



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS CURVAS DE EFICIENCIA DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.”

Autores:

Musuña Chugchilán Carlos Rubén.

Veintimilla Calvopiña Franklin Humberto.

Tutor:

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina.

Latacunga – Ecuador

2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Musuña Chugchilan Carlos Rubén y Veintimilla Calvopiña Franklin Humberto declaro ser autor (a) del presente proyecto de investigación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS CURVAS DE EFICIENCIA DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS, siendo Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina 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.

Musuña Chugchilan Carlos Rubén

0504129602

Veintimilla Calvopiña Franklin Humberto

0503623126



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS CURVAS DE EFICIENCIA DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS”, de **Musuña Chughilan Carlos Rubén y Veintimilla Calvopiña Franklin Humberto**, de la carrera **Ingeniería Electromecánica**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-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, Julio 2018

El Tutor

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina

050284769-2



AVAL DE APROBACIÓN 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 Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Musuña Chugchilan Carlos Rubén con CC 0504129602 y Veintimilla Calvopiña Franklin Humberto con CC 0503623126 con el título de Proyecto de titulación:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS CURVAS DE EFICIENCIA DE LOS PANELES SOLARES 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, julio 2018

Para constancia firman:



Ing. Enrique Torres Tamayo
CC: 1757121940

Ing. Byron Paul Corrales Bastidas
CC: 0502347768

Ing. Jorge Enrique Cañar Tercero
CC: 0502608227

AVAL DE IMPLENTACIÓN

Latacunga, julio 2018

Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez MS.c.

Docente de la Universidad Técnica De Cotopaxi

Director de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Presente.-

En calidad de Docente de la Universidad Técnica De Cotopaxi, confirmo la realización del proyecto **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS CURVAS DE EFICIENCIA DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS”**. Implementado por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de **Ingeniería Electromecánica**; **Musuña Chugchilan Carlos Rubén con CC: 0504129602** y **Veintimilla Calvopiña Franklin Humberto con CC: 0503623126** Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para el interesado pueda hacer uso para los fines que crea conveniente.



Ing. Enrique Torres Tamayo.

Director de la línea de investigación de eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez.

Director de Carrera de Ingeniería Electromecánica

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, a pesar de que ya no está en este mundo, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos. A mi padre por darme su apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mis hermanos por compartir momentos significativos conmigo.

Carlos R.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto. A Dios por permitirme tener la fuerza para terminar mi carrera. A mis padres por su esfuerzo en concederme la oportunidad de estudiar y por su constante apoyo a lo largo de mi vida. A mis hermanos, parientes y amigos por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindaron para concluir mis estudios.

Franklin H.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por proteger durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida. A mi madre, que está en el cielo, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme a través sus sabios consejos. A mi padre, por ser el apoyo en mi carrera. A mi familiar especialmente a mis hermanos. A mis queridos docentes, quien con su sabiduría y conocimiento me supieron guiar

Carlos R.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme tener salud y sabiduría para concluir mis estudios. A mi madre por ser un ejemplo a seguir de trabajo y colaboración con los demás. A mi papá por ayudarme y apoyarme siempre con sus consejos y su ejemplo de perseverancia, rectitud, integridad y ética. A mis maestros por compartir conmigo su sabiduría y experiencias para poder transferir sus conocimientos en mi formación como un gran profesional.

Franklin H.

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLENTACIÓN.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	viii
INDICE GENERAL.....	x
INDICE DE TABLAS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
AVAL DE TRADUCCION.....	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN	2
3. JUSTIFICACIÓN.....	3
4. BENEFICIARIOS	3
5. EL PROBLEMA	4
6. OBJETIVOS.....	4
General.....	4
Específicos	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
Estudios precedentes.....	6
Energías renovables	6

Clasificación de las centrales de energías renovables	7
Energía Solar	7
Ventajas de la energía solar.....	8
Desventajas de la energía solar	8
Paneles fotovoltaicos	9
Tipos de paneles fotovoltaicas	9
Monocristalino	9
Policristalino.....	10
Amorfo	10
Reguladores de carga	11
Tipos de reguladores	11
Regulador Shunt.....	11
Regulador serie.....	12
Baterías	12
Tipos de baterías.....	12
Hay diferentes tipos de reguladores en función del principio de funcionamiento.....	12
Baterías de níquel-cadmio.....	12
Baterías de plomo-acido.....	13
Baterías de gel	13
Medición de la radiación solar	13
Piranómetro	13
9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	14
Operacionalización de variables	14
10. METODOLOGÍAS	15
Equipos e instrumentos a emplear	15
Microprocesador Arduino Uno	15

Panel policristalino Gi-power.....	16
Medición del voltaje del panel fotovoltaico (Sensor de voltaje SHT-166).....	18
Medición de corriente del Panel Fotovoltaico (Sensor de corriente allegro ACS712 ELCTR 30A ± 30A).....	18
Medición del ángulo de inclinación del panel solar fotovoltaico (Módulo acelerómetro y giroscopio 3 ejes MPU 6050).....	19
Medición de radiación incidente sobre el Panel Fotovoltaico.....	20
Potencia de un panel fotovoltaico	20
Eficiencia de un panel fotovoltaico	21
Piranómetro SP-110	21
Fuente: Elaborado por los autores	22
Amplificador de Tensión.....	22
Regulador de carga ECO 10A.....	23
Fuente: Elaborado por los autores	25
Inversor BELTTT.....	25
Fuente: Elaborado por los autores	25
Motor 12 V corriente continuo.....	25
Programa de visualización LabView	26
Desarrollo del programa en LabVIEW	26
Dimensionamiento del conductor de los circuitos de fuerza y control.....	32
Conductor circuito de fuerza	32
Fuente: Elaborado por los autores	32
Conductor circuito de control.....	32
11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS).....	33
12. IMPACTOS:.....	49

Impacto tecnológico.....	50
Impacto económico.....	50
Impacto social.....	50
Impacto ambiental.....	51
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:.....	51
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
Conclusiones.....	53
Recomendaciones.....	54
15. BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS.....	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	5
Tabla 2: Variable independiente.....	14
Tabla 3: Variable independiente.....	15
Tabla 4: Características del Arduino UNO.....	16
Tabla 5: Características del panel fotovoltaico policristalino Gi-power.....	17
Tabla 6: Características técnicas del Piranómetro sp 110.....	22
Tabla 7: Características técnicas del regulador de carga ECO 10A.....	24
Tabla 8: Características técnicas del Inversor BELTTT.....	25
Tabla 9: Conductividad de cobre y aluminio de distintas temperaturas.....	32
Tabla 10: Resultados obtenidos de las prácticas.....	48
Tabla 11: Presupuesto para la elaboración del proyecto.....	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Panel solar monocristalino.....	9
Figura 2: Panel solar policristalino.....	10
Figura 3: Panel solar amorfo.....	10
Figura 4: Esquema de bloques de un regulador shunt.....	11

Figura 5: Esquema de bloques de un regulador shunt	12
Figura 6: Piranómetro	14
Figura 7: Arduino Uno	16
Figura 8: Panel policristalino Gi-power	17
Figura 9: Sensor de voltaje SHT-166	18
Figura 10: Sensor de corriente allegro ACS712TELC 30A \pm 30A	19
Figura 11: Módulo acelerómetro y giroscopio 3 ejes MPU 6050	19
Figura 12: Piranómetro SP-110	21
Figura 13: Circuito amplificador no inversor	23
Figura 14: Regulador ECO 10A	24
Figura 15: Inversor BELTTT	25
Figura 16: Motor 12 V corriente continua	26
Figura 17: VISA Configure Serial Port VI	26
Figura 18: VISA Open Function	27
Figura 19: Ciclo While Loop	27
Figura 20: : VISA Read Function	27
Figura 21: Match Pattern Function	28
Figura 22: Decimal String To Number Function conectado a un indicador numérico dentro de un ciclo Case Structure.	28
Figura 23: Grafica de curvas y arreglos matemáticos	29
Figura 24: Built XY Graph	29
Figura 25: Diagrama de bloques de la función de guardar datos	30
Figura 26: Visa close Function	31
Figura 27: Cables UTP	33
Figura 28: Control general sin focos incandescentes en un ángulo de 0°	34
Figura 29: Control general con seis focos incandescentes en un ángulo de 0°	34
Figura 30: Control general con 7 focos incandescentes en un ángulo de 0°	35
Figura 31: Comportamiento de las curvas de irradiación incidente en un ángulo de 0°	35
Figura 32: Comportamiento de las curvas de potencia en un ángulo de 0°	36
Figura 33: Comportamiento de las curvas de eficiencia en un ángulo de 0°	37
Figura 34: Comportamiento de las curvas de corriente vs voltaje en un ángulo de 0°	37
Figura 35: Comportamiento de las curvas de potencia vs irradiación en un ángulo de 0°	38

Figura 36: Comportamiento de las curvas de los datos medidos en un ángulo de 0°	38
Figura 37: Control general sin focos incandescentes en un ángulo de 30°	39
Figura 38: Control general con seis focos incandescentes en un ángulo de 30°	39
Figura 39: Control general con 7 focos incandescentes en un ángulo de 30°	40
Figura 40: Comportamiento de las curvas de irradiación incidente en un ángulo de 30°	40
Figura 41: Comportamiento de las curvas de potencia en un ángulo de 30°	41
Figura 42: Comportamiento de las curvas de eficiencia en un ángulo de 30°	41
Figura 43: Comportamiento de las curvas de corriente vs voltaje en un ángulo de 30°	42
Figura 44: Comportamiento de las curvas de potencia vs irradiación en un ángulo de 30°	43
Figura 45: Comportamiento de las curvas de los datos medidos en un ángulo de 30°	43
Figura 46: Control general sin focos incandescentes en un ángulo de 45°	44
Figura 47: Control general con 7 focos incandescentes en un ángulo de 45°	45
Figura 48: Comportamiento de las curvas de irradiación incidente en un ángulo de 45°	45
Figura 49: Comportamiento de las curvas de potencia en un ángulo de 45°	46
Figura 50: Comportamiento de las curvas de eficiencia en un ángulo de 45°	46
Figura 51: Comportamiento de las curvas de corriente vs voltaje en un ángulo de 45°	47
Figura 52: Comportamiento de las curvas de potencia vs irradiación en un ángulo de 45°	47
Figura 53: Comportamiento de las curvas de los datos medidos en un ángulo de 45°	48

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS CURVAS DE EFICIENCIA DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS.”

Autor/es:

Carlos Rubén Musuña Chugchilán Franklin Humberto Veintimilla Calvopiña

RESUMEN

En la presente investigación se detallan el diseño y construcción de un módulo didáctico para la toma de datos en tiempo real de voltaje, corriente e radiación para determinar la eficiencia y potencia generada, mediante la visualización de las curvas de los paneles solares fotovoltaicos. Debido a que en el país no existen estudios sobre la eficiencia de los mismos, la poca inversión en la tecnología para el ámbito de la investigación, el mismo que dificulta la implementación de este tipo de sistemas en los ángulos y coordenadas geográficas adecuadas. Tomando de referencia los fundamentos teóricos que sirvieron como base de la investigación de forma ordenada y sistemática que permiten llegar a cumplir con el objetivo del proyecto. El módulo didáctico se encuentra elaborado mediante el dimensionamiento de toda una estructura fotovoltaica como generador fotovoltaico un panel policristalino de 100W, un regulador de carga de 12V, una batería de 12V y un inversor de 500W de 12V DC a 110V AC y para la toma de datos de radiación un piranómetro, un sensor de corriente ACS712 y el sensor de voltaje SHT 166, a través de la lógica de los cálculos estructurados, el mismo que permite visualizar el posicionamiento adecuado del panel solar fotovoltaico donde se llegue tener mayor eficiencia.

Palabras clave: Panel solar, piranómetro, radiación, curvas de eficiencia, módulo fotovoltaico.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A DIDACTIC MODULE FOR THE VISUALIZATION OF THE CURVES OF EFFICIENCY OF THE SOLAR PHOTOVOLTAIC PANELS"

Author / s:

Carlos Ruben Musuña Chugchilan

Franklin Humberto Veintimilla Calvopiña

ABSTRACT

In the present investigation, the design and construction of a didactic module for real-time data collection of voltages, current and radiation to determine the efficiency and power generated by visualization of the curves of the photovoltaic solar panels are detailed. Because there aren't researches about the efficiency of its, the little investment in technology for the investigation, it is difficult to implement this type of systems in the angles and geographical coordinates in the right position. Taking as a reference the theoretical foundations, they are served as the basis of the research in an orderly and systematic way, so that they allow us to reach the objective of the Project. The didactic module is developed by sizing an entire photovoltaic structure as a photovoltaic generator, a 100W polycrystalline panel, a charge regulator of 12V and a 500W inverter from 12V DC to 110V AC and for the capture of perinometric radiation data. , an ACS712 current sensor and the SHT 166 voltage sensor through the logic of structured calculations, It allows to visualize the adequate position of the photovoltaic solar panel where it is possible to have greater efficiency.

Key words: solar panel, piranometro, radiation, efficiency curves, module photovoltaic.



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 de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**, de la Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, **MUSUÑA CHUGCHILAN CARLOS RUBÉN Y VEINTIMILLA CALVOPÍÑA FRANKLIN HUMBERTO**, cuyo título versa **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA VISUALIZACIÓN DE LAS CURVAS DE EFICIENCIA DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, **31 de Julio del 2018**

Atentamente,

Lcdo. Edison Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502617350



**CENTRO
DE IDIOMAS**

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Diseño e implementación de un módulo didáctico para la visualización de las curvas de eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos.

Fecha de inicio: Octubre del 2017

Fecha de finalización: Julio del 2018

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina MS.c

Investigadores:

Carlos Rubén Musuña Chugchilán

Franklin Humberto Veintimilla Calvopiña

Área de Conocimiento:

Energías alternativas.

Línea de investigación: La línea cinco: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera: Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

2. DESCRIPCIÓN

Las energías renovables representan un papel muy importante en el sector de la producción de energía eléctrica en el mundo, entre las fuentes de energía más explotadas están la hidráulica, eólica y solar. Europa es la principal potencia en la producción de energía eléctrica, mediante el aprovechamiento de la energía solar. Ecuador tiene altos niveles de radiación solar por estar situada en la mitad del mundo por lo que el potencial de aprovechamiento de la energía solar es enorme, de esta manera en la actualidad con el cambio de la matriz productiva y la matriz energética con relación al plan nacional buen del vivir (Sumak Kausay), el eje uno menciona que los derechos para todos durante toda la vida y dentro del objetivo tres señala que, garantizando los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, indica que insistirán en la inversión pública con el fin de considerar y ampliar la matriz energética basada en energías renovables y no convencionales, bajo esquemas privadas y sector asociativo así reduciendo la dependencia de productos derivados de energías fósiles. Por ello se pretende verificar la eficiencia de los paneles solares, es decir cuánto en la realidad se va aprovechar de esta energía, comparando los datos reales con los ideales calculados en clases, observando las curvas de eficiencia y así obteniendo datos reales que puedan llegar a mejorar los estudios de esta energía, de tal forma tener un aporte tecnológico tanto en la comunidad universitaria como en la sociedad. La energía solar fotovoltaica es una energía limpia de fácil instalación y mantenimiento, la cual tiene una larga vida útil, por lo que se ha visto la necesidad de implementar un módulo didáctico, con el fin de visualizar las curvas características de la eficiencia del panel solar fotovoltaico, con la finalidad de que los estudiantes de la Carrera Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, tengan una herramienta práctica para la toma de datos en tiempo real, mediante un interfaz de un microcontrolador Arduino y en conjunto con la herramienta computacional del software labVIEW que permite la visualización de las curvas, de esa forma comprobar el mejor posicionamiento en el cual se obtenga la mayor eficiencia del potencial energético, con ello los estudiantes podrán ampliar sus conocimiento y comprobar los fundamentos teóricos con los prácticos.

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad es necesario tener un amplio conocimiento en el área de energías renovables, en todo el mundo se está optando por el manejo de las mismas y en el país no se está quedando atrás, porque se está invirtiendo en la utilización de nuevas fuentes de generación, como la hidráulica, eólica, y solar entre las más conocidas, los sistemas solares fotovoltaicos en el país actualmente no están siendo explotados por diversas razones, tales como: geografía, alto costo de instalación y uno de los problemas que se tienen en los sistemas fotovoltaicos es la falta de medición de la eficiencia del sistema, la capacidad de energía eléctrica generada por día y la energía consumida entre otras variantes que tienen estos sistemas, ya que no permiten establecer si son viables la implementación tanto técnico como económicos los sistemas y poder verificar si son realmente eficientes en el lugar donde se los instala, por ello se ha visto la necesidad de implementar un módulo didáctico que nos permita la visualización de curvas de eficiencia de los paneles fotovoltaicos en tiempo real, utilizando una sola interfaz el microprocesador Arduino Uno, un circuito electrónico y como herramienta computacional el software labVIEW para el cálculo y la visualización de las curvas del panel solar.

Se pretende responder a la necesidad de mejorar la toma de datos para los estudios de la eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos, de tal modo que los estudiantes tengan una herramienta práctica con el fin de visualizar la eficiencia energética que tienen los paneles solares en diferentes ángulos de posicionamiento y al variar la radiación incidente, de esta manera se podrá analizar en qué proporción de la radiación del sol que incide en los paneles fotovoltaicos se convierte en la energía eléctrica, el mismo que servirá para el estudio de la asignatura de energías renovables, con el propósito de verificar el mejor posicionamiento de acuerdo a la latitud donde se instalen los sistemas, así poder comparar y analizar con lo expuesto en las aulas de clase, con el propósito de aportar con sistemas adecuados para los laboratorios, ya que es una gran necesidad de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, para ofertar estudios de calidad con la toma de datos reales para el análisis de la energía solar.

4. BENEFICIARIOS

Beneficiarios directos la Universidad Técnica de Cotopaxi, la Carrera de Ingeniería Electromecánica y Eléctrica se favorecerá, con la implementación de este tipo de sistemas en la asignatura de energías renovables.

Los beneficiarios indirectos son la sociedad en general, los docentes, los trabajadores, los laboratoristas entre otros, ya que al implementar los laboratorios los docentes como

beneficiarios indirectos adquirirán mayor metodología de enseñanza y también tendrán de gran equipamiento en los laboratorios, por ende una eficiencia en las prácticas del mismo.

5. EL PROBLEMA

Inexistencia de un módulo didáctico para la visualización de la eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos, en diferentes ángulos de posicionamiento y al variar la radiación incidente, para la asignatura de energías renovables en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

6. OBJETIVOS

General

Implementar un módulo didáctico que permita visualizar las curvas de eficiencia de los paneles solares, mediante la utilización de un microcontrolador Arduino y una interfaz con el software labVIEW para la toma de datos del sistema fotovoltaico en un barrido de 180°.

Específicos

- Construir el módulo didáctico del sistema fotovoltaico, mediante la utilización de aparatos eléctricos y electrónicos, para satisfacer las necesidades de los estudiantes y docentes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.
- Diseñar la programación del microcontrolador Arduino y labVIEW, mediante las herramientas computacionales, para poder visualizar las curvas de eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos.
- Analizar la capacidad de radiación solar, mediante la toma de datos en tiempo real, para comprobar la eficiencia de los paneles solares.
- Analizar el mejor posicionamiento de los paneles solares en un barrido de 180°, mediante las prácticas de laboratorio, para determinar el mayor potencial energético.
- Diseñar las prácticas de laboratorio para el correcto aprovechamiento del módulo didáctico del sistema fotovoltaico.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

En la presente tabla son los pasos con los cuales se pretende llegar a cumplir el objetivo general.

Tabla 1: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivos	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
Construir el módulo didáctico del sistema fotovoltaico, mediante la utilización de los aparatos eléctricos y electrónicos, para satisfacer las necesidades de los estudiantes y docentes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.	Ensamble del módulo didáctico del sistema fotovoltaico	Pruebas de funcionamiento a diferente ángulo.	Con el uso del módulo didáctico se pudo comprobar el correcto funcionamiento del sistema.
Diseñar la programación del microcontrolador Arduino y labVIEW, mediante las herramientas computacionales, para poder visualizar las curvas de eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos.	Programación en el microcontrolador Arduino Programación el software labVIEW.	Datos para la visualización de las curvas de eficiencia.	Con el uso los software de programación se pudo determinar las curvas de eficiencia de los paneles
Analizar la capacidad de radiación solar, mediante la toma de datos en tiempo real, para comprobar la eficiencia de los paneles solares.	Toma de datos en tiempo real para la comprobación de su correcto funcionamiento, con el uso de focos incandescentes.	Variación de la eficiencia al ser expuesto a diferentes niveles de radiación incidente	Con el uso de los focos incandescentes se pudo comprobar la eficiencia del sistema fotovoltaico a diferentes niveles de radiación
Analizar el mejor posicionamiento de los paneles solares en un barrido de 180°, mediante las prácticas de laboratorio, para determinar el mayor potencial energético.	Toma de datos a diferentes ángulos de posicionamiento.	Visualización en que ángulo de posicionamiento existe mayor potencial energético.	Al variar el ángulo se pudo observar en cual se genera mayor potencial energético.
Diseñar las prácticas de laboratorio para el correcto aprovechamiento del módulo didáctico del sistema fotovoltaico.	Realización de las prácticas de laboratorio para el uso del módulo del sistema fotovoltaico.	Facilitación de una guía para el manejo del módulo del sistema fotovoltaico	Con el uso de las prácticas de laboratorio se pretende que los estudiantes tengan una guía para el correcto aprovechamiento del módulo.

Fuente: Elaborado por los autores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Introducción

En el país el uso de energías renovables no está desarrollado por diversos factores, ya que no permiten establecer si son viables la implementación tanto técnico como económicos, las cuales impiden su estudio, al ser aplicadas de forma correcta ayudaría a satisfacer muchas necesidades, ya que varios países desarrollados utilizan varias fuentes de energías renovables como medio de producción energético, para satisfacer la demanda, este es el caso de la utilización de la radiación solar la cual, es captada por paneles fotovoltaicos que están constituidos por varios elementos químicos como es el silicio que al estar expuesto al sol en un correcto ángulo de inclinación genera un diferencial de potencial en corriente directa, el cual es acumulado en un banco de baterías conectadas en serie o paralelo de acuerdo a la necesidad y posteriormente con la ayuda de un inversor a corriente alterna, la cual puede ser acoplada a la red o simplemente para uso personal como es el caso de calentamiento de agua o también en áreas de difícil acceso, donde es imposible o no es viable la distribución de la energía convencional, se instala paneles solares en estos sitios para satisfacer esa demanda, así ayudando a la sociedad con el aprovechamiento de las energías renovables.

Estudios precedentes

En este capítulo se pretende indagar sobre todo lo referente a las energías renovables, haciendo énfasis a la energía solar.

Energías renovables

Según (Pediapress, 2011, pág. 1) , menciona que “las energías renovables se refiere a todas las fuentes de energía que no implican la quema de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo)”. Las energías renovables son aquellos recursos inagotables, es decir que su tiempo de recuperación es muy corto en comparación con los combustibles fósiles, ya sea estas hidráulica, eólica, térmica, solar entre otras, todas estas energías es proveniente del sol ya que el mismo produce viento, la evaporación de las aguas superficiales, la formación de las nubes, las aguas lluvias, gracias a su calor y su luz son la base fundamental para que produzcan un sin número de reacciones químicas, sin embargo esto no quiere decir que no haya ningún efecto en el medio ambiente, pero este va a ser mínimo en comparación con el efecto que produce las energías no renovables, por lo que favorece ampliamente a la población ya que puede llegar a reducir los costos de producción de la energía.

Clasificación de las centrales de energías renovables

En el estudio de las energías renovables pueden existir algunas clasificaciones para determinar qué tipos pueden llegar a existir entre las que se tiene:

- ✓ Parques eólicos
- ✓ Centrales geotérmicas
- ✓ Centrales solares de alta temperatura
- ✓ Centrales marinas
- ✓ Centrales solares fotovoltaicas

Energía Solar

Según (Cabello Quiñones, 2006, pág. 26), menciona que “la radiación solar existe en el planeta como resultado de la captación de radiaciones electromagnéticas provenientes del Sol; la superficie terrestre capta sólo una parte de esta energía radiante, aproximadamente un 15%, ya que el resto la refracta a la atmósfera”. A la radiación solar también se la conoce como constante solar es decir que la constante solar es la cantidad de energía calorífica que llega a la tierra a través de la atmósfera proveniente del sol y este poder energético es captado en los paneles solares fotovoltaicos para en lo posterior ser convertida en energía eléctrica.

La radiación solar muestra que la fuente es permanente en el día pero la energía absorbida por la superficie de la tierra es mínima, ya sea por refracción o convección, la presencia de las nubes es un factor influyente en la pérdida de energía, dado que la emisión de radiación solar es permanente, diaria, inagotable, se formula la captación de energía solar, como una forma alternativa, renovable, limpia, sin contaminación o residuos al ecosistema.

El sistema de generación de energía solar, se desarrolla a través de tecnología de punta, con paneles fotovoltaicos, siendo éstos los que generan energía eléctrica bajo la acción del flujo luminoso permanente de los rayos solares. Los paneles se disponen en forma tal, que obtengan la mayor cantidad de luminosidad durante gran parte del día; la radiación obtenida se concentra en las células fotovoltaicas, que son láminas de aproximadamente 400 micras, las que procesan la radiación, generando energía eléctrica limpia, sin impacto sobre el medio ambiente, como son otras formas de generación de electricidad. Además de la electricidad, las células fotovoltaicas pueden producir calefacción en invierno y aire frío en verano; proveer de agua caliente, mantener piscinas temperadas, saunas, jacusi, spa, y otros durante todo el año, sin costos ambientales.

Ventajas de la energía solar

Las Ventajas que presenta esta energía alternativa son las siguientes:

- Energía solar permanente en el ecosistema
- Recurso renovable y de libre acceso
- Calefacción en invierno y refrigeración en verano
- Introducción de energía limpia al ecosistema
- Aprovechamiento máximo de energía solar
- No producen desechos o residuos
- Costo nulo en descontaminación
- Reúne elementos arquitectónicos innovadores
- Creación e indagación de tecnología moderna e innovadora

Desventajas de la energía solar

Según (Cabello Quiñones, 2006, pág. 27), “si bien es cierto que las ventajas comparativas parecen innegables, la implementación de esta tecnología es aún elevada en sus costos iniciales, por tanto es una limitante a considerar, en especial en los países en desarrollo”.

En América Latina, los costos de instalación de proyectos de generación de energía eléctrica a través de los sistemas fotovoltaicos son relativamente altos por lo que solo se localizan en pequeñas comunidades de nuestro país donde no tienen la accesibilidad del sistema interconectado. Entre las desventajas, se pueden considerar las siguientes:

- Inversión tecnológico inicial elevado
- Investigación interdisciplinaria
- Creación de centros de investigación y equipos humanos
- Ingeniería aplicada
- Ingeniería integrada

Sin embargo, estas variables mencionadas, en ningún caso significan un impedimento en sociedades industrializadas generadoras de tecnología y la consiguiente transferencia a comunidades emergentes. La relevancia de esta energía alternativa sustentable, es que no produce daño ambiental ya que carece de residuos y emisiones a la atmósfera.

Paneles fotovoltaicos

Según (Porras & Ramírez, 2015, pág. 8), menciona que “los paneles permite la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un equipo llamado módulo o panel fotovoltaico. Los paneles solares son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado”.

Los paneles fotovoltaicos constan de vidrio templado y anti reflejante marco de aluminio, caja de terminales y células solares de silicio los mismos que realizan la transformación de energía calorífica en energía eléctrica, se basa en la aplicación del efecto fotovoltaico que se produce al incidir la luz en las celdas semiconductoras, de esta manera es aprovechada de flujo de electrones en el interior de las celdas para producir energía eléctrica en corriente continua que para las aplicaciones domésticas se lo puede utilizar un inversor, el mismo dispositivo lo transforma de corriente continua a corriente alterna.

