



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADA

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA SUPERVISIÓN Y
ADQUISICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE PANELES
FOTOVOLTAICOS**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del título de Ingenieros Electromecánicos.

Autores:

Quilumba Toapanta Richard Paúl

Quimbita Terán Bryan Danilo

Tutor Académico:

Ing. Edwin Homero Moreano Martínez M.Sc

LATACUNGA-ECUADOR

Agosto 2021



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

DECLARACION DE AUTORIA

Nosotros Richard Paul Quilumba Topanta y Bryan Danilo Quimbita Terán declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS”** siendo el Ing. Edwin Homero Moreano Martínez M.Sc. tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Richard Paúl Quilumba Toapanta

C.C:050437863-9

Bryan Danilo Quimbita Terán

C.C: 050407074-9



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS”**, de Quilumba Toapanta Richard Paúl y Quimbita Terán Bryan Danilo de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos, técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto del 2021

Ing. Edwin Homero Moreano Martínez M.Sc

C.C: 050260750-0



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

APROBACION DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada de la carrera de Ingeniería Electromecánica; por cuanto, los postulantes: **Quilumba Toapanta Richard Paúl** con cedula de ciudadanía N° **050437863-9** y **Quimbita Terán Bryan Danilo** con cedula de ciudadanía N° **050407074-9** con el título de Proyecto de titulación: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2021

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc.

C.C: 050234776-8

Lector 2

Ing. Verónica Paulina Freire Andrade M.Sc.

C.C: 050205622-9

Lector 3

Ing. Luigi Orlando Freire Martínez M.Sc.

C.C: 050252958-9



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Con el presente documento, se pone en constancia que los estudiantes; Quilumba Toapanta Richard Paúl y Quimbita Terán Bryan Danilo, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto tecnológico “**DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS**” y realizaron la entrega del módulo para laboratorio de energías renovables cumpliendo así los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Latacunga, agosto 2021

**DIRECTOR DE LA CARRERA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**
Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina M.Sc.

C.C: 050284769-2

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a dios por la vida y las bendiciones dadas cada día incondicionalmente, por la familia que me dio por el lugar donde nací y crecí y por su amor infinito.

A mi querida Universidad técnica de Cotopaxi, a mi querida carrera Ingeniería Electromecánica y a la docencia de toda mi trayectoria universitario de ofrecer sus conocimientos hacia mi persona.

A mi director de tesis por su tiempo incondicional, por ser mi guía y ofrecer sus conocimientos para el realce del proyecto.

A mis padres por traerme al mundo y crecerme con principios y valores que me han fortalecido en mi vida, por el apoyo incondicional que han brindado en los momentos arduos y los ánimos de seguir estudiando y preparando para ser un buen profesional.

A mis hermanos, tías y mis abuelos que me han apoyado y depositado su confianza plenamente en mí y día a día de seguir adelante pese a las circunstancias y situaciones dificultades que se presenten.

RICHARD

DEDICATORIA

A dios por la sabiduría que han dado para afrontar los momentos difíciles y por permitirme llegar a este momento tan anhelado.

A mis padres por la fortaleza que siempre han demostrado, por sus sabios consejos, el apoyo incondicional y los valores inculcados, por su ejemplo a seguir.

A mis amigos (as) y compañeros(as) de clases que siempre hemos compartido vivencias y fortalezas a mi compañero de proyecto por toda su fortaleza, a todas aquellas personas que estuvieron pendientes y prestándome su ayuda, dándome sus palabras de aliento y ánimos para llegar a cumplir este gran objetivo.

RICHARD

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a dios por la vida y las bendiciones dadas cada día incondicionalmente, por la familia que me dio por el lugar donde nací y crecí y por su amor infinito.

A mi querida Universidad Técnica de Cotopaxi, a mi querida carrera Ingeniería Electromecánica y a la docencia de toda mi trayectoria universitario de ofrecer sus conocimientos hacia mi persona.

A mi director de tesis por su tiempo incondicional, por ser mi guía y ofrecer sus conocimientos para el realce del proyecto.

A mis padres por traerme al mundo y crecerme con principios y valores que me han fortalecido en mi vida, por el apoyo incondicional que han brindado en los momentos arduos y los ánimos de seguir estudiando y preparando para ser un buen profesional.

A mis hermanos, tías y mis abuelos que me han apoyado y depositado su confianza plenamente en mí y día a día de seguir adelante pese a las circunstancias y situaciones dificultades que se presenten.

BRYAN

DEDICATORIA

A dios por la sabiduría que me ha dado para afrontar los momentos difíciles y por permitirme llegar a este momento tan anhelada.

A mis padres por la fortaleza que siempre han demostrado, por sus sabios consejos, el apoyo incondicional y los valores inculcados, por ser un ejemplo a seguir.

A mis amigos (as) y compañeros(as) de clases que siempre hemos compartido vivencias y fortalezas a mi compañero de proyecto por toda su fortaleza, a todas aquellas personas que estuvieron pendientes y prestándome su ayuda dándome sus palabras de aliento y ánimos para llegar a cumplir este gran objetivo.

BRYAN

INDICE GENERAL

DECLARACION DE AUTORIA.....	i
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	ii
APROBACION DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iii
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN	xix
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2 INTRODUCCIÓN	2
2.1 EL PROBLEMA	2
2.1.1 Situación Problémica.....	2
2.1.2 Formulación del Problema	3
2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.3 BENEFICIARIOS	3
2.3.1 Beneficiarios Directos	3
2.3.2 Beneficiarios Indirectos.....	3
2.4 JUSTIFICACIÓN.....	3
2.5 HIPÓTESIS	4
2.6 OBJETIVOS	4
2.6.1 Objetivos General.....	4
2.6.2 Objetivos Específicos	4
2.7 SISTEMA DE TAREAS.....	5

3	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
3.1	ANTECEDENTES.....	6
3.2	REDES DE COMUNICACIÓN	8
3.2.1	Por Cable.....	8
3.2.2	Por Radio.....	8
3.2.3	Líneas Telefónicas (Dial-Up).....	8
3.2.4	Protocolos de Comunicación.....	9
3.2.4.1	Comunicación serial.....	9
3.2.4.2	Protocolo modbus.....	9
3.2.4.3	Protocolo RS 485	10
3.2.4.4	Protocolo SPI.....	11
3.2.4.5	RS232 Converter y DB9	11
3.3	SISTEMA DE CONTROL.....	12
3.3.1	Supervisión y Monitoreo.....	13
3.3.2	Sistemas de Visualización.....	13
3.4	LAS PRIMERAS INTERFASES HOMBRE-MÁQUINA.....	14
3.5	SISTEMA SCADA	15
3.5.1	Esquema Básico de un Sistema SCADA	16
3.5.2	Ventajas.....	17
3.5.3	Funciones	17
3.5.4	Elementos de un Sistema SCADA	18
3.5.5	El Hardware.....	19
3.5.5.1	Interface Hombre-Máquina	20
3.5.5.2	Interfaz central (MTU)	21
3.5.5.3	Unidad remota (RTU)	22
3.5.5.4	Sistema de Comunicación	23
3.6	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	24

3.7	CÉLULA SOLAR	25
3.7.1	Características Físicas	25
3.7.2	Funcionamiento.....	25
3.7.3	Parámetros Eléctricos	27
3.7.3.1	Característica de corriente (I) y voltaje (V).....	27
3.7.3.2	Potencia máxima	28
3.7.3.3	Eficiencia máxima.....	30
3.7.3.4	Efectos de irradiación.....	30
3.7.3.5	Efectos de la temperatura	31
3.7.4	Tipos de Células Solares	32
3.7.4.1	Célula de silicio mono cristalino	32
3.7.4.2	Célula de silicio poli cristalino.....	33
3.7.4.3	Célula de silicio amorfo	33
3.8	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	34
3.8.1	Características Físicas	34
3.8.1.1	Cubierta frontal	34
3.8.1.2	Encapsulante.....	34
3.8.1.3	Cubierta posterior.....	35
3.8.1.4	Marco	35
3.8.1.5	Conexiones	35
3.8.2	Parámetros Eléctricos	36
3.8.3	Conexión de Módulos	36
3.8.3.1	Conexión de módulos en serie.....	37
3.8.3.2	Conexión de módulos en paralelo	38
3.8.3.3	Conexión de módulos en serie/paralelo.....	39
3.9	ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS.....	40
3.9.1	Baterías.....	40

3.9.2	Reguladores	41
3.9.3	Inversores Fotovoltaicos	42
3.10	Radiación Solar	43
3.10.1	Efectos de la atmosfera con la radiación	44
3.10.2	Tipos de la Radiación Solar sobre una Superficie	45
3.10.2.1	Radiación directa	45
3.10.2.2	Radiación difusa	45
3.10.2.3	Radiación reflejada	45
3.11	NORMATIVA	46
3.12	MAPA SOLAR DEL ECUADOR	46
3.12.1	Cálculo de la Radiación Sobre Superficie Inclinada y Horas Solares	47
4	MATERIALES Y MÉTODOS	48
4.1	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	48
4.1.1	MÉTODO CIENTÍFICO	48
4.1.2	MÉTODO INDUCTIVO	48
4.2	TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN	48
4.3	TÉCNICAS PARA EL PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	49
4.4	DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	49
4.4.1	Estimación de Consumo	49
4.5	DIMENSIONAMIENTO DEL PANEL FOTOVOLTAICO	50
4.6	DIMENSIONAMIENTO DEL REGULADOR	51
4.7	SENSOR DE CORRIENTE ACS712	52
4.8	Microprocesador Mega	53
5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	54
5.1	RESULTADO DEL DESARROLLO DE CIRCUITO	54
5.2	RESULTADO DE LA PROGRAMACIÓN E INTERFACE	55

5.3	RESULTADO DEL COMPORTAMIENTO MEDIANTE LA CURVAS V-I.....	57
5.4	FUCIONAMIENTO DEL SISTEMA FINAL	59
5.5	PRESUPUESTO	61
5.5.1	Materiales	61
5.6	ANALISIS DE IMPACTOS	62
5.6.1	Impacto Tecnológico.....	62
5.6.2	Impacto Económico.....	63
5.6.3	Impacto Social.....	63
5.6.4	Impacto Ambiental.....	63
5.6.5	Impacto Practico.....	63
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
6.1	CONCLUSIONES	64
6.2	RECOMENDACIONES	64
7	Bibliografía	65
8	ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Sistema de tareas por objetivos.....	5
Tabla 4.1. Consumo en Wh de equipos en corriente alterna (AC).....	49
Tabla 4.2. Características del panel fotovoltaico.	50
Tabla 4.3. Rango de corriente y sensibilidad que varían dependiendo del modelo del integrado.....	52
Tabla 5.1. Error de medición de voltaje y corriente de las baterías para diferentes muestras.....	61
Tabla 5.2. Error de medición de voltaje y corriente de paneles Fotovoltaicos para diferentes muestras.	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Comunicación serial.	9
Figura 3.2. Protocolo ModBus.....	10
Figura 3.3. Control en lazo cerrado.....	12
Figura 3.4. Sistema SCADA, arquitectura básica.	18
Figura 3.5. Idea básica de Sistema SCADA.....	19
Figura 3.6. SCADA, arquitectura básica de hardware.	19
Figura 3.7. Interface Hombre-Máquina (HMI, MMI).....	20
Figura 3.8. Funciones Básicas de una RTU en sistemas SCADA (Relación E/S).....	23
Figura 3.9. Estructura Básica de una célula solar.....	25
Figura 3.10. Célula solar en circuito abierto.	26
Figura 3.11. Célula solar en cortocircuito.	26
Figura 3.12. Célula solar conectada a un receptor.	27
Figura 3.13. Características de I-V y P-V de una célula solar.	28
Figura 3.14. Característica de I-V de una célula solar en función de la irradiación.....	31
Figura 3.15. Características de célula solar en función de la temperatura de la célula.	32
Figura 3.16. Célula de silicio mono cristalino.....	33
Figura 3.17. Célula de silicio poli cristalino.	33
Figura 3.18. Célula de silicio amorfo.	34
Figura 3.19. Estructura de un módulo fotovoltaico.....	34
Figura 3.20. Caja de conexión de un módulo fotovoltaico.....	35
Figura 3.21. Conexión de N_s módulos en serie.....	37
Figura 3.22. Conexión de N_p módulos en paralelo.....	38
Figura 3.23. Conexión de N_s módulos en serie y N_p ramas en paralelo.....	40
Figura 3.24. Elementos constitutivos de una batería.....	40

Figura 3.25. Sistema fotovoltaico autónomo.....	41
Figura 3.26. Esquema del principio de un inversor.....	42
Figura 3.27. Curva de rendimiento de un inversor.....	43
Figura 3.28. Espectro electromagnético de la radiación solar.....	43
Figura 3.29. Pérdidas por masa de aire.	44
Figura 3.30. Tipos de radiación solar sobre una superficie.....	45
Figura 3.31. Mapa solar del Ecuador.	46
Figura 4.1. Sensor de corriente ASC712.....	52
Figura 4.2. Arduino mega.	53
Figura 5.2. Diseño del circuito en proteus.....	54
Figura 5.3. Placa PCB del circuito.	55
Figura 5.4. Interface de los parámetros eléctricos.....	56
Figura 5.5. Interface para la selección del puerto para la comunicación serial.....	56
Figura 5.6. Interface del almacenamiento del reporte.....	57
Figura 5.7. Curva Características V-I de paneles.....	57
Figura 5.8. Curva característica V-I de baterías.....	58
Figura 5.9. Curva característica V-I de paneles.....	58
Figura 5.10. Curva característica V-I de baterías.....	59
Figura 5.11. Valor medido con el multímetro fluke.....	60

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1	27
Ecuación 3.2	28
Ecuación 3.3	29
Ecuación 3.4	29
Ecuación 3.5	30
Ecuación 3.6	31
Ecuación 3.7	32
Ecuación 3.8	36
Ecuación 3.9	36
Ecuación 3.10	36
Ecuación 3.11	37
Ecuación 3.12	37
Ecuación 3.13	38
Ecuación 3.14	38
Ecuación 3.15	39
Ecuación 3.16	39
Ecuación 3.17	47
Ecuación 3.18	47
Ecuación 4.1	49
Ecuación 4.2	50
Ecuación 4.3	50
Ecuación 4.4	51
Ecuación 4.5	53
Ecuación 4.6	53
Ecuación 5.1	60



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO: “DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS”.

Autores: Richard Paúl Quilumba Toapanta

Bryan Danilo Quimbita Terán

RESUMEN

El sistema SCADA es una herramienta de automatización y control industrial utilizada en los procesos productivos que puede controlar supervisar, recopilar datos, analizar datos y generar informes a distancias mediante una aplicación informática ya que su principal función es la de evaluar los datos con el propósito de subsanar posibles errores, y frente a la inexistencia de sistemas SCADA para supervisión y adquisición de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos en los laboratorios de energías renovables de la Universidad Técnica de Cotopaxi, por tal razón la presente propuesta tecnológica se basa en el desarrollo de un sistema SCADA para supervisión y adquisición de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos, cuyo objetivo es implementar un sistema SCADA para el monitoreo de los parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos mediante el software Labview, para lo cual se construyó un módulo de acondicionamiento de señal conjuntamente con una interfaz que está basada en la norma ISA y con la ayuda de la programación del software que permite la visualización de cada uno de los valores de la corriente, voltaje y potencia emitidos por dicha central, y poder ver el comportamiento dinámico del sistema, representada en las curvas características de voltaje y corriente obteniendo datos en tiempo real en función a la radiación solar; con el diseño de este sistema permite almacenar y visualizar las variables de los parámetros eléctricos en una interfaz gráfica, y la aplicación de alarmas correspondientes a eventos programados y así poder generar un reporte técnico para posteriormente poder analizar los datos obtenidos.

Palabras claves:

Central fotovoltaica, SCADA, visualización de parámetros eléctricos.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

ELECTROMECHANICAL ENGINEERING CAREER

TITLE: "DEVELOPMENT OF A SCADA SYSTEM FOR SUPERVISION AND ACQUISITION OF ELECTRICAL PARAMETERS OF PHOTOVOLTAIC PANELS".

Authors: Richard Paúl Quilumba Toapanta

Bryan Danilo Quimbita Terán

ABSTRACT

The SCADA system is an industrial automation and control tool used in production processes that can control, monitor, collect data, analyze data and generate reports remotely through a computer application since its main function is to evaluate the data in order to correct possible errors, and given the lack of SCADA systems for monitoring and acquisition of electrical parameters of photovoltaic panels in the renewable energy laboratories of the Technical University of Cotopaxi, for this reason the present technological proposal is based on the development of a SCADA system for monitoring and acquisition of electrical parameters of photovoltaic panels, whose objective is to implement a SCADA system for monitoring the electrical parameters of photovoltaic panels using Labview software, for which a signal conditioning module was built together with an interface that is based on the ISA standard and with the help of software programming that allows the visualization of each of the values of current, voltage and power emitted by the plant, and to see the dynamic behavior of the system, represented in the characteristic curves of voltage and current obtaining data in real time as a function of solar radiation; With the design of this system it is possible to store and visualize the variables of the electrical parameters in a graphic interface, and the application of alarms corresponding to programmed events and thus be able to generate a technical report to later be able to analyze the data obtained.

KEY WORDS:

Photovoltaic Central, SCADA, visualization of electrical parameters

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

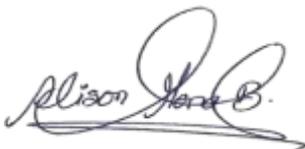
La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de investigación cuyo título versa: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE PANELES**

FOTOVOLTAICOS”, presentado por: **Quilumba Toapanta Richard Paul y Quimbita Terán Bryan Danilo**, egresados de la **Carrera de Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajomi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, julio del 2021

Atentamente,



MSc. Alison Mena Barthelotty

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

C.C. 0501801252



1 INFORMACIÓN GENERAL

Título:

Desarrollo de un sistema SCADA para supervisión y adquisición de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos.

Fecha de Inicio:

Abril 2021

Fecha de finalización:

Agosto 2021

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia:

Facultad Ciencias de la Ingeniería y Aplicada.

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica.

Equipo de trabajo:

Ing. Moreano Martínez Edwin Homero M.Sc. (Tutor)

Quilumba Toapanta Richard Paúl.

Quimbita Terán Bryan Danilo.

Área de Conocimiento:

07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 electricidad y energía.

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación de la carrera:

Energética en sistemas electromecánico y uso de fuentes renovables de energía.

2 INTRODUCCIÓN

La presente investigación consiste en desarrollar un sistema SCADA para supervisión y adquisición de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos, se puede definir a un sistema SCADA como el software que nos permita supervisar y visualizar los parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos.

La energía solar es una gran fuente inagotable de energía limpia, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación solar, tanto el calor y la luz del sol son fuentes que se pueden aprovechar por medio de diversos receptores solares como células fotovoltaicas, paneles solares, pudiendo transformarse en energía eléctrica y aprovecharla al máximo.

Mediante la radiación proveniente del sol se puede transformar la energía solar fotovoltaica en energía eléctrica esto se logra con la ayuda de células fotovoltaicas, este tipo de energía es generada mediante la capacidad de la luz y el calor emitido por el sol. La radiación emitida por la tierra mediante el calor que produce se puede aprovechar la radiación solar.

En este proyecto, se demuestra el desarrollo de un sistema de control de medición y obtención de la curva característica I-V de los paneles fotovoltaicos en función de la radiación solar en tiempo real utilizando la interfaz gráfica de Labview, además permite la visualización de los parámetros eléctricos del sistema, donde el operador puede observar el comportamiento dinámico del sistema sin la necesidad de utilizar equipos adicionales de medición.

2.1 EL PROBLEMA

2.1.1 Situación Problémica

En la actualidad disponemos de un recurso relativamente alrededor de 4.6 kWh/m² diarios debido a esto corresponde a unos 200 W/m² de irradiación media a unos 1680 kWh/m² anuales. Las zonas con valores más elevados de recurso solar son las provincias de Imbabura, Chimborazo, Pichincha y Loja con valores diarios entre 5,5 y 6,0 kWh/m² año.

El uso de las energías renovables en la provincia de Cotopaxi es de un nivel bajo, aun cuando, existe gran potencial para poder desarrollar sistemas de generación de energía fotovoltaica, estos sistemas dependen mucho de la radiación solar, de esta manera tener un buen funcionamiento del sistema, una de las desventajas de este sistema es que tiene un elevado costo de instalación de los equipos por lo cual en la provincia de Cotopaxi, de tal forma la inexistencia de sistemas SCADA

para supervisión y adquisición de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos, no permite obtener datos reales para el análisis de los parámetros eléctricos; permitiendo sembrar en ellos una conciencia sobre las ventajas que traen consigo la utilización de este tipo de energías no convencional.

2.1.2 Formulación del Problema

La inexistencia de sistemas SCADA para supervisión y adquisición de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos en los laboratorios de energías renovables de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

Objeto de estudio

Sistema SCADA

Campo de acción

Ciencias Tecnológicas, Ingeniería y Tecnología Eléctrica, Tecnología electrónica, Generadores de energía, Fuentes no convencionales de energía, Tecnología de la Automatización, Dispositivos fotoeléctricos.

2.3 BENEFICIARIOS

2.3.1 Beneficiarios Directos

Los postulantes de la propuesta tecnológica y los laboratorios de energías renovables de la carrera de ingeniería electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.3.2 Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos son los estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica

2.4 JUSTIFICACIÓN

Con la evolución de la tecnología que está en constante cambio mejorando cada proceso industrial existente, lo que permite actuar de una forma rápida ante los diferentes cambios que produce, obligando de esta manera a las industrias a modernizar sus procesos productivos con equipos y sistemas de última generación para la obtención de productos y servicios de calidad.

Los Sistemas de Control y Adquisición de Datos (SCADA), hoy en día este sistema conforma la herramienta tecnológica más adquirida en la industria a nivel mundial, mediante este sistema

poder llevar los datos en tiempo real del estado y comportamiento de los equipos y/o sistemas instalados.

Por tal razón se propone realizar un sistema SCADA para la supervisión y adquisición de parámetros eléctricos tales como tensión, corriente y potencia para el laboratorio de energías renovables de la Carrera de Ingeniería Electromecánica. Su implementación será de gran ayuda para el laboratorio de energías renovables y de la carrera, siendo este un aporte tecnológico que les permitirá seguir empleando otros elementos para la supervisión y adquisición de datos, debido a las nuevas generaciones deben estar capacitadas en diversos aspectos que complementen su formación académica.

2.5 HIPÓTESIS

Con la implementación del desarrollo de un sistema SCADA para supervisión y adquisición de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos, permitirá visualizar las diferentes variables eléctricas en el funcionamiento del sistema de generación eléctrica con los paneles fotovoltaicos.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 Objetivos General

Implementar un sistema SCADA para el monitoreo de los parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos mediante el software Labview.

2.6.2 Objetivos Específicos

1. Investigar información sobre sistemas SCADA y tecnologías de comunicación mediante bases digitales, para la estructura física del sistema.
2. Diseñar el entorno de supervisión SCADA para la adquisición de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos.
3. Implementar, el sistema de supervisión SCADA para la visualización de los parámetros eléctricos de la central de generación.
4. Validar el funcionamiento del sistema de supervisión de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos mediante la obtención de mediciones.

2.7 SISTEMA DE TAREAS

Tabla 2.1 Sistema de tareas por objetivos.

Objetivos específicos	Actividades	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar información sobre sistemas SCADA y tecnologías de comunicación mediante bases digitales, para la estructura física del sistema.	Análisis de protocolos de comunicación	Establecer los protocolos adecuados para la comunicación	Documentos, tesis, pdf.
	Análisis de los tipos de sistemas SCADA'S	Características de los diferentes sistemas	Tesis, documentos, pdf.
Diseñar el entorno de supervisión SCADA para la adquisición de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos.	Determinar las diferentes simbologías eléctricas para el entorno.	Especificaciones técnicas de la simbología	Documentos, tesis
	Determinar los componentes electrónicos necesarios para la adquisición de los valores eléctricos.	Visualización de los parámetros eléctricos	Documentos, artículos científicos, software Labview.
Implementar, el sistema de supervisión SCADA para la visualización de los parámetros eléctricos de la central de generación.	Algoritmo de programación configuración y comunicación	Registro de los parámetros eléctricos.	Visualización de variables eléctricas.
	Desarrollo del entorno para la visualización de los datos	Interacción entre el software de programación .	Interfaz en el software Labview.
Validar el funcionamiento del sistema de supervisión de parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos mediante la obtención de mediciones.	Verificación del correcto funcionamiento del sistema.	Simulaciones	Software Labview.
	Pruebas de funcionamiento.	Obtención de datos reales	Software Labview.

