



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**

**TESIS DE GRADO PREVIA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**  
**INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA:**

**CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ANÁLISIS DE CURVAS DE EFICIENCIA DE GENERACIÓN, QUE SERVIRÁ PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014**

**POSTULANTES:**

HÉCTOR RUBÉN PORRAS ATIAGA

DIEGO FABRICIO RAMÍREZ POZO

**DIRECTOR:**

Mg. C. Ing. ÁLVARO MULLO

**ASESOR METODOLÓGICO**

Dr. GALO TERÁN

Latacunga – Ecuador  
DICIEMBRE DEL 2015



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

---

---



## AUTORÍA

Los criterios emitidos en el presente proyecto de tesis CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ANÁLISIS DE CURVAS DE EFICIENCIA DE GENERACIÓN, QUE SERVIRÁ PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014, es de exclusiva responsabilidad de los autores.

---

Héctor Rubén Porrás Atiaga

C.I.: 050259822-0

---

Diego Fabricio Ramírez Pozo

C.I.: 050325840-2



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador



---

## AVAL DE DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director del trabajo de investigación sobre el tema: “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ANÁLISIS DE CURVAS DE EFICIENCIA DE GENERACIÓN, QUE SERVIRÁ PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”, de HÉCTOR RUBÉN PORRAS ATIAGA y DIEGO FABRICIO RAMÍREZ POZO, postulantes de la UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnico para ser sometido a la evaluación de Tribunal de Validación del proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

EL DIRECTOR

.....  
Mg. C. Ing. ÁLVARO SANTIAGO MULLO QUEVEDO

DIRECTOR DE TESIS



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador



## AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), en calidad de Asesor Metodológico del tema: **“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ANÁLISIS DE CURVAS DE EFICIENCIA DE GENERACIÓN, QUE SERVIRÁ PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”**, me permito informar que los postulantes egresados de la carrera de Ingeniería Electromecánica: HÉCTOR RUBÉN PORRAS ATIAGA y DIEGO FABRICIO RAMÍREZ POZO han desarrollado su tesis de grado en forma teórica bajo mi dirección y supervisión el mismo que está redactado de acuerdo a los planeamientos formulados en el plan de trabajo de investigación de grado de la Universidad, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, 21 de Agosto del 2015

---

Dr. Galo Terán

**ASESOR METODOLÓGICO**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador



---

## CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de coordinador de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, certifico que mediante la tesis: “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ANÁLISIS DE CURVAS DE EFICIENCIA DE GENERACIÓN, QUE SERVIRÁ PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”,

Los señores HÉCTOR RUBÉN PORRAS ATIAGA y DIEGO FABRICIO RAMÍREZ POZO realizan la entrega de un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación, que servirá para el laboratorio de Ingeniería Electromecánica de La Universidad Técnica De Cotopaxi.

Atentamente

.....  
Ing. MgC. Edwin Moreano

C.I.

COORDINACIÓN DE CARRERA  
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

## AGRADECIMIENTO

*Con infinita alegría agradezco eternamente este sueño hecho realidad a Dios por darme salud, fortaleza, responsabilidad y sabiduría.*

*A mi familia; que con su esfuerzo y dedicación, su paciencia y motivación han logrado que pueda culminar mis estudios universitarios con éxito*

*A mi madre por haberme enseñado que con paciencia, esfuerzo trabajo y constancia se consiguen los objetivos que nadie regala nada, por hacerme ver la vida de una forma diferente y confiar en mis decisiones.*

*A mis abuelitos que con su amor infinito estuvieron en mis momentos más difíciles, apoyándome.*

*A mi Universidad por regalarme sus conocimientos y poder defenderme en el ámbito profesional*

*Héctor*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de vivir y de alcanzar mi meta tan anhelada.*

*A mis padres por el sacrificio, comprensión, apoyo incondicional y consejos para que este sueño se convirtiera en realidad.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas y todos los docentes por impartir sus sabios conocimientos y formarme como profesional.*

*Diego*

## DEDICATORIA

*Con eterno agradecimiento dedico este proyecto a Dios por brindarme la vida bendecirme y cuidarme todos los días.*

*A mi familia y amigos; quienes con entera disposición han estado pendientes de mi vida estudiantil, quienes han permanecido vigentes dándome ánimos e inculcándome a no dejarme caer frente a las adversidades.*

*Héctor*

## DEDICATORIA

*Con gran alegría dedico este proyecto a mis queridos padres por el apoyo permanente brindado durante toda mi trayectoria estudiantil, quienes depositaron en mí su confianza y abnegación para culminar satisfactoriamente un escalón más en mi vida profesional.*

*A mis hermanos, familiares y amigos por sus buenos deseos y consejos, al impulsarme a culminar con mis estudios.*

*Diego*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORÍA.....	ii
AVAL DE DIRECTOR DE TESIS .....	iii
AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO .....	iv
CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN .....	v
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	xxiii
AGRADECIMIENTO .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xx
INTRODUCCIÓN .....	xxiv
CAPÍTULO I.....	1
1. Fundamentos Teóricos.....	1
1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.2. Banco de pruebas .....	2
1.3. Energía Solar Fotovoltaica.....	3
1.4. Radiación solar.....	3
1.4.1. Tipos de radiación solar .....	3
a. Radiación solar difusa.....	3
b. Radiación solar directa.....	4
c. Radiación solar global .....	4

1.4.2.	Célula fotovoltaica .....	4
1.5.	Sistemas Fotovoltaicos.....	5
1.5.1.	Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	6
1.5.1.1.1.	Sistema fotovoltaico aislado .....	6
1.5.1.1.2.	Sistemas fotovoltaicos conectados a la red. ....	7
1.6.	Paneles fotovoltaicos.....	8
1.6.1.	Tipos de paneles fotovoltaicos .....	9
a.	Monocristalino.....	9
b.	Policristalino .....	10
c.	Amorfo.....	10
1.7.	Características eléctricas de los paneles solares.....	12
1.7.1.	Potencia máxima de salida .....	12
1.7.2.	Curvas I-V .....	12
1.7.3.	Intensidad .....	13
1.7.4.	Efecto de temperatura.....	14
1.7.4.1.1.	Temperatura de trabajo del panel.....	14
1.7.5.	Máxima potencia de salida .....	15
1.7.6.	Factor de degradación. ....	16
1.7.7.	Evaluación de la potencia de salida.....	16
1.8.	Características de las células solares.....	17
1.8.1.	Superficie activa .....	17
1.8.2.	Material anti reflectante.....	17
1.8.3.	Forma geométrica y dimensiones.....	17
1.8.4.	Eficiencia de conversión .....	17
1.9.	Regulador de voltaje .....	19
1.9.1.	Tipos de reguladores .....	19

1.9.2.	Características de los reguladores .....	20
1.10.	Baterías .....	21
1.10.1.	Características de las baterías en sistemas fotovoltaicos .....	22
1.11.	Inversor.....	23
1.11.1.	Características de los inversores .....	24
1.12.	Piranómetro .....	24
1.13.	Tarjeta de adquisición de datos .....	25
1.13.1.	Características generales para la adquisición de datos. ....	26
a.	Número de entradas Analógicas. ....	26
1.14.	Labview.....	26
1.14.1.	Como trabaja labview? .....	27
1.14.2.	Panel Frontal.....	27
1.14.3.	Diagrama de bloques. ....	28
1.14.4.	Paletas.....	29
1.15.	Lámpara halógeno. ....	29
1.15.1.	Características de una lámpara halógeno.....	29
CAPITULO II .....		31
2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	31
2.1.	Caracterización de la Universidad Técnica de Cotopaxi .....	31
2.1.1.	Misión.....	32
2.1.2.	Visión .....	32
2.2.	Aspectos históricos de la carrera de Ingeniería Electromecánica .....	33
2.2.1.	Misión.....	33
2.2.2.	Visión .....	34
2.2.3.	Objetivo de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.....	34
2.3.	Diseño Metodológico .....	34

2.3.1.	Métodos de Investigación.....	34
2.3.1.1.1.	Investigación Bibliográfica .....	34
2.3.1.1.2.	Investigación de campo.....	34
2.3.1.1.3.	Método experimental .....	35
2.3.1.1.4.	Método hipotético deductivo .....	35
2.3.1.1.5.	Método lógico inductivo .....	35
2.3.2.	Técnicas de Investigación .....	35
2.3.2.1.1.	Observación.....	36
2.3.2.1.2.	La Encuesta .....	36
2.4.	Población universo y muestra .....	36
2.4.1.	Análisis de resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes de Ingeniería Electromecánica .....	36
	Pregunta N° 1:.....	37
	Pregunta N° 2:.....	38
	Pregunta N° 3:.....	39
	Pregunta N° 4:.....	40
	Pregunta N° 5:.....	41
	Pregunta N° 6:.....	42
	Pregunta N° 7:.....	43
	Pregunta N° 8:.....	44
	Pregunta N° 9:.....	45
	Pregunta N° 10:.....	46
2.5.	Verificación de la Hipótesis .....	47
2.5.1.	Planteamiento de la hipótesis .....	47
2.5.1.1.1.	Variable Independiente .....	47
2.5.1.1.2.	Variable Dependiente.....	47

2.5.1.1.3.	Planteo de la hipótesis.....	47
	Hipótesis alternativa.- $H_a$ .....	47
	Hipótesis nula.- $H_0$ .....	47
2.5.2.	Cálculo de las frecuencias esperadas ( $f_e$ ) .....	48
2.5.3.	Cálculo del chi cuadrado .....	49
2.5.4.	Cálculo del grado de libertad <b>gl</b> .....	50
CAPÍTULO III .....		52
3.	Propuesta.....	52
3.1.	Presentación de la propuesta .....	52
3.1.1.	Objetivos de la propuesta .....	52
3.1.1.1.1.	Objetivo General .....	52
3.1.1.1.2.	Objetivos Específicos.....	52
3.2.	Análisis de factibilidad.....	53
3.2.1.	Factibilidad técnica.....	53
3.2.2.	Factibilidad económica.....	53
3.2.3.	Factibilidad operacional .....	53
3.4.	Requerimientos de la propuesta .....	54
3.5.	Desarrollo de la propuesta.....	55
3.5.1.	Diseño esquemático del banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para el análisis de curvas de eficiencia de generación. ....	55
3.6.	Selección de los elementos y dispositivos .....	56
3.6.1.	Estructura y soporte del panel solar .....	56
3.6.2.	Lámparas Halógeno.....	56
3.6.3.	Panel Solar.....	57
3.6.4.	Regulador de carga .....	58
3.6.5.	Batería .....	58