Tipos de paneles fotovoltaicas

Existe en el mercado fotovoltaico una gran variedad de fabricantes y modelos de módulos solares, según el tipo de material empleado para su fabricación, se clasifican en:

Monocristalino

(Porras & Ramírez, 2015, pág. 9), menciona que “el rendimiento de las células de silicio monocristalino suele variar entre el 20% y el 23%. Es difícil construirlas, lo cual aumenta su precio. La estructura atómica es muy ordenada y tiene un color negro o azul metálico”. Como muestra la figura 1, el cual es bastante perfecto de alineación de todos los componentes de cristal que se ha controlado el crecimiento para que se formará en una sola dirección.

Figura 1: Panel solar monocristalino



Fuente: Tomadas de ENERSAC

Policristalino

Según (Porras & Ramírez, 2015, pág. 10), menciona que “el rendimiento varía entre el 12% y el 20%. La estructura atómica no es tan ordenada como ocurre con el monocristalino, lo cual le hace perder rendimiento”. Estos paneles son obtenidos a través de un cristal de silicio del cual no se ha controlado su crecimiento, de esta manera el cristal crece en todas las direcciones creando un conjunto de cristales diferentes unidos entre sí, como se muestra en la figura 2.

Figura 2: Panel solar policristalino



Fuente: Tomadas de ENERSAC

Amorfo

Según (Porras & Ramírez, 2015, pág. 10), menciona que “su rendimiento es inferior al 10%. La estructura atómica es bastante desordenada. Pero su fabricación es más sencilla que con los monocristalinos y policristalinos, lo cual, lo hace más barato”. Como se ilustra en la figura 3, se produce cuando el silicio no se cristaliza y se deposita sobre una capa fina, son fáciles de producir a gran escala, pero la eficiencia es mucho menor a los paneles monocristalino y policristalinos.

Figura 3: Panel solar amorfo



Fuente: Tomadas de ENERSAC

Reguladores de carga

Según (Solar, 2016, pág. 1), menciona que “el regulador de carga tiene la misión de regular la corriente que absorbe la batería para que nunca se sobrecargue, y se llega al valor de la tensión máxima admitida corta el flujo de la corriente hacia la batería”.

Los paneles fotovoltaicos tienen un voltaje nominal superior al voltaje nominal de las baterías, entonces la misión del regulador, evita que debido a una sobrecarga excesiva proporcionada por el panel pueda causar perjuicios en algún momento en acumular.

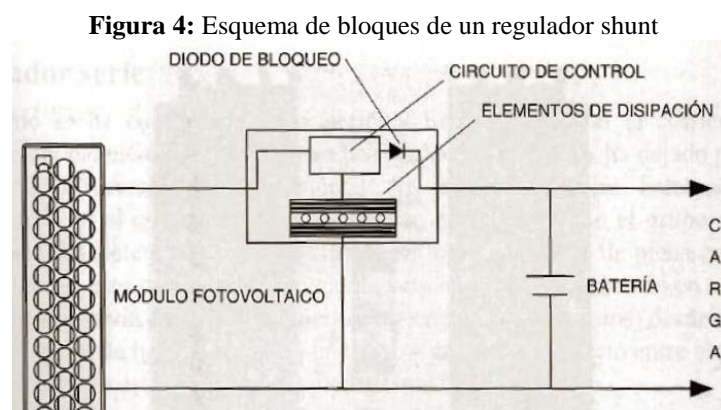
En un sistema fotovoltaico no solo es necesario los paneles solares y la batería ya que en el procesos de carga y descarga de los acumuladores se necesita de un regulador de carga ya que los paneles solares están diseñados, para brindar un voltaje más elevado que los admisibles por las baterías ya que si no se instalara los reguladores existirían sobretensiones lo cual produciría que las baterías lleguen a fallar.

Tipos de reguladores

Hay diferentes tipos de reguladores en función del principio de funcionamiento.

Regulador Shunt

Estos dispositivos están colocados en paralelo con el grupo solar y el sistema de baterías, detectan la tensión de los bornes de la batería, ese potencial alcanza un valor establecido y crean una vía de baja resistencia a través del grupo solar derivando con ello la corriente y apartándolas de las baterías. El principio es que un diodo en serie, situado entre el regulador en derivación y la batería impide que la corriente de la batería retome a través del regulador o del grupo solar como se puede apreciar en la figura 4, en el mismo que tenemos el esquema de bloques del regulador.



Fuente: Tomada del libro E. Alcor

Regulador serie

Se basa en la regulación en serie, en la que el grupo solar se desconecta de sistema de baterías cuando se logra un estado de plena carga, es decir que este sistema funciona como un interruptor conectado en serie que proporciona una vía de baja resistencia desde el grupo solar al sistema de baterías durante el proceso de la carga, y un circuito abierto entre el grupo solar y las baterías cuando esta se encuentra plenamente cargada como se ilustra en la figura 5.

Figura 5: Esquema de bloques de un regulador shunt



Fuente: Tomado de la Energía solar

Baterías

Según (Alcor, 2005, pág. 44) “Este dispositivo tiene la finalidad de transformar de energía potencial química en energía eléctrica, los mismos que se componen de dos electrodos sumergidos en un electrolito donde producen las reacciones químicas en los procesos de carga o descarga”. Las baterías tienen la función de proporcionar energía en el caso de que hubiera situaciones imprevistas en los sistemas de generación, la capacidad de las baterías se mide en amperios- hora para un tiempo determinado de descarga, en el mercado se encuentran diferentes tipos de baterías pero generalmente existen dos grandes grupos las de níquel-cadmio (Ni-Cd) y las de plomo-acido, las baterías de (Ni-Cd) son de cualidades excepcionales, pero se usan con menor frecuencia debido al elevado costo, mientras que las baterías de plomo-acido, estas son más usadas para las aplicaciones solares debido a que son adaptables para cualquier corriente de carga, los mismos son de menor precio.

Tipos de baterías

Hay diferentes tipos de reguladores en función del principio de funcionamiento.

Baterías de níquel-cadmio

Según (Alcor, 2005, pág. 58) “estas baterías de Ni-Cd o alcalinos tiene una resistencia muy baja, presentan una disponibilidad muy grande para soportar descargas elevadas, la tensión

por el elemento es descarga se mantiene mucho más estable”. Estas baterías presentan una vida mucho más larga y puede resistir descargas altas, las baterías Ni-Cd es de 1.2 V nominales por lo tanto estas están formadas por 10 secciones formados en serie.

Baterías de plomo-acido

Este tipo de baterías plomo-acido son generalmente utilizados debido a su menor costo, disponen de un mantenimiento necesario debido a que al descargarse la batería pierde agua de las placas positivas en su proceso químico, estas baterías cada celda está compuesta de u voltaje nominal de 2 V, por ende deben estar formada por 6 secciones formadas en serie, las baterías plomo-ácidos en su trabajo a 20°C la capacidad disponible es de apenas 50%.

Baterías de gel

Este tipo de baterías no tienen la necesidad de realizarse mantenimiento debido al hecho de que estas están dotadas de un electrolito en forma de gel, funcionamiento de las baterías de gel es que se recombina el oxígeno liberado por las placas positivas con el hidrógeno, a través del electrolito y por las reacciones electroquímicas se convierte en agua, por lo cual no necesita revisión de agua.

Medición de la radiación solar

Según (Carrasco, 2013, pág. 21), “para la medida de radiación solar se utilizan los radiómetros, los cuales pueden ser de dos tipos: piranómetros y pirheliómetros. La forma principal de actuación de estos sensores es la conversión de la energía proveniente del sol en otro tipo de energía, principalmente eléctrica”.

Para medir la radiación incidente del sol existen diferentes equipos, uno de ellos es los radiómetros, los cuales se clasifican según diversos criterios: el tipo de variable que se pretende medir, el campo de visión, la respuesta espectral, el empleo principal a que se destina.

Piranómetro

Según (Carrasco, 2013, pág. 27), menciona que “el Piranómetro es un instrumento meteorológico cuya función principal es filtrar la radiación infrarroja procedente de la atmósfera y la radiación de onda corta procedente del sol, evitando que alcance al receptor”.

Generalmente la radiación global se mide sobre una superficie horizontal con un instrumento de medida denominado piranómetros. La mayoría de los piranómetros se basan en la medida de la diferencia de temperaturas entre dos superficies, una blanca y otra negra, encerradas en una cámara semiesférica de vidrio como se muestra en la figura 6.

Figura 6: Piranómetro



Fuente: Tomada de revista científica SciELO

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿Con la implementación del módulo didáctico permitirá variar la intensidad de radiación simulada y el ángulo de inclinación del panel solar para comprobar curvas de eficiencia en los paneles fotovoltaicos para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica?

Operacionalización de variables

Variable independiente: Con la implementación del módulo didáctico permitirá tener una herramienta práctica, para variar la radiación y el ángulo de inclinación.

Tabla 2: Variable independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos
1. Radiación solar incidente.	Radiación en vatios sobre metro cuadrado.	Área del panel solar fotovoltaico. Radiación forzada por los focos incandescentes.	Medición. Observación.	Piranómetro. Solar Tester SM206.

2. Ángulo de inclinación.	Control de grados en el eje X & Y.	Posicionamiento del panel solar fotovoltaico	Medición. Observación.	Acelerómetro.
---------------------------	------------------------------------	--	------------------------	---------------

Fuente: Elaborado por los autores

Variable dependiente: Permitirá obtener mayor eficiencia

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumentos
1. Eficiencia del panel solar.	Cantidad de energía aprovechada.	Porcentaje.	Medición. Observación.	Programación en el software LabVIEW.

Tabla 3: Variable independiente

Fuente: Elaborado por los autores

10. METODOLOGÍAS

Para la elaboración del módulo didáctico intervienen algunos instrumentos, como el método científico experimental, así como técnicas específicas de diseño para poder llevar a cabo el proyecto de investigación.

Equipos e instrumentos a emplear

En esta sección se presentan los equipos e instrumentos utilizados para la obtención de datos del panel fotovoltaico requeridos para evaluar la eficiencia y curvas características.

Microprocesador Arduino Uno

Según (Arduino, 2017, pág. 1), “El Arduino Uno es una plataforma de código abierto utilizada para la construcción de proyectos electrónicos, consiste en una plataforma de circuito programable física y una pieza de software o IDE.”

Arduino UNO es una placa electrónica basada en el microprocesador Atmega328, figura 7. Cuenta con 14 pines digitales de entrada/salida (de los cuales 6 pueden ser utilizados como salidas PWM), 6 entradas analógicas, una conexión USB, un conector de alimentación, y un botón de reinicio, el software IDE utiliza una versión de lenguaje de programación C++ el cual se ejecutan en un computador donde se puede programar y cargar los códigos desde el computador a la placa, las especificaciones técnicas se detallan en la tabla 4.

Figura 7: Arduino Uno

Fuente: Tomado de librería Arduino

Tabla 4: Características del Arduino UNO

Características técnicas de la placa Arduino UNO	
Descripción	especificación
Microcontrolador	Atmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (limite)	6-20V
Pines de E/S digitales	14
Pines de E/S digitales de PWM	6
Clavijas de entrada analógica	6
Corriente DC por pin E/S	20mA
Corriente DC para 3,3V pin	50mA
Memoria flash	32KB
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Velocidad de reloj	15 MHz
LED_BUILTIN	13
Longitud	68,6 mm
Anchura	53,4 mm
Peso	25 g

Fuente: Elaborado por los autores

Panel policristalino Gi-power

Los paneles policristalinos tienen una eficiencia aceptable para su correcta aplicación, las características técnicas del panel solar policristalino Gi-power se indican en la tabla 5.

Para calcular el área de un panel fotovoltaico depende de las celdas conectadas en serie o paralelo según las especificaciones técnicas de los paneles, en este caso es un panel policristalino Gi-power de 100 Vatios figura 8, el mismo están conectadas en serie de 36 celdas (9*4), para calcular el área del panel, se utiliza la ecuación [1].

$$A = l * a \quad \text{Ecuación: [1]}$$

Donde A es área del panel fotovoltaico (m^2), l es el largo del panel fotovoltaico (m) a es el ancho del panel fotovoltaico (m).

Figura 8: Panel policristalino Gi-power



Fuente: Tomados de Gi-Power

Tabla 5: Características del panel fotovoltaico policristalino Gi-power

Panel Policristalino (Gi-power)	
Características técnicas	
Especificaciones eléctricas	
Modelo	GP-0100P-36
Potencia máxima	100 W
Eficiencia de celdas	17,64%
Voltaje a potencia máxima	18,7 V
Corriente a potencia máxima	5,35 A
Voltaje a circuito abierto	22,3 V
Voltaje de cortocircuito	5,69 A
Tolerancia de potencia	±3%
Voltaje máximo del sistema	800 V
Coefficiente de temperatura	
Coefficiente de la corriente térmico $\alpha(I_{sc})$	0,08 %/°C
Coefficiente del voltaje térmico $\beta(V_{oc})$	(-0,32%/°C)
Coefficiente de potencia térmica	(-0,38%/°C)
Temperatura nominal de celdas	46±2°C

Rango de temperatura de aplicación	(-40~+85°C)
Características mecánicas	
Dimensiones	1015*670*30 mm
Peso	7,2Kg
Células solares	36 celdas en serie 4*9
Construcción	Vidrio templado de baja transmisión de baja emisividad, EVA, TPT/TPE
Marco	Aluminio anodizado y color plateado

Fuente: Elaborado por los autores

Medición del voltaje del panel fotovoltaico (Sensor de voltaje SHT-166)

Para medir el voltaje de panel se utiliza el sensor de voltaje SHT-166 como se muestra en la figura 9, el dispositivo empleado funciona con el principio de divisor de tensión y su rango de captación es de 0 a 25 voltios.

El modulo funciona con el principio de divisor de tensión resistivo por lo que puede hacer el valor de entrada del voltaje hasta 5 veces más pequeño, debido a las características técnicas del sensor, por ejemplo si se está utilizando un Arduino de 5 voltios, la detección de la tensión de entrada del módulo de tensión no debe ser superior a 5 voltios.

Características:

- Rango de entrada del voltaje: DC 0-25 V
- Rango de detección de voltaje: DC 0.02445 V-25 V
- Resolución analógica de voltaje: 0.00489 V

Figura 9: Sensor de voltaje SHT-166



Fuente: Tomadas de la librería de Arduino

Medición de corriente del Panel Fotovoltaico (Sensor de corriente allegro ACS712 ELCTR 30A ± 30A)

Para la medición de la corriente que se genera en el panel fotovoltaico donde es necesario hacer una conexión en serie al panel fotovoltaico.

El sensor ACS712 de Allegro figura 10, es un sensor de corriente por efecto hall, que sirve para medir la corriente en AC o DC, su principio de funcionamiento es transformar un campo magnético surgido del paso de la corriente por un alambre de cobre interno en el sensor, convirtiendo dicho campo magnético en un voltaje variable, es el sensor que mide hasta 30 amperios dependiendo del amperaje sentido la variación del voltaje en su pin de salida analógica es de 0 a 5 voltios.

Figura 10: Sensor de corriente allegro ACS712TELC 30A \pm 30A

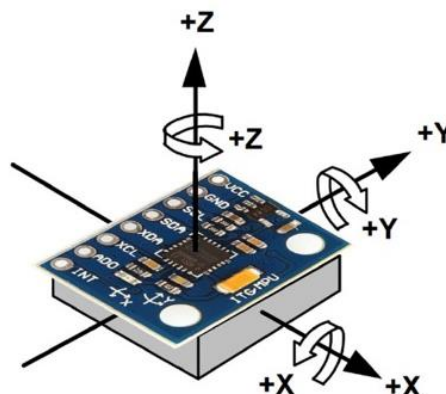


Fuente: Tomadas de la librería de Arduino

Medición del ángulo de inclinación del panel solar fotovoltaico (Módulo acelerómetro y giroscopio 3 ejes MPU 6050)

EL MPU6050 figura 11, es un dispositivo que permite la medición inercial, de 6 grados de libertad, los mismos que combinan un acelerómetro de 3 ejes, con el que medimos los tres componentes X, Y y Z de la aceleración, y un giroscopio de 3 ejes, con el que podemos medir la velocidad angular como se indica en la figura 11, en nuestro caso tiene la combinación interna de giroscopio y acelerómetro para sacar el ángulo en el que se refleja, la programación para combinar se encuentra en el anexo 3 (3 de 4).

Figura 11: Módulo acelerómetro y giroscopio 3 ejes MPU 6050



Fuente: Tomadas de la librería de Arduino

Características

- Voltaje de alimentación 3-5V
- Interfaz digital: I2C Digital
- Sensor angular de 3 ejes (giroscopio)
- Acelerómetro de 3 ejes con una presión programable
- Dimensiones 14x 21mm

Medición de radiación incidente sobre el Panel Fotovoltaico

Para medir la radiación incidente del sol en el panel fotovoltaico se utiliza el piranómetro SP-110 figura 12, es un dispositivo de alta precisión que convierte la radiación solar en voltaje por unidad de área en el rango de 0.2 (mV/m²) a 220 (mV/ m²), estos voltajes de salida del dispositivo son niveles demasiado bajos para que la placa de Arduino los detecte. Mediante el uso de un amplificador operacional (AS358P-E1), el cual requiere dos etapas de amplificación, se amplifica la señal para que el voltaje sea detectado por el Arduino. Luego se predefine el valor de las resistencias R1 y R2 por valores disponibles comercialmente de 910 KΩ y 100 KΩ respectivamente donde se obtiene:

$$V_{out} = V_{in} \cdot (1010) \quad \text{Ecuación: [2]}$$

Reemplazando la ecuación [2] en la ecuación [6] se tiene:

$$G = \left(\frac{V_{out}}{1010} \right) \cdot \left(\frac{1100}{220} \right) \quad \text{Ecuación: [3]}$$

La ecuación anterior [3] representa el valor de la radiación solar G (W/m²) en la placa electrónica en Arduino.

Potencia de un panel fotovoltaico

Para calcular la potencia eléctrica de una panel fotovoltaico es multiplicando el valor del voltaje por el valor de la intensidad de la corriente que se genera en el panel fotovoltaico, como resultado del mismo se obtiene la potencia activa. Para realizar ese cálculo matemático se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = V \cdot I \quad \text{Ecuación: [4]}$$

Donde P es la potencia activa del panel fotovoltaico (W), V voltaje del panel fotovoltaico (V) e I corriente del panel fotovoltaico (A).

Eficiencia de un panel fotovoltaico

La eficiencia del panel fotovoltaico, es el porcentaje de potencia convertida en energía eléctrica de la energía solar total absorbida por el panel. Este término se calcula usando la ecuación [5]:

$$n = \frac{P}{G.A} \quad \text{Ecuación: [5]}$$

Donde P es la potencia del panel fotovoltaico (W), G la radiación actual del sol (W/m^2) y A el área del panel fotovoltaico (m^2).

Piranómetro SP-110

El Piranómetro es un instrumento meteorológico utilizado para medir la radiación solar incidente sobre la Tierra (vatios por metro cuadrado), expresando su salida en mV según la intensidad del Sol. En este caso, se tiene un rango de 0.2 (mV/m^2) a 220 (mV/m^2), donde el máximo voltaje representa la radiación solar de 1100 (W/m^2), las características técnicas se encuentra en la tabla 6. Para el programa se utiliza la siguiente relación:

$$G = Vin. \frac{1100}{220} \quad \text{Ecuación: [6]}$$

Donde G radiación actual del sol (W/m^2) y Vin tensión de salida del Piranómetro (mV/m^2).

Figura 12: Piranómetro SP-110



Fuente: Tomadas de Pyranometer SP-110

El piranómetro arroja una señal muy baja, que el microcontrolador Arduino no le detecta para para lo cual se realizó dos etapas de amplificación, el circuito de amplificación se muestra en el anexo 2 A, de ese modo se realizó su respectiva programación y se obtuvo una señal deseada, dando como resultado de la radiación en vatios sobre metro cuadrado como se ve en el numeral 11. Para poder verificar la señal arrojada por el piranómetro, tuvimos la necesidad de adquirir el dispositivo solar power meter SM206 como se muestra en el anexo 2 F , el mismo que capta y lo refleja la radiación en vatios sobre metro cuadrado, la calibración respectiva se muestra en el anexo 7 P.

Tabla 6: Características técnicas del Piranómetro sp 110

Piranómetro apogee Logan ut SP-110 4860	
Características técnicas	
Especificación	Rango de operación
Presión absoluta	$\pm 5\%$
Uniformidad	$\pm 3\%$
Repetibilidad	$\pm 1\%$
Salida	Responsividad: 0,20 mV por W/m ² A pleno sol: 220 mV(1100 W/m ²) Rango lineal: 0 - 350 mV (0-1750 W/m ²); 1,75* full
Sensibilidad	Rango de exactitud de calibración: 5,00 W/m ² * mV
Materiales	Molde de aluminio anodizado y lente acrílico
Potencia de entrada	Ninguno, autoalimentado
Entorno operativo	(-25 a 55°C 0 a 100% de humedad relativa) Diseñado para el uso continuo en exteriores Puede sumergirse en agua
Cable	5 metros de alambre de par trenzado Escudo de lámina Cable adicional está en múltiples de 5 metros
Dimensiones	2,4 cm de diámetro por 2,75 cm de alto
Masa	70 g (con 3 m cable conductor)

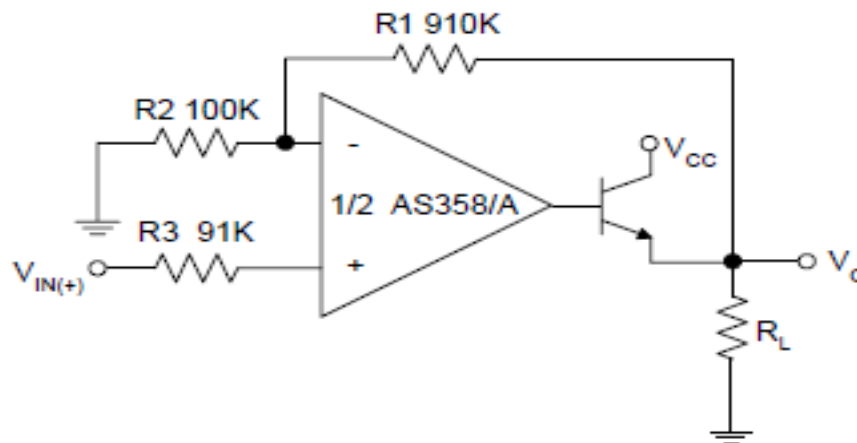
Fuente: Elaborado por los autores

Amplificador de Tensión

El amplificador de tensión permite la amplificación de voltaje, figura 13. La tensión de entrada se aplica al pin positivo, en el mismo que el Vin es el voltaje arrojado por el piranómetro, para calcular la relación que existe entre el voltaje de salida con el voltaje de entrada se usa un pequeño divisor de tensión utilizando la ecuación 7.

Mediante la utilización del amplificador as358p-e1, se realizó la amplificación de voltaje generado por el piranómetro, el cual fue necesario realizar dos etapas de amplificación ya que con solo una etapa de amplificación la señal producida por el piranómetro no logro ser detectada por la entrada analógica de la tarjeta Arduino, la entrada del voltaje es captada por el pin 3 y la salida del voltaje amplificada entrega mediante el pin 7, es por ello que se optó realizar la segunda etapa de amplificación, en el cual el segundo amplificador lo recibe la señal con la ganancia de la primera amplificación a través del pin 3 y lo entrega mediante el pin 7, el mismo que es una señal considerable para que detecte el Arduino, el circuito de amplificación se muestra en el anexo 2 A.

Figura 13: Circuito amplificador no inversor



Fuente: Tomadas de Motorola Dual Low Power Operational Amplifiers

La relación del amplificador operacional no inversor está dada por la ecuación siguiente:

$$V_{out} = V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad \text{Ecuación: [7]}$$

Donde V_{out} es voltaje de salida, V_{in} es voltaje de entrada, R_1 y R_2 resistencia de ganancia.

Regulador de carga ECO 10A

El regular de carga ECO 10A figura 14, se basa en la regulación en serie, el mismo que está diseñado para pequeños sistemas solares, su función es enviar energía regulada del sistema solar a la batería a través de una vía de baja resistencia cuando la batería está a plena carga se comporta como un interruptor y se desconecta el sistema solar con la batería, este está completamente protegida electrónicamente y ofrece una pantalla led que muestra el estado de

carga y descarga, las características técnicas del regulador ECO 10 A se especifican en la tabla 7.

Figura 14: Regulador ECO 10A



Fuente: Tomadas de phocos ECO (10A) Solar Charge Controller

Tabla 7: Características técnicas del regulador de carga ECO 10A.

Controlador de carga ECO	
Características técnicas	
Tipo	ECO10
Voltaje del sistema	12 V
Máxima carga/corriente de carga	10 ^a
Carga flotante	13,8 V (25°C)
Carga principal	14,4 V(25°C),0,5h(diario)
Protección de descarga profunda, voltaje de corte	11,0 V
Protección de sobre voltaje	15,5 V
Protección contra subtensiones	10,5 V
Máxima Voltaje del panel	30 V
Temperatura de compensación	(-4,2 mV/cell*K)
Autoconsumo inactivo	4 mA
Toma de tierra	Positiva
Temperatura de funcionamiento al ambiente	(-40 A +60°C)
Máxima altitud	4000 msnm

Tipo de batería	Acido de plomo (gel, AGM, inundado)
Sección transversal de alambre	2,5mm ²
Peso	110 g
Dimensiones	87*54*16 mm
Tipo de protección	IP 68

Fuente: Elaborado por los autores

Inversor BELTTT

El inversor es el dispositivo que cambia del voltaje de entrada de corriente continua en corriente alterna dependiendo de las especificaciones deseadas del usuario figura 15, en este caso se utiliza un inversor de 12 voltios continuos que es producido de los paneles solares, con el fin de obtener 110 voltios de corriente alterna en la salida y una frecuencia de 60Hz las especificaciones técnicas se detallan en la tabla 8.

Figura 15: Inversor BELTTT



Fuente: Tomadas de Renault

Tabla 8: Características técnicas del Inversor BELTTT.

Inversor BELTTT	
Características técnicas	
Especificación	Rango de operación
Voltaje de salida	(110-120)V alternos
Voltaje de entrada	(10-15)V continuos
Frecuencia de salida	60 Hz

Fuente: Elaborado por los autores

Motor 12 V corriente continuo

Es un motor eléctrico rotativo figura 16, es el que permite girar al sistema solar con una velocidad del motor de 50 a 70 rpm, a la velocidad necesaria para girar el ángulo necesario del sistema solar.

Figura 16: Motor 12 V corriente continua

Fuente: Tomadas de junyuauto en alibaba

Programa de visualización LabView

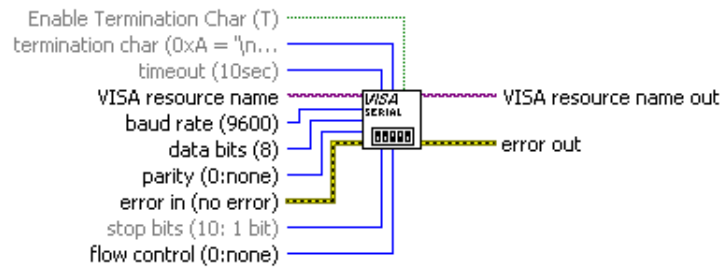
Según, (Corporation, 2017, pág. 1), menciona que “LabView es un software de ingeniería de sistemas que requiere pruebas, medidas y control con acceso rápido a hardware y análisis de datos”.

LabView tiene un entorno de programación G (gráfico), que facilita el trabajo de programación gracias a la disponibilidad de bloques prediseñados, lo que simplifica la comunicación de hardware y microcontroladores, que permite visualizar resultados en tiempo real, para la toma de medidas y control de aplicaciones de ingeniería. Con el software LabView se puede visualizar los datos proporcionados con el microcontrolador Arduino, el mismo que recibe señales analógicas, mediante un proceso lo convierte en señales digitales y lo envía al software LabView, el cual recibe las señales digitales del microcontrolador con la finalidad de entregar al usuario señales analógicas las cuales puedan ser captadas y entendidas por el ser humano, para el monitoreo y control de los elementos eléctricos y electrónicos de un sistema de ingeniería.

