente tesis, también el lugar donde se realizó la investigación en este caso en el departamento de Puno, las características de los sensores, panel fotovoltaico, y se muestra

los esquemas de conexión del sistema fotovoltaico utilizados con el fin de validar la respuesta del modelamiento matemático en el Software Matlab.

En el **capítulo IV**: Se desarrolla el análisis e interpretación de resultados del sistema fotovoltaico implementado en Simulink, los resultados obtenidos al simular un sistema fotovoltaico usando Arduino. Los resultados de investigación del sistema fotovoltaico real usando Arduino.

En el **capítulo V**: se desarrollan las conclusiones en donde se muestra el porcentaje de error del sistema de control y la eficiencia del panel fotovoltaico utilizado en la presente tesis.

En el **capítulo VI**: Se desarrollan las sugerencias para posteriores trabajos de investigación de la presente tesis.

En el **capítulo VII**: Se muestra la bibliografía revisada para el desarrollo de la presente tesis.

En el **capítulo VIII**: Se desarrolla anexos en donde se muestra los DATA SHEET de los equipos utilizados, el desarrollo del código en Matlab del sistema de control, el resultado de los cálculos a partir del modelamiento matemático del sistema de control del sistema fotovoltaico del presente proyecto de tesis.

1.1. Situación actual y normativa de los sistemas fotovoltaicos en el Perú.

La energía eléctrica desempeña un papel de gran relevancia en la vida de las personas. Hoy sería imposible pensar en un mundo sin las facilidades y comodidades proporcionadas por esa fuente de energía. La calidad de vida promovida por el uso de la energía eléctrica va desde lo más básico como la iluminación de los ambientes, pasa por la conservación de los alimentos y el confort térmico y llega hasta las más variadas formas de entretenimiento.

La mitad de la generación eléctrica en el país se realiza quemando gas natural, lo que en el 2017 produjo alrededor de 7,50 millones toneladas métricas de CO₂. Según el Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático (ONU), el consumo de combustibles de origen fósil representa la mayor parte de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI).

Según el COES SINAC (comité de operación económica del sistema eléctrico interconectado nacional) la producción de energía eléctrica en el año 2017 fue de 48993,3 GW.h, notándose un crecimiento de 1,38% con respecto al año 2016. La producción con energía solar en el año 2017 fue 288,17 GW.h la empresa integrante del COES con mayor producción fue Enel Green Con 61,40 GW.h (21,31%), Seguida De Panamericana Solar Con 50,13 GW.h (17,40%), Moquegua Solar Con 46,47 GW.h (16,13%), Tacna Solar Con 45,82 GW.h (15,90%) Y Las De Menor Producción Fueron Majes Solar Con 44,04 GW.h (15,28%) Y Repartición Solar Con 40,30 GW.h (13,98%).

Desde el año 2008, mediante el Decreto Legislativo N° 1002, tiene por objeto promover el aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables (RER) para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente en el cual se declara de interés nacional y necesidad pública el desarrollo de nueva generación eléctrica

mediante el uso de RER. En donde se dispone lo siguiente, El Ministerio de Energía y Minas establecerá cada cinco (5) años un porcentaje objetivo en que debe participar, en el consumo nacional de electricidad, la electricidad generada a partir de RER, no considerándose en este porcentaje objetivo a las centrales hidroeléctricas. Tal porcentaje objetivo será hasta el cinco por ciento (5%) en cada uno de los años del primer quinquenio.

Con el Decreto Supremo N° 020-2013-EM se aprobó el Reglamento para la Promoción de la Inversión Eléctrica en Áreas No Conectadas a Red (en adelante “Reglamento RER”), con la finalidad de promover el aprovechamiento de los RER para mejorar la calidad de vida de la población ubicada en las Áreas No Conectadas a Red; Que, bajo las disposiciones del Reglamento RER, se llevó a cabo la Primera Subasta para el Suministro de Energía en Áreas No Conectadas a Red, habiendo resultado Adjudicatario el Inversionista Ergón Perú S.A.C., quien tiene derecho a cobrar una Remuneración Anual por instalar, operar y mantener, entre otras actividades, las Instalaciones RER Autónomas en las Áreas No Conectadas a Red. Asimismo, en el Artículo 16.1 de este Decreto se creó la Figura de un fideicomiso para administrar los fondos necesarios para garantizar la remuneración del Adjudicatario. Además, mediante el Decreto Supremo N° 036-2014-EM, se encargó a las empresas distribuidoras la gestión comercial del servicio de suministro a los usuarios de las Instalaciones RER Autónomas, estableciéndose en dicho decreto que la sostenibilidad financiera de la gestión comercial sería cubierta por el Cargo RER Autónomo; Que de conformidad con el Artículo 17° del Reglamento RER, y los Artículos 3° y 6° del Decreto Supremo N° 036-2014-EM, Osinergmin regulará el Cargo RER Autónomo en la misma oportunidad que los Precios en Barra, debiendo considerar en dicho cargo: (i) la Remuneración Anual que le corresponde al Inversionista; (ii) los costos de administración del Fideicomiso; y (iii) los

costos de comercialización de los distribuidores que les corresponde en virtud del encargo especial y que incluye la comercialización propiamente dicha (facturación, reparto de recibos, cobranza y verificación de operatividad) y una compensación por esta gestión. Adicionalmente, en esta oportunidad se deberán fijar también las condiciones de aplicación del Cargo RER Autónomo y los costos de corte y reconexión a favor del Inversionista; Que, en ese sentido, se dio inicio al proceso de aprobación del Cargo RER Autónomo, siguiendo las etapas y plazos establecidos en el “Procedimiento para la Fijación de la Tarifa Eléctrica Rural para Suministros No Convencionales” contenido en el Anexo B.4 de la Norma “Procedimientos para Fijación de Precios Regulados”, aprobada mediante Resolución Osinergmin N° 080-2012- OS/CD.

En diciembre de 2015, durante la Conferencia de París sobre el Clima (COP21), 197 países firmaron el documento que los comprometía a evitar un cambio climático peligroso, estableciendo un plan de acción mundial que limita el calentamiento global muy por debajo de los 2°C. El 22 de julio de 2016 el ex. Presidente Ollanta Humala Tasso, firmó el Decreto Supremo N° 058-2016-RE que ratifica el Acuerdo de París, documento que representa la mayor colación internacional de la historia de la humanidad y que tiene como objetivo hacer frente al cambio climático.

1.2. Planteamiento Del Problema.

En la actualidad en el departamento de Puno existe varios sistemas fotovoltaicos debido a la preocupación del gobierno Peruano, pero no se sabe a ciencia cierta cuál es el verdadero desenvolvimiento real de estos sistemas en el sentido de saber si son factibles o no, su implementación se realiza solo para la satisfacción de la falta de energía en los lugares aislados a grandes distancias de la red de distribución de energía eléctrica, también por otra parte con el avance tecnológico de los equipos de adquisición de datos en este caso Arduino Uno son cada vez más baratos y más sencillos de usar y los sistemas

informáticos también con el pasar del tiempo aumentan su potencial y aplicaciones a la solución de diferentes problemas.

1.2.1. Problema General

El problema general se deriva por la observación del nivel de efectividad que actualmente registran los paneles solares en nuestro departamento de Puno, en cuyo uso se advierte niveles de ineficacia que depende de perturbaciones externas particularmente de carácter climático. La situación descrita plantea la necesidad de elaborar un sistema de control para la medición experimental de la eficiencia en tiempo real de un sistema fotovoltaico en el departamento de Puno para estudios de su factibilidad en caso de implementarlos en alguna localidad.

1.2.2. Problemas Específicos:

- La falta de demostración teórica de ecuaciones establecidas.
- Falta de interés del software Matlab.
- Sistemas de control de la actualidad son muy costosos

1.3. Justificación Del Problema

Uno de los problemas que se tiene en los sistemas fotovoltaicos instalados en Puno y el país es no contar con una data, ni con un mapeo de la radiación solar del ámbito de estudio, debido a la falta de nuevas tecnologías, adecuadas para sistemas fotovoltaicos, para la medición de la eficiencia del sistema, de la capacidad de energía eléctrica generada por día y de la energía consumida, entre otros factores, que no permiten determinar si realmente estos sistemas son rentables desde el punto de vista técnico y económico. Por otra parte, tener un sistema de control y de medición del sistema fotovoltaico deriva en un aumento en el costo de inversión significativo que en muchos casos no resulta atractivo para el inversionista.

1.3.1. Justificación Técnica:

El interés a investigar es por la relación con nuestra carrera y en la que estamos enfocado haciendo la elaboración y ejecución de proyectos de generación eléctrica mediante diversas tecnologías disponibles como las energías renovables, requiere de una evolución historia sostenible, que asegure la utilización de la mejor tecnología para determinadas condiciones geográficas, estos mismos que se encuentran vinculados con la cantidad de energía requerida por los consumidores finales.

Así mismo por otra parte debido al gran impacto ambiental a consecuencia de un alto consumo de combustibles fósiles (carbón, gas, petróleo y sus derivados) para producir energía eléctrica asociado a la condición finita que estos tienen, es necesario analizar la factibilidad de utilizar otras alternativas de generación que no dependan de estos recursos; ya que las reservas de petróleo están disminuyendo y con esto los costos de generación incrementaran y consecuentemente las tarifas impuestas por las compañías suministradoras.

1.3.2. Justificación Económica

El precio de construcción del desarrollo del nuestro sistema es económico en comparación de con otros sistemas existentes que cumplen la misma función, ya que el ARDUINO es de Software y Hardware libre, Eso significa que se pueda modificar el código con toda libertad dependiendo de la necesidad de la sociedad.

1.3.3. Justificación Académica.

La presente investigación conducirá a resultados que puedan ser compartidos con aquellos profesionales interesados en la temática, particularmente aquellos educadores, que a través de sus propias investigaciones puedan incluso profundizar, mejorar o reorientar esta propuesta a temas relacionados.

1.4. Objetivo General:

Desarrollar de un sistema de control para la medición experimental de la eficiencia en tiempo real de un sistema fotovoltaico utilizando Matlab® y Arduino.

1.4.1. Objetivos Específicos:

- Demostrar la teórica de ecuaciones establecidas para paneles fotovoltaicos.
- Presentar un modelo de un panel fotovoltaico de silicio, utilizando ecuaciones ya establecidas, considerando como variables de entrada: irradiación, número de celdas, área de la celda, temperatura de trabajo; como variables de salida: voltaje, corriente y potencia.
- Comparar resultados obtenidos en la aplicación realizada en Matlab®, con valores experimentales tomados desde el equipo de generación fotovoltaica

1.4.2. Método de investigación

El método empírico, representa un nivel en el proceso de investigación cuyo contenido procede fundamentalmente de la experiencia, el cual es sometido a cierta elaboración racional.

El experimento es el método empírico de estudio de un objeto, en el cual el investigador crea las condiciones necesarias o adecúa las existentes, para el esclarecimiento de las propiedades y relaciones del objeto, que son de utilidad en la investigación.

Nuestra vía de experimentación consistió en encontrar la forma de hacer permutar las variables incidentes en el panel fotovoltaico. Los experimentos se basaron por operar el panel a distintos niveles de irradiancia, temperatura y área de las celdas, en cada caso

se tomó el tiempo necesario para analizar e interpretar los resultados e inmiscuirlos en las ecuaciones que rigen el funcionamiento del módulo fotovoltaico.

1.5. Estado del arte

Las aportaciones más relevantes logradas a lo largo de la realización de esta tesis se enmarcan en el desarrollo de un entorno de trabajo mediante Matlab / Simulink y la formulación de un modelo de un panel fotovoltaico para entornos dinámicos. La utilización de Matlab / Simulink ha permitido incorporar modelos, de dispositivos y sistemas, y enlazarlos con métodos de cálculo numérico avanzado para el análisis estadístico automático de las instalaciones fotovoltaicas. El desarrollo de un modelo de un panel fotovoltaico no tan solo aporta mejoras en el entorno de simulación, si no que abre nuevas vías de actuación hacia el diseño de sensores necesarios como radiación solar, temperatura, sombras, lluvias, etc. y el planteamiento de nuevas políticas de control. Por todo ello a continuación se ofrece una visión del arte de las herramientas de simulación y modelos de paneles fotovoltaicos.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes De La Investigación

A continuación se detalla algunos estudios realizados referentes al tema de tesis:

Primer Antecedente:

Huan-Liang Tsai (2008), Presenta la implementación de un modelo para un módulo fotovoltaico generalizado usando MATLAB®/Simulink; sugiere cuatro tipos diferentes modelos generalizado. Esto hace que el modelo generalizado fotovoltaico sea fácilmente simulado y analizado; El modelo propuesto toma valores de la irradiancia solar y la temperatura como parámetros de entrada y como salida la corriente y la potencia, las características I – V y P – V bajo diferentes condiciones, las características del modelo fotovoltaico se simulan utilizando el modelo propuesto conjuntamente con la electrónica de potencia para un seguidor del punto máximo de potencia.

Segundo Antecedente:

Aissa Chouder (2011), En este trabajo se presenta un nuevo método para el estudio de modelado y simulación de una instalación fotovoltaica, el sistema es conectado a la red de energía. El método ha sido aplicado en la simulación de un sistema fotovoltaico conectado a la red con una potencia nominal de 3,2 KW. Compuesto por un generador fotovoltaico y un inversor conectado a la red de una sola fase. Primero, el módulo fotovoltaico, que forma parte de todo el conjunto fotovoltaico es modelado por un circuito agrupado de un solo diodo y los principales parámetros del módulo fotovoltaico son evaluados. Los resultados y características obtenidos del módulo fotovoltaico son validados experimentalmente, llevándonos a las características medidas de salida I – V. Los resultados obtenidos de la simulación son perfeccionados con MATLAB® /

Simulink. Los resultados demuestran un buen acuerdo con los datos experimentales, ya sea para las características $I - V$ y $P - V$.

2.2. Energía Solar

Es una energía renovable que se obtiene a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del sol. El calor y la luz del sol se pueden aprovechar por medio de diversos captadores, como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, que permiten su transformación en energía eléctrica o térmica.

2.2.1. Tecnología solar fotovoltaica

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

2.2.2. Radiación Solar

La radiación solar es el flujo de energía que llega del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta). En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en superficies terrestres,

se pueden distinguir los siguientes tipos de radiación: directa (llega directamente del Sol), difusa (parte de la radiación es reflejada por las nubes), reflejada (es aquella reflejada por la superficie terrestre); y, global (es la suma de las tres radiaciones). (Castells, 2011)

2.2.3. Radiación Solar En Una Superficie Inclinada

La potencia incidente en un módulo fotovoltaico depende de la potencia contenida en la luz del sol y también en el ángulo entre el módulo y el sol. Cuando la superficie absorbente y la luz del sol son perpendiculares entre sí, la densidad de potencia en la superficie es igual a la de la luz del sol. Sin embargo, como el ángulo entre el sol y una superficie fija está cambiando continuamente, la densidad de potencia en un módulo fotovoltaico fijo es menor que la de la luz solar incidente.

Los datos sobre radiación solar están disponibles generalmente para superficies horizontales, se debe entonces modificar esta información para conocer la radiación sobre superficies inclinadas.

2.2.4. Medición De Radiación Solar

El instrumento que se utiliza para medir la irradiación es el pirómetro, el cual este se basa en exponer a radiación, a una lámina metálica con una superficie reflectante y junto a ella, otra cuya superficie es absorbente; la lámina absorbente estará más caliente que la reflectante y admitiendo que la diferencia de temperaturas es proporcional a la radiación recibida, al medir este salto térmico se determina la irradiación. Para medir esta diferencia de temperaturas se utiliza un termopar.

Para el presente trabajo se utilizó un pequeño panel solar para medir la radiación solar en tiempo real con código desarrollado en Matlab en donde se observó una aproximación con errores moderadamente comprensibles.

Figura 2.1: piranometro

Fuente: <http://www.rumtor.com/aparatos2.html>

Si el piranómetro se sitúa sobre una superficie horizontal y se tiene la precaución de eliminar las reflexiones del entorno, medirá la radiación global. Si se cubre con un pequeño disco opaco de tal manera que elimine la radiación directa, medirá solamente la radiación difusa.

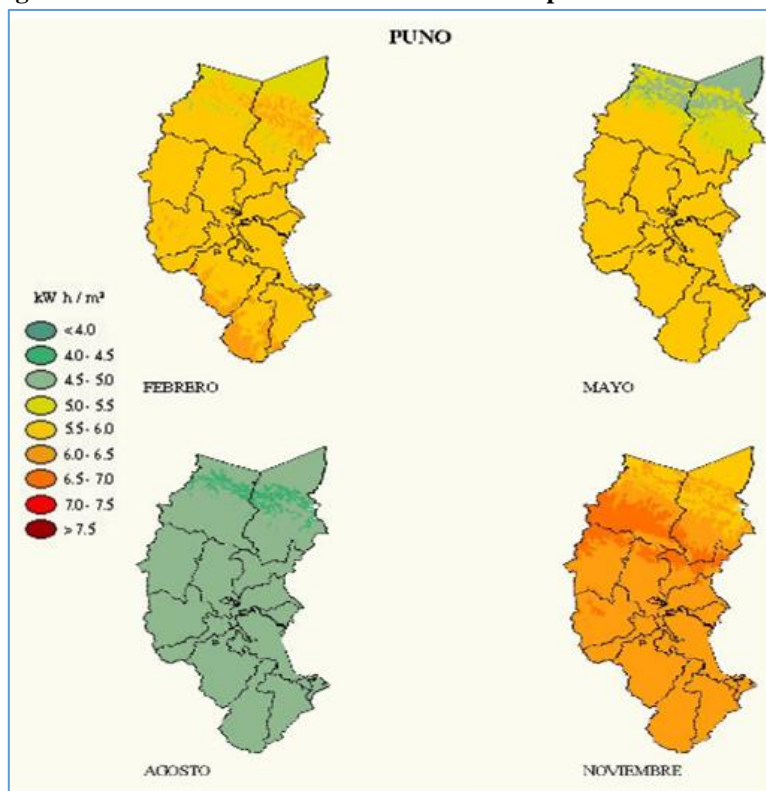
La radiación para una ubicación en particular se puede administrar de varias maneras, incluyendo:

- Datos año medio típico para un lugar determinado
- Promedio de insolación diaria, mensual o anual para un lugar determinado
- Horas de sol en datos
- La insolación solar basado en Nube-Cubierta de datos por satélite

2.2.5. Radiación Solar Promedio En El Departamento De Puno.

En la página del Ministerio de Energía y Minas (MEM) se encuentra la versión interactiva del Atlas Solar del Perú, publicado en 2003 como parte de los programas para reforzar la electrificación rural con sistemas fotovoltaicos. En el departamento de Puno varía de 4 a 7.5 kWh/m².

Figura 2.2: Promedio anual de radiación en el departamento de PUNO



Fuente: <http://deltavolt.pe/>

2.2.6. Ubicación estratégica de las centrales fotovoltaicas en Perú

Como se muestra en la siguiente Figura, las centrales fotovoltaicas están estratégicamente ubicadas donde hay mayor potencial de radiación solar, Moquegua, Tacna y Arequipa para un mejor aprovechamiento de este y como se puede observar la siguiente Figura aún se tiene mucho recurso aun disponible por aprovechar, pero según normativa Decreto Legislativo 1002, fijó como meta inicial que en los primeros 5 años para el año 2013- debía lograrse que al menos el 5% de la matriz eléctrica del país fuera generada con Renovables. Asimismo señaló que cada 5 años, el MEM debía establecer un nuevo porcentaje de participación de las RER en la matriz, lo que no ocurrió. Además, el quinto proceso de subasta RER debió darse en el año 2017, lo que tampoco ocurrió.

Figura 2.3: ubicación estratégica de las centrales fotovoltaicas en Perú.

Fuente: Mapa energético minero del Perú, OSINERMIN. (2018)

2.3. El Panel Fotovoltaico

La tensión de una célula es incompatible con la mayoría de los equipos eléctricos. Para que las células puedan utilizarse con fines prácticos, las mismas se asocian en serie y encapsuladas formando una unidad básica de generación de energía eléctrica denominada de módulo fotovoltaico.

La tensión de circuito abierto del módulo es igual a la suma de las tensiones de circuito abierto de cada célula y la corriente de cortocircuito es igual a la corriente de la célula que proporciona el menor valor en esta condición. Aunque en la construcción del módulo se seleccionan células similares, sus patrones eléctricos no son idénticos en su totalidad. Los paneles fotovoltaicos comerciales traen las células encapsuladas en una estructura para protegerlas de la intemperie y los esfuerzos mecánicos. Esta estructura está compuesta de diversos los componentes.

La vida útil de los módulos fotovoltaicos de silicio cristalino puede extenderse durante más de cuarenta años, y esto convencerá a los fabricantes de módulos de ofrecer una garantía de módulo fotovoltaico por más de 30 años.



Fuente:<http://deltavolt.pe/>

2.3.1. Clasificación de los paneles solares


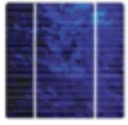

Existen diferentes criterios para clasificar a los paneles solares fotovoltaicos:

- Las células mono-cristalinas se cortan en obleas delgadas de un cristal continuo (silicio), cada célula presenta un color uniforme normalmente va desde el azul al negro. El silicio utilizado en este tipo de célula presenta alta pureza y una estructura cristalina perfecta. Como resultado del proceso de fabricación, las células tienen alrededor de $10 \times 10 \text{ cm}^2$ y $350 \mu\text{m}$ de espesor, con una eficiencia de uso directo entre el 14-17%
- Las células poli-cristalinas están hechas de material de silicio similar al de la mono-cristalina, excepto que en lugar de crecer en un solo cristal, se funden y se vierten en un molde. Esto forma un bloque cuadrado que puede cortarse en obleas cuadradas. A medida que el material se enfría, se cristaliza de una manera imperfecta, formando tonalidades de colores diferentes en su superficie. Las células poli-cristalinas con iguales dimensiones y condiciones alcanzan un rendimiento de hasta el 12%

- Las células de película delgada son de silicio o se produce a partir de nuevos materiales, como el arseniuro de galio, telurio de cadmio o el Cobre Indio Diselenido. Estas células también llamadas amorfas están protegidas por medio de encapsulación con vidrio frontal y uno de protección posterior. Las eficiencias de estas células se son menores a 10%

En la figura 5, se presentan dos tipos de eficiencia, en laboratorio y directa o de uso. La eficiencia en laboratorio es mucho mayor debido a que al estudiar las células se hace bajo condiciones estándar esto quiere decir. Irradiación de $1000W/m^2$, temperatura de la célula $25^{\circ}C$ y distribución espectral de 1.5 AM (Air Mass). Las células de eficiencia directa o de uso, se estudian bajo condiciones ambientales normales donde se puede presentar una baja irradiación, aumentar más de $25^{\circ}C$ la temperatura da la célula, esto afectando directamente la eficiencia.

Figura 2.5: Células mono-cristalinas, poli-cristalinas, de película

CÉLULA		EFICIENCIA EN LABORATORIO	EFICIENCIA DIRECTA
	Mono-cristalina	24%	14-17 %
	Poli-cristalina	19-20%	11-14%
	De película delgada (amorfas)	16%	<10%

Fuente: (A. Basnet, 2012)

Principios teóricos de funcionamiento de un panel fotovoltaico de silicio: El funcionamiento de un panel fotovoltaico de silicio está formado por un conjunto de elementos, detallados en los siguientes enunciados.

2.3.2. Evolución del costo a nivel mundial de los paneles solares

El gran problema que tiene el sistema solar fotovoltaico es su alto costo, lo cual ha sido el gran impedimento para su implementación a nivel mundial. Aunque el costo por watt de la energía fotovoltaica ha ido disminuyendo considerablemente durante los últimos años, el precio sigue siendo mayor que el de las energías convencionales. Para hablar de cifras, se dice que el costo (\$/watt) de la energía solar fotovoltaica ha disminuido un 99% desde 1977, donde pasó de costar \$76.67/watt a 0.53/watt en el 2018. Esto muestra que a medida que la tecnología solar fotovoltaica aumenta, esta se vuelve más competitiva y más accesible para el público en general, a continuación 47 se muestra la gráfica que representa la disminución del costo de la energía solar fotovoltaica. Esta variable se considera clave en la cadena de suministro, pues es la que puede volver competitivo a la energía solar fotovoltaica con las otras formas de energía tradicionales.