3.6.6.	Inversor de voltaje .....	59
3.6.7.	Tarjeta de adquisición de datos .....	59
3.6.8.	Instalación, conexión, reconocimiento y programación de la tarjeta Arduino - Labview.....	60
3.6.9.	Ventana de programación de labview .....	64
3.6.10.	Presentación de pantalla principal .....	65
3.6.11.	Curva de eficiencia generación DC (Voltaje).....	65
3.6.12.	Curva de eficiencia generación DC (Corriente). .....	66
3.6.13.	Curva de eficiencia generación DC (Potencia).....	66
3.6.14.	Curva de eficiencia generación AC (Voltaje).....	67
3.6.15.	Curva de eficiencia generación AC (corriente). .....	67
3.6.16.	Curva de eficiencia generación AC (Potencia).....	68
	CONCLUSIONES: .....	69
	RECOMENDACIONES:.....	70
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
	BIBLIOGRAFÍA CITADA .....	71
	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA EN LÍNEA .....	72
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	75
	ANEXOS .....	100

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.1</b> Ventajas y desventajas en paneles .....	11
<b>Tabla 1.2</b> Comparación de módulos disponibles en el mercado .....	11
<b>Tabla 1.3</b> Tipo de baterías fotovoltaicas .....	23
<b>Tabla 2.1</b> Universo de estudiantes y profesores .....	36
<b>Tabla 2.2</b> Análisis de la primera pregunta .....	37
<b>Tabla 2.3</b> Análisis de la segunda pregunta .....	38
<b>Tabla 2.4</b> Análisis de la tercera pregunta .....	39
<b>Tabla 2.5</b> Análisis de la cuarta pregunta .....	40
<b>Tabla 2.6</b> Análisis de la quinta pregunta .....	41
<b>Tabla 2.7</b> Análisis de la sexta pregunta .....	42
<b>Tabla 2.8</b> Análisis de la séptima pregunta .....	43
<b>Tabla 2.9</b> Análisis de la octava pregunta .....	44
<b>Tabla 2.10</b> Análisis de la novena pregunta .....	45
<b>Tabla 2.11</b> Análisis de la décima pregunta .....	46
<b>Tabla 2.12</b> Tabulación de encuestas empleadas .....	48
<b>Tabla 2.13</b> Resumen de frecuencias observadas ( <i>f<sub>o</sub></i> ) .....	48
<b>Tabla 2.14</b> Resultado de frecuencias esperadas ( <i>f<sub>e</sub></i> ).....	49
<b>Tabla 2.15</b> Resultado de chi cuadrado .....	50
<b>Tabla 3.1</b> Requerimientos de materiales y costos .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> Tipos de radiacion .....	4
<b>Figura 1.2.</b> Célula solar fotovoltaica.....	5
<b>Figura 1.3.</b> Esquema de un sistema fotovoltaico .....	6
<b>Figura 1.4.</b> Instalación solar fotovoltaica aislada.....	7
<b>Figura 1.5.</b> Instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica.....	8
<b>Figura 1.6.</b> Composición de un panel solar.....	9
<b>Figura 1.7.</b> Panel solar monocristalino .....	9
<b>Figura 1.8.</b> Panel solar policristalino .....	10
<b>Figura 1.9.</b> Panel solar amorfo.....	12
<b>Figura 1.10.</b> Curva de potencia de un panel fotovoltaico .....	13
<b>Figura 1.11.</b> Curva I-V para distintos tipos de radiación.....	14
<b>Figura 1.12.</b> Curva de potencia del panel .....	15
<b>Figura 1.13.</b> Célula solar.....	18
<b>Figura 1.14.</b> Funcionamiento de una célula solar fotovoltaica .....	18
<b>Figura 1.15.</b> Conexión de un regulador de tensión o voltaje .....	19
<b>Figura 1.16.</b> Conexión de un regulador en serie .....	20
<b>Figura 1.17.</b> Conexión de un regulador en paralelo.....	21
<b>Figura 1.18.</b> Batería para sistemas fotovoltaicos .....	23
<b>Figura 1.19.</b> Inversor solar .....	24
<b>Figura 1.20.</b> Piranómetro .....	25
<b>Figura 1.21</b> Tarjeta de adquisición de datos .....	26
<b>Figura 1.22</b> Panel frontal .....	28
<b>Figura 1.23</b> Diagrama de bloques .....	28
<b>Figura 1.24</b> Paleta de controles.....	29
<b>Figura 1.2</b> Lámpara halógeno .....	30
<b>Figura 2.1</b> Representación gráfica de la pregunta 1 .....	37

<b>Figura 2.2</b>	Representación gráfica de la pregunta 2.....	38
<b>Figura 2.3</b>	Representación gráfica de la pregunta 3.....	39
<b>Figura 2.4</b>	Representación gráfica de la pregunta 4.....	40
<b>Figura 2.5</b>	Representación gráfica de la pregunta 5.....	41
<b>Figura 2.6</b>	Representación gráfica de la pregunta 6.....	42
<b>Figura 2.7</b>	Representación gráfica de la pregunta 7.....	43
<b>Figura 2.8</b>	Representación gráfica de la pregunta 8.....	44
<b>Figura 2.9</b>	Representación gráfica de la pregunta 9.....	45
<b>Figura 2.10</b>	Representación gráfica de la pregunta 10.....	46
<b>Figura 3.1</b>	Estructura del banco de pruebas .....	56
<b>Figura 3.2</b>	Lámparas halógeno .....	57
<b>Figura 3.3</b>	Panel solar .....	57
<b>Figura 3.4</b>	Regulador de carga .....	58
<b>Figura 3.5</b>	Batería .....	58
<b>Figura 3.6</b>	Inversor de voltaje (CC/AC) .....	59
<b>Figura 3.7</b>	Tarjeta Daq .....	59
<b>Figura 3.8</b>	Ventana de descarga de internet .....	60
<b>Figura 3.9</b>	Instalador Arduino.....	60
<b>Figura 3.10</b>	Librería LIFA BASE .....	61
<b>Figura 3.11</b>	Tipo de placa Arduino .....	62
<b>Figura 3.12</b>	Puerto COM .....	62
<b>Figura 3.13</b>	Puerto COM .....	63
<b>Figura 3.14</b>	Cargar Firmware .....	63
<b>Figura 3.15</b>	Aviso de carga finalizada .....	64
<b>Figura 3.16</b>	Programación Labview.....	64
<b>Figura 3.17</b>	Pantalla Labview .....	65
<b>Figura 3.18</b>	Curva de generación de voltaje .....	65

<b>Figura 3.19</b> Curva de generación de corriente .....	66
<b>Figura 3.20</b> Curva de generación de potencia.....	66
<b>Figura 3.21</b> Curva de generación de voltaje .....	67
<b>Figura 3.22</b> Curva de generación de corriente .....	67
<b>Figura 3.23</b> Curva de generación de potencia.....	68

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.1</b> Intensidad.....	13
<b>Ecuación 1.2</b> Temperatura de trabajo del panel.....	14
<b>Ecuación 1.3</b> Potencia de salida.....	16
<b>Ecuación 1.4</b> Incremento de temperatura.....	16
<b>Ecuación 1.5</b> Eficiencia de conversión .....	17
<b>Ecuación 2.1</b> Cálculo de las frecuencias esperadas .....	48
<b>Ecuación 2.2</b> Cálculo de chi cuadrado .....	49
<b>Ecuación 2.3</b> Cálculo del grado de libertad .....	50



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**TEMA: CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ANÁLISIS DE CURVAS DE EFICIENCIA DE GENERACIÓN, QUE SERVIRÁ PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014**

**POSTULANTES:**

HÉCTOR RUBÉN PORRAS ATIAGA

DIEGO FABRICIO RAMÍREZ POZO

**RESUMEN**

En el presente trabajo investigativo se realizó un análisis sobre el aprovechamiento de la energía solar, para la construcción e implementación de un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica y análisis de curvas de eficiencia de generación mediante la implementación de un software HMI, por medio de una tarjeta de adquisición de datos que permita visualizar y monitorear la gráfica de generación eléctrica, teniendo en cuenta el criterio de los estudiantes y profesores de la Universidad Técnica de Cotopaxi mediante una encuesta realizada el 90% de encuestados considera que es necesario el análisis de parámetros técnicos acerca de las células fotovoltaicas y el aprovechamiento de los recursos renovables no contaminantes lo cual beneficiará a los estudiantes de Ingeniería Electromecánica al referenciar la teórica con la práctica, finalmente este proyecto cumplió con las expectativas planteadas al visualizar las curvas de eficiencia de generación desde el punto de vista técnico por lo cual el banco de pruebas será implementado en laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi para la ejecución de prácticas.

**Descriptor:**

Energía solar fotovoltaica y curvas de generación eléctrica.



**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY  
ACADEMIC UNIT OF SCIENCES OF THE ENGINEERING AND APPLIED  
CAREER OF ENGINEERING IN ELECTROMECHANICAL**

**TEAM: CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF A TEST  
BENCH PHOTOVOLTAIC ENERGY SOLAR FOR EFFICIENCY  
CURVES ANALYSIS OF GENERATION IT SERVE TO ENGINEERING  
ELECTROMECHANICAL LABORATORY OF TECHNICAL  
UNIVERSITY IN THE PERIOD 2014 COTOPAXI**

**AUTHORS:**

HÉCTOR RUBÉN PORRAS ATIAGA

DIEGO FABRICIO RAMÍREZ POZO

**SUMMARY**

The present project consists of the construction and implementation of a test bench photovoltaic energy solar for efficiency curves analysis of electric generation for the Technical University of Cotopaxi.