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES

En el año 2015 se realizó un proyecto que consistía en el control automático de sistemas fotovoltaicos los cuales representan una gran oportunidad de ahorro de energía y cuidado al medio ambiente. En dicho proyecto propuesto por Moran Iván y León Kleber estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, implementaron el diseño de un sistema de iluminación fotovoltaico de respaldo para los laboratorios de Electrónica de potencia y control automático. En este proyecto puede controlar y generar la energía suficiente, de esta forma poder mantener las baterías cargadas que alimenta a cada una de las lámparas de los laboratorios de electrónica de potencia y control automático al momento que pueda ocurrir un corte de energía, por lo tanto los resultados fueron muy relevantes ya que existía variación debido a no existir radiación directa, el módulo fotovoltaico se ve afectado considerablemente dando lugar a una disminución considerable en el rendimiento del mismo. [1]

En el año 2017 en un sistema de interfaz gráfica para la supervisión y adquisición de datos en módulos fotovoltaicos. En dicho proyecto propuesto por Somoza Jesús, Galán Néstor, Mejías Nildia y Orozco Eber, de la Universidad Politécnica de Sinaloa, diseño de Interfaz Gráfica Para Implementación de sistema SCADA en la supervisión y adquisición de datos para módulos fotovoltaicos, implementaron un sistema SCADA con monitoreo de parámetros de forma remoto de paneles fotovoltaicos de la misma forma crearon una base de datos que les permitirá hacer el análisis con el objetivo de verificar la eficiencia de generación eléctrica del sistema. Los resultados de este proyecto mediante la interfaz de usuario final se muestra los parámetros eléctricos con un registro de datos generando mediante una visualización de curvas específicas con una visualización de todo el sistema que permitirá un aprovechamiento del 50% de su capacidad debido a las condiciones del clima. [2]

En el año 2017 se implementó un proyecto que consiste en un sistema SCADA en Matlab y de esa manera adquirir datos de las variaciones y del comportamiento que tiene el panel solar durante todo el día y noche implementando nuevas tecnologías haciendo más accesible para los usuarios y mejorando su forma de vida con ello ha logrado un alto nivel de industrialización y comunicación global. En dicho proyecto propuesto por Lojano Paul estudiante de la Universidad Católica De Cuenca implementación de un sistema SCADA en Matlab para monitorizar

parámetros solares. Este proyecto incluye la creación y utilización del sistema SCADA mediante el software de National Instruments LabVIEW en interacción con el controlador CompactRIO cuya utilidad se podrá monitorear las señales de datos de los parámetros de los paneles fotovoltaicos utilizando una interfaz gráfica que me permita visualizar los parámetros eléctricos en tiempo real. Los resultados de dicho proyecto son de gran impacto, pero con un costo de implementación alto por ello es casi inaccesible estas tecnologías a los usuarios, aunque con el paso del tiempo ha existido avances tecnológicos que de una u otra manera se ha mejorado el rendimiento de los sistemas de generación renovables, aunque tienen precios elevados. [3]

En el año 2015 se implementó un sistema de micro redes inteligentes, se diseñó analizando las diferentes alternativas que se han utilizado para a las UPB, en dicho proyecto propuesto por Cortes Hernán estudiante de la Universidad Pontificia Bolivariana, en el diseño conceptual de un sistema SCADA para micro redes inteligentes: UPB, en la actualidad se trabaja más y más con redes inteligentes con una gran parte que se trata de auto-controlarse los resultados de dicho proyecto fue exitosa, llamadas soluciones energéticas para zonas aisladas la información del sistema SCADA es transmitido desde las RTU hasta las MTU y viceversa, la importancia de un SCADA es la facilidad de integración puesto que la compatibilidad entre los componentes se vuelve fundamental para la estabilidad del mismo sistema. [4]

En el año 2016 se implementó un sistema SCADA para plantaciones con el fin de ayudar a la asociación de fruticulturas de Ambato con la implementación del sistema se impulsa a la mejora de las actividades, con la ayuda del software LabVIEW como plataforma de desarrollo de la aplicación con sensores acoplados en campo, en dicho proyecto propuesto por García Eduardo estudiante de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, con el Diseño e implementación de un sistema SCADA para las plantaciones de la asociación de fruticultores de Ambato (ASOFRUT). Con un monitoreo de humedad de los terrenos de cultivos con un registro de información de la producción de la fruta, el resultado de dicho proyecto fue muy bueno ya que, utilizando esta tecnología, El sistema SCADA propuesto hace uso de la transferencia tecnológica para aportar al desarrollo de la Asociación, capaz monitorear de manera inalámbrica empleando una WSN la humedad del terreno cultivado y de forma automatizada realizar el riego a las plantaciones que así lo requieran. [5]

3.2 REDES DE COMUNICACIÓN

El término redes de comunicación o redes informáticas hace referencia al intercambio de cada uno de los datos entre un conjunto de equipos independientes conectados entre sí, a través de una conexión física (hardware) y la conexión lógica de los sistemas (software). Esta última establecida por medio de protocolos de comunicación, como es el caso de TCP/IP. Concluyendo que dos dispositivos entrelazados entre sí ya vienen a ser considerados como una red.

La finalidad principal por la que se crea una red informática, es con el propósito de compartir diferentes recursos como servidores o bases de datos y de la misma manera poder transmitir información a distancia de un sistema a otro. Por lo que, dependiendo del alcance y tamaño de la red informática, se puede distinguir entre diferentes dimensiones de red.

Considerando el tamaño de una red, cada uno de los diferentes tipos están diseñados para áreas de aplicación particulares, diseñadas en sus propias técnicas, estándares y sus propias ventajas y limitaciones [6]

3.2.1 Por Cable

En la industria se realiza una inversión al momento de realizar el tendido de sus redes de comunicación, por lo tanto, requiere generalmente de costos muy elevados, además las líneas pueden tener una gran ventaja al momento de ser empleadas a voluntad y sin tener que compartir. Uno de los aspectos más importantes que se debe evaluar es que al momento de contratar personal para que mantenga operativo el sistema de comunicaciones y le de mantenimiento.

3.2.2 Por Radio

Este tipo de comunicación hace referencia a enlaces mediante transmisiones inalámbricas empleando desde RF hasta microondas. Al diseñar estos sistemas como los equipos de transmisión en cada sitio deban encenderse para transmitir y apagarse para recibir (el equipo de radio es el que deberá actuar).

3.2.3 Líneas Telefónicas (Dial-Up)

Estos tipos son más adecuados cuando la comunicación vía cable o radio no son posibles debido a la distancia, terreno, etc. Las diferentes metodologías de comunicación que se deban emplear son las RTU, las cuales son capaces de efectuar una llamada telefónica (dial-up) al otro sitio.

El principal inconveniente para emplear este tipo de tecnología es por la falta de servicio telefónico justo en el sitio donde está situado la RTU, se soluciona si la cobertura está dentro de la zona. De ser así, entonces se recurre a módems CDPD o, mejor, MODEMS GPRS. [7]

3.2.4 Protocolos de Comunicación

Sin tener los debidos protocolos, los diferentes equipos a comunicarse con el sistema no pueden tener un buen enlace de comunicación desde otro equipo, los protocolos de comunicación tienen una descripción formal de un conjunto de reglas y convenciones que están sujetos a ciertos aspectos de la comunicación entre los distintos dispositivos en una red. Los protocolos determinan el tiempo, el formato, la secuencia y a su vez el manejo de errores de la comunicación de datos. [8]

3.2.4.1 Comunicación serial

La comunicación serial es un protocolo muy utilizado para la realización de comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar, prácticamente en cualquier computador, la mayoría de computadoras existe dos puertos seriales RS-232. La comunicación serial también es utilizado por varios dispositivos para instrumentación, a su vez la comunicación serial puede ser utilizado para adquisición de datos si se usa en un conjunto con dispositivos de muestreo. [9]

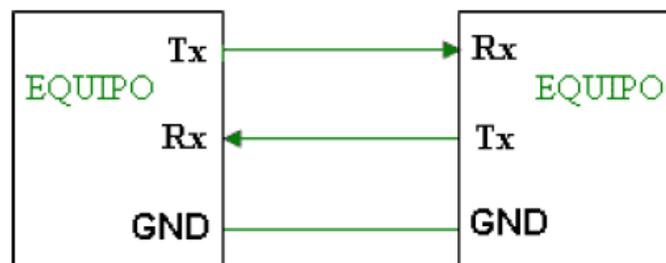


Figura 3.1. Comunicación serial [9].

3.2.4.2 Protocolo modbus

Modbus es un protocolo industrial que se relaciona con un amplio campo de diferentes aplicaciones donde su origen fue desarrollado en el año de 1979 que se originó con el objetivo de permitir la comunicación entre dispositivos de automatización en las grandes industrias desde entonces. Este protocolo Modbus utiliza una arquitectura maestra/esclavo, donde la comunicación siempre ocurre en pares; por lo tanto, un dispositivo debe iniciar una solicitud y luego esperar una respuesta. El dispositivo maestro es el responsable de iniciar cada interacción.

Normalmente, el maestro es una interfaz hombre-máquina (HMI) el cual es el encargado de proporcionar los datos para luego ser enviados y el esclavo cumple una función muy importante que es la de emparejarse con el dispositivo de arranque mediante lo cual permitirá recibir las señales de un sensor o de un controlador lógico programable (PLC), como se muestra en la Figura 3.1.

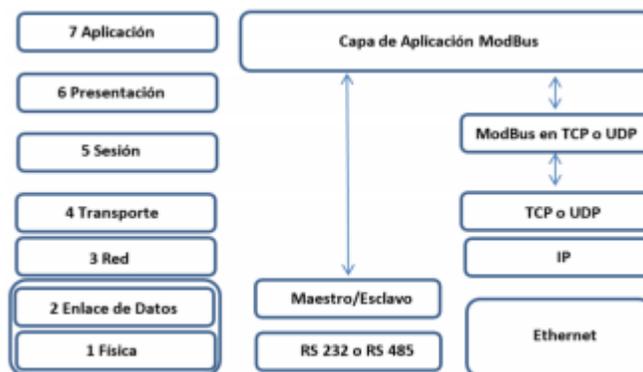


Figura 3.2. Protocolo ModBus [10].

El protocolo Modbus permite implementar en diferentes capas físicas, por eso existen versiones TCP/IP, o también series como RTU (Remote Terminal Unit) y ASCII. RTU y ASCII se usan comúnmente en una línea serial, 18 mientras que TCP se usa en redes modernas TCP/IP, siempre que los dispositivos con los que interactúa estén listos para ello. [11]

3.2.4.3 Protocolo RS 485

RS-485 se la conoce también como EIA-485 (Electronics Industries Association), este protocolo de comunicación ha sido implementada de una forma analógica a la interfaz RS422 para poder realizar la transmisión de datos a alta velocidad y grandes distancias siendo una principal aplicación en el sector industrial. Una de las limitaciones que se puede presentar en el RS422 es que me permitirá hacer la conexión de un máximo de 10 receptores en un transmisor de manera unidireccional, mientras el RS485 permite realizar la conexión de un máximo de 32 receptores en un transmisor de manera bidireccional pudiendo ser instalado tanto en sistemas de 2 hilos como de 4 hilos.

En cuanto a longitud y como rapidez, este protocolo tiene mejores condiciones que sus competidores llegando así hasta 4000pies de longitud y una velocidad de 10 megabits/segundos por lo cual la rs485 se utiliza para largas distancias.

Para la implementación de proyectos con el protocolo RS485 existe normas con las especificaciones eléctricas que se establecen tanto para receptores y transmisores, esto para los diferentes sistemas de bus digitales. Así mismo la norma ISO 8482 estandariza la topología de cableado con una longitud máxima de 500 metros. [12]

3.2.4.4 Protocolo SPI

El “SPI es un estándar de comunicaciones, usado principalmente para la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos consta de un bus de tres líneas, sobre el cual se transmiten paquetes de información de 8 bits”. Cada una de las tres líneas porta la debida información entre los dispositivos conectados al bus, los distintos dispositivos conectados al bus, estos actúan de dos maneras que pueden ser transmisor y receptor al mismo tiempo este tipo de comunicación seria es full dúplex.

Las diferentes líneas poseen una función una función específica que se encuentra ligada con su respectivo nombre cada una de las señales son definidas dentro del estándar como: SCLK reloj del bus, MOSI (Master Output Slave Input)

Los diferentes datos transferidos son sincronizados por la línea del reloj del protocolo además, cabe destacar que tan solo un bit es transferido por cada ciclo de reloj. [13]

3.2.4.5 RS232 Converter y DB9

“Este protocolo es comúnmente utilizado por la industria, El nombre del estándar paso de RS-232 a EIA-232 al igual que otros elementos de la norma original han cambiado su denominación”. Este tipo de comunicación es un estándar completo por lo tanto se especifica cada uno de los niveles de voltaje y señal, además especifica los pines de los conectores y una cantidad mínima de control entre equipos.

Según la normativa se obtiene los rangos eléctricos del sistema como nivel alto a la salida del transmisor está definido como un voltaje entre +5 y +15 volts, por otro lado el nivel bajo está definido como un voltaje entre -5 y -15 volts.

El protocolo de comunicación define la máxima variación de voltaje, la mínima señal utilizada en una comunicación bidireccional son TD para transmitir datos y RD para recibir datos, asimismo, si desea utilizársele control de flujo por hardware, se utilizan las de señales RTS (petición

transmisión) y CTS (habilitado para transmitir). Los diferentes parámetros de la transmisión son programables, un caso es la velocidad que puede variar entre 50 y 19.200 baudios. [14]

3.3 SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control es un conjunto de equipos y componentes, mediante el cual permitirá llevar a cabo las operaciones de control. [15]

El sistema de control puede ser de dos maneras:

- Asegurando que los parámetros de diseño sean los correctos y que las ordenes que enviamos al sistema deben ser cumplidas.
- Vigilar continuamente las ordenes enviadas se cumplan y a su vez realicen las correcciones adecuadas siempre que sean adecuadas.



Figura 3.3. Control en lazo cerrado [15].

Cada uno de los sistemas de control que se encuentran dentro del primer modelo este recibe el nombre de sistema de regulación en lazo abierto, además se basa en el diseño de acuerdo con los parámetros y las condiciones de trabajo del elemento de control, de esta manera pueda mantener el sistema controlada dentro de los límites de parámetros deseados.

En los ejes eléctricos cuando se utilizan un motor de paso a paso este es un sistema de lazo abierto, no hay información real de dónde está el actuador, se parte de un punto conocido, llamado punto de referencia, y se trabaja a partir de ahí, confiando en que el motor no perderá pasos y podrá mover el actuador de manera fiable. [15]

El sistema más seguro se basa en la vigilancia, por lo tanto, los sistemas de control que requieren fiabilidad en la cual utilizarán la regulación en lazo cerrado. [15]

3.3.1 Supervisión y Monitoreo

Mediante la supervisión, mando y adquisición de datos de un proceso y herramientas de gestión para la toma de decisiones (mantenimiento predictivo, por ejemplo). Posea la capacidad de ejecutar programas que puedan supervisar y modificar cada uno de los controles establecidos por el operador, de esta manera evitamos la continua supervisión humana. [15]

Monitoreo. Es la representación de datos en tiempo real a los operadores de planta. Que leen los datos de los autómatas, como puede ser (temperaturas, velocidades, detectores).

3.3.2 Sistemas de Visualización

En los años sesenta, la tendencia en automatización se decía que cada fabricante debería resolver sus problemas de control ellos mismos. Al encontrarse frente a un problema de automatización desarrollaba un elemento electrónico específico para dar solución al problema, incluyen una serie de entrada y salida fijas estos utilizan un lenguaje de programación poco conocidas.

Mediante la evolución de la electrónica fue la reducción de componentes por lo tanto permitió realizar una reducción progresiva de tamaño, uno de los resultados fue la introducción de los micro PLC, así permitiendo realizar controles modulares que se puedan adaptar a cada una de las necesidades que se presenten en el momento oportuno y venían previstos los sistemas de programación genéricos (ladder o escalera), lo que les resulto un éxito inmediato en todo el ámbito industrial.

De acuerdo a las necesidades de poder ver a la distancia y controlar una máquina aparecen en los primeros cuadros de control, mediante las luces indicadoras se podía visualizar las diferentes situaciones previstas de la máquina, con la aparición de la informática permitió de gran manera realizar cada uno de los controles de una manera más sencilla.

Con los grandes cuadros de control empezaban a convertirse en monitores que messtran la misma información al momento de realizar cualquier cambio en la presentación, se debían realizar unas modificaciones en el código de la aplicación para que en la pantalla aparezca, por ejemplo, un contador de piezas olvidado en el momento de realizar el diseño del ejemplo anterior. [15]

Varios de los fabricantes desarrollaron diferentes paquetes de software con la capacidad de comunicarse con los sistemas de control existentes, hoy en día existe un gran número de opciones:

- Intellution IFIX
- Omron SCS
- Siemens WinCC
- Rockwell Automation RS-View
- Wonderware InTouch
- GE-Fanuc Cimplicity

3.4 LAS PRIMERAS INTERFASES HOMBRE-MÁQUINA

Con la creación del tubo de rayos catódicos, CRT (Cathodic Ray Tube), unida a la del teclado, reemplazando a las máquinas de escribir, teletipos y tarjetas perforadas. Los diferentes tipos de lenguajes de programación grafica iniciales se fueron adaptando a las nuevas posibilidades que brinda la técnica. Mediante ello se permitió cambiar los colores de cada celda de las 2.000 presentes en una pantalla de ordenador, casualmente, 80x25

Mediante los avances significativos dio paso al sistema operativo Windows 3.11 en los años ochenta.

En esta época surgieron los principales desarrolladores de sistemas de interfase grafica que eran Cimplicity e Intellution:

- Cimplicity fue un encargo original que se realizó para el gobierno, basado en DOS
- Intellution está basado en DOS, mediante graficas de programa Dr.Halo, que son más fáciles de realizar.

Fue entonces cuando Wonderware pudo demostrar, ante los organismos competentes, en el caso que los procesos de supervisión mediante su software eran

Entonces fue Wonderware quien demostró, organismos competentes, en el caso que los procesos de supervisión mediante su software eran confiables. Al estar basado en Windows era sencillo de documentar y los procesos se podían representar de una manera gráfica, más fácil y segura de interpretar, mucho más que obtener una serie de líneas de texto (DOS). Esta compañía fue la primera en cumplir cada una de las exigencias de las agencias, por lo cual se debe tener en cuenta los grandes fabricantes de HMI ofrecen prestaciones similares.

Con el crecimiento de Windows también recibió un impulso el desarrollo de utilidades para comunicarse con las diferentes aplicaciones que funcionaban con este sistema operativo (drivers o controladores). Cada uno de los fabricantes empezaron a tomar Windows y a DDE como un

medio de guía para unir todas las piezas, por lo tanto, colocaron un botón en la pantalla era simplemente eso, picar y arrastrar el botón, ya creado, hasta el lugar deseado. [15]

3.5 SISTEMA SCADA

Este software permite acceder a los datos remotos de un proceso utilizando las herramientas de comunicación necesarios para los diferentes casos. Según la definición vemos que no se trata de un sistema de control, sino de la utilidad del software de monitorización o supervisión, mediante ello se realiza la tarea de interface entre los distintos niveles de control (PLC) y los de gestión a un nivel superior. [15]

Este tipo de sistemas SCADA fueron diseñados para satisfacer cada una de las necesidades de un sistema de control de procesos industriales distribuidos en las diferentes áreas geográficas, además es así que la definición de un sistema SCADA hace referencia a esta característica, con el crecimiento del desarrollo de las redes digitales. [7]

En los sistemas SCADA involucran muchos subsistemas para la adquisición de los datos que pueden estar a cargo de un PLC o de dispositivos los cuales toman las señales y estos se encargan de enviar a las estaciones remotas utilizando un protocolo determinado, además las tareas de supervisión y control principalmente están relacionadas con el software SCADA, mediante el operador se puede visualizar en la pantalla del computador cada una de las estaciones remotas que conforman cada uno de los sistemas.

Todo esto se realiza normalmente en tiempo real, estos tipos de sistemas son diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos. [16]

Se puede decir que no se trata de un sistema de control, sino de la utilización del software de monitorización o supervisión, estos son los que realizan cada una de las tareas de interfaz entre los diferentes niveles de control (PLC). El principal objetivo para que su instalación que sea perfectamente aprovechada sean los siguientes:

- Tienen una función completa de manejo y visualización en sistemas operativos.
- Arquitectura abierta que permita combinaciones con aplicaciones estándar y de usuario, que permitan a los integradores crear soluciones de mando y supervisión optimizadas (ActiveX para ampliación de prestaciones, OPC para comunicaciones con terceros, OLE-

DB para comunicación con bases de datos, lenguaje estándar integrado como VB o C, acceso a funciones y datos mediante API).

- Este sistema tiene una sencillez de instalación fácil de utilizar y con interfaces amigables con el usuario.
- Permitiendo la integración con las herramientas ofimáticas de la producción.
- Son fácil de configurar.
- Comunicaciones flexibles para poder comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).

3.5.1 Esquema Básico de un Sistema SCADA

Los sistemas 7 se caracterizan principalmente como una de las principales herramientas para la supervisión y mando. Entre sus objetivos. Podemos destacar:

- Economía: es más factible ver que ocurre en la instalación desde la oficina que enviar a un operario.
- Accesibilidad: se puede modificar cada uno de los parámetros de funcionamiento de los distintos sistemas.
- Mantenimiento: es la posibilidad de obtener datos de un proceso y almacenarlos.
- Ergonomía: se relaciona entre el usuario y el proceso.
- Gestión: son los valores recopilados de múltiples maneras que estos pueden ser estadísticos y gráficos.
- Flexibilidad: característica de un sistema de visualización.
- Conectividad: la documentación de los protocolos de comunicación permite la interconexión de los sistemas de diferentes proveedores.

HMI: interfase humano máquina.

MMI: interfaz hombre máquina.

Este tipo de sistema se puede controlar mediante el usuario bajo un número, podemos encontrar planos, fotografías, esquemas eléctricos, gráficos de tendencias, etcétera. [15]

3.5.2 Ventajas

Al hablar de un sistema SCADA se debe tener presente que no es solamente las pantallas que nos indican de cómo se encuentra funcionando el proceso, además se encuentra elementos de regulación y control.

Las diferentes ventajas del sistema de control automatizado y supervisión (SCADA) son:

- Un nivel de desarrollo de visualización que permite la creación de aplicaciones.
- Los sistemas PLC están concebido para trabajar en condiciones adversas.
- Los autómatas permiten adaptarse a las necesidades actuales.
- Cualquier tipo de sensores y actuadores puede integrarse en un programa de PLC mediante las múltiples tarjetas de adquisición disponibles (tensión, corriente, sondas de temperatura, etc.).
- El sistema de control remoto (RTU) se define de manera que pueda funcionar de forma autónoma.
- Los diferentes programas de control pueden documentarse y son fáciles de interpretar por los usuarios.
- Cada uno de los programas de visualización puede presentar todo tipo de ayuda al usuario.
- El sistema es rápido gracias a los sistemas de comunicación estandarizados.
- Los diferentes protocolos de seguridad permiten una gestión segura y eficiente de los datos.
- El nivel de descentralización es el aumento modular que permite la mayor disponibilidad.
- Mediante las redes de comunicación, el sistema SCADA se integra en la red corporativa, permite la integración entre los niveles de Campo y Gestión y completa así la estructura CIM (Computer Integrated Manufacturing). [15]

3.5.3 Funciones

- Esta función permite al usuario que sea capaz de conocer cada uno de los estados de las instalaciones bajo su responsabilidad y coordinar eficientemente las labores de producción y mantenimiento en el campo.

- El control remoto de las instalaciones permite activar y desactivar equipos remotos de manera automática.
- En los diferentes casos necesitan procesamientos adicionales y efectos de consolidar información proveniente de diferentes lugares instalados.
- Permite la generación automática o a petición de reportes impresos de producción y balance.
- El almacenamiento de información permite registrar y almacenar información operacional y alarmas.
- La información en tiempo real se puede construir graficos e inferir comportamiento de variables operacionales.
- Programación de eventos: Se refiere a la posibilidad de programar en el tiempo la generación de reportes, despliegue de diagramas del proceso o activación de tareas o comandos del sistema. [17]

3.5.4 Elementos de un Sistema SCADA

Los tipos de sistema se encuentran divididos en tres bloques principales:

- Software de adquisición de datos y control (SCADA).
- Sistemas de adquisición y mando (sensores y actuadores).
- Sistema de interconexión (comunicaciones).

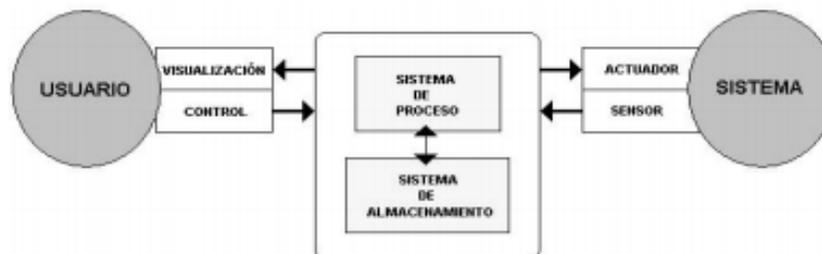


Figura 3.4. Sistema SCADA, arquitectura básica [15].

El usuario, mediante equipos de visualización y control, tiene acceso al Sistema de Control del Proceso, principalmente un ordenador donde reside la aplicación de control y supervisión (se trata de un sistema servidor). La comunicación entre estos dos sistemas se debe realizar a través de redes de comunicaciones corporativas (Ethernet). Este sistema de procesos de los diferentes

sensores permite informar al usuario mediante de las herramientas como HMI, visualizando el proceso, la recepción de los datos del sistema del proceso y los diferentes elementos de campo como sensores y actuadores son los llamados buses de campo, esta tecnología actual es la encargada de englobar los sistemas de comunicación de una base común como la Ethernet industrial toda esta información generada son la ejecución de las tareas de supervisión y control, el software de asignación de datos y control abarca directamente a la red empresarial. Aparece el concepto de Fabricación Integral Informatizada (Computer Integrated Manufacturing). [15]

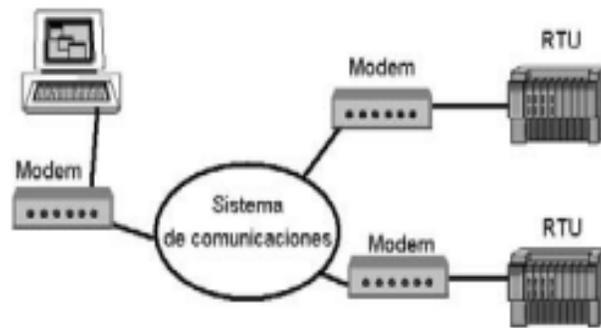


Figura 3.5. Idea básica de Sistema SCADA [15].