Tabla 2.1: Evolución de precios panel solar (\$/watt)



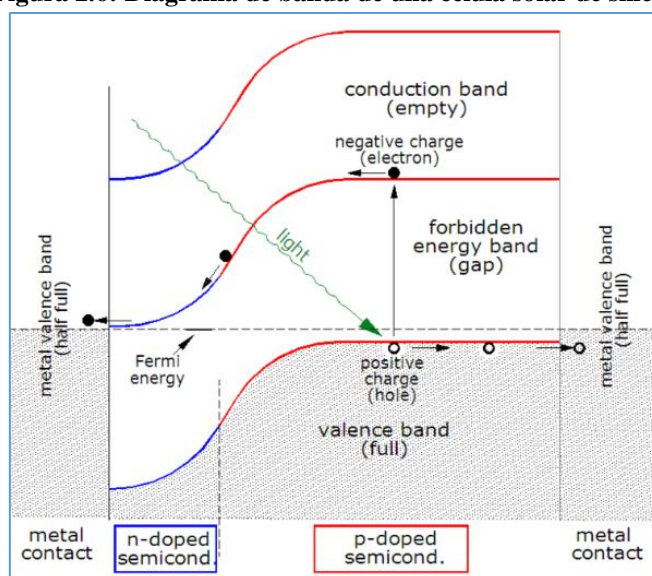
Fuente: <https://rsenergy.net/2018/01/22/a-brief-history-of-solar-panel-prices/>

2.4. Estructura De La Célula Solar

Una célula solar es un dispositivo electrónico que convierte directamente la luz solar en electricidad, la célula solar produce tanto una corriente y un voltaje para generar

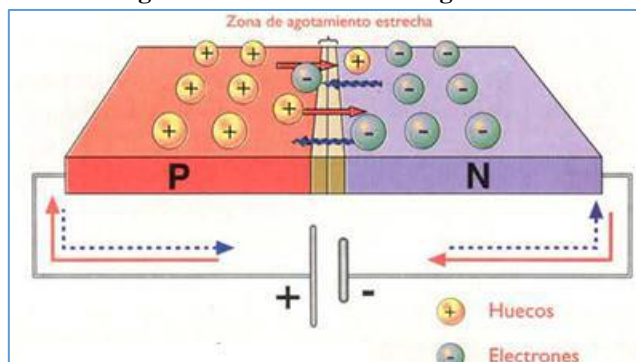
energía eléctrica. Este proceso requiere en primer lugar, un material en el que la absorción de la luz eleva un electrón a un estado de energía más alto, y en segundo lugar, el movimiento de estos electrones de energía de la célula solar se transfiere a un circuito externo. El electrón entonces disipa su energía en el circuito externo y vuelve a la célula solar. Una variedad de materiales y procesos potencialmente puede satisfacer los requisitos para la conversión de energía fotovoltaica, pero en la práctica casi toda la conversión de energía fotovoltaica utiliza materiales semiconductores en forma de una unión PN. (Honsberg, 2014)

Figura 2.6: Diagrama de banda de una célula solar de silicio.



Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BandDiagramSolarCell-en.png>

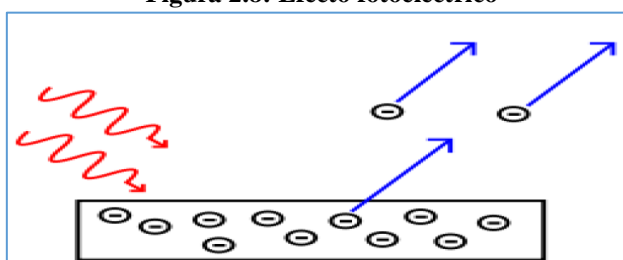
Una de las claves cruciales de la generación de energía es la naturaleza de la unión PN, se produce cuando los materiales de tipo P y tipo N se colocan en contacto uno con otro, la unión se comporta de manera muy diferente a como lo hacen cada uno de los materiales por si solos. Específicamente, la corriente fluirá fácilmente en una dirección (polarización directa) pero no en la otra (polarización inversa), creando un diodo básico. Este comportamiento no reversible, surge de la naturaleza del proceso de transporte de carga en los dos tipos de materiales. (HyperPhysics, 2012)

Figura 2.7: La corriente fotogenerada

Fuente: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/solids/pnjun.html>

2.4.1. El Efecto Fotoeléctrico

El autor (Delgado A., 2008) en uno de sus libros Físicanova nos da un concepto general acerca del efecto fotoeléctrico aseverando que “consiste en la emisión de electrones por un material cuando se lo ilumina con una corriente de fotones: luz visible o ultravioleta en general.”

Figura 2.8: Efecto fotoeléctrico

Fuente: (Delgado A., 2008)

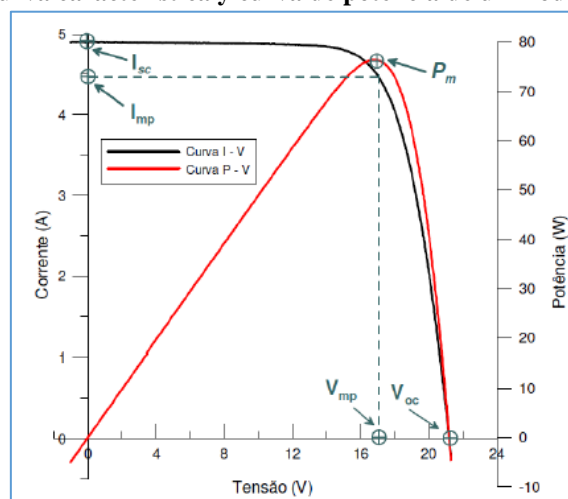
Cuando se ilumina la superficie de un material, utilizando cualquier clase de fotones, ésta emite únicamente electrones; Así, si la superficie tiene exceso de electrones los pierde; Si es neutra pierde los electrones que tiene el átomo en su estado normal; Y si está cargada positivamente, es decir, si tiene un defecto de electrones, entonces obviamente no puede emitir nada. Se ve entonces cómo el efecto fotoeléctrico demuestra que no existen las cargas negativas ni las cargas positivas como tales y solamente existen cuerpos con exceso o defecto de electrones.” (Delgado A., 2008).

2.4.2. Curva característica I-V de un panel fotovoltaico

La curva característica de un panel fotovoltaico trae información importante acerca de su calidad y rendimiento. Se trata de la adquisición de los pares tensión y corriente a partir del punto en que la tensión es nula y la corriente es máxima, hasta el punto en que la tensión es máxima y la corriente es nula o viceversa. En esta exploración existen tres puntos importantes en la caracterización del generador fotovoltaico:

En la siguiente figura se muestra la curva característica I-V y la potencia P-V, destacando los puntos más importantes

Figura 2.9: Curva característica y curva de potencia de un módulo fotovoltaico



Fuente: (Arno, Alexandre, & Fabiano, 2009)

2.4.3. La corriente de cortocircuito (I_{sc})

La corriente de cortocircuito I_{sc} es uno de los parámetros principales al analizar un panel solar, este parámetro se refiere a la intensidad máxima de corriente que se puede obtener de un panel solar fotovoltaico la cual será medida mediante un amperímetro, el panel debe estar sin ninguna otra resistencia adicional provocando un cortocircuito. Al no existir resistencia al paso de la corriente el voltaje es cero. (Martines J., 2012)

2.4.4. Voltaje de circuito abierto (V_{OC})

Otro de los parámetros principales en el funcionamiento de un panel solar fotovoltaico es el voltaje de circuito abierto V_{OC} , este parámetro es la tensión máxima disponible de una célula solar la cual se mide con un voltímetro a corriente cero, a condiciones de circuito abierto. El voltaje de circuito abierto compete a la cantidad de polarización directa sobre la célula solar exigido a la polarización de la unión de células solares con la corriente producida por la luz.

2.4.5. Punto de potencia máxima P_{max}

El punto de potencia máxima de un panel solar fotovoltaico es el parámetro que expresa el punto de funcionamiento para la cual la potencia entregada es máxima, se obtiene multiplicando el voltaje máximo $V_{P_{max}}$ por la corriente máxima $I_{P_{max}}$ por el factor de forma, dando un valor de potencia en Watts, cuando el panel opera a este punto se obtiene el mayor rendimiento posible.

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{oc} * I_{sc}} \quad (2.1)$$

2.4.6. Factor de forma

El factor de forma FF es la relación entre la potencia máxima que el panel puede entregar y el producto $I_{sc} \times V_{OC}$. Otorga una idea de la calidad del panel porque es una medida de lo escarpada que es su curva característica, de forma que cuanto más se aproxima a la unidad, mayor potencia puede proporcionar. Los valores comunes suelen estar entre 0.7 y 0.8. (Villas, 1999) Es el valor correspondiente al cociente entre P_{max} y el producto de I_{sc} por V_{oc} . Proporciona una idea de la calidad del dispositivo fotovoltaico.

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{oc} * I_{sc}} \quad (2.2)$$

2.4.7. Eficiencia de un panel fotovoltaico

La eficiencia de un panel fotovoltaico es un parámetro que los fabricantes lo están incrementando con el pasar del tiempo, actualmente los paneles de silicio puro monocristalino tienen una eficiencia del 16%. Este parámetro se obtiene dividiendo la potencia máxima que el panel puede entregar para la potencia de irradiación solar incidente sobre el panel. (Honsberg, 2014)

$$\eta = \frac{V_{OC} * I_{SC} * FF}{P_{IN}} \quad (2.3)$$

2.4.8. Condiciones estándar de prueba (STC)

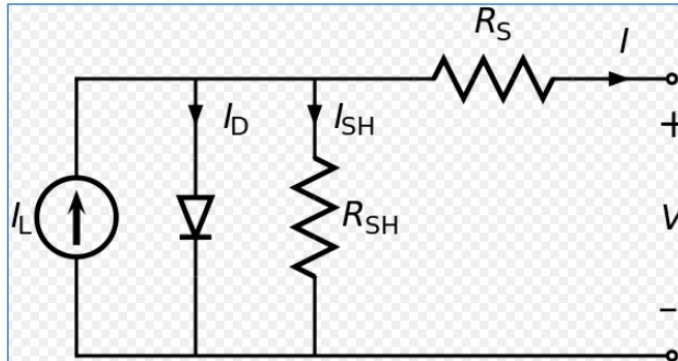
Los fabricantes usan lo que se denomina condiciones estándar de prueba. Esto significa que ellos ponen a los paneles solares dentro de un equipo conocido como flash-tester el cual se calibra para entregar una irradiación de 1000 [W/m²], una temperatura ambiente de 25 o 27 [°C] (300°K) y una masa de aire de 1.5 con la finalidad de definir el comportamiento del panel bajo estas condiciones, además las curvas que constan en la hoja de datos se determinan a partir de estas pruebas.

2.5. Modelo Matemático De Una Célula Solar.

Para comprender el comportamiento electrónico de una célula solar, es útil crear un modelo que sea eléctricamente equivalente, y se base en componentes eléctricos ideales discretos cuyo comportamiento esté bien definido. Una célula solar ideal puede ser modelada por una fuente de corriente en paralelo con un diodo; en la práctica, ninguna célula solar es ideal, por lo que se añaden al modelo una resistencia de derivación y un componente de resistencia en serie. (Lorenzo, 1994) El circuito equivalente resultante de una celda solar se muestra a la izquierda. También se muestra, a la derecha, la

representación esquemática de una célula solar para su uso en diagramas de circuitos. En la siguiente figura se muestra la característica de una célula solar.

Figura 2.10: El circuito equivalente de una célula solar



Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_solar_cells#/media/File:Solar_cell_equivalent_circuit.svg

Del circuito equivalente es evidente que la corriente producida por la célula solar es igual a la producida por la fuente de corriente, menos la que fluye a través del diodo, menos la que fluye a través de la resistencia en derivación (Hegedus, 2003) (Nelson, 2003).

$$I = I_L - I_D - I_{SH} \quad (2.4)$$

Dónde:

I = corriente de salida (amperio)

I_L = corriente fotogenerada (amperios)

I_D = corriente de diodo (amperio)

I_{SH} = corriente de derivación (amperio).

La corriente a través de estos elementos se rige por el voltaje en ellos:

$$V_j = V + I * R_S \quad (2.5)$$

Dónde

V_J = voltaje en ambos diodos y resistencia R_{SH} (voltios)

V = tensión en los terminales de salida (voltios)

I = corriente de salida (amperio)

R_S = resistencia en serie (Ω).

Según la del diodo de Shockley, la corriente desviada a través del diodo es:

$$I_D = I_o \left\{ \exp \left[\frac{V_J}{n * V_T} \right] - 1 \right\} \quad (2.6)$$

Dónde:

I_0 = corriente de saturación inversa (amperios).

n = factor de idealidad del diodo (1 para un diodo ideal).

q = carga elemental.

k = Constante de Boltzmann.

T = temperatura absoluta.

$$V_T = \frac{k * T}{q} \quad (2.7)$$

La tensión térmica a 25°C, $V_T=0.0259$ voltio, Según la ley de Ohm, la corriente desviada a través de la resistencia shunt es:

$$I_{SH} = \frac{V_j}{R_{SH}} \quad (2.8)$$

Dónde

R_{SH} = resistencia de derivación (Ω).

Sustituirlos en la primera produce la característica de una célula solar, que relaciona los parámetros de la célula solar con la corriente y el voltaje de salida:

$$I = I_L - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{V + I * R_S}{n * V_T} \right] - 1 \right\} - \frac{V + I * R_S}{R_{SH}} \quad (2.9)$$

Donde:

R_{SH} = resistencia de derivación (Ω).

R_S = resistencia en serie (Ω).

V = tensión en los terminales de salida (voltios)

V_T = La tensión térmica (v)

I = corriente de salida (amperio)

I_L = corriente fotogenerada (amperios)

n = factor de idealidad del diodo (1 para un diodo ideal).

Una derivación alternativa produce una similar en apariencia, pero con V en el lado izquierdo. Las dos alternativas son identidades; es decir, producen precisamente los mismos resultados.

Dado que los parámetros I_0 , n , R_S y R_{SH} no se pueden medir directamente, la aplicación más común de la característica es la regresión no lineal para extraer los valores de estos parámetros sobre la base de su efecto combinado sobre el comportamiento de la célula solar.

Cuando R_S no es cero, la anterior no da la corriente I directamente, pero puede resolverse usando la función de Lambert W :

$$I = \frac{(I_L + I_0) - V / R_{SH} - \frac{n * V_T}{R_S}}{1 + R_S / R_{SH}} \quad (2.10)$$

$$W \left(\frac{I_0 * R_S}{n * V_T * (1 + R_S / R_{SH})} \exp \left(\frac{V}{n * V_T} \left(1 - \frac{R_S}{R_S + R_{SH}} \right) + \frac{(I_L + I_0) * R_S}{n * V_T * (1 + R_S / R_{SH})} \right) \right)$$

Donde:

R_{SH} = resistencia de derivación (Ω).

R_S = resistencia en serie (Ω).

V = tensión en los terminales de salida (voltios)

V_T = tensión térmica (v)

I = corriente de salida (amperio)

I_L = corriente fotogenerada (amperios)

Cuando se usa una carga externa con la celda, su resistencia simplemente puede agregarse a R_S y V a cero para encontrar la corriente.

Cuando R_{SH} es infinito hay una solución para V para cualquier I menos que $I_L + I_0$:

$$V = n * V_T * \ln \left(\frac{I_L - I}{I_0} + 1 \right) - I * R_S \quad (2.11)$$

De lo contrario, uno puede resolver para V usando la función de Lambert W :

$$V = (I_L + I_0) * R_{SH} - I * (R_S + R_{SH}) - n * V_T * W \left(\frac{I_0 * R_{SH}}{n * V_T} \exp \frac{(I_L + I_0 - I) * R_{SH}}{n * V_T} \right) \quad (2.12)$$

R_{SH} = resistencia de derivación (Ω).

R_S = resistencia en serie (Ω).

V_T : La tensión térmica (v)

I = corriente de salida (amperio)

I_L = corriente fotogenerada (amperios)

n = factor de idealidad del diodo (1 para un diodo ideal).

Sin embargo, cuando R_{SH} es grande, es mejor resolver numéricamente la original.

La forma general de la solución es una curva con I disminuyendo a medida que V aumenta (ver gráficos más abajo). La pendiente en V pequeña o negativa (donde la función W está

cerca de cero) se acerca $-1/(R_S + R_{SH})$, mientras que la pendiente a alta V se acerca $-1/R_{SH}$

2.5.1. Tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito

Cuando la celda se opera en circuito abierto, $I = 0$ y la tensión en los terminales de salida se define como la tensión de circuito abierto. Suponiendo que la resistencia de derivación es lo suficientemente alta como para descuidar el término final de la característica, el voltaje de circuito abierto V_{OC} es:

$$V_{oc} \approx \frac{n * k * T}{q} \ln \left(\frac{I_L}{I_0} + 1 \right) \quad (2.13)$$

De manera similar, cuando la celda se opera en cortocircuito, $V = 0$ y la corriente I a través de los terminales se define como la corriente de cortocircuito. Se puede demostrar que para una celda solar de alta calidad (bajo R_S e I_0 , y alta R_{SH}) la corriente de cortocircuito I_{SC} es: $I_{SC} \approx I_L$

No es posible extraer energía del dispositivo cuando se opera ya sea en circuito abierto o en condiciones de cortocircuito.

2.5.2. Efecto del tamaño físico

Los valores de I_L , I_0 , R_S y R_{SH} dependen del tamaño físico de la célula solar. Al comparar células por lo demás idénticas, una celda con el doble del área de unión de otra tendrá, en principio, el doble de I_L e I_0 porque tiene el doble del área donde se genera la fotocorriente y a través de la cual puede fluir la corriente del diodo. Por el mismo argumento, también tendrá la mitad de R_S de la serie de resistencia relacionada con el flujo de corriente vertical; sin embargo, para las células solares de silicio de gran área, la escala de la resistencia en serie encontrada por el flujo de corriente lateral no es fácilmente predecible ya que dependerá fundamentalmente del diseño de la rejilla (no está claro qué significa "por lo demás idéntico" a este respecto). Dependiendo del tipo de derivación, la celda más grande también puede tener la mitad de R_{SH} porque tiene el doble del área donde pueden ocurrir shunts; por otro lado, si las derivaciones ocurren principalmente en el perímetro, entonces R_{SH} disminuirá de acuerdo con el cambio en la circunferencia, no en el área.

Como los cambios en las corrientes son los dominantes y se equilibran entre sí, la tensión de circuito abierto es prácticamente la misma; V_{OC} comienza a depender del

tamaño de la celda solo si R_{SH} es demasiado bajo. Para tener en cuenta el predominio de las corrientes, la característica se escribe frecuentemente en términos de densidad de corriente o corriente producida por área de celda unitaria:

$$J = J_L - J_0 \left\{ \exp \left[\frac{q^*(V + J * r_s)}{n * k * T} \right] - 1 \right\} - \frac{V + J * r_s}{r_{SH}} \quad (2.14)$$

Dónde

J = densidad de corriente (amperio / cm^2)

J_L = densidad de corriente fotogenerada (amperio / cm^2)

J_0 = densidad de corriente de saturación inversa (amperios / cm^2)

r_s = resistencia de serie específica ($\Omega\text{-cm}^2$)

r_{SH} = resistencia de derivación específica ($\Omega\text{-cm}^2$).

Esta formulación tiene varias ventajas. Una es que dado que las características de las celdas están referenciadas a un área común de sección transversal, pueden compararse para celdas de diferentes dimensiones físicas. Si bien esto tiene un beneficio limitado en un entorno de fabricación, donde todas las células tienden a tener el mismo tamaño, es útil en la investigación y en la comparación de células entre fabricantes. Otra ventaja es que la densidad escala naturalmente los valores de los parámetros a órdenes de magnitud similares, lo que puede hacer que la extracción numérica de los mismos sea más simple y más precisa incluso con métodos de solución ingenuos.

Hay limitaciones prácticas de esta formulación. Por ejemplo, ciertos efectos parasitarios cobran importancia a medida que el tamaño de las células se reduce y puede afectar los valores de los parámetros extraídos. La recombinación y la contaminación de

la unión tienden a ser mayores en el perímetro de la célula, por lo que las células muy pequeñas pueden exhibir valores más altos de J_0 o valores más bajos de R_{SH} que las células más grandes que son por lo demás idénticas. En tales casos, las comparaciones entre células deben realizarse con cautela y teniendo en cuenta estos efectos.

Este enfoque solo debe usarse para comparar celdas solares con un diseño comparable. Por ejemplo, una comparación entre células solares principalmente cuadráticas como células solares de silicio cristalino típicas y células solares estrechas pero largas como células solares de película delgada típicas puede conducir a suposiciones erróneas causadas por los diferentes tipos de rutas de corriente y por lo tanto la influencia de, por ejemplo, una contribución resistencia en serie distribuido a r_s . (Green, 1993.) Y (Nielsen, 1982.) La macro arquitectura de las células solares podría provocar la colocación de diferentes superficies en cualquier volumen fijo, especialmente para células solares de película delgada y células solares flexibles. Que puede permitir estructuras plegadas muy intrincadas. Si el volumen es la restricción de enlace, entonces la densidad de eficiencia basada en el área de superficie puede ser menos relevante. Banda prohibida (Band Gap)

Para que se produzca el efecto fotovoltaico, es decir, para que se produzca una corriente eléctrica cuando incide energía sobre el material semiconductor, es necesario que los fotones tengan una energía mayor que un valor mínimo determinado, que se denomina banda prohibida (E_g), también denominada GAP de energía y se suele expresar en electrón-voltios.

Se pueden considerar ciertos parámetros que caracterizan a la banda prohibida:

- La energía que se aprovecha de cada fotón es la E_g . Si los materiales utilizados en la fabricación de las células fotovoltaicas tienen una E_g muy pequeña, se desaprovecharía mucha energía.
- Si la energía es muy grande, las células se mostrarían transparentes a la mayoría de los fotones incidentes ya que el espectro de la luz solar se distribuye sobre un rango de longitudes de onda que va desde 0.35 hasta algo más de 3 [μm].
- El valor óptimo de E_g está en torno a 1.5 [eV].

2.5.3. Efecto de la temperatura

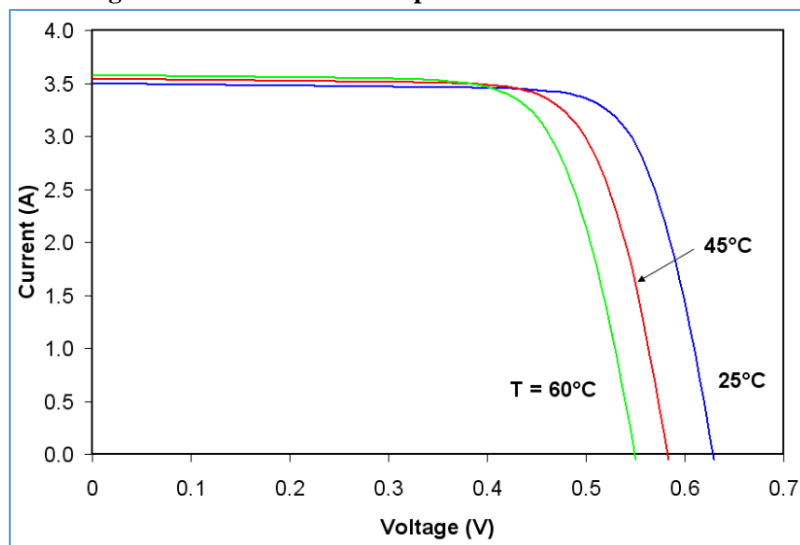
Como todos los dispositivos semiconductores las células solares son sensibles a la temperatura. Los aumentos de temperatura reducen la banda prohibida de un semiconductor, efectuando de este modo la mayor parte de los parámetros de material semiconductor. La disminución en la banda prohibida de un semiconductor con el aumento de temperatura puede ser vista como el aumento de la energía de los electrones en el material. Por lo tanto, es necesaria una energía más baja para romper el enlace. En el modelo de enlace de un intervalo de banda del semiconductor, la reducción en la energía de enlace también reduce la banda prohibida (Band Gap). Por lo tanto el aumento de la temperatura reduce el Band Gap (Honsberg, 2014), En una célula solar, el parámetro más afectado por un aumento de la temperatura es el voltaje de circuito abierto.

La temperatura afecta la característica de dos maneras: directamente, a través de T en el término exponencial, e indirectamente a través de su efecto en I_0 (estrictamente hablando, la temperatura afecta a todos los términos, pero estos dos mucho más significativamente que los demás). Aunque el aumento de T reduce la magnitud del exponente en la característica, el valor de I_0 aumenta exponencialmente con T . El efecto neto es reducir V_{OC} (la tensión de circuito abierto) linealmente al aumentar la temperatura.

La magnitud de esta reducción es inversamente proporcional a V_{OC} ; es decir, celdas con valores más altos de V_{OC} sufre reducciones más pequeñas de voltaje al aumentar la temperatura. Para la mayoría de las células solares de silicio cristalino, el cambio en V_{OC} con la temperatura es de aproximadamente $-0.50\% / ^\circ C$, aunque la tasa para las células de silicio cristalino de mayor eficiencia es de alrededor de $-0.35\% / ^\circ C$. A modo de comparación, la tasa de células solares de silicio amorfo es de $-0.20\% / ^\circ C$ a $-0.30\% / ^\circ C$, dependiendo de cómo se fabrique la célula.

La cantidad de corriente fotogenerada I_L aumenta ligeramente al aumentar la temperatura debido a un aumento en el número de portadores generados térmicamente en la célula. Sin embargo, este efecto es leve: aproximadamente $0,065\% / ^\circ C$ para las células de silicio cristalino y $0,09\%$ para las células de silicio amorfo.

El efecto general de la temperatura en la eficiencia de la celda se puede calcular utilizando estos factores en combinación con la característica. Sin embargo, dado que el cambio de voltaje es mucho más fuerte que el cambio en la corriente, el efecto general sobre la eficiencia tiende a ser similar al del voltaje. La mayoría de las células solares de silicio cristalino disminuyen en eficiencia en $0.50\% / ^\circ C$ y la mayoría de las células amorfas disminuyen en $0.15-0.25\% / ^\circ C$. La Figura anterior muestra curvas IV que se pueden ver típicamente para una célula solar de silicio cristalino a diversas temperaturas.

Figura 2.11: Efecto de la temperatura de una célula solar.