The team consists of a solar panel mounted on the structure of the bank with two moving halogen lamps that simulate sunlight; a voltage regulator, a solar inverter, an auxiliary battery and two loads in DC and AC respectively, all these teams are embedded in the structure of the module, in this research work involved: the radiation generated by lamps and variables current voltage and power generated by the panel, same that are displayed and monitored by a HMI software designed in the Labview program through an acquisition board Arduino data, which will allow us to display the graphical power generation and run practices in the Electromechanical Engineering Laboratory of the Technical University of Cotopaxi.

**Descriptors:**

Solar photovoltaic power and generation curves.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador



## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Lic. Marcelo Pacheco Pruna con cédula de ciudadanía N. 050261735-0, CERTIFICO que he realizado la respectiva revisión del ABSTRACT, con el tema “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ANÁLISIS DE CURVAS DE EFICIENCIA DE GENERACIÓN, QUE SERVIRÁ PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”, cuyos autores son Porrás Atiaga Héctor Rubén y Ramírez Pozo Diego Fabricio

Docente:

---

Lic. Marcelo Pacheco Pruna

C.I. 050261735-0

## INTRODUCCIÓN

La producción de energía eléctrica a través de energía solar fotovoltaica a nivel mundial, se ha convertido en la tercera energía renovable más importante del mundo, por detrás de la hidroeléctrica y la eólica. Europa es el líder mundial, con 51 GW de capacidad instalada debido a la necesidad de frenar el cambio climático y aprovechar los recursos renovables, este tipo de electrificación representa una gran inversión de capital. Por esta razón los países del primer nivel pueden invertir gran cantidad de recursos en el desarrollo de estas tecnologías.

Ecuador es un país rico en recursos renovables. Los índices de insolación (radiación solar) están entre los más altos del mundo, que permiten instalar plantas fotovoltaicas (paneles solares) de alto rendimiento fomentando la eficiencia, económica y contaminación ambiental. Actualmente la Dirección Nacional de Energía Renovable, tiene como objetivo principal el fomentar el desarrollo de dichas tecnologías de generación eléctrica a través del estudio de la energía fotovoltaica evidenciando el compromiso con la sustentabilidad y sostenibilidad de los recursos.

La Universidad Técnica de Cotopaxi es pionera en el desarrollo del estudio en base al aprovechamiento de energías renovables, por tal razón el presente trabajo tiene como objetivo principal la construcción e implementación de un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica, para análisis de curvas de eficiencia de generación eléctrica mediante un sistema de comunicación entre el software labview y una tarjeta de adquisición de datos lo cual contribuirá a la repotenciación del laboratorio a nivel tecnológico y emprendiendo proyectos en pro del estilo de vida de las personas que no gozan del recurso eléctrico especialmente las zonas excéntricas de la ciudad, generando nuevas experiencias en la producción de energía eléctrica por medio del uso de células solares.

El presente tema está conformado por tres capítulos que se detalla a continuación:

**CAPÍTULO I**, contiene fundamentos teóricos, información bibliográfica, que servirá como base para la investigación científica conjuntamente con anexos referentes a la energía solar fotovoltaica, y componentes que contribuyen a la

captación de radiación solar, para una selección adecuada de cada uno de estos elementos fotovoltaicos.

**CAPÍTULO II**, en este capítulo puntualiza el análisis e interpretación de resultados de la encuesta aplicada a docentes y estudiantes de octavo y noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Electromecánica, lo cual permitió establecer la factibilidad de implementación del banco de pruebas de energía solar fotovoltaica.

**CAPÍTULO III**, contiene la construcción, costos y selección de los equipos eléctricos y electrónicos necesarios para la implementación del banco de pruebas de energía solar fotovoltaica, además detalla un manual de guías de prácticas y mantenimiento, que puede desarrollar el estudiante relacionando la teoría con la práctica.

Además detalla las conclusiones que redactan resultados del desarrollo obtenido luego del proceso del presente proyecto investigativo, estableciendo parámetros finales de lo observado y sus respectivas recomendaciones.

Finalmente los anexos que constan de datos técnicos de los equipos utilizados.

# **CAPÍTULO I**

## **1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **1.1. Antecedentes investigativos**

Según (CHUQUIN NELSON, 2011) Manifiesta que:

“En este trabajo de tesis de grado concluyen que los sistemas solares fotovoltaicos en nuestro país es una opción eficaz y conveniente puesto que la energía del sol es inagotable, su utilización no produce ningún impacto ambiental a diferencia de otros tipos de generación eléctrica actualmente utilizados en Ecuador, los cuales alcanzan un 45% de generación con altos índices de contaminación ecológica. Mediante la instalación de paneles solares poli cristalinos de marca EXMORK obtuvieron una eficiencia total del sistema, aproximadamente del 80% considerando el rendimiento de cada uno de los componentes, la incidencia de la temperatura y radiación incidente sobre el panel”. (Pág. 151)

Contrastando con la investigación realizada en la ESPOCH de tesis de grado de Ingeniería Electrónica; la producción de energía eléctrica mediante captadores solares es una energía limpia e inagotable. La conclusión de este proyecto ayuda a la presente investigación a saber qué tipo de panel es el mejor que existe en el mercado para obtener una mejor eficiencia en el banco de pruebas a ejecutarse.

Según (RICARDO BERRÚ, 2009) Manifiesta que:

“En este sistema concluyen que la utilización del sistema fotovoltaico es una aplicación, válida técnicamente, de la energía solar fotovoltaica para el uso doméstico tanto en zonas rurales como urbanas para aprovisionamiento de agua y sistemas de riego. En el sistema diseñado

obtuvieron una eficiencia eléctrica promedio del 61% en condiciones óptimas de funcionamiento”. (Pág. 183)

De acuerdo a esta investigación realizada en la ESPE de tesis de grado de ingeniería electromecánica comprende que este sistema posee mayor relevancia al incluir paneles solares en zonas rurales donde no se provee de este recurso.

Con respecto a la investigación bibliográfica realizada en las tesis de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Escuela Superior Politécnica del Ejército se concluye en que la energía solar fotovoltaica es una forma limpia de producción y generación de electricidad, haciendo posible la introducción de esta tecnología en la producción de energía eléctrica en el mundo para suplir las actuales fuentes de energía convencionales utilizadas, por esta razón es necesario implementar un banco de prueba de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación y desarrollar nuevas investigaciones mediante el aprovechamiento de los recursos verdes.

## **1.2. Banco de pruebas**

Según (SANTAMARÍA, 2006) Manifiesta que:

Un módulo comprende una mejor forma de análisis, que contribuye a perfeccionar la experiencia del educador dentro del campo de la experimentación y medición (Pág.158)

Un banco de pruebas es un sistema fundamental que involucra un proceso de evaluación de problemas mediante los siguientes aspectos:

- Experimentar proyectos que demuestren fundamentos teóricos.
- Establecer parámetros que afectan a un sistema.
- Comprobación rigurosa y transparente en teorías científicas y nuevas tecnologías.

### **1.3. Energía Solar Fotovoltaica**

Según (MÉNDEZ, 2010) Manifiesta que:

“La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, se obtiene por medio de la transformación directa de la energía solar obtenida, mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica”. (Págs. 15-16)

Las ventajas que presenta el uso de la energía solar fotovoltaica son:

Es un recurso no contaminante, no genera residuos peligrosos, inagotable, es un sistema de aprovechamiento idóneo para zonas donde no existe el tendido eléctrico especialmente en zonas rurales y aisladas, disminuyen la dependencia de suministros externos, estos sistemas de captación solar son de fácil mantenimiento, lo que facilita su elección.

Entre las desventajas, presenta que el nivel de radiación de esta energía varía de una estación del año y otra, lo que puede no ser tan atractivo para el consumidor además que inicialmente requiere una fuerte inversión económica a la que muchos consumidores no están dispuestos a arriesgarse.

### **1.4. Radiación solar**

Es la cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie, en un tiempo determinado. Su intensidad depende de la altura solar latitud, fecha y hora del día, ubicación y condiciones atmosféricas.

#### **1.4.1. Tipos de radiación solar**

##### **a. Radiación solar difusa**

Es una radiación solar esparcida y reflejada en la atmósfera que proviene de la bóveda celeste.

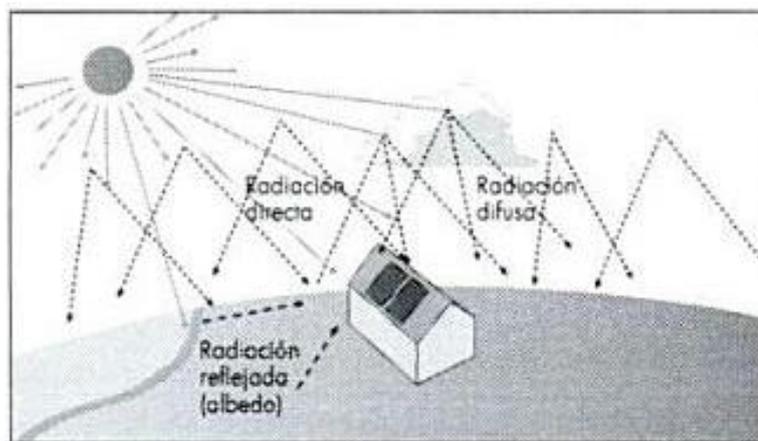
## b. Radiación solar directa

Radiación solar que proviene directamente del sol y no llegan a ser dispersados.

## c. Radiación solar global

Suma de las radiaciones solares directa y difusa, procedente del suelo, se debe a la reflexión de parte de la radiación incidente sobre montañas, lagos, edificios, etc.