3.5.5 El Hardware

Los diferentes sistemas SCADA'S, lo cual se puede dividir en dos grandes bloques: Captadores de datos: estos captadores de datos me permiten recibir cada uno de los datos de los diferentes elementos de control del sistema (por ejemplo, Autómatas, reguladores, registradores) y luego los procesan para su diferente utilización. Los Servidores del sistema.

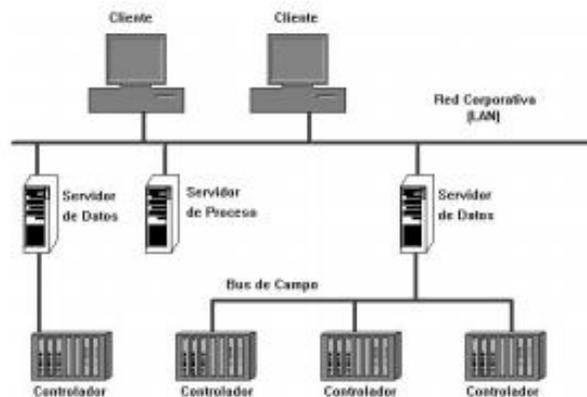


Figura 3.6. SCADA, arquitectura básica de hardware [15].

Por medio de los Clientes, los datos guardados en cada uno de los servidores pueden evaluarse, permitiendo realizar las acciones oportunas y de esta manera poder mantener las condiciones nominales del sistema. Mediante los denominados Buses de Campo, los Controladores de proceso (generalmente autómatas programables o sistemas de regulación) estos envían la información a los Servidores de datos (Data Servers) mediante ello intercambian la información con niveles superiores del sistema automatizado a través de redes de comunicaciones de Área Local. [15]

Los diferentes sistemas están formados por:

- Interface hombre- Máquina.
- Unidad Central.
- Unidad remota.
- Sistema de comunicaciones.

3.5.5.1 Interface Hombre-Máquina

Esta interface consiste en el entorno visual que brinda todo el sistema mediante esta interface ayuda de una manera fácil para que el operador se pueda adaptar al proceso desarrollado por la planta. Esto me permite una interacción entre el ser humano con los medios tecnológicos.

Comprende los sinópticos de control y conjuntamente con los sistemas de presentación gráfica. La función principal de un Panel Sinóptico es la de representar, de una forma simplificada.

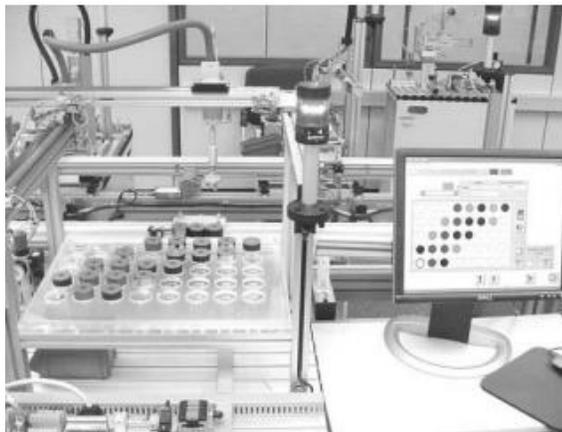


Figura 3.7. Interface Hombre-Máquina (HMI, MMI) [15].

Los paneles sinópticos eran de tipo estático, colocados en grandes paneles que nos proporcionan la visualización de los indicadores y luces. Con el pasar del tiempo estos paneles sinópticos han ido evolucionando, conjuntamente con el software, en forma de representaciones gráficas en pantallas de visualización (PVD, Pantallas de Visualización de Datos). En los sistemas complejos aparecen los terminales múltiples, permitiendo la visualización de forma simultánea. De todas formas, en ciertos casos, interesa mantener la forma antigua del Panel Sinóptico, pues la representación del sistema completo es más clara para el usuario al tenerla presente y no le afectan los eventuales fallos de alimentación de componentes o de controladores gráficos. [15]

3.5.5.2 Interfaz central (MTU)

Mediante esta central controla el mando del sistema. Un sistema de este tipo está basado en estándares de bajo precio por lo tanto es posible intercambiar información en tiempo real entre centro de control y subestaciones localizadas en diferentes lugares. En el centro de control se recopila información y archivo de datos, toda esta información que se genera en el proceso pone a disposición a los diferentes usuarios que puedan requerir de esta información.

- Gestionar las comunicaciones.
- Recopilar los datos de todas las estaciones remotas (RTU).
- Envío de datos.
- Comunicación con los operadores.
- Análisis.
- Impresión.
- Visualización de datos.
- Mando.
- Seguridad.

Las tareas son recomendadas a equipos informáticos con funciones específicas como:

- Almacenar datos: este es el que archiva los datos para procesos mediante herramientas de representación gráfica.
- Almacenar archivos: me permite almacenar los resultados de los análisis de los datos recogidos.

- Administración: permite el mantenimiento del sistema SCADA, controlando los sistemas de seguridad.
- Comunicación: ayuda al intercambio de datos en tiempo real. Éste es un punto de entrada y salida de datos, por tanto, debe prestarse especial atención a la seguridad y protegerlo de accesos no autorizados. [15]

3.5.5.3 Unidad remota (RTU)

Es el conjunto de elementos destinados a labores de control y/o supervisión de un sistema.

Tenemos dentro de esta clasificación varios elementos.

- RTU: especializados en comunicación.
- PLC: tareas de control.
- IED: tareas específicas de control.

RTU

Se encargan en un principio de recopilar los datos de los elementos de campos y transmitirlos hacia una unidad central, enviando comandos de control. Que serán denominados procesadores de comunicación, están basados en ordenadores especiales que pueden controlar directamente el proceso mediante comunicación con los elementos de control PLC. Su construcción es más robusta, son operativos dentro de un rango de temperaturas mayor que los ordenadores normales, y su robustez eléctrica también es mayor (transitorios de red, variaciones de alimentación, interferencias electromagnéticas). El software de estos elementos suele estar elaborado en lenguajes de alto nivel (C, Visual Basic, Delphi) que permiten interpretar los comandos provenientes de la estación Maestra (Master Terminal Unit). [15]

Este tipo de ordenadores no específicamente tienen que ser PCs, debido a la necesidad de soportar un HMI no es tan grande a este nivel, por lo tanto lo que deberían ser ordenadores industriales de tipo armarios de control, aunque en sistemas muy complejos puede haber subestaciones intermedias en formato HMI. [18]



Figura 3.8. Funciones Básicas de una RTU en sistemas SCADA (Relación E/S) [18].

PLC

Se llaman controladores lógicos programables o PLC (Programmable Logic Controller), estos controladores empezaron como un sistema dedicado exclusiva al control de instalaciones, máquinas o cualquier tipo de procesos. Mediante el transcurso del tiempo ha ido evolucionando, incorporando cada vez más presentaciones en forma de módulos de aplicación, uno de ellos procesador de comunicaciones, también los PLC podrían tener elementos distribuidos por los cuales se comunican mediante un sistema de comunicación llamado Buses de Campo.

IED

Se denominan periféricos inteligentes (Intelligent Electronic Devices). Por lo que por lo tanto estos elementos con propiedades de decisión propia, son inteligentes que ocupan diferentes tareas de control. Esta clasificación se puede encontrar elementos tales como Reguladores, Variadores de Frecuencia, Registradores, Procesadores de comunicaciones, Generadores de tiempo y frecuencia, Controladores de energía reactiva, Transductores, etcétera. [15]

IED: Tiene las funciones de regulación y control propias de este tipo de equipos (entradas, salidas, regulación PID, etc.)

3.5.5.4 Sistema de Comunicación

Es el intercambio de información entre servidores y clientes que se basan en la relación de producir- consumir. Cada uno de los servidores de datos interroga de manera cíclica a los elementos de campo, mediante la recopilación de datos generados mediante registros. Debido a

los controladores suministrados por los diferentes fabricantes y a su compatibilidad con la mayoría de los estándares de comunicación existentes.

Mediante el servidor de datos se puede gestionar varios protocolos de forma simultánea, estando limitado por su capacidad física de soportar las interfaces de hardware (las popularmente conocidas tarjetas de comunicación). Por lo cual permiten el intercambio de datos bidireccional entre la Unidad Central y las unidades remotas (RTU) mediante un protocolo de comunicaciones determinado y el sistema que transporta la información para así poder mantener el enlace entre los diferentes elementos de la red: Línea telefónica (dedicada o no), Cable coaxial, Fibra óptica, Telefonía celular (GPRS, UMTS), Radio (enlaces de radio VHF, UHF, Microondas). [15]

Debido a los diferentes tipos de comunicación con los dispositivos de campo se puede desarrollar un sistema SCADA mediante cualquier tipo de bus. Que se localizan en los sistemas SCADAS con diferentes protocolos de comunicación como RS-232, RS-422 y RS-485, se conectan al sistema sobre un bus de configuración DMS ya existente, también pueden ser llamados módems para lo cual estos sistemas soportan los protocolos de comunicación SCADA.

Una de las características del sistema SCADA es que la mayor parte de estos sistemas se implementa sobre sistemas WAN de comunicaciones, que son distintos terminales RTU estos pueden estar des localizados geográficamente. [19]

3.6 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Se dice energía solar fotovoltaica a la energía que permite de una u otra manera transformar la radiación solar en energía eléctrica utilizando células fotovoltaicas. Existen diferentes ventajas frente a otro tipo de energías, ya que este tipo de energía tiene escaso impacto medio ambiental esto se debe a la pequeña producción de residuos perjudiciales para el medio ambiente. Otra de sus principales ventajas en su gran distribución a lo largo de toda la superficie terrestre, lo que facilita la implementación de los diferentes sistemas de captación de energía solar en prácticamente cualquier punto del planeta. [20]

El sistema de generación fotovoltaico es la energía proporcionada por la radiación solar en la cual convierte a energía eléctrica de una forma directa, se genera mediante generadores fotovoltaicos compuestos por módulos conectados entre sí y que a su vez están compuestos por unidades llamadas células solares.

La inclinación y la orientación forman un papel muy importante y fundamental para conseguir una conversión eficiente de energía solar en energía eléctrica. [21]

3.7 CÉLULA SOLAR

3.7.1 Características Físicas

Estas están construidas a partir de un material semiconductor como el silicio, este material debe tener un espesor aproximado de entre 100 y 500 μm , en la que se ha difundido boro (impureza trivalente, región P) y sobre la que se difunde una capa muy fina, de 0,2 a 0,5 μm , de fósforo.

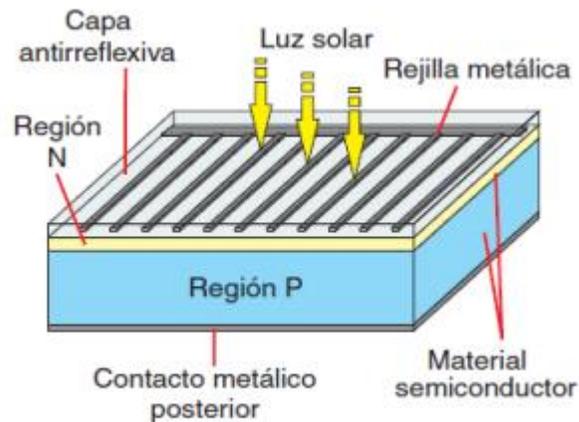


Figura 3.9. Estructura Básica de una célula solar [21].

Para poder aumentar el rendimiento de la célula solar, la cara que recibe directamente la luz solar es sometido a un proceso que mejore las propiedades físicas llamada texturización, es decir, dando lugar a unas micro pirámides superficiales que ayudan a reducir la reflexión, en la superficie de la célula se coloca una malla o rejilla metálica que mantiene un buen contacto eléctrico, dejando al descubierto la mayor cantidad de superficie receptora de la luz en la célula.

El terminal negativo de la célula es la malla o rejilla metálica mientras que el positivo se obtiene con un revestimiento de metal de la cara posterior de la célula, la célula es completada con un revestimiento de antirreflección en la cara frontal que sirve como un captador de fotones.

La célula solar se caracteriza por convertir de manera directa los fotones emitidos por la luz del sol en electricidad, su funcionamiento se basa en lo que se conoce como efecto fotovoltaico. [21]

3.7.2 Funcionamiento

Para poder realizar la conexión de las células solares debemos tener en cuenta que las células solares son la unión de PN con un contacto en la región P y otro en N.

Cuando las células están bajo los efectos de la radiación solar se produce una barrera de potencial en la unión PN, acumulando electrones en la región N y huecos en la región P, produciendo un diferencial de potencial que tiende a incrementar con la cantidad de iluminación.

Por la acumulación de electrones y huecos tendrá un límite haciendo que la diferencia de potencial que se ocasiona por los potenciales antes dichas recibe el nombre de tensión de circuito abierto V_{oc} . [21]

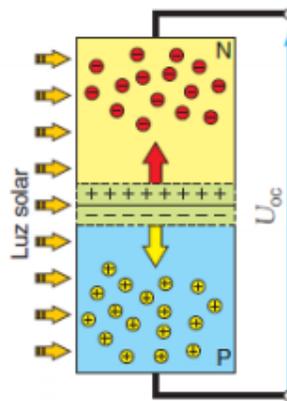


Figura 3.10. Célula solar en circuito abierto [21].

Al unir las dos regiones P y N se cortocircuita con un conductor que presenta una resistencia nula, lo que sucede es que los electrones de la región N logran pasar a través de estos conductores hacia la región P y se combinan con los huecos de la región P, esta corriente que se obtiene como resultado de lo antes mencionado recibe el nombre de cortocircuito I_{sc} .

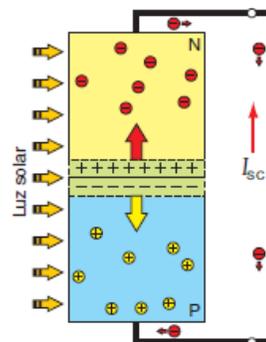


Figura 3.11. Célula solar en cortocircuito [21].

Las diferentes cargas que se originan por la iluminación de la unión PN, parte de ella calculará el cambio de energía o trabajo la diferencia de potencial en el receptor será producido de la intensidad producida por la célula, y la resistencia del receptor.

Todo esto es posible si es que “se cumple que la I_L y la tensión V_L en el receptor son inferiores a la intensidad de cortocircuito I_{sc} y a la tensión en circuito abierto V_{oc} respectivamente.”.

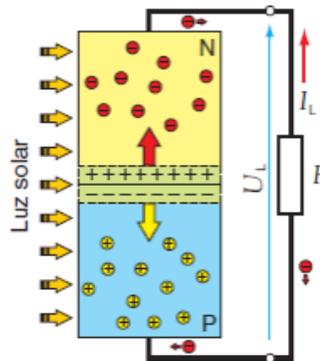


Figura 3.12. Célula solar conectada a un receptor [21].

3.7.3 Parámetros Eléctricos

3.7.3.1 Característica de corriente (I) y voltaje (V)

Mediante el análisis del parámetro que se encuentra dentro de una célula solar consideramos como referencia de la figura 3.12 donde la célula solar recibe una irradiación y temperatura constante. Sobre la curva de I-V en la curva se localiza el punto **B**, que este es considerado como el punto de trabajo de la célula, la corriente aportada por la misma I_L , y la resistencia **R** del receptor, establecen el valor de la tensión V_L , cumpliendo así la ley de Ohm. [21]

$$V_L = I_L * R$$

Ecuación 3.1

Dónde:

R: resistencia del receptor (Ω)

I_L : intensidad suministrada por la célula (A)

V_L : tensión en el receptor conectado a la célula (V)

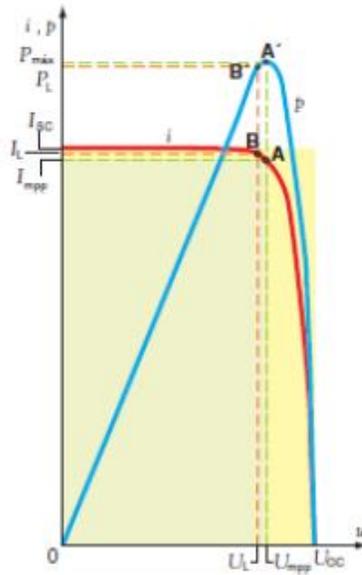


Figura 3.13. Características de I-V y P-V de una célula solar [21].

Al comparar la potencia P_L proporcionada por la célula que se representa en la figura 3.12 por la curva P-V, en el cruce de estas dos magnitudes encontramos el punto B' que tiene un valor y es ejecutada por la siguiente ecuación.

$$P_L = V_L * I_L \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Donde:

P_L : potencia entregada por la célula (W)

I_L : intensidad suministrada por la célula (A)

V_L : tensión en el receptor conectado a la célula (V)

3.7.3.2 Potencia máxima

Si se considera un punto dentro de las características de **I-V** anteriormente vistas, en donde la potencia suministrada por la célula es máxima, que se encuentra representado en el punto **A**, y a

su vez tiene su correspondiente en el punto A' en la curva P - V , en donde se ejecuta la siguiente ecuación de potencia máxima. [21]

$$P_{max} = V_{mpp} * I_{mpp} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

Dónde:

P_{max} : potencia máxima de la célula(W)

I_{mpp} : intensidad máxima de la célula (A)

V_{mpp} : tensión máxima de la célula (V)

La máxima potencia capaz de suministrar una célula solar a cualquier tipo de carga o receptor de consumo, se representa en la ecuación (3), y se puede visualizar claramente en la Figura 3.12, en el rectángulo con vértice A que siempre es inferior al área del rectángulo representado por la corriente de cortocircuito I_{sc} y la tensión a circuito abierto V_{oc} .

$$FF = \frac{V_{mpp} * I_{mpp}}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{P_{máx}}{V_{oc} * I_{sc}} \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Dónde:

FF: factor de forma, sin unidades.

$P_{máx}$: potencia máxima (W)

I_{sc} : intensidad de cortocircuito (A)

V_{oc} : tensión de circuito abierto (V)

3.7.3.3 Eficiencia máxima

Mediante una célula solar se ve el rendimiento, o el valor de la energía obtenida que nos muestra el porcentaje de energía recibida por parte de la superficie de la célula que se convierte en energía eléctrica y que se representa en valores de porcentaje.

El rendimiento se calcula mediante la potencia eléctrica máxima P_{max} , y el producto del área superficial de la célula, A_c , por la irradiación incidente G en condiciones estándar.

$$\eta = \frac{P_{m\acute{a}x}}{G * A_c} * 100$$

Ecuación 3.5

Dónde:

η : eficiencia o rendimiento de conversión (%)

$P_{m\acute{a}x}$: potencia máxima (W)

G : irradiancia en condiciones CEM (1.000 W/m²)

A_c : área superficial de la célula (m²)

3.7.3.4 Efectos de irradiación

Las características de funcionamiento de las células solares en las múltiples aplicaciones dependen muchos de los factores estos son la irradiación que normalmente se encuentra entre los valores de 0 a 1000W/m². Como se puede visualizar en la Figura 3.13 la intensidad de cortocircuito I_{sc} , varía dependiendo de forma lineal con la irradiación. [21]

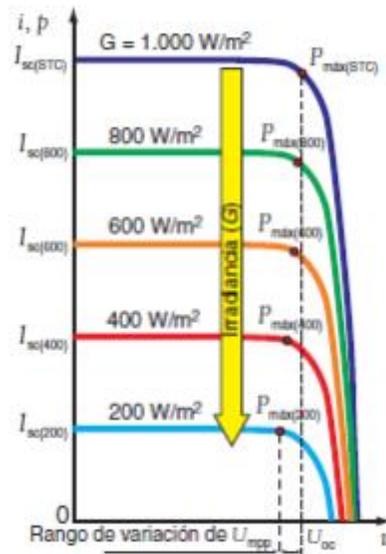


Figura 3.14. Característica de I-V de una célula solar en función de la irradiación [21].

En la figura 3.13 se puede visualizar los datos de la tensión o circuito abierto V_{oc} de la célula no varían, su variación es mínima ya que depende de la irradiación por lo cual para ser uso en aplicaciones practica es primordial de dicha tensión sea un valor constante. Cuando se tiene mucha variación de irradiación las potencias eléctricas de las células se verán afectadas.

$$I_{sc(G)} = G * \frac{I_{sc(CEM)}}{1.000} \quad \text{Ecuación 3.6}$$

Dónde:

$I_{sc(G)}$: intensidad de cortocircuito para una irradiación G (A)

$I_{sc(STC)}$: intensidad de cortocircuito en condiciones CEM (A)

G : irradiancia (W/m²)

3.7.3.5 Efectos de la temperatura

En el caso de la temperatura como podemos ver en la Figura 3.14, ocurre lo inverso a lo que pasa con la irradiación, la tensión de circuito abierto V_{oc} tiende a disminuir conforme va aumentando la temperatura en la célula, en cambio la intensidad de cortocircuito aumenta conforme a la temperatura I_{sc} , pero en niveles casi despreciables o mínimos, que, para efectos prácticos, esta

intensidad tendrá un valor constante. La potencia proporcionada por la célula, es evidente que disminuirá mientras se incremente la temperatura, por las razones de la variación de tensión antes dichas. [21]



Figura 3.15. Características de célula solar en función de la temperatura de la célula [21].

El trabajo de una célula depende de la temperatura ambiente y de la irradiación por eso se calcula de la siguiente forma:

$$T_c = T_a + G * \frac{TONC - 20}{800} \quad \text{Ecuación 3.7}$$

Dónde:

T_c : temperatura de trabajo de la célula ($^\circ\text{C}$)

T_a : temperatura ambiente ($^\circ\text{C}$)

$TONC$: temperatura de operación nominal dela célula ($^\circ\text{C}$)

G : irradiancia (W/m^2)

3.7.4 Tipos de Células Solares

3.7.4.1 Célula de silicio mono cristalino

Estas células se caracterizan por tener la estructura cristalina uniforme, por lo general son fabricadas en lingotes de forma cilíndrica, estas son cortados en capas muy finas o en forma de

oblas, por lo que el costo de construcción y producción de las mismas es muy elevado, y presenta un color azul. Eficiencia de generación solar entre un 15 – 18 %. (Fig.3.15). [22]



Figura 3.16. Célula de silicio mono cristalino [22].

3.7.4.2 Célula de silicio poli cristalino

Según este tipo de células tienen la característica de no tener una estructura y superficie cristalina uniforme, mediante lo cual se fabrican en modelos rectangulares, el costo de construcción y producción de los mismos es baja, presentan un color irregular. Eficiencia ente un 12 – 14%.(Fig. 3.16). [22]



Figura 3.17. Célula de silicio poli cristalino [22].

3.7.4.3 Célula de silicio amorfo

Estos tipos de células se diferencian de las demás por no tener una estructura cristalina, su rendimiento y potencia van reduciendo con el paso del tiempo, y su costo de producción y construcción de las células son bajos, además que en el mercado nacional su comercialización y distribución es limitada debido a sus características de rendimiento. Eficiencia entre un 6 – 9%.(Fig. 3.17). [22]



Figura 3.18. Célula de silicio amorfo [22].

3.8 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

3.8.1 Características Físicas

Los paneles fotovoltaicos son el conjunto de elementos encapsulados en una estructura, importante ya que hay que conocerlos para que de esta manera estamos pretendiendo lograr con los mismos. (Figura. 3.18) [21]

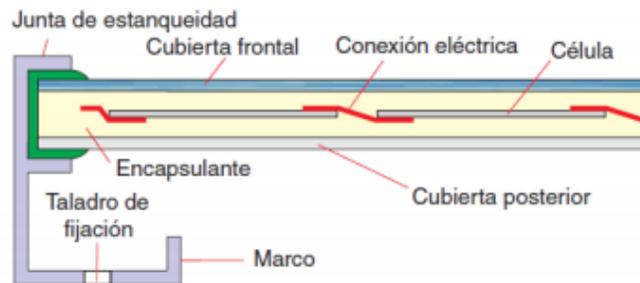


Figura 3.19. Estructura de un módulo fotovoltaico [21].