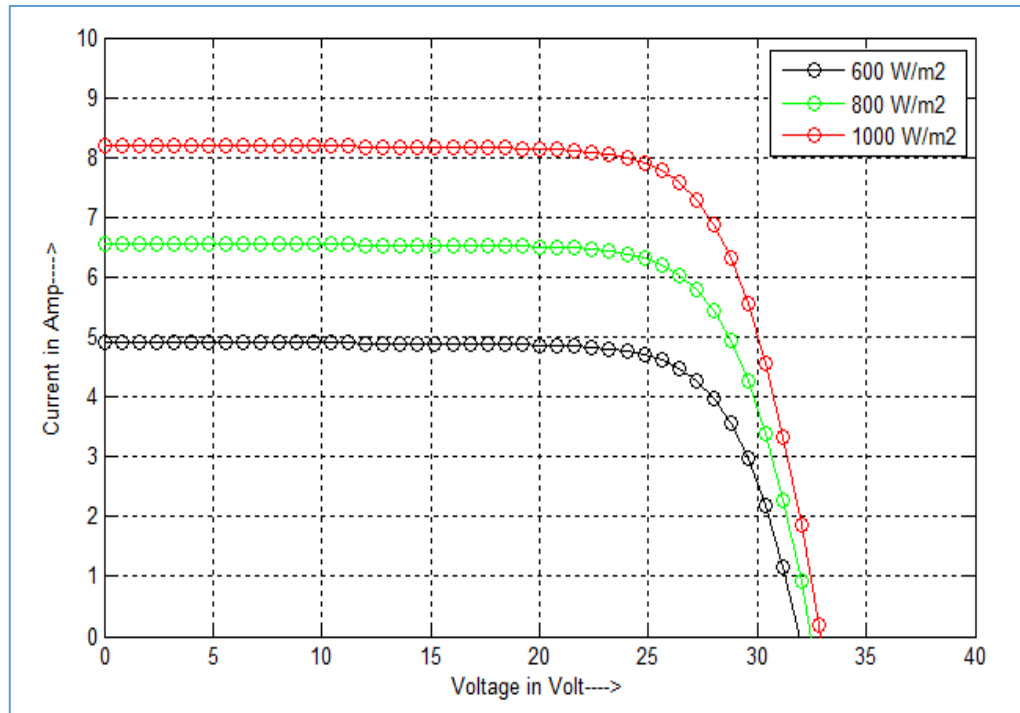
Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:I-V_Curve_RS.PNG

2.5.4. Efecto intensidad de luz

El cambio de la intensidad de luz incidente sobre una célula solar, cambia todos los parámetros de la celda solar, incluyendo la corriente de cortocircuito, la tensión en circuito abierto, el factor de forma, la eficiencia y el impacto de la resistencia serie y paralelo. La intensidad de la luz en una célula solar se llama el número de soles, donde 1 sol corresponde a la iluminación estándar ($1000 \text{ [W/m}^2\text{]}$). (Honsberg, 2014)

Con el aumento de la irradiancia, aumenta la corriente de salida significativamente; en consecuencia, se produce un aumento en la potencia de salida.

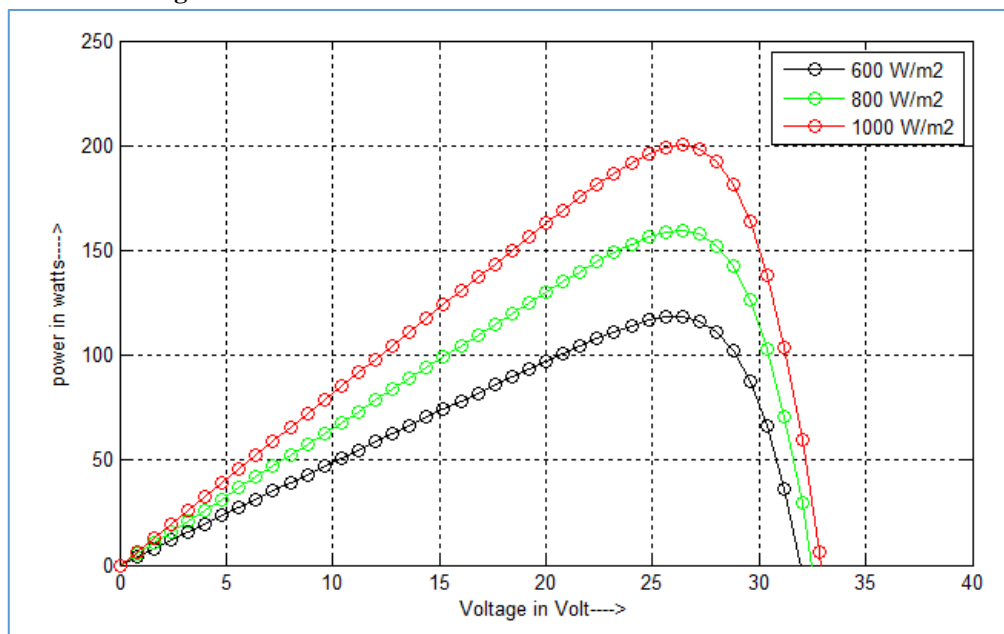
Figura 2.12: curva característica I-V en diferentes irradiaciones



Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:I-V_Curve_RS.PNG

Las células solares experimentan variaciones diarias en la intensidad de la luz, la potencia incidente del sol varía entre 0 y 1000 [W/m²]. A bajos niveles de luz, el efecto de la resistencia en paralelo se vuelve cada vez más importante. A medida que la intensidad de la luz disminuye, el voltaje de polarización y la corriente a través de la célula solar también disminuye, y la resistencia equivalente de la célula solar puede comenzar a acercarse a la resistencia en paralelo. Cuando estas dos resistencias son similares, la fracción de la corriente total que fluye a través de la resistencia en paralelo aumenta. Por consiguiente, bajo condiciones de nubosidad, una célula solar con una alta resistencia en paralelo retiene una mayor fracción de su potencia original que una célula solar con una baja resistencia en paralelo. (Bunea, 2006)

Figura 2.13: Curva característica P-V a diferentes irradiaciones



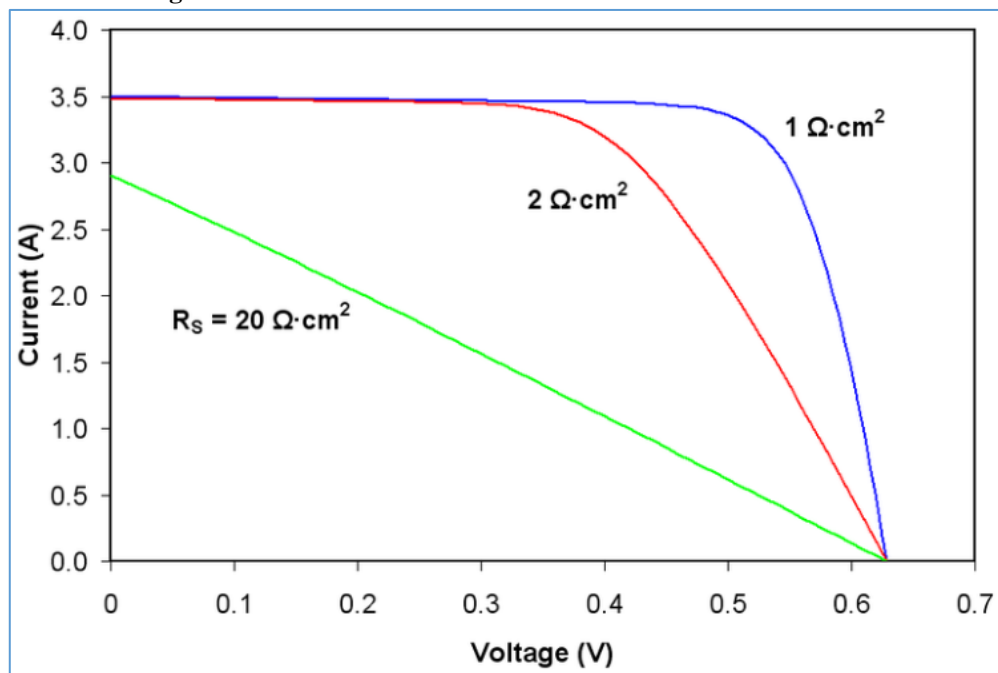
Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:I-V_Curve_RS.PNG

2.5.5. Serie de resistencia

A medida que aumenta la resistencia en serie, la caída de tensión entre la tensión de unión y la tensión del terminal aumenta para la misma corriente. El resultado es que la porción controlada por la corriente de la curva IV comienza a combarse hacia el origen, produciendo una disminución significativa en la tensión del terminal. V y una ligera reducción en I_{SC} , la corriente de cortocircuito. Valores muy altos de R_s también producirán una reducción significativa en I_{SC} ; en estos regímenes, domina la resistencia en serie y el comportamiento de la célula solar se asemeja al de una resistencia. Estos efectos se muestran para las células solares de silicio cristalino en las curvas IV que se muestran en la Figura de la derecha.

Las pérdidas causadas por la resistencia en serie están en una primera aproximación dada por $P_{loss} = V R_s I = I^2 R_s$ y aumentan cuadráticamente con la corriente (foto). Por lo tanto, las pérdidas de resistencia en serie son más importantes a altas intensidades de iluminación.

Figura 2.14: Efecto de la resistencia en serie de una célula Solar.



Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:I-V_Curve_RS.PNG

2.5.6. Una señal analógica

Es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión y térmicas como la temperatura. En la naturaleza, el conjunto de señales que percibimos son analógicas, así la luz, el sonido, la energía etc, son señales que tienen una variación continua. Incluso la descomposición de la luz en el arco iris vemos como se realiza de una forma suave y continúa. Una onda sinusoidal es una señal analógica de una sola frecuencia. Los voltajes de la voz y del video son señales analógicas que varían de acuerdo con el sonido o variaciones de la luz que corresponden a la información que se está transmitiendo.

2.5.7. La señal digital

Es un tipo de señal en que cada signo que codifica el contenido de la misma puede ser analizado en término de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango. Por ejemplo, el interruptor de la luz sólo puede tomar dos valores o estados: abierto o cerrado, o la misma lámpara: encendida o apagada (véase circuito de conmutación). Esto no significa que la señal físicamente sea discreta ya que los campos electromagnéticos suelen ser continuos, sino que en general existe una forma de discretizarla unívocamente.

Los sistemas digitales, como por ejemplo el ordenador, usan la lógica de dos estados representados por dos niveles de tensión eléctrica, uno alto, H y otro bajo, L (de High y Low, respectivamente, en inglés). Por abstracción, dichos estados se sustituyen por ceros y unos, lo que facilita la aplicación de la lógica y la aritmética binaria. Si el nivel alto se representa por 1 y el bajo por 0, se habla de lógica positiva y en caso contrario de lógica negativa.

2.6. Matlab®

Matlab® es el lenguaje de alto nivel y un entorno interactivo utilizado por millones de ingenieros y científicos de todo el mundo. Permite explorar y visualizar las ideas y colaborar en todas las disciplinas, incluyendo procesamiento de señales e imágenes, comunicaciones, sistemas de control, y las finanzas computacionales (MathWorks®, 2018)

2.6.1. Características principales

Las principales características de este programa son las siguientes: Lenguaje de alto nivel para el cálculo numérico, visualización y desarrollo de Entorno interactivo para la exploración, el diseño y la resolución de problemas. Funciones matemáticas para

álgebra lineal, estadística, análisis de Fourier, filtrado, optimización, integración numérica, y la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias Construir gráficos para la visualización de datos y herramientas. Herramientas para la creación de aplicaciones con interfaces gráficas

2.6.1.1. Adquisición de datos

Matlab® genera automáticamente un script o función para importar el archivo mediante programación, también permite acceder a base de datos, otras aplicaciones, y dispositivos externos; incluso puede leer los datos de formatos populares como Microsoft Excel; archivos de texto o binarios; imagen, sonido. Puede presentar funciones que permiten trabajar con datos en cualquier formato. (MathWorks®, 2018)

2.6.1.2. Visualización de datos

Matlab® proporciona funciones incorporadas en 2-D y 3-D, así como funciones de visualización de volumen. Puede utilizar estas funciones para observar y entender los datos y comunicar resultados. Los gráficos se pueden personalizar de forma interactiva o mediante programación. La galería de estructura Matlab® proporciona ejemplos de muchas formas de mostrar gráficamente los datos. Para cada ejemplo, se puede ver y descargar el código fuente a utilizar en la aplicación. (MathWorks®, 2018)

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Proyecto.

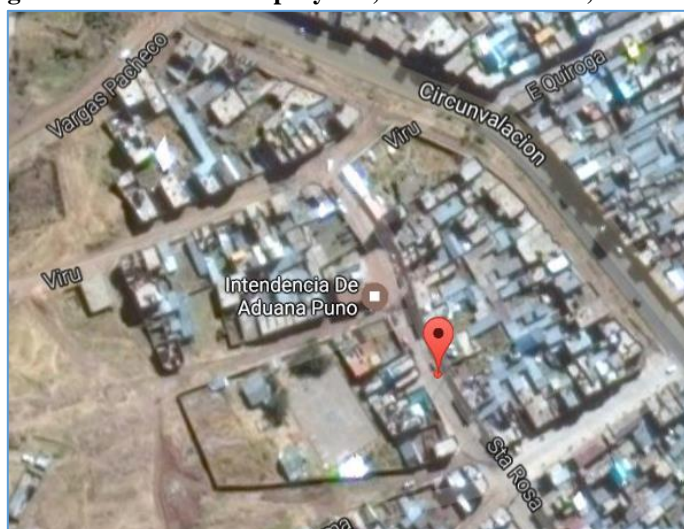
El presente trabajo será desarrollado en el departamento de Puno que es una ciudad del sur de Perú ubicada junto al lago Titicaca, uno de los lagos más grandes de Sudamérica y el cuerpo de agua navegable más alto del mundo. La ciudad es un núcleo comercial regional y también se considera la "capital folclórica" de Perú, por sus festivales tradicionales con animados espectáculos de música y danza. Los sitios icónicos incluyen la Catedral de Puno, una construcción andina de estilo barroco, y el barco a vapor Yavarí del siglo XIX.

Tabla 3.1: datos de ubicación en puno.

Variable	Medida
Coordenadas UTM del proyecto	-15.851883, -70.020763
Elevación	3,827 msnm
Superficie	15.57 km ²

Elaboración: propia

Figura 3.1: ubicación del proyecto, UTM: -15.851883, -70.020763



<https://www.google.com.pe/maps>

3.2. Equipos e instrumentos utilizados

En esta sección se presentan los equipos e instrumentos utilizados para la obtención de datos del panel fotovoltaico requeridos para evaluar la eficiencia y curva característica I-V, La calibración de los sensores utilizados en este proyecto se obtienen por medio del cálculo de un promedio en la toma de de veinte datos cada para reducir los ruidos y otros.

3.2.1. Microprocesador Arduino Uno R3

El Arduino Uno R3, es una placa electrónica basada en el microprocesador Atmega328, Cuenta con 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 pueden ser utilizados como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un header ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar al microcontrolador, basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB, o alimentarlo con un adaptador o batería.

Figura 3.2: Placa Arduino Uno R3.



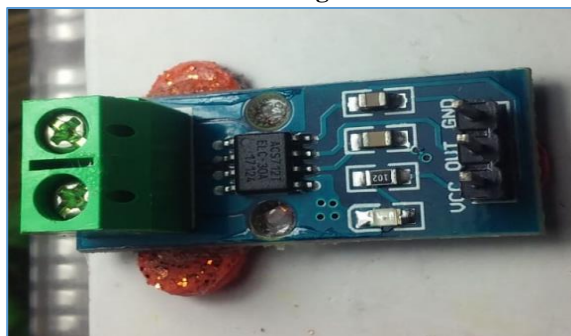
Elaboración: propia

3.2.2. Sensor de corriente allegro ACS712TELC 30A +- 30A

El ACS712 es un sensor de efecto de Hall muy preciso, lineal de bajo offset, con una pista de conducción de cobre localizada cerca de la pastilla de silicio de un sensor de efecto Hall. La corriente aplicada a través de esta pista de cobre induce un campo

magnético el cual es capturado por el sensor de efecto de Hall y convertido en un voltaje proporcional de manera lineal. La exactitud y linealidad es optimizada por medio de la localización próxima de la señal de corriente al sensor, su voltaje de operación está en el rango de 3.3v a 5v, este tiene una sensibilidad de 66 mV/A.

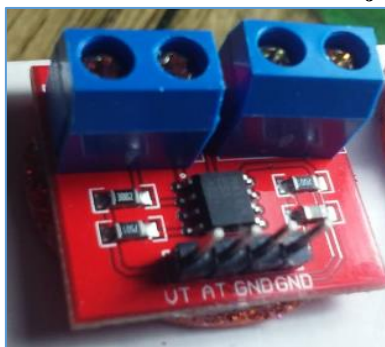
Figura 3.3: Sensor de corriente allegro ACS712TELC 30A +- 30A.



Elaboración: propia

3.2.3. Sensor de Corriente de Voltaje Max471

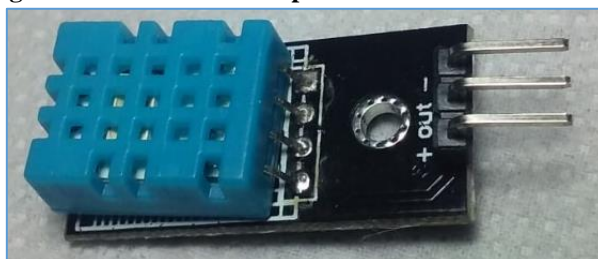
Este módulo se puede utilizar para probar la corriente y la tensión en el circuito. El principio de la prueba de la tensión basada en principio del diseño resistivo del divisor de la tensión, Puede hacer que la tensión de entrada del conector de terminal rojo sea 5 veces menor. Para tensiones de entrada analógicas de Arduino de hasta 5 v, El voltaje de entrada del módulo de detección de voltaje no mayor que $5V \times 5 = 25V$ (si utiliza sistemas de 3.3V, Tensión de entrada no mayor que $3.3V \times 5 = 16.5V$). Para los chips AVR Arduino tienen AD de 10 bits, Por lo que este módulo simula una resolución de 0.00489V ($5V / 1023$), Por lo que el voltaje mínimo del módulo de detección de voltaje de entrada es $0.00489V \times 5 = 0.02445V$. El chip MAX471 en la placa utilizada para probar la corriente de consumo de la carga.

Figura 3.4: Sensor de Corriente de Voltaje Max471.

Elaboración: propia

3.2.4. Sensor De Temperatura Y Humedad DHT11

El DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). Es bastante simple de usar tanto en hardware como software. El único inconveniente de este sensor es que sólo se puede obtener nuevos datos una vez cada 2 segundos. Se caracteriza por tener la señal digital calibrada, asegurando alta estabilidad y fiabilidad a lo largo del tiempo. El sensor integra unos sensores resistivos para temperatura (termistor) y otro para humedad. Puede medir la humedad en un rango desde 20% hasta 90% y temperatura en el rango de 0°C a 50°C.

Figura 3.5: Sensor De Temperatura Y Humedad DHT11

Elaboración: propia

3.2.5. Cable UART USB para Arduino

Este dispositivo sirve comunicar Arduino con el ordenador y para programarlo es mediante el USB. Casi todos los Arduinos y compatibles tienen un interfaz USB El “Bus Universal en Serie”, en inglés: Universal Serial Bus más conocido por la sigla USB, es

un bus estándar industrial que define los cables, conectores y protocolos usados en un bus para conectar, comunicar y proveer de alimentación eléctrica entre computadores, periféricos y dispositivos electrónicos.

Figura 3.6: Cable Uart- Usb para Arduino



Elaboración: propia

3.2.6. Piranómetro

El piranómetro, es un instrumento meteorológico utilizado para medir la radiación solar incidente sobre la Tierra (vatios por metro cuadrado), expresando su salida en mV según la intensidad del Sol. En este caso, se tiene un rango de 1 (mV/m²) a 15.78 (mV/m²), donde el máximo voltaje representa la radiación solar de 1000 (W/ m²).

Figura 3.7: panel solar pequeño usado como piranometro.

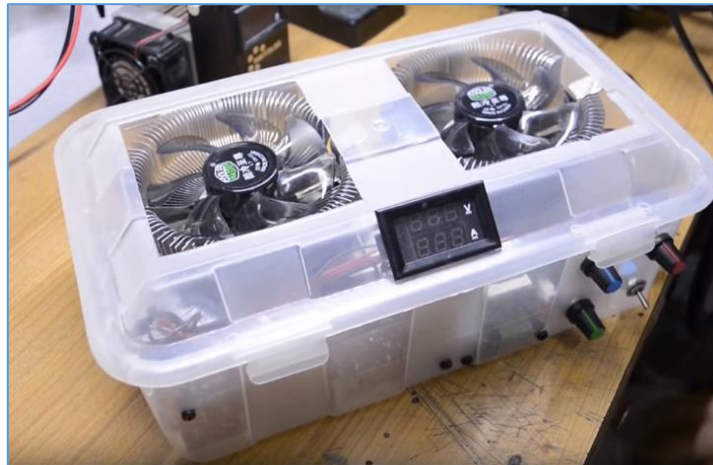


Elaboración: propia

3.2.7. Carga variable electrónica de 0-30 V y 0 a 10 A

Este equipo está compuesto de un amperímetro y un voltímetro también dos ventiladores y un termostato colocado en puesto de alarma para que cuando llegue la temperatura a niveles críticos debido al calentamiento de las resistencias.

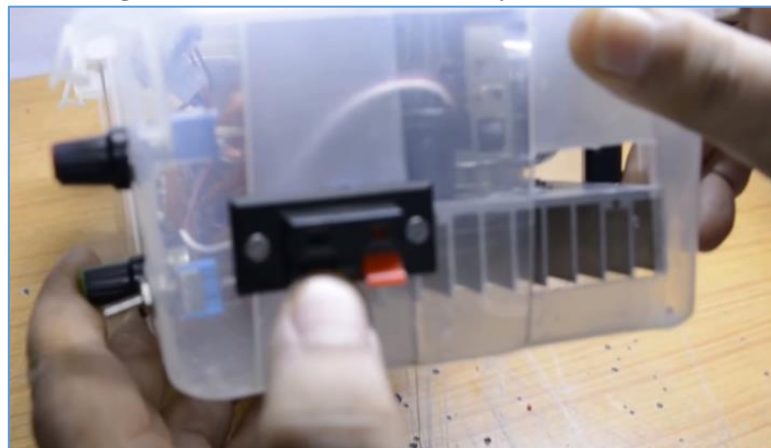
Figura 3.8: Carga variable electrónica de 0-30 V y 0 a 10 A.



Elaboración: propia

En la siguiente figura se puede observar los bornes de entrada de la carga variable que serán conectados al sensor MAX47 que tiene la capacidad de leer el voltaje y la corriente.

Figura 3.9: Carga variable electrónica de 0-30 V y 0 a 10 A, bornes de conexión.

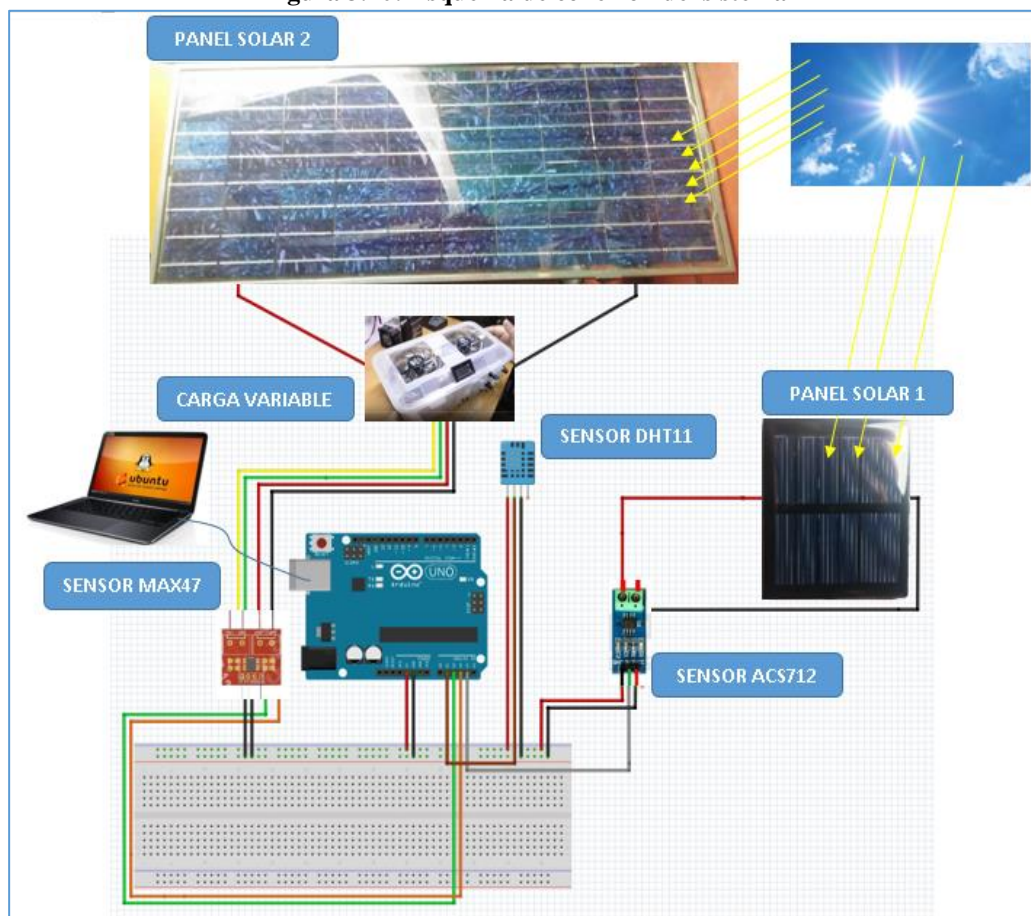


Elaboración: propia

3.3. Esquema De Conexión Del Sistema

Se muestra el esquema del circuito eléctrico que se debe instalar para obtener los datos de voltaje, corriente, radiación, entre otros, y la conexión que se debe realizar del sistema fotovoltaico con el sensor de corriente, sensor de temperatura, panel solar 1 usado como piranómetro y su intercomunicación con los puertos analógicos de la placa Arduino.