**FIGURA 1.1.**  
**TIPOS DE RADIACIÓN**



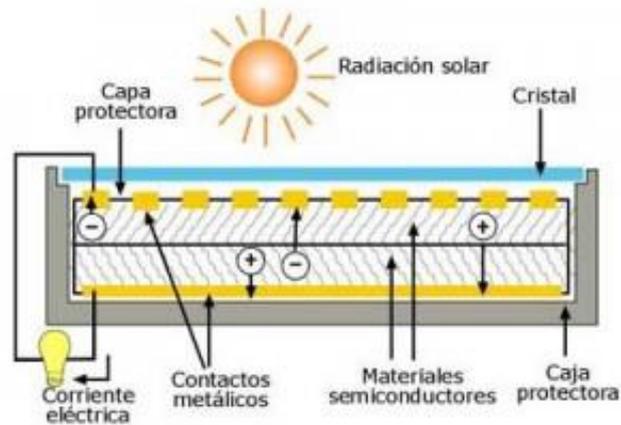
**Fuente:** MARCELO ROMERO (Energía solar térmica)  
**Elaborado por:** Los investigadores.

### 1.4.2. Célula fotovoltaica

Según (FOCER, 2002) Manifiesta que:

“Una célula o celda fotovoltaica como se muestra en la (figura 1.2.) Es el componente electrónico que capta la energía contenida en la radiación solar (fotones) y la transforma en una corriente eléctrica (flujo de electrones libres), basado en el efecto fotovoltaico que produce una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre algunos materiales. Las celdas fotovoltaicas son hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores de silicio”. (Pág. 7)

**FIGURA 1.2.**  
**CÉLULA SOLAR FOTOVOLTAICA**



**Fuente:** <http://erenovable.com/wp-content/uploads/2011/01/celula-solar-fotovoltaica.jpg>  
**Elaborado por:** Los investigadores.

### **1.5. Sistemas Fotovoltaicos**

Según (FOCER, 2002) Manifiesta que:

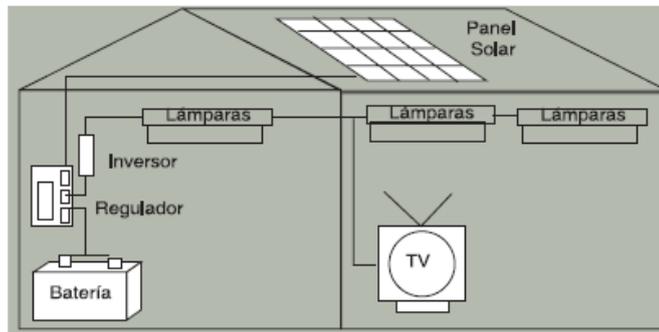
“Un sistema fotovoltaico es un conjunto de elementos, equipos construidos e integrados, especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales”.

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica.
  - Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada.
  - Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada.
  - Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada.
- (Pág. 6)

En el mismo orden antes mencionado, los componentes fotovoltaicos encargados de realizar las funciones respectivas son:

- El módulo o panel fotovoltaico
- La batería
- El regulador de carga
- El inversor
- Las cargas de aplicación (el consumo)
- Aporte técnico del investigador

**FIGURA 1.3.**  
**ESQUEMA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO**



**Fuente:** Manual sobre energías renovables (FOCER)  
**Elaborado por:** Los investigadores.

### **1.5.1. Tipos de sistemas fotovoltaicos**

Existen dos tipos de sistemas fotovoltaicos:

- Aislados
- Conectados a la red

#### **1.5.1.1.1. Sistema fotovoltaico aislado**

Los sistemas aislados visualizar la (figura 1.4.) normalmente se utilizan para abastecer de energía eléctrica a receptores o viviendas aisladas que no disponen de la red eléctrica, están equipados con sistemas de acumulación de la energía producida. La acumulación es necesaria porque el campo fotovoltaico puede proporcionar energía solo en las horas diurnas, mientras que a menudo la mayor demanda por parte del usuario se concentra en las horas de la tarde y de la noche.

Durante la fase de insolación es necesario proveer una acumulación de la energía no inmediatamente utilizada y que proporciona a la carga cuando la energía disponible es reducida e incluso nula. Una configuración de este tipo implica que el campo fotovoltaico debe estar dimensionado de forma que permita, durante las horas de insolación, la alimentación de la carga y de la recarga de las baterías de acumulación.

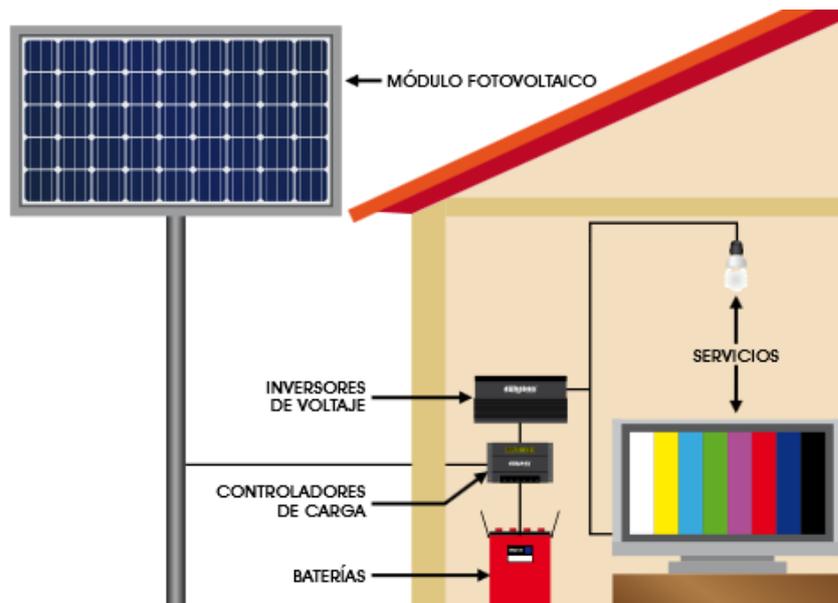
Los principales componentes que forman un sistema fotovoltaico aislado son:

- a) Módulos fotovoltaicos
- b) Regulador de carga

- c) Inversor
- d) Sistema de acumulación (baterías de acumulación)

Normalmente, la potencia requerida por el usuario no es proporcional a la radiación solar, una parte de la energía producida por el campo fotovoltaico tiene que ser almacenada para poder ser reutilizada cuando el usuario la necesite. Esta es la finalidad del sistema de acumulación. Un sistema de acumulación está formado por unos conjuntos de acumuladores recargables, dimensionado de forma que garantice la suficiente autonomía de alimentación de la carga eléctrica. Las baterías que se utilizan con esta finalidad son acumuladores de tipo estacionario y solo en casos especiales es posible utilizar baterías tipo automoción.

**FIGURA 1.4.**  
**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA**



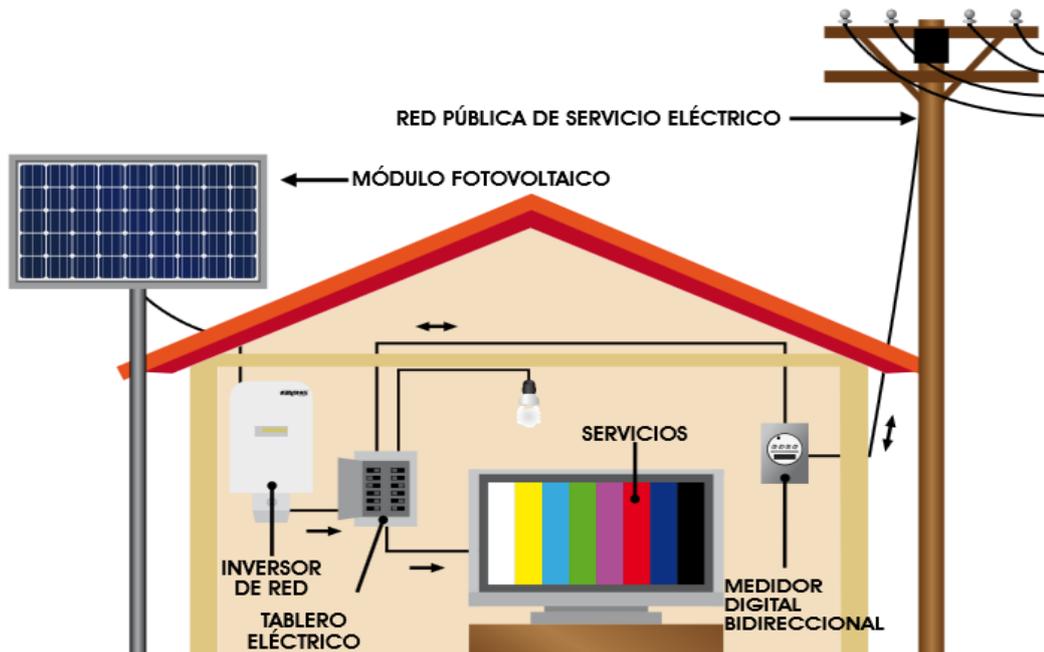
**Fuente:** Sistemas fotovoltaicos e iluminación (MARCONI)  
**Elaborado por:** Los investigadores.

#### 1.5.1.1.2. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

Los sistemas conectados en red, (figura 1.5.) normalmente no tienen sistemas de acumulación, ya que la energía producida durante las horas de insolación es canalizada a la red eléctrica; al contrario, durante las horas de insolación escasa o nula, la carga viene alimentada por la red.

En los sistemas conectados a red es necesario conectar con las líneas de distribución, cumpliendo con los requisitos demandados por la compañía eléctrica. El inversor es uno de los componentes más importantes en los sistemas conectados a red, ya que maximiza la producción de corriente del dispositivo fotovoltaicos y optimiza el paso de energía entre el módulo y la carga.