3.8.1.1 Cubierta frontal

Esta cubierta frontal actúa como agente mecánico, por lo que brinda protección contra agentes atmosféricos y físicos, ya que la superficie es de buena transmisión para la radiación y antirreflejo, esta cubierta evita la retención de polvos y suciedad, su parte interna es rugosa para facilitar su adherencia a la Encapsulante. [21]

3.8.1.2 Encapsulante

Uno de los componentes principales es el etil_Vinil-acetato, este tipo de material posee una buena claridad y brillo, resistencia a bajas temperaturas, la resistencia al estrés, y propiedades de adhesivo a prueba de agua. Ya que tiene un contacto directo con las células y ayudan como un

protector de las conexiones, y también aporta resistencia contra las vibraciones e impactos, es un adherente con las demás partes. [21]

3.8.1.3 Cubierta posterior

Está fabricado de poliéster, que junto con la cubierta frontal protege a todo el módulo de la humedad y otros agentes atmosféricos, que sirven también como un aislante eléctrico, en algunas ocasiones este hecho de vidrio sirve para aprovechar la radiación solar reflejada que puede cogerse por la parte posterior del módulo. [21]

3.8.1.4 Marco

Los fabricantes utilizan aluminio anodizado, que le brindan mayor rigidez y resistencia mecánica en todo el módulo, pero también es de mayor seguridad fijarle a una conexión de puesta a tierra para protección del elemento como tal. [21]

3.8.1.5 Conexiones

La caja de conexiones se localiza en la parte posterior del panel, con sus protecciones IP-65, la mayor parte de las cajas están hechas de plásticos resistentes a las temperaturas elevadas de los mismos paneles, su interior consta de los bornes positivo y negativo. [21]

Las cajas ayudan a tener una fijación más precisa de los conductores que pasan por los mismos evitando polvo y humedad que puedan afectar a los circuitos o conexiones internas. En algunas ocasiones las cajas de conexión vienen con cables externos y conectores, facilitando y agilizando la conexión de los paneles, por medio de los conectores positivo y negativo. (Figura. 3.19)

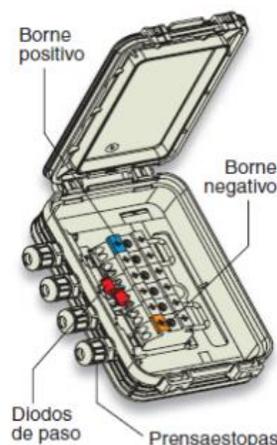


Figura 3.20. Caja de conexión de un módulo fotovoltaico [21].

3.8.2 Parámetros Eléctricos

El modulo fotovoltaico tiene una relación directa con respecto a los parámetros eléctricos de sus células y con la cantidad y el tipo de conexión serie- paralelo de las mismas. Un panel fotovoltaico es la unión de varias células solares interconectadas entre sí estas células se pueden conectar en serie, paralelo o las dos, pero si suponemos que todas trabajan a la misma irradiación, tensión, corriente, potencia y temperatura, el módulo fotovoltaico cumple de manera ideal con las siguientes relaciones. [21]

$$(V) = N_s * V_c(V) \quad \text{Ecuación 3.8}$$

$$(A) = N_p * I_c(A) \quad \text{Ecuación 3.9}$$

$$(W) = N_s * N_p * P_c(W) \quad \text{Ecuación 3.10}$$

Las características eléctricas que definen el comportamiento de un módulo fotovoltaico son:

- La tensión a circuito abierto.
- La corriente de cortocircuito.
- La potencia máxima del módulo.
- El factor de forma.
- Rendimiento total del módulo.

3.8.3 Conexión de Módulos

La mayor parte de las aplicaciones de paneles fotovoltaicos, la intensidad y tensión de los módulos no siempre satisfacen las condiciones y parámetros necesarios de una instalación o aplicación fotovoltaica, por lo cual es mejor agrupar en serie o paralelo, ya que para el primer caso se obtiene un aumento de la tensión del sistema, mientras que al conectarlo en paralelo se obtiene un aumento de la intensidad del sistema. [21]

Por tal razón estos pueden realizar algunos tipos de conexiones entre paneles fotovoltaicos para satisfacer las necesidades que son:

3.8.3.1 Conexión de módulos en serie

Mediante la conexión de paneles en serie es más sencilla que se pueda realizar debido a que en esta conexión se obtiene un incremento de la tensión en el sistema mientras tanto se mantiene la corriente del mismo, con el incremento de la tensión se obtiene la reducción del cable conductor a ser utilizado porque la corriente se distribuye, la conexión del terminal negativo de un panel va conectado en el positivo del siguiente panel y así sucesivamente. (Figura. 3.20). [21]

$$I_G = I_M \quad \text{Ecuación 3.11}$$

Dónde:

I_G : intensidad del generador (A)

I_M : intensidad de un módulo (A)

$$V_G = N_s * V_M \quad \text{Ecuación 3.12}$$

Dónde:

N_s : número de módulos conectados en serie

V_G : tensión del generador (V)

V_M : tensión de un módulo (V)

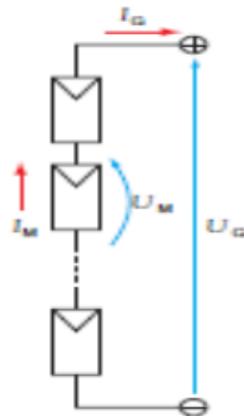


Figura 3.21. Conexión de N_s módulos en serie [21].

3.8.3.2 Conexión de módulos en paralelo

Al realizar este tipo de conexión en paralelo, se logra obtener que la tensión es la misma mientras que su corriente aumenta, este tipo de conexión consiste en conectar todos los terminales positivos de los terminales entre si y los negativos de la misma manera (Figura. 3.21). [21]

$$I_G = N_p * I_M \quad \text{Ecuación 3.13}$$

Dónde:

I_G : intensidad del generador (A)

I_M : intensidad de un módulo (A)

N_p : número de módulos conectados en paralelo

$$U_G = U_M \quad \text{Ecuación 3.14}$$

Dónde:

U_G : tensión del generador (V)

U_M : tensión de un módulo (V)

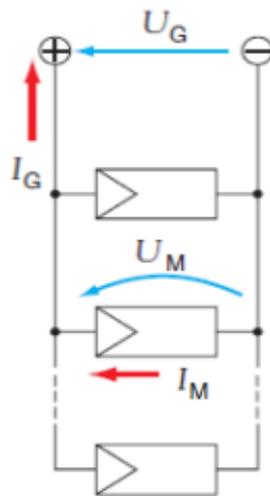


Figura 3.22. Conexión de N_p módulos en paralelo [21].

3.8.3.3 Conexión de módulos en serie/paralelo

Esta conexión es especial ya que la tensión de todo el sistema de generación está dada por la tensión de un módulo por el número de módulos que se encuentran en serie, mientras tanto la intensidad está fijada por la intensidad de un módulo por el número de ramas que se encuentran en paralelo. (Figura. 3.22). [21]

$$I_G = N_p * I_m \quad \text{Ecuación 3.15}$$

Dónde:

I_G : intensidad del generador (A)

I_m : intensidad de un módulo (A)

N_p : número de ramas conectadas en paralelo

$$U_G = N_s * U_M \quad \text{Ecuación 3.16}$$

Dónde:

N_s : número de módulos conectados en serie

U_G : tensión del generador (V)

U_M : tensión de un módulo (V)

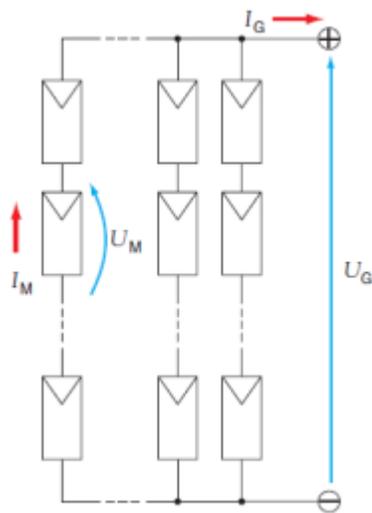


Figura 3.23. Conexión de N_s módulos en serie y N_p ramas en paralelo [21].

3.9 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

3.9.1 Baterías

Mediante la generación de energía eléctrica basada en sistemas fotovoltaicos, donde existen tiempos diferentes de demanda ya que estos provocan una necesidad de introducir en todas las instalaciones un medio de acumulación de energía para usarlos en diferentes momentos.

Para estos tipos de sistemas las baterías a utilizar deben tener ciertas especificaciones importantes como su capacidad, ciclo de carga y descarga. (Figura. 3.23) [21]

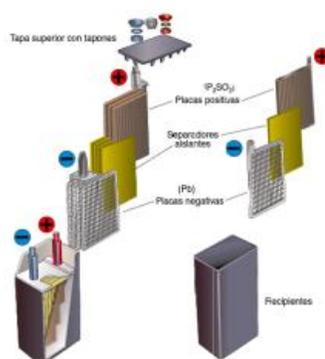


Figura 3.24. Elementos constitutivos de una batería [21].

3.9.2 Reguladores

Estos reguladores son elementos que cumplen una función muy importante en la generación fotovoltaica, son los que se encargan de realizar el control del proceso de carga y descarga de las baterías o acumuladores, es decir, ayuda a cuidar o mantener al máximo la vida útil de las baterías, mejorando el funcionamiento y rendimiento de todo el sistema fotovoltaico. [21] (Figura. 3.24)

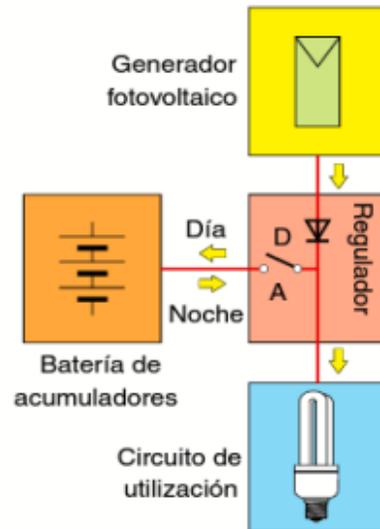


Figura 3.25. Sistema fotovoltaico autónomo [21].

Las funciones básicas de un regulador de un sistema fotovoltaico son:

- Proteger a las baterías de descargas excesivas o profundas.
- Proteger a las baterías contra sobrecargas, limitando la tensión.
- Evitar descargas nocturnas.
- Ajustar el procedimiento de carga según el tipo de batería.
- Protección contra la inversión de polaridad.
- Protección contra cortocircuitos y medir la temperatura de las baterías.
- Protección contra sobretensiones en la entrada del generador fotovoltaico.
- Protección contra sobre intensidades. [21]

3.9.3 Inversores Fotovoltaicos

En los diferentes sistemas de generación fotovoltaica el tipo de corriente es continua por lo que no es útil en algunos casos, por ejemplo, para ser conectada en el sistema de red pública. Mediante este tipo de corriente continua es más difícil y con un costo elevado de adquirir aparatos eléctricos que cumplan con las características de generación.

El único dispositivo con la capacidad de poder realizar la conversión es el inversor que puede transformar una corriente continua en corriente alterna requerida, de esta forma satisfacer los requerimientos de frecuencia y voltaje del tipo de corriente alterna.

- Inversores para sistemas fotovoltaicos autónomos.
- Inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

El inversor cumple con su objetivo mediante tres procedimientos importantes, para lograr una onda senoidal pura al otro extremo de la conversión, como se aprecia en la Figura 3.25.

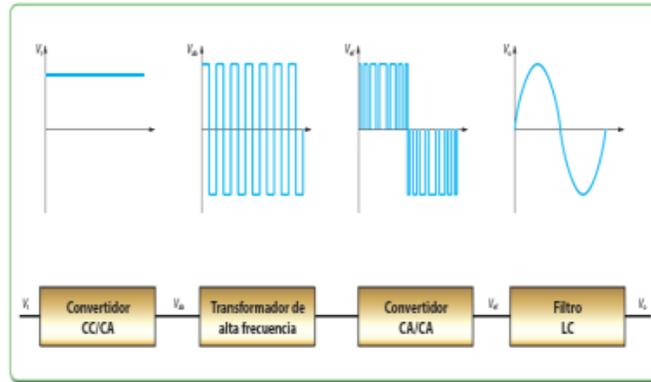


Figura 3.26. Esquema del principio de un inversor [22].

La principal característica de todos los inversores existentes en el mercado es su rendimiento y se lo puede relacionar por medio de la potencia de salida y la potencia de entrada. (Fig. 3.26). [22]

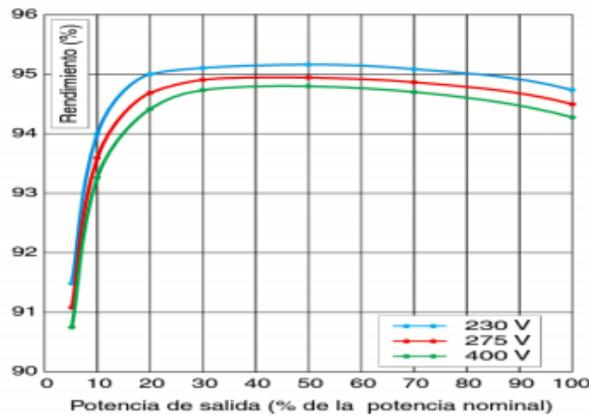


Figura 3.27. Curva de rendimiento de un inversor [21].

3.10 Radiación Solar

Son emitidas por el sol el cual se encuentra aproximadamente a una temperatura media de 6000 grados kelvin en su interior se produce una serie de reacciones de función nuclear lo cual provoca perdida de la masa transformadora de energía, esta energía que se libera del sol es transmitida hacia el exterior mediante la radiación solar.

“La radiación solar llega hasta la atmósfera terrestre en forma de espectro electromagnético con longitudes de onda que van desde los 0,15 μm a 4 μm aproximadamente, es decir, que se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.” [21]

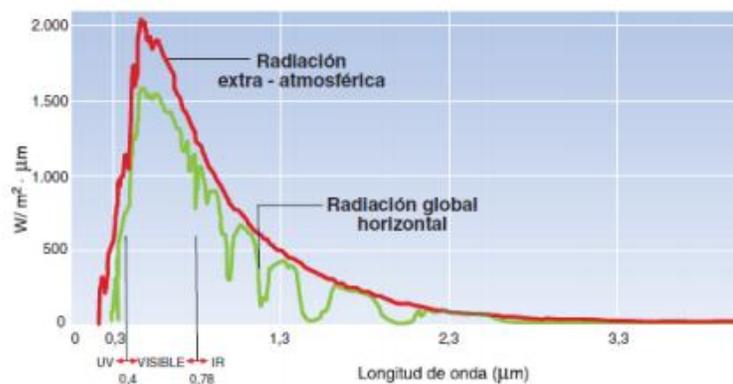


Figura 3.28. Espectro electromagnético de la radiación solar [21].

Como podemos observar en la Figura 3.27, el espectro que se encuentra entre 0,40 μm a 0,78 μm es el espectro que todos conocemos y comúnmente lo llamamos luz. Los espectros que están por

debajo de $0.40 \mu\text{m}$ son conocidos como radiaciones ultravioletas, mientras los espectros que se localizan por arriba de $0.78 \mu\text{m}$ son denominados como radiaciones infrarrojas.

3.10.1 Efectos de la atmosfera con la radiación

Uno de los efectos de la radiación solar es que no llega a la superficie terrestre con las mismas características que fue emitida por el sol debido a los factores que lo alteran se encuentran en la atmosfera por ejemplo el aire, la suciedad, los vapores de agua estos provocan alteraciones de diferentes tipos según las propiedades ópticas que se manifiestan:

- Reflexión provocada por las nubes.
- Absorción provocada por el ozono, dióxido de carbono, vapor de agua.
- Difusión provocada por el polvo, aerosoles y gotas de agua.

Estos efectos no siempre son constantes porque dependen de la cantidad de atmosfera que la radiación solar debe atravesar para llegar a la superficie terrestre. (Figura. 3.28)

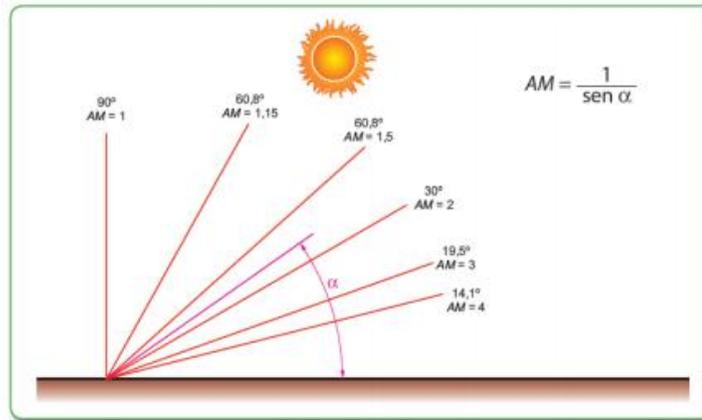


Figura 3.29. Pérdidas por masa de aire [22].

Esta distancia se especifica por medio de la masa del aire (AM) que es el espesor de la atmosfera que debe atravesar la radiación solar directa en una dirección perpendicular a una superficie terrestre, si consideramos que el sol se encuentra en el punto más alto del día, la cantidad de masa de aire que tiene que atravesar la radiación solar es mínima, porque los rayos se encuentran perpendiculares a la superficie terrestre. [22]

3.10.2 Tipos de la Radiación Solar sobre una Superficie

Según el movimiento de la tierra, existe una radiación global que es la suma de algunas radiaciones solares que inciden sobre la superficie terrestre que son:

3.10.2.1 Radiación directa

La radiación directa es aquella que llega de forma directa del sol sin tener ningún cambio alguno en su dirección, se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan. [23]

3.10.2.2 Radiación difusa

Es la que se recibe de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación solar. Este tipo de energía puede suponer un aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados mientras que en los días nublados la radiación directa es baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos, porque solo ven la mitad de la semiesfera celeste. [23]

3.10.2.3 Radiación reflejada

Esta radiación es aquella que refleja por toda la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende mucho del coeficiente de reflexión de la superficie. Por otra parte, las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven superficie terrestre, mientras que las superficies verticales son las que más reciben. (Figura. 3.29). [23]

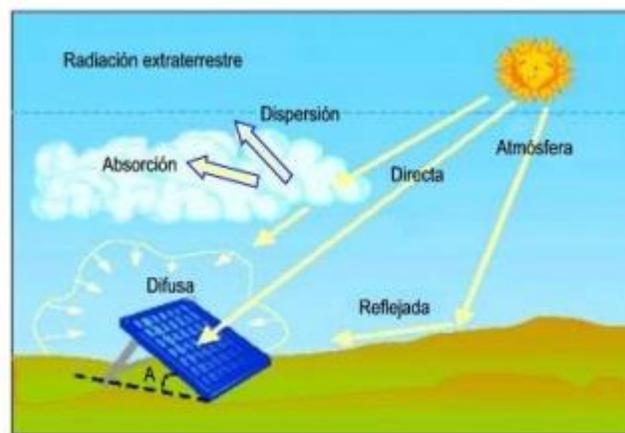


Figura 3.30. Tipos de radiación solar sobre una superficie [23].

3.11 NORMATIVA

Todo sistema fotovoltaico que funcione en Ecuador debe cumplir con las características técnicas exigidas por la norma ecuatoriana de construcción (NEC-11) en el capítulo 14 y con los requerimientos de seguridad del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. Adicionalmente existe una Norma técnica universal para sistemas fotovoltaicos domésticos que es una recopilación de normas de diferentes países entre los cuales se encuentran Francia, Alemania, España, India, Brasil y México [24].

3.12 MAPA SOLAR DEL ECUADOR

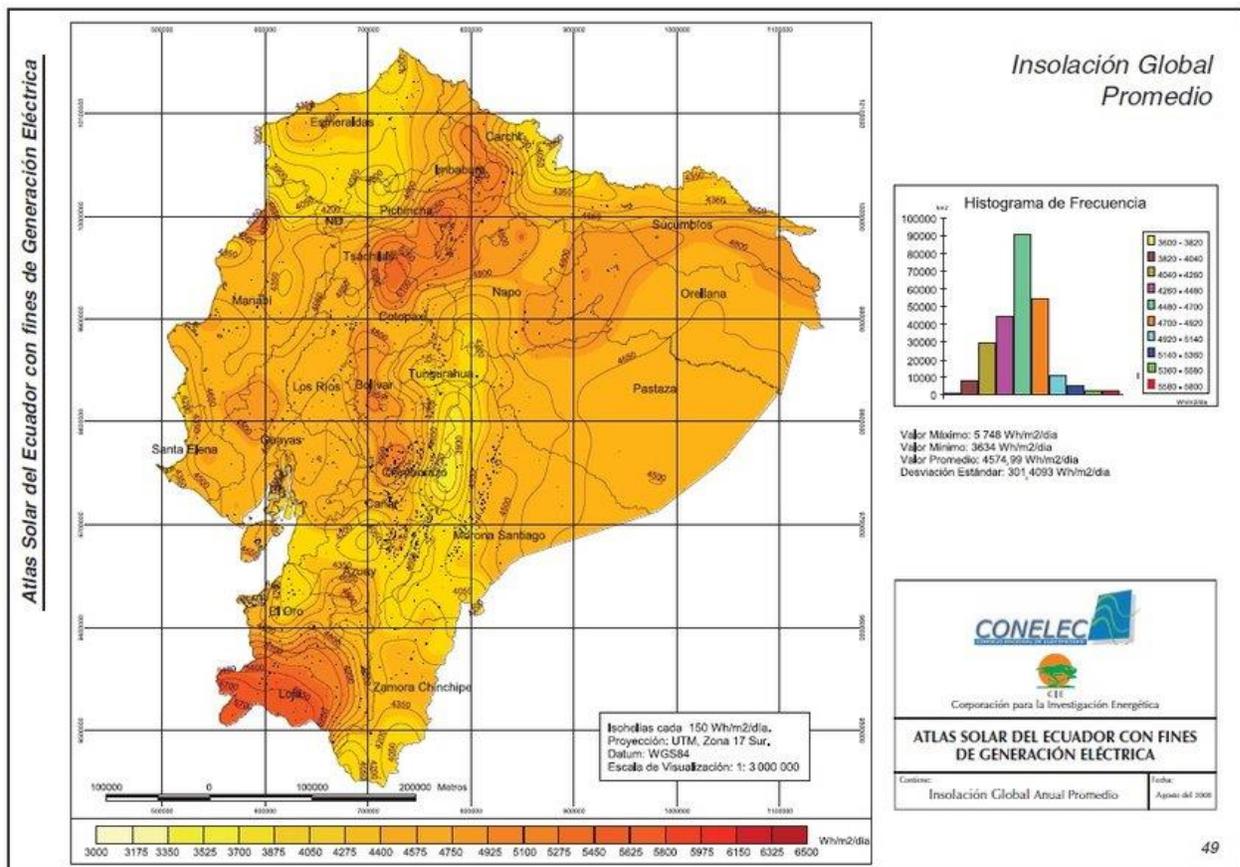


Figura 3.31. Mapa solar del Ecuador [25].

3.12.1 Cálculo de la Radiación Sobre Superficie Inclinada y Horas Solares

Para calcular la media mensual de radiación diaria sobre la superficie del módulo fotovoltaico se debe usar la ecuación siguiente:

$$\overline{H_T} = k * \overline{H} \text{ (Wh/m}^2 \text{ dia)} \quad \text{Ecuación 3.17}$$

$$\overline{H_T} = 0.92 * 4800$$

$$\overline{H_T} = 4416 \text{ (Wh/m}^2 \text{ dia)}$$

Donde H es la media mensual diaria de radiación sobre una superficie horizontal y k se escoge de entre las tablas que se encuentran en los Anexos. Una latitud positiva significa norte y una latitud negativa significa sur.

El número de horas diarias de irradiación solar a 1000 W/m² determina el número de horas de sol

$$HS = \frac{\overline{H_T}}{1000} \left[\frac{\text{Wh/m}^2 \text{ dia}}{\text{W/m}^2} \right] \quad \text{Ecuación 3.18}$$

$$HS = \frac{4416}{1000} \left[\frac{\text{Wh/m}^2 \text{ dia}}{\text{W/m}^2} \right]$$

$$HS = 4.41 \left[\frac{\text{Wh/m}^2 \text{ dia}}{\text{W/m}^2} \right]$$

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Para realizar el presente proyecto de investigación se aplica los siguientes, métodos investigativos: inductivo, científico para así poder valorar cada uno de los parámetros de medición y visualización del sistema SCADA.

4.1.1 MÉTODO CIENTÍFICO

Este método me permite realizar diferentes técnicas y procedimientos que nos ayudaran para obtener conocimiento teórico, al utilizar este tipo de método podemos o obtener respuestas que han sido probadas mediante experimentos.

4.1.2 MÉTODO INDUCTIVO

Método inductivo, contiene una secuencia de pasos para lograr llegar a conclusiones generales, es decir es un sistema flexible, este inicia con la observación de determinadas actividades en este caso en particular se enfoca en la medición y transmisión de datos de las variables eléctricas que permitan generar un diagnóstico del consumo energético de las máquinas para obtener una idea inicial en el diseño del módulo inteligente, esta información se registra, y finalmente se puede contrastar para elaborar una tabla de análisis técnico.

4.2 TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN

Técnicas

Observación: Se toma en consideración todas las situaciones actuales y como se realiza el sistema SCADA para su análisis.

Medición: se realiza mediante dispositivos de medida para comprobar el funcionamiento del sistema.

Instrumentos

Software: mediante el software Labview me permite realizar la comunicación para así poder visualizar todos los parámetros eléctricos del sistema.

Multímetro: mediante este instrumento de medida me facilita realizar las mediciones de los parámetros eléctricos y de esta manera realizar una comparación con el software.

4.3 TÉCNICAS PARA EL PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Técnicas: observación

Análisis de datos: los datos son analizados, mediante el software labview, porque es un software muy útil para los sistemas sacadas lo cual puede trabajar con diferentes interfaces de comunicación para su buen funcionamiento.

4.4 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.4.1 Estimación de Consumo

Se calculó la energía que requiere utilizar diariamente durante 12 horas de funcionamiento del sistema, para ello se determinó la potencia de todos los elementos que conforman la instalación, junto con el tiempo medio de uno de cada elemento.