Desarrollo del programa en LabVIEW

Para el desarrollo del programa se requiere de la comunicación entre el microcontrolador Arduino y LabVIEW, para el reconocimiento del puerto y posterior la lectura de datos. Para la comunicación entre el Arduino y la computadora se utilizó el diagrama de bloque VISA Configure Serial Port VI figura 17, el cual permite la inicialización del puerto para poder sincronizar la computadora con la tarjeta Arduino para las posibles lecturas de datos.

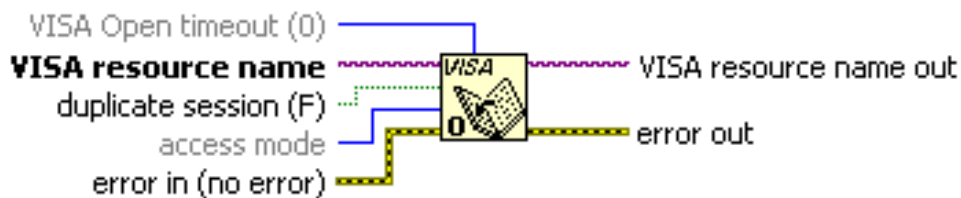
Figura 17: VISA Configure Serial Port VI



Fuente: Tomadas de National Instrument

Pero es necesario utilizar el diagrama de bloque VISA Open Function figura 18, que permite abrir una sesión y nos devuelve un identificador de sesión que nos permite a cualquier otra operación del dispositivo.

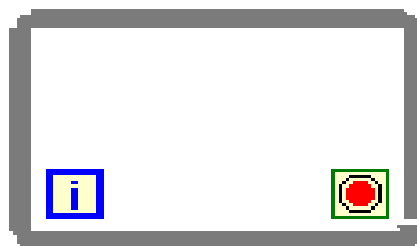
Figura 18: VISA Open Function



Fuente: Tomadas de National Instrument

Configurado el diagrama de bloque de visa, se introdujo un ciclo While Loop, el cual permite que se repita el código dentro de su subdiagrama hasta que ocurre una condición específica, y este ciclo se ejecuta al menos una vez como se muestra en la figura 19.

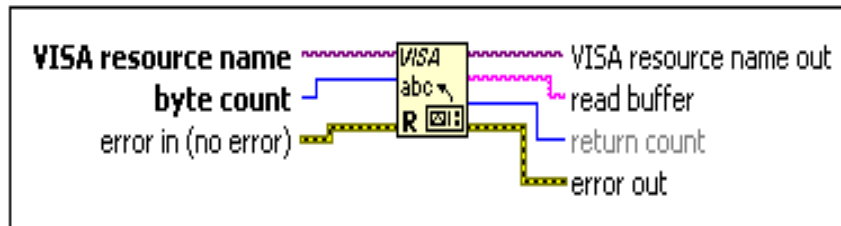
Figura 19: Ciclo While Loop



Fuente: Tomadas de National Instrument

Creado el ciclo While Loop se requiere la función VISA Read Function figura 20, la cual permite la lectura de un número especificado de bytes desde el dispositivo o la interfaz especificada y devuelve los datos en el búfer de lectura.

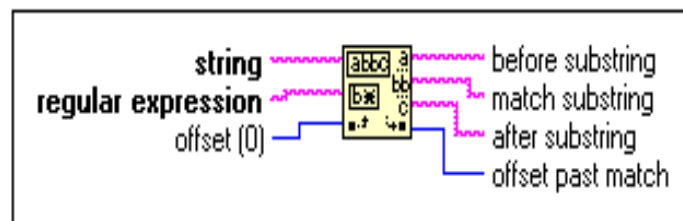
Figura 20: VISA Read Function



Fuente: Tomadas de National Instrument

La lectura de búfer está conectada al diagrama de bloques Match Pattern Function figura 21, la cual busca una coincidencia regular, si la función encuentra una coincidencia, se divide la cadena en tres subcadenas, es decir si la lectura de datos es igual a la misma lectura entonces procede a la siguiente acción. Esta función le ofrece menos opciones para hacer coincidir cadenas pero realiza más rápidamente que la función Igualar expresión regular.

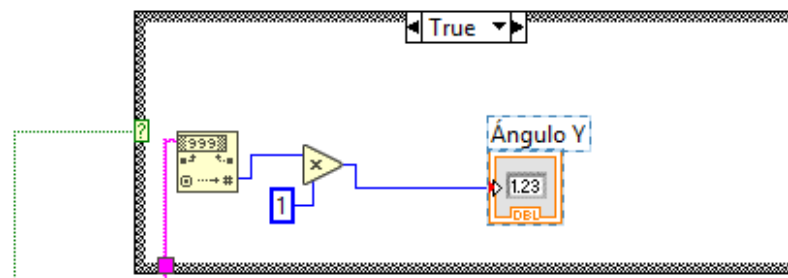
Figura 21: Match Pattern Function



Fuente: Tomadas de National Instrument

Para poder visualizar la lectura de datos de las variables se creó la función Decimal String To Number Function, la cual nos permite convertir los caracteres numéricos en una cadena, comenzando en desplazamiento, a un entero decimal y lo devuelve en número, y va conectado a un indicador numérico para poder visualizar la lectura de los datos. Esto se lo realizo dentro de un ciclo Case Structure Contiene uno subdiagrama el cual se ejecuta cuando la estructura se compone. Figura 22.

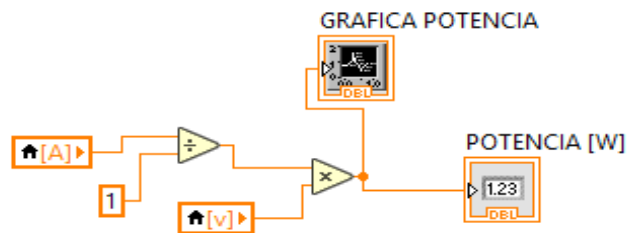
Figura 22: Decimal String To Number Function



Fuente: Tomadas de National Instrument

Para la visualización de las gráficas se requiere del diagrama de bloque Waveform Chart, la cual nos permite visualizar en función del tiempo la variable a la cual esté conectado el bloque, es decir a la lectura de datos, el cual puede tener arreglos matemáticos para poder visualizar la curva requerida como es el caso de la potencia que no es necesario tener una lectura de datos de potencia, si no; basta con tener los datos de voltaje y corriente, mediante este arreglo se puede colocar una función de multiplicar para obtener la potencia y poder visualizar, la estructura utilizada se muestra en la figura 23.

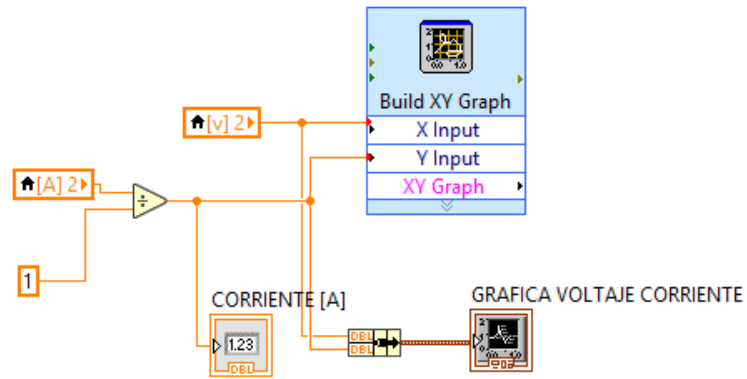
Figura 23: Grafica de curvas y arreglos matemáticos



Fuente: Tomadas de National Instrument

Para visualizar la corriente y el voltaje se utilizó la función Built XY Graph figura 24, la cual permite introducir dos variables para luego poder visualizar las curvas con respecto al tiempo, previamente realizado los arreglos matemáticos.

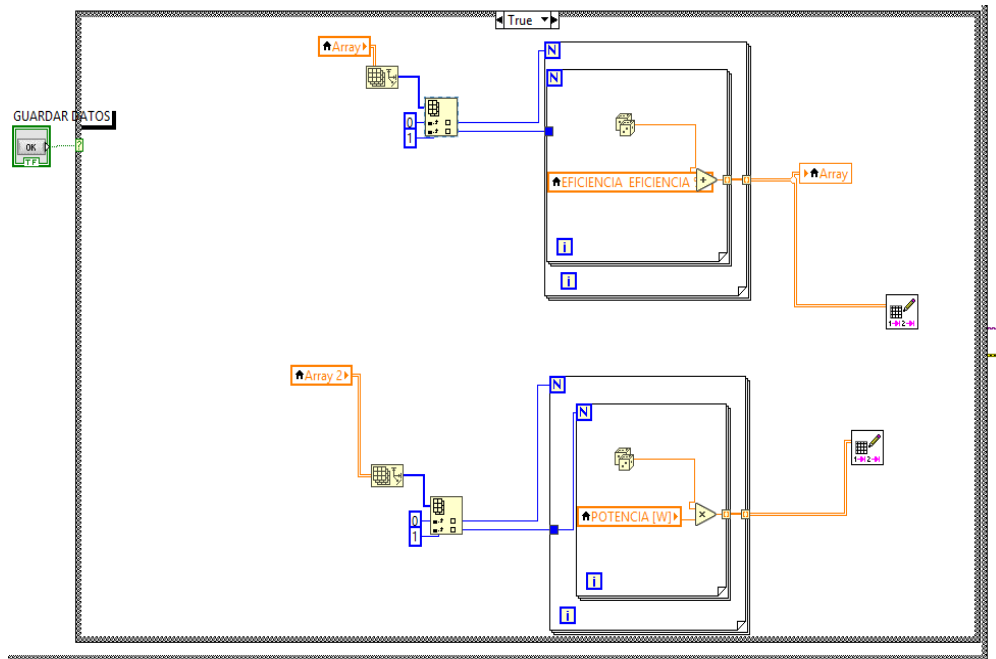
Figura 24: Built XY Graph



Fuente: Tomadas de National Instrument

Para guardar los datos de eficiencia y potencia en una hoja de cálculo Excel, se utilizó el ciclo case structure y dentro del ciclo For Loop, el cual ejecuta un subdiagrama n veces, donde n es el valor conectado al terminal de conteo (N). El terminal de iteración (i) proporciona el conteo de iteración del ciclo actual, que va de 0 a $n-1$. La toma de datos Array Size Function que tiene la función de devolver la cantidad de elementos en cada dimensión de la matriz, y esta va conectado a Index Array Function, la cual tiene la función de cambiar de tamaño automáticamente para mostrar las entradas de índice para cada dimensión en la matriz que se conecta a la matriz n -dimensión la figura 25, representa el desarrollo del diagrama de bloques de la función de guardar datos.

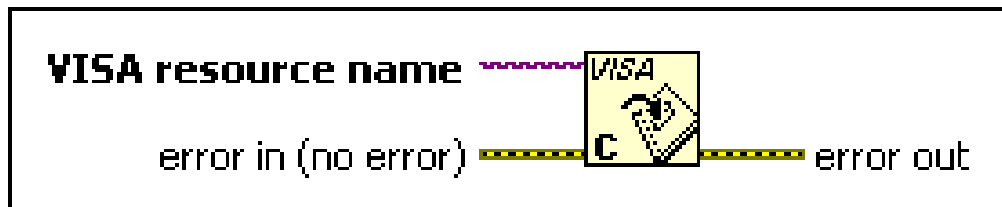
Figura 25: Diagrama de bloques de la función de guardar datos



Fuente: Tomadas de National Instrument

Para finalizar. Al final de la escritura y fuera del ciclo While loop, se le agregó la función Visa close Function figura 26, para cerrar la sesión de Visa, cerrar el puerto para dejarlo libre.

Figura 26: Visa close Function



Fuente: Tomadas de National Instrument

En el anexo 4 se muestra los elementos utilizados en el diagrama de bloques para la toma de datos, la visualización de los valores y grafica de curvas y la comunicación entre la tarjeta Arduino y la computadora.

En el anexo 2C se muestra el esquema de la placa electrónica de toma de datos y de alimentación de los sensores, además de las etapas de amplificación de tensión del piranómetro donde se utilizó el amplificador AS358P-E1, la función de la placa es recoger información leerlos en la tarjeta Arduino y enviarlos al programa LabVIEW, para poder visualizarlos en tiempo real.

Dimensionamiento del conductor de los circuitos de fuerza y control

En este acápite lo revisaremos la selección tanto de los conductores del circuito de fuerza como el conductor del circuito de control, los mismos que son utilizados con los colores de acuerdo a la normatividad.

Conductor circuito de fuerza

Para el dimensionamiento del circuito de fuerza se necesita de los siguientes datos de la ecuación 8, debido a que en ella circularan corrientes no muy elevadas.

$$A_{mm^2} = \frac{L_{(m)} * P_{(w)}}{3\%U^2_{(V)} * K \frac{m}{\Omega * mm^2}} \quad \text{Ecuación: [8]}$$

En donde A=Área del conductor. L= Largo del conductor P= potencia del generador FV. U= voltaje de trabajo. K= conductividad eléctrica cobre Caída de tensión admisible 3%.

La conductividad eléctrica cobre Caída de tensión admisible 3% es una constante dado por el fabricante (véase en la tabla 9).

Tabla 9: Conductividad de cobre y aluminio de distintas temperaturas

Material	Υ20	Υ70	Υ90
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
temperatura	20	70	90

Fuente: Elaborado por los autores

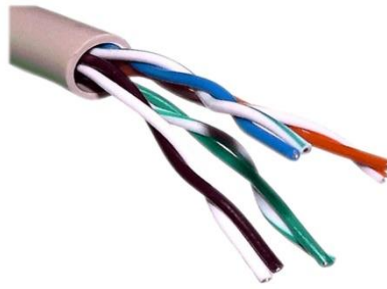
Conductor circuito de control

Para la selección de los conductores del circuito de control, se optó por las características mencionadas a continuación.

Pues depende mucho de las características de la señal y la robustez al ruido que tenga el sistema.

En el sistema no existe potenciales problemas de ruído, siempre puedes plantearte un cable UTP o STP de los que se usan para redes de internet. Como son cables muy comunes, sus precios tampoco son muy altos y son mucho más robustos ante interferencias como se muestra en la figura 27, (si usas una transmisión diferencial).

Figura 27: Cables UTP



Fuente: Tomadas de IpCenter.es

11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS)

En el presente ítem se abordara los temas involucrados con el análisis del posicionamiento del panel solar fotovoltaico en un barrido de ángulo 180° , dando como resultado en el cual arroje la mayor incidencia de la radiación solar. A continuación se detallan el análisis de los resultados obtenidos y dotados por el programa LabVIEW conjuntamente el software Arduino. Los datos fueron obtenidos y procesados en diferentes ángulos de inclinación del panel solar y con diferentes números de cargas.

En la figura 28 se muestra las variables principales para la obtención de eficiencia y potencia, en donde el ángulo de inclinación del panel solar fotovoltaico es 0° y sin focos incandescentes de la radiación forzada, dando como resultado, el comportamiento de las curvas de corriente vs voltaje (véase en la figura 34), con el comportamiento de las curvas de irradiación incidente en Vatios por metro cuadrado (véase en la figura 31), en donde los resultados arrojados del comportamiento de las curvas de la eficiencia de panel solar fotovoltaico en tiempo real es de 3.36 % (véase en la figura 33), de igual forma dando como resultado el comportamiento de las curvas de potencia con un valor de 5.94 Vatios (véase en la figura 32).

Figura 28: Control general sin focos incandescentes en un ángulo de 0°



Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 29 se muestra los datos de sensor de voltaje, sensor de corriente y de irradiación, el mismo que se reguló, la intensidad de los focos incandescentes hasta obtener la máxima intensidad de los 6 focos incandescentes en el ángulo de 0° de inclinación del panel solar.

Figura 29: Control general con seis focos incandescentes en un ángulo de 0°



Fuente: Elaborado por los autores

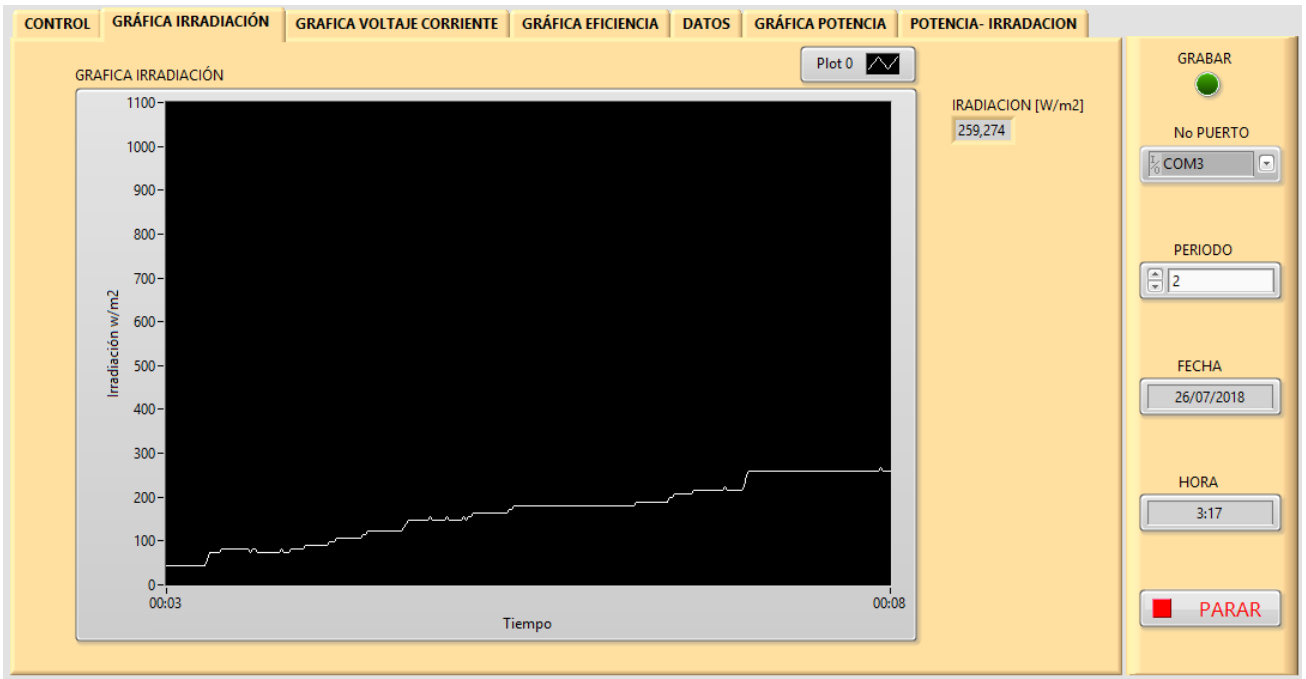
En la figura 30 se muestra los datos de sensor de voltaje, sensor de corriente y de irradiación, el mismo que se reguló, la intensidad de los focos incandescentes hasta obtener la máxima intensidad de los 7 focos incandescentes en el ángulo de 0° de inclinación del panel solar.

Figura 30: Control general con 7 focos incandescentes en un ángulo de 0°



Fuente: Elaborado por los autores

Figura 31: Comportamiento de las curvas de irradiación incidente en un ángulo de 0°



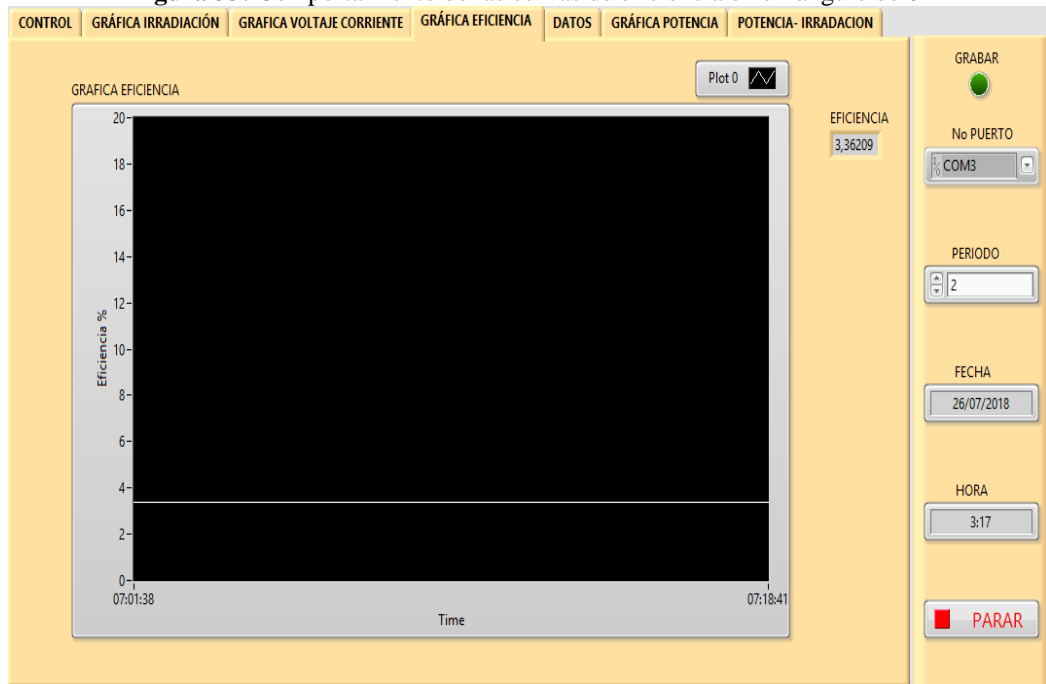
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 32: Comportamiento de las curvas de potencia en un ángulo de 0°



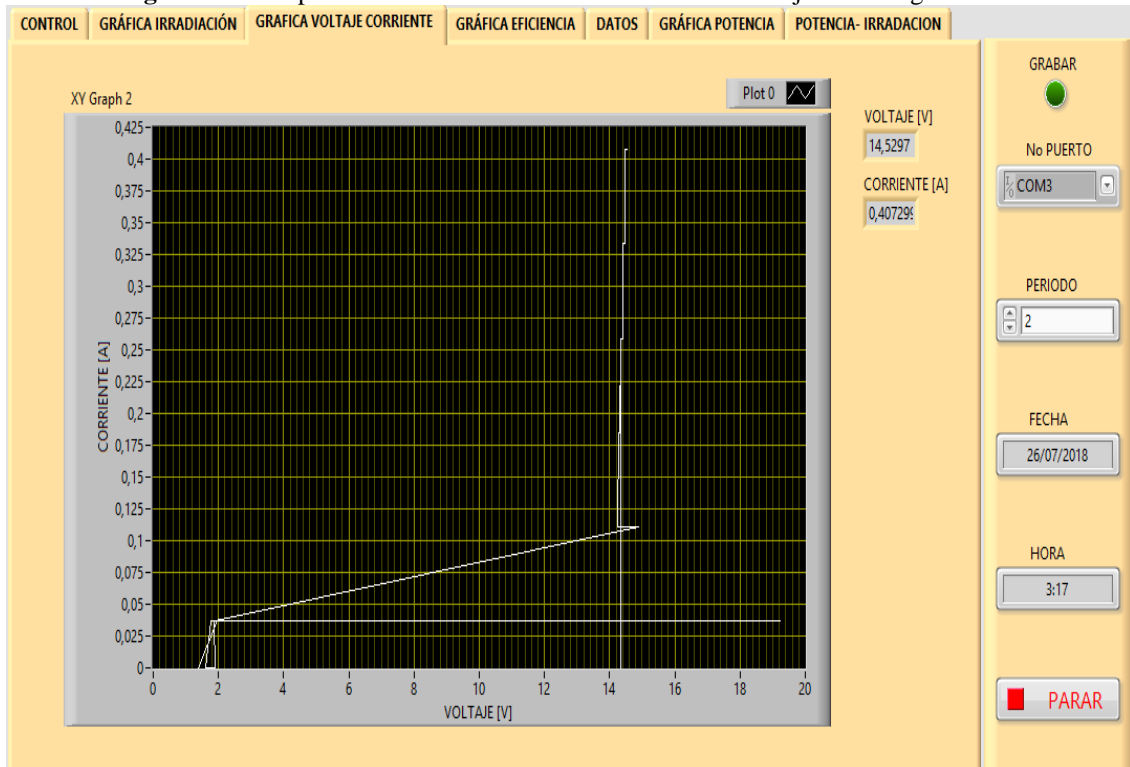
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 33: Comportamiento de las curvas de eficiencia en un ángulo de 0°



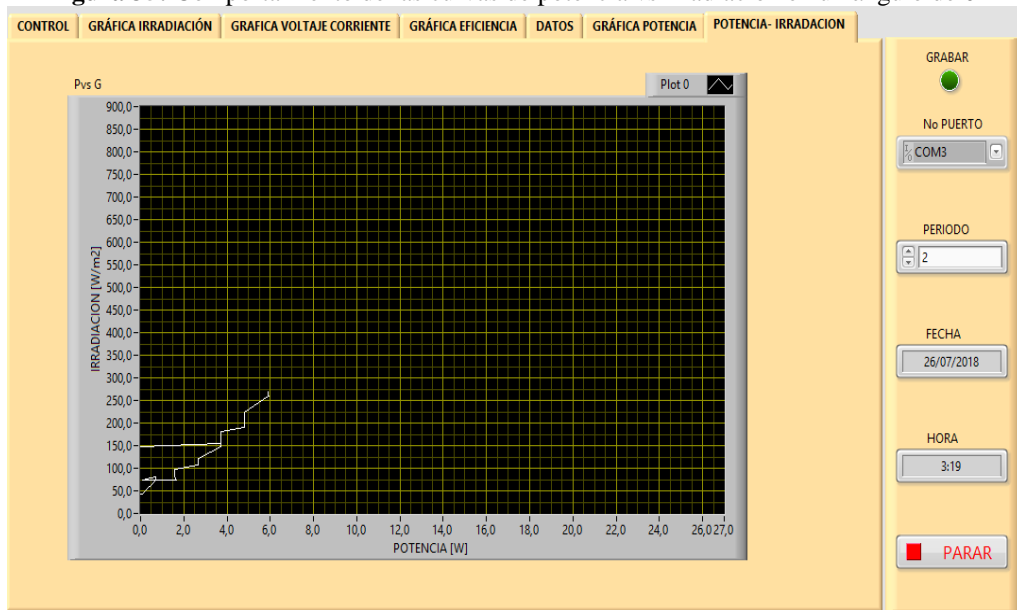
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 34: Comportamiento de las curvas de corriente vs voltaje en un ángulo de 0°



Fuente: Elaborado por los autores

Figura 35: Comportamiento de las curvas de potencia vs irradiación en un ángulo de 0°



Fuente: Elaborado por los autores

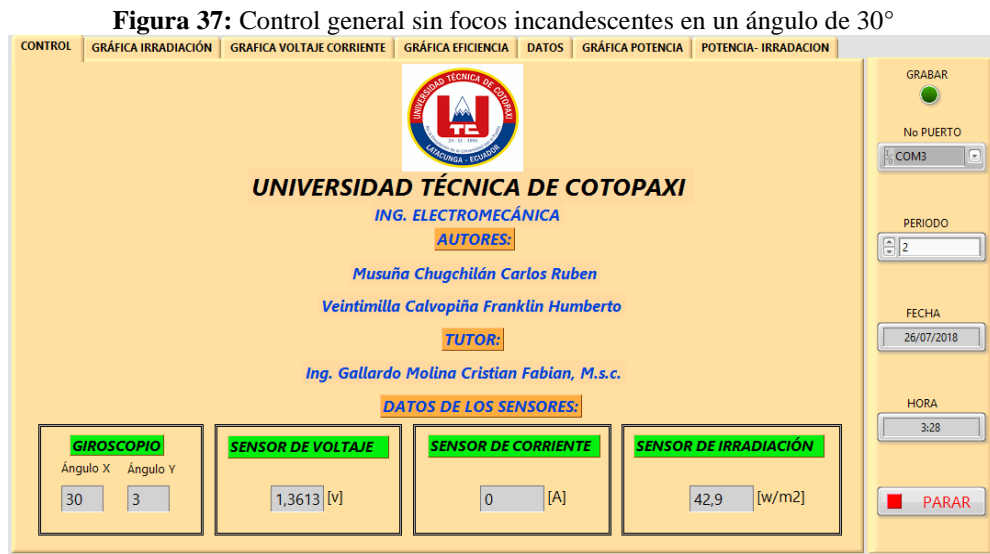
Figura 36: Comportamiento de las curvas de los datos medidos en un ángulo de 0°



Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 37 se muestra las variables principales para la obtención de eficiencia y potencia, en donde el ángulo de inclinación del panel solar fotovoltaico es 30° y sin focos

incandescentes de la radiación forzada, dando como resultado, el comportamiento de las curvas de corriente vs voltaje (véase en la figura 43), con el comportamiento de las curvas de irradiación incidente en Vatios por metro cuadrado (véase en la figura 40), en donde los resultados arrojados del comportamiento de las curvas de la eficiencia de panel solar fotovoltaico en tiempo real es de 3.38 % (véase en la figura 42), de igual forma dando como resultado el comportamiento de las curvas de potencia con un valor de 5.98 Vatios (véase en la figura 41).



Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 38 se muestra los datos de sensor de voltaje, sensor de corriente y de irradiación, el mismo que se reguló, la intensidad de los focos incandescentes hasta obtener la máxima intensidad de los 6 focos incandescentes en el ángulo de 30° de inclinación del panel solar.

Figura 38: Control general con seis focos incandescentes en un ángulo de 30°



Fuente: Elaborado por los autores

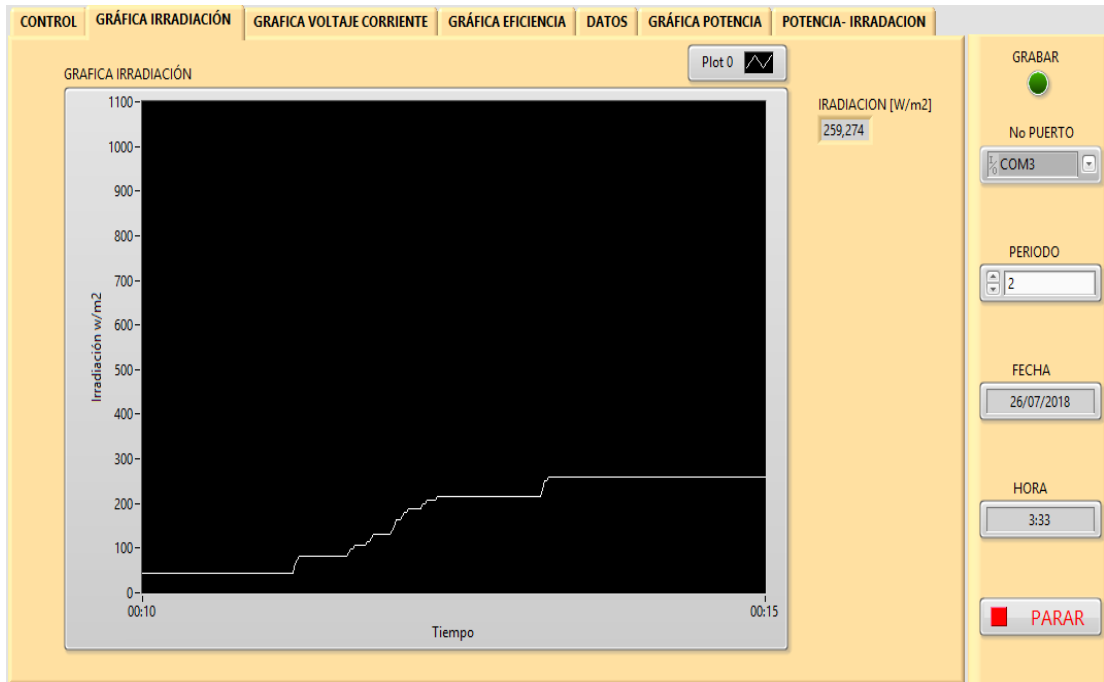
En la figura 39 se muestra los datos de sensor de voltaje, sensor de corriente y de irradiación, el mismo que se reguló, la intensidad de los focos incandescentes hasta obtener la máxima intensidad de los 7 focos incandescentes en el ángulo de 30° de inclinación del panel solar.

Figura 39: Control general con 7 focos incandescentes en un ángulo de 30°



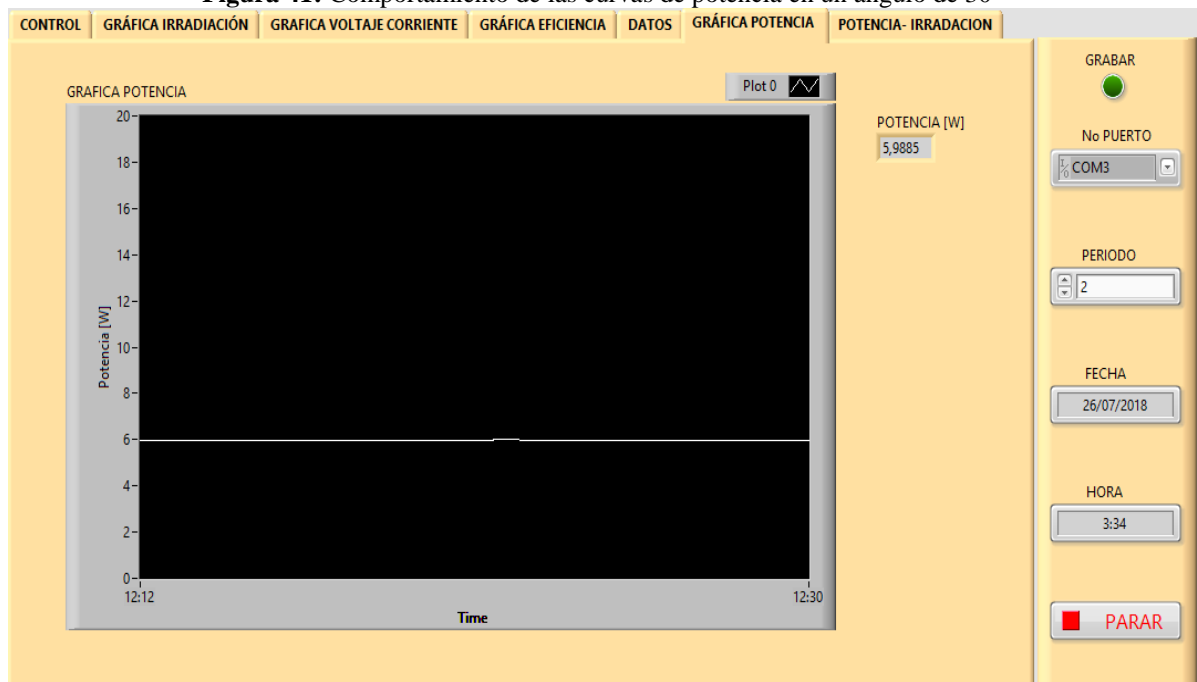
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 40: Comportamiento de las curvas de irradiación incidente en un ángulo de 30°



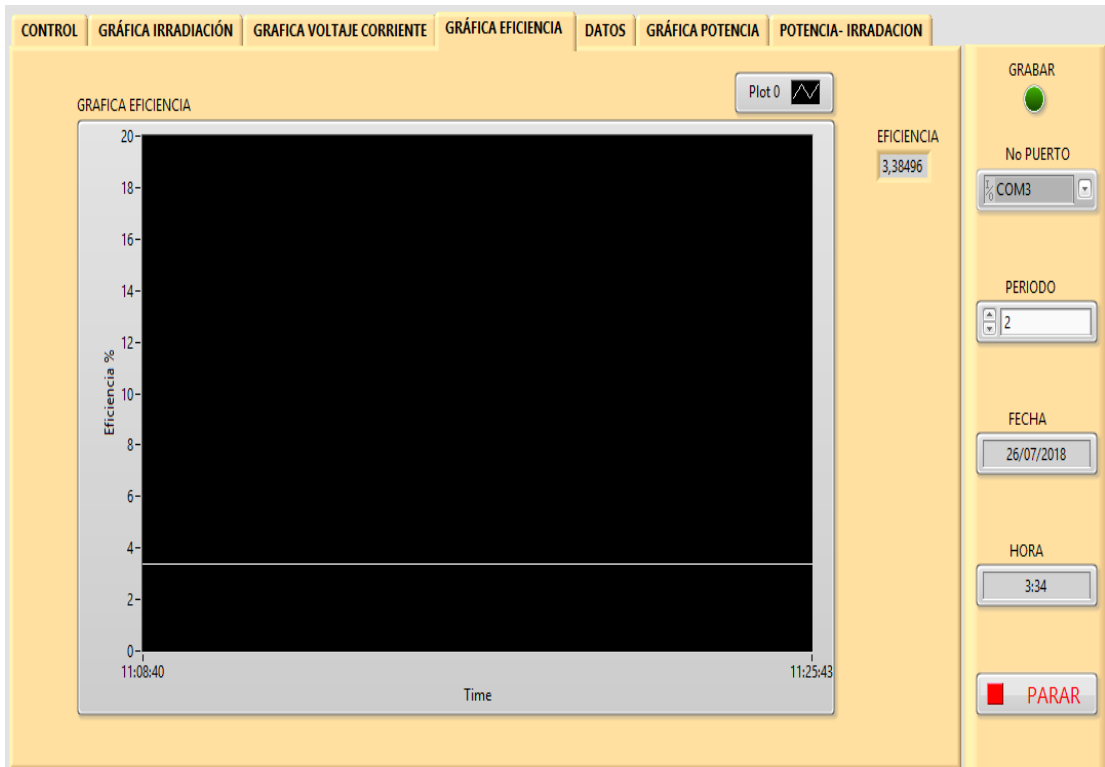
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 41: Comportamiento de las curvas de potencia en un ángulo de 30°



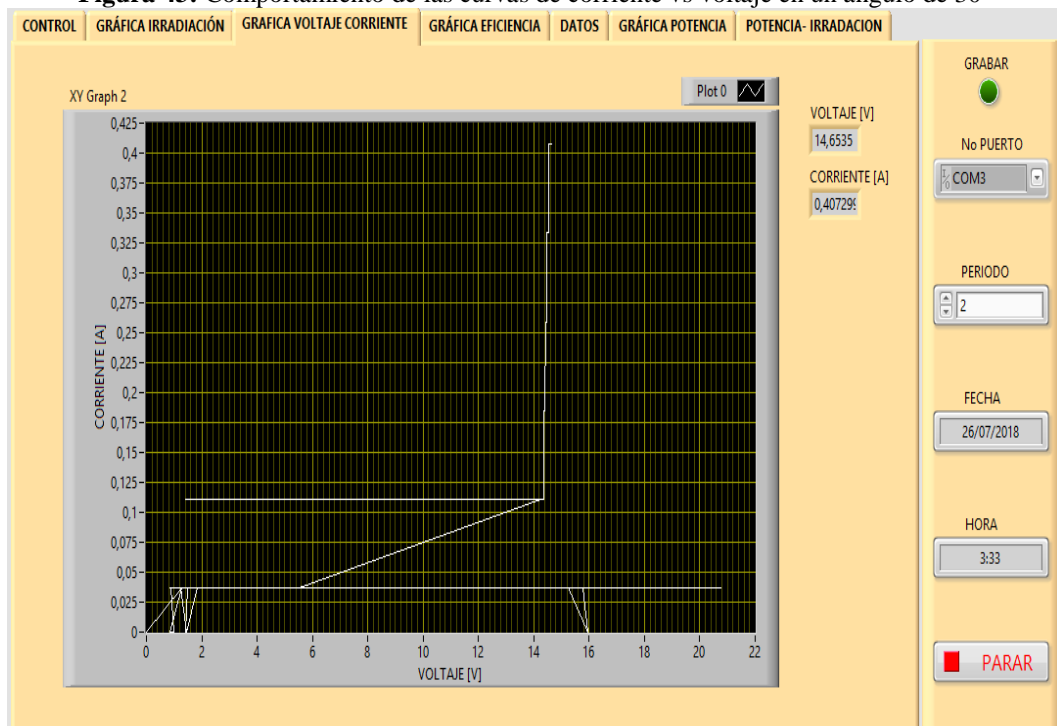
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 42: Comportamiento de las curvas de eficiencia en un ángulo de 30°



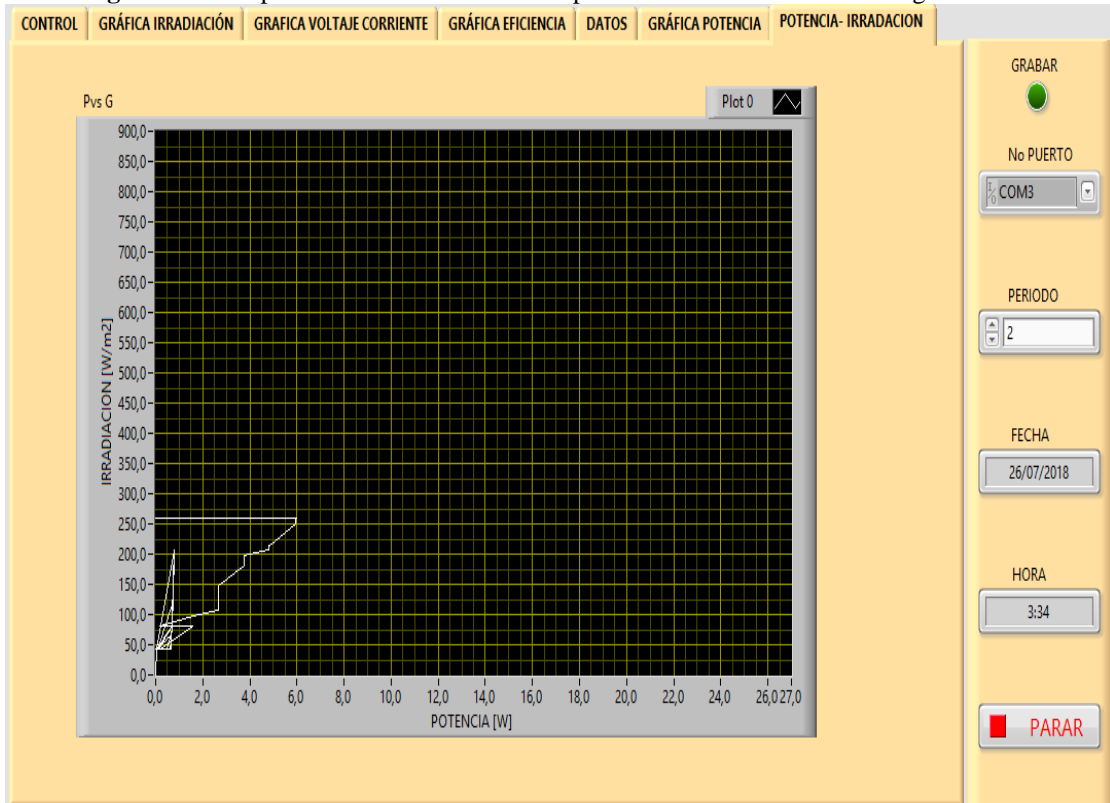
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 43: Comportamiento de las curvas de corriente vs voltaje en un ángulo de 30°



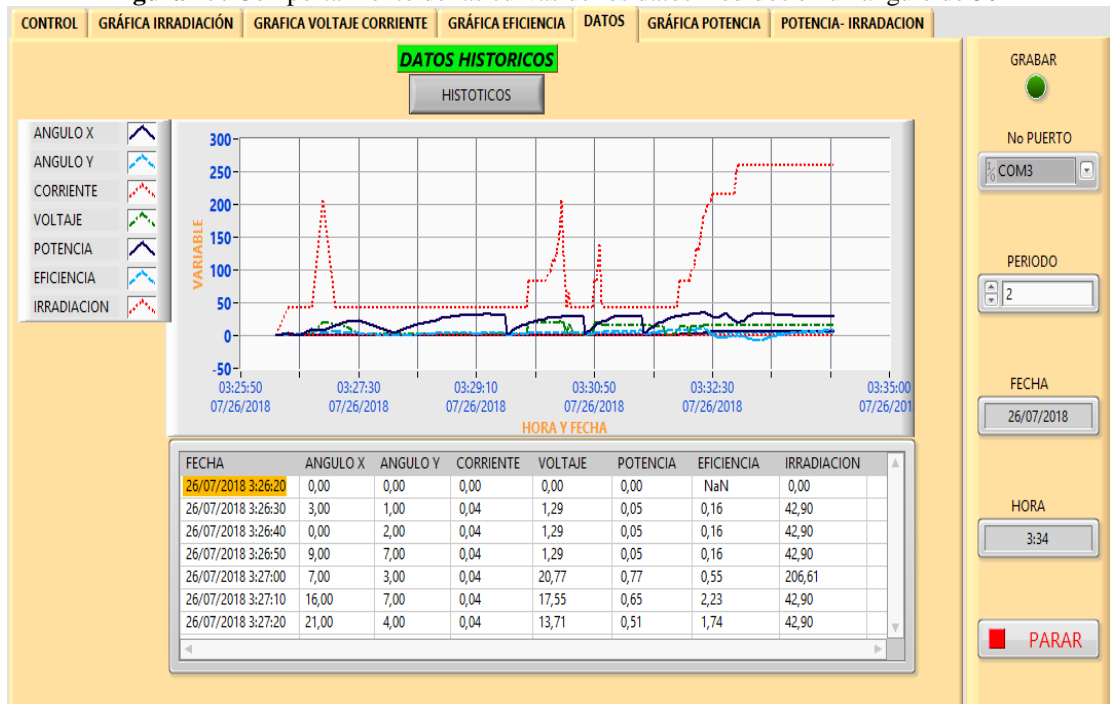
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 44: Comportamiento de las curvas de potencia vs irradiación en un ángulo de 30°



Fuente: Elaborado por los autores

Figura 45: Comportamiento de las curvas de los datos medidos en un ángulo de 30°



Fuente: Elaborado por los autores

En la figura 46 se muestra las variables principales para la obtención de eficiencia y potencia, en donde el ángulo de inclinación del panel solar fotovoltaico es 45° y sin focos incandescentes de la radiación forzada, dando como resultado, el comportamiento de las curvas de corriente vs voltaje (véase en la figura 51), con el comportamiento de las curvas de irradiación incidente en Vatios por metro cuadrado (véase en la figura 48), en donde los resultados arrojados del comportamiento de las curvas de la eficiencia de panel solar fotovoltaico en tiempo real es de 3.60% (véase en la figura 50), de igual forma dando como resultado el comportamiento de las curvas de potencia con un valor de 5.91 Vatios (véase en la figura 49).



Fuente: Elaborado por los autores

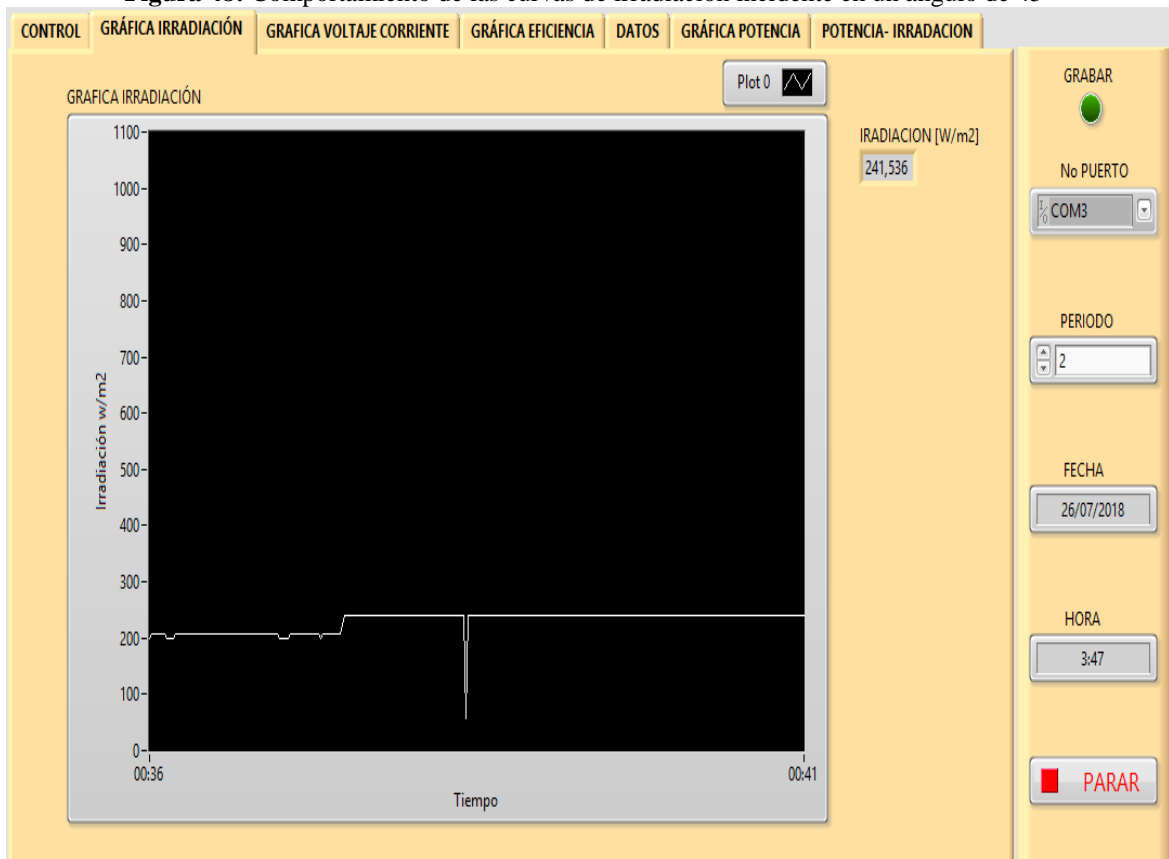
En la figura 47 se muestra los datos de sensor de voltaje, sensor de corriente y de irradiación, el mismo que se reguló, la intensidad de los focos incandescentes hasta obtener la máxima intensidad de los 7 focos incandescentes en el ángulo de 45° de inclinación del panel solar.

Figura 47: Control general con 7 focos incandescentes en un ángulo de 45°



Fuente: Elaborado por los autores

Figura 48: Comportamiento de las curvas de irradiación incidente en un ángulo de 45°



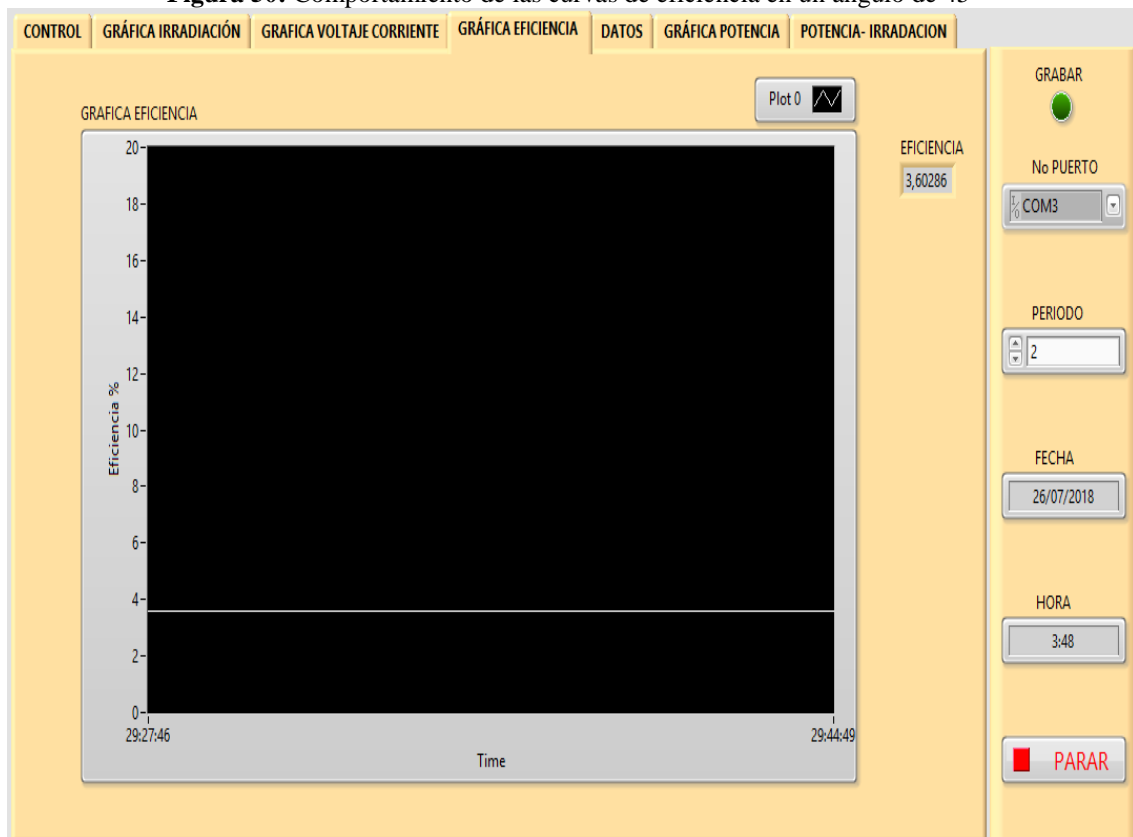
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 49: Comportamiento de las curvas de potencia en un ángulo de 45°



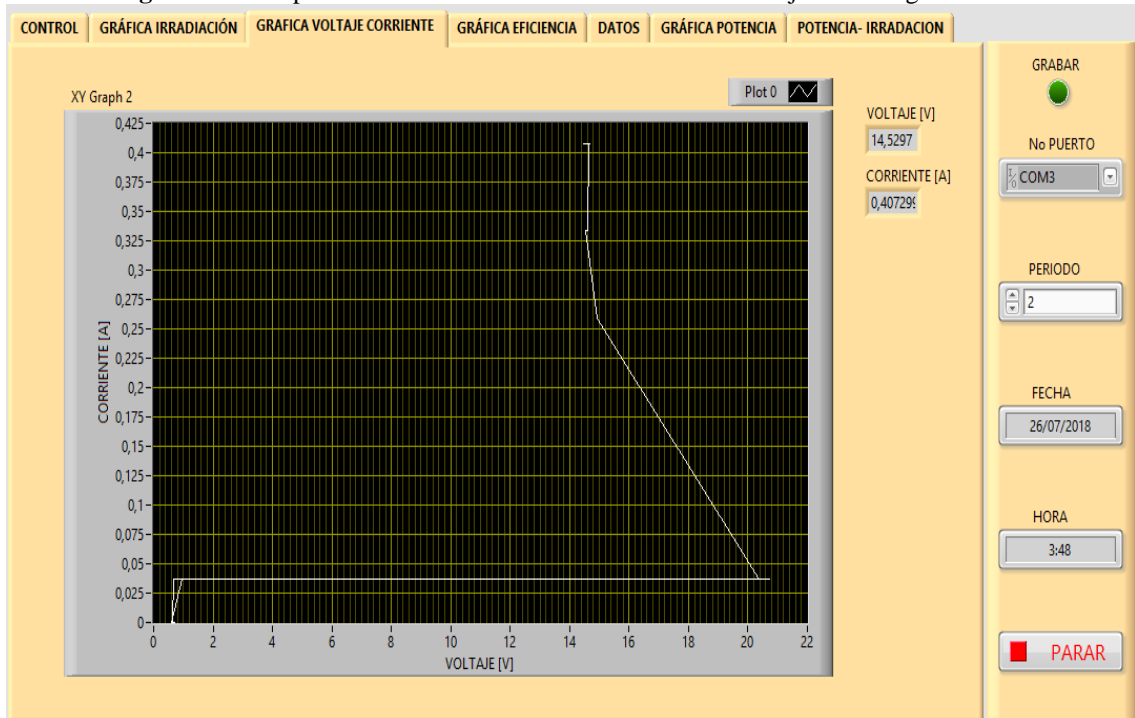
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 50: Comportamiento de las curvas de eficiencia en un ángulo de 45°