**FIGURA 1.5.**  
**INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED ELÉCTRICA**



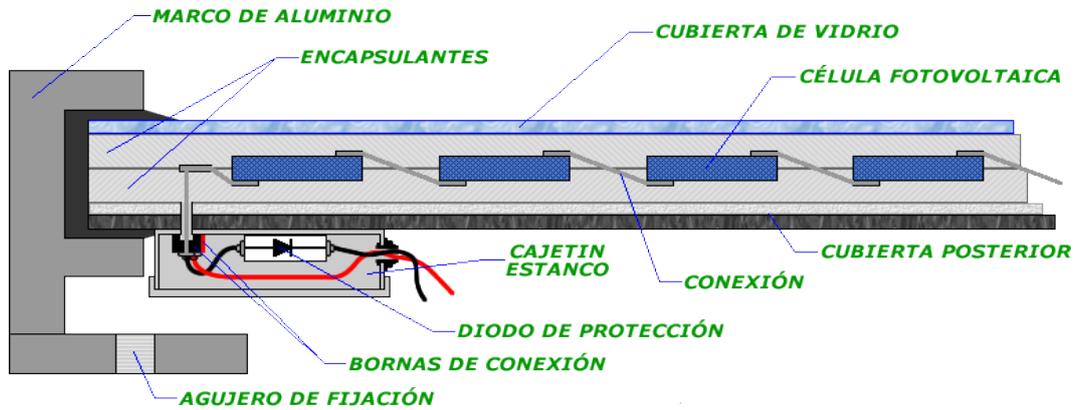
**Fuente:** Sistemas fotovoltaicos e iluminación (MARCONI)  
**Elaborado por:** Los investigadores.

## 1.6. Paneles fotovoltaicos

Permite la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un equipo llamado módulo o panel fotovoltaico. Los módulos o paneles solares son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado como muestra la figura 1.6.

FIGURA 1.6.

### COMPOSICIÓN DE UN PANEL SOLAR



Fuente: Energía renovable y eficiencia energética (SAGARPA)

Elaborado por: Los investigadores.

#### 1.6.1. Tipos de paneles fotovoltaicos

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:

##### a. Monocristalino.

El rendimiento de las células de silicio monocristalino suele variar entre el 15% y el 18%. 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 1.7.

FIGURA 1.7.

### PANEL SOLAR MONOCRISTALINO



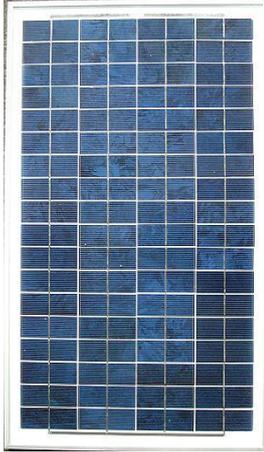
Fuente: <http://www.proviento.com.ec/Simax-90Mono.jpg>

Elaborado por: Los investigadores.

### **b. Policristalino**

Su rendimiento varía entre el 12% y el 15%. La estructura atómica no es tan ordenada como ocurre con el monocristalino, lo cual le hace perder rendimiento.

**FIGURA 1.8.**  
**PANEL SOLAR POLICRISTALINO**



**Fuente:** <http://www.proviento.com.ec/poli25new.jpg>  
**Elaborado por:** Los investigadores

### **c. Amorfo**

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 muestra la figura 1.9.

**FIGURA 1.9.**  
**PANEL SOLAR AMORFO**



**Fuente:** <http://www.energiafotovoltaica.ws/celdas/celulas-fotovoltaicas-de-silicio-amorfo-modelos.jpg>

**Elaborado por:** Los investigadores

**TABLA 1.1.**

**VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN PANELES FOTOVOLTAICOS**

EFICIENCIA (%)			VENTAJAS	DESVENTAJAS
TIPO DE CELDA	Laboratorio	Producción		
Silicio Monocristalino	19.1%	12 a 16 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnología desarrollada y probada.</li> <li>- Estable.</li> <li>- Mayor eficiencia.</li> <li>- Se fabrica en celdas cuadradas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emplea mucho material caro.</li> <li>- Muchos desperdicios (casi la mitad)</li> <li>- Manufactura costosa</li> </ul>
Silicio Policristalino	18%	11 a 14 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnología desarrollada y probada.</li> <li>- Estable.</li> <li>- Buena eficiencia.</li> <li>- Menos costoso que el monocristal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material costoso</li> <li>- Mucho desperdicio</li> <li>- Manufactura costosa</li> <li>- Menor eficiencia que el monocristal</li> </ul>
Silicio o película delgada	11.5%	4 a 8 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliza muy poco material</li> <li>- Alto potencial y producción muy rápida</li> <li>- Costo bajo, 50% del silicio cristalino</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Degradación pronunciada</li> <li>- Menos eficiencia</li> <li>- Menor durabilidad</li> </ul>

**Fuente:** Aplicaciones productivas de la energía solar (VALER)

**Elaborado por:** Los investigadores.

**TABLA 1.2**

**COMPARACIÓN DE MÓDULOS DISPONIBLES EN EL MERCADO**

MARCA	UNIDAD	SANYO	REMON 1	SIMAX	SIMAX
Tipo de Cristal		Poli	Mono	Mono	Mono
$P_{max}$	$KW_{pico}$	0,23	0,17	0,19	0,09
$V_{pmax}$	V	29,4	35,4	36,5	18,5
$I_{pmax}$	A	7,83	4,76	5,21	4,86
$V_{oc}$	V	37	44,5	44,5	24,4
$I_{sc}$	A	8,42	5,42	5,52	5,35
NOCT	$^{\circ}C_{\pm 2}$	46	45	45	45
Area	$m^2$	1,63	1,28	1,27	0,64
Diodos de desviación		-	6	3	3
Peso	Kg	23	15.60	15,50	8

**Fuente:** proviento.com

**Elaborado por:** Los investigadores.

- $P_{max}$       Potencia maxima.

- $V_{pmax}$  Voltaje pico máximo.
- $I_{pmax}$  Corriente pico máxima.
- $V_{oc}$  Volteje en circuito abierto.
- $I_{sc}$  Corriente de cortocircuito.
- NOCT Temperatura nominal de operación de la celula.

## **1.7. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS PANELES SOLARES**

### **1.7.1. Potencia máxima de salida**

Según (PALLEJÁ, 2012) Menciona que:

“La potencia máxima de salida de un panel fotovoltaico es la característica más importante del mismo. En casos de muy bajo consumo, la implementación de un sistema fotovoltaico requiere el uso de paneles con potencias de salida de 30 W o más”. (Pág. 22)

### **1.7.2. Curvas I-V**

Según (PALLEJÁ, 2012) Menciona que:

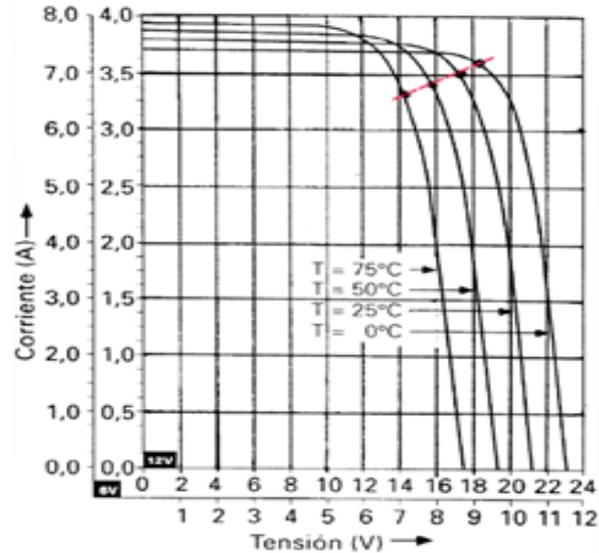
“Si los valores de potencia luminosa y la orientación del panel permanecen constantes, la corriente de salida de un panel fotovoltaico varia con el valor del voltaje en la carga y su temperatura de trabajo.

Esto se debe a las características intrínsecas de los materiales semiconductores. La (Figura 1.10.) muestra la relación existente entre la corriente y el voltaje de salida para un panel fotovoltaico (curva I-V), para tres temperaturas de trabajo, cuando el nivel de radiación permanece constante.

Todas las curvas tienen una zona donde el valor de la corriente permanece constante para valores crecientes de voltaje de salida, hasta alcanzar una zona de transición, a partir de esta zona, pequeños aumentos en el voltaje de salida ocasionan bruscas disminuciones en el valor de la corriente de salida”. (Pág. 22, 23)

**FIGURA 1.10.**

**CURVA DE POTENCIA DE UN PANEL FOTOVOLTAICO**



**Fuente:** <http://www.energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones2.shtml>

**Elaborado por:** Los investigadores.

### 1.7.3. Intensidad

Según (PALLEJÁ, 2012) Menciona que:

“La intensidad de corriente que genera el panel aumenta con la radiación, permaneciendo el voltaje aproximadamente constante”.

$$I = P/V \quad \text{Ecu. (1.1)}$$

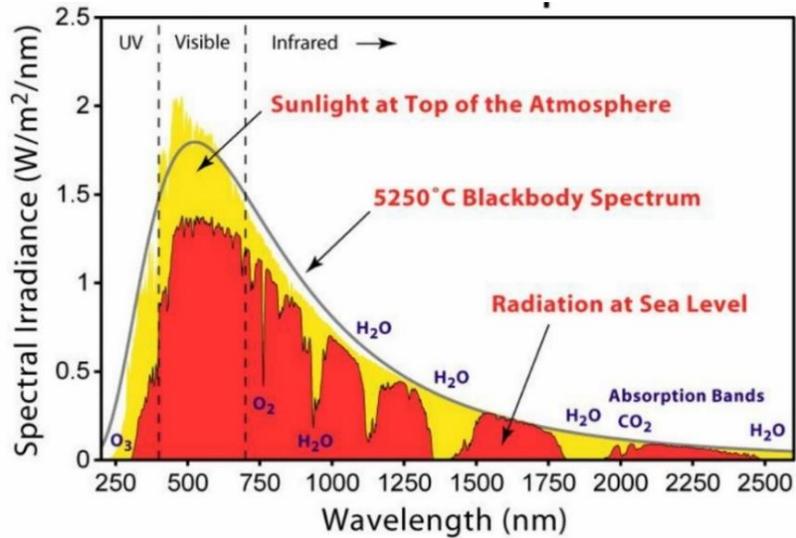
- I es la corriente expresada en Amperios (A)
- P es la potencia expresada en Watt (W)
- V es el voltaje expresado en voltios (V)

La figura 1.11 representa las condiciones de radiación, como las curvas I-V de un panel varían por incidencia de la relación.