Tabla 4.1. Consumo en Wh de equipos en corriente alterna (AC)

Elemento	Número	Voltaje	Intensidad	Potencia (W)	Uso (h/día)	Energía (Wh/día)
Foco	1	110	0.91	100	3	300
Motor Electrico	1	110	4.2	462	1	462
Energía total diaria						762

Para calcular el consumo total se tuvo en cuenta los rendimientos de los elementos de la instalación aplicando la siguiente expresión.

$$ET = \frac{E_{DC}}{\eta_{BAT}} + \frac{E_{AC}}{\eta_{BAT} * \eta_{INV}} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

ET: Energía real requerida por el sistema (consumo) (Wh)

E_{DC}: Energía directa requerida por el sistema(Wh)

η_{BAT}: Rendimiento de la batería

E_{AC}: Energía alterna requerida por el sistema(Wh)

η_{INV}: Rendimiento del inversor

En el sistema no se presentan cargas en DC por lo tanto se aplica la siguiente ecuación.

$$ET = \frac{E_{AC}}{\eta_{BAT} * \eta_{INV}} \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Se establece un rendimiento en la batería en un 90% y una profundidad de descarga del 60% también se establece el rendimiento del inversor en un 95%, entonces la energía real requerida por el sistema es.

$$ET = \frac{762}{0.9 * 0.95} = 891.22 \text{ Wh} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

4.5 DIMENSIONAMIENTO DEL PANEL FOTOVOLTAICO

El cálculo se hizo con base a la potencia de consumo implementando dos paneles fotovoltaicos, los paneles poli cristalinos tienen una eficiencia adecuada para las propiedades técnicas del sistema.

Tabla 4.2. Características del panel fotovoltaico.

Poli cristalino YINGLI SOLAR	
Características técnicas	
Especificaciones eléctricas	
Modelo	YL235P-29b
Potencia máxima	235 W
Eficiencia de Modulo	14.4%
Voltaje a potencia máxima	29.1 V
Corriente a potencia máxima	8.08 A
Voltaje a circuito abierto	37.4 V
Voltaje de cortocircuito	8.66 A
Tolerancia de potencia	±3%
Voltaje máximo del sistema	1000 V

Coefficiente de temperatura	
Coefficiente de la corriente térmico $\alpha(I_{sc})$	0,06 %/°K
Coefficiente del voltaje térmico $\beta(V_{oc})$	(-0,37%/°K)
Coefficiente de potencia térmica	(-0,35%/°K)
Temperatura nominal de celdas	46±2°C

4.6 DIMENSIONAMIENTO DEL REGULADOR

A continuación, se dimensiono el regular, el objetivo principal fue obtener la corriente máxima que va circular por el sistema. Se calculó la corriente que produce el generador y esa corriente es la que va soportar el regulador en funcionamiento.

La intensidad de corriente que produce el panel es la suma de intensidad que produce el modulo funcionado a pleno rendimiento, en este caso solo se utiliza un solo modulo, por lo tanto, la máxima corriente es la que produce el panel funcionando a pleno rendimiento.

$$I_G = I_R * N_R \rightarrow I_R = (P_P * n_m) / V_m \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Donde:

I_G: corriente producida por el generador (A)

I_R: corriente producida por cada rama en paralelo del Generador (A)

N_R: número de ramas en paralelo del generador

P_P: Potencia pico del módulo fotovoltaico(W)

n_m: Rendimiento del modulo

V_m: tensión nominal de los módulos

$$I_R = \frac{235 * 14.4\%}{5.1A} = 6.5A$$

4.7 SENSOR DE CORRIENTE ACS712

El sensor de corriente permite medir la corriente, internamente trabaja con un sensor de efecto Hall, este detecta el campo magnético que se produce mediante la inducción de la corriente que circula por la línea por la que se está midiendo. Este sensor nos entrega una salida de voltaje proporcional a la corriente dependiendo así de la aplicación podemos utilizar los tres tipos de sensores dependiendo de los amperios.

Estos sensores nos facilitan sus conexiones, que traen una bornera para poder conectar la línea que queremos medir y 3 pines, que se encuentran distribuidos de la siguiente manera, dos para conectar la alimentación y un pin para la salida analógica. [26]

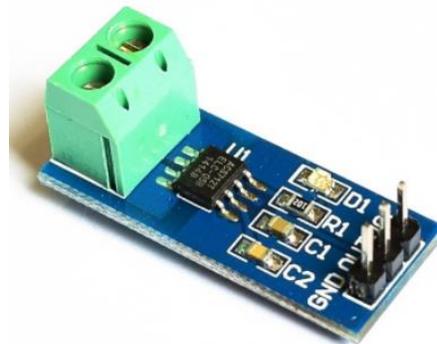


Figura 4.1. Sensor de corriente ASC712 [26].

El rango de corriente que podemos medir y sensibilidad varían dependiendo del modelo del integrado, existen tres modelos los cuales detallamos a continuación:

Tabla 4.3. Rango de corriente y sensibilidad que varían dependiendo del modelo del integrado [26].

Modelo	Rango	Sensibilidad
ACS712ELCTR-05B-T	-5 a 5 A	185 mV/A
ACS12ELCTR-20A-T	-20 a 20 A	100 mV/A
ACS712ELCTR-30A-T	-30 a 30 A	66 mV/A

El sensor nos entrega un valor de 2.5 voltios para una corriente de 0A y a partir de allí incrementa proporcionalmente de acuerdo a la sensibilidad, teniendo una relación lineal entre la salida de voltaje del sensor y la corriente.

Dicha relación es una línea recta en una gráfica Voltaje vs Corriente donde la pendiente es la sensibilidad y la intersección en el eje Y es 2.5 voltios. La ecuación de la recta sería la siguiente

$$V = mI + 2.5 \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Donde la pendiente es m y equivale a la Sensibilidad

Despejando tendremos la ecuación para hallar la corriente a partir de la lectura del sensor:

$$I = \frac{V - 2.5}{\text{Sensibilidad}} \quad \text{Ecuación 4.6}$$

4.8 Microprocesador Mega

Arduino Mega es una placa electrónica basada en el microprocesador Atmega 2560, figura 4.4. Cuenta con 54 pines digitales de entrada y salida (de los cuales 15 tienen la posibilidad de ser usados como salidas como un modulador de ancho o más conocido como PWM), 16 entradas analógicas, una conexión USB, un conector de ingesta de alimentos, y un botón de reinicio, el programa IDE usa una versión de lenguaje de programación C++ el cual se ejecutan en un computador donde se puede planear y cargar los códigos a partir del computador a la placa. [27]



Figura 4.2. Arduino mega [27].

5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Para realizar el análisis obtenido durante el proyecto se estableció un conjunto de etapas debido a que el proyecto consta de diferentes fases de conexión de los elementos utilizados en el sistema.

5.1 RESULTADO DEL DESARROLLO DE CIRCUITO

Para realizar la conexión y adquisición de los parámetros eléctricos, se diseñó la placa de acondicionamiento compatible con un microcontrolador “arduino mega” como se muestra en la Figura 5.1. debido a que el micro controlador recibe solo señales de 0-5V, por lo cual se realizó una placa de acondicionamiento con una interfaz de modo que se pueda receptor los parámetros eléctricos que se ajustan perfectamente a dicha placa, de esta manera se garantiza una fácil conexión entre los sensores y la placa de acondicionamiento. Dicho circuito se encarga de recibir las señales y datos de medición de corriente voltaje y potencia y luego ser enviadas mediante la comunicación serial hacia la computadora para su visualización en el sistema SCADA.

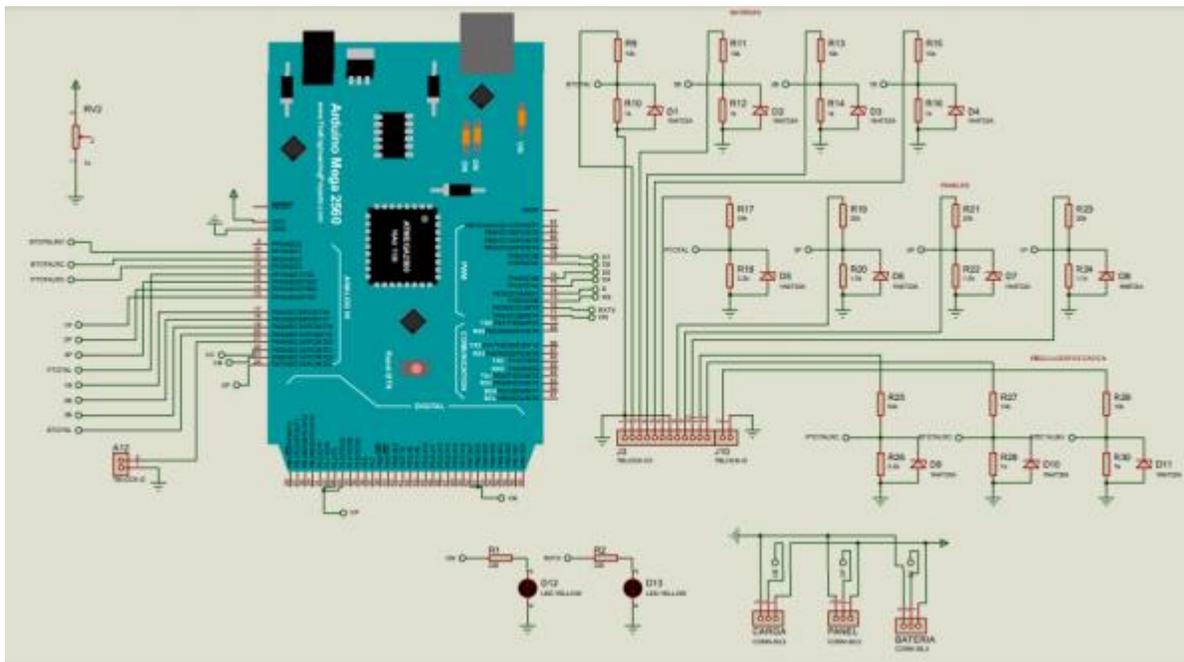


Figura 5.2. Diseño del circuito en proteus.

En la figura 5.3 se muestra el esquema de la placa de acondicionamiento del módulo emisor, En el cual se puede apreciar los diferentes componentes electrónicos que se ve en un conjunto,

además se puede visualizar todos los terminales de conexión para los dispositivos de generación de energía, así como también todos elementos que se requieren para un correcto funcionamiento.

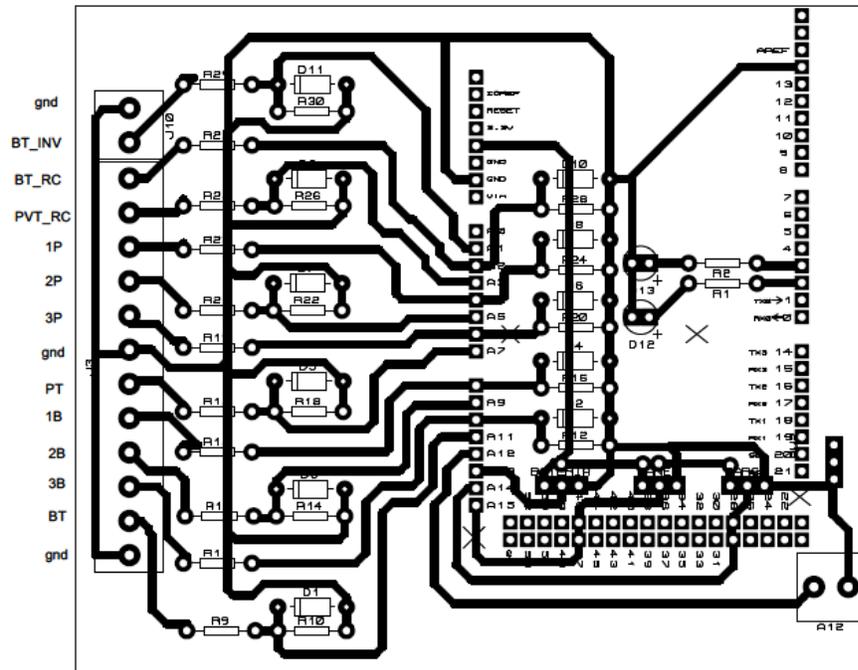


Figura 5.3. Placa PCB del circuito.

5.2 RESULTADO DE LA PROGRAMACIÓN E INTERFACE

El diseño de la pantalla consta de una ventana de inicio en donde se visualizó los parámetros eléctricos de paneles fotovoltaicos, en la cual se encuentra las variables principales del sistema que son: voltaje, intensidad y potencia tanto de paneles solares y baterías de los dispositivos que conforman el sistema de adquisición de parámetros eléctricos, respectivamente en sus secciones asignadas, además de constar con una serie de alarmas de simulaciones para las posibles fallas que se pueden presentar en el sistema como por ejemplo el aviso de una posible falla de generación de energía eléctrica mediante los paneles solares por otro lado el fuera de servicio del banco de baterías, además el diseño eléctrico de conexión del sistema se puede ver en el (Anexo E).

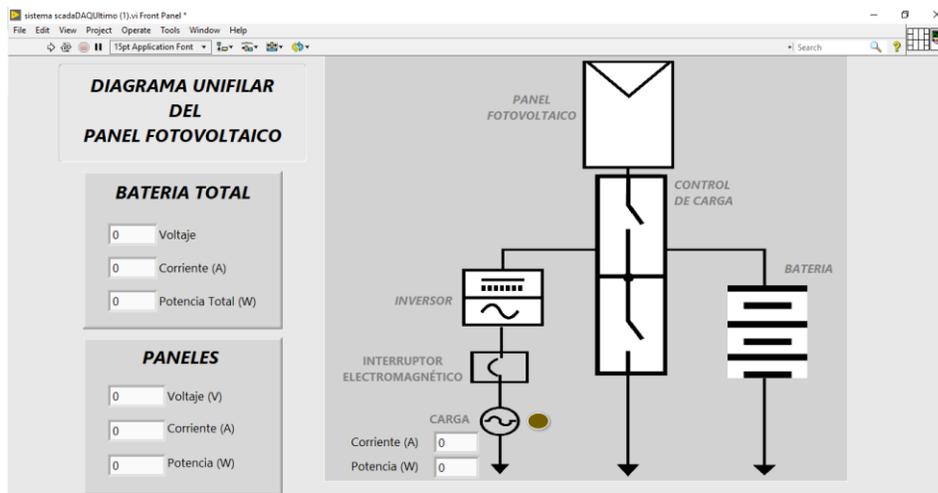


Figura 5.4. Interface de los parámetros eléctricos.

En la Figura 5.5 se puede apreciar la interfaz de conexión mediante un puerto serial, el cual se muestran dos recuadros en donde en uno de ellos debe ser seleccionado el puerto serial de comunicación, mientras que el otro recuadro debe ser seleccionado una carpeta o el lugar en donde se va a guardar el historial de los parámetros eléctricos y el comportamiento del mismo. Finalmente se encuentra un botón en la parte inferior de color rojo que es de stop del sistema.

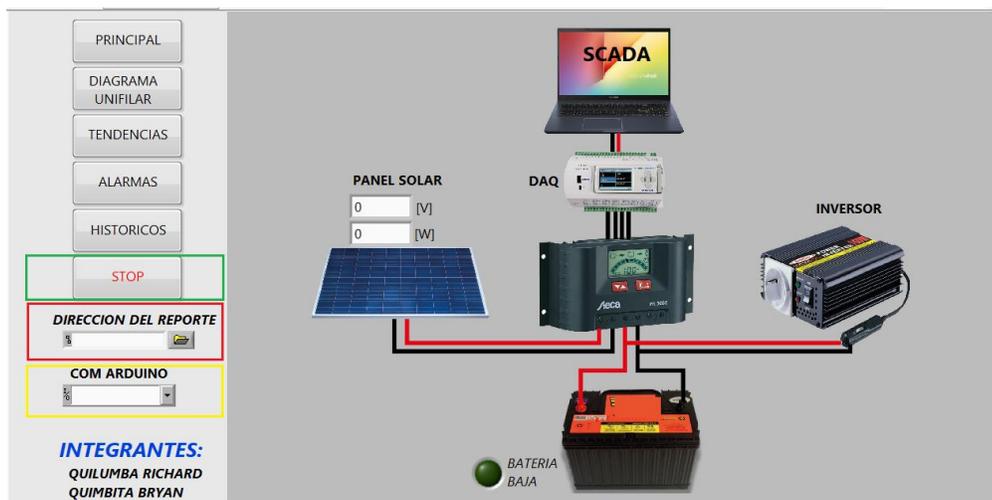


Figura 5.5. Interface para la selección del puerto para la comunicación serial.

Como resultado de la comunicación y el almacenamiento de los datos del reporte no tuvimos ningún inconveniente con la debida comunicación, de la misma manera el reporte se guarda

continuamente con el transcurso del tiempo, mediante el almacenamiento de los datos se puede realizar un análisis del comportamiento de los parámetros eléctricos. Figura 5.6.

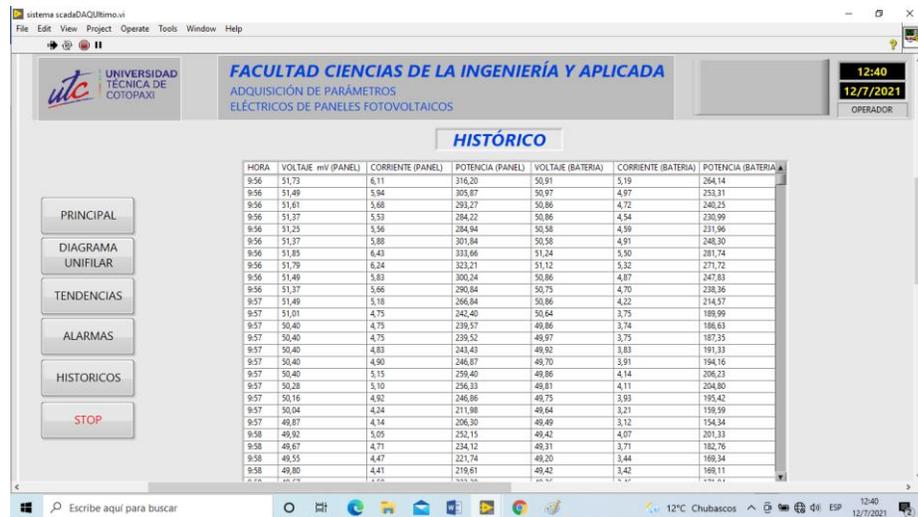


Figura 5.6. Interface del almacenamiento del reporte.

5.3 RESULTADO DEL COMPORTAMIENTO MEDIANTE LA CURVAS V-I

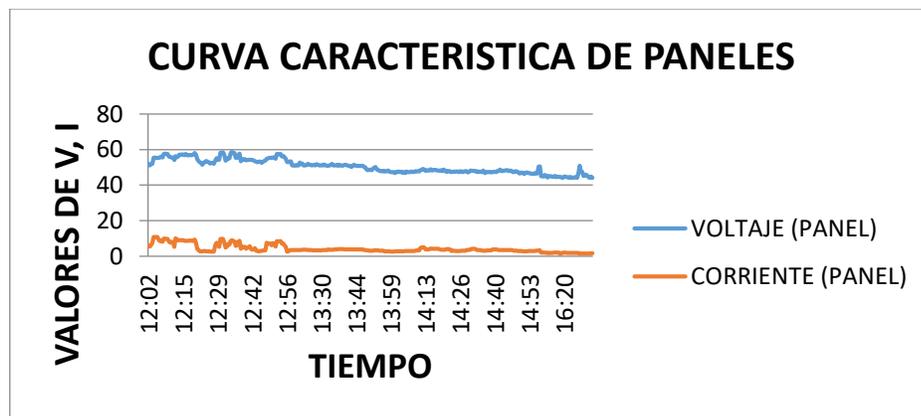


Figura 5.7. Curva Características V-I de paneles.

Mediante la curva mostrada en la figura 5.8 obtenido dos datos de la fecha 08/07/2021 se puede apreciar los valores de voltaje y corriente de paneles fotovoltaicos dando un resultado desfavorable ya que a partir del medio día se ve una caída tanto de voltaje y corriente, ya que estos dispositivos generan energía eléctrica por medio de la radiación solar por eso claramente se ve una caída de voltaje considerado puesto que existe momentos en donde gracias a la radiación

solar se puede ver un crecimiento no elevado pero si considerado de voltaje esto ayuda a la carga de baterías que están alimentadas al sistema, para ello ver el (Anexo L).

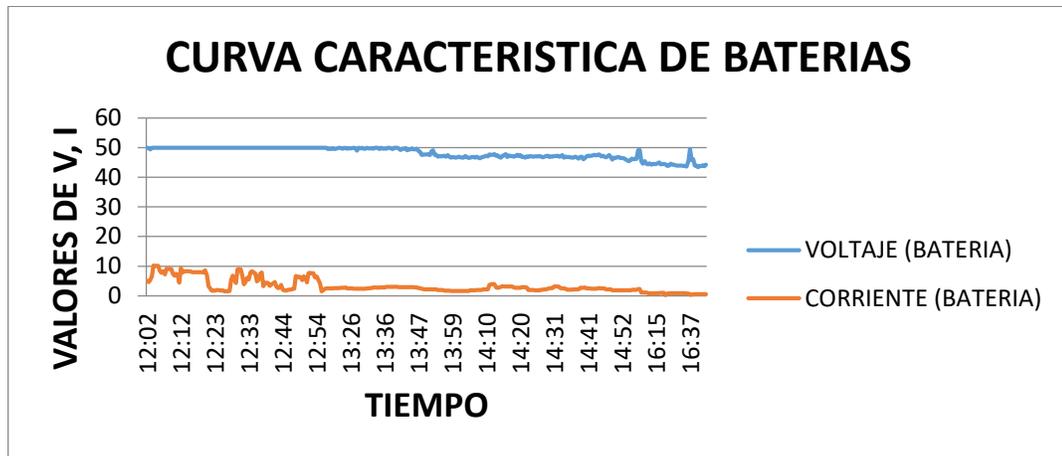


Figura 5.8. Curva característica V-I de baterías.

Según los datos obtenidos de la fecha 08/07/2021, en la figura numero 5.10 se puede apreciar el comportamiento mediante curvas tanto de voltaje como corriente de las baterías dando esto como resultado que a partir del medio día las baterías comienzan a tener una descarga desfavorable, manteniendo el sistema estable pero con descarga de batería notables esto sucede por la falta de radiación solar ya que todo este sistema depende mucho de la corriente enviada por los paneles fotovoltaicos.

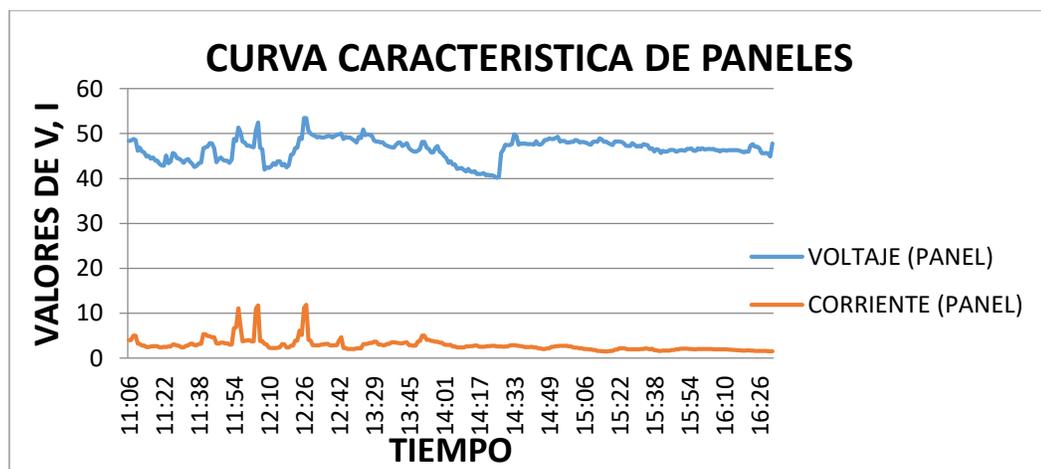


Figura 5.9. Curva característica V-I de paneles.

Mediante la figura 5.7 según los datos obtenidos de la fecha 09/07/2021, se puede apreciar la curva de característica de los paneles solares con unos picos elevados de los parametros electricos esto se debe al mayor aprovechamiento que existe por parte de los paneles solares gracias a la ayuda de la radiacion solar ya que cabe recalcar que estos dispositivos generan energia eléctrica mediante radiacion solar esto picos son producto de la mayor parte de captacion de radiacion solar por parte de los paneles, como un analisis hecho mediante las curvas de comportamiento se deduce tanto el voltaje como la corriente de los paneles fotovoltaicos no son estables esto se debe a los drasticos cambios climaticos que existen, ver en el (Anexo M).