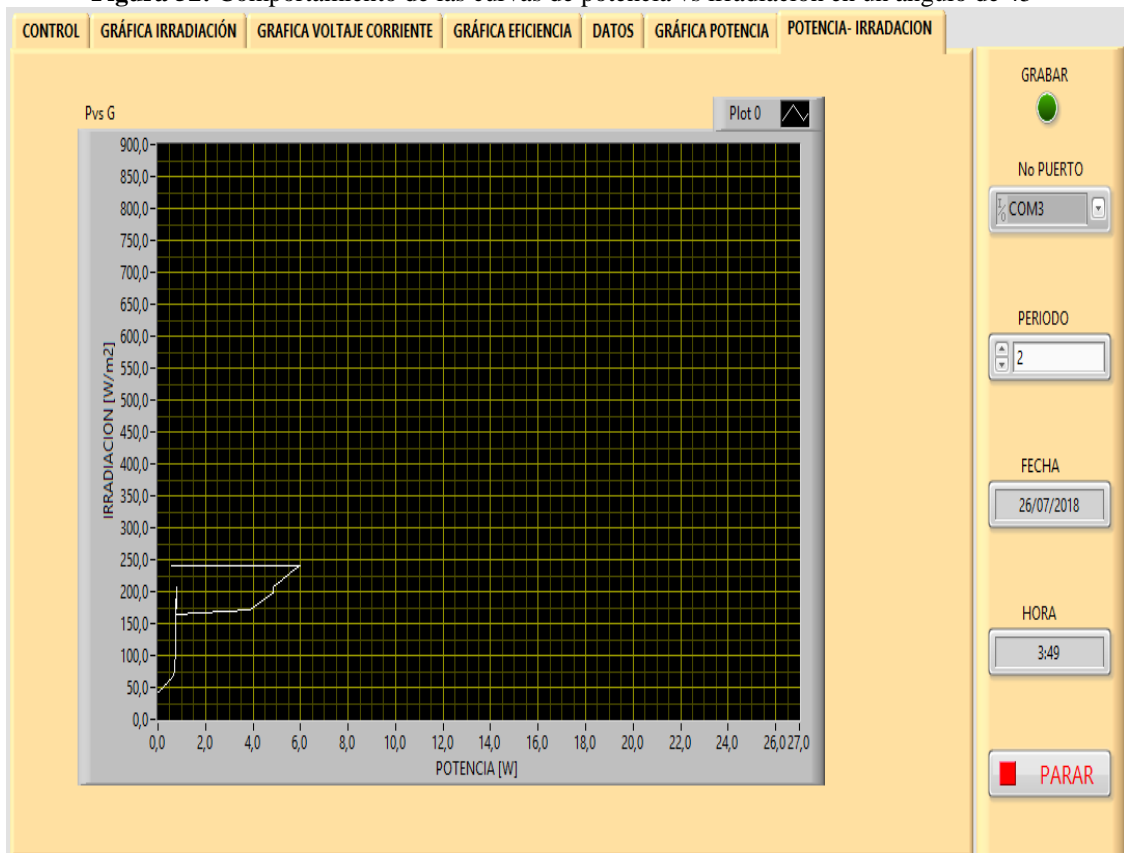
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 51: Comportamiento de las curvas de corriente vs voltaje en un ángulo de 45°



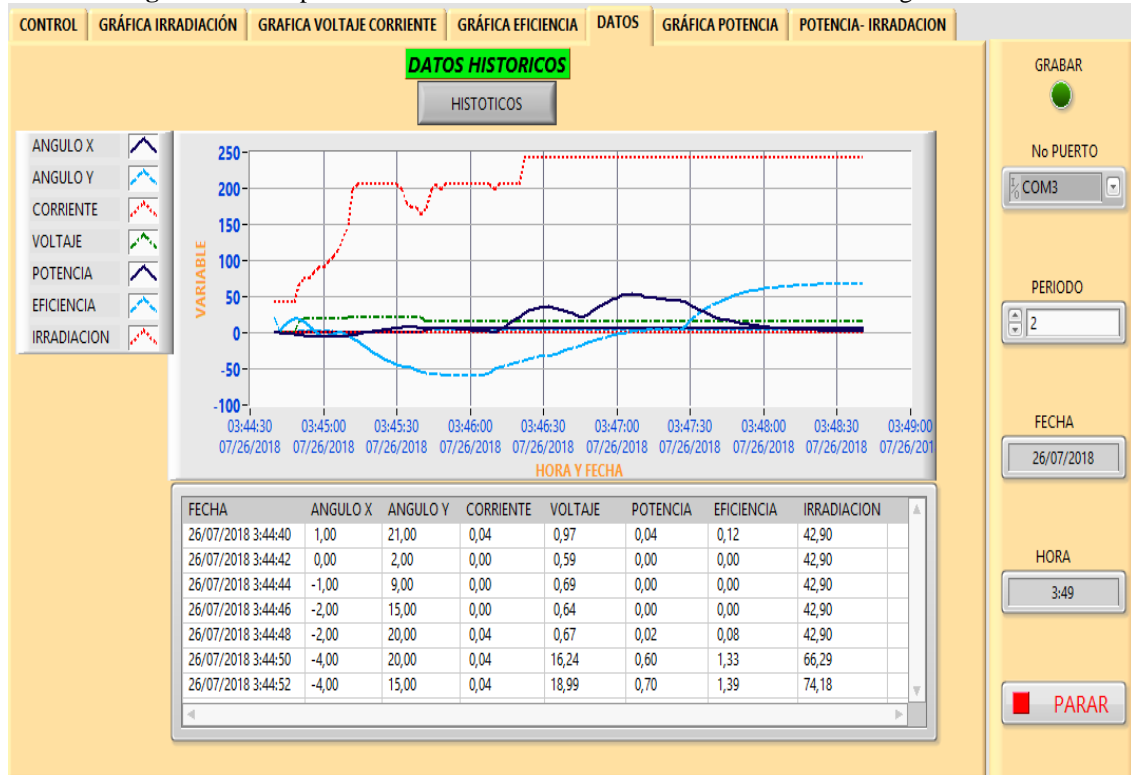
Fuente: Elaborado por los autores

Figura 52: Comportamiento de las curvas de potencia vs irradiación en un ángulo de 45°



Fuente: Elaborado por los autores

Figura 53: Comportamiento de las curvas de los datos medidos en un ángulo de 45°



Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 10: Resultados obtenidos de las prácticas

Mediciones sin focos incandescentes					
Angulo [°]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]	Irradiación [W/m2]	Eficiencia [%]
0	1,26	0,037	0,047	42,9	0,16
30	1,36	0,037	0,050	42,9	0,17
45	0,91	0,037	0,034	42,9	0,12
Mediciones con 6 focos incandescentes					
Angulo [°]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]	Irradiación [W/m2]	Eficiencia [%]
0	14,38	0,259	3,72	180,9	3,03
30	14,5	0,33	4,79	215,3	3,27
Mediciones con 7 focos incandescentes					
Angulo [°]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]	Irradiación [W/m2]	Eficiencia [%]
0	14,48	0,407	5,89	259,3	3,34
30	14,57	0,4073	5,93	258,5	3,38
45	14,52	0,4073	5,91	259,3	3,35

Fuente: Elaborado por los autores

De acuerdo a los resultados obtenidos, mediante las pruebas realizadas en diferentes posicionamientos del panel solar fotovoltaico en (0, 30 y 45) grados y la regulación de intensidad de los focos como irradiación incidente forzada, la radiación incidente forzada al panel oscila alrededor de (42.9 a 259.3) Vatios por metro cuadrado, la transformación de mili voltios a Vatios metro cuadrado es realizado de acuerdo a las especificaciones del fabricante del piranómetro SP-110 (véase en la tabla 6), de esa manera siendo simuladas sin focos incandescentes, dotando de 42.9 Vatios por metro cuadrado (ver en la figura 28), durante un tiempo de 10 minutos, de tal manera que la mayor radiación captada por el panel solar fotovoltaico es en 30° de inclinación, cuando fue simulada con la máxima irradiación con los 7 focos incandescentes. El voltaje que nos dota el panel solar fotovoltaico es de 14.57 voltios (ver en la figura 51), durante 10 minutos, el voltaje pico del panel solar fotovoltaico es de 18.7 voltios como máximo, el mismo que dotará en su máxima irradiación solar, dependiendo la situación climatológica, las características técnicas del panel solar fotovoltaico (véase en la tabla 29), mientras que el valor de la corriente generada por el panel, es de 0.4073 amperios, ya que la potencia total generada es de 5.93 Vatios, el resultado obtenido es mediante la (ecuación 4), la corriente varía de acuerdo a la irradiación incidente en el panel sumado 0.037 amperios de la corriente que circula por alguna radiación mínima, el mismo que es sensada mediante el sensor de corriente ACS712 las características técnicas (véase en la figura 10), las señales obtenidas de la corriente y voltaje mediante el apoyo del software LabVIEW (ver en la figura 43), la forma de onda de la gráfica corriente vs voltaje no tiene mucha variación, debido a que la radiación forzada no es suficiente para obtener sus valores máximos y poder visualizar las curvas de mejor manera. Finalmente la eficiencia del panel solar fotovoltaico se obtuvo mediante la ecuación 5, el resultado obtenido es de 3.38% (ver en la figura 42), siendo la misma respuesta el mayor porcentaje en el posicionamiento del ángulo 30°, ya que el panel en el punto mencionado es más eficiente, las características técnicas (véase en la tabla 5), el comportamiento de las curvas de potencia vs irradiación con la mayor radiación forzada, es decir con 7 focos incandescentes, se obtuvo en el pico más alto 6 Vatios y la irradiación de 259.3 (ver en la figura 44).

12. IMPACTOS:

En este capítulo se detallan el impacto técnico, económico y social del proyecto en la sociedad de la implementación del módulo didáctico que permite la visualización de las

curvas de eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos, de tal manera que servirá para el análisis si es factible la implementación del proyecto.

Impacto tecnológico

La implementación del módulo didáctico para la visualización de las curvas de eficiencia de los paneles fotovoltaicos, contribuye a la enseñanza práctica de los docentes demostrando los cálculos realizados en las aulas, con la elaboración de las prácticas de laboratorio los estudiantes determinarán las ventajas y desventajas de la utilización del sistema solar, de esta manera los estudiantes analizarán las características técnicas de la eficiencia del panel fotovoltaico, posterior a ello se planteará una mejora para su fabricación y su aprovechamiento de energía solar.

Impacto económico

Con la implementación de este módulo didáctico vamos a poder medir la eficiencia de los paneles fotovoltaicos y también la capacidad de energía generada, con ello poder determinar si son viables tanto técnico como económico, de esa manera los estudiantes de la Carrera Ingeniería Electromecánica y Eléctrica, no invertirán en la compra de materiales para la investigación y realización de las prácticas, principalmente en la compra del piranómetro, ya que este dispositivo es muy costoso. Por otra parte se pretende optimizar los recursos para la ejecución nuevos proyectos en los laboratorios por parte de la Universidad, puesto que es un impacto importante y considerable en el aspecto económico, ayudando así al mejoramiento de la calidad de enseñanza y desarrollo de la sociedad como tal.

Impacto social

La implementación del módulo para la visualización de las curvas de eficiencia de los paneles fotovoltaicos tiene una serie de resultados que provocan un impacto importante en el ámbito social, la mayoría de los resultados son directos pues el módulo permite que se mejore en muchos aspectos, los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada están entre los más beneficiados por el proyecto pues mejoran sus condiciones ya que pueden tomar datos en tiempo real del potencial energético del panel solar y así verificar su eficiencia. También mejoran las condiciones de los docentes ya que van a contar con una herramienta práctica para la correcta enseñanza. Por otra parte hay una serie de beneficios derivados al disponer un sistema para la visualización de las curvas de eficiencia de los paneles solares.

Impacto ambiental

La energía fotovoltaica que se genera a través de paneles solares se contempla como una energía benigna con el medio ambiente, sin ruido ni contaminación química e ideal para ambientes urbanos, la generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce contaminación térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero.

Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la naturaleza sin requerirse cantidades significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles fotovoltaicos no se producen alteraciones. Los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual. A pesar de que la energía solar es más limpia que el combustible fósil, la fabricación de paneles solares puede tener un impacto negativo en el medio ambiente, porque produce materiales peligrosos, se requiere una gran cantidad de energía para fabricar paneles solares y los combustibles fósiles, utilizados en la fabricación de los paneles, producen gases de efecto invernadero que son emitidos hacia la atmósfera.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:

La investigación implica una inversión económica, puesto que exige recursos que se dedicarán, en la medida que se requieran, para alcanzar los objetivos plasmados en proyecto. Esto se materializa a través de acciones basadas en un plan lógico. Los valores se detallan en la tabla 11. Corresponden a los precios de los materiales y materia prima que se emplean en la elaboración del módulo didáctico, de acuerdo con los valores que se adquirió en el mercado nacional.

Tabla 11: Presupuesto para la elaboración del proyecto.

ACTIVOS FIJOS				
RECURSOS				
Equipos y Maquinaria	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Motor eléctrico 12v Dc	1	UND	36	36
Batería NS40	1	UND	70	70
Chumacera STZ UCP201-8	2	UND	6,82	13,65
Canaleta lisa 20X12	6	UND	1,83	10,98
Angulo plano blanco 20X12	10	UND	0,35	3,5

Tubo estructural cuadrado ASTM A-500 25mmX1,2mm(espesor)	5	UND	6	30
Perfil estructural ángulo "L" INEN I 623:2000 25x25x2 mm	1	UND	6,5	6,5
Pintura acrílica azul	0.5	LTS	8,93	4,46
Pintura acrílica roja	0.25	LTS	14,28	3,57
Thinner acrílico	2	LTS	2,1	4,2
Masilla plástica EMBA	0.25	LTS	6,43	1,6
Secante para masilla plástica	1	UND	1,79	1,79
Materiales y suministros (electrodos, tornillos, varios)	1	UND	20	20
Total de Equipos y maquinaria				206,25
Muebles y Enseres	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Madera aglomerado blanca 15mm	2	UND	80	160
Total de muebles y enseres				160
Equipos Tecnológicos	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Panel solar Gi-Power GP-100P-36,12Vdc nominal 100Wp	1	UND	162,29	162,29
Regulador de carga Phocos ECO	1	UND	36,22	36,22
Sensor de voltaje SHT-166	1	UND	7	7
Sensor piranómetro SP-110	1	UND	465,92	465,92
Inversor BELTTT 12DC - 110 AC	1	UND	40	40
Focos incandescentes de 100W	7	UND	0,9	6,3
Modulo Sensor de corriente ACS712	1	UND	10	10
Arduino UNO R3	1	UND	13	13
Módulo de sensor de ángulo de inclinación STM32	1	UND	10	10
Plug banana rojo	4	UND	0,13	0,52
Jack banana rojo	4	UND	0,39	1,56
Terminal tipo ojo amarillo 3/16	8	UND	0,089	0,71
Foco 3U OSRAM 20W	2	UND	1,65	3,3
Boquilla Plafón Cerámica E-27	2	UND	0,63	1,26
Selector 22mm dos posiciones plástico	2	UND	1,47	2,94
Boquillas porcelana 4 puntas E-27	7	UND	0,3	2,1
Dimmer 600 W Cooper	1	UND	5,7	5,7
Enchufe 2 patas Cooper	1	UND	0,8	0,8
Pulsadores normalmente abiertos	2	UND	1,47	2,94
Cable flexible #12	40	MTS	0,43	17,5
Total equipos tecnológicos				790,06
Útiles y Suministros de Oficina	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Material Bibliográfico y fotocopias. (impresiones)	1	UND	90	90

Total útiles y suministros de oficina				90
CAPITAL DE TRABAJO				
Cuenta	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	V. Total \$
Transporte y salida de campo (compra de materiales)	1	UND	50	50
Ingeniería	1	UND	350	350
Total capital de trabajo				400

Presupuesto	Subtotal
Activos Fijos	1.246,31
Capital de Trabajo	400,00
Subtotal	1.646,31
Imprevistos (del 10%)	164,63
Total	1.810,94

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se requirió de dos etapas de amplificación para acondicionar la señal de salida del piranómetro, con la cual se obtuvo 1.22mV por cada W/m^2 .

De los resultados experimentales obtenidos, se pudo observar que la eficiencia del panel solar fotovoltaico es mucho menor dando como resultado de 3.38%, en el mejor ángulo de posicionamiento del panel que es en 30° , con respecto al valor máximo de eficiencia del panel que menciona por los datos del fabricante de 17.64%.

En las pruebas realizadas se pudo determinar que en el módulo didáctico hay mayor captación de radiación simulada por los siete focos incandescentes la cual fue de 259.3 Vatios sobre metro cuadrado el mismo que en 30° de inclinación del panel se obtuvo mayor captación de radiación.

La eficiencia más baja que se visualizó fue a un ángulo de 45° ya que nos dio como resultado 0.12 % de eficiencia y se obtuvo menor captación de radiación con un valor de 42.9 Vatios sobre metro cuadrado.

Los resultados obtenidos en las pruebas son valores pequeños por lo que no puede comparar con las características técnicas panel solar fotovoltaico policristalino Gi-Power, de 220mV o a su vez 1100 Vatios sobre metro cuadrado, la eficiencia máxima del mismo llegaría a 17.64%, el cual es una respuesta tentativa que jamás llegaría, debido a factores como el

desgaste natural de las celdas, la temperatura ambiente del lugar y el tipo de radiación solar en la zona.

Recomendaciones

Para la calibración de los datos dotados por los sensores se recomienda equipos de medida de alta precisión para obtener confianza en los resultados sensados.

Automatizar el posicionamiento del panel solar fotovoltaico, de acuerdo a los requerimientos del usuario, para analizar en cada grado la eficiencia de los paneles.

Realizar el módulo didáctico con materiales a menor escala que posibilite de fácil transportación a diferentes sitios de coordenadas geográficas.

Realizar un análisis con paneles conectados tanto en paralelo como en serie y verificar la eficiencia de los mismos.

Brindar mantenimiento periódico al módulo didáctico, para evitar fallos en el mismo.

15. BIBLIOGRAFÍA

Alcor, E. (2005). Instalaciones solares fotovoltaicas. España: PROGENSA.

Alfredo Barriga Rivera, P. (2015). Medición energética y análisis de aplicación en un modelo solar. Guayaquil-Ecuador: FIMCP.

Arduino. (2017). Arduino. Recuperado el 23 de Junio de 2017, de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

Cabello Quiñones, A. M. (2006). Energías Alternativas "Solución para el desarrollo sustentable". Argentina: REFINOR S.A.

Carrasco, D. P. (2013). Procedimiento de mantenimiento y calibración de estación radiométrica.

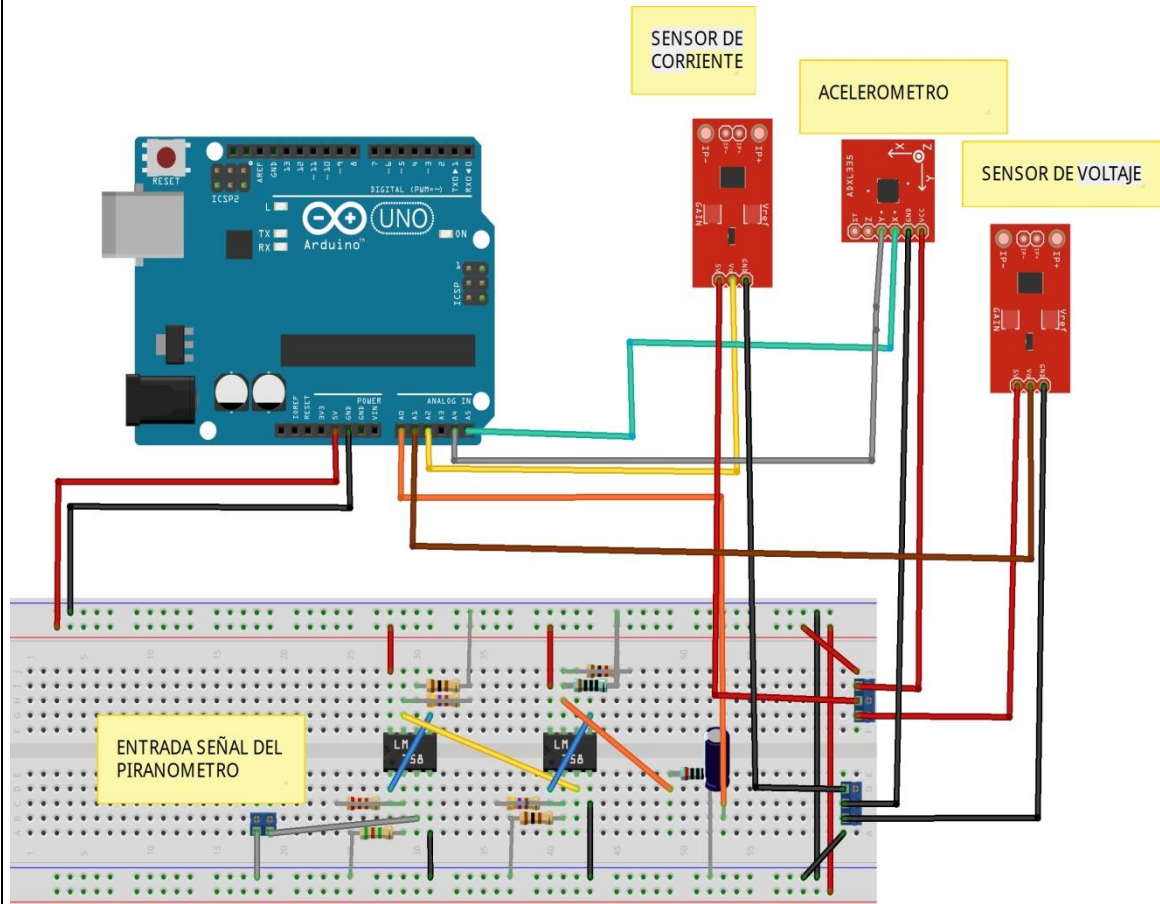
Corporation, N. I. (15 de Junio de 2017). National instrument. Recuperado el 26 de Septiembre de 2017, de www.ni.com/es-cr/shop/labview.html

Farfan, E., & Henry, Z. (2015). Diseño de un banco de pruebas para paneles solares fotovoltaicos, mediante un convertidor reductor - elevador. Cuenca: Cesar Zambrano, Ph.D.

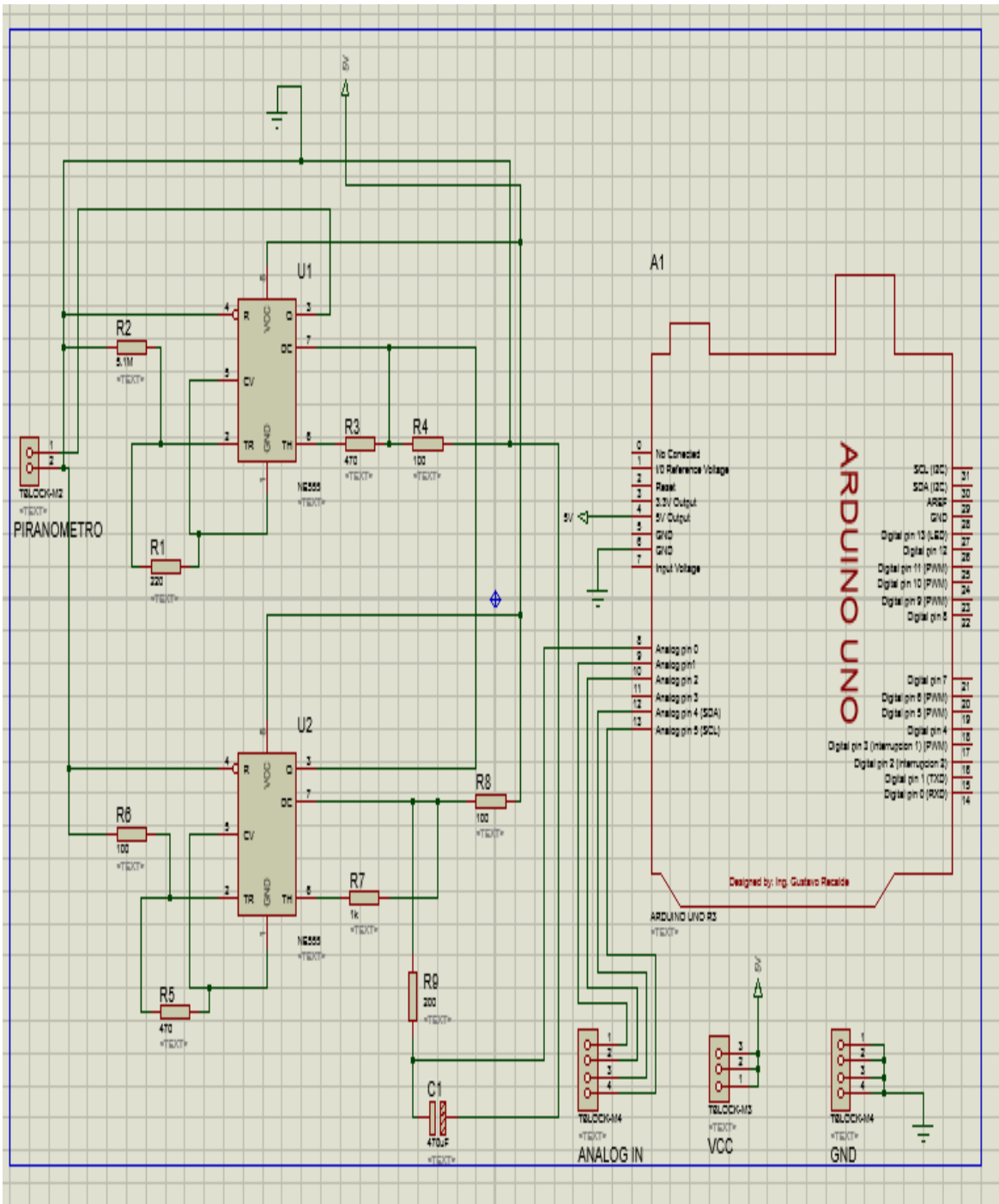
- González, F. (12 de Junio de 2013). Instrumentos de medidad de radiacion solar . Recuperado el 20 de Mayo de 2017, de <http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/caracterizacion-y-evaluacion-de-la-radiacion-solar/tema-5>
- Investigadores. (2017). Latacunga.
- Jofra, M. (2014). Energias renovables para todos . Mexico: Sacal.
- Marín, C. E. (2013). Las energias renovables en la produccion de electricidad. Murcia-España: Caja Rural Region.
- Morilla, J. P. (s.f.). Cables UTP. Estelí-Nicaragua: Universidad Nacional de Ingenieria.
- Pediapress. (2011). Energias Alternativas. Latacunga: UTC.
- Piernavieja Izquierdo , G., Hernandez Rodriguez , C., & Diaz Torres , M. (Abril 2008). Energias renovables y eficiencia energetica. España Islas Canarias: Instituto Tecnologico de Canarias, S.A.
- Porras , H., & Ramírez, D. (2015). Energia solar fotovoltaica. Latacunga-Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Schafer, J. A. (2012). Soldadura de arco eléctrico.
- Solar, E. (08 de Abril de 2016). Energia solar. Recuperado el 26 de septiembre de 2017, de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/instalaciones-autonomas/reguladores-carga>
- Vargas, J. P., & Navia, G. (Junio 2015). Desarrollo de un sistema de control para la captura y experimental dela la eficiencia de un sistema fotovoltaico. Cochabamba-Bolivia: Universidad privada Boliviana.