En las curvas puede apreciarse como la incidencia de la radiación afecta mucho más a la intensidad. Tiene mucha importancia la colocación de los paneles (su orientación e inclinación respecto a la horizontal), ya que los valores de la radiación varían a lo largo del día en función de la inclinación del sol respecto al horizonte. (Pág. 22)

FIGURA 1.11.

CURVA I-V PARA DISTINTOS TIPOS DE RADIACIÓN



Fuente: <http://guardiolajavi.wordpress.com/tag/electronica-organica/>  
Elaborado por: Los investigadores.

#### 1.7.4. Efecto de temperatura

Según (PALLEJÁ, 2012) Menciona que:

“El aumento de temperatura en las células supone un incremento en la corriente, pero al mismo tiempo una disminución mucho mayor, en proporción, de la tensión. Esto implica que tanto la corriente de cortocircuito como el voltaje a circuito abierto se ven afectados por la temperatura de trabajo, aunque el tipo de variación así como su magnitud porcentual son distintos para estos dos parámetros.

La potencia del panel disminuye al aumentar la temperatura de trabajo del mismo”. (Pág. 26)

##### 1.7.4.1.1. Temperatura de trabajo del panel

Según (PALLEJÁ, 2012) Menciona que:

“La temperatura de trabajo alcanza un panel fotovoltaico obedece una relación lineal dada por la expresión”:

$$T_t = T_a + k * R \quad \text{Ecu. (1.2)}$$

T<sub>t</sub> es la temperatura de trabajo del panel en °C

Ta es la máxima temperatura ambiente  
k es el valor de la radiación solar en  $W/m^2$  ,  
R es el cociente que varía entre 0.02 y 0.04°, dependiendo de la velocidad promedio el viento. (Pág. 26)

### 1.7.5. Máxima potencia de salida

Según (PALLEJÁ, 2012) Menciona que:

“Para cada condición de trabajo se puede calcular la potencia de salida del panel multiplicando los valores correspondientes al voltaje y la corriente para ese punto de la curva I-V. La potencia de salida es nula para dos puntos de trabajo: circuito abierto y cortocircuito, ya que la corriente o el voltaje de salida es nulo. Si la salida de un panel es cortocircuitada, este no sufre daño alguno”.

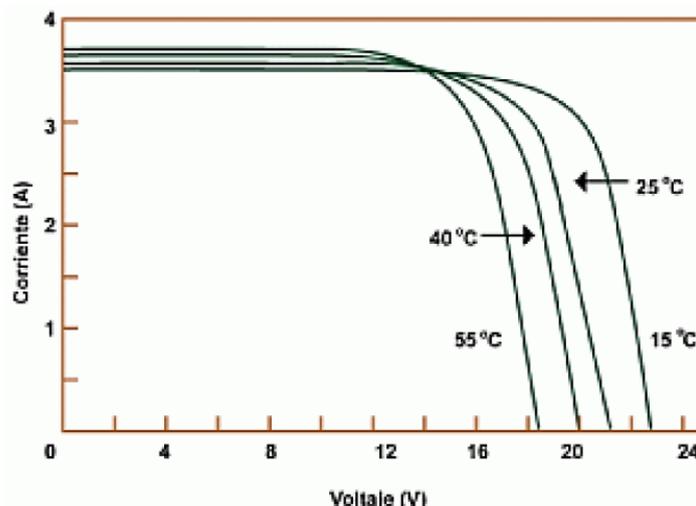
Para determinarlo, se usan los denominados valores estándar:

Radiación solar=  $1000 W/m^2$

Temperatura =  $25^{\circ}C$ .

Espectro luminoso= 1.5 masa de aire. (Pág. 25)

**FIGURA 1.12.**  
**CURVA DE POTENCIA DEL PANEL**



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/140w-cigs-high-power-solar-panel-1653345856.html>

Elaborado por: Los investigadores.

### 1.7.6. Factor de degradación.

Según (PALLEJÁ, 2012) Menciona que:

“La mayoría de los paneles fotovoltaicos, cuando la temperatura de trabajo aumenta, el valor de la potencia de salida disminuye. En la práctica, debido a la disipación de calor dentro de las células del panel, salvo en climas muy fríos, la temperatura de trabajo va a exceder siempre de los 25°C, y cuando ello ocurre, la potencia de salida nunca alcanza el valor pico específico por el fabricante.

El diseño de un sistema fotovoltaico debe tener en cuenta esta degradación del panel, a fin de asegurar que los requisitos eléctricos del sistema pueden ser satisfechos los días más calurosos del verano.

Para el periodo invernal, si el mínimo para la temperatura promedio es menor a los 25°C, no se considera ninguna degradación para la potencia de salida pico”. (Pág. 29)

### 1.7.7. Evaluación de la potencia de salida

Según (PALLEJÁ, 2012) Menciona que:

“Una vez conocido este el valor de la temperatura de trabajo del panel puede determinarse el valor de potencia de salida”.

Para ello se utiliza la expresión en la Ecu. (1.3) (Pág. 26)

$$P_t = P_p - (P_p * \delta * \Delta T) \quad \text{Ecu. (1.3)}$$

- $P_t$  es la potencia de salida a la temperatura de trabajo  $T_t$
- $P_p$  es la potencia pico del panel (25 °C)
- $\delta$  es el coeficiente de degradación

$$\Delta T = T_T - 25 \text{ °C} \quad \text{Ecu. (1.4)}$$

## **1.8. Características de las células solares.**

### **1.8.1. Superficie activa**

Se define la superficie activa como la parte del área total de la célula fotovoltaica que interviene en el proceso de conversión.

En las primeras células que se fabricaban, era bastante común que la conexión a uno de los materiales semiconductores se realizase con distintos trozos metálicos en la parte frontal (el área expuesta al sol).

### **1.8.2. Material anti reflectante**

De no ser tratada, la superficie del material semiconductor que está expuesta a la luz incidente tiende a reflejar una porción de la misma, disminuyéndola cantidad de energía luminosa que puede llegar al par semiconductor. Para evitar esta pérdida, el fabricante deposita una finísima capa de material anti reflectante.

### **1.8.3. Forma geométrica y dimensiones**

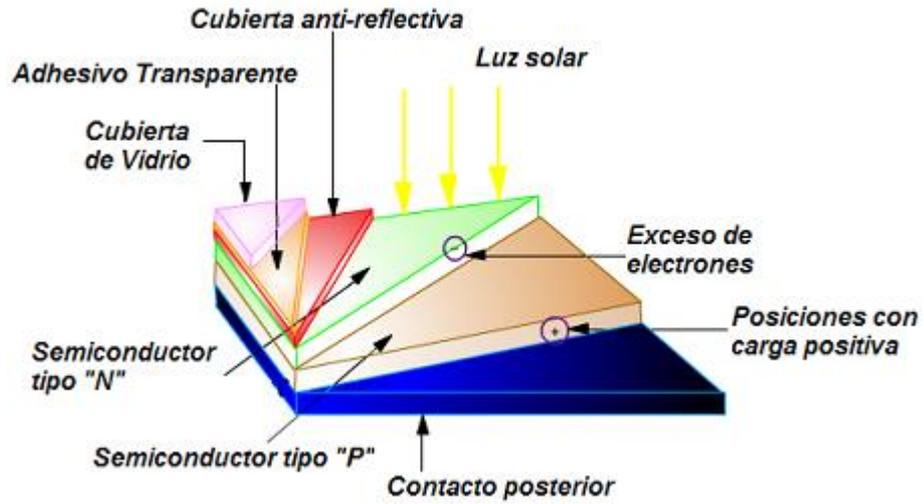
Los primeros modelos que se realizaron tenían forma circular, actualmente las células que se fabrican poseen forma cuadrada, ya sean con los vértices redondeados o con esquinas a 90°, en los modelos de mercado, generalmente, una célula tiene un grosor que varía entre los 0.25 y 0.35mm respectivamente y una forma generalmente cuadrada, con una superficie aproximadamente igual a 12 x 12 cm<sup>2</sup>.