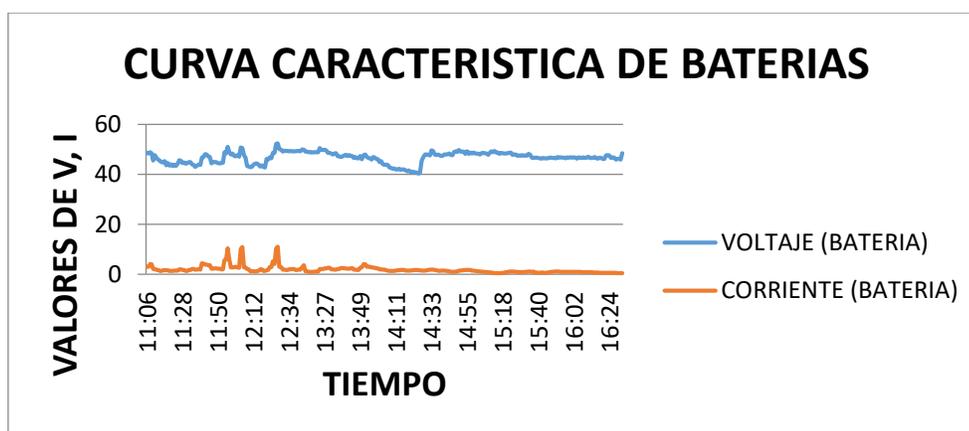


Figura 5.10. Curva característica V-I de baterías.

Mediante la figura 5.9 según los datos obtenidos de la fecha 09/07/2021, se puede apreciar la curva de característica de las baterías con unos picos elevados esto se debe al mayor aprovechamiento que existe por parte de los paneles solares gracias a la ayuda de la radiacion solar, estos picos representan que las baterías estan aprovechando y almacenando la energia que emiten por los paneles solares de esta manera las baterías llegan a su maxima capacidad de carga y cuando la radiacion solar es baja estas baterías brinda la energia suficiente para mantener todo el sistema alimentado.

5.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA FINAL

Mediante el almacenamiento de las variables eléctricas se logró la validación del sistema SCADA, estableciendo una relación entre el instrumento estándar de medición (FLUKE) y el prototipo realizado. Se tomaron diferentes mediciones de voltaje y corriente para su comparación, de esta forma se determinó

el rango de exactitud mediante el margen de error, esto se puede visualizar en la figura... mostrando la comparación entre el sistema desarrollado y el instrumento de medición, dicha variación existente entre los valores medidos y valores obtenidos.

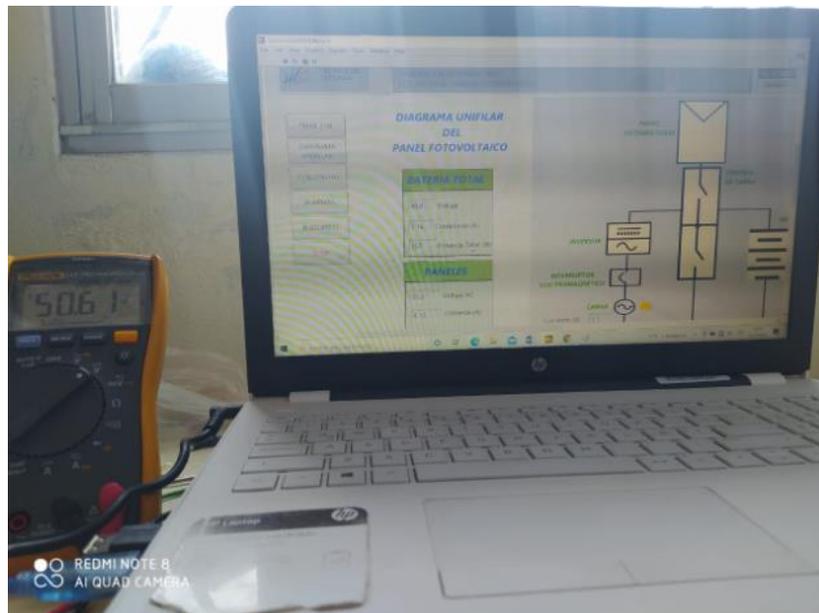


Figura 5.11. Valor medido con el multímetro fluke.

Para poder calcular el error de medición se necesita un valor patrón, este se obtiene del instrumento de medición (FLUKE) y un valor medido que se obtiene del sistema, utilizando la siguiente formula:

$$\text{error } \% = \left(\frac{\text{valor medido} - \text{valor patrón}}{\text{valor medido}} \right)$$

Ecuación 5.1

Tabla 5.1. Error de medición de voltaje y corriente de las baterías para diferentes muestras.

BATERIAS					
FLUKE		MODULO IMPLEMENTADO		RESULTADOS	
Tensión	Corriente	Tensión	Corriente	% de error Tensión	% de error Corriente
55,5	4,56	55,3	4,59	0,36	-0,66
55,4	4,28	55,2	4,33	0,36	-1,17
55,6	5,82	55,3	5,78	0,54	0,69
55,1	3,64	54,9	3,59	0,36	1,37
52,5	3,69	52,8	3,73	-0,57	-1,08

Tabla 5.2. Error de medición de voltaje y corriente de paneles Fotovoltaicos para diferentes muestras.

PANELES					
FLUKE		MODULO IMPLEMENTADO		RESULTADOS	
Tensión	Corriente	Tensión	Corriente	% de error Tensión	% de error Corriente
53,1	3,91	53,4	3,89	-0,56	0,51
53,6	3,95	53,3	3,99	0,56	-1,01
53,9	4,12	54,1	4,1	-0,37	0,49
52,8	3,83	53	3,79	-0,38	1,04
52,5	3,59	52,2	3,6	0,57	-0,28

5.5 PRESUPUESTO

Consiste en implementar los gastos que intervinieron en la ejecución del proyecto, en las tablas que se presentan a continuación se fijan los precios de los materiales a utilizar en el proyecto.

5.5.1 Materiales

Los materiales empleados para el sistema SCADA son:

Elemento	Material	Cantidad	Valor Unitario \$	Valor Total \$
1	Sensor de corriente ASC 712	3	\$ 6,00	\$ 18,00
1	Arduino Mega	1	\$ 7,00	\$ 17,00
30m	Cable AWG14	30	\$ 0,40	\$ 12,00
1	Resistencias	12	\$ 0,15	\$ 1,80
1	Fusibles	3	\$ 0,10	\$ 0,30
1	Porta fusible	3	\$ 0,50	\$ 1,50
1	Jack bananas	20	\$ 0,40	\$ 8,00
1	Jack hembras	20	\$ 0,80	\$ 16,00
1	Terminales hembras	30	\$ 0,15	\$ 4,50
1	Terminales tipo punta	20	\$ 0,15	\$ 3,00
1	Placa pcb	1	\$ 25,00	\$ 25,00
1	Caja para circuito	1	\$ 25,00	\$ 25,00
1	PC Gamer I7 novena generación disco 1tb SDD 250 Gb, RAM 16, Tarjeta de video GTX 1060	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
1	Monitor de 24 pulgadas marca DELL	1	\$ 180,00	\$ 180,00
TOTAL				\$ 1.312,10

5.6 ANALISIS DE IMPACTOS

En siguiente capítulo se detallan los impactos técnico, económico y social del proyecto en la sociedad de la implementación del sistema SCADA que permite la visualización de los parámetros eléctricos de los paneles fotovoltaicos.

5.6.1 Impacto Tecnológico

La implementación del sistema SCADA para la visualización de los parámetros eléctricos de los paneles solares fotovoltaicos, ayuda a la formación práctica de los profesores demostrando los cálculos hechos en los salones de clase , con la preparación de las prácticas de laboratorio los estudiantes determinarán las ventajas y desventajas de la utilización del sistema SCADA, de esta modalidad los estudiantes analizarán las propiedades técnicas de la capacidad del panel fotovoltaico, posterior a ello se planteará una mejora para su montaje y su beneficio de energía solar.

5.6.2 Impacto Económico

Con la implementación de este sistema SCADA tendremos la posibilidad de medir la corriente de los paneles fotovoltaicos y de esta forma además la porción de energía generada, con ello conseguir entablar que tan posible es tanto técnico como económico, de esa forma los estudiantes de la Carrera Ingeniería Electromecánica y Eléctrica, no invertirán en la compra de materiales para la indagación y ejecución de las prácticas, principalmente en la compra del pirómetro, ya que dichos instrumentos es bastante costoso.

5.6.3 Impacto Social

La implementación del sistema SCADA para la visualización de los parámetros eléctricos de los paneles fotovoltaicos tiene una serie de resultados que provocan un impacto importante en el campo social, la mayoría de los resultados son directos pues el módulo permite que se mejore en diversos aspectos, los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada permanecen entre los más beneficiados por el plan puesto que mejoran sus condiciones debido a que tienen la posibilidad de tomar datos en tiempo real del potencial energético del panel solar.

5.6.4 Impacto Ambiental

La energía fotovoltaica que se crea por medio de paneles solares se contempla como una energía limpia con el medio ambiente, sin sonido ni contaminación química e ideal para los ambientes urbanos, la producción de energía eléctrica de modo directo desde la luz solar no necesita ningún tipo de ignición, por lo cual no se crea efusión térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el impacto invernadero.

5.6.5 Impacto Practico

El presente proyecto se implementó un sistema SCADA que me permita visualizar los parámetros eléctricos de generación, mediante ello poder analizar el comportamiento que ha tenido en el transcurso del día con respecto a la radiación solar, y a su vez poder ver las curvas características, por lo cual poder tener una observación clara de los parámetros de generación del sistema fotovoltaico.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Mediante la indagación bibliográfica se aplicó el protocolo de comunicación serial, la cual me facilita realizar una comunicación con el equipo y el sistema SCADA.
- Para el desarrollo del sistema SCADA se aplicó la programación grafica en el software LabView, mediante un sistema estructural de bloques.
- Se establece el desarrollo y aplicación de un modelo de visualización para la obtención de parámetros eléctricos, que demostraran de manera eficaz el registro y almacenamiento de información desarrollada por el sistema fotovoltaico.
- Mediante los datos obtenidos en el sistema SCADA, existe un margen de error de $\pm 0.5\%$ con respecto al voltaje de los paneles y baterías, también hay un margen de error de $\pm 1.5\%$ con respecto a los sensores de corriente, lo cual es aceptable para nuestro sistema.

6.2 RECOMENDACIONES

- Es importante siempre contar con los elementos de protección contra cortocircuitos y sobre corrientes de esa forma poder proteger al sistema de posibles daños.
- Se recomienda para la implementación de estos tipos de sistemas se debe de utilizar sensores más sofisticados con el fin de obtener mediciones más exactas con un margen de error mínimo.
- Es recomendable para este tipo de instalaciones de energías renovables de sistemas fotovoltaicos utilizar la norma de construcción NEC11 capítulo 14, que especifica en ángulo de inclinación de los paneles solares tiene que ser de 5 y 10°
- Incentivar a los estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica a desarrollar proyectos tecnológicos orientados a sistemas amigables con la naturaleza mediante los diferentes tipos de generación limpia y pura.

7 Bibliografía

- [1] I. D. Moran Gorozabel y K. W. León Yungaicela, «Diseño e Implementación de un sistema de iluminación fotovoltaico de respaldo para los laboratorios de electrónica de potencia y control automático,» Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10404/1/UPS-GT001450.pdf>. [Último acceso: 30 Junio 2021].
- [2] J. E. Somoza, Osuna, N. D. Gálan, Hernández, N. Y. Mejías, Brizuela y E. E. Orozco, Guillén, «Diseño de Interfaz Gráfica Para Implementación de Sistema SCADA en la Supervisión y Adquisición de Datos en Módulos Fotovoltaicos,» *Análisis Cuantitativo y Estadístico*, vol. 4, n° 12 25-31, p. 7, 2017.
- [3] P. S. Lojano, Illescas, «Implementación de un sistema SCADA en Matlab para monitorizar parámetros solares,» 2017. [En línea]. Available: <http://186.5.103.99/bitstream/reducacue/8124/1/LOJANO%20I.%20PAUL%20S.pdf>. [Último acceso: 30 Junio 2021].
- [4] H. D. Cortés. Rodríguez, «DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA SCADA PARA MICRO REDES INTELIGENTES: UPB,» 2015. [En línea]. Available: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2521/DISENO%20CONCEPTUAL%20DE%20UN%20SISTEMA%20SCADA%20PARA%20MICRO%20REDES%20INTELIGENTES%20UPB.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 30 Junio 2021].
- [5] E. F. García , Cabezas, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA LAS PLANTACIONES DE LA ASOCIACIÓN DE FRUTICULTORES DE AMBATO (ASOFRUT)»,» 2016. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6029/1/20T00770.pdf>. [Último acceso: 30 Junio 2021].
- [6] D. Ionos, «Tipos de red más conocida,» 18 07 2019. [En línea]. Available: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/los-tipos-de-redes-mas-conocidos/>. [Último acceso: 30 Junio 2021].
- [7] L. Corrales, «Interfaces de Comunicación Industrial,» Diciembre 2007. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>. [Último acceso: 30 Junio 2021].
- [8] A. P. Araujo, Reyes, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEMEDICION DE LA ENERGIA ELECTRICA DE LA RED SUBTERRANEA PARA LA EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A,» Junio 2008. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/324/1/t367e.pdf>. [Último acceso: 02 Julio 2021].
- [9] S. A. Castaño Giraldo, «control automatico,» [En línea]. Available: <https://controlautomaticoeducacion.com/microcontroladores-pic/16-comunicacion-serial-con-pic/>. [Último acceso: 03 Julio 2021].
- [10] J. J. Condori, Cayo, «IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN CENTRALIZADA PARA LA ADQUISICIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN TIEMPO REAL EN CLIENTES RESIDENCIALES DE EMPRESA CONCESIONARIA DE DISTRIBUCIÓN MEDIANTE TECNOLOGÍA,» 2018. [En línea]. Available:

- http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8446/ELcoc_ajj1.pdf?sequenc. [Último acceso: 02 Julio 2021].
- [11] «ni Ingeniería Extraordinaria, Información Detallada sobre el Protocolo Modbus,» 05 Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/es-cr/innovations/white-papers/14/the-modbus-protocol-in-depth.html>. [Último acceso: 052 Julio 2021].
- [12] E. López, Pérez, «Ingeniería En Microcontroladores,» [En línea]. Available: <http://www.electronica60norte.com/mwfls/pdf/rs-485.pdf>. [Último acceso: 02 Julio 2021].
- [13] E. López, Pérez, «Ingeniería en Microcontroladores, Protocolo SPI(Serial Peripheral Interface),» [En línea]. Available: <http://www.i-micro.com/pdf/articulos/spi.pdf>. [Último acceso: 02 Julio 2021].
- [14] A. A. Ramirez, Suarez, «Comunicación por protocolo RS-232,» 02 Junio 2013. [En línea]. Available: http://extropynow.weebly.com/uploads/1/6/4/1/16411724/mikroc-u_i-rs232-protocol.pdf. [Último acceso: 02 Julio 2021].
- [15] A. Rodríguez, Penin, Sistemas SCADA, España: Marcombo, 2012.
- [16] D. Aguirre, Zapata, «pirhua DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA USO EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS,» Abril 2013. [En línea]. Available: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1739/ING_527.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 02 Julio 2021].
- [17] «oocities, FUNCIONES DEL SISTEMA SCADA,» [En línea]. Available: http://www.oocities.org/gabrielordonez_ve/FUNCIONES_DEL_SISTEMA_SCADA.htm. [Último acceso: 02 Julio 2021].
- [18] J. Romagosa, Cabús, D. Gallego, Navarrete y R. Pacheco, Porras, «sistemamid Automatización Industrial,» 25 05 2004. [En línea]. Available: https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2013-08-04_08-34-0840201-3452.pdf. [Último acceso: 02 Julio 2021].
- [19] V. Ferrer, «SCADA en la industria 4.0,» [En línea]. Available: https://vicentferrer.com/scada-industria/#Softwares_de_Scada. [Último acceso: 02 Julio 2021].
- [20] M. Á. Zamudio, Florido, «Diseño de dispositivo autónomo de detección de la orientación solar,» [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/50061/fichero/1-Introducci%C3%B3n.pdf>. [Último acceso: 04 Julio 2021].
- [21] A. Castejon, Oliva y G. Santamaria, Herranz, Instalaciones solares fotovoltaica, Madrid: EDITEX, 2012.
- [22] J. L. Valentín, Labarta, Instalaciones Solares Fotovoltaicas, San Sebastian: Donostiarra, 2012.
- [23] C. Tomás Diaz y R. Guadalupe Carmona, Instalaciones solares fotovoltaicas, Madrid: Mc Graw-Hill, 2010.
- [24] «NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-11,» 06 Abril 2011. [En línea]. Available: <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-14-energic3adas-renovables-021412.pdf>. [Último acceso: 16 07 2021].
- [25] J. . P. Muñoz y M. Rojas, «researchgate,» Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Mapa-solar-del-Ecuador-con-fines-de-eneracion-lectrica->

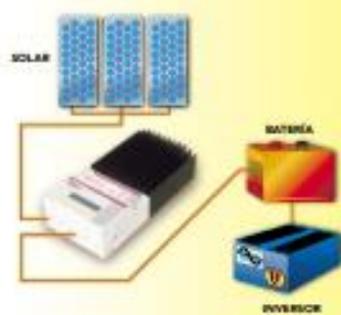
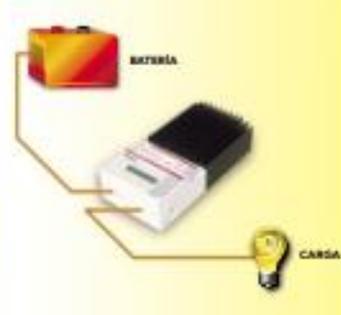
6_fig4_322213432. [Último acceso: 16 Julio 2021].

[26] «naylampmechatronics,» [En línea]. Available: https://naylampmechatronics.com/blog/48_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html. [Último acceso: 10 Julio 2021].

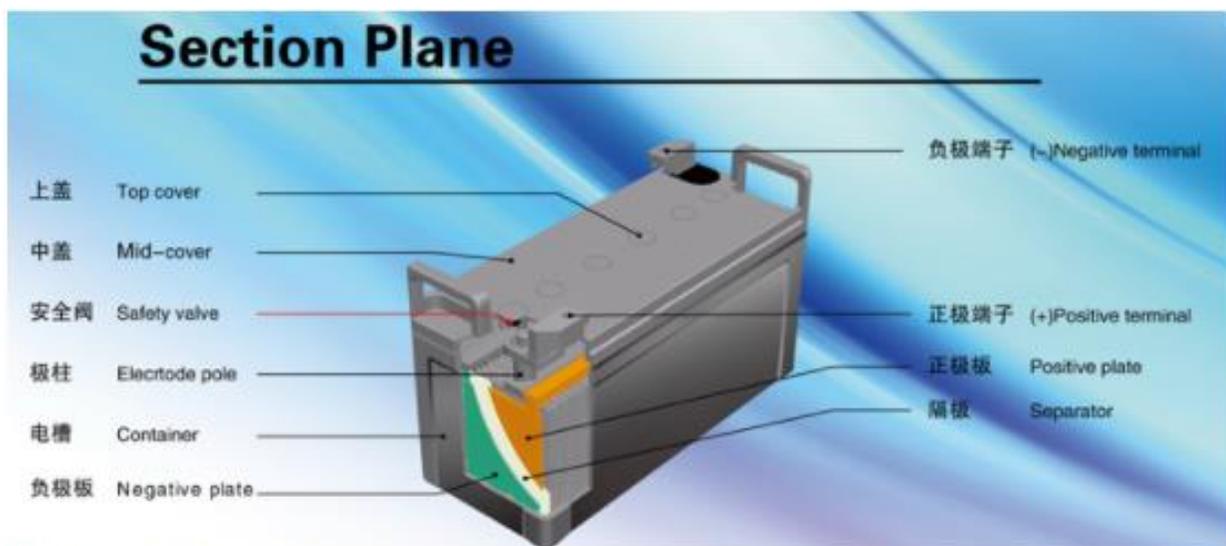
[27] «store.arduino,» [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>. [Último acceso: 10 Julio 2021].

8 ANEXOS.

Anexo A. Hoja Técnica Regulador de Carga.

CONTROL DE CARGA	CONTROL DE CARGA	CONTROL DE DERIVACIÓN								
										
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño PWM (Modulación por ancho de pulso) en serie, de voltaje constante para suministrar una carga de batería altamente eficiente • Cuatro etapas de carga para incrementar la capacidad y vida útil de la batería: carga masiva, PWM regulación, flotante y de equalización. • En paralelo para conjuntos solares más grandes de hasta 300 A, o más 	<ul style="list-style-type: none"> • Permite arrancar grandes cargas incluyendo motores y bombas sin daños para el controlador • Permite picos de corriente de arranque de hasta 300 A • Protección contra cortocircuitos y sobrecarga con reconexión automática • El LVD está compensado por corriente y tiene una demora para evitar falsas desconexiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser usado para carga solar, eólica o hidroeléctrica • Para proteger contra sobrecarga de la batería, el exceso de energía es derivado de la batería primaria a una batería secundaria o a una carga resistiva alternativa de CC • PWM reduce la potencia hacia la carga de derivación durante las condiciones de exceso de corriente 								
Especificaciones eléctricas <ul style="list-style-type: none"> • Corriente nominal solar en carga o en derivación: TriStar-45 45A TriStar-60 60A • Voltaje del sistema 12-48V • Precisión 12/24V: $\pm 0.1\%$ $\pm 50mV$ 48V: $\pm 0.1\%$ $\pm 100mV$ • Voltaje mínimo para operar 9V • Máximo voltaje solar (Voc) 125V • Consumo propio: Controlador <math>\leq 20mA</math> Medidor 7.5mA 	Protecciones electrónicas <ul style="list-style-type: none"> • Protección contra polaridad invertida (cualquier combinación) • Protección ante cortocircuitos • Protección contra excesos de corriente • Protección contra rayos y picos de tensión, usando supresores de transitorios de voltaje de 4500 W • Protección contra alta temperatura a través de una reducción automática de corriente o apagado completo • Previene corrientes en reversa desde la batería por la noche. 	Opciones del TriStar: <ul style="list-style-type: none"> • Medidor del TriStar — Visor de 2 x 16 montado al controlador que proporciona información del sistema y el controlador, adquisición de datos, gráficos de barras y selección de 5 idiomas <table border="1" data-bbox="1055 1081 1396 1123"> <tr> <td>12-16</td> <td>24-16</td> <td>12-16</td> <td>24-16</td> </tr> <tr> <td>12-16</td> <td>24-16</td> <td>12-16</td> <td>24-16</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> • Medidor remoto del TriStar — Incluye 30 metros de cable para el montaje del medidor a distancia del controlador • Sensor remoto de temperatura — Proporciona una carga compensada en temperatura mediante la medición de la temperatura en la batería (cable de 10 metros) 	12-16	24-16	12-16	24-16	12-16	24-16	12-16	24-16
12-16	24-16	12-16	24-16							
12-16	24-16	12-16	24-16							
Especificaciones ambientales <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura del ambiente de operación: Controlador $-40^{\circ}C$ a $+45^{\circ}C$ Medidor $-40^{\circ}C$ a $+60^{\circ}C$ • Temperatura de almacenamiento: $\pm 55^{\circ}C$ a $\pm 85^{\circ}C$ • Humedad: 100% (sin condensación) • Tropicalización: Cobertura conforme en ambos lados de todas las placas de circuito impreso 	Especificaciones mecánicas <ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones: Altura: 26.0cm/10.3 pulgadas Ancho: 12.7cm/5.0 pulgadas Profundidad: 7.1cm/2.8 pulgadas • Peso: 1.6 kg /3.5 lb • Cable más grande: 35mm²/2 AWG • Pasacables: Excéntrico 2.5/3.2cm (1.0/1.25 pulgadas) • Encapsulado: Tipo 1, calificado para interiores 	Certificaciones <ul style="list-style-type: none"> • Cumple con CE • Listado en UL (UL 1741) • cUL (CSA-C22.2 No.107.1-95) • Cumple con el Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos • Manufacturado en un establecimiento certificado según ISO 9001 								
<p>GARANTÍA: Período de garantía de cinco años. Consulte con Morningstar o su distribuidor autorizado para información completa sobre las condiciones.</p> <p>DISTRIBUIDOR AUTORIZADO DE MORNINGSTAR:</p>										
 <p>1098 Washington Crossing Road Washington Crossing, PA 18977 USA Tel: 215-321-4457 Fax: 215-321-4458 E-mail: info@morningstarcorp.com Website: www.morningstarcorp.com</p>										

Anexo B. Descripción de la Batería



BLista de especificaciones

Nacional modelo estándar	Tensión nominal (V)	Capacidad nominal (Ah/10hr)	Dimensiones (mm +/-2mm)				Peso de referencia (KG)
			Longitud	Ancho	Altura	Altura Total	
6-CNJ-8	12	8	151	65	95	110	2,7
6-CNJ-12	12	12	151	99	95	110	4,2
6-CNJ-14	12	14	151	99	97	112	4,4
6-CNJ-20	12	20	181	77	170	185	7,2
6-CNJ-24	12	24	165	126	175	190	9,0
6-CNJ-30	12	30	318	81	128	143	11,2
6-CNJ-40	12	40	196	165	175	190	12,5
6-CNJ-50	12	50	290	168	176	191	16,2
6-CNJ-60	12	60	350	166	174	189	18,8
6-CNJ-65	12	65	350	166	174	189	19,7
6-CNJ-70	12	70	350	166	174	189	20,5
6-CNJ-80	12	80	329	172	216	236	25,3
6-CNJ-90	12	90	329	172	216	236	27,3
6-CNJ-100	12	100	329	172	216	236	28,5
6-CNJ-120	12	120	408	174	238	238	35,0