ANEXOS

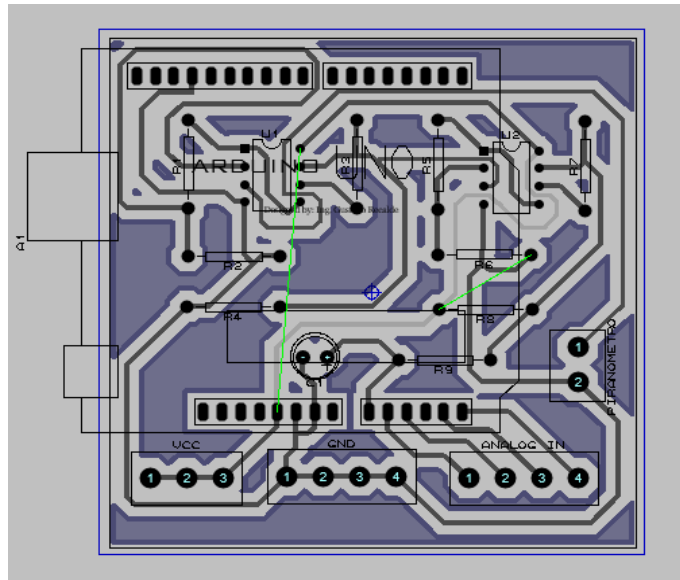
A. Esquema de conexión del sistema de control y monitoreo.



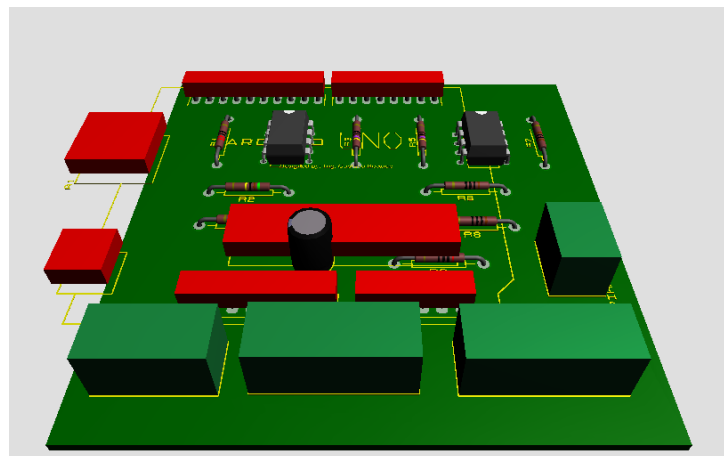
A. Esquema de amplificación en Isis Proteus



B. Circuito impreso de la placa electrónica.



C. Placa electrónica.



```
#include <Wire.h>
//DIRECCIÓN I2C DE LA IMU
#define MPU 0x68
//RELACIONES DE CONVERSIÓN
#define A_R 16384.0
#define G_R 131.0
//CONVERSIÓN DE RADIANES A GRADOS 180/PI
#define RAD_A_DEG = 57.295779
//MPU-6050 DA LOS VALORES EN ENTERIS DE 16 BITS
//VALORES SIN REFINAR
int16_t AcX, AcY, AcZ, GyX, GyY, GyZ;
//ANGULOSool
float Acc[2];
float Gy[2];
float Angle[2];
//VARIABLES A SER ENVIADAS AL LABVIEW
int angulox;
int anguloy;
int voltaje;
int corriente;
int pirometro;
//PINES DE CONEXIÓN
int analogPin1 = 1;
int analogPin2 = 2;
int analogPin4 = 4;
int analogPin0 = 0;
```

```
//CORRECCIÓN DEL OFFSET
int offset =20;

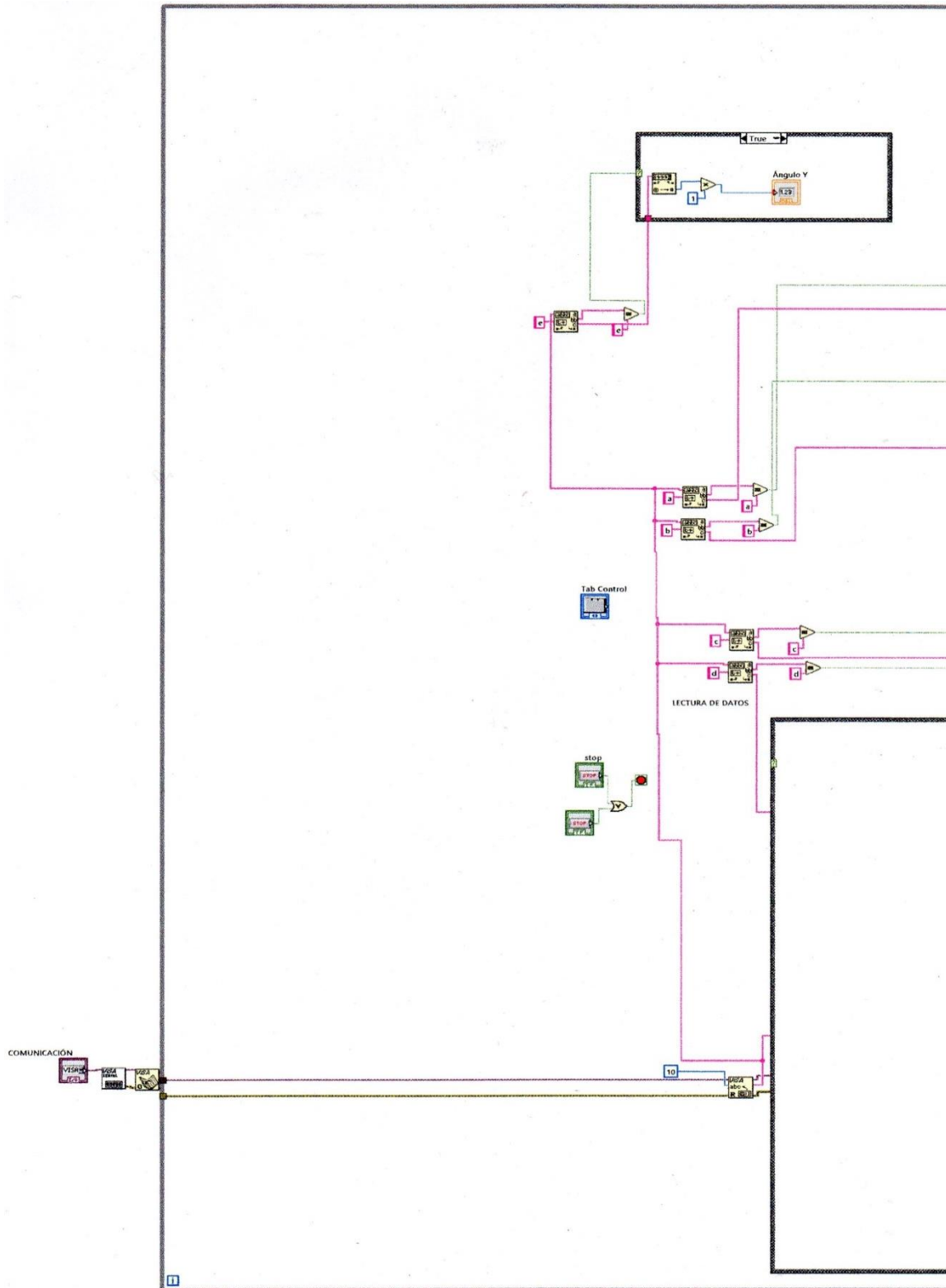
const float vpp = 0.004887585532746823069403714565;
float v;
float c;

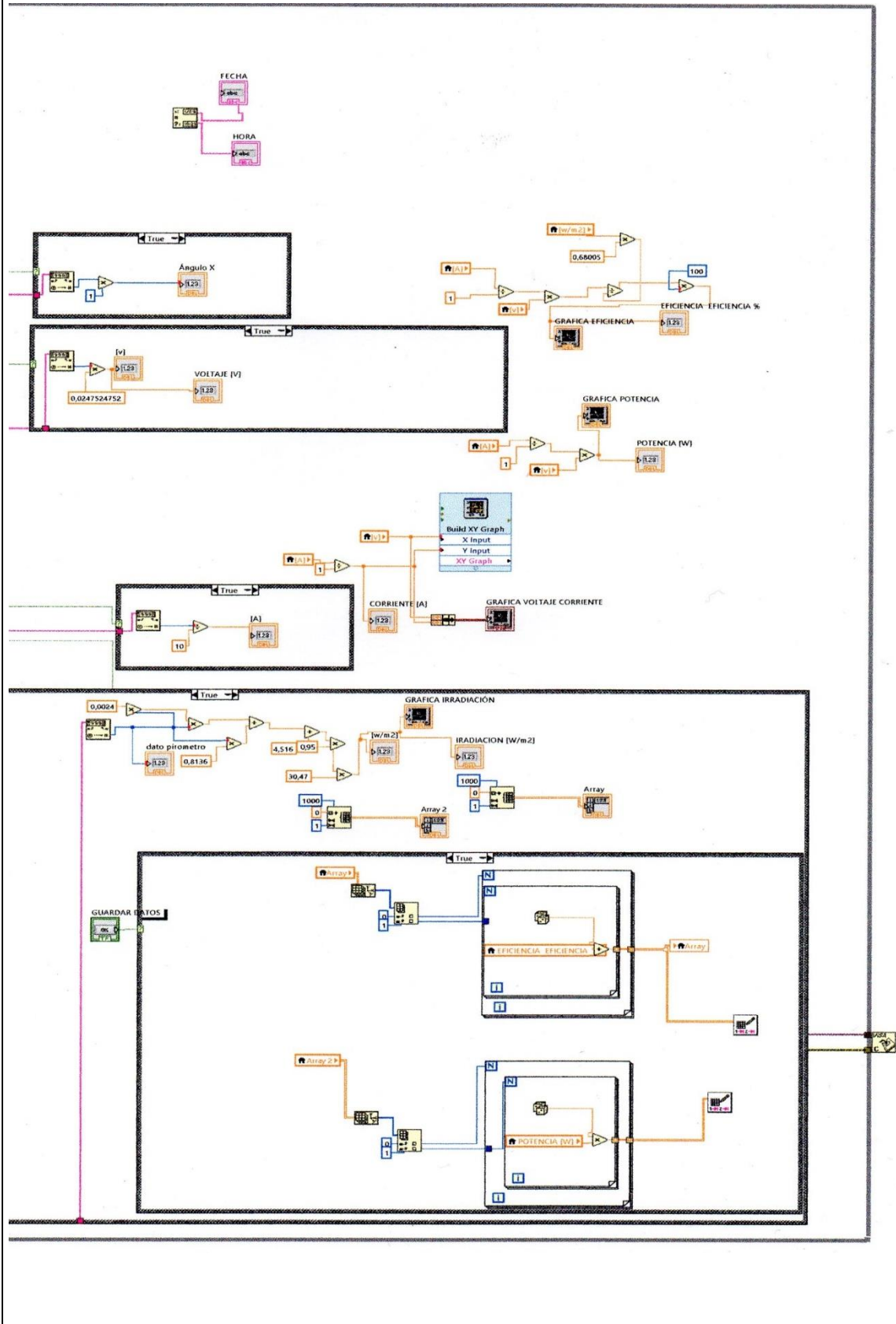
void setup() {
//INICIAMOS LA COMUNICACIÓN SERIE
Wire.begin();
Wire.beginTransmission(MPU);
Wire.write(0x6B);
Wire.write(0);
Wire.endTransmission(true);
Serial.begin(9600);
}

void loop() {
//LLEGADA DE DATOS
pirometro = analogRead(analogPin0);
corriente = analogRead(A2);
corriente = corriente-379-18;
v = corriente*vpp;
c = v/0.066;
```


Anexo 3.	Tema: Programación en microcontrolador Arduino UNO	3 de 4
<pre> int volt = analogRead(A1); double voltage = map(volt,0,1023, 0, 2500) + offset; //DIVIDIMOS PARA 100 PARA OBTENER VALORES DECIMALES voltage /=100; while (Serial.available()){ } //LEER LOS VALORES DEL ACELEROMETRO DE LA IMU Wire.beginTransmission(MPU); //PEDIR EL REGISTRO 0x3B - CORRESPONDE AL AcX Wire.write(0x3B); Wire.endTransmission(false); //A PARTIR DEL 0x3B, SE PIDEN 6 REGISTROS Wire.requestFrom(MPU,6,true); //CADA VALOR OCUPA 2 REGISTROS AcX=Wire.read()<<8 Wire.read(); AcY=Wire.read()<<8 Wire.read(); AcZ=Wire.read()<<8 Wire.read(); //A PARTIR DE LOS VALORES DEL ACELEROMETRO, SE CALCULAN LOS ANGULOS Y, X RESPECTIVAMENTE, CON LA FORMULA DE LA TANGENTE Acc[1] = atan(-1*(AcX/A_R)/sqrt(pow((AcY/A_R),2) + pow((AcZ/A_R),2)))*RAD_TO_DEG; Acc[0] = atan((AcY/A_R)/sqrt(pow((AcX/A_R),2) + pow((AcZ/A_R),2)))*RAD_TO_DEG; </pre>		

```
//LEER LOS VALORES DEL GIROSCOPIO
Wire.beginTransmission(MPU);
Wire.write(0x43);
Wire.endTransmission(false);
//A DIFERENCIA DEL ACELEROMETRO, SOLO SE PIDEN 4 REGISTROS
Wire.requestFrom(MPU,4,true);
GyX=Wire.read()<<8|Wire.read();
GyY=Wire.read()<<8|Wire.read();
//CALCULO DEL ANGULO DEL GIROSCOPIO
Gy[0] = GyX/G_R;
Gy[1] = GyY/G_R;
//APLICAR EL FILTRO COMPLEMENTARIO
Angle[0] = 0.98 *(Angle[0]+Gy[0]*0.010) + 0.02*Acc[0];
Angle[1] = 0.98 *(Angle[1]+Gy[1]*0.010) + 0.02*Acc[1];
//LEEMOS Y MOSTRAMOS LOS DATOS, ENVIO DE DATOS POR LOTE
Serial.print("a"); Serial.println(Angle[0]);
Serial.print("e"); Serial.println(Angle[1]);
Serial.print("b");Serial.println(analogRead(A1));
Serial.print("c");Serial.println(c);
Serial.print("d");Serial.println(pirometro);
delay(25);
}
```



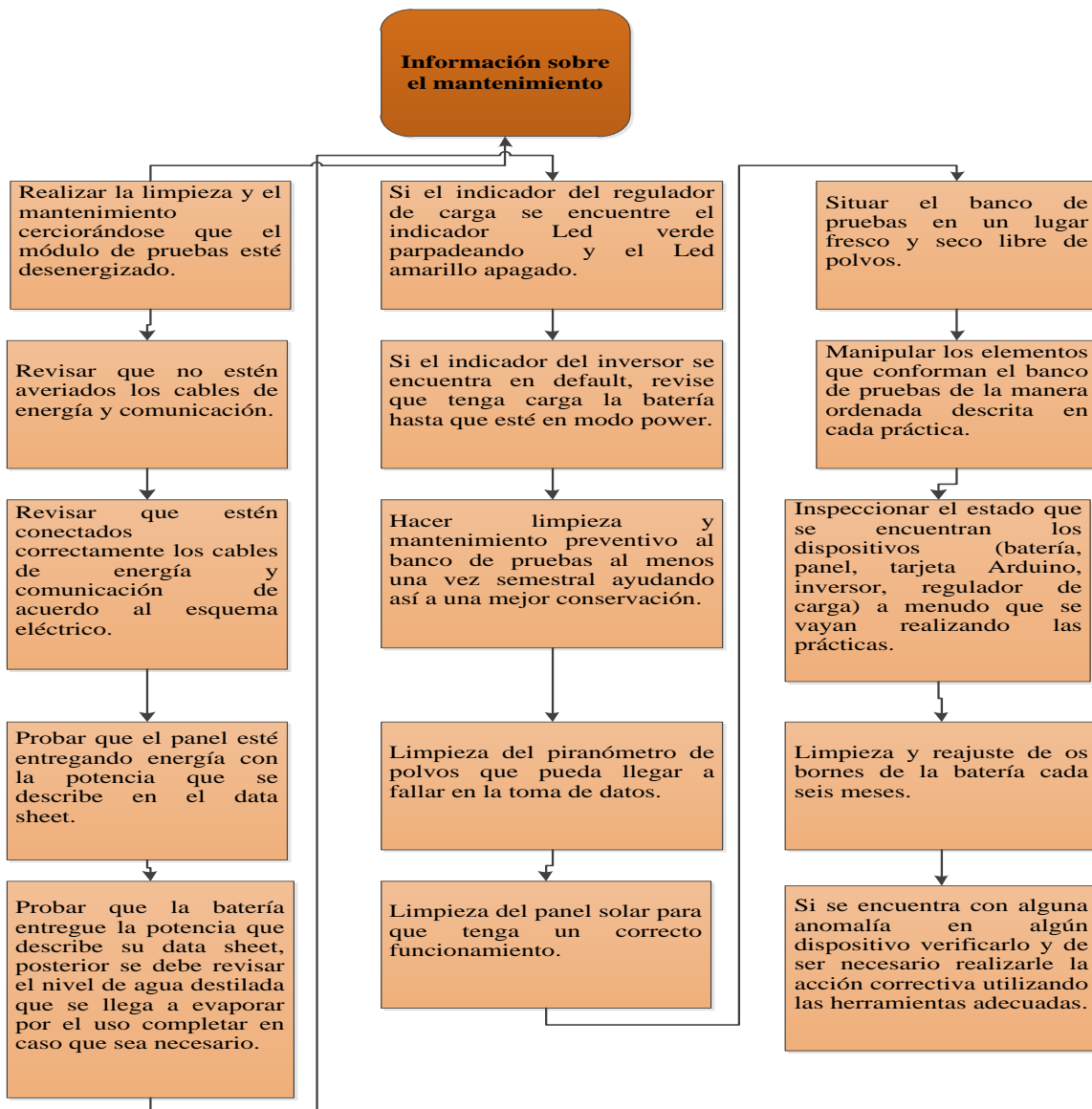


MANUAL OPERACIÓN

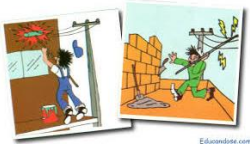
Este manual contiene instrucciones importantes para la instalación configuración y de seguridad. Por favor lea las instrucciones y advertencias de este manual atentamente antes de operar el módulo.

Tenga en cuenta todas las instrucciones en lo que respecta a fusible e interruptores externos tal como se indica en el manual. La información contenida en este manual debe ser observada en su totalidad.

A. Información sobre el mantenimiento



B. Riesgo de alto voltaje



Nunca toque ningún conductor eléctrico para así evitar descargas eléctricas.

No realice mantenimiento con el modulo conectado.

En el caso de trabajar cerca de la batería, no utilice herramientas que puedan provocar un puente en la terminal de la batería o un cortocircuito en cualquier parte de ella.

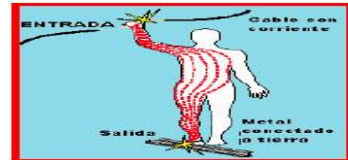
Riesgo de alto voltaje
La utilización de este módulo puede producir altos voltajes que podrían provocar lesiones graves, en caso de una mala instalación o el uso inadecuado del aparato.

Use herramientas únicamente con mangos aislantes.



Asegúrese que los cables estén conectados a los bornes correctos.

En general cualquier descarga eléctrica puede ser perjudicial para la salud.



C. Riesgo de atrapamiento



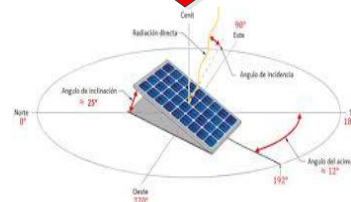
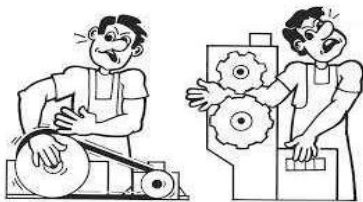
No toque los mecanismos de desplazamiento del panel solar.

No realice mantenimiento con el modulo conectado.



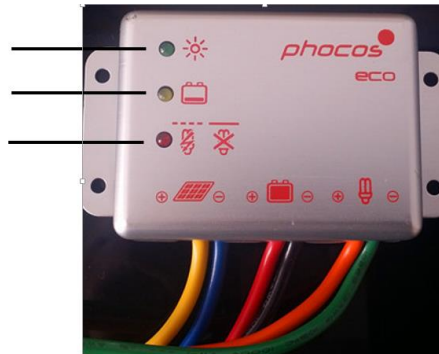
En caso de trabajar cerca del motor tener cuidado con los engranajes por riesgo de atrapamiento.

Al estar manipulando el ángulo de giro del panel tener precaución con el sistema.



D. Funciones de visualización de indicadores**Indicadores del regulador de carga**

- Displays de carga
- Displays de estado de carga de
- Displays de estado de consumo

**Displays de carga**

Led verde encendido, controlador conectado a batería sin luz solar durante un largo periodo

Led verde parpadea, controlador conectado a batería, día detectado.

Led verde apagado, sin batería conectada.

Displays de estado de carga de la batería

Led amarillo apagado, cuando está cargada la batería.

Led amarillo encendido, Cuando el voltaje de la batería es bajo.

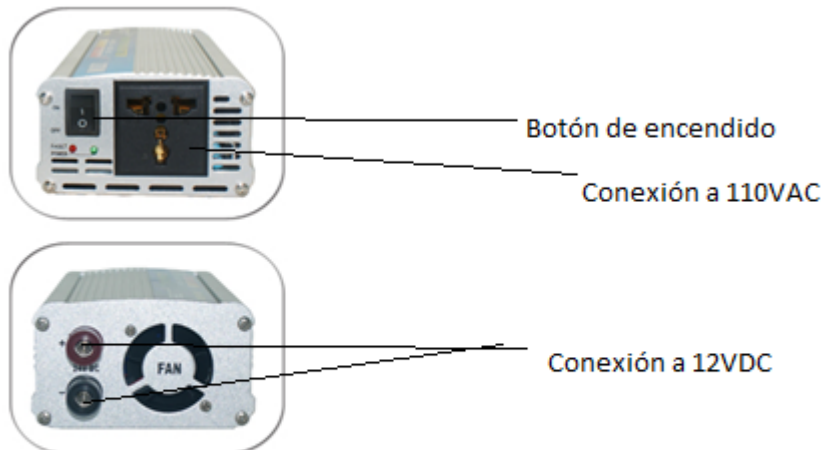
Led amarillo parpadea, El controlador de carga apagara a continuación el consumo.

Displays de estado de consumo

Led rojo apagado, Funcionamiento normal.

Led rojo encendido, desconexión por bajo voltaje.

Led rojo parpadea, sobrecarga o cortocircuito del consumo

Indicadores del inversor

Led rojo encendido, default existe algún problema en el inversor

Led verde encendido, inversor encendido

Led blanco encendido, inversor alimentado con 12 V DC

E. Instrucciones de manejo



- ✚ Asegúrese que este conectados los bornes adecuados a la batería
- ✚ Revise los indicadores del regulador de carga se encuentre en las condiciones normales.
- ✚ Encienda el interruptor del inversor.
- ✚ Encienda las perrillas selectoras (LAMP 1, LAMP 2) de acuerdo sea las prácticas requeridas, en donde LAMP 1 regula los 6 focos incandescentes, mediante la utilización del dimmer y LAMP 2 enciende el foco incandescente del centro.
- ✚ Conecte los Jacks banana a las cargas (CARGA 1, CARGA 2) de acuerdo a la necesidad del usuario para las prácticas respectivas.
- ✚ Conecte el cable del puerto USB del Arduino al puerto USB de la computadora.
- ✚ Abra el programa de LabView y seleccione un puerto COM.
- ✚ Verifique que este marcando los indicadores de voltaje corriente y potencia, sino marca cierre y abra de nuevo para que se comuniquen correctamente Arduino con LabView.
- ✚ Mediante el pulsador se puede mover el panel solar y el software LabView se puede ir observando el ángulo desplazado, de acuerdo a las necesidades requeridas.
- ✚ Realice las prácticas necesarias de eficiencia de los paneles solares.

Anexo 6.	Tema: Prácticas del laboratorio	1 de 6
Práctica N.-1	Pruebas fotovoltaicas	Sin cargas (en vacío) y con focos incandescentes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: IDENTIFICACIÓN DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO SIN CARGAS Y CON FOCOS INCANDESCENTES a 0°.

OBJETIVOS:

- Conocer la función que desempeña cada uno de los componentes y materiales
- Adquirir los materiales necesarios para la práctica.
- Revisar manual de operación
- Experimentar la simulación en tiempo real estableciendo la conexión

MATERIALES Y EQUIPOS:

- Cables
- Computador
- Software (LabVIEW 2017 y NI Visa, Arduino)
- Cargas
- Multímetro

PROCEDIMIENTO:

- Encender la pc y abrir el software labVIEW, para la visualización de las curvas características del panel fotovoltaico.
- Realizar las respectivas conexiones la tarjeta de Arduino con la computadora.
- En el panel principal del programa seleccionar el puerto serial.
- Escoger el número de periodos que se requiera tomar los datos.
- Correr el programa de LabView.
- Posicionar el panel solar en ángulo de 0°, mediante los pulsadores.
- Encender las perillas de lamp 1 y lamp 2.
- Regular la intensidad de acuerdo a las necesidades.
- Visualizar las curvas para su respectivo análisis
- En la pestaña datos ingresar para visualizar el comportamiento de las diferentes variantes.

- Comprobar los valores obtenidos con el multímetro, con los valores desplegados por el software labVIEW.
- Detallar los valores obtenidos, desplegados por el software.

Voltaje del panel	Corriente del panel	Potencia del panel	Angulo de inclinación del panel	Radiación solar	Eficiencia del panel	Hora indicada

- Analizar los datos y curvas obtenidas durante la simulación.
- Al finalizar la práctica apagar las perillas selectoras del módulo y luego des energizar la placa de adquisición datos.
- Dejar los materiales en el lugar correspondiente.

CONCLUSIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

RECOMENDACIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

	laboratorio	
Práctica N.-2	Pruebas fotovoltaicas	Con cargas y con focos incandescentes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: IDENTIFICACIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO CON CARGAS Y CON FOCOS INCANDESCENTES a 0°.

OBJETIVOS:

- Conocer la función que desempeña cada uno de los componentes y materiales
- Adquirir los materiales necesarios para la práctica.
- Revisar manual de operación
- Experimentar la simulación en tiempo real estableciendo la conexión

MATERIALES Y EQUIPOS:

- Cables
- Computador
- Software (LabVIEW 2017 y NI Visa, Arduino)
- Cargas
- Multímetro

PROCEDIMIENTO:

- Encender la pc y abrir el software labVIEW, para la visualización de las curvas características del panel fotovoltaico.
- Realizar las respectivas conexiones la tarjeta de Arduino con la computadora.
- En el panel principal del programa seleccionar el puerto serial.
- Escoger el número de periodos que se requiera tomar los datos.
- Correr el programa de LabView.
- Posicionar el panel solar en ángulo de 0°, mediante los pulsadores.
- Encender el inversor.
- Conectar las cargas
- Encender las perillas de lamp 1 y lamp 2.
- Regular la intensidad de acuerdo a las necesidades.
- Visualizar las curvas para su respectivo análisis
- En la pestaña datos ingresar para visualizar el comportamiento de las diferentes variantes.

- Comprobar los valores obtenidos con el multímetro, con los valores desplegados por el software labVIEW.
- Detallar los valores obtenidos, desplegados por el software.

Voltaje del panel	Corriente del panel	Potencia del panel	Angulo de inclinación del panel	Radiación solar	Eficiencia del panel	Hora indicada

- Analizar los datos y curvas obtenidas durante la simulación.
- Al finalizar la práctica apagar las perillas selectoras del módulo y luego des energizar la placa de adquisición datos.
- Dejar los materiales en el lugar correspondiente.

CONCLUSIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

RECOMENDACIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

Anexo 6.	Tema: Prácticas del laboratorio	3 de 6
Práctica N.-3	Pruebas fotovoltaicas	Sin cargas y con focos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: IDENTIFICACIÓN DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO SIN CARGAS Y CON FOCOS INCANDESCENTES a 30°.

OBJETIVOS:

- Conocer la función que desempeña cada uno de los componentes y materiales
- Adquirir los materiales necesarios para la práctica.
- Revisar manual de operación
- Experimentar la simulación en tiempo real estableciendo la conexión

MATERIALES Y EQUIPOS:

- Cables
- Computador
- Software (LabVIEW 2017 y NI Visa, Arduino)
- Cargas
- Multímetro

PROCEDIMIENTO:

- Encender la pc y abrir el software labVIEW, para la visualización de las curvas características del panel fotovoltaico.
- Realizar las respectivas conexiones la tarjeta de Arduino con la computadora.
- En el panel principal del programa seleccionar el puerto serial.
- Escoger el número de periodos que se requiera tomar los datos.
- Correr el programa de LabView.
- Posicionar el panel solar en ángulo de 0°, mediante los pulsadores.
- Encender las perillas de lamp 1 y lamp 2.
- Regular la intensidad de acuerdo a las necesidades.
- Visualizar las curvas para su respectivo análisis
- En la pestaña datos ingresar para visualizar el comportamiento de las diferentes variantes.
- Comprobar los valores obtenidos con el multímetro, con los valores desplegados por el software labVIEW.
- Detallar los valores obtenidos, desplegados por el software.

Voltaje	Corriente	Potencia	Angulo de	Radiación	Eficiencia	Hora

del panel	del panel	del panel	inclinación del panel	solar	del panel	indicada

- Analizar los datos y curvas obtenidas durante la simulación.
- Al finalizar la práctica apagar las perillas selectoras del módulo y luego des energizar la placa de adquisición datos.
- Dejar los materiales en el lugar correspondiente.

CONCLUSIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

RECOMENDACIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

Anexo 6.	Tema: Prácticas del laboratorio	4 de 6
Práctica N.-4	Pruebas fotovoltaicas	Con carga y con focos incandescentes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: IDENTIFICACIÓN DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO CON CARGAS Y CON FOCOS INCANDESCENTES a 30°.

OBJETIVOS:

- Conocer la función que desempeña cada uno de los componentes y materiales
- Adquirir los materiales necesarios para la práctica.
- Revisar manual de operación
- Experimentar la simulación en tiempo real estableciendo la conexión

MATERIALES Y EQUIPOS:

- Cables
- Computador
- Software (LabVIEW 2017 y NI Visa, Arduino)
- Cargas
- Multímetro

PROCEDIMIENTO:

- Encender la pc y abrir el software labVIEW, para la visualización de las curvas características del panel fotovoltaico.
- Realizar las respectivas conexiones la tarjeta de Arduino con la computadora.
- En el panel principal del programa seleccionar el puerto serial.
- Escoger el número de periodos que se requiera tomar los datos.
- Correr el programa de LabView.
- Posicionar el panel solar en ángulo de 0°, mediante los pulsadores.
- Encender el inversor.
- Conectar las cargas
- Encender las perillas de lamp 1 y lamp 2.
- Regular la intensidad de acuerdo a las necesidades.
- Visualizar las curvas para su respectivo análisis
- En la pestaña datos ingresar para visualizar el comportamiento de las diferentes variantes.
- Comprobar los valores obtenidos con el multímetro, con los valores desplegados por el software labVIEW.
- Detallar los valores obtenidos, desplegados por el software.

Voltaje del panel	Corriente del panel	Potencia del panel	Angulo de inclinación del panel	Radiación solar	Eficiencia del panel	Hora indicada

- Analizar los datos y curvas obtenidas durante la simulación.
- Al finalizar la práctica apagar las perillas selectoras del módulo y luego des energizar la placa de adquisición datos.
- Dejar los materiales en el lugar correspondiente.

CONCLUSIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

RECOMENDACIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Anexo 6.	Tema: Prácticas del laboratorio	5 de 6
Práctica N.-5	Pruebas fotovoltaicas	Sin carga y con focos incandescentes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: IDENTIFICACIÓN DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO SIN CARGAS Y CON FOCOS INCANDESCENTES a 45°.

OBJETIVOS:

- Conocer la función que desempeña cada uno de los componentes y materiales
- Adquirir los materiales necesarios para la práctica.
- Revisar manual de operación
- Experimentar la simulación en tiempo real estableciendo la conexión

MATERIALES Y EQUIPOS:

- Cables
- Computador
- Software (LabVIEW 2017 y NI Visa, Arduino)
- Cargas
- Multímetro

PROCEDIMIENTO:

- Encender la pc y abrir el software labVIEW, para la visualización de las curvas características del panel fotovoltaico.
- Realizar las respectivas conexiones la tarjeta de Arduino con la computadora.
- En el panel principal del programa seleccionar el puerto serial.
- Escoger el número de periodos que se requiera tomar los datos.
- Correr el programa de LabView.
- Posicionar el panel solar en ángulo de 0°, mediante los pulsadores.
- Encender el inversor.
- Conectar las cargas
- Encender las perillas de lamp 1 y lamp 2.
- Regular la intensidad de acuerdo a las necesidades.
- Visualizar las curvas para su respectivo análisis
- En la pestaña datos ingresar para visualizar el comportamiento de las diferentes variantes.
- Comprobar los valores obtenidos con el multímetro, con los valores desplegados por el software labVIEW.
- Detallar los valores obtenidos, desplegados por el software.

Voltaje del panel	Corriente del panel	Potencia del panel	Angulo de inclinación del panel	Radiación solar	Eficiencia del panel	Hora indicada

- Analizar los datos y curvas obtenidas durante la simulación.
- Al finalizar la práctica apagar las perillas selectoras del módulo y luego des energizar la placa de adquisición datos.
- Dejar los materiales en el lugar correspondiente.

CONCLUSIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

RECOMENDACIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

Anexo 6.	Tema: Prácticas del laboratorio	6 de 6
Práctica N.-6	Pruebas fotovoltaicas	Con cargas y con focos incandescentes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: IDENTIFICACIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO CON CARGAS Y CON FOCOS INCANDESCENTES a 45°.

OBJETIVOS:

- Conocer la función que desempeña cada uno de los componentes y materiales
- Adquirir los materiales necesarios para la práctica.
- Revisar manual de operación
- Experimentar la simulación en tiempo real estableciendo la conexión

MATERIALES Y EQUIPOS:

- Cables
- Computador
- Software (LabVIEW 2017 y NI Visa, Arduino)
- Cargas
- Multímetro

PROCEDIMIENTO:

- Encender la pc y abrir el software labVIEW, para la visualización de las curvas características del panel fotovoltaico.
- Realizar las respectivas conexiones la tarjeta de Arduino con la computadora.
- En el panel principal del programa seleccionar el puerto serial.
- Escoger el número de periodos que se requiera tomar los datos.
- Correr el programa de LabView.
- Posicionar el panel solar en ángulo de 0°, mediante los pulsadores.
- Encender el inversor.
- Conectar las cargas
- Encender las perillas de lamp 1 y lamp 2.
- Regular la intensidad de acuerdo a las necesidades.
- Visualizar las curvas para su respectivo análisis
- En la pestaña datos ingresar para visualizar el comportamiento de las diferentes variantes.
- Comprobar los valores obtenidos con el multímetro, con los valores desplegados por el software labVIEW.

- Detallar los valores obtenidos, desplegados por el software.

Voltaje del panel	Corriente del panel	Potencia del panel	Angulo de inclinación del panel	Radiación solar	Eficiencia del panel	Hora indicada

- Analizar los datos y curvas obtenidas durante la simulación.
- Al finalizar la práctica apagar las perillas selectoras del módulo y luego desenergizar la placa de adquisición datos.
- Dejar los materiales en el lugar correspondiente.

CONCLUSIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

RECOMENDACIONES:

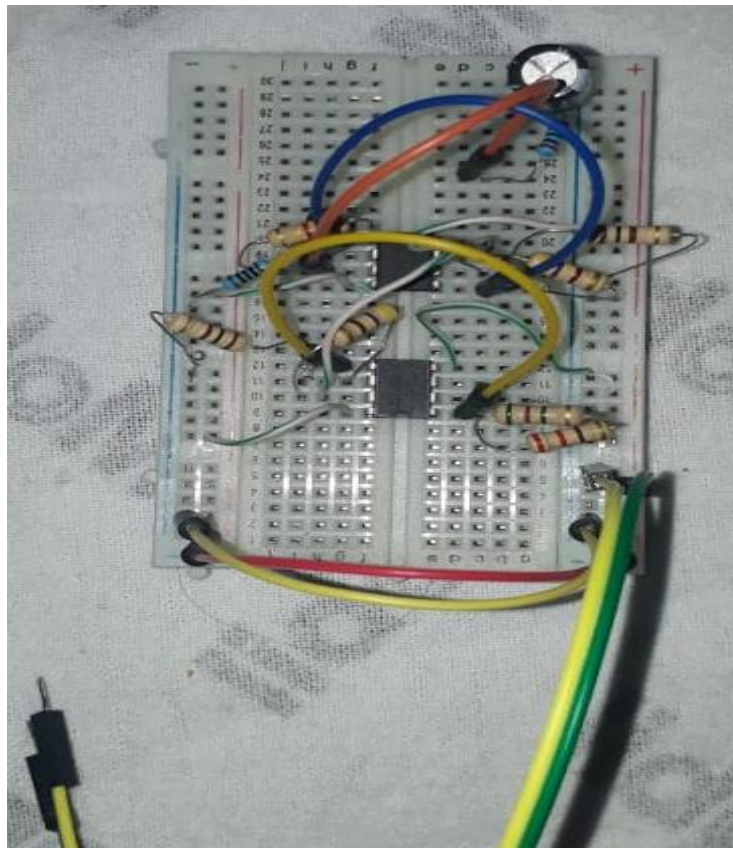
.....

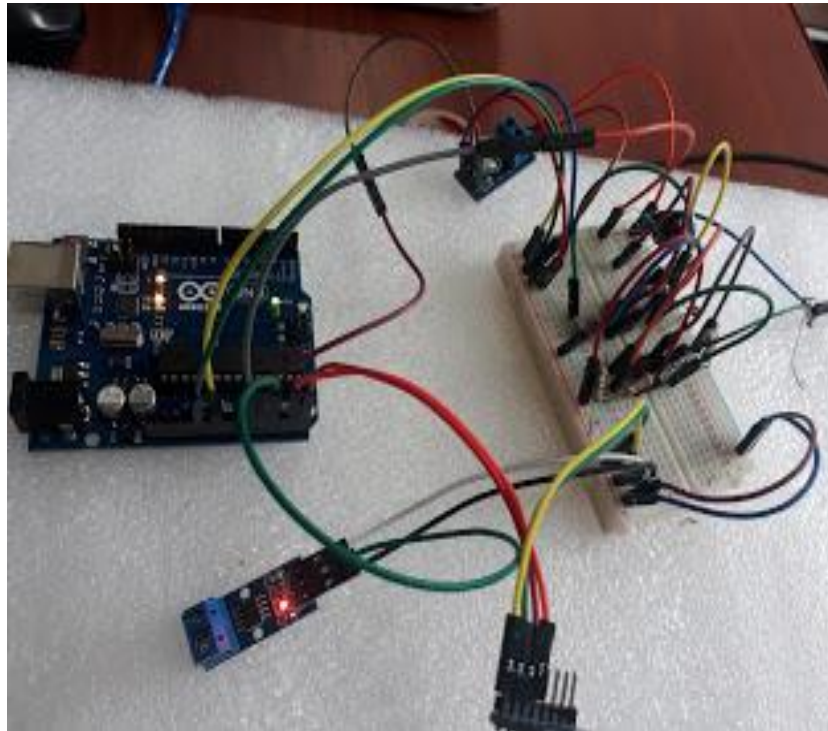
.....

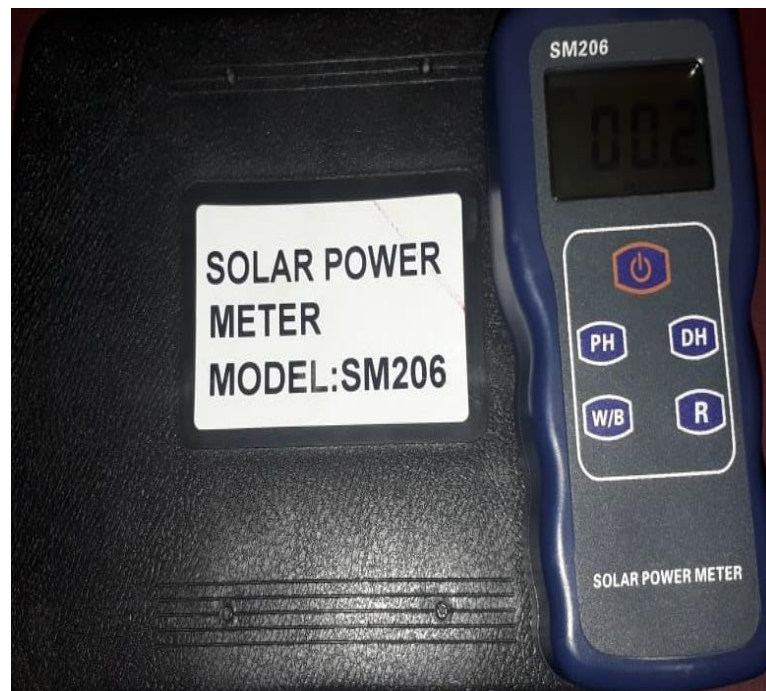
.....

.....

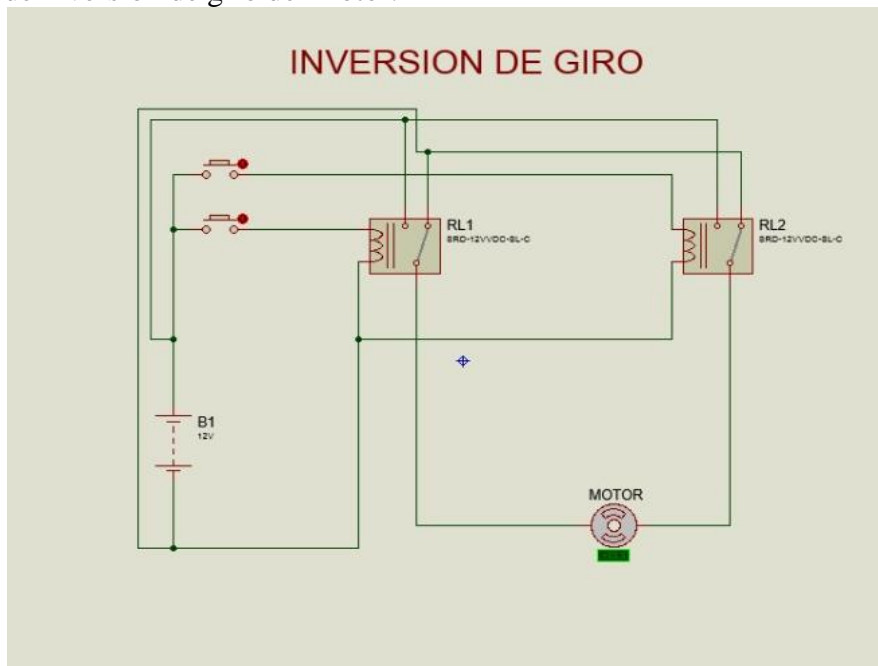
.....

A. Preparación de la estructura del módulo didáctico.**B.** Circuito amplificador.

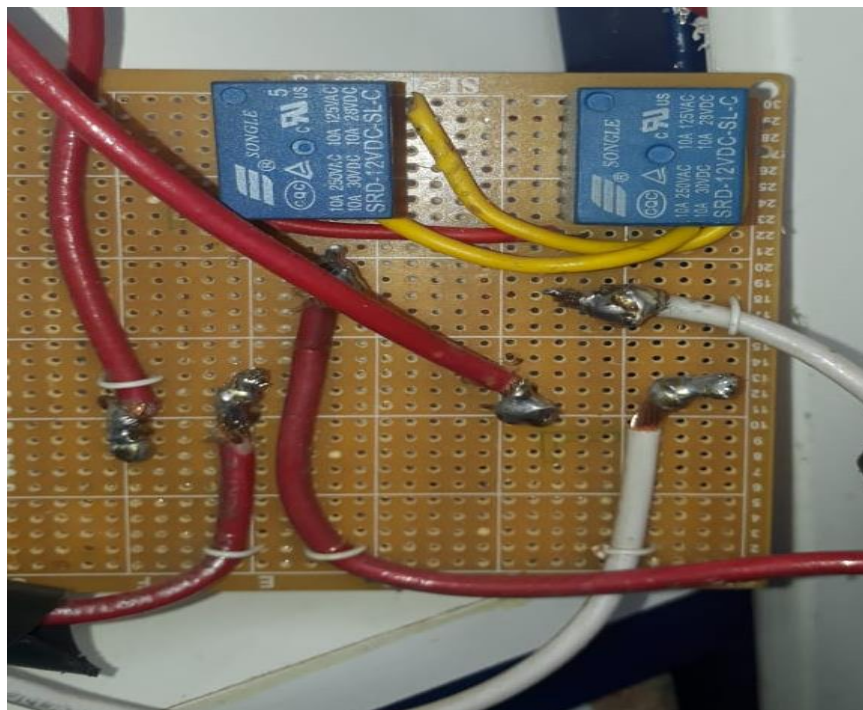
C. Pruebas del circuito de control.**D.** Conexión del circuito de control.

E. Conexión del circuito de control en el microcontrolador Arduino.**F.** Dispositivo solar power meter SM206.

G. Esquema de inversión de giro del motor.



H. Circuito de inversión de giro del motor.



I. Modulo didáctico ensamblado.**J.** Medición de voltaje.

K. Medición de Corriente.**L. Medición de voltaje en cada uno de los bornes de la placa del circuito de control.**

M. Verificación de los focos para su respectiva prueba.



N. Medición de radiación con siete focos incandescentes.



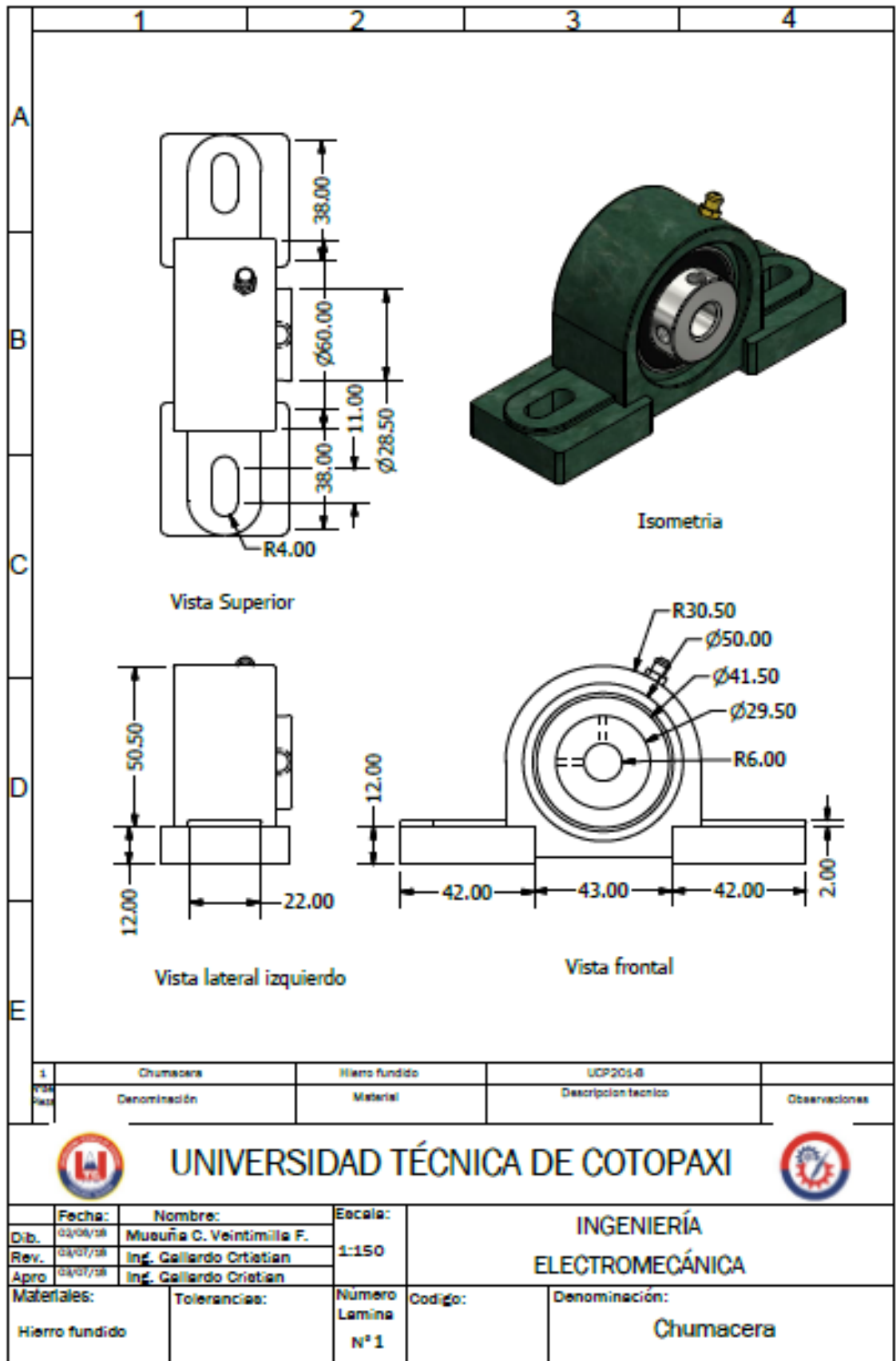
O. Toma de datos con una carga.

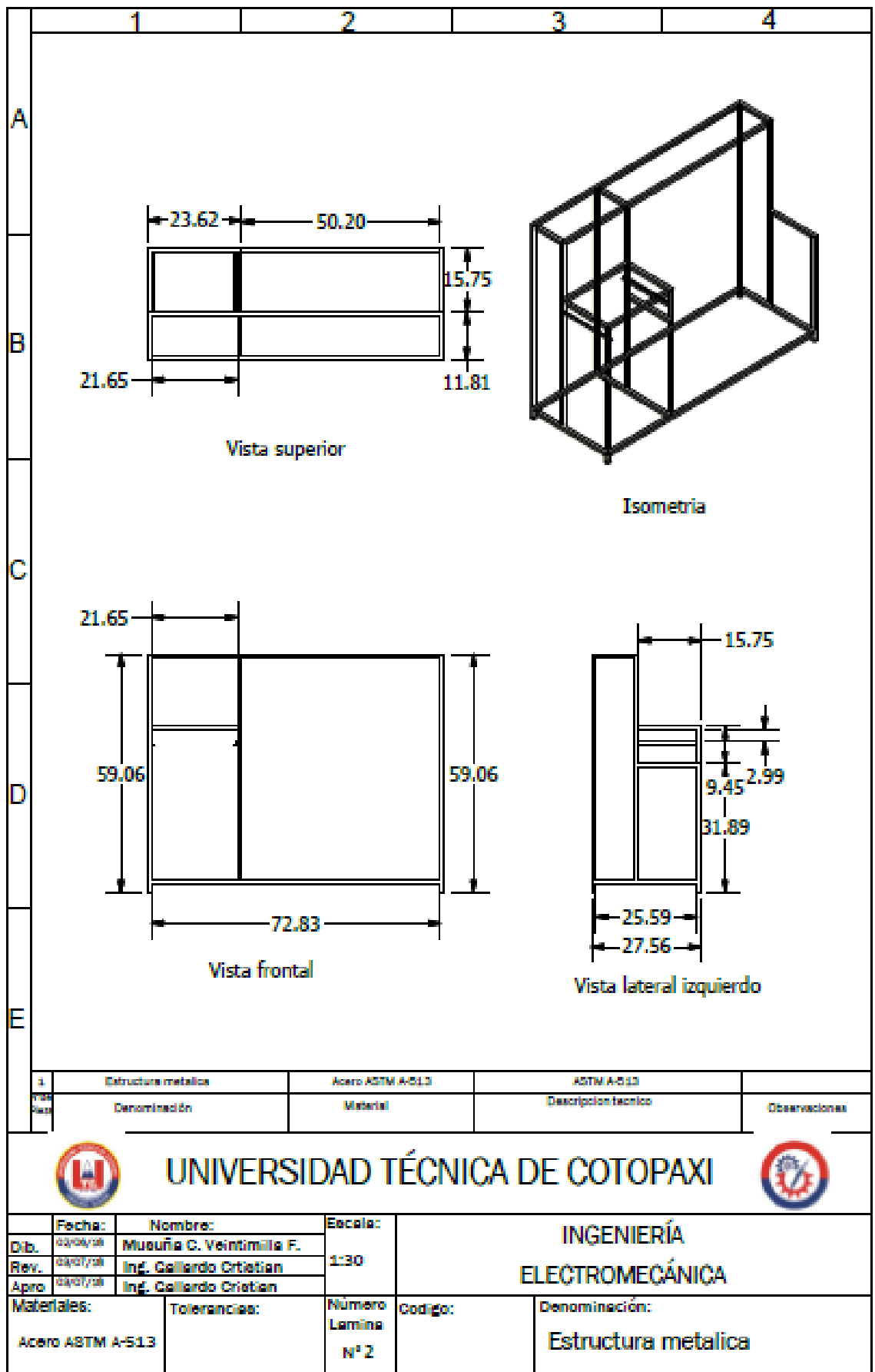


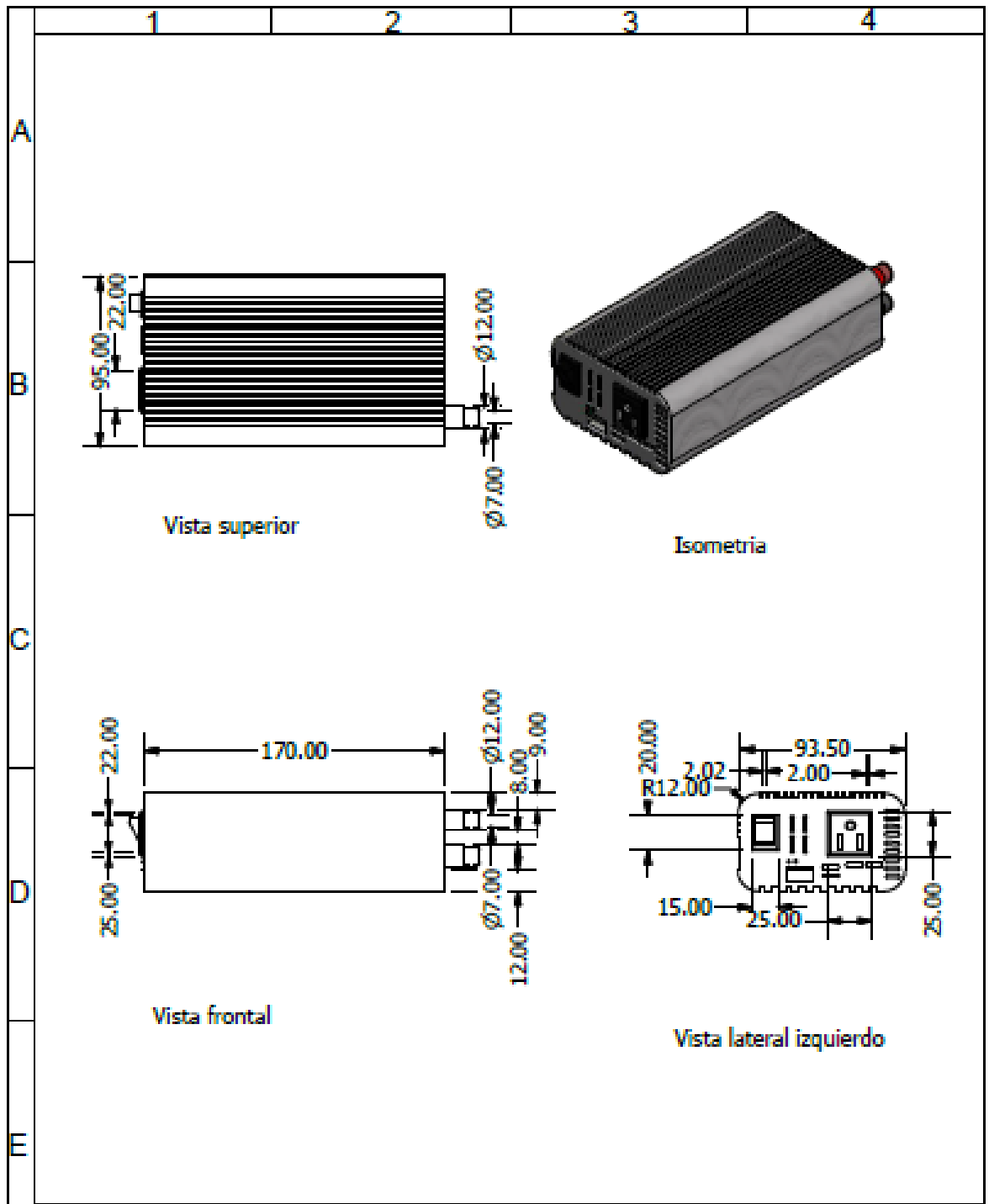
P. Calibración de radiación solar con el piranómetro y solar power meter SM206.