### **1.8.4. Eficiencia de conversión**

Es la relación entre la energía eléctrica generada y la energía luminosa utilizada para obtenerla. Esta relación es dada en forma porcentual, como se muestra a continuación en la Ecu. (1.5):

$$\mu = \frac{\text{Energía_Generada}}{\text{Energía_Incidente}} \times 100 \quad \text{Ecu.(1.5)}$$

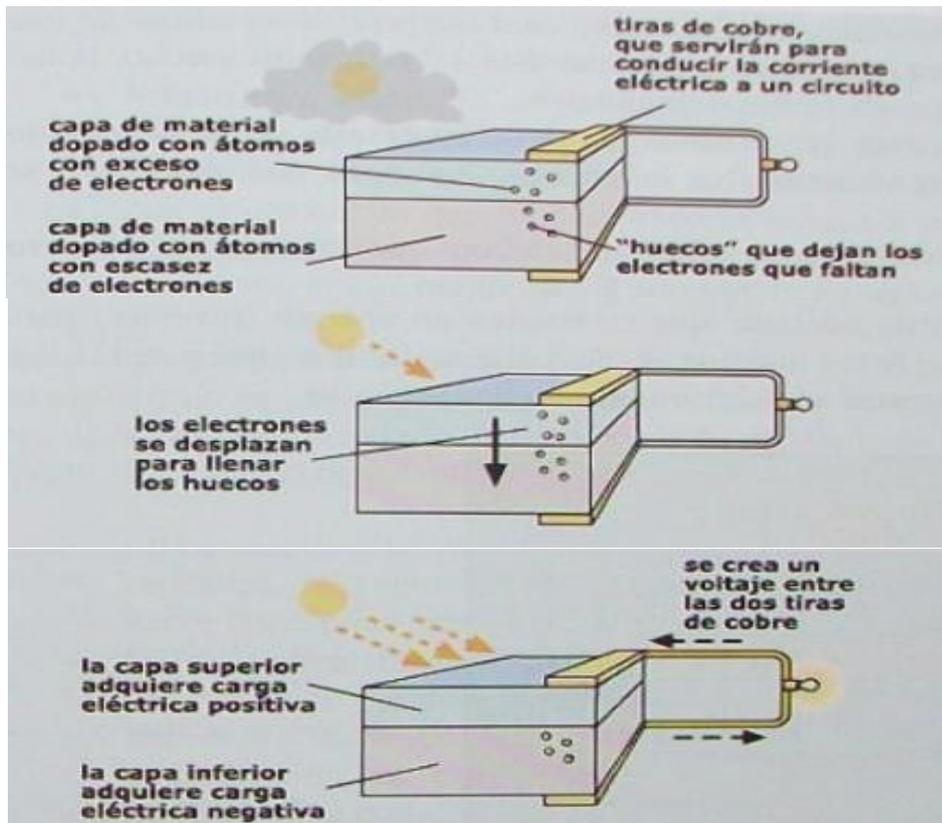
**FIGURA 1.13.**  
**CÉLULA SOLAR**



Fuente: <http://mysave.in/v1/images/hdepyinn5aqt9ldzww0oy.png>

Elaborado por: Los investigadores.

**FIGURA 1.14.**  
**FUNCIONAMIENTO DE UNA CÉLULA SOLAR FOTOVOLTAICA**



Fuente: <http://www.electricidad-gratuita.com/energia%20fotovoltaica.html>

Elaborado por: Los investigadores.

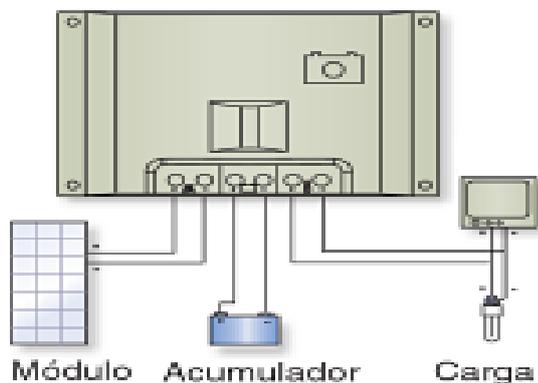
## 1.9. Regulador de voltaje

Según (CASTEJÓN, 2005) Manifiesta que:

“El regulador es un dispositivo electrónico diseñado para controlar el estado de carga de la batería de acumuladores midiendo la tensión en bornes de dicha batería. A partir de la tensión medida se desarrolla un control de carga, de ahí la importancia de efectuar una medida correcta evitando las caídas de tensión que se producen en los conductores de conexión y dispositivos de protección que pueden haber entre la batería”. (Pág. 127).

En la figura 1.15 representa el esquema de conexión entre el panel solar batería y carga en DC (corriente directa), a partir de la tensión medida en la batería el regulador conecta o desconecta el generador fotovoltaico.

**FIGURA 1.15.**  
CONEXIÓN DE UN REGULADOR DE TENSIÓN O VOLTAJE



**Fuente:** Instalaciones solares fotovoltaicas (CASTEJÓN)  
**Elaborado por:** Los investigadores.

### 1.9.1. Tipos de reguladores

La función de cómo se realiza la conexión y desconexión del regulador se clasifica en:

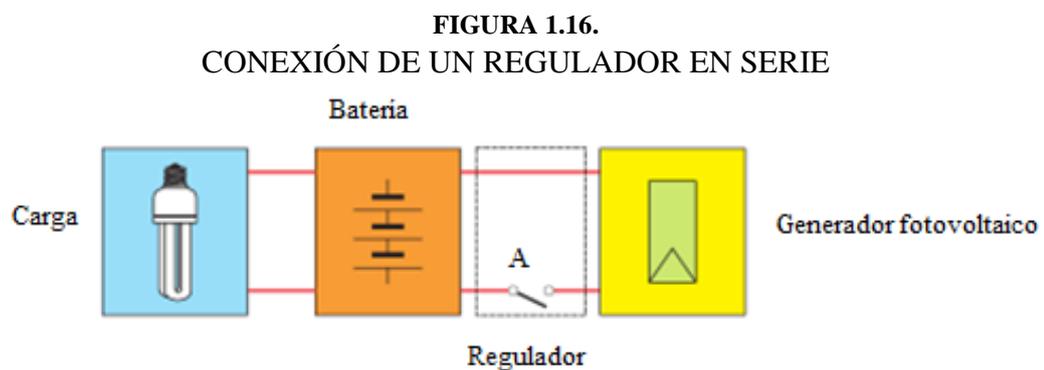
- Regulador en serie.
- Regulador en paralelo.
- Regulador todo-nada
- Regulador PWM.

## 1.9.2. Características de los reguladores

### a. Regulador en serie.

El control de la batería se efectúa interrumpiendo la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería mediante un relé de estado sólido A como muestra la figura 1.16. Este tipo de reguladores tienen como ventaja su pequeña disipación de energía, lo que permite su uso en sistemas con mucha potencia, con corrientes superiores a la centena de amperios.

Como desventaja la caída de tensión, en un circuito de conmutación entre el generador fotovoltaico y la batería, y el autoconsumo que es mayor que en los reguladores en paralelo.



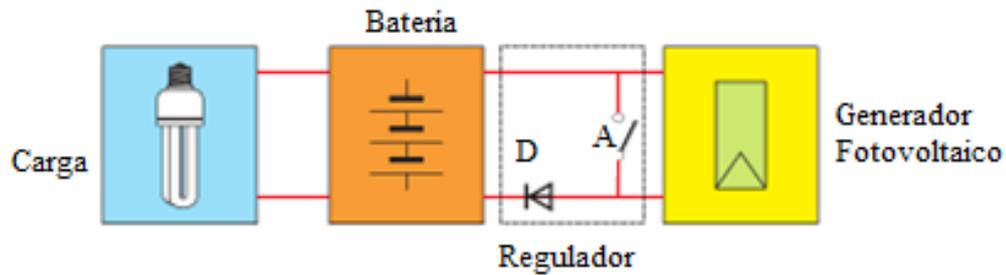
**Fuente:** Instalaciones solares fotovoltaicas (CASTEJÓN)  
**Elaborado por:** Los investigadores

### b. Regulador en paralelo.

El control de carga de la batería se efectúa cortocircuitando la entrada del generador fotovoltaico mediante un relé de estado sólido A y diodo de bloqueo D como indica la figura 1.17. Este diodo tiene dos funciones: evitar el cortocircuito de la batería cada vez que se cierra el relé e impedir la circulación de corriente de la batería hacia el generador fotovoltaico durante la noche.

Estos reguladores son económicos y autoconsumo menor que los reguladores en serie y funciones sin la necesidad de una batería actuando como un limitador de voltaje, el inconveniente que presenta es que se utilizan con corrientes inferiores a 20 A.

**FIGURA 1.17.**  
**CONEXIÓN DE UN REGULADOR EN PARALELO**



**Fuente:** Instalaciones solares fotovoltaicas (CASTEJÓN)

**Elaborado por:** Los investigadores

Según como se efectuó la regulación de la carga de la batería los reguladores se clasifican en dos grupos.

### **c. Regulador todo-nada.**

Las diferentes etapas de carga de la batería carga profunda y flotación se realizan conectando y desconectando el circuito entre el generador y la batería.

La etapa de carga profunda del regulador permite el paso de toda la corriente producida a la batería. Una vez alcanzado el nivel de carga pasa a la etapa de flotación donde se mantiene la tensión de la batería

### **d. Regulador PWM.**

En este tipo de regulación permite introducir más corriente a la batería sin aumento de la tensión, consiguiendo estados de carga de la batería con promedios cercanos al 95%, además mejorando el aprovechamiento de la energía procedente del generador fotovoltaico.

## **1.10. Baterías**

Según (FOCER, 2002) Manifiesta que:

“Debido a que la radiación solar es un recurso variable, en parte previsible (ciclo día-noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); se necesitan equipos apropiados para almacenar la energía eléctrica cuando existe radiación y para utilizarla cuando se necesite”. (Pág. 8)

Las baterías fotovoltaicas que se representa en la (figura 1.18.) realizan tres funciones esenciales para el buen funcionamiento de la instalación:

#### **1.10.1. Características de las baterías en sistemas fotovoltaicos.**

Según (FOCER, 2002) Manifiesta que:

1. Almacenan energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. Esta energía que no se utiliza es almacenada en la batería para su posterior consumo.
2. Proveen la energía eléctrica necesaria en periodos de baja o nula radiación solar, normalmente en aplicaciones de electrificación rural, la energía eléctrica se utiliza intensamente durante la noche para hacer funcionar tantas lámparas o bombillas así como un televisor o radio, precisamente cuando la radiación solar es nula. Estos aparatos pueden funcionar correctamente gracias a la energía eléctrica que la batería ha almacenado durante el día.
3. Proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuada para la utilización de aparatos eléctricos. La batería provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite, además, operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que puede producir los paneles (aún en los momentos de mayor radiación solar).
4. Las baterías para sistemas fotovoltaicos generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse. En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves pero superficiales durante el momento de arranque; en cambio, las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas. (Pág. 9)