Figura 3.10: Esquema de conexión del sistema



Elaboración: propia

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Modelo matemático en Simulink® del panel fotovoltaico.

Para la realización del modelamiento matemático del panel solar se utilizó las ecuaciones establecidas por (Hegedus, 2003) (Nelson, 2003)

$$I = I_L - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{V + I * R_S}{n * V_T} \right] - 1 \right\} - \frac{V + I * R_S}{R_{SH}} \quad (4.1)$$

4.1.1. Parámetros de panel fotovoltaico para simulación en Simulink®

Tabla 4.1: datos de fábrica de un panel fotovoltaico de 200 watts.

Variable	Medida
Rango De Voltaje De Celda	Vd=0:0.01:32.9
Corriente De Corto Circuito De Celda	Isc=8.21
Número De Celdas En El Panel	Ns=54
Voltaje Del Panel De Circuito Abierto	Voc=32.9
Corriente Coeficiente Temperatura De Celda	Tc=0.032
Temperatura Std En Kelvin	Tref=273+25
Temperatura En Kelvin	T=273+30
Irradiación Standar	Sref=1000
Irradiación En La Operación Del Panel	S=1000
Numero De Paneles	Np=1
Carga Del Electrón	q=1.60217662*10 ⁻¹⁹
Constante De Botzman	K=1.380648522*10 ⁻²³
Factor Ideal	A=1.3
Resistencia En Serie De La Celda	Rs=0.221
Resistencia En Paralelo De La Celda	Rp=415.405

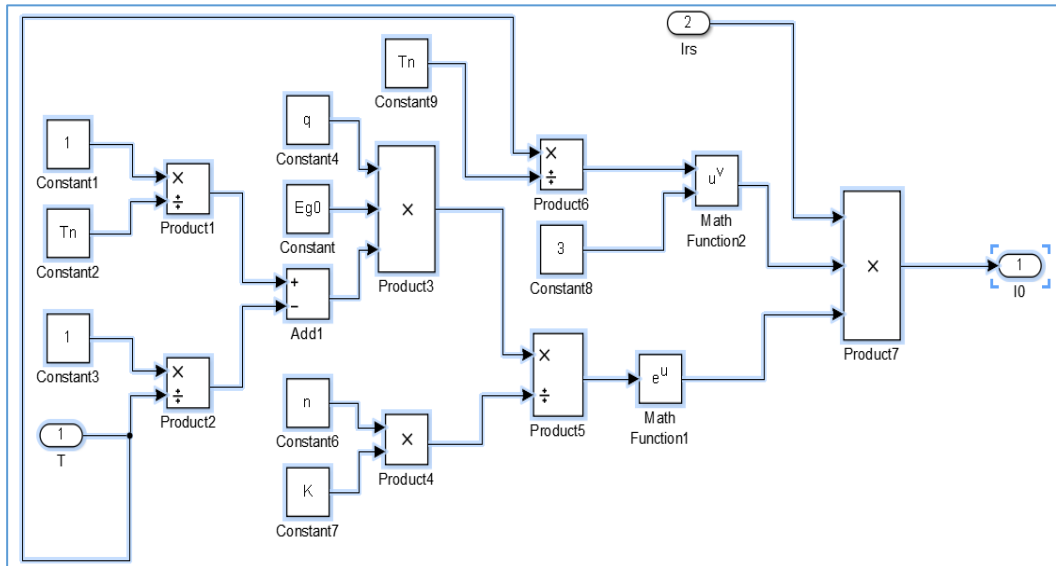
Elaboración: propia

4.1.2. Modelo en Simulink® de corriente de saturación

Para el modelamiento de la corriente de saturación se utilizó la siguiente fue desarrollado en el capítulo II del presente trabajo desarrollado por (Hegedus, 2003) (Nelson, 2003)

$$I_o = I_{rs} * \left(\frac{T}{T_n}\right)^3 * e^{\left[\frac{q * E_{go} * (1/T_n - 1/T)}{n * K}\right]} \tag{4.2}$$

Figura 4.1: Modelo en Simulación de corriente de saturación.



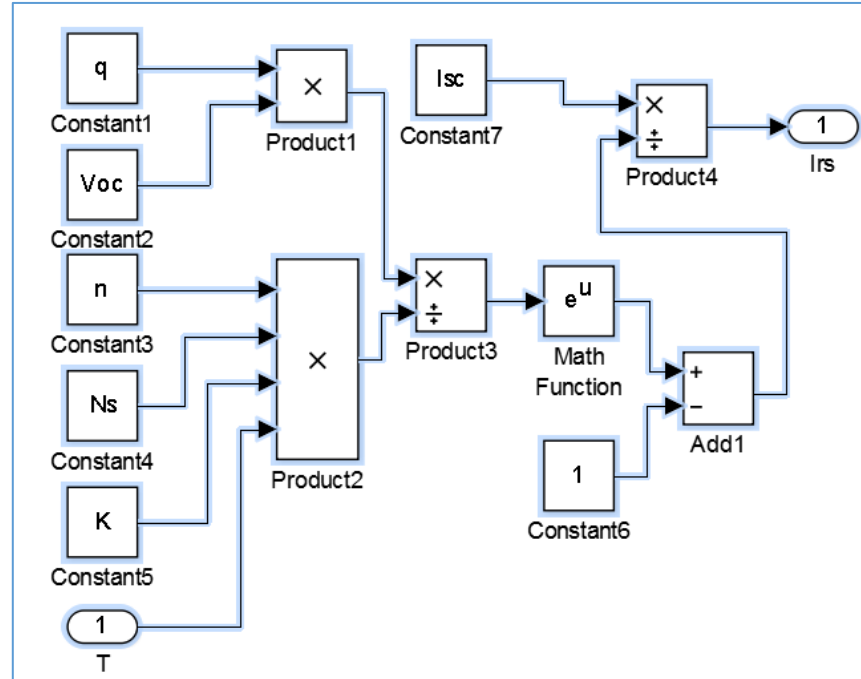
Elaboración: propia

4.1.3. Modelo en Simulink® de corriente de saturación inversa.

Para el modelamiento de la corriente de saturación inversa se utilizó la siguiente fue desarrollado en el capítulo II del presente trabajo desarrollado por (Hegedus, 2003) (Nelson, 2003)

$$I_{rs} = \frac{I_{sc}}{e^{\left(\frac{q * V_{oc}}{n * N_s * K * T}\right)} - 1} \tag{4.3}$$

Figura 4.2: Modelo en Simulación de corriente de saturación inversa.



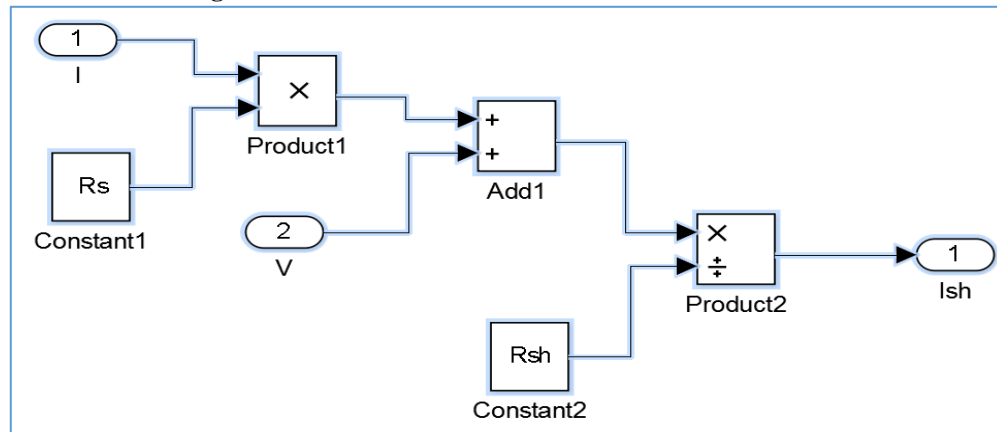
Elaboración: propia

4.1.4. Modelo en Simulink® de corriente de shunt.

Para el modelamiento de la corriente de Shunt o corriente en paralelo se utilizó la siguiente fue desarrollado en el capítulo II del presente trabajo desarrollado por (Hegedus, 2003) (Nelson, 2003)

$$I_{sh} = \frac{V + I * R_s}{R_{sh}} \tag{4.4}$$

Figura 4.3: Modelo en Simulación de corriente de Shunt.



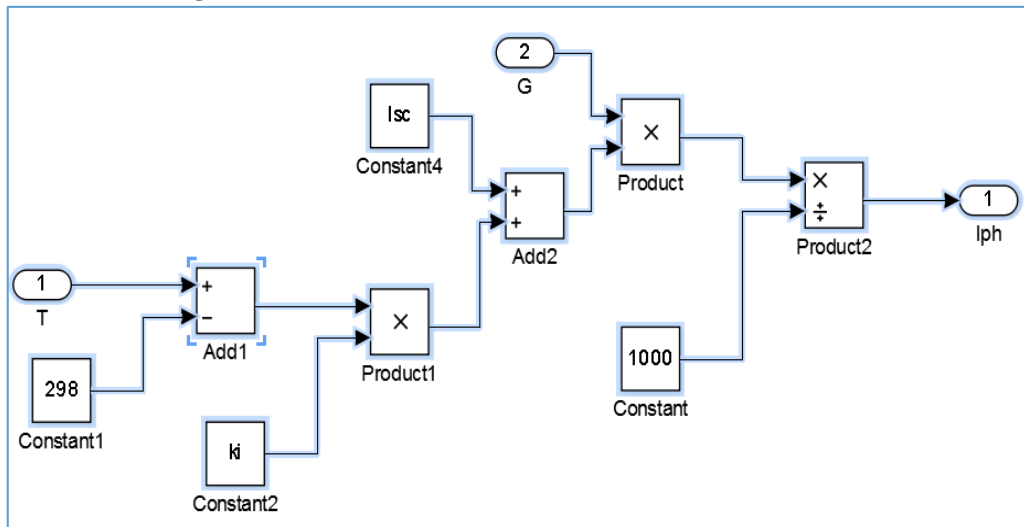
Elaboración: propia

4.1.5. Modelo en Simulink® de corriente del foto diodo

Se realizó el modelamiento matemático con la siguiente

$$I_{ph} = I_{sc} - k_t * (T - 298) * \frac{G}{1000} \tag{4.5}$$

Figura 4.4: Modelo en Simulación de corriente del foto diodo.



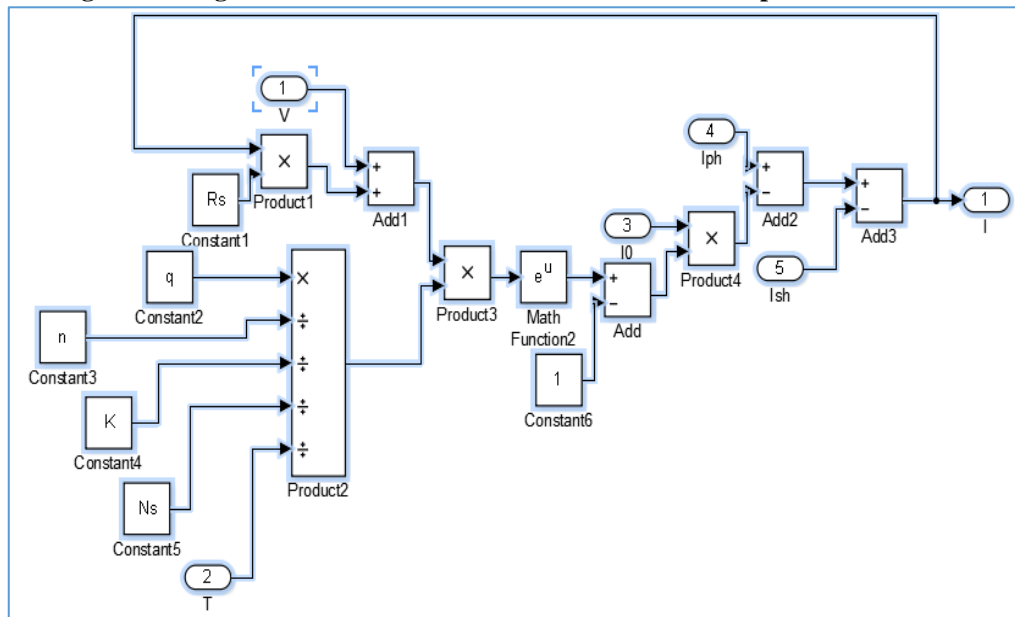
Elaboración: propia

4.1.6. Modelo en Simulink® de corriente del panel fotovoltaico.

Para el modelamiento matemático de la corriente generada por el panel fotovoltaico es la siguiente.

$$I = I_{ph} - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{q * (V + I * R_s)}{n * K * N_s * V_T} \right] - 1 \right\} - I_{sh} \tag{4.6}$$

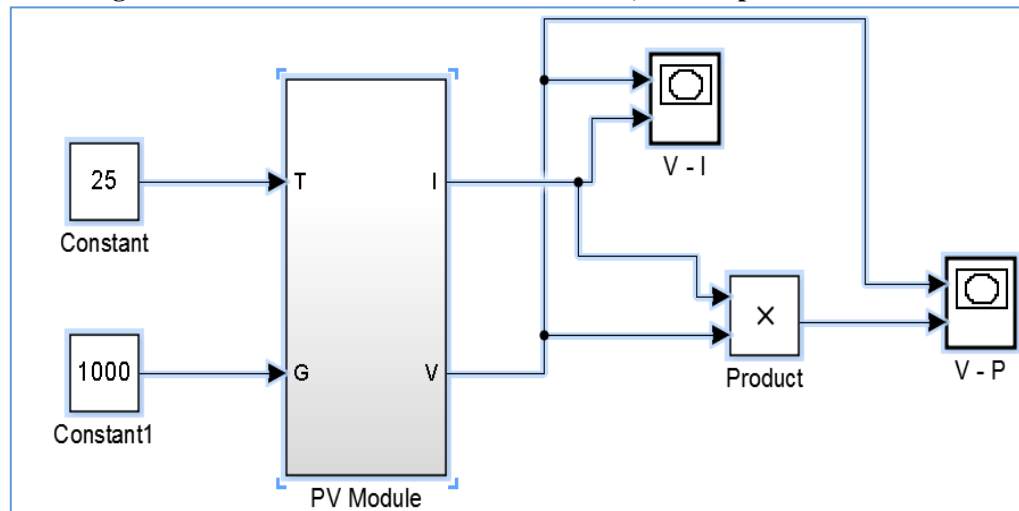
Figura 4.5: Figura 31: Modelo en Simulación de corriente del panel fotovoltaico.



Elaboración: propia.

4.1.7. Modelo en Simulink® de curvas V-I, V-P del panel fotovoltaico.

Figura 4.6: Modelo en Simulink® de curvas V-I, V-P del panel fotovoltaico.



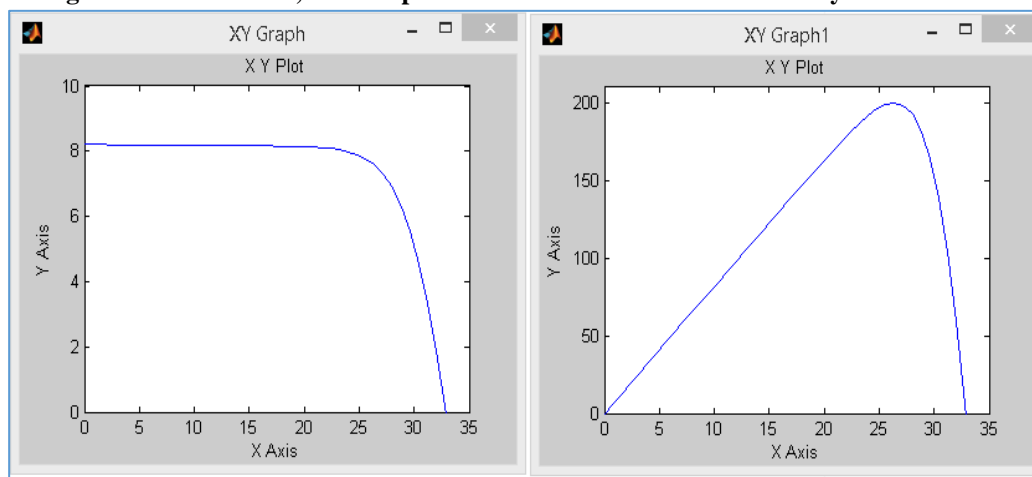
Elaboración: propia.

4.1.8. Análisis De Los Resultados Obtenidos en Simulink.

Como muestra la Figura 33 se demuestra la validez de los parámetros ofrecidos por el fabricante, se observa en el gráfico de la izquierda la curva V-I, de igual manera en el gráfico de la derecha se puede visualizar la curva de V-P, se consideró la temperatura

a 25°C y la radiación a 1000 wh/m², podemos variar la temperatura y la radiación a las condiciones climáticas de Puno para la obtención de las curvas de V-I y V-P, para la verificación del desenvolvimiento de un panel fotovoltaico.

Figura 4.7: curvas V-I, V-P del panel fotovoltaico en Simulink a 25°C y 1000 kWh/m².



Elaboración: propia

4.2. Diseño de sistema usando Matlab Con Placa Arduino

La mayor ventaja del sistema desarrollado es la versatilidad de la información obtenida en tiempo real donde no es necesario un post procesamiento de la información ya que se procesa la información en el mismo momento en el que se adquiere los datos. Esto permite obtener una base de datos con información relevante como la eficiencia del sistema y la Generación de energía eléctrica real obtenida a lo largo del día o del periodo de operación del panel fotovoltaico, esta base de datos puede ser utilizado para determinar la factibilidad económica real del proyecto, además de ayudar a detectar posibles anomalías en el funcionamiento del sistema.

Con la finalidad de ver el comportamiento y validez las ecuaciones matemáticas resultado del modelamiento matemático, se desarrolla en Matlab un archivo **m-file** para la simulación en tiempo real de un sistema fotovoltaico, tomando como variables la

temperatura y la radiación solar y la carga. La carga se asume de igual potencia que el panel solar

4.2.1. Parámetros de panel fotovoltaico para simulación en tiempo real.

En la siguiente tabla se observa los parámetros de un panel fotovoltaico que sera utilizado con la variación de la radiación y temperatura y valor de carga

Tabla 4.2: Parámetros de panel fotovoltaico para simulación en Tiempo real con Arduino.

Variable	Medida
Rango De Voltaje De Celda	$V_d=0:0.01:38^*$
Corriente De Corto Circuito De Celda	$I_{sc}=8.70$
Número De Celdas En El Panel	$N_s=60$
Voltaje Del Panel De Circuito Abierto	$V_{oc}=0.625*N_s$
Corriente Coeficiente Temperatura De Celda	$T_c=0.058$
Temperatura Std En Kelvin	$T_{ref}=273+25$
Temperatura En Kelvin	$T=273+30^*$
Irradiación Estándar	$S_{ref}=1000$
Irradiación En La Operación Del Panel	$S= 0-1200^*$
Numero De Paneles	$N_p=1$
Carga Del Electrón	$q=1.60217662*10^{-19}$
Constante De Botzman	$K=1.380648522*10^{-23}$
Factor Ideal	$A=1.51$
Resistencia En Serie De La Celda	$R_s=0.45$
Resistencia En Paralelo De La Celda	$R_p=310$

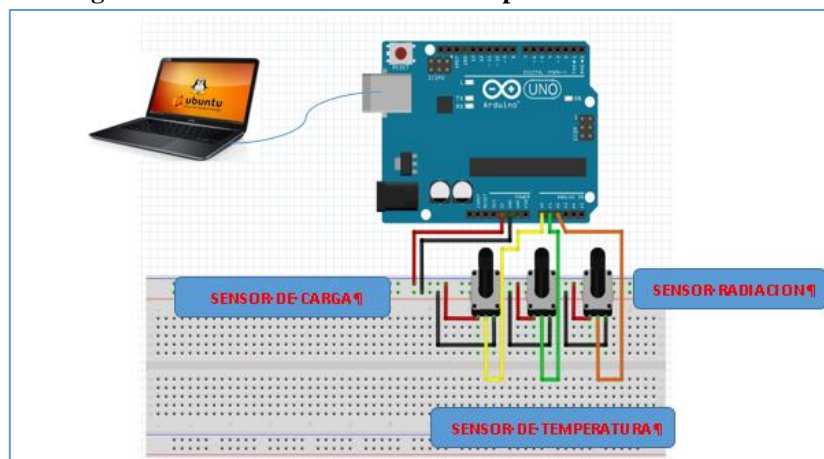
*variables en Tiempo real.

Elaboración: propia

4.2.2. Desarrollo Del Programa En Matlab – Arduino con simulación de sensores.

Para la simulación se usó 03 potenciómetros conectados a Arduino, simulando ser Sensores de radiación, temperatura y variación de voltaje de carga para la obtención de las curvas V-I, V-P, también se utilizaron las ecuaciones del modelamiento matemático descrito en capítulos anteriores, con esto se consigue resultados satisfactorios en donde de manera dinámica se visualiza las variaciones en las curvas de V-I, V-P cuando se varia la radiación, la temperatura y la carga. Las líneas de código se encuentran en el ANEXO:

A.

Figura 4.8: Simulación de sensores en panel fotovoltaico 200 w

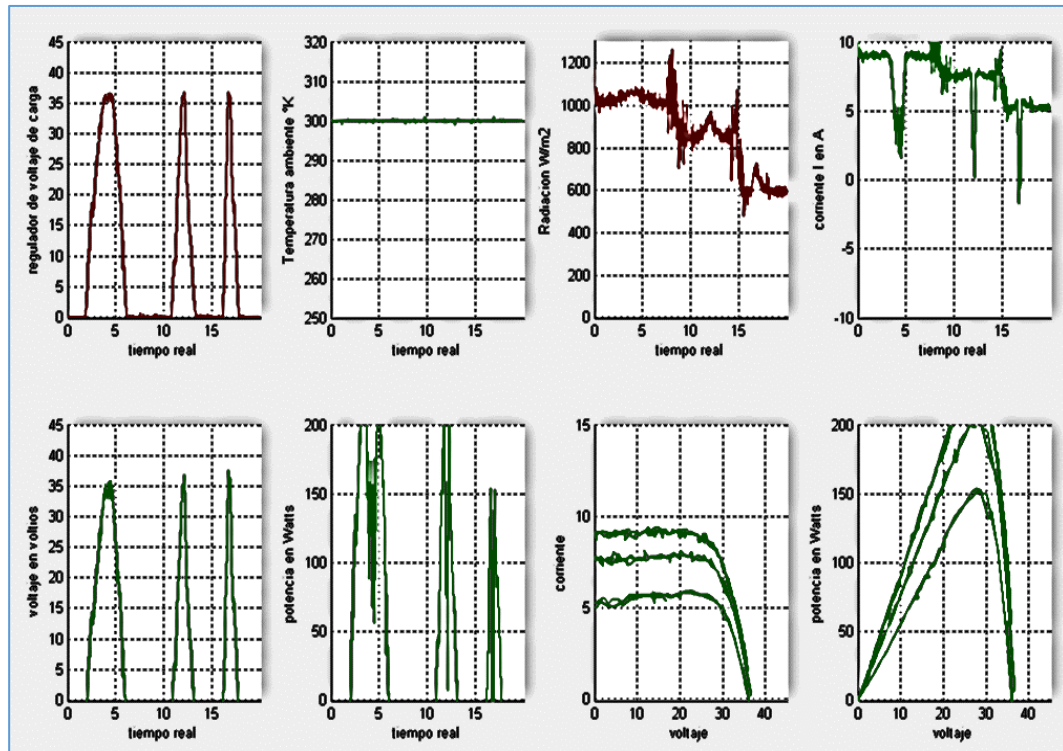
Elaboración: propia

4.2.3. Análisis De Los Resultados del Programa En Matlab -Arduino.

Este programa consta de 08 ventanas gráficas, en donde se puede visualizar el voltaje, la corriente, la potencia, las curvas de I-V y la curva de P-V del panel fotovoltaico, estas 05 graficas son resultado del modelamiento matemático y parámetros de fabricación del panel fotovoltaico.

Como se muestra en la Figura 35 se demuestra la validez de los parámetros ofrecidos por el fabricante, realizaremos una variación de la radiación de 1000, 800, 600, w/m², también se hará la variación del voltaje del panel fotovoltaico simulando una carga variable. Para observar los cambios de nuestra curva V-I, V-P,

Figura 4.9: simulación en Tiempo real con variación de la Radiación Solar.