Anexo 8. Planos de los materiales eléctricos y electrónicos.







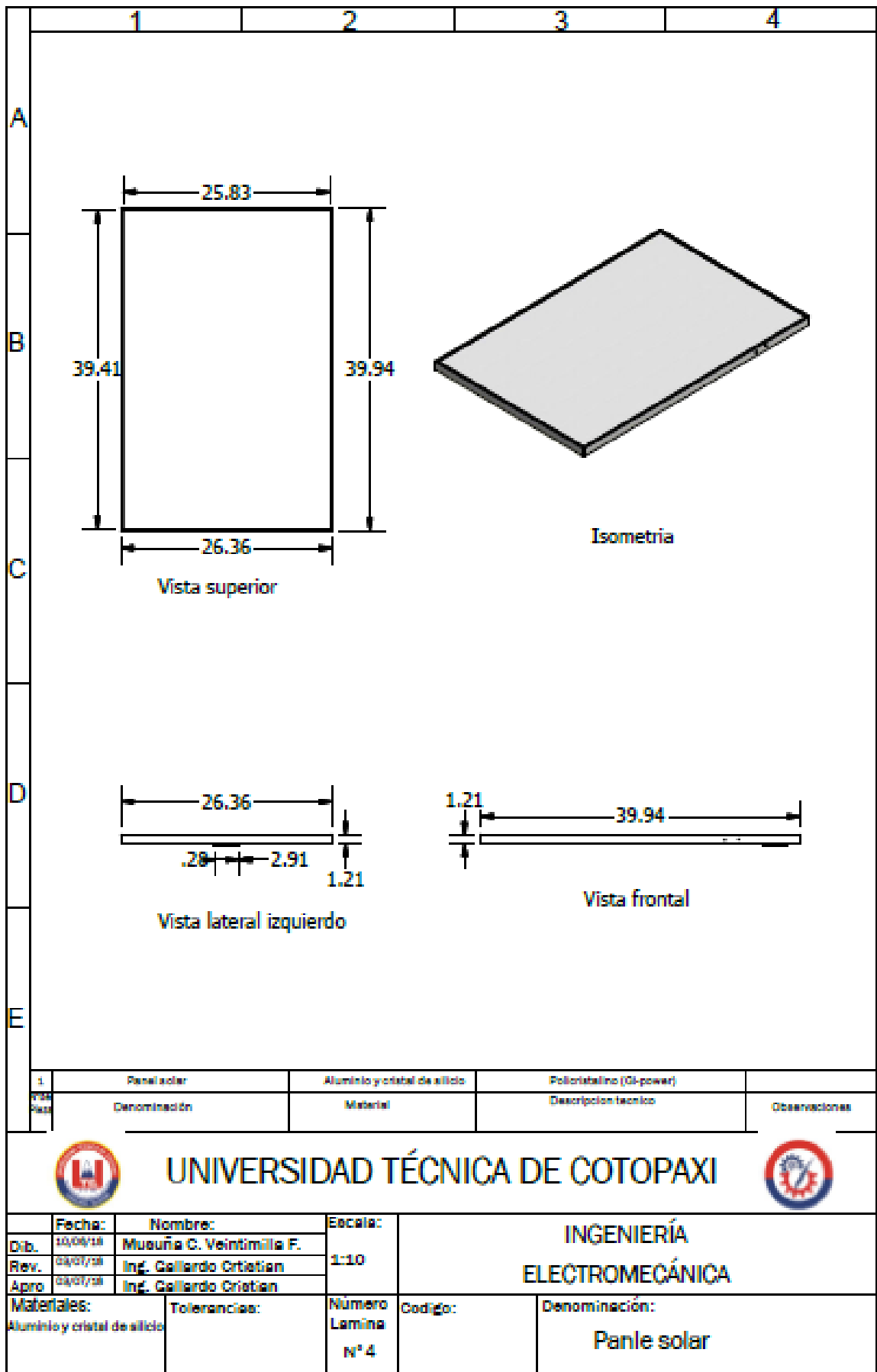
1	Inversor	Elementos electronicos	BELTSOORT	
Denominación	Material	Descripción tecnico	Observaciones	

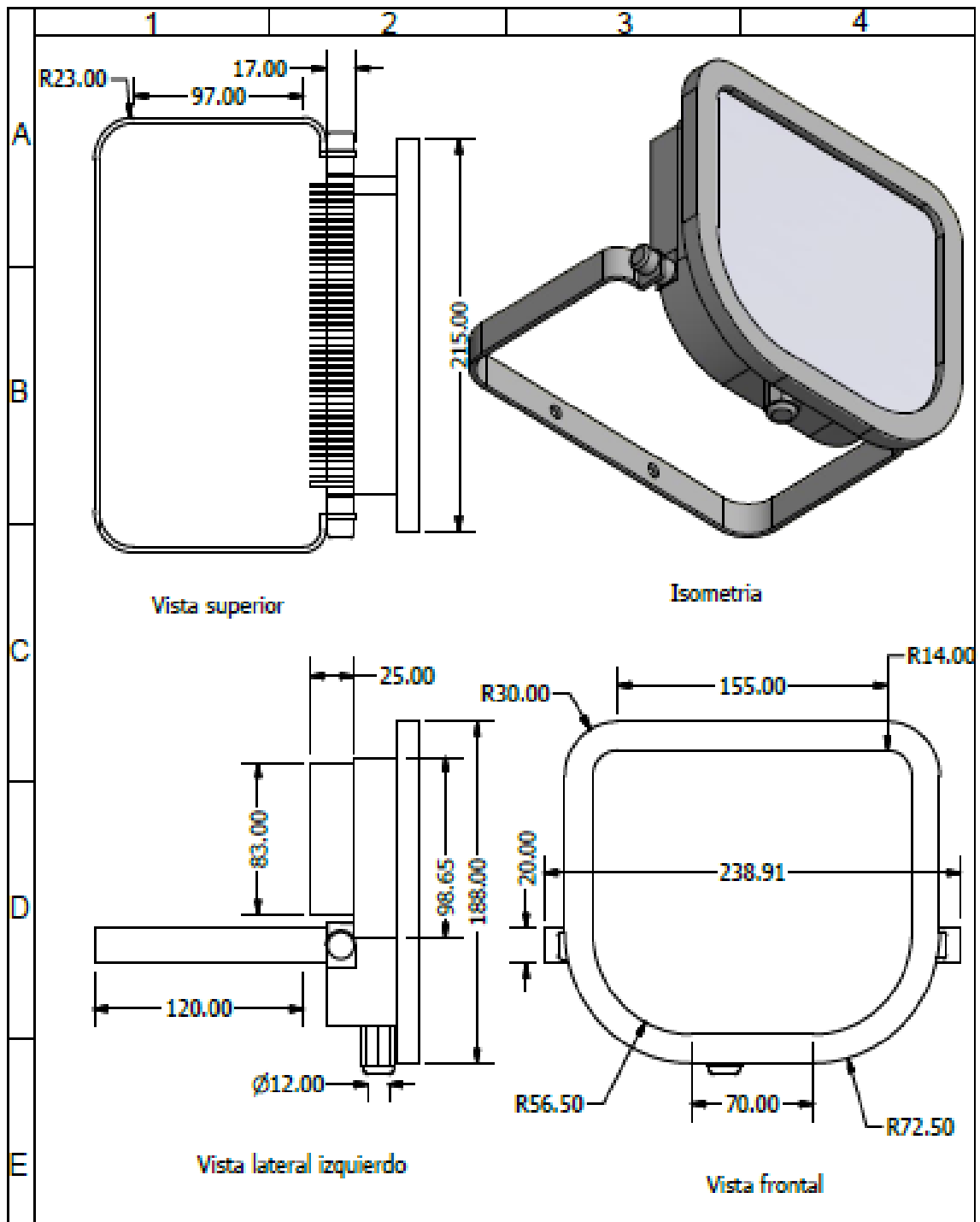


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 03/06/18	Musuña C. Veintimilla F.	1:3			
Rev. 03/07/18	Ing. Gallardo Cristian				
Apr. 03/07/18	Ing. Gallardo Cristian				
Materiales:		Tolerancias:	Número Lamina N° 3	Código:	Denominación:
Elementos electronicos					Inversor





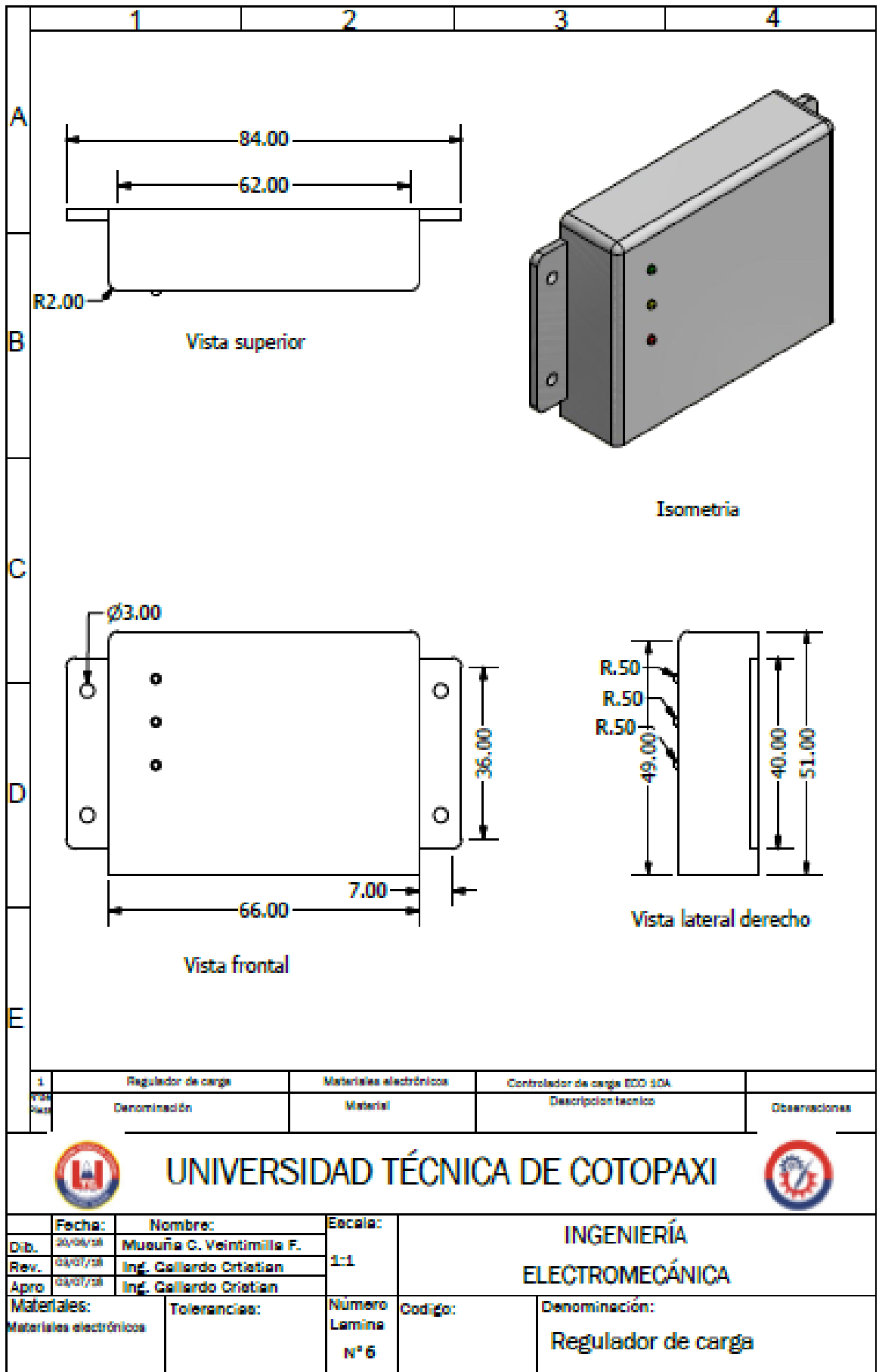
1	Reflector led	Plástico con protección UV	LEDWANCE FLOODLIGHT 50W/830 BVV	
Denominación	Material	Descripción técnica	Observaciones	

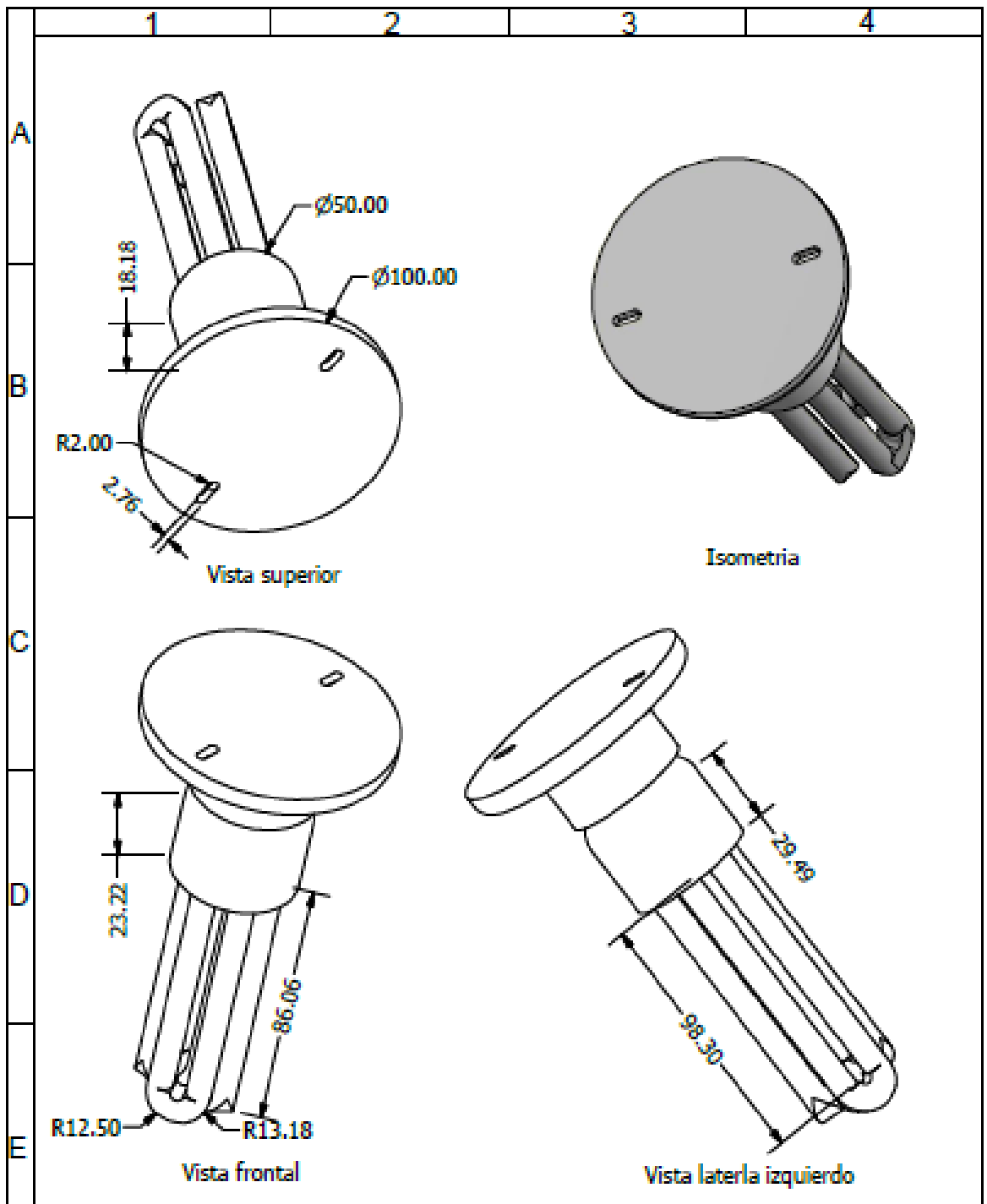


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMEQUÍCA	
Dib. 15/06/18	Musuña C. Veintimilla F.	1:3		
Rev. 03/07/18	Ing. Gallardo Cristian			
Apro. 03/07/18	Ing. Gallardo Cristian	Número Lamina N° 5	Código:	Denominación: Reflector led
Materiales: Plástico con protección UV		Tolerancias:		





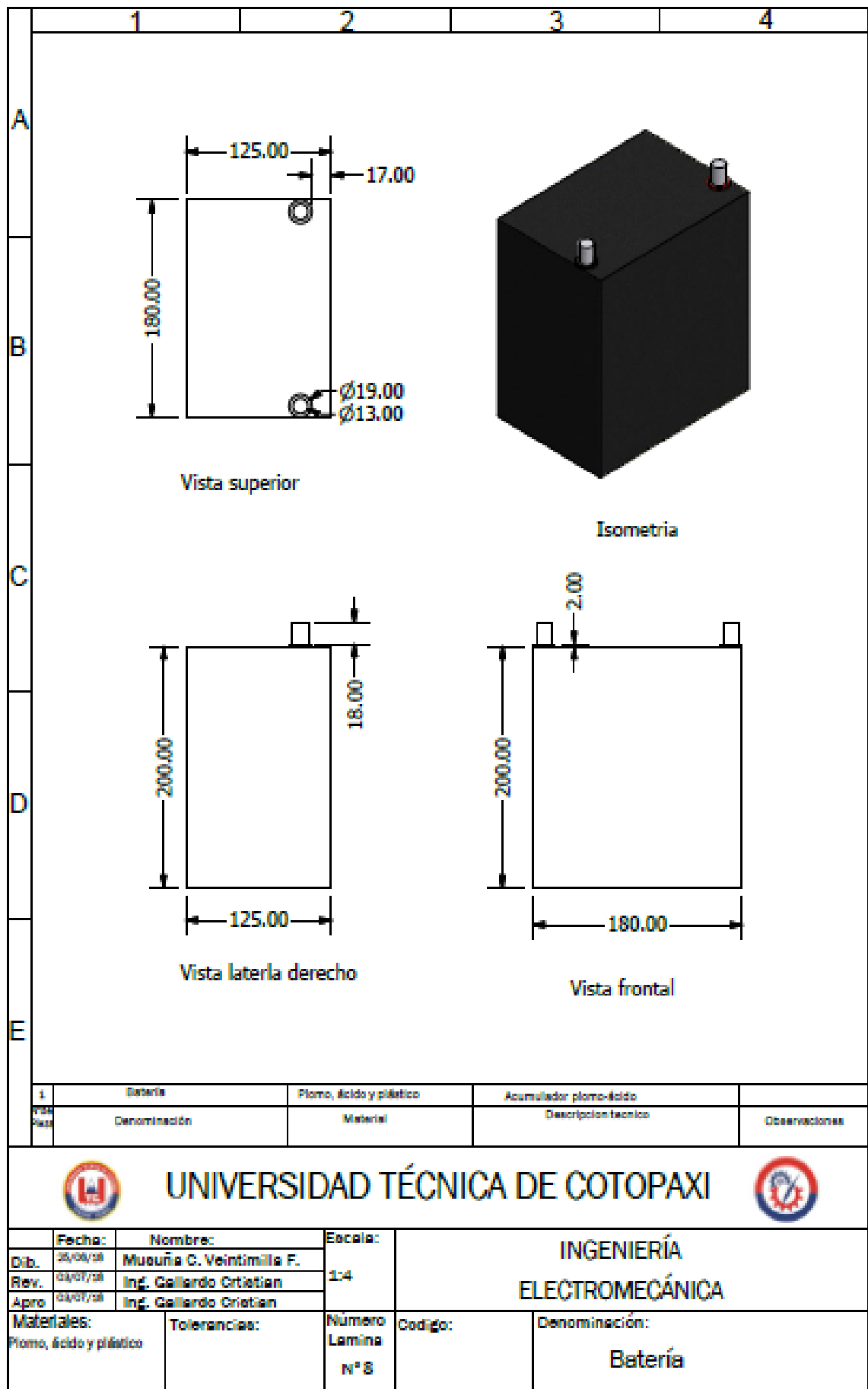
1.	Foco Fluorescente	Barril, mercurio y tubo de vidrio	Foco fluorescente compacto	
	Denominación	Materiales	Descripción técnica	Observaciones



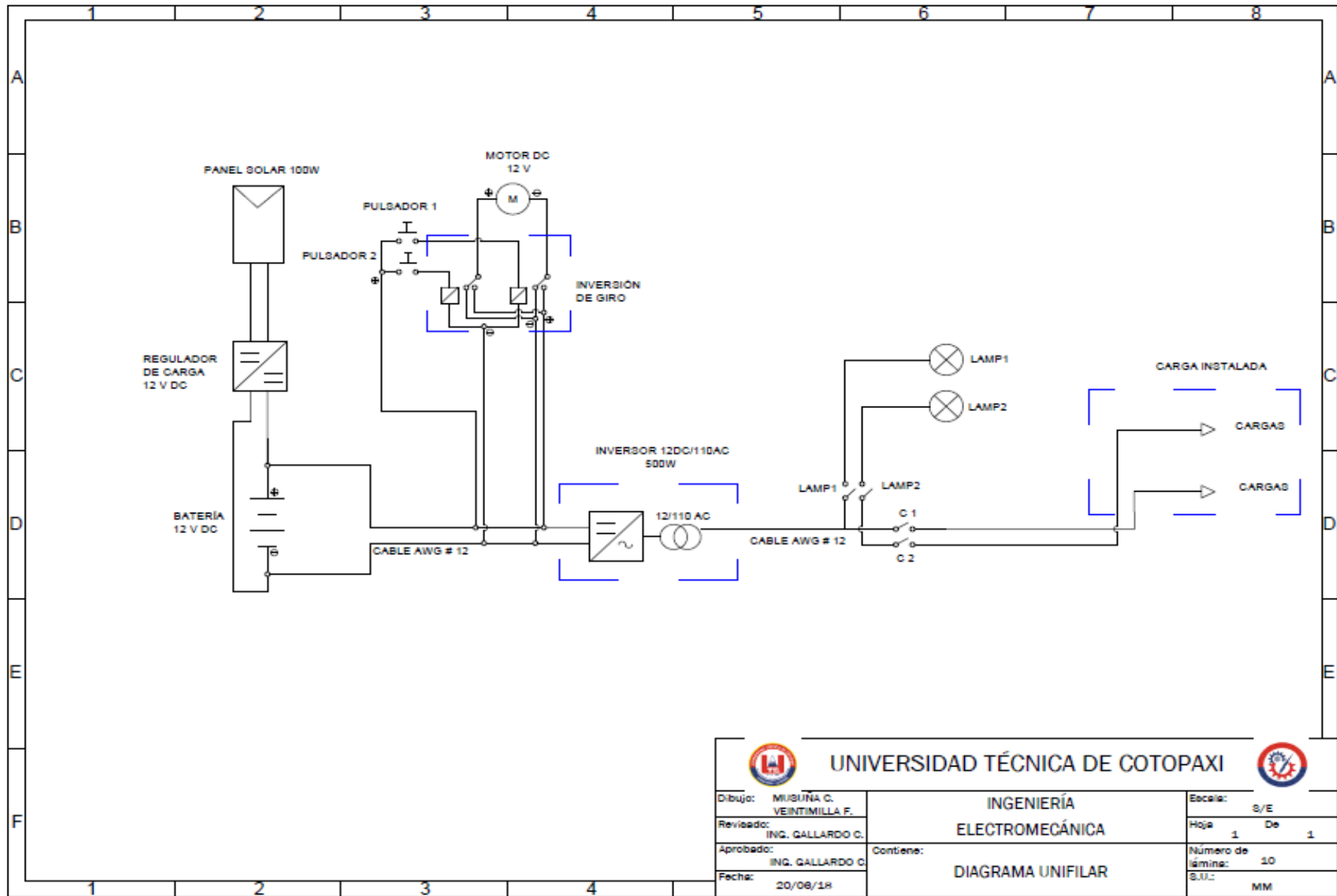
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMEQUÍCA	
Dib. 20/06/18	Muñoz G. Veintimilla F.	1-2		
Rev. 01/07/18	Ing. Gallardo Cristian			
Apro. 01/07/18	Ing. Gallardo Cristian		Código:	Denominación:
Materiales: Barril, mercurio, porcelana, tubo de vidrio		Tolerancias:	Número Lamina N° 7	Foco fluorescente



	1	2	3	4																										
A																														
B																														
C																														
D																														
E																														
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Detalle</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Panel solar</td></tr> <tr><td>2</td><td>Focos incandescentes</td></tr> <tr><td>3</td><td>Chumaceras</td></tr> <tr><td>4</td><td>Estructura metálica</td></tr> <tr><td>5</td><td>Microcontrolador</td></tr> <tr><td>6</td><td>Regulador de voltaje</td></tr> <tr><td>7</td><td>Selector de dos posiciones</td></tr> <tr><td>8</td><td>Pulsadores</td></tr> <tr><td>9</td><td>Inversor</td></tr> <tr><td>10</td><td>Jack de conexión</td></tr> <tr><td>11</td><td>Cargas</td></tr> <tr><td>12</td><td>Dimmer regulador</td></tr> </tbody> </table>	Item	Detalle	1	Panel solar	2	Focos incandescentes	3	Chumaceras	4	Estructura metálica	5	Microcontrolador	6	Regulador de voltaje	7	Selector de dos posiciones	8	Pulsadores	9	Inversor	10	Jack de conexión	11	Cargas	12	Dimmer regulador
Item	Detalle																													
1	Panel solar																													
2	Focos incandescentes																													
3	Chumaceras																													
4	Estructura metálica																													
5	Microcontrolador																													
6	Regulador de voltaje																													
7	Selector de dos posiciones																													
8	Pulsadores																													
9	Inversor																													
10	Jack de conexión																													
11	Cargas																													
12	Dimmer regulador																													
1	Módulo ensamblado																													
N° de pieza	Denominación	Material	Descripción técnica	Observaciones																										
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI																														
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA																										
	Dib. 13/06/19	Musuña C. Veintimilla F.	1:20																											
	Rev. 03/07/19	Ing. Gallardo Cristian																												
	Apro. 03/07/19	Ing. Gallardo Cristian																												
Materiales:	Tolerancias:	Número Lamina N° 9	Codigo:	Denominación: Módulo ensamblado																										



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibuja: MUSAÑA C.
VEINTIMILLA F.
Revisado: ING. GALLARDO C.
Aprobado: ING. GALLARDO C.
Fecha: 20/08/18

INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA
Contiene:
DIAGRAMA UNIFILAR

Escala: S/E
Hoja 1 De 1
Número de lámina: 10
S.U.: MM