UnParte NO : 6-CNJ-120 (12 V 120AH)**BCaracterísticas**

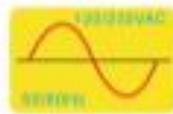
- 1Batería de GEL VRLA (serie CNJ) para almacenamiento de energía
- 2Respetuoso del medio ambiente
- 3Seguro sellado tecnología
- 4Rendimiento de ciclo profundo y larga vida útil
- 5De baja auto-descarga
- 6Alta eficiencia de carga
- 7El uso por encima de la altura de 5,5 km o alrededor de -20°C-55°C está disponible

CEspecificación

Tensión Nominal	12 V 12 V	
Capacidad nominal	120 Ah (10 hr 1,80 V/monómero 25 °C)	
Peso de referencia	35 kg	
La resistencia interna de la batería	3,8 mΩ	
Terminal	Conexión de Plomo (4 mm ² ×1. 5 m)	
Corriente de carga máxima	30 A	
Aplicable Rango de temperatura	-25 ~ 50 °C	
Tamaño	Longitud (± 2mm)	408mm
	Ancho (± 2mm)	174mm
	Alto grado (± 2mm)	238mm
	Altura Total (± 2mm)	238mm
Ranura material	ABS	
Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Estación de energía Solar, estación de energía eólica ◆ Sistema de energía Solar (PV)/Sistema de energía eólica ◆ Luz de señal Solar, luz de calle solar, lámpara de césped solar, luz de tráfico solar, luz de advertencia solar ◆ Sistema de bomba de agua fotovoltaica ◆ Sistema de suministro eléctrico de poste de frontera de Isla de mar ◆ Fuente de alimentación de control remoto de automatización ◆ Estación base de levantamiento y mapeo <p>La batería recargable Fuwei ha realizado un par de proyectos clave nacionales y provinciales de farola solar, energía solar, energía eléctrica, telecomunicación, para proporcionar batería solar y proporcionar soporte técnico.</p>	

Power Star W7

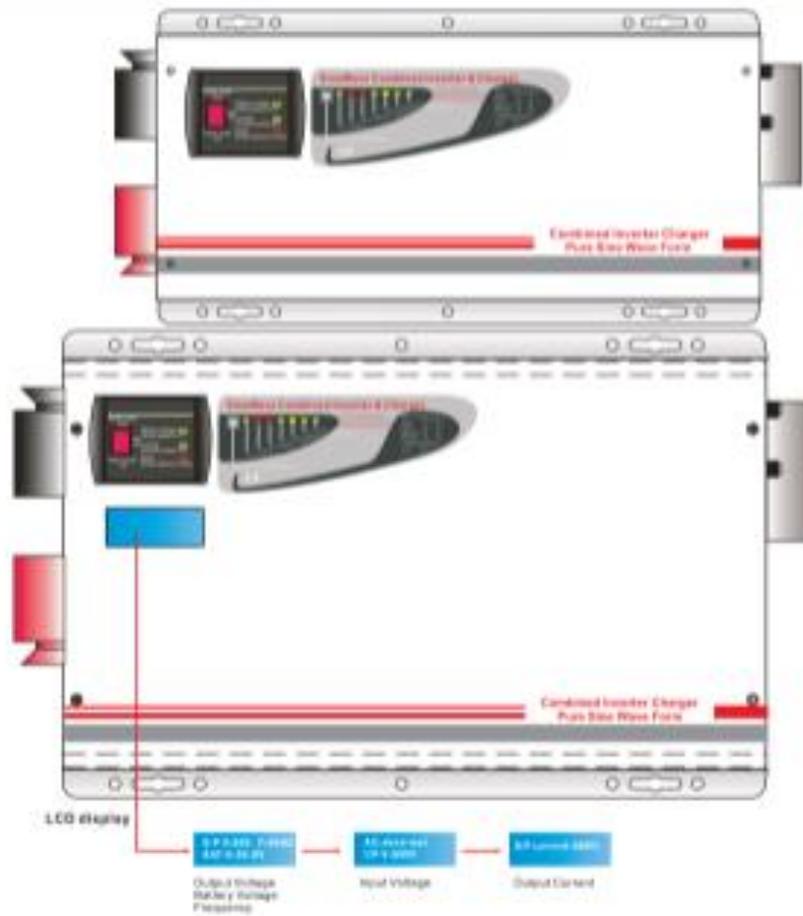
Product Information Guide



1000W	4000W
2000W	5000W
3000W	6000W

Continuous power
with P.F.C charger

SineWave Combined Inverter & Charger



Models: 1012 2012 2024 3012 3024 4024 5024 6024
 1012E 2012E 3012E 2024E 3024E 4024E 5024E
 6024E 4048E 5048E 6048E



General specification

Input Wave form:	Sine wave (Utility or generator)		
Nominal voltage:	120VAC	230VAC	
Low voltage trip:	85v ± 4%	194v/194v ± 4%	
Low voltage re engage:	95v ± 4%	194v/194v ± 4%	
High voltage trip:	135v ± 4%	253v ± 4%	
High voltage re engage:	127v ± 4%	253v ± 4%	
Max input AC voltage:	199VAC	270VAC	
Nominal input frequency:	50Hz or 60Hz (auto detect)		
Low freq trip:	47Hz for 50Hz, 57Hz for 60Hz		
High freq trip:	55Hz for 50Hz, 65 Hz for 60Hz		
Output wave form:	(Bypass mode) same as input		
Overload protection:	Circuit breaker		
Short circuit protection:	Circuit breaker		
Transfer switch rating:	30 amp or 40 amp		
Efficiency on line transfer mode:	98%+		
Line transfer time:	10 ms typical		
Bypass without battery connected:	Yes		
Max bypass current:	30 amp or 40 amp		
Bypass over load current:	35 amp or 45 amp, 30min		
Inverter Specification / output			
Output wave form:	Pure sine wave or quasi sine wave		
Output continuous power watts:	1000	2000	3000 4000 5000 6000
Output continuous power VA:	1000	2000	3000 4000 5000 6000
Power factor:	0.9-1.0		
Nominal output voltage rms:	120VAC(L-N), 230VAC(L-N)		
Output voltage regulation:	±1-10% rms		
Output frequency:	60Hz ± 0.3Hz or 50Hz ± 0.3Hz		
Nominal efficiency:	≥85%		
Surge voltage:	3000	6000	9000 12000 15000 18000
Short circuit protection:	Yes, fault after 10 secs		
Inverter specification / input			
Nominal input voltage:	12v	24v	48v
Minimum start voltage:	10v	20v	40v
Low battery alarm:	10.5v	21v	42v
Low battery trip:	10v	20v	40v
High voltage alarm:	16v	32v	64v
Power saver:	Below 25 watts when enabled		
Power saver:	Same switched on/off on remote		

Charger specs specification

Input voltage range:	95-127VAC / 194-253VAC/194-253VAC(W)
Output voltage:	Dependent on battery type
Charge current:	35A / 75A
Battery initial voltage for start up:	0-15.7v for 12v/2 for 24v, *4 for 48v
Over charge protection shutdown:	15.7v for 12v/2 for 24v, *4 for 48v

Charger curves of stage constant current (battery types)

* 4 step digital controlled progressive charge

Battery type: *2 for 24v, *4 for 48v

Pre-Set	1-8 bat. type selector for ups mode		7-0 bat. type selectors for solar inv. mode	
	Fast V	Float V	Low Battery Trip	High Battery Trip
Q Not used			T: 11v	14v
1 Gel U.S.A	14.0	13.7	B: 10.5v	13.5v
2 A.G.M.1	14.1	13.4	W: 16v	13v
3 A.G.M.2	14.0	13.7		
4 Sealed lead acid	14.4	13.0		
5 Gel european	14.4	13.0		
6 Open lead acid	14.0	13.0		

Remote control / RS232 / USB

Size: W x H x D:	Yes, Optional
Weight:	1000 Model: 443*222*179mm 2000/3000 Model: 507*258*179mm 4000 Model: 540*340*190mm 1000/2000 Model: 595*340*190mm 1000 2000 3000 4000 5000 6000 13kg 17kg 26kg 31kg 39kg 38kg

Indication & fault finding chart

Status	Function	LED's on main unit				LED's on remote			
		Green	Red	Yellow	Blue	Green	Red	Yellow	Blue
Charge function	Constant current charge	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
	Constant voltage charge	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
	Float	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
	Standby	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON
Inverter mode	Inverter on	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON
	Pre-charge on	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
	Battery low voltage	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
	Battery high voltage	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
	Over load (inverter mode)	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON
Alarm	Over temp (inverter mode)	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
	Over temp (inverter mode)	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
	Over temp (line mode)	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
	Over charge	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
	Over voltage	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
Fault mode	Fan lock	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
	Battery high v	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
	Inverter mode overload	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
	Over temperature	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF
	Bank voltage	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF

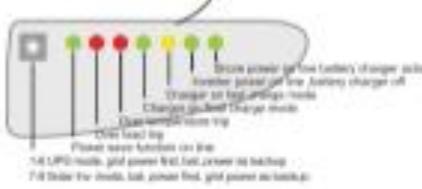
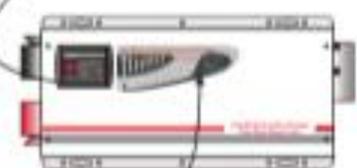
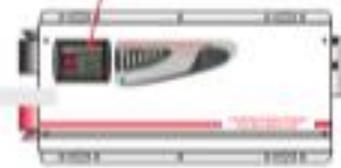
Ordering information

Typical part number: **RSW-4-48-11-4-00**

1. Main Series: RSW = Constant Voltage & Charge
2. Inverter: 4 = Pure Sine Wave, 0 = Quasi Sine Wave
3. Power Rating: 10 = 1000W, 20 = 2000W, 30 = 3000W, 40 = 4000W, 50 = 5000W, 60 = 6000W
4. Battery Voltage: 12 = 12VDC, 24 = 24VDC, 48 = 48VDC
5. AC Output: 0 = 20VAC, 10 = 100VAC
6. Inlet: 00 = Standard Inlet, 01 = Custom Inlet

Remote control installation

Mount it on a panel (adding this panel and disconnect the cable network)



Anexo D. Ficha Técnica de panel Fotovoltaico.



YL235P-29b/1650x990SERIES



* In compliance with our Warranty Terms and Conditions

ABOUT YINGLI SOLAR

Yingli Solar is a vertically integrated manufacturer of solar photovoltaic modules. Under one roof we manufacture our ingots, wafers, cells and modules. This ensures that we can tightly control our material and production quality, offering our customers leading product durability and sustainable performance backed by our 25 year limited power warranty*.

PERFORMANCE

- » High efficiency, polycrystalline solar cells with high transmission and textured glass delivering a module series efficiency of up to 14.4%, minimising installation costs and maximising the kWh output of your system per unit area.
- » Power tolerance of +/-3% minimising PV system mismatch losses.

QUALITY & RELIABILITY

- » Robust, corrosion resistant aluminium frame independently tested to withstand wind loads of 2.4KPa ensuring a stable mechanical life for your modules.
- » Take confidence in our modules with a 5 year limited product warranty and a 25 year limited power warranty*.
- » Modules protected by box during transportation and with 20 modules in a box on-site waste is minimised.
- » Modules independently tested to ensure conformance with certification and regulatory standards.
- » Manufacturing facility certified to ISO9001 Quality Management System.

WARRANTIES

5-year limited product warranty*
Limited power warranty*: 10 years at 90% of the minimal rated power output, 25 years at 80% of the minimal rated power output

QUALIFICATIONS AND CERTIFICATES

IEC61215, IEC61730, UL1703, Class C Fire Rating, ISO9001



www.yinglisolar.com

YL235P-29b/1650x990SERIES

ELECTRICAL PARAMETERS

Electrical parameters at STC (1000 W/m², 25 °C, AM 1.5 according to EN 60904-2)

Module type	YL235-29b	YL235P-29b	YL235F-29b	YL235P-29b	YL235F-29b	YL235P-29b
Power output [W]	235.0	235.0	235.0	235.0	235.0	235.0
Power output tolerance [%]	+/- 3	+/- 3	+/- 3	+/- 3	+/- 3	+/- 3
Module Efficiency [%]	19.4	19.5	19.4	19.5	19.4	19.5
Voltage at Pmax, V _{mp} [V]	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
Current at Pmax, I _{mp} [A]	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97
Open circuit voltage V _{oc} [V]	37.0	37.0	36.5	36.5	36.0	36.0
Short circuit current I _{sc} [A]	8.54	8.40	8.28	8.15	8.03	7.95
Max. system Voltage [V]	DC: 1000 V DC; UL: 600 V DC					

Parameters of the thermal characteristics

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) [°C]	46 +/- 2
Temperature coefficient of the short circuit current I _{sc} [%/K]	+ 0.04
Temperature coefficient of the open circuit voltage V _{oc} [%/K]	- 0.37
Temperature coefficient of the MPP power P _{mp} [%/K]	- 0.45

MECHANICAL PARAMETERS

Dimensions (length [mm]/width [mm]/thickness [mm])	1650 / 990 / 30
Thickness with junction box [mm]	50
Weight [kg]	9.8
Junction box (manufacturer/protective degree/number of diodes)	CSI / IP65 / 4
Junction box dimension (length/width/thickness [mm])	150 / 122 / 25
Positive cable (manufacturer/length [mm]/cable cross-section [mm ²])	16TYS / 1200 / 4
Negative cable (manufacturer/length [mm]/cable cross-section [mm ²])	16TYS / 1200 / 4
Plug connector (manufacturer/type/protective degree)	MC4 / IP20 resistance and self-locking / IP65
Front cover (material/thickness [mm])	Tempered glass, 3.2mm
Cell type (quantity/technology)	60 / polycrystalline / 156 x 156
Encapsulation material	Ethylene Vinyl Acetate (EVA)
Rear cover (material/thickness [mm])	LaPVS/PVDF, 0.28T
Frame (material)	robust anodized aluminum alloy

OPERATING CONDITIONS

Operating temperature [°C]	-40 to +85
Max. wind load [Pa]	2.46

PACKAGING

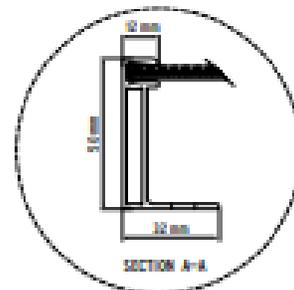
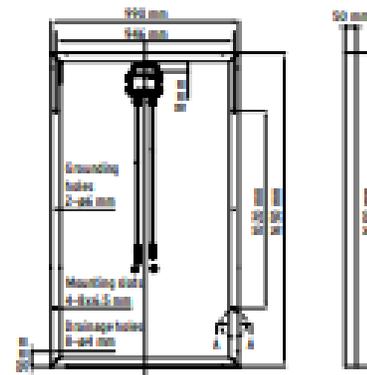
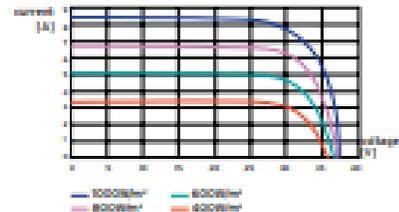
Number of modules per box	20
Box size (length [mm]/width [mm]/height [mm])	1702 / 102 / 162
Box Gross weight in kg	450
Boxes per pallet	1

* The data does not refer to a single module and they are not part of the offer, they serve for comparison only for different module types.

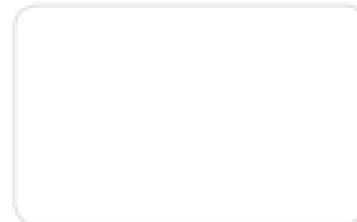
Yingli Energy (China) Company Limited
 commerce@yinglisolar.com
 0086 - (0)312 - 8929802

Subject to modifications and errors

IV CURVES



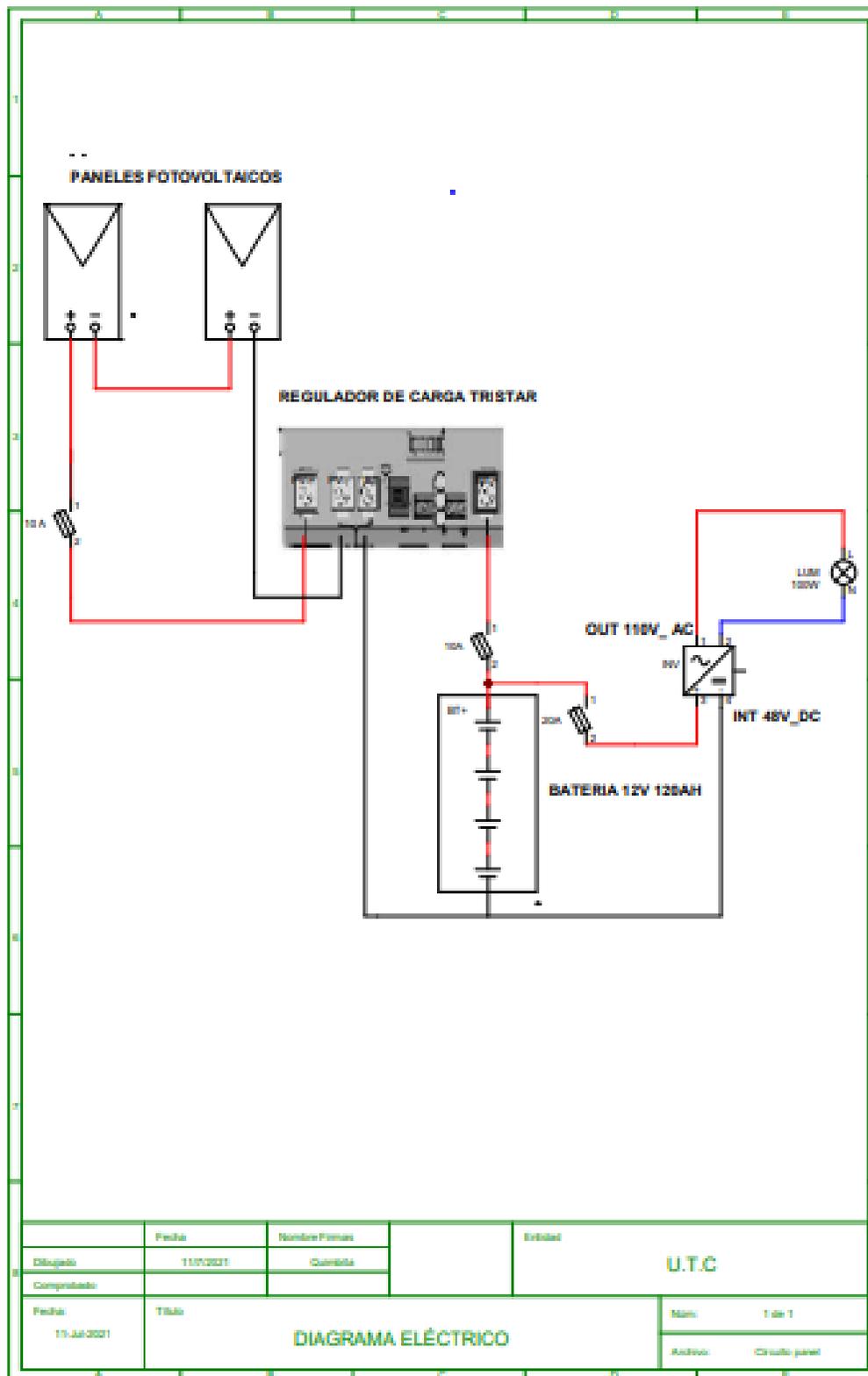
Electrical equipment, check with your installer



DE-YL235P-29b-3-018-A4-202003-ADD-008

© Yingli Green Energy Holdings Co., Ltd.

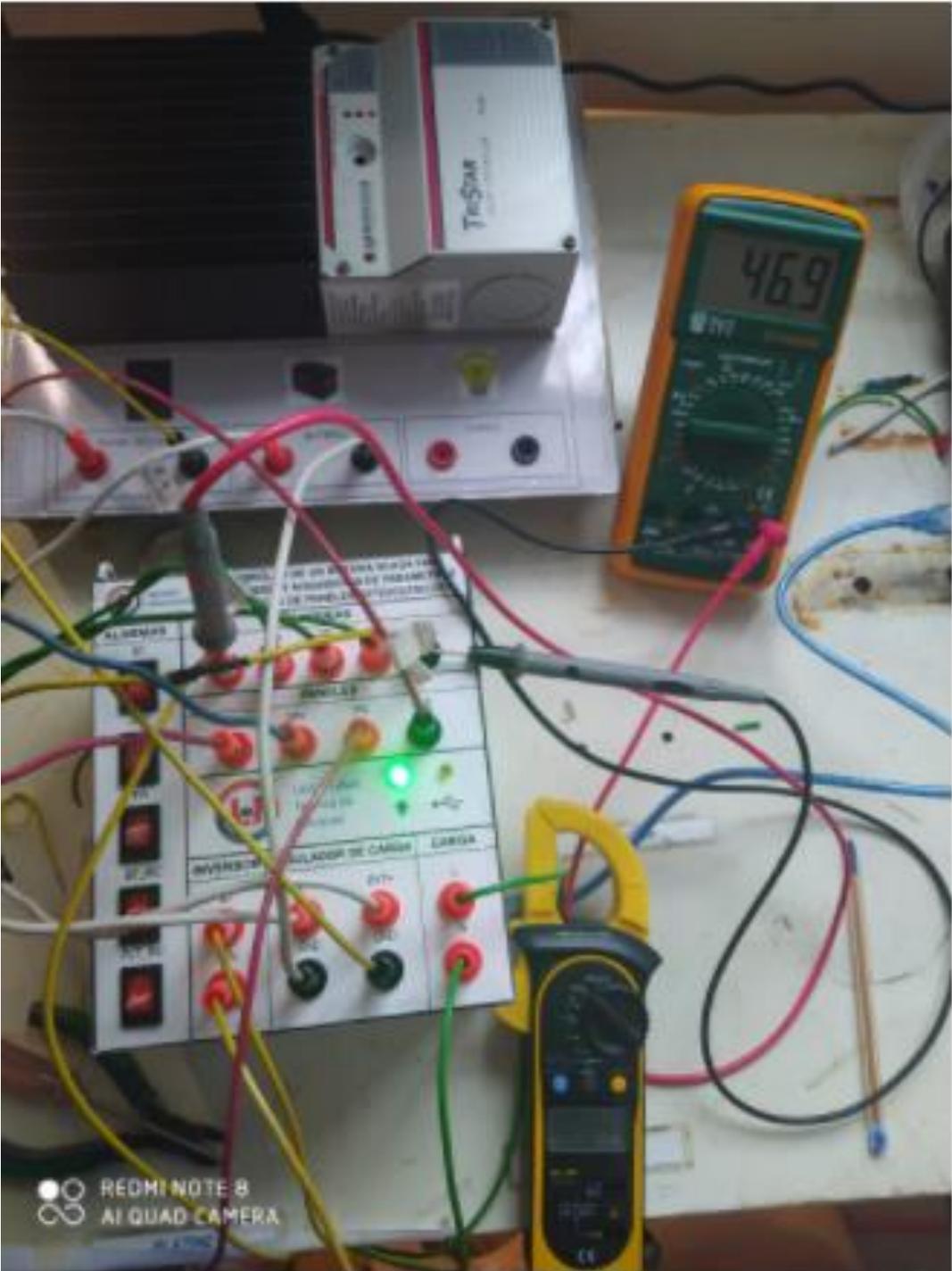
Anexo E. Diagrama Eléctrico.



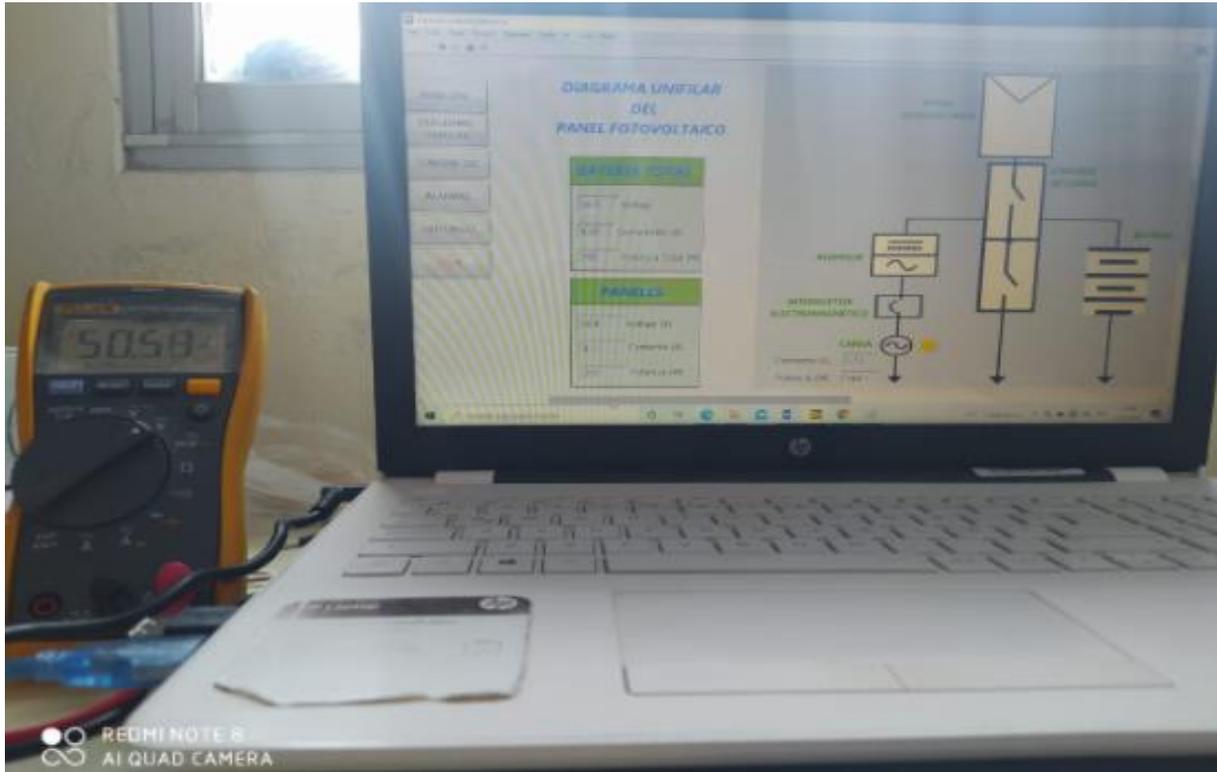
Anexo F. Instalación de los paneles.