**Tabla 1.3.**  
**TIPOS DE BATERIAS FOTOVOLTAICAS**

<b>TIPO</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CICLO PROFUNDO</b>	<b>MANTENIMIENTO</b>
<b>Plomo-Ácido</b>			
Plomo-Antimonio	Bajo	Bueno	Alto
Plomo Cadmio abiertas	Bajo	Pobre	Medio
Plomo-Calcio selladas	Bajo	Pobre	Bajo
Híbridas (Antimonio/calcio)	Medio	Bueno	Medio
<b>Electrolito inmobilizado</b>			
Gel	Medio	Muy bueno	Bajo
AGM	Medio	Muy bueno	Bajo
<b>Níquel-Cadmio</b>			
Placas “sintered”	Alto	Bueno	Ninguno
Placas “pocked	Alto	Bueno	Medio

**Fuente:** Sistemas fotovoltaicos (ABELLA)

**Elaborado por:** Los investigadores.

**FIGURA 1.18.**  
**BATERÍA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**



**Fuente:** Manual sobre energías renovables (FOCER)

**Elaborado por:** Los investigadores.

### 1.11. Inversor

Según (FOCER, 2002) Manifiesta que

“Recibe la corriente directa (DC) generada por los paneles solares y la convierte en corriente alterna (AC), el tipo de electricidad comúnmente utilizada. Los inversores se pueden clasificar de diferentes formas de acuerdo con el número de fases se pueden distinguir entre inversores monofásicos y trifásicos”. (Pág. 11)

### 1.11.1. Características de los inversores

Los inversores tienen los siguientes parámetros de entrada en corriente continua:

- Tensión máxima de entrada ( $V_{cc \text{ máx.}}$ ).
- Tensión mínima de entrada ( $V_{cc \text{ mín.}}$ ).
- Tensión de entrada de arranque ( $V_{cc, \text{ arr.}}$ ).
- Tensión nominal de entrada ( $V_{cc, n}$ ) tensión de entrada especificada por el fabricante, a la cual se refiere la información de la ficha técnica.
- Tensión máxima del ( $V_{pmpmáx.}$ ).
- Tensión mínima del ( $V_{pmpmín.}$ ).
- Corriente máxima de entrada máxima corriente a la cual puede funcionar el inversor.

**FIGURA 1.19.**

#### INVERSOR SOLAR



**Fuente:** [http://www.onlineups-system.com/buy-solar\\_powered\\_inverters.html](http://www.onlineups-system.com/buy-solar_powered_inverters.html)

**Elaborado por:** Los investigadores.

### 1.12. Piranómetro

Según (ORBEGOZO, 2010) Manifiesta que:

“El Piranómetro (figura 1.20.) Tiene una pequeña plancha de metal negro dentro con una termocupla unida a ella, esta plancha negra se calienta al sol y con la termocupla el aumento de temperatura se

puede medir, la plancha y la termocupla están cubiertas y aisladas por una cúpula de vidrio y la salida de la termocupla es medida para la irradiación instantánea total en un momento dado.” (Pág.15)

Es necesario para medir la radiación solar incidente mediante un termopar existente sobre él, que incide la radiación a través de dos termocuplas semiesféricas de vidrio, los valores obtenidos se expresan en KW/m<sup>2</sup>.

**FIGURA 1.20.**

**PIRANÓMETRO.**



**Fuente:** Green energy:energía solar fotovoltaica (ORBEGOZO)

**Elaborado por:** Los investigadores.

### **1.13. Tarjeta de adquisición de datos**

Según (OMEGA, 2014) Manifiesta que:

“La Tarjeta de adquisición y proceso de datos puede considerarse básicamente como un sistema de adquisición de datos que incluye el procesador y la circuitería necesaria para implementar un robot autónomo completo o formar parte de un robot industrial, radica en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital).

Al tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha

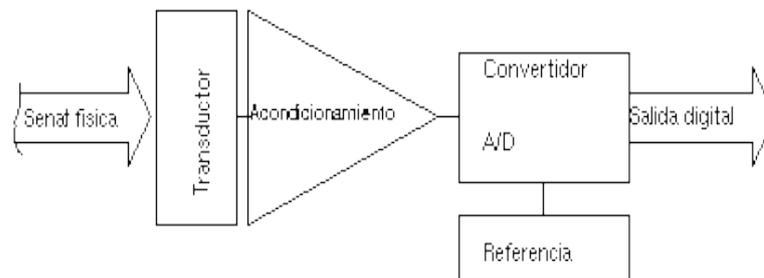
transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de adquisición de datos”. (Pág. 2)

### 1.13.1. Características generales para la adquisición de datos.

- a. Número de entradas Analógicas.
- b. Número de canales (Entradas diferenciales, Entradas diferenciadas)
- c. Frecuencia de muestreo
- d. Resolución
- e. Niveles de entrada
- f. Frecuencia de muestreo (Velocidad de conversión )
- g. Numero de bits

**FIGURA 1.21.**

#### TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.



**Fuente:** <http://www.ramarecords.com/eop/Tarjeta.pdf>

**Elaborado por:** Los investigadores.

### 1.14. Labview.

Según (LAJARA, 2011) Manifiesta que:

“Es una herramienta de programación gráfica, este programa está orientado para aplicaciones de control de equipos electrónicos usados en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual.

Labview constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos”. (Pág. 14)

Las ventajas que proporciona el empleo de Labview se resumen en las siguientes:

- Reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.

#### **1.14.1. Como trabaja labview?**

Según (LAJARA, 2011) Manifiesta que:

“Los programas desarrollados mediante Labview se denominan Instrumentos Virtuales (VIs), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales.

Los VIs utilizan funciones que manipulan las entradas del usuario o datos provenientes de otras fuentes y muestran la información procesada o la pasan a ficheros u otros ordenadores”. (Pág. 15)

Cada VI se compone de las siguientes partes:

#### **1.14.2. Panel Frontal**

Según (LAJARA, 2011) Manifiesta que:

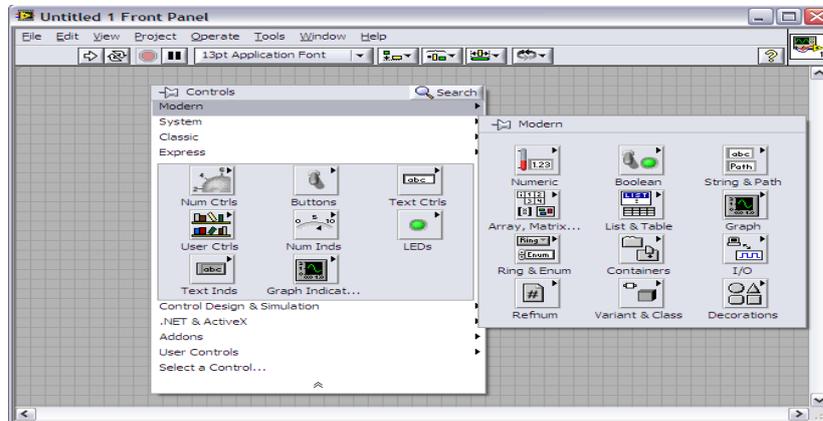
“Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos como muestra el la (figura 1.22.)

Cada uno de ellos puede estar definido como un control (a) o un indicador (b). Los primeros sirven para introducir parámetros al VI,

mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados”. (Pág. 16)

FIGURA 1.22.

### PANEL FRONTAL



Fuente: <http://www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/environment>

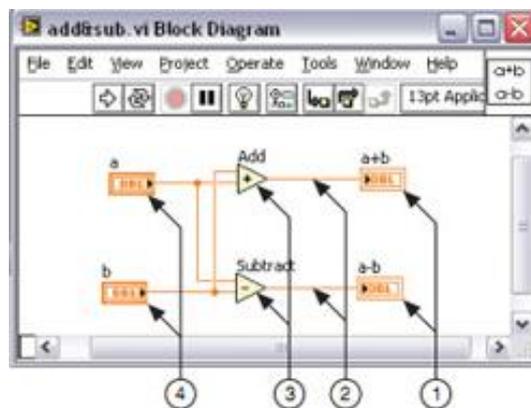
Elaborado por: Los investigadores.

### 1.14.3. Diagrama de bloques.

El diagrama de bloques (figura 1.23.) constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesado de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal. El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora labview.

FIGURA 1.23.

### DIAGRAMA DE BLOQUES



Fuente: <http://www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/environment>

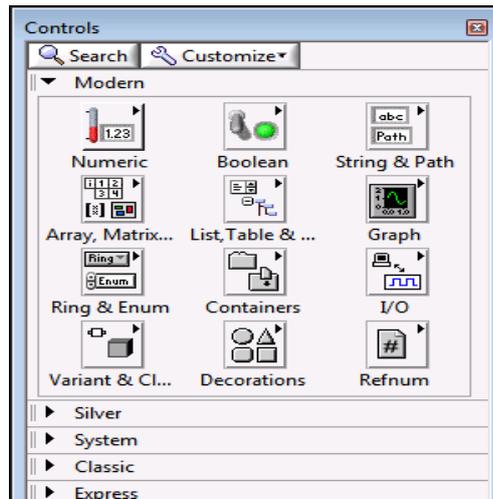
Elaborado por: Los investigadores.

#### 1.14.4. Paletas.

Las paletas de Labview proporcionan las herramientas que se requieren para crear y modificar tanto el panel frontal como el diagrama de bloques como muestra en la (figura 1.24.)

FIGURA 1.24.

#### PALETA DE CONTROLES



Fuente: <http://www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/environment>

Elaborado por: Los investigadores.

### 1.15. Lámpara halógeno.

Según (BASTIAN, 2000) Manifiesta que:

Las lámparas halógenas (figura 1.25.), producen una luz brillante que torna radiante produciendo rayos ultra violetas, existe iluminación halógena de modo lineal y circular a través de lámparas de tungsteno. (Pág. 438)

#### 1.15.1. Características de una lámpara halógeno.

Según (BASTIAN, 2000) Manifiesta que:

Una lámpara halógeno posee cuatro características importantes q son:

- Filamento de alambre de tungsteno asentado en una montura adecuada.

- Envoltura transparente y sellada (de vidrio