Elaboración: propia

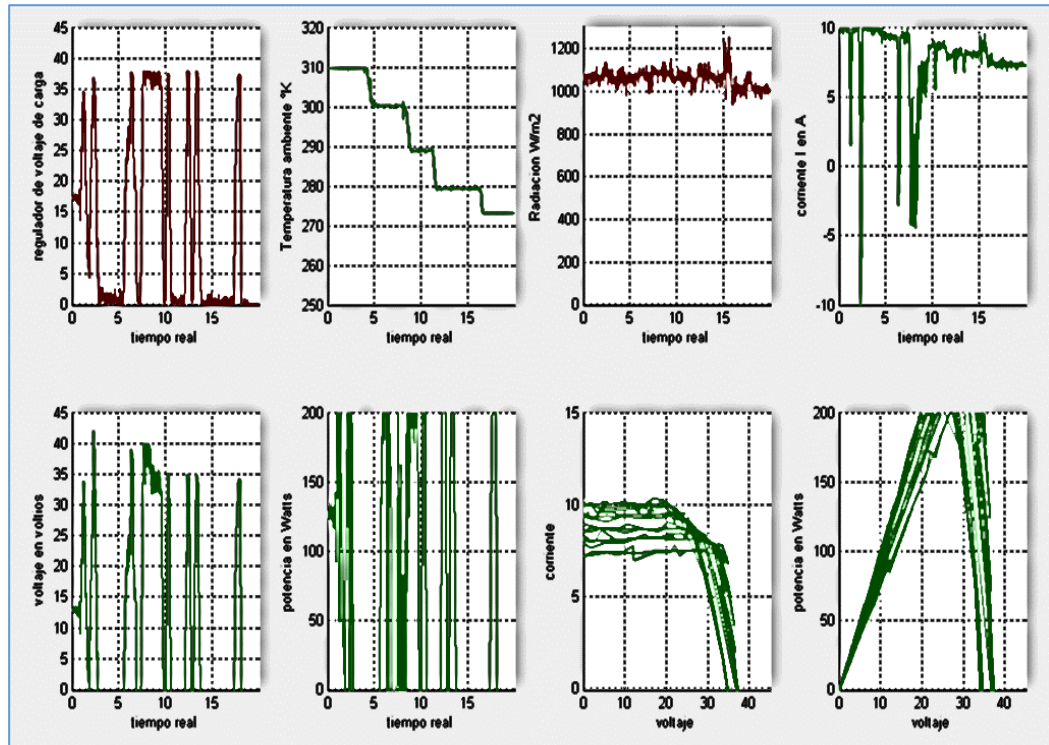
Se puede observar también como la radiación influye en la producción de energía de nuestro panel solar simulado en tiempo real.

Con respecto a la variación de las curvas V-I, se observa claramente que a mayor voltaje menor es la corriente y también a mayor corriente menor es el voltaje de salida del panel fotovoltaico. Es factible la simulación de este sistema, con la obtención de datos de radiación (W/m^2) de la NASA y con parámetros de fabricación de cualquier panel fotovoltaico para la estimación del rendimiento y desenvolvimiento de este en nuestra región de Puno.

En la Figura 36, se simulara los efectos de la variación de la temperatura de 310, 300, 290, 280 y 270 °K, a una radiación de $1020 \text{ w}/\text{m}^2$ en el panel fotovoltaico simulado en donde se ve también claramente la influencia de la temperatura en la producción de energía en tiempo real.

Cada ventana de visualización almacena 1000 datos en la memoria interna de la computadora el cual puede ser extraído para su posterior análisis.

Figura 4.10: Simulación en Tiempo real con variación de la Temperatura del panel fotovoltaico.



Elaboración: propia

Desde nuestro punto de vista según la Figura 36, la variación de la temperatura está relacionado con las variaciones de humedad relativa y velocidad del viento presencia de nubes y otros. Las variaciones de la generación de energía no son tan significativas a comparación de la radiación Solar.

4.3. Sistema de control para panel solar AEG Modelo PQ10/40/02.

Con la finalidad de ver el comportamiento y validar las características del fabricante para el panel fotovoltaico comparando los resultados con las ecuaciones del modelamiento matemático, se desarrolla en Matlab un archivo **m-file** para la toma de datos en tiempo real de un sistema fotovoltaico durante los días , para lo cual estamos usando los sensores de temperatura DHT11, sensor de radiación solar (pequeño panel

fotovoltaico, carga electrónica variable y el sensor MAX47 que tiene la capacidad de obtener datos de corriente y voltaje.

4.3.1. Parámetros de panel fotovoltaico.

Tabla 4.3: Parámetros de panel fotovoltaico AEG Modelo PQ10/40/02.

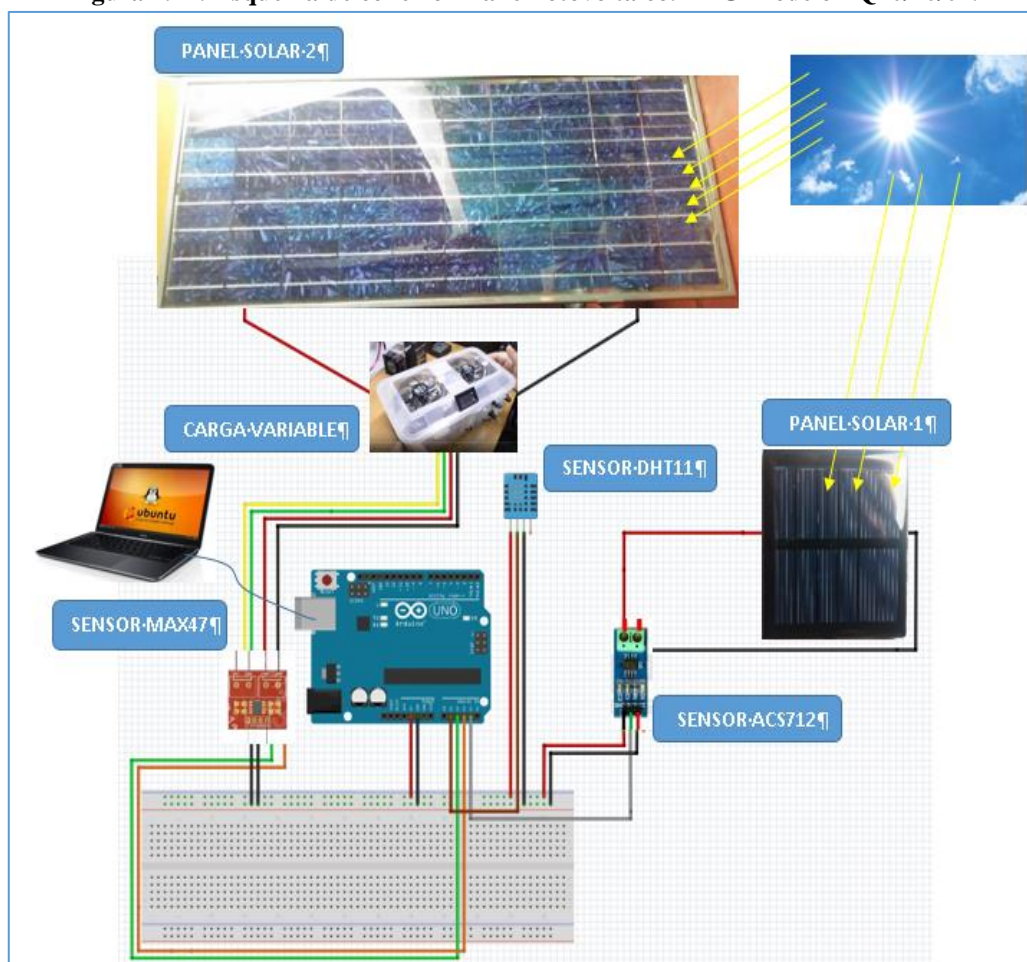
Variable	Medida
Rango De Voltaje De Celda	Carga Variable
Corriente De Corto Circuito De Celda	$I_{sc}=2.41$
Número De Celdas En El Panel	$N_s=40$
Voltaje Del Panel De Circuito Abierto	$V_{oc}=0.625*N_s$
Corriente Coeficiente Temperatura De Celda	$T_c=0.058$
Temperatura Std En Kelvin	$T_{ref}=273+25$
Temperatura En Kelvin	Sensor DHT11
Irradiación Estándar	$S_{ref}=1000$
Irradiación En La Operación Del Panel	Sensor de Radiación
Numero De Paneles	$N_p=1$
Carga Del Electrón	$q=1.60217662*10^{-19}$
Constante De Botzman	$K=1.380648522*10^{-23}$
Factor Ideal	$A=1.51$
Resistencia En Serie De La Celda	$R_s=0.25$
Resistencia En Paralelo De La Celda	$R_p=210$
Corriente del panel fotovoltaico	Sensor MAX47
Voltaje del panel fotovoltaico	Sensor MAX47

Elaboración: propia

4.3.2. Desarrollo Del Programa

Para la obtención de datos se usaron los sensores de temperatura DHT11, sensor de radiación solar (pequeño panel fotovoltaico), carga electrónica variable y el sensor MAX47 que tiene la capacidad de obtener datos de corriente y voltaje. También se utilizaron las ecuaciones del modelamiento matemático descrito en capítulos anteriores, con esto se consiguen resultados satisfactorios en donde de manera dinámica se visualizan las variaciones en las curvas de V-I, V-P cuando se varía la radiación, la temperatura y la carga. Se modificó las líneas de código del ANEXO: A.

Figura 4.11: Esquema de conexión Panel fotovoltaico. AEG Modelo PQ10/40/02.



Elaboración: propia

4.3.3. Análisis De Los Resultados.

Este programa consta de 08 ventanas gráficas, en donde se puede visualizar el voltaje, la corriente, la potencia, las curvas de I-V y la curva de P-V del panel fotovoltaico, estas 05 graficas son resultado del modelamiento matemático y parámetros de fabricación del panel fotovoltaico.

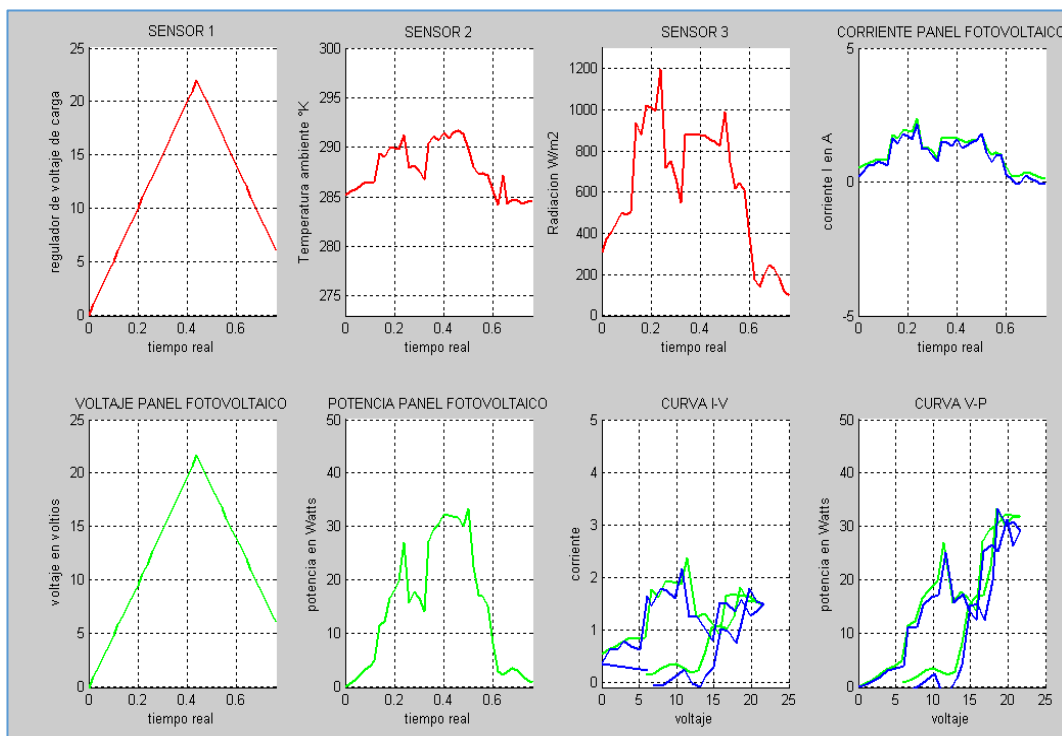
Como se muestra en la Figura 38 se demuestra la validez de los parámetros ofrecidos por el fabricante, también se demuestra la valides del modelamiento matemático. También cabe resaltar que los datos obtenidos de los sensores de radiación el día 05.01.2018 tienen variaciones debido a la presencia de nubes y lluvias

características de nuestra región en esas épocas y se observa también claramente el verdadero desenvolvimiento del panel fotovoltaico. AEG Modelo PQ10/40/02.

En la ventana de corriente del panel fotovoltaico se muestra dos líneas una de color verde y la otra de color azul, la línea verde representa el resultado del modelamiento matemático a partir de los parámetros de radiación y temperatura en el transcurso del día, de igual manera la línea azul representa la corriente medida en los bornes de salida del panel fotovoltaico. Clara mente se observa un error tolerable aproximado de 18 % en promedio.

La ventana de Curva I-V, Curva V-P la línea verde es el resultado de los cálculos obtenidos a partir del modelamiento matemático con parámetros de entrada la temperatura y la radiación, la línea azul resultado de los datos obtenidos en el transcurso del día por los sensores de voltaje y corriente en la bornera de salida del panel fotovoltaico

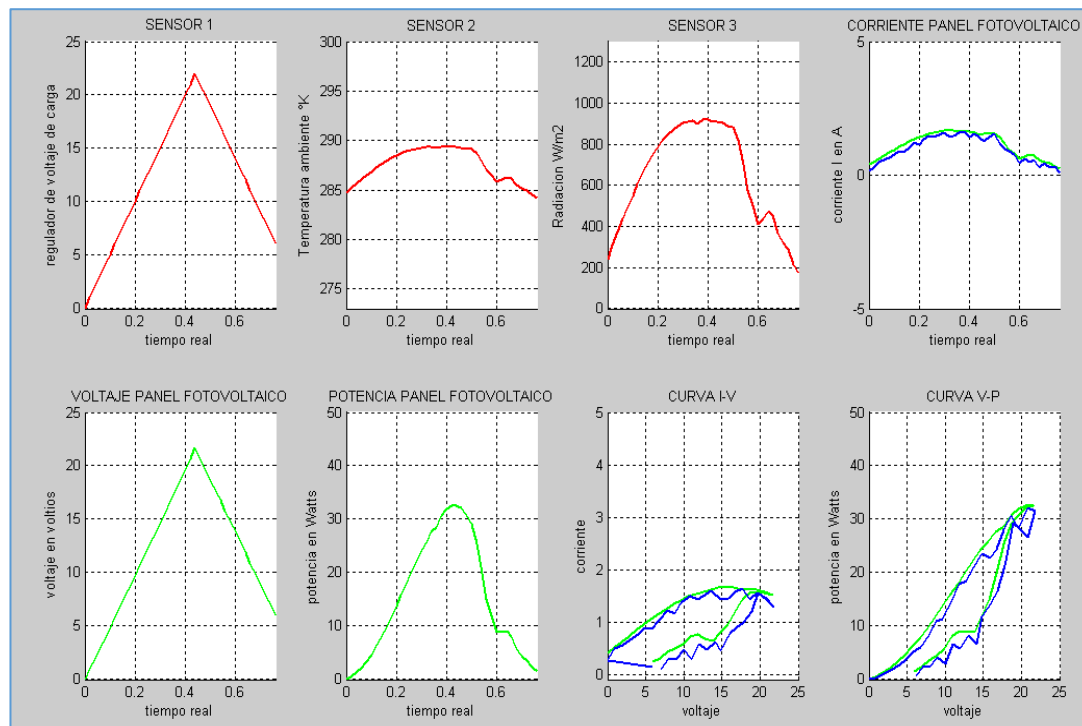
Figura 4.12: Análisis del comportamiento del panel fotovoltaico AEG Modelo PQ10/40/02. Día: 05.01.2018.



Elaboración: propia

En la figura 39 se observa un desenvolvimiento de nuestro panel fotovoltaico en estudio de un día sin mucha perturbación en la radiación solar con fecha 28.01.2018

Figura 4.13: Análisis del comportamiento del panel fotovoltaico AEG Modelo PQ10/40/02. Día: 28.01.2018.



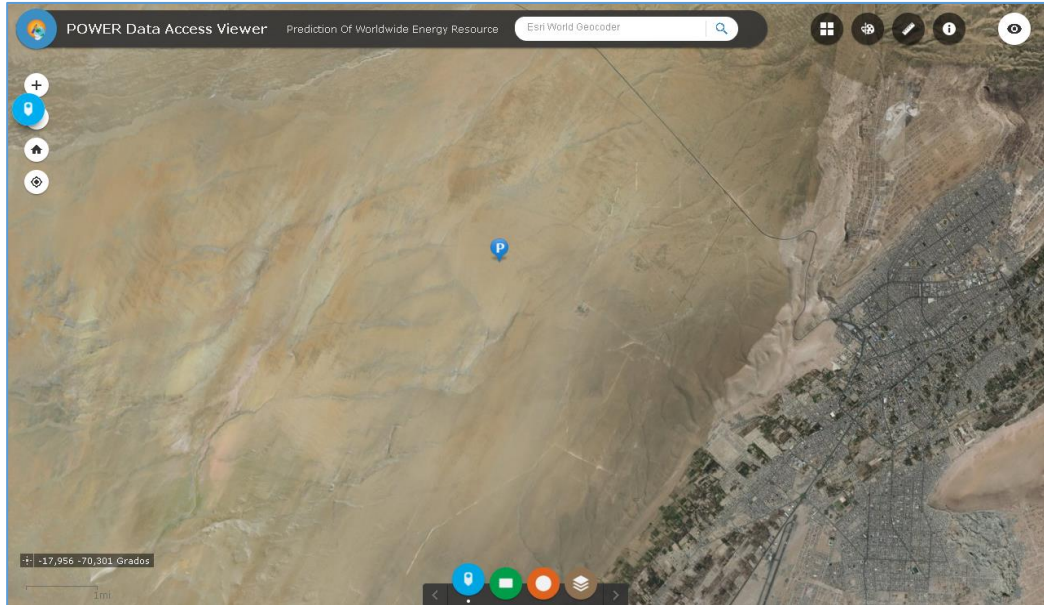
Elaboración: propia

4.4. Impacto de la radiación y temperatura en generadora Tacna Solar (20 Mw).

La empresa de generación Tacna Solar se ubica en el departamento de Tacna esta central está constituida por 74 988 Módulos Fotovoltaicos de 290 W pico c/u, todos ellos de estructura metálica en acero galvanizado. La estructura está anclada sobre pilotes circulares de hormigón. La Central está equipada con 182 sistemas de seguimiento solar.

Para el análisis de impacto de la radiación y temperatura se hizo una recolección una base de datos de radiación solar en (kwh-m2/día) también temperatura máxima y mínima a 2 metros de la superficie de la tierra en (°C) que fueron descargados de la página web la NASA , los datos de medición de generación de energía en (Mwh / día) que fueron descargados de la página web del COES – SINAC, se hizo la recolección de datos de un año y medio con las siguientes fechas desde el 01/01/2017 hasta 30/06/2018.

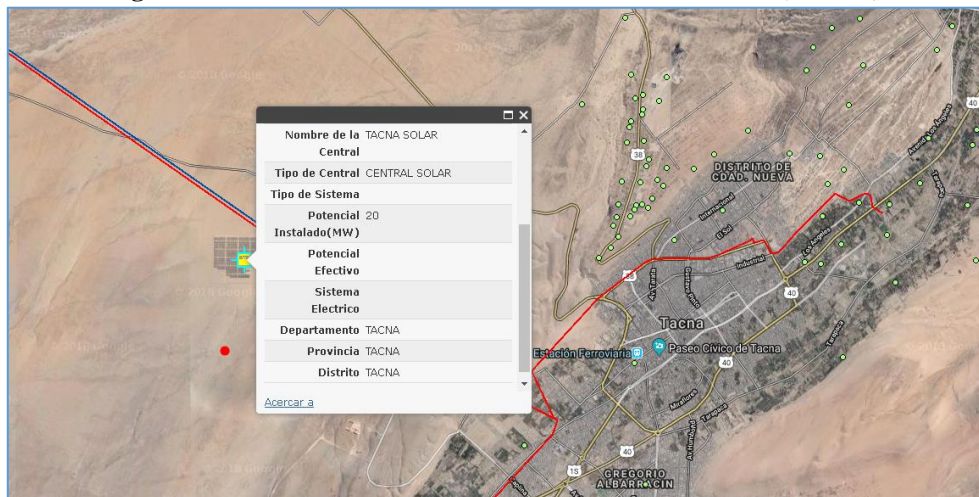
Figura 4.14: Aplicativo de la NASA para obtención de datos de Radiación y temperatura.



Elaboración: propia. (POWER Data Access Viewer)

Se encuentra en el Departamento de Tacna, Provincia de Tacna, Distrito de Alto del Alianza, Km 1290 de la Carretera Panamericana Sur. Sobre el Monumento Alto de la Alianza, Frente a la Subestación Los Héroes. Este proyecto consiste en la construcción de una central solar fotovoltaica de 20 MW se encuentra conectada a la Subestación Héroes, por ende inyecta su producción al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

Figura 4.15: Ubicación de central fotovoltaica Tacna Solar (20 Mw.)

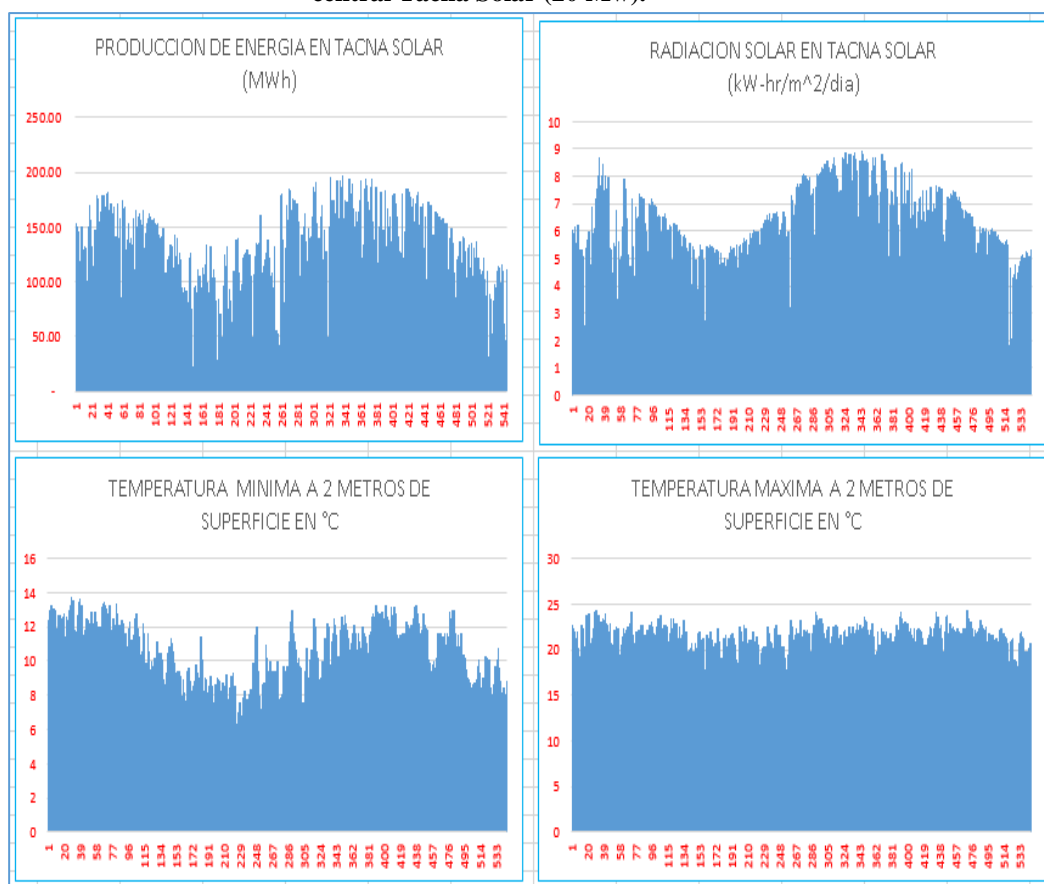


Elaboración: propia (Mapa Energético Minero Osinergmin.)

Como se puede observar en los siguientes cuadros de abajo, la generación de energía de esta central fotovoltaica de 20 Mw de potencia, tiene mayor producción de

energía en los meses de verano y primavera pero en invierno la producción es baja debido a la presencia de neblinas y pequeñas lluvias debido a las bajas temperaturas, también se puede observar que la radiación es menor en comparación con el resto del año, también se puede concluir la fiabilidad e exactitud de los datos de radiación y temperatura emitidos por la NASA.

Tabla 4.4: cuadros de generación, radiación, temperatura máxima y mínima para la central Tacna Solar (20 Mw).



Elaboración: propia.

CAPITULO V.

5. CONCLUSIONES

Para la elaboración del modelo matemático se tuvo que partir de la comprensión de los fenómenos físicos del efecto fotoeléctrico, así como hacer uso de las herramientas del cálculo numérico y cálculo diferencial para tratar de aproximar nuestra curva experimental con la teórica, con la finalidad de obtener el menor error posible debido a los cambios bruscos de las condiciones climáticas.