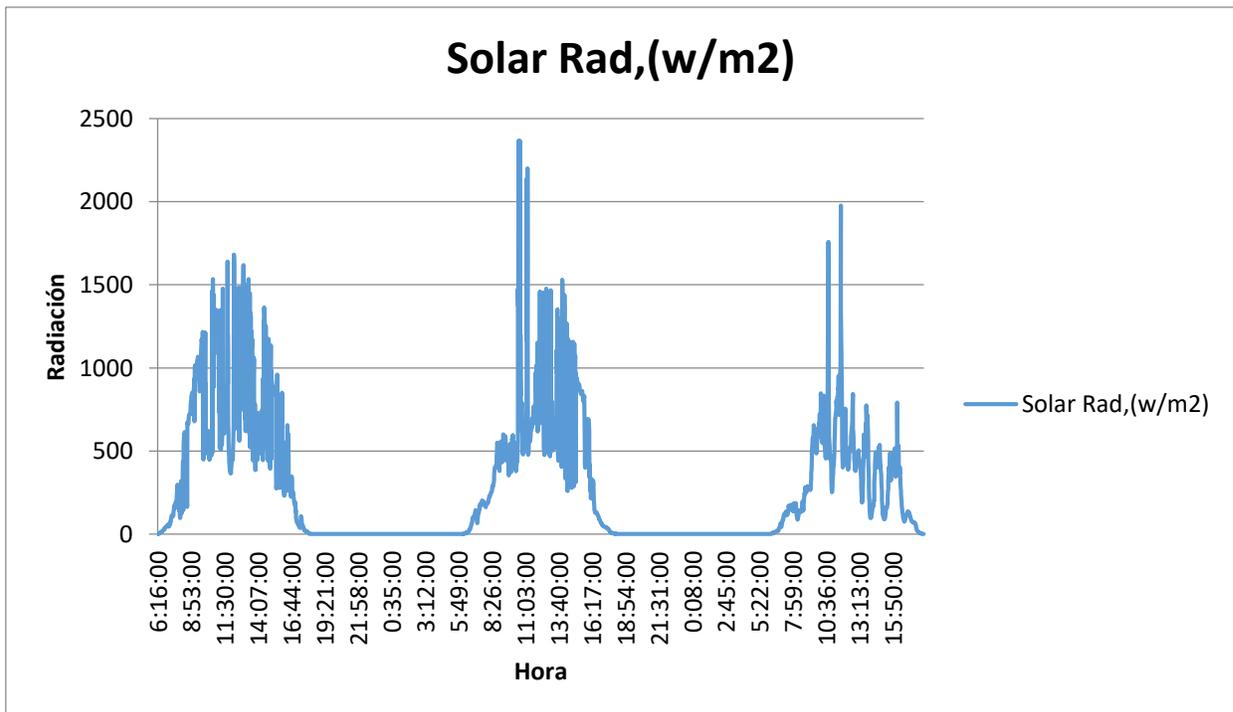
Anexo G. Medición de parámetros eléctricos.



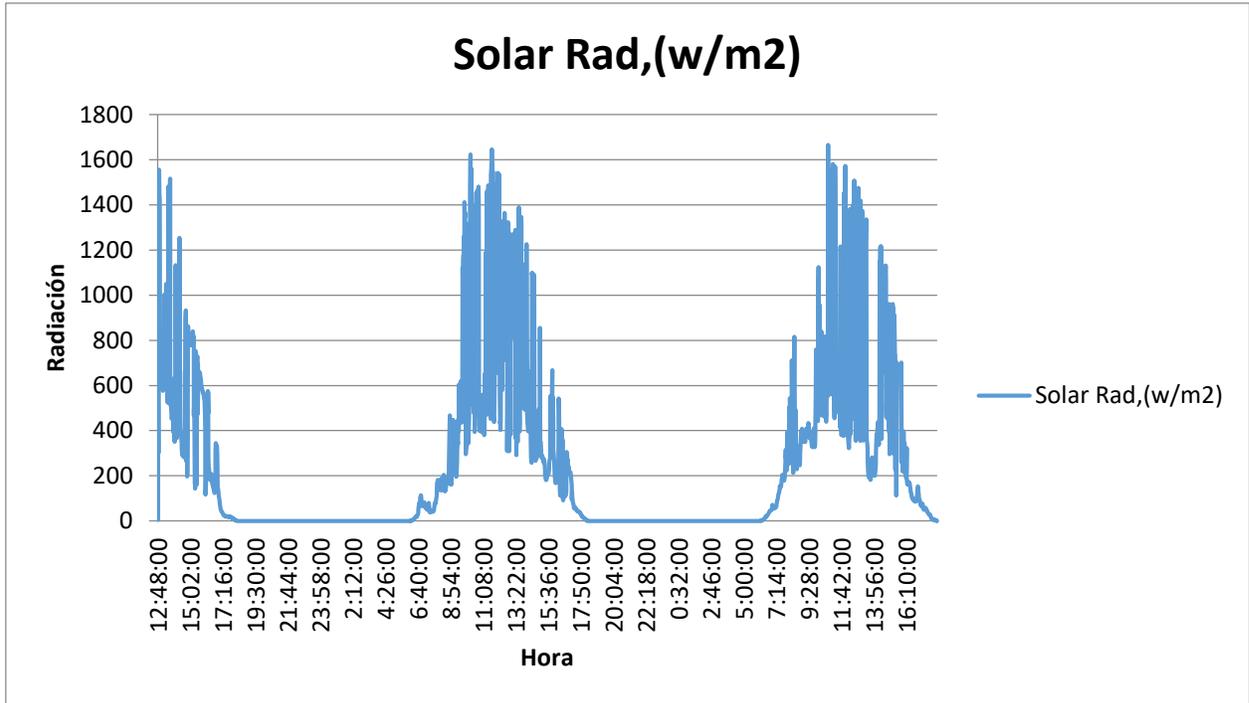
Anexo H. Medición con multímetro Fluke.



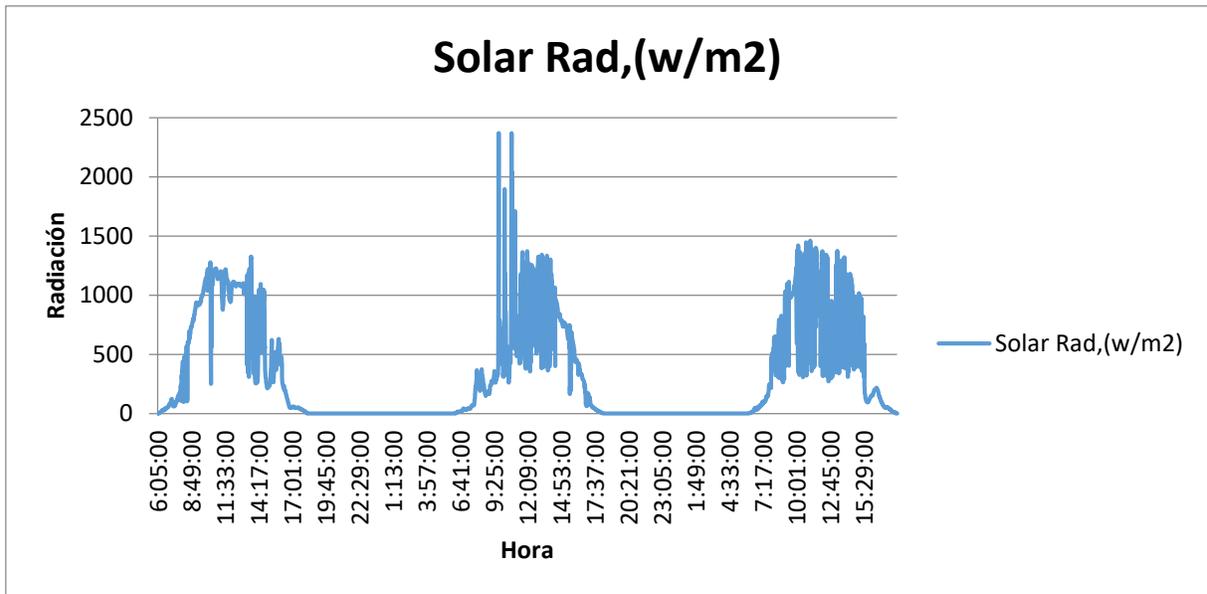
Anexo I. Curva característica de la radiación del mes de Abril.



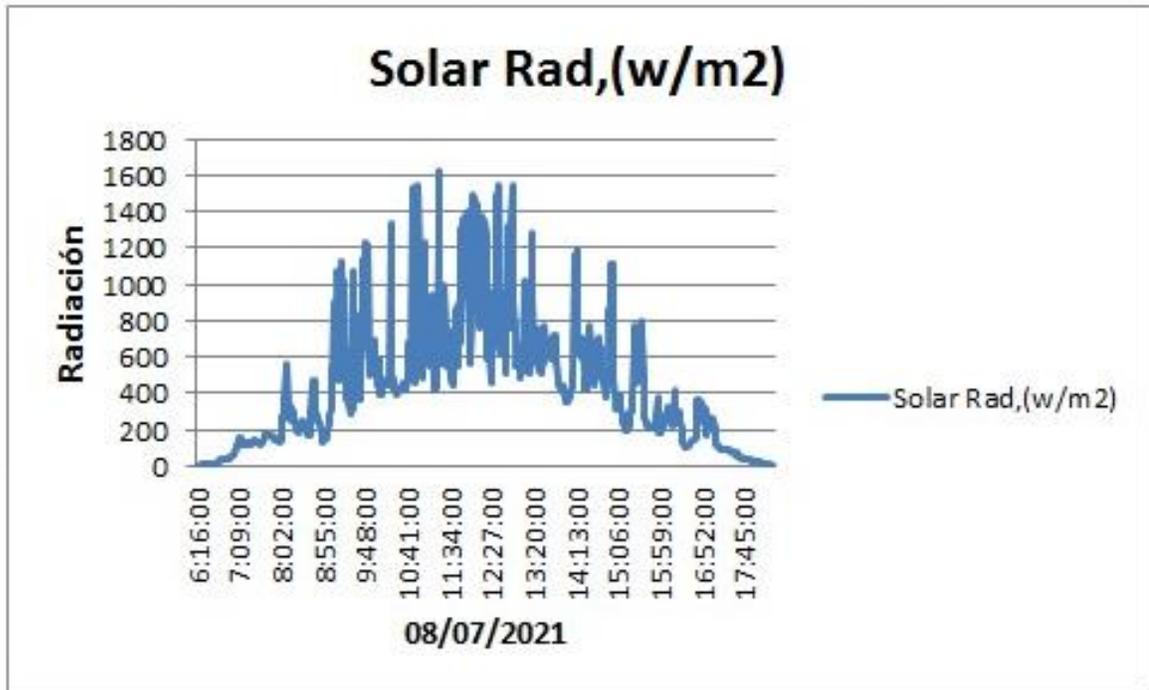
Anexo J. Curva característica de la radiación del mes de Mayo.



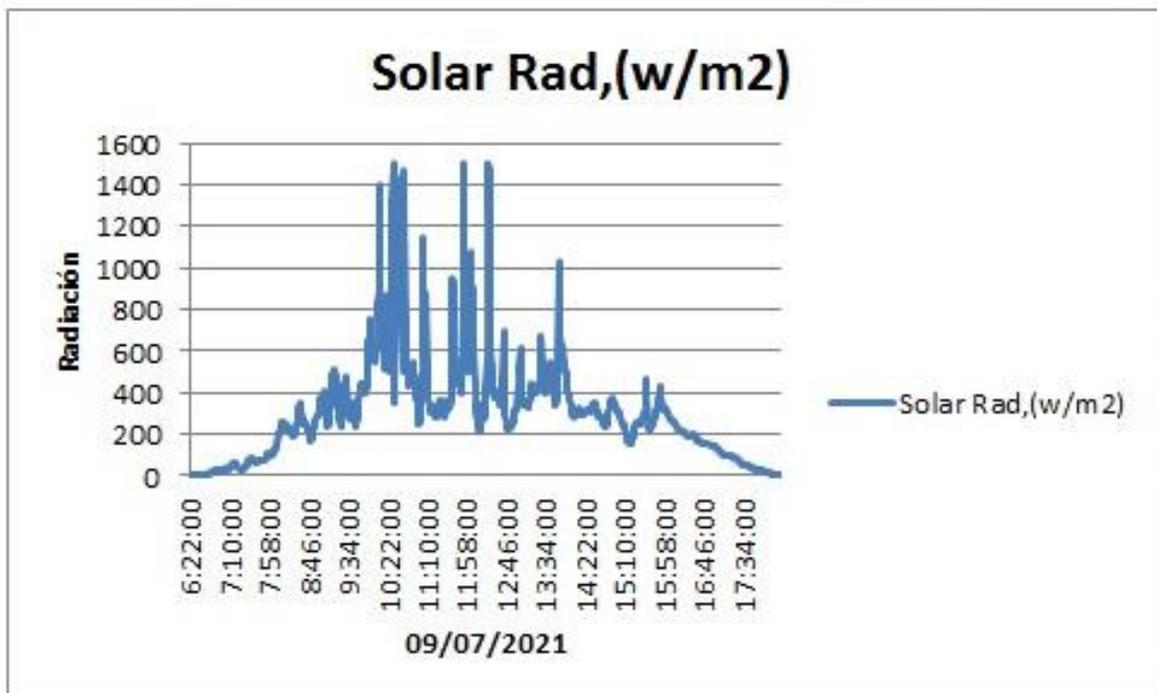
Anexo K. Curva característica de la radiación del mes de Junio.



Anexo L. Curva características de radiación solar del día 8 de Julio del 2021.



Anexo M. Curva característica de la radiación solar del día 9 de julio del 2021.



Anexo N. Irradiación solar mensual y promedio para varios sitios del Ecuador.

Valores en kWh/m².dia

SITIO	Latitud	Longitud	ELEVACION	AÑOS LECTURAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
La Naranja-					0.25	0.27	0.38	0.37	0.29	0.4	0.29	0.61	0.58	0.25	0.3	0.24	0.22
Latacunga	0.92 S	78.62		20	4.47	4.38	4.21	4.01	4.07	4.09	4.32	4.53	4.44	4.51	4.44	4.37	4.32
Latacunga					0.52	0.5	0.39	0.41	0.33	0.44	0.26	0.53	0.48	0.51	0.51	0.68	0.26
Milagro	2.15 S	79.6 W		19	3.51	3.77	4.24	4.38	3.67	3.06	3.13	3.47	3.66	3.35	3.35	3.49	3.59
Milagro	2.15 S	79.6 W			0.3	0.31	0.36	0.45	0.35	0.39	0.31	0.28	0.37	0.23	0.23	0.3	0.15
Pasaje	3.35 S	79.83		17	3.38	3.68	4.12	4.17	3.48	3.08	3.04	3.07	3.01	2.72	2.8	3.31	3.35
Pasaje					0.32	0.31	0.3	0.33	0.37	0.55	0.37	0.4	0.16	0.24	0.17	0.98	0.22
Pichilingue	1.1 S	78.48		21	3.02	3.72	3.74	4.13	3.65	2.89	3.07	3.44	3.65	3.43	3.22	3.35	3.44
Pichilingue					0.88	0.85	1.15	1.3	1.1	0.84	1.16	0.86	1.27	0.98	0.92	1.05	0.31
Portoviejo	1.07 S	80.43		21	3.13	3.89	3.8	4.32	4.31	3.37	3.25	4.02	4.47	4.61	3.83	4	3.92
Portoviejo	1.07 S	80.43			0.92	1.09	0.99	1.17	1.07	0.94	1.05	1.42	1.51	1.34	1.39	1.11	0.43
Puerto	0.9 S	89.78		10	4.96	5.68	6.44	6.21	5.97	5.25	4.91	4.88	4.68	4.81	4.88	4.86	5.31
Puerto					0.36	0.91	0.44	0.44	0.49	0.45	0.35	0.25	0.76	0.38	0.4	0.28	0.23
Puerto	3.27 S	80 W		4	4.4	4.64	4.91	4.86	3.82	3.33	3.37	3.24	3.73	3.08	3.48	3.82	3.89
Puerto					0.03	0.3	0.22	0.52	0.37	0.11	0.13	0.18		0.38	0.16		
Puerto Ila	0.55 S	79.37		16	3.11	3.52	3.77	3.84	3.33	2.86	2.93	3.19	3.22	2.98	2.91	2.88	3.21
Puerto Ila					0.25	0.38	0.39	0.34	0.41	0.47	0.45	0.41	0.28	0.24	0.21	0.28	0.23
Riobamba	1.63 S	78.67		19	4.67	4.57	4.33	4.3	4.37	4.15	4.34	4.68	4.65	4.67	4.55	4.57	4.49
Riobamba					0.39	0.33	0.25	0.38	0.27	0.44	0.51	0.45	0.65	0.34	0.55	0.4	0.18
Salinas-La	2.2 S	81.02		2	4.14	5.02	4.79	5.41	4.53	3.8	2.79	2.83	3.02	2.81	3.25	4.62	3.92
Salinas-La					0.45	0.06	0.38	0.12	0.6	0.32	0.05	0.01	0.09	0.27	0.61	0.15	0.16
San Carlos	2.28 S	79.42		14	3.22	3.33	3.85	3.84	3.34	2.84	2.79	3.04	3.17	3.09	3	3.22	3.23
San Carlos					0.26	0.25	0.34	0.3	0.42	0.52	0.21	0.28	0.28	0.23	0.2	0.21	0.24

}

Anexo O. Valor k según latitud y meses del año.

Latitud: 1°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.02	1.01	1	0.98	0.97	0.96	0.97	0.98	1	1.01	1.02	1.03
10	1.03	1.02	0.99	0.96	0.93	0.92	0.93	0.96	0.99	1.02	1.04	1.04
15	1.04	1.01	0.97	0.93	0.89	0.87	0.88	0.92	0.97	1.02	1.05	1.06
20	1.04	1.01	0.95	0.89	0.84	0.81	0.83	0.88	0.95	1.01	1.05	1.06
25	1.04	0.99	0.92	0.85	0.78	0.75	0.77	0.84	0.92	1	1.05	1.06
30	1.03	0.97	0.89	0.8	0.72	0.69	0.71	0.79	0.89	0.98	1.04	1.05
35	1.01	0.95	0.85	0.74	0.65	0.62	0.65	0.73	0.84	0.95	1.02	1.04
40	0.98	0.91	0.81	0.67	0.58	0.54	0.57	0.67	0.8	0.92	1	1.02
45	0.95	0.87	0.76	0.62	0.51	0.46	0.5	0.61	0.74	0.88	0.97	0.99
50	0.92	0.83	0.7	0.56	0.43	0.38	0.42	0.54	0.69	0.83	0.93	0.96
55	0.88	0.78	0.64	0.49	0.35	0.3	0.34	0.46	0.63	0.78	0.89	0.92
60	0.83	0.73	0.58	0.41	0.27	0.21	0.26	0.39	0.56	0.73	0.84	0.87
65	0.78	0.67	0.51	0.34	0.19	0.13	0.17	0.31	0.49	0.66	0.79	0.82
70	0.72	0.61	0.45	0.26	0.13	0.12	0.11	0.23	0.42	0.6	0.73	0.77
75	0.66	0.55	0.37	0.18	0.12	0.11	0.11	0.15	0.34	0.53	0.67	0.71
80	0.6	0.48	0.3	0.13	0.11	0.1	0.1	0.1	0.26	0.46	0.6	0.64
85	0.53	0.41	0.23	0.12	0.11	0.1	0.09	0.09	0.19	0.39	0.53	0.58
90	0.46	0.34	0.15	0.11	0.1	0.09	0.08	0.08	0.11	0.31	0.46	0.51

Anexo P. Programación en Arduino.

```
//float Sensibilidad=0.139; //sensibilidad en V/A para nuestro sensor
float offset=0.100; // Equivale a la amplitud del ruido
float Sensibilidad=0.066;
//float Sensibilidad1=0.1; //20 AMPERIOS
float Sensibilidad1=0.066;//30 AMPERIOS

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(2,OUTPUT);
  pinMode(3,OUTPUT);
}

void loop()
{
  digitalWrite(2,HIGH);
  if(Serial.available()>0)
  {
    char caracter = char(Serial.read());
    if(caracter == 'c')
    {
      digitalWrite(3,HIGH);
    }
  }else{
    digitalWrite(3,LOW);
  }

  float Ip=get_corriente();//obtenemos la corriente pico
  float Irms=Ip*0.707; //Intensidad RMS = Ipico/(2^1/2)
```

```

float P=Irms*110.0; // P=IV watts

float IpBaterias=get_corrienteBaterias();//obtenemos la corriente pico
float IrmsBaterias=IpBaterias*0.707; //Intensidad RMS = Ipico/(2^1/2)
float PBaterias=IrmsBaterias*110.0; // P=IV watts

float IpPanel=get_corrientePanel();//obtenemos la corriente pico
float IrmsPanel=IpPanel*0.707; //Intensidad RMS = Ipico/(2^1/2)
float PPanel=IrmsPanel*110.0; // P=IV watts
/*
Serial.print("Ip: ");
Serial.print(Ip,3);
Serial.print("A , Irms: ");
Serial.print(Irms,3);
Serial.print("A, Potencia: ");
Serial.print(P,3);
Serial.println("W");
*/

Serial.print(analogRead(A11)); // Sensor de BATERIAS TOTAL para medicion de Voltaje
Serial.print(",");

Serial.print(analogRead(A10)); // Sensor de 3 BATERIAS
Serial.print(",");

Serial.print(analogRead(A9)); // Sensor de 2 BATERIAS///
Serial.print(",");

Serial.print(analogRead(A8)); // Sensor de 1 BATERIA///
Serial.print(",");

Serial.print(analogRead(A7)); // Sensor de PANEL SOLAR TOTAL para medicion de Voltaje///
Serial.print(",");

Serial.print(IrmsPanel*1000,3); //Sensor 1 -- Corriente//PANELES
Serial.print(",");

Serial.print(IrmsBaterias*1000,3); //Sensor 2 -- Corriente//BATERIAS
Serial.print(",");

Serial.print(Irms*1000,3); //Sensor 3 -- Corriente //CARGA
Serial.print(",");

//Nuevos Sensores

Serial.print(analogRead(A3)); // Sensor de PANEL SOLAR TOTAL para control de REGULADOR DE CARGA
Serial.print(",");

```

```

Serial.print(analogRead(A2)); // Sensor de BATERIAS TOTAL para control de      REGULADOR DE CARGA
Serial.print(",");

Serial.print(analogRead(A1)); // Sensor de BATERIAS TOTAL para control de      INVERSOR//
Serial.print(",");

Serial.print(analogRead(A5)); // Sensor de 2PANELES
Serial.print(",");

Serial.println(analogRead(A4)); // Sensor de 1PANEL individual

digitalWrite(3,LOW);
}

float get_corriente()
{
float voltajeSensor;
float corriente=0;
long tiempo=millis();
float Imax=0;
float Imin=0;

while(millis()-tiempo<100)//realizamos mediciones durante 0.1 segundos
{
voltajeSensor = analogRead(A14) * (5.0 / 1023.0);//lectura del sensor
corriente=0.9*corriente+0.1*((voltajeSensor-2.527)/Sensibilidad); //Ecuación para obtener la corriente
if(corriente>Imax)Imax=corriente;
if(corriente<Imin)Imin=corriente;
}
return(((Imax-Imin)/2)-offset);
}

float get_corrienteBaterias()
{
float voltajeSensor;
float corriente=0;
long tiempo=millis();
float Imax=0;
float Imin=0;
while(millis()-tiempo<100)//realizamos mediciones durante 0.1 segundos
{
voltajeSensor = analogRead(A13) * (5.0 / 1023.0);//lectura del sensor
corriente=0.9*corriente+0.1*((voltajeSensor-2.527)/Sensibilidad); //Ecuación para obtener la corriente
if(corriente>Imax)Imax=corriente;
if(corriente<Imin)Imin=corriente;
}
return(((Imax-Imin)*1.7)-offset);
}

```

```
float get_corrientePanel()
{
    float voltajeSensor;
    float corriente=0;
    long tiempo=millis();
    float Imax=0;
    float Imin=0;
    while(millis()-tiempo<100)//realizamos mediciones durante 0.1 segundos
    {
        voltajeSensor = analogRead(A15) * (5.0 / 1023.0);//lectura del sensor
        corriente=0.9*corriente+0.1*((voltajeSensor-2.527)/Sensibilidad1); //Ecuación para obtener la corriente
        if(corriente>Imax) Imax=corriente;
        if(corriente<Imin) Imin=corriente;
    }
    return(((Imax-Imin)*1.7)-offset);
}
```