Se pudo comprobar que las especificaciones técnicas dadas por el fabricante responden al comportamiento actual del panel fotovoltaico “AEG Modelo PQ10/40/02.” Con errores aproximada mente del 18 %, también se tuvo un eficiencia de promedio de 12 %, lo que revelaron las pruebas cuando se sometía al panel a las condiciones climáticas variables en el transcurso de los días, aunque la dificultad de alcanzar estas condiciones no permite tener una medición similar a la efectuada por los fabricantes en los laboratorios, se pudo comprobar lo anterior expuesto en los puntos críticos de la curva.

Al hacer un promedio de la irradiación para el modelamiento, causa una variación en el punto inicial de la curva I-V (corriente de cortocircuito) ya sea por encima o por debajo de la corriente medida, para un instante de irradiación dada que a su vez se manifiesta en el aumento del porcentaje de error lo cual hace menos preciso a nuestro modelo y puede alterar los datos para la futura función en que se lo vaya a emplear.

En general, se puede concluir que el prototipo desarrollado, aunque necesitaba mejoras para convertirse en un instrumento comercial, presenta resultados fiables y adecuados para la medida en campo de la curva I-V de arreglos fotovoltaicos.

CAPITULO VI

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda para las futuras investigaciones aplicar los proyectos similares a este, a el rubro de SMART GRID para la simulación, ejecución y también del despacho automático de energía según las necesidades de los usuarios, también se recomienda la agilización de la normatividad para la implantación de los sistemas SMART GRID en el país.

Se recomienda adicionar una memoria de datos para almacenamiento y mejor portabilidad de este prototipo estos datos almacenados para su posterior análisis en Matlab.

Se recomienda el uso de tecnologías Android con conexión a internet para su monitoreo en tiempo real y a distancia.

Se recomienda usar sensores de salida analogía con una sensibilidad de 0 a 5v.

CAPITULO VII

7. REFERENCIAS

- Arno, K., Alexandre, J. B., & Fabiano, P. G. (12 de 09 de 2009). *Aparato para medir curvas características de módulos fotovoltaicos con radiación natural*. Obtenido de Laboratorio de Energía Solar Universidade Federal del Rio Grande del Sul: <http://www.solar.ufrgs.br/>
- Bunea, G. W. (01 de diciembre de 2006). Obtenido de Red de Educación Voltaica: <http://dx.doi.org/10.1109/WCPEC.2006.279655>
- Castells, X. &. (2011). *Energía, agua, medioambiente territorialidad y sostenibilidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Delgado A., J. (2008). *Físicanova*. Bucaramanga: Físicanova.
- Green, A. A. (1993.). A new Method for Accurate Measurements of the Lumped Series Resistance of Solar Cells. *Proceedings of the 23rd IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, (págs. 113-139).
- Hegedus, A. L. (2003). *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. EEUU: John Wiley and Sons. .
- Honsberg, C. &. (01 de 12 de 2014). *Red de Educación*. Obtenido de <http://pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/solar-cell-structure>
- Lorenzo, E. (1994). *Solar Electricity: Engineering of Photovoltaic Systems*. Progensa.
- Martines J., A. (2012). *Dimensionado de Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid.: Paraninfo.
- MathWorks®. (15 de julio de 2018). *MathWorks*. Obtenido de MATLAB para Deep Learning: <http://www.mathworks.com>
- Nelson, J. (2003). *The Physics of Solar Cells*. Imperial College Press.
- Nielsen, L. (1982.). Distributed Series Resistance Effects in Solar Cells. *IEEE Transactions on Electron Devices*, (págs. p. 821 - 827).

CAPITULO VIII

8. ANEXOS

ANEXO A: DESARROLLO DEL PROGRAMA EN MATLAB

%% líneas de código desarrollado por Bach. Darwin Canaza chique Puno-Perú 2018, sirve para simulación en tiempo real de un sistema fotovoltaico.

```

clc
close all
clear all
ar=arduino('COM5');

subplot(2,4,1) %% ventana para monitoreo de sensor 1
grid
Fs=50;
N=1000;
Vd=zeros(N,1);
t1=linspace(0,(N-1)/Fs,N);
l1 = line(nan,nan,'Color','r','LineWidth',2);
ylim([-0.1 45])
xlim([0 (N-1)/Fs])
xlabel('tiempo real'), ylabel('regulador de voltaje de carga')
Stop = 1;
tic

subplot(2,4,2) %% ventana para monitoreo de sensor 2
grid
Fs=50;
N1=1000;
T=zeros(N1,1);
t2=linspace(0,(N1-1)/Fs,N1);
l2 = line(nan,nan,'Color','g','LineWidth',2);
ylim([250 320])
xlim([0 (N1-1)/Fs])
xlabel('tiempo real'), ylabel('Temperatura ambiente °C')
Stop = 1;

subplot(2,4,3) %% ventana para monitoreo de sensor 3
grid
Fs=50;
N1=1000;
S=zeros(N1,1);
t3=linspace(0,(N1-1)/Fs,N1);
l3 = line(nan,nan,'Color','r','LineWidth',2);
ylim([-0.1 1300])
xlim([0 (N1-1)/Fs])
xlabel('tiempo real'), ylabel('Radiacion W/m2')
Stop = 1;

subplot(2,4,4) %% ventana para monitoreo corriente del panel fotovoltaico.

```

```

grid
Fs=50;
N1=1000;
I1=zeros(N1,1);
t4=linspace(0,(N1-1)/Fs,N1);
l4 = line(nan,nan,'Color','g','LineWidth',2);
ylim([-10 10])% % % % % %
xlim([0 (N1-1)/Fs])
xlabel('tiempo real'), ylabel('corriente I en A')
Stop = 1;

subplot(2,4,5) % % ventana para monitoreo voltaje del panel fotovoltaico.
grid
Fs=50;
N1=1000;
V=zeros(N1,1);
t5=linspace(0,(N1-1)/Fs,N1);
l5 = line(nan,nan,'Color','g','LineWidth',2);
ylim([-0.1 45])
xlim([0 (N1-1)/Fs])
xlabel('tiempo real'), ylabel('voltaje en voltios')
Stop = 1;

subplot(2,4,6) % % ventana para monitoreo de potencia del panel fotovoltaico.
grid
Fs=50;
N1=1000;
P=zeros(N1,1);
t6=linspace(0,(N1-1)/Fs,N1);
l6 = line(nan,nan,'Color','g','LineWidth',2);
ylim([-0.1 200])
xlim([0 (N1-1)/Fs])
xlabel('tiempo real'), ylabel('potencia en Watts')
Stop = 1;

subplot(2,4,7) % % curva V-I.
N1=1000;
I2=zeros(N1,1);
grid
l7 = line(nan,nan,'Color','g','LineWidth',2);
ylim([-0.1 15])
xlim([0 45])
xlabel('voltaje'), ylabel('corriente')
Stop = 1;

subplot(2,4,8) % % curva V-P
N1=1000;
P1=zeros(N1,1);
grid
l8 = line(nan,nan,'Color','g','LineWidth',2);
ylim([-0.1 200])
xlim([0 45])

```

```

xlabel('voltaje'), ylabel('potencia en Watts')
Stop = 1;

%parámetros de panel fotovoltaico.
Isc=8.70; % sc corriente de celda
Ns=60; % número de celdas en el panel
Voc=0.625*Ns; %oc voltaje del panel
Tc=0.058; %corriente coeficiente temperatura de celda
Tref=273+25; %temperatura std en kelvin
Sref=1000; % irradiación estándar
Np=1; % número de paneles
q=1.60217662*10^-19; % carga del electrón
K=1.380648522*10^-23; % constante de botzman
A=1.51; % factor ideal
Rs=0.45; % resistencia en serie de la celda
Rp=310; %resistencia en paralelo de la celda

uicontrol('Style','Pushbutton','String','Parar','Callback','Stop = 0;')
toc
tic
while Stop
    if toc > 1/Fs
        tic

        T(1:end-1)= T(2:end); %regulador de temperatura de 0 a 60 C°.
        T(end)= 273+ ar.analogRead(1)*50/1023;

        Vt=K*T(end)/q; % voltage termodinamico de celda 25.7 mv tipico
        a=Ns*A*Vt;
        Ioref=Isc*exp(-Voc/a);
        Io=Ioref*(T(end)/Tref)^3*exp((q*1.12/(A*K))*((1/Tref)- (1/T(end))));
        % corriente de saturacion dada a una temperatura

        Vd(1:end-1)= Vd(2:end); %regulador de voltaje de 0 a 38 V.
        Vd(end)= ar.analogRead(0)*38/1023;

        Id=Io*(exp(Vd(end)/a)-1); % corriente del diodo
        S(1:end-1)= S(2:end); %regulador de radiacion de 0 a 1300 w/m2
        S(end)= ar.analogRead(2)*1300/1023;
        Iph=(Isc+Tc*(T(end)-Tref))*(S(end)/Sref);
        % foto corriente
        I1(1:end-1)= I1(2:end); % salida 1 de corriente del panel.
        I1(end)= Iph-Id-(Vd(end)/Rp);

        V(1:end-1)= V(2:end); % salida 2 de voltaje del panel.
        V(end)= Vd(end)-I1(end)*Rs ;

        P(1:end-1)= P(2:end); % salida 3 de potencia del panel.
        P(end)= I1(end)* V(end);

        I2(1:end-1)= I2(2:end); % salida 4 de corriente 2 del panel.
    end
end
    
```




```
I2(end)= I1(end);

P1(1:end-1)= P1(2:end); % salida 5 de potencia del panel.
P1(end)= P(end)
t7= V;
t8= V;

set(I1,'XData',t1,'YData',Vd)
set(I2,'XData',t2,'YData',T)
set(I3,'XData',t3,'YData',S)
set(I4,'XData',t4,'YData',I1)
set(I5,'XData',t5,'YData',V)
set(I6,'XData',t6,'YData',P)
set(I7,'XData',t7,'YData',I2)
set(I8,'XData',t8,'YData',P1)
drawnow




    end
end
```


ANEXO B: HOJA DE DATOS DEL PANEL “TYN-85S5”



TYN-85S5

High Quality
Mono-Crystalline
Photovoltaic Module



Feature

1. Bypass diode minimizes the power drop by shade.
2. The conversion efficiency of solar cell is above 15.9%.
3. White tempered glass, EVA resin, weather proof film and anodized aluminum frame to provide efficient protection from the severest environmental conditions.
4. Waterproof (UL94, V-O). Perfect for grid applications.
5. Product guarantee 5 years.

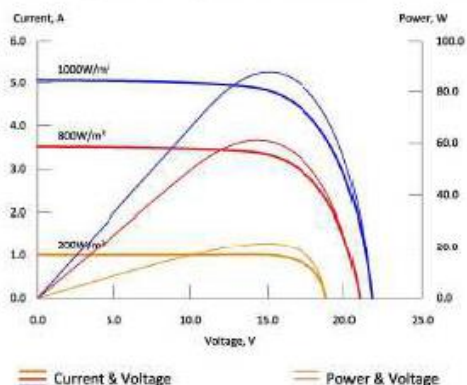
SPECIFICATION

Type Of Module	TYN-85S5
Maximum Power [W]	85
Tolerance [%]	Plus
Open circuit Voltage [V]	21.96
Short circuit Current [A]	5.06
Maximum Power Voltage [V]	18.22
Maximum Power Current [A]	4.67
Module Efficiency [%]	12.77
Solar Cell Efficiency [%]	15.9
Series Fuse Rating [A]	12
Terminal Box	IP65
Maximum System Voltage [V]	DC1000
Operating Temperature [°C]	-40 to 85

* The measuring uncertainty of Pmax is $\leq \pm 2\%$

Electrical Characteristics

Current-Voltage & Power-Voltage characteristics various Irradiance levels



Electric Performance Typical Performance Characteristics		
Short Circuit Current Temperature Coefficient	mA/°C	+2.5
Open Circuit Voltage Temperature Coefficient	V/°C	-0.0735
Maximum Power Temperature Coefficient	%/°C	-0.4
Performance Warranty :		
90%output, 12 Years		
80%output, 25 Years		

Quality Assurance

1. Electrical insulation test.
2. Outdoor exposure test.
3. Hot-spot endurance test.
4. UV-exposure.
5. Thermal cycling test.
6. Humidity freeze test.
7. Damp heat test.
8. Robustness of terminations test.
9. Wet leakage current test.
10. Mechanical load test.
11. Hail impact test.
12. Bypass diode thermal test.

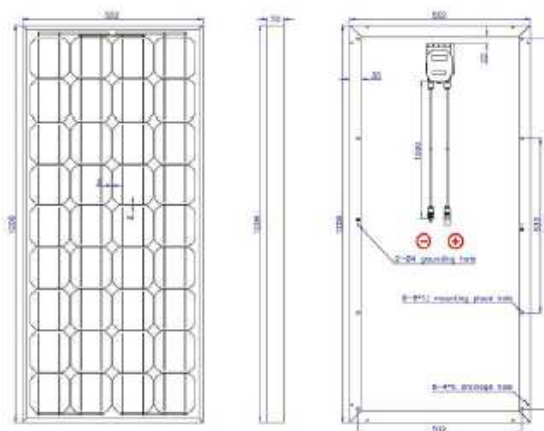
Physical Specifications

Dimension :

- Length : 1206 mm / 47.48 in
- Width : 552 mm / 21.73 in
- Depth : 50 mm / 1.97 in
- Weight : 8 kg / pcs
- Packing : 10 pcs / carton

Loading Capacity :

- 320 pcs / 20ft container
- 720 pcs / 40ft container



Tynsolar Corporation

No.. 620, Sec. 6, Jhonghua Rd., Slanghan District, Hsinchu City 300, Taiwan R.O.C.

Website: <http://www.tynsolar.com.tw>

Tel : 886-35-181686

Fax: 886-35-181196

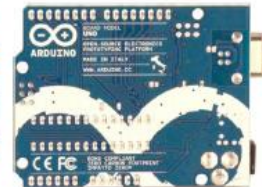
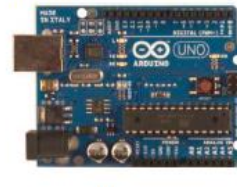
ANEXO C: HOJA DE DATOS ARDUINO UNO.

Arduino Uno



Arduino Uno R3 Front

Arduino Uno R3 Back



Arduino Uno R2 Front

Arduino Uno SMD

Arduino Uno Front

Arduino Uno Back

Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

[Revision 2](#) of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into [DFU mode](#).

[Revision 3](#) of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-Rev3-reference-design.zip](#) (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: [arduino-uno-Rev3-schematic.pdf](#)

Note: The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328, Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts. The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.

- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#). The mapping for the Atmega8, 168, and 328 is identical.

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2

communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available . The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

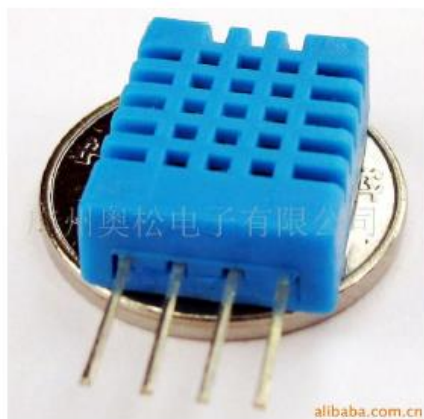
You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.

Automatic (Software) Reset

ANEXO D: HOJA DE DATOS SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA.

Digital-output relative humidity & temperature

sensor/module – DHT11



Resistive-type humidity and temperature module/sensor

1. Feature & Application:

- * Full range temperature compensated * Relative humidity and temperature measurement
- * Full range temperature compensated * Relative humidity and temperature measurement
- * Calibrated digital signal * Outstanding long-term stability * Extra components not needed
- * Long transmission distance * Low power consumption * 4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

DHT11 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

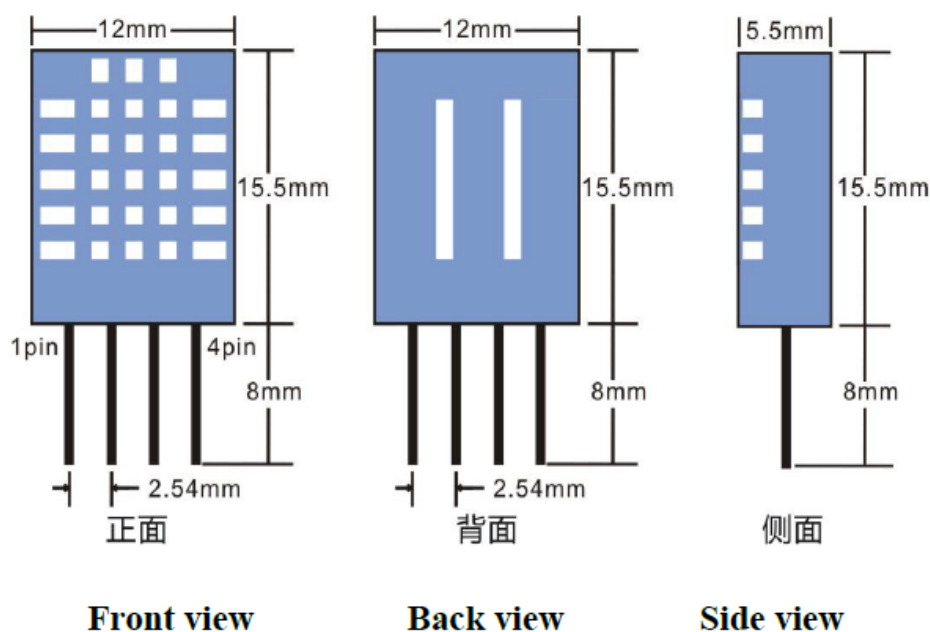
Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in OTP memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT11 to be suited in all kinds of harsh application occasions. Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

Model	DHT11	
Power supply	3-5.5V DC	
Output signal	digital signal via single-bus	
Sensing element	Polymer resistor	
Measuring range	humidity 20-90%RH; temperature 0-50 Celsius	
Accuracy	humidity +4%RH (Max +-5%RH); temperature +-2.0Celsius	
Resolution or sensitivity	humidity 1%RH;	temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH;	temperature +-1Celsius
Humidity hysteresis	+-1%RH	
Long-term Stability	+-0.5%RH/year	
Sensing period	Average: 2s	
Interchangeability	fully interchangeable	
Dimensions	size 12*15.5*5.5mm	

4. Dimensions: (unit---mm)



ANEXO B: HOJA DE DATOS OBTENIDOS DE LA SIMULACION EN TIEMPO REAL.

DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.	DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.
	°K	W/m2	V	A	W		°K	W/m2	V	A	W
1	309.66	1,085.24	17.27	10.11	128.66	71	309.61	1,078.89	27.71	9.52	223.04
2	309.61	1,064.91	17.16	9.92	125.96	72	309.56	1,080.16	31.54	7.59	213.39
3	309.66	1,078.89	17.31	10.05	128.54	73	309.66	1,045.85	30.46	8.13	217.98
4	309.61	1,061.09	17.38	9.88	127.85	74	309.61	1,089.05	27.19	9.72	221.69
5	309.51	1,075.07	17.24	10.01	127.43	75	309.71	1,105.57	23.62	10.20	194.14
6	309.61	1,077.61	17.16	10.04	126.93	76	309.56	1,114.47	21.69	10.33	176.09
7	309.56	1,059.82	17.42	9.87	128.09	77	309.61	1,071.26	19.20	9.96	146.68
8	309.61	1,069.99	17.38	9.97	128.56	78	309.61	1,071.26	20.06	9.96	155.09
9	309.61	1,049.66	17.16	9.78	124.77	79	309.66	1,076.34	19.13	10.02	146.46
10	309.56	1,058.55	16.98	9.86	123.62	80	309.66	1,054.74	17.72	10	130.64
11	309.61	1,064.91	16.94	9.92	123.76	81	309.61	1,066.18	17.76	9.93	131.92
12	309.61	1,059.82	17.27	9.87	126.66	82	309.56	1,075.07	14.78	10.02	102.98
13	309.66	1,071.26	16.98	9.98	124.62	83	309.56	1,056.01	13.30	9.85	87.33
14	309.56	1,066.18	17.16	9.93	126.03	84	309.71	1,072.53	13.82	10.01	93.24
15	309.61	1,030.60	17.12	9.60	122.91	85	309.61	1,077.61	11.70	10.06	72.18
16	309.56	1,071.26	17.72	9.97	131.95	86	309.66	1,068.72	9.70	9.99	51.94
17	309.46	1,071.26	17.27	9.97	127.48	87	309.66	1,045.85	9.17	9.78	46.69
18	309.61	1,080.16	17.20	10.06	127.50	88	309.61	1,021.70	7.61	9.55	31.68
19	309.56	1,081.43	17.31	10.07	128.69	89	309.66	1,062.37	6.61	9.94	21.26
20	309.61	1,068.72	17.31	9.95	127.72	90	309.46	1,054.74	6.76	9.86	22.92
21	309.56	1,071.26	17.94	9.97	134.16	91	309.61	1,063.64	7.61	9.95	31.22
22	309.66	1,075.07	17.68	10.01	131.94	92	309.66	1,054.74	7.50	9.87	30.23
23	309.51	1,020.43	17.87	9.49	129.06	93	309.71	1,068.72	5.61	10.01	11.07
24	309.75	1,069.99	16.72	9.98	121.99	94	309.61	1,075.07	5.94	10.06	14.26
25	309.61	1,061.09	16.72	9.89	121.28	95	309.61	1,072.53	6.80	10.03	22.91
26	309.61	1,054.74	16.75	9.83	121.17	96	309.71	1,062.37	4.20	9.95	-2.79
27	309.61	1,078.89	16.64	10.05	121.82	97	309.66	1,058.55	6.54	9.90	20.61
28	309.51	1,064.91	16.98	9.92	124.07	98	309.56	1,047.12	8.84	9.78	43.42
29	309.66	1,069.99	17.53	9.97	130.06	99	309.56	1,056.01	12.33	9.85	77.83
30	309.61	1,069.99	17.09	9.97	125.61	100	309.61	1,063.64	15.64	9.92	110.82
31	309.61	1,071.26	17.16	9.98	126.45	101	309.61	1,062.37	15.90	9.90	113.31
32	309.61	1,063.64	16.16	9.91	115.96	102	309.61	1,071.26	21.51	9.93	169.24
33	309.66	1,086.51	16.86	10.13	124.63	103	309.66	1,089.05	20.32	10.12	159.56
34	309.61	1,072.53	17.76	9.99	132.45	104	309.61	1,058.55	22.03	9.80	172.69
35	309.61	1,080.16	16.94	10.06	124.89	105	309.61	1,068.72	23.62	9.85	189.02
36	309.66	1,059.82	17.01	9.88	124.13	106	309.80	1,113.20	23.74	10.27	196.32
37	309.61	1,078.89	16.31	10.06	118.47	107	309.66	1,068.72	26.67	9.61	214.67
38	309.61	1,061.09	16.20	9.89	116.15	108	309.61	1,069.99	29.23	8.99	226.49
39	309.66	1,072.53	16.86	10.00	123.61	109	309.61	1,094.13	29.31	9.19	231.31
40	309.61	1,030.60	17.46	9.60	126.10	110	309.41	1,049.66	29.01	8.89	222.38
41	309.46	1,059.82	17.87	9.86	132.41	111	309.56	1,050.93	28.75	8.99	222.04
42	309.66	1,069.99	18.80	9.96	142.56	112	309.56	1,099.22	30.87	8.36	226.53
43	309.22	1,067.45	16.16	9.93	116.05	113	309.56	1,083.97	32.24	6.80	198.36
44	309.61	1,077.61	16.94	10.04	124.70	114	309.51	1,094.13	33.51	4.68	146.89
45	309.56	1,090.32	13.60	10.17	91.73	115	309.56	1,083.97	33.88	3.64	117.48
46	309.66	1,066.18	17.05	9.94	124.98	116	309.71	1,082.70	29.90	8.80	228.32
47	309.71	1,057.28	16.83	9.86	122.14	117	309.61	1,133.53	33.84	4.18	133.51
48	309.61	1,076.34	18.09	10.02	136.09	118	309.51	1,069.99	36.81	-11.56	-485.44
49	309.66	1,072.53	18.80	9.98	142.79	119	309.46	1,087.78	36.48	-8.53	-343.71
50	309.75	1,058.55	18.35	9.86	137.19	120	309.61	1,092.86	34.47	1.90	63.93
51	309.61	1,036.95	21.43	9.61	164.45	121	309.61	1,085.24	33.65	4.19	133.23
52	309.56	1,075.07	20.65	9.98	161.30	122	309.71	1,136.07	36.22	-6.58	-257.69
53	309.75	1,068.72	23.14	9.87	184.64	123	309.66	1,097.95	34.55	1.65	55.86
54	309.71	1,077.61	23.62	9.94	190.32	124	309.66	1,083.97	33.43	4.68	146.47
55	309.66	1,092.86	25.63	9.95	210.48	125	309.56	1,085.24	33.62	4.31	136.54
56	309.56	1,080.16	24.85	9.89	201.73	126	309.61	1,095.41	34.06	3.21	104.62
57	309.66	1,078.89	26.93	9.66	218.22	127	309.66	1,077.61	33.21	5.09	157.38
58	309.95	1,045.85	32.73	5.57	168.42	128	309.61	1,081.43	29.23	9.10	228.75
59	309.66	1,087.78	30.31	8.62	227.87	129	309.66	1,125.90	29.68	9.32	237.55
60	309.61	1,083.97	29.64	8.95	229.22	130	309.46	1,075.07	29.31	9.02	227.67
61	309.51	1,057.28	31.76	7.15	204.05	131	309.61	1,062.37	24.07	9.77	192.20
62	309.61	1,042.03	31.39	7.37	206.82	132	309.61	1,094.13	23.70	10.08	193.22
63	309.61	1,075.07	33.43	4.62	144.75	133	309.61	1,054.74	17.87	9.82	132.06
64	309.66	1,072.53	34.47	1.67	56.40	134	309.56	1,053.47	16.42	9.81	117.79
65	309.71	1,086.51	30.91	8.19	222.88	135	309.66	1,052.20	17.83	9.80	131.51
66	309.66	1,075.07	34.55	1.44	48.75	136	309.61	1,026.78	9.21	9.59	46.96
67	309.66	1,094.13	33.65	4.25	134.92	137	309.46	1,090.32	9.29	10.18	47.90
68	309.56	1,097.95	29.27	9.24	232.08	138	309.75	1,080.16	10.62	10.10	61.39
69	309.66	1,069.99	31.28	7.72	214.75	139	309.51	1,067.45	7.09	9.98	25.99
70	309.75	1,095.41	30.35	8.66	229.06	140	309.71	1,067.45	5.42	9.99	9.25

DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.	DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.
	°K	W/m2	V	A	W		°K	W/m2	V	A	W
141	309.51	1,082.70	4.27	10.13	-2.90	211	309.66	1,039.49	0.48	9.74	-38.03
142	309.66	1,099.22	4.72	10.29	0.89	212	309.75	1,042.03	1.97	9.77	-23.72
143	309.71	1,101.76	2.60	10.32	-21.13	213	309.51	1,066.18	0.48	9.99	-40.05
144	309.61	1,059.82	3.45	9.92	-10.03	214	309.56	1,118.28	0.45	10.48	-44.73
145	309.61	1,056.01	0.78	9.90	-36.35	215	309.12	1,061.09	0.93	9.91	-35.01
146	309.61	1,057.28	-	9.91	-44.20	216	308.39	1,021.70	0.78	9.50	-33.22
147	309.61	1,049.66	0.45	9.84	-39.16	217	308.34	1,069.99	0.56	9.95	-39.00
148	309.51	1,042.03	1.93	9.76	-23.98	218	307.65	1,064.91	1.67	9.86	-27.23
149	309.56	1,066.18	-	9.99	-44.91	219	307.65	1,066.18	1.56	9.87	-28.42
150	309.61	1,047.12	0.71	9.81	-36.40	220	305.65	1,042.03	0.59	10	-35.17
151	309.61	1,034.41	1.26	9.69	-30.03	221	306.58	1,090.32	0.48	10.03	-40.40
152	309.66	1,035.68	1.63	9.71	-26.52	222	305.60	1,085.24	1.23	9.92	-32.09
153	309.75	1,083.97	-	10.17	-46.54	223	306.72	1,056.01	-	9.72	-42.53
154	309.61	1,069.99	0.63	10.03	-38.91	224	306.19	1,053.47	0.71	9.66	-35.20
155	309.61	1,071.26	2.82	10.03	-16.97	225	307.31	1,038.22	-	9.59	-41.41
156	309.61	1,034.41	2.12	9.69	-21.73	226	304.62	1,034.41	0.48	9.40	-35.18
157	309.51	1,108.11	0.52	10.38	-43.08	227	304.72	1,090.32	1.30	9.91	-31.28
158	309.51	1,077.61	1.71	10.09	-28.57	228	304.62	1,068.72	-	9.71	-42.41
159	309.56	1,047.12	0.52	9.81	-38.21	229	304.13	1,069.99	1.56	9.68	-27.10
160	309.75	1,073.80	0.67	10.07	-38.92	230	303.74	1,028.05	0.45	9.29	-34.66
161	309.66	1,099.22	0.67	10.30	-40.89	231	307.12	1,066.18	0.59	9.84	-37.70
162	309.66	1,044.57	0.63	9.79	-36.96	232	303.30	1,040.76	2.53	9.37	-15.82
163	309.61	1,071.26	0.97	10.04	-35.65	233	303.16	977.22	1.75	8.79	-19.41
164	309.61	1,078.89	0.97	10.11	-36.23	234	301.01	1,069.99	1.71	9.49	-24.31
165	309.51	1,048.39	1.41	9.82	-29.51	235	302.42	1,064.91	0.56	9.54	-35.61
166	309.66	1,068.72	0.56	10.02	-39.59	236	302.33	1,048.39	0.48	9.38	-35.08
167	309.75	1,034.41	0.85	9.70	-34.07	237	301.93	1,066.18	0.59	9.52	-35.10
168	309.56	1,049.66	2.82	9.83	-15.71	238	301.79	1,066.18	0.67	9.51	-34.32
169	309.61	1,068.72	1.45	10.01	-30.61	239	301.45	1,068.72	1.60	9.51	-25.48
170	309.56	1,062.37	0.52	9.95	-39.40	240	301.35	1,049.66	1.04	9.33	-29.49
171	309.71	1,061.09	1.15	9.95	-33.08	241	301.54	1,073.80	0.26	9.56	-38.66
172	309.66	1,049.66	1.26	9.84	-31.13	242	300.96	1,072.53	0.67	9.51	-34.36
173	309.46	1,049.66	0.82	9.83	-35.43	243	300.91	1,031.87	0.89	9.15	-29.51
174	309.56	1,048.39	0.97	9.82	-33.92	244	300.96	1,091.59	1.04	9.68	-32.10
175	309.51	1,071.26	1.78	10.03	-27.38	245	300.61	1,040.76	0.56	9.21	-33.04
176	309.61	1,012.81	0.93	9.49	-31.72	246	299.88	1,058.55	0.93	9.32	-30.45
177	309.46	1,059.82	0.85	9.92	-35.83	247	300.27	1,071.26	0.33	9.46	-37.11
178	309.66	1,039.49	0.97	9.74	-33.31	248	300.32	1,059.82	-	9.36	-39.45
179	309.51	1,061.09	1.26	9.94	-31.88	249	300.47	1,063.64	0.82	9.40	-32.11
180	309.61	1,042.03	0.45	9.77	-38.56	250	300.52	1,047.12	0.41	9.26	-34.81
181	309.61	1,020.43	-	9.56	-41.17	251	300.37	1,073.80	0.74	9.49	-33.46
182	309.61	1,072.53	0.41	10.05	-41.36	252	300.27	1,042.03	0.37	9.20	-34.69
183	309.61	1,039.49	0.67	9.74	-36.19	253	300.32	1,044.57	0.07	9.23	-37.64
184	309.71	1,095.41	1.75	10.27	-29.52	254	300.27	1,061.09	-	9.37	-39.52
185	309.66	1,021.70	-	9.58	-41.30	255	300.42	1,061.09	-	9.38	-39.60
186	309.51	1,005.18	0.56	9.41	-34.64	256	300.27	1,050.93	0.41	9.28	-34.96
187	309.61	1,068.72	-	10.02	-45.16	257	300.61	1,039.49	1.19	9.20	-27.13
188	309.71	1,064.91	-	9.99	-44.89	258	300.27	1,083.97	0.45	9.57	-36.96
189	309.61	1,010.26	0.52	9.47	-35.41	259	300.32	1,067.45	2.34	9.42	-17.91
190	309.71	1,049.66	0.78	9.84	-35.91	260	300.22	1,062.37	-	9.38	-39.59
191	309.61	1,052.20	0.67	9.86	-37.16	261	300.47	1,059.82	-	9.37	-39.53
192	309.61	1,068.72	2.01	10.01	-25.02	262	301.10	1,066.18	2.60	9.46	-15.67
193	309.71	1,063.64	0.48	9.97	-39.95	263	300.27	1,073.80	0.71	9.48	-33.76
194	309.46	1,104.30	0.78	10.34	-40.04	264	300.27	1,042.03	-	9.20	-38.11
195	309.80	1,024.24	1.60	9.61	-26.19	265	300.17	1,076.34	0.56	9.50	-35.30
196	309.66	1,071.26	0.11	10.04	-44.28	266	300.37	1,048.39	0.52	9.26	-33.80
197	309.61	1,028.05	1.04	9.63	-31.74	267	300.13	1,063.64	0.67	9.38	-33.34
198	309.71	1,061.09	1.63	9.95	-28.26	268	300.27	1,069.99	0.26	9.45	-37.72
199	309.80	1,066.18	1.75	10.00	-27.54	269	300.27	1,047.12	1.97	9.24	-20.24
200	308.43	1,064.91	0.59	9.91	-38.28	270	300.42	1,058.55	-	9.36	-39.41
201	309.27	1,069.99	1.49	10.00	-30.17	271	300.22	1,069.99	0.04	9.45	-39.81
202	309.75	1,056.01	-	9.91	-44.17	272	300.22	1,080.16	0.45	9.54	-36.66
203	309.71	1,063.64	-	9.98	-44.78	273	300.66	1,026.78	0.67	9.09	-31.10
204	309.36	1,110.65	0.71	10.39	-41.27	274	300.17	1,067.45	0.59	9.42	-34.33
205	309.51	1,064.91	0.67	9.97	-38.09	275	300.03	1,052.20	-	9.28	-38.74
206	309.66	1,094.13	1.71	10.25	-29.79	276	299.93	1,052.20	2.04	9.27	-19.70
207	309.31	1,071.26	1.08	10.02	-34.38	277	300.27	1,054.74	0.45	9.31	-34.88
208	309.56	1,048.39	-	9.82	-43.43	278	300.32	1,064.91	0.56	9.41	-34.57
209	309.46	1,048.39	1.45	9.81	-29.12	279	300.22	1,022.97	1.89	9.03	-19.56
210	309.61	1,053.47	0.15	9.87	-42.41	280	300.13	1,052.20	4.23	9.27	0.58

DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.	DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.
	°K	W/m2	V	A	W		°K	W/m2	V	A	W
281	300.37	1,087.78	5.76	9.59	13.82	351	300.17	1,072.53	0.85	9.46	-32.22
282	300.22	1,053.47	4.75	9.29	5.35	352	300.22	1,044.57	0.48	9.22	-33.81
283	300.27	1,066.18	9.62	9.39	50.66	353	300.27	1,058.55	2.01	9.34	-20.54
284	300.27	1,064.91	10.55	9.37	59.34	354	300.08	1,063.64	1.11	9.38	-29.13
285	299.93	1,058.55	12.26	9.29	75.03	355	300.22	989.93	0.45	8.74	-30.47
286	300.22	1,075.07	13.15	9.45	84.07	356	300.22	1,090.32	1.00	9.62	-32.02
287	300.22	1,059.82	14.23	9.31	93.45	357	300.22	1,072.53	0.45	9.47	-36.12
288	300.27	1,077.61	16.68	9.46	117.52	358	299.59	1,038.22	0.52	9.13	-32.74
289	300.27	1,076.34	17.72	9.45	127.22	359	299.78	1,063.64	-	9.36	-39.46
290	300.22	1,072.53	18.98	9	138.71	360	300.22	1,053.47	1.26	9.30	-27.15
291	300.22	1,062.37	18.57	9.32	133.97	361	300.27	1,056.01	0.56	9.32	-33.93
292	300.32	1,073.80	21.21	9.41	159.71	362	300.22	1,026.78	1.00	9.06	-27.87
293	300.22	1,058.55	21.17	9.27	157.57	363	300.22	1,050.93	-	9.28	-38.74
294	300.42	1,064.91	23.81	9.30	182.59	364	300.22	1,057.28	0.82	9.33	-31.56
295	299.74	1,062.37	23.62	9.25	179.96	365	300.42	1,067.45	0.78	9.43	-32.69
296	300.27	1,080.16	23.92	9.43	185.55	366	300.32	1,053.47	0.59	9.31	-33.43
297	300.27	1,081.43	22.99	9.45	177.16	367	300.47	1,122.09	0.67	9.92	-37.66
298	300.22	1,085.24	24.26	9.46	189.26	368	300.27	1,110.65	0.15	9.81	-41.84
299	299.98	1,096.68	26.93	9.46	214.54	369	300.22	1,048.39	0.26	9.26	-36.14
300	300.32	1,035.68	25.96	8.98	196.96	370	300.61	1,003.91	2.49	8.88	-13.37
301	300.27	1,077.61	25.52	9.37	199.57	371	300.17	1,054.74	1.67	9.30	-23.40
302	300.17	1,063.64	23.59	9.28	180.18	372	300.22	1,072.53	4.57	9.45	2.97
303	300.27	1,075.07	24.63	9.37	191.25	373	300.22	1,043.30	7.50	9.19	30.95
304	300.42	1,092.86	25.59	9.51	202.67	374	300.27	1,025.51	9.51	9.03	49.17
305	300.37	1,113.20	28.90	9.46	233.09	375	300.13	1,064.91	13.97	9.35	91.25
306	300.22	1,095.41	26.60	9.48	211.70	376	300.03	1,080.16	12.22	9.48	75.43
307	300.08	1,069.99	27.12	9.22	211.78	377	300.47	1,075.07	18.98	9.44	139.10
308	300.22	1,069.99	27.45	9.21	214.59	378	300.27	1,076.34	21.62	9.42	163.77
309	300.22	1,077.61	26.86	9.31	211.03	379	300.22	1,117.01	27.90	9.59	226.12
310	300.37	1,087.78	25.56	9.46	201.53	380	300.22	1,099.22	27.64	9.45	221.01
311	300.22	1,085.24	25.00	9.45	196.02	381	300.22	1,081.43	29.75	9.05	232.36
312	300.42	1,085.24	26.22	9.42	207.06	382	300.22	1,075.07	34.55	6.26	198.52
313	300.08	1,081.43	26.08	9.37	204.86	383	300.27	1,075.07	35.66	4.33	145.90
314	300.17	1,081.43	27.15	9.32	214.07	384	300.22	1,083.97	36.59	1.98	70.82
315	300.27	1,081.43	26.63	9.36	209.82	385	300.27	1,083.97	38.00	-4.26	-169.95
316	300.22	1,083.97	29.61	9.10	232.04	386	300.22	1,090.32	36.74	1.55	55.89
317	300.17	1,082.70	31.83	8.48	237.51	387	300.27	1,092.86	37.33	-0.78	-29.21
318	300.08	1,104.30	33.80	7.39	225.30	388	300.27	1,110.65	37.07	0.46	17.13
319	300.22	1,091.59	36.81	1.31	47.29	389	300.37	1,080.16	37.70	-2.78	-108.17
320	300.27	1,083.97	37.74	-2.82	-109.91	390	300.22	1,090.32	37.22	-0.27	-10.13
321	299.83	1,082.70	37.07	0.61	22.49	391	300.27	1,095.41	37.15	0.03	1.22
322	299.98	1,086.51	36.85	1.33	48.15	392	300.17	1,073.80	37.44	-1.34	-51.01
323	300.27	1,083.97	36.59	1.95	69.56	393	300.22	1,083.97	37.52	-1.65	-63.12
324	300.27	1,089.05	37.26	-0.49	-18.26	394	300.27	1,085.24	38.00	-4.25	-169.48
325	300.32	1,091.59	37.11	0.10	3.83	395	300.22	1,101.76	37.26	-0.33	-12.21
326	300.22	1,109.38	37.48	-1.25	-47.59	396	299.88	1,075.07	37.11	0.36	13.29
327	300.22	1,068.72	37.55	-1.96	-75.41	397	300.37	1,086.51	35.40	4.92	163.21
328	300.27	1,058.55	37.22	-0.60	-22.47	398	300.22	1,090.32	36.74	1.55	55.89
329	299.98	1,089.05	32.84	8.03	234.60	399	300.22	1,089.05	36.81	1.28	46.49
330	300.27	1,045.85	32.95	7.54	222.88	400	300.32	1,036.95	36.81	0.74	27.10
331	300.27	1,082.70	31.02	8.77	237.29	401	299.78	1,073.80	37.63	-1.78	-68.42
332	300.22	1,064.91	26.89	9.20	209.26	402	300.22	1,072.53	38.00	-4.29	-171.37
333	300.27	1,078.89	23.92	9.42	185.37	403	300.17	1,077.61	38.00	-4.18	-166.71
334	300.27	1,078.89	19.32	9.46	142.47	404	300.17	1,094.13	37.96	-3.82	-151.62
335	300.27	1,071.26	20.99	9.38	157.32	405	300.32	1,087.78	37.44	-1.38	-52.34
336	300.32	1,067.45	19.39	9.36	142.10	406	300.96	1,086.51	36.66	1.19	42.85
337	300.22	1,053.47	20.76	9.23	153.26	407	300.37	1,085.24	37.22	-0.46	-17.21
338	300.17	1,068.72	18.72	9.37	135.90	408	296.61	1,075.07	37.29	2.29	83.13
339	300.22	1,068.72	18.76	9.37	136.27	409	301.15	1,075.07	37.15	-1.02	-38.34
340	300.13	1,069.99	20.02	9.37	148.09	410	300.37	1,100.49	37.26	-0.48	-18.13
341	300.27	1,063.64	18.87	9.33	136.88	411	300.27	1,083.97	38.00	-4.26	-169.95
342	300.13	1,123.36	20.84	9.84	161.43	412	299.98	1,086.51	37.22	-0.07	-2.62
343	300.13	1,061.09	19.98	9.29	146.84	413	299.98	1,091.59	37.70	-2.21	-85.47
344	300.27	1,052.20	18.54	9.23	132.74	414	300.57	1,082.70	37.96	-4.46	-178.08
345	300.27	1,062.37	16.08	9.33	110.89	415	299.69	1,095.41	37.11	0.71	26.17
346	300.27	1,071.26	12.85	9.42	81.14	416	299.44	1,072.53	37.37	-0.29	-10.84
347	300.22	1,092.86	11.07	9.61	64.83	417	299.83	1,091.59	37.96	-3.39	-134.02
348	300.13	1,081.43	7.99	9.52	35.25	418	299.83	1,092.86	36.66	2.11	75.43
349	300.22	1,039.49	6.39	9.16	20.77	419	299.39	1,094.13	36.44	3.08	107.89
350	299.98	1,073.80	3.57	9.45	-6.51	420	299.10	1,082.70	37.07	1.23	44.81

DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.	DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.
	°K	W/m2	V	A	W		°K	W/m2	V	A	W
421	298.90	1,085.24	38.00	-2.49	-97.59	491	288.84	1,072.53	7.21	8.74	28.61
422	298.37	1,083.97	37.22	1.31	48.02	492	288.84	1,057.28	7.43	8.61	30.60
423	298.22	1,087.78	36.96	2.30	82.46	493	288.88	1,047.12	6.39	8.54	21.75
424	297.93	1,117.01	36.77	3.28	115.66	494	289.52	1,035.68	3.42	8.49	-3.42
425	297.63	1,067.45	35.51	5.60	184.60	495	288.88	1,059.82	1.82	8.65	-17.95
426	298.95	1,089.05	35.81	4.75	160.06	496	288.84	1,049.66	1.19	8.57	-22.87
427	297.34	1,138.61	36.37	4.77	163.31	497	288.79	1,048.39	-	8.56	-32.98
428	296.75	1,092.86	36.92	3.38	119.60	498	288.93	1,069.99	-	8.75	-34.42
429	298.46	1,042.03	36.89	1.95	70.26	499	289.03	1,054.74	1.08	8.62	-24.18
430	295.92	1,086.51	37.59	1.96	72.09	500	288.88	1,071.26	0.45	9	-30.57
431	296.26	1,122.09	36.92	3.91	137.35	501	289.08	1,057.28	-	8.65	-33.68
432	295.58	1,108.11	34.84	7.25	229.06	502	288.88	1,057.28	3.45	8.63	-3.69
433	294.95	1,091.59	35.96	5.99	199.16	503	288.88	1,045.85	0.30	8.54	-30.32
434	294.46	1,085.24	35.62	6.48	212.04	504	288.84	1,058.55	1.93	8.64	-16.91
435	293.77	1,072.53	36.63	5.19	178.07	505	288.84	1,095.41	3.64	8.94	-3.40
436	293.58	1,118.28	36.18	6.30	210.05	506	288.93	1,076.34	7.47	8.77	30.87
437	293.33	1,085.24	36.40	5.79	195.53	507	288.93	1,052.20	11.33	8.56	64.02
438	292.70	1,087.78	36.48	5.89	199.22	508	288.93	1,067.45	14.19	8.68	89.26
439	293.48	1,128.45	36.44	6.05	204.02	509	288.88	1,062.37	17.90	8.62	120.92
440	291.62	1,136.07	36.85	6.09	207.67	510	288.88	1,071.26	19.54	8.69	135.80
441	291.18	1,040.76	38.00	3.38	123.24	511	288.84	1,052.20	21.84	8.52	153.44
442	290.79	1,087.78	37.59	4.78	169.24	512	289.32	1,111.93	24.26	9.03	182.28
443	290.20	1,050.93	35.99	6.65	219.43	513	288.88	1,085.24	28.75	8.71	216.26
444	289.47	1,085.24	35.59	7.33	236.68	514	288.84	1,097.95	30.76	8.71	233.75
445	290.06	1,122.09	36.48	6.81	227.60	515	288.93	1,090.32	33.28	8.31	245.53
446	290.30	1,080.16	37.78	4.57	163.16	516	288.84	1,089.05	36.48	6.77	226.18
447	289.23	1,080.16	36.37	6.73	224.25	517	288.88	1,083.97	36.59	6.61	222.27
448	289.03	1,089.05	35.25	7.60	241.88	518	288.88	1,086.51	36.66	6.56	221.20
449	288.79	1,086.51	36.22	6.97	230.62	519	288.98	1,085.24	37.55	5.45	191.40
450	288.44	1,080.16	36.40	6.82	227.32	520	288.88	1,091.59	36.11	7.09	233.26
451	289.23	1,094.13	36.55	6.67	223.73	521	289.32	1,089.05	36.29	6.85	227.44
452	288.98	1,075.07	36.89	6.22	211.97	522	288.88	1,083.97	36.51	6.68	223.89
453	288.98	1,094.13	35.88	7.26	236.73	523	289.03	1,089.05	36.48	6.73	225.17
454	288.88	1,103.03	37.52	5.68	198.64	524	288.84	1,085.24	36.18	6.98	230.72
455	288.93	1,087.78	37.63	5.38	189.38	525	288.98	1,040.76	34.55	7.53	234.59
456	288.93	1,078.89	37.52	5.47	191.75	526	288.84	1,078.89	31.54	8.49	235.22
457	288.93	1,080.16	36.96	6.19	211.50	527	288.93	1,072.53	25.67	8.67	188.66
458	288.98	1,082.70	36.81	6.36	215.93	528	288.79	1,059.82	20.43	8.59	142.25
459	288.98	1,080.16	36.03	7.04	231.24	529	288.25	1,101.76	14.56	8.92	94.05
460	288.69	1,090.32	36.81	6.48	219.72	530	288.88	1,064.91	12.30	8.66	72.74
461	288.93	1,094.13	35.44	7.55	241.77	531	288.93	1,066.18	8.88	8.69	43.16
462	288.88	1,086.51	35.81	7.26	236.19	532	288.93	1,064.91	5.24	8.69	11.54
463	288.93	1,066.18	36.51	6.53	219.18	533	288.64	1,028.05	2.67	8.38	-9.18
464	288.93	1,072.53	37.74	5.08	180.17	534	288.88	1,031.87	1.75	8.43	-17.24
465	288.84	1,067.45	37.37	5.61	195.48	535	288.88	1,057.28	0.30	8.64	-31.01
466	288.88	1,089.05	36.85	6.39	217.20	536	288.84	1,054.74	-	8.62	-33.40
467	289.03	1,133.53	36.55	7.03	234.61	537	288.88	1,042.03	-	8.51	-32.63
468	288.79	1,076.34	35.51	7.37	237.28	538	288.93	1,061.09	0.15	8.67	-32.56
469	288.88	1,077.61	37.85	4.96	176.68	539	288.88	1,050.93	0.19	8.59	-31.59
470	288.84	1,113.20	37.00	6.44	219.56	540	288.88	1,069.99	-	8.74	-34.40
471	288.88	1,052.20	36.89	6.05	206.77	541	288.79	1,097.95	0.41	8.96	-32.50
472	288.88	1,092.86	35.29	7.62	242.81	542	288.93	1,022.97	0.63	8.36	-26.17
473	289.08	1,096.68	37.67	5.35	188.52	543	288.93	1,015.35	1.75	8.29	-16.48
474	288.98	1,156.40	36.44	7.32	242.77	544	288.88	1,078.89	0.82	8.81	-27.75
475	288.84	1,085.24	35.03	7.69	242.84	545	288.93	1,050.93	1.37	8.59	-21.37
476	289.03	1,043.30	36.18	6.61	219.57	546	288.88	1,058.55	0.33	8.65	-30.77
477	288.88	1,085.24	34.77	7.81	244.00	547	288.93	1,034.41	0.45	8.45	-28.39
478	288.84	1,091.59	37.07	6.18	211.83	548	288.88	1,073.80	-	8.77	-34.65
479	288.88	1,085.24	36.55	6.66	223.41	549	288.88	1,039.49	0.15	8.49	-31.20
480	288.88	1,086.51	37.11	6.08	208.99	550	289.23	1,073.80	1.19	8.79	-24.33
481	288.84	1,108.11	35.70	7.51	242.77	551	288.88	1,034.41	0.19	8.45	-30.58
482	289.32	1,089.05	35.29	7.55	240.92	552	288.88	1,054.74	0.93	8.62	-25.40
483	288.79	1,086.51	32.09	8.48	239.85	553	289.42	1,087.78	0.26	8.92	-33.50
484	288.84	1,038.22	31.20	8.19	225.27	554	288.93	1,072.53	0.37	8.77	-31.32
485	288.88	1,087.78	27.23	8.77	204.12	555	288.88	1,068.72	0.11	8.73	-33.34
486	288.93	1,073.80	22.06	8.70	157.94	556	289.03	1,042.03	0.37	8.52	-29.52
487	288.88	1,062.37	17.09	8.63	113.90	557	288.88	1,091.59	1.08	8.92	-26.17
488	288.88	1,038.22	14.08	8.44	86.75	558	288.88	1,045.85	1.30	8.54	-21.73
489	288.54	1,061.09	10.77	8.61	59.40	559	288.74	1,064.91	1.04	8.69	-24.94
490	288.93	1,062.37	9.03	8.65	44.41	560	289.96	1,072.53	0.59	8.83	-29.83

DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.	DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.
	°K	W/m2	V	A	W		°K	W/m2	V	A	W
561	288.98	1,068.72	0.30	8.74	-31.76	631	279.30	1,085.24	36.89	7.36	247.22
562	288.98	1,048.39	-	8.57	-33.07	632	279.21	1,083.97	33.32	7.99	237.52
563	288.74	1,056.01	0.11	8.62	-32.47	633	279.16	1,067.45	31.50	7.95	222.07
564	288.93	1,063.64	0.04	8.69	-33.69	634	279.26	1,132.26	29.31	8.50	216.63
565	289.42	1,058.55	0.63	8.68	-28.43	635	279.26	1,080.16	27.86	8.12	196.56
566	288.54	1,114.47	0.71	9.08	-30.71	636	279.35	1,067.45	23.40	8.06	159.31
567	287.52	1,053.47	-	8.52	-32.70	637	279.30	1,091.59	22.58	8.24	155.53
568	287.96	1,067.45	0.33	8.66	-30.88	638	279.35	1,072.53	16.49	8.12	104.23
569	287.27	1,066.18	0.22	8.61	-31.45	639	279.26	1,064.91	14.08	8.06	84.25
570	286.98	1,068.72	-	8.61	-33.40	640	279.01	1,061.09	10.59	8	55.99
571	285.76	1,077.61	0.11	8.61	-32.40	641	279.21	1,043.30	8.47	7.91	38.84
572	285.61	1,040.76	0.11	8.31	-30.12	642	279.26	1,007.72	5.24	7.65	13.72
573	285.27	1,053.47	0.22	8.39	-29.78	643	279.30	1,047.12	2.64	7.97	-7.55
574	284.73	1,083.97	0.04	8.60	-32.93	644	279.26	1,062.37	0.74	8.09	-23.41
575	284.09	1,068.72	0.93	8.43	-24.17	645	279.21	1,066.18	0.37	8.11	-26.60
576	283.26	1,068.72	0.41	8.38	-28.20	646	279.21	1,057.28	0.85	8.04	-22.24
577	281.80	1,113.20	0.26	8.64	-31.33	647	279.30	1,058.55	0.11	8.06	-28.34
578	282.09	1,062.37	0.82	8.26	-23.95	648	279.16	1,053.47	0.59	8.01	-24.12
579	281.21	1,054.74	0.33	8.15	-27.15	649	279.26	1,064.91	0.07	8.11	-28.97
580	280.97	982.31	1.04	7.57	-17.93	650	279.26	1,106.84	0.82	8.42	-25.05
581	280.87	1,072.53	-	8.27	-30.74	651	279.26	1,069.99	1.26	8.14	-19.55
582	279.89	1,059.82	0.11	8.11	-28.67	652	279.21	1,048.39	0.67	7.98	-23.30
583	279.45	1,066.18	0.11	8.13	-28.83	653	279.35	1,042.03	1.15	7.94	-19.20
584	279.30	1,024.24	-	7.80	-27.38	654	279.21	1,054.74	5.39	8.01	14.27
585	279.21	1,047.12	0.30	7.97	-26.20	655	279.26	1,063.64	6.65	8.08	24.35
586	279.16	1,069.99	0.22	8.14	-27.99	656	279.30	1,132.26	8.28	8.60	37.95
587	279.40	1,052.20	-	8.02	-28.94	657	279.26	1,058.55	11.78	8.02	65.50
588	279.30	1,008.99	1.71	7.68	-13.41	658	279.26	1,071.26	15.19	8.11	93.59
589	279.26	1,045.85	1.45	7.96	-16.97	659	279.26	1,077.61	18.50	8.14	120.80
590	278.91	1,050.93	1.41	7.98	-17.36	660	279.26	1,078.89	22.96	8.14	157.01
591	279.35	1,058.55	0.22	8.06	-27.46	661	279.06	1,092.86	24.07	8.23	167.58
592	279.26	1,038.22	0.59	7.90	-23.40	662	279.30	1,073.80	26.37	8.09	183.84
593	279.26	1,034.41	0.19	7.87	-26.44	663	279.26	1,081.43	29.90	8.10	212.79
594	279.35	1,063.64	0.07	8.10	-28.95	664	279.26	1,083.97	30.05	8.12	214.37
595	279.30	1,047.12	-	7.97	-28.62	665	279.30	1,099.22	33.99	8.05	244.57
596	279.50	1,058.55	0.07	8.07	-28.73	666	279.11	1,094.13	34.32	7.97	245.08
597	279.16	1,030.60	-	7.84	-27.66	667	279.26	1,081.43	37.59	7.04	242.25
598	279.21	1,039.49	0.19	7.91	-26.69	668	279.30	1,090.32	38.00	6.88	240.06
599	279.26	1,053.47	0.04	8.02	-28.64	669	279.26	1,068.72	37.03	7.18	242.85
600	279.26	1,016.62	0.19	7.74	-25.51	670	279.26	1,091.59	36.51	7.54	249.64
601	279.26	1,005.18	0.63	7.65	-21.51	671	279.06	1,040.76	36.63	7.12	237.95
602	279.40	1,062.37	0.97	8.09	-21.66	672	279.21	1,043.30	37.03	6.99	236.98
603	279.40	1,064.91	-	8.12	-29.64	673	280.23	1,034.41	37.26	6.78	231.79
604	279.26	1,062.37	-	8.09	-29.43	674	279.26	1,087.78	37.81	6.97	241.68
605	279.30	1,049.66	-	7.99	-28.76	675	279.26	1,139.88	36.96	7.75	259.54
606	279.30	1,057.28	1.60	8.05	-16.28	676	279.26	1,119.55	35.99	7.89	255.99
607	279.26	1,064.91	3.49	8.10	-1.23	677	279.30	1,090.32	36.89	7.40	248.39
608	279.30	1,048.39	5.50	7.97	15.24	678	279.26	1,083.97	36.18	7.57	248.19
609	279.26	1,066.18	7.80	8.09	33.66	679	279.26	1,092.86	35.14	7.86	248.33
610	279.30	1,039.49	10.51	7.88	54.90	680	279.26	1,082.70	31.57	8.07	225.56
611	279.30	1,044.57	12.67	7.91	72.06	681	279.21	1,085.24	29.05	8.14	206.72
612	279.01	1,045.85	13.08	7.90	75.24	682	279.30	1,117.01	27.38	8.41	198.38
613	279.26	1,105.57	18.80	8.36	125.63	683	279.26	1,078.89	19.43	8.15	128.45
614	279.26	1,087.78	19.39	8.22	128.96	684	279.30	1,081.43	16.90	8.18	108.15
615	279.26	1,073.80	21.73	8.10	146.55	685	279.26	1,071.26	14.00	8.11	83.98
616	279.30	1,078.89	25.96	8.13	181.30	686	279.06	1,071.26	16.08	8.09	100.68
617	279.21	1,106.84	23.92	8.34	168.27	687	279.16	1,061.09	9.99	8.04	51.25
618	279.26	1,127.17	30.24	8.45	223.29	688	279.21	1,056.01	7.65	8.01	32.42
619	279.26	1,100.49	31.72	8.20	229.93	689	279.26	1,053.47	5.42	8.00	14.58
620	279.40	1,086.51	33.17	8.03	237.34	690	279.26	1,068.72	4.79	8.12	9.24
621	279.21	1,073.80	35.36	7.67	244.86	691	279.16	1,061.09	3.23	8.06	-3.19
622	279.26	1,108.11	38.00	7.02	244.51	692	279.26	1,090.32	2.64	8.29	-9.07
623	279.35	1,077.61	36.92	7.29	245.27	693	279.30	1,073.80	4.72	8.16	8.52
624	279.21	1,086.51	37.00	7.34	247.19	694	279.26	1,059.82	2.23	8.06	-11.28
625	279.21	1,082.70	38.00	6.83	238.50	695	279.30	1,048.39	1.67	7.98	-15.31
626	279.30	1,066.18	38.00	6.69	234.20	696	279.35	1,058.55	0.07	8.06	-28.67
627	279.35	1,081.43	36.55	7.45	247.22	697	279.26	1,059.82	-	8.07	-29.29
628	279.26	1,086.51	37.00	7.33	247.14	698	279.30	1,063.64	0.22	8.10	-27.72
629	279.26	1,087.78	36.96	7.36	247.58	699	279.26	1,062.37	0.93	8.08	-21.90
630	279.30	1,085.24	37.67	7.03	242.40	700	279.26	1,073.80	0.07	8.17	-29.46

DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.	DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.
	°K	W/m2	V	A	W		°K	W/m2	V	A	W
701	279.65	1,044.57	-	7.98	-28.63	771	279.30	1,139.88	0.37	8.68	-30.68
702	279.21	1,066.18	-	8.11	-29.62	772	279.26	1,152.59	0.63	8.77	-29.09
703	279.30	1,044.57	0.63	7.95	-23.44	773	279.06	1,180.55	0.30	8.97	-33.57
704	279.26	1,064.91	0.37	8.11	-26.56	774	279.16	1,161.49	1.15	8.83	-24.93
705	279.16	1,086.51	-	8.27	-30.74	775	279.26	1,153.86	-	8.78	-34.72
706	279.26	1,068.72	-	8.14	-29.79	776	279.60	1,151.32	0.56	8.79	-29.84
707	279.26	1,063.64	0.07	8.10	-28.90	777	279.26	1,139.88	0.26	8.68	-31.62
708	279.26	1,061.09	0.22	8.08	-27.56	778	279.26	1,155.13	0.07	8.79	-34.14
709	279.26	1,067.45	0.78	8.12	-23.36	779	279.21	1,190.71	-	9.06	-36.95
710	279.26	1,052.20	0.22	8	-27.08	780	279.21	1,150.05	0.63	8.75	-28.93
711	279.26	1,056.01	0.26	8.04	-26.99	781	279.21	1,083.97	0.48	8.25	-26.63
712	279.26	1,066.18	0.19	8.12	-28.13	782	279.26	1,255.52	-	9.56	-41.11
713	279.35	1,056.01	0.33	8.04	-26.43	783	279.21	1,138.61	0.56	8.66	-28.94
714	279.35	1,053.47	0.48	8.02	-25.10	784	279.30	1,158.94	-	8.83	-35.06
715	279.40	1,045.85	-	7.97	-28.59	785	279.26	1,139.88	0.82	8.68	-26.78
716	279.26	1,031.87	-	7.86	-27.77	786	279.30	1,158.94	-	8.83	-35.06
717	279.21	1,053.47	0.30	8.02	-26.53	787	279.26	1,169.11	-	8.90	-35.65
718	279.35	1,029.33	0.22	7.84	-25.92	788	279.01	1,138.61	0.33	8.65	-30.78
719	279.26	1,011.53	0.11	7.70	-25.82	789	279.26	1,052.20	1.71	8.00	-15.16
720	278.96	1,071.26	0.33	8.14	-27.07	790	279.26	1,129.72	-	8.60	-33.28
721	279.35	1,054.74	-	8.04	-29.06	791	279.21	1,139.88	0.15	8.67	-32.57
722	279.30	1,063.64	0.56	8.10	-25.00	792	280.23	1,132.26	0.11	8.68	-32.96
723	279.26	1,049.66	0.67	7.99	-23.38	793	279.30	1,115.74	0.15	8.50	-31.22
724	279.26	1,052.20	0.63	8.01	-23.80	794	279.26	1,083.97	0.04	8.25	-30.34
725	279.26	1,057.28	0.71	8.05	-23.46	795	279.45	1,056.01	0.19	8.05	-27.67
726	279.30	1,100.49	0.15	8.38	-30.36	796	279.21	1,043.30	0.22	7.94	-26.59
727	279.06	1,052.20	0.11	8.00	-27.89	797	279.21	1,039.49	-	7.91	-28.16
728	279.30	1,081.43	0.82	8.23	-23.78	798	279.26	1,022.97	0.59	7.79	-22.65
729	279.26	1,044.57	0.71	7.95	-22.83	799	279.26	1,001.37	-	7.62	-26.15
730	279.26	1,067.45	-	8.13	-29.72	800	279.26	1,025.51	0.41	7.81	-24.23
731	279.16	1,063.64	0.45	8.09	-25.84	801	279.26	1,003.91	-	7.64	-26.28
732	279.26	1,071.26	1.71	8.15	-15.96	802	279.11	1,012.81	-	7.70	-26.69
733	279.55	1,063.64	-	8.12	-29.64	803	279.21	937.83	0.63	7.13	-18.40
734	279.26	1,068.72	-	8.14	-29.79	804	279.30	988.66	0.85	7.53	-19.06
735	279.26	1,063.64	-	8.10	-29.50	805	279.21	1,000.10	0.22	7.61	-24.36
736	279.30	1,076.34	0.33	8.20	-27.49	806	279.30	1,011.53	0.11	7.70	-25.84
737	279.21	1,016.62	0.30	7.74	-24.63	807	279.26	1,001.37	0.78	7.62	-20.19
738	279.30	1,042.03	-	7.94	-28.34	808	279.26	1,000.10	0.04	7.61	-25.80
739	279.26	1,054.74	-	8.03	-29.01	809	279.26	1,014.08	-	7.72	-26.82
740	279.26	1,068.72	1.56	8.13	-17.07	810	279.30	1,062.37	0.11	8.09	-28.55
741	279.26	1,085.24	0.78	8.26	-24.25	811	279.30	1,008.99	-	7.68	-26.57
742	279.26	1,058.55	0.04	8.06	-28.92	812	279.26	1,010.26	0.56	7.69	-22.32
743	279.26	1,034.41	0.37	7.87	-24.97	813	279.26	1,024.24	0.33	7.80	-24.75
744	279.30	1,068.72	0.33	8.14	-27.08	814	279.11	1,014.08	-	7.71	-26.76
745	279.26	1,068.72	0.19	8.14	-28.27	815	279.50	951.81	0.26	7.26	-21.82
746	279.26	1,043.30	-	7.94	-28.39	816	279.55	1,024.24	0.33	7.81	-24.86
747	279.21	1,058.55	0.48	8.05	-25.30	817	279.40	1,011.53	0.33	7.71	-24.16
748	279.35	1,077.61	0.11	8.21	-29.41	818	279.11	958.16	0.26	7.29	-21.99
749	279.16	1,072.53	1.82	8.15	-15.07	819	278.33	986.12	1.34	7.45	-15.01
750	279.21	1,091.59	-	8.31	-31.05	820	278.87	996.29	1.00	7.56	-18.13
751	279.26	1,063.64	-	8.10	-29.50	821	278.82	1,040.76	0.56	7.89	-23.65
752	279.26	1,024.24	1.04	7.79	-19.23	822	278.62	1,033.14	0.59	7.83	-22.90
753	279.30	1,033.14	1.56	7.86	-15.55	823	278.62	1,072.53	-	8.13	-29.71
754	279.26	1,072.53	0.71	8.16	-24.22	824	278.67	993.74	0.22	7.53	-23.84
755	279.21	1,059.82	-	8.07	-29.27	825	278.13	979.77	1.19	7.39	-15.80
756	279.35	1,146.24	-	8.73	-34.32	826	277.74	987.39	0.37	7.43	-22.08
757	279.30	1,068.72	0.97	8.14	-21.93	827	277.30	1,006.45	-	7.55	-25.64
758	279.26	1,066.18	0.33	8.12	-26.93	828	276.23	1,031.87	0.41	7.67	-23.36
759	279.16	1,233.92	0.41	9.39	-35.80	829	275.35	1,029.33	0.33	7.60	-23.46
760	279.30	1,082.70	-	8.25	-30.59	830	274.71	989.93	0.22	7.27	-22.19
761	279.26	1,092.86	0.30	8.32	-28.67	831	274.27	1,015.35	-	7.44	-24.88
762	279.01	1,110.65	0.26	8.44	-29.85	832	273.78	1,012.81	-	7.39	-24.57
763	279.21	1,081.43	0.52	8.23	-26.19	833	273.29	1,001.37	-	7.28	-23.83
764	278.91	1,148.78	-	8.72	-34.24	834	273.00	1,038.22	0.07	7.53	-24.93
765	278.91	1,139.88	0.71	8.65	-27.59	835	273.00	1,014.08	1.23	7.35	-15.29
766	279.21	960.70	0.45	7.31	-20.78	836	273.00	1,028.05	-	7.45	-25.00
767	279.26	1,141.15	0.74	8.69	-27.49	837	273.00	1,033.14	-	7.49	-25.25
768	279.35	1,141.15	0.07	8.69	-33.37	838	273.00	1,011.53	0.22	7.33	-22.56
769	279.21	1,162.76	-	8.85	-35.23	839	273.00	987.39	0.33	7.16	-20.66
770	279.45	1,156.40	1.11	8.81	-25.13	840	273.00	1,029.33	-	7.46	-25.06

DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.	DATO	Temp.	Radiacion	Volt.	Corr.	Pot.
	°K	W/m2	V	A	W		°K	W/m2	V	A	W
841	273.00	987.39	0.19	7.16	-21.73	911	273.00	1,016.62	0.63	7.37	-19.78
842	273.00	991.20	0.11	7.19	-22.44	912	273.00	1,034.41	-	7.50	-25.31
843	273.00	1,026.78	0.74	7.44	-19.39	913	273.00	1,020.43	-	7.40	-24.63
844	273.00	1,007.72	0.33	7.30	-21.57	914	273.00	1,015.35	-	7.36	-24.38
845	273.00	1,022.97	0.15	7.42	-23.65	915	273.00	1,026.78	-	7.44	-24.94
846	273.00	969.60	-	7.03	-22.24	916	273.00	998.83	0.19	7.24	-22.25
847	273.00	982.31	-	7.12	-22.82	917	273.00	1,019.16	-	7.39	-24.57
848	273.00	1,033.14	0.07	7.49	-24.69	918	273.00	1,007.72	-	7.31	-24.02
849	273.00	996.29	0.82	7.22	-17.56	919	273.00	1,014.08	0.04	7.35	-24.05
850	273.00	1,021.70	0.45	7.41	-21.38	920	273.00	996.29	-	7	-23.48
851	273.00	981.04	0.11	7.11	-21.97	921	273.00	1,006.45	-	7.30	-23.96
852	273.00	1,001.37	1.08	7.26	-15.88	922	273.00	1,028.05	-	7.45	-25.00
853	273.00	1,031.87	-	7.48	-25.18	923	273.00	984.85	-	7.14	-22.94
854	273.00	997.56	0.11	7.23	-22.73	924	273.00	992.47	-	7.20	-23.30
855	273.00	1,024.24	0.19	7.43	-23.43	925	273.00	1,000.10	0.26	7.25	-21.77
856	273.00	1,011.53	0.11	7.33	-23.38	926	273.00	1,043.30	0.97	7.56	-18.42
857	273.00	1,010.26	1.19	7.32	-15.41	927	273.00	968.33	0.93	7.02	-15.64
858	273.00	1,000.10	0.56	7.25	-19.61	928	273.00	1,010.26	0.22	7.32	-22.50
859	273.00	989.93	-	7.18	-23.18	929	273.00	1,011.53	-	7.33	-24.20
860	273.00	978.49	-	7.09	-22.65	930	273.00	1,029.33	0.63	7.46	-20.34
861	273.00	1,017.89	0.15	7.38	-23.41	931	273.00	1,019.16	0.26	7.39	-22.64
862	273.00	1,025.51	0.15	7.43	-23.77	932	273.00	1,011.53	-	7.33	-24.20
863	273.00	1,017.89	0.22	7.38	-22.86	933	273.00	1,019.16	0.07	7.39	-24.02
864	273.00	1,040.76	0.67	7.54	-20.56	934	273.00	1,026.78	0.37	7.44	-22.16
865	273.00	1,025.51	-	7.43	-24.88	935	273.00	1,017.89	-	7.38	-24.51
866	273.00	1,061.09	1.26	7.69	-16.89	936	273.00	992.47	0.74	7.19	-17.94
867	273.00	984.85	0.52	7.14	-19.22	937	273.00	987.39	0.26	7.16	-21.19
868	273.00	1,043.30	0.04	7.56	-25.46	938	273.00	1,024.24	0.19	7.43	-23.43
869	273.00	988.66	-	7.17	-23.12	939	273.00	1,008.99	-	7.32	-24.08
870	273.00	1,015.35	0.52	7.36	-20.55	940	273.00	1,019.16	0.56	7.39	-20.44
871	273.00	1,030.60	1.56	7.47	-13.44	941	273.00	1,020.43	0.74	7.40	-19.12
872	273.00	987.39	3.27	7.15	0.37	942	273.00	1,026.78	0.04	7.44	-24.66
873	273.00	1,022.97	5.16	7.40	13.57	943	273.00	1,001.37	-	7.26	-23.72
874	273.00	1,029.33	7.95	7.44	34.23	944	273.00	1,026.78	-	7.44	-24.94
875	273.00	1,010.26	11.66	7.29	61.10	945	273.00	1,025.51	-	7.43	-24.88
876	273.00	1,076.34	15.64	7.75	94.20	946	273.00	978.49	0.07	7.09	-22.12
877	273.00	964.52	15.34	6.94	84.82	947	273.00	981.04	-	7.11	-22.76
878	273.00	1,038.22	21.10	7.46	132.34	948	273.00	995.01	0.04	7.21	-23.15
879	273.00	1,031.87	22.55	7.41	142.33	949	273.00	1,028.05	-	7.45	-25.00
880	273.00	1,040.76	24.52	7.47	157.94	950	273.00	1,021.70	-	7.41	-24.69
881	273.00	1,091.59	25.56	7.83	172.51	951	273.00	1,008.99	-	7.32	-24.08
882	273.00	1,006.45	26.56	7.21	168.06	952	273.00	1,020.43	-	7.40	-24.63
883	273.00	1,042.03	27.93	7.46	183.33	953	273.00	995.01	-	7.21	-23.42
884	273.00	1,044.57	29.05	7.47	191.89	954	273.00	986.12	-	7.15	-23.00
885	273.00	1,049.66	29.72	7.50	197.60	955	273.00	1,017.89	-	7.38	-24.51
886	273.00	1,050.93	30.57	7.50	204.02	956	273.00	960.70	-	6.97	-21.83
887	273.00	1,056.01	31.13	7.53	208.92	957	273.00	1,021.70	-	7.41	-24.69
888	273.00	1,056.01	32.17	7.51	216.29	958	273.00	1,011.53	-	7.33	-24.20
889	273.00	1,048.39	32.87	7.44	219.69	959	273.00	996.29	-	7.22	-23.48
890	273.00	1,038.22	33.65	7.34	222.79	960	273.00	989.93	-	7.18	-23.18
891	273.00	1,053.47	34.36	7.42	230.12	961	273.00	1,016.62	-	7.37	-24.45
892	273.00	1,050.93	35.33	7.33	234.87	962	273.00	1,014.08	-	7.35	-24.32
893	273.00	1,091.59	35.59	7.61	244.63	963	273.00	1,015.35	-	7.36	-24.38
894	273.00	1,036.95	36.37	7.12	236.16	964	273.00	1,014.08	-	7.35	-24.32
895	273.00	1,053.47	36.85	7.17	241.04	965	273.00	1,000.10	-	7.25	-23.66
896	273.00	1,091.59	36.92	7.43	249.58	966	273.00	1,020.43	-	7.40	-24.63
897	273.00	1,068.72	35.92	7.41	241.34	967	273.00	1,015.35	-	7.36	-24.38
898	273.00	1,056.01	37.37	7.09	242.29	968	273.00	1,017.89	-	7.38	-24.51
899	273.00	1,050.93	36.74	7.17	240.23	969	273.00	993.74	-	7.20	-23.36
900	273.00	1,042.03	36.66	7.12	238.10	970	273.00	1,007.72	-	7.31	-24.02
901	273.00	1,054.74	37.37	7.08	242.01	971	273.00	1,017.89	-	7.38	-24.51
902	273.00	1,011.53	37.00	6.84	231.98	972	273.00	1,019.16	-	7.39	-24.57
903	273.00	1,045.85	35.40	7.29	234.18	973	273.00	1,024.24	-	7.43	-24.81
904	273.00	1,047.12	33.28	7.42	222.14	974	273.00	1,029.33	-	7.46	-25.06
905	273.00	1,042.03	30.79	7.43	204.08	975	273.00	1,016.62	-	7.37	-24.45
906	273.00	1,042.03	24.33	7.48	156.73	976	273.00	1,017.89	-	7.38	-24.51
907	273.00	1,034.41	20.28	7.43	125.90	977	273.00	986.12	-	7.15	-23.00
908	273.00	1,021.70	15.53	7.36	89.88	978	273.00	1,012.81	-	7.34	-24.26
909	273.00	1,030.60	10.33	7.44	51.91	979	273.00	1,033.14	-	7.49	-25.25
910	273.00	997.56	4.46	7.22	8.73	980	273.00	1,029.33	-	7.46	-25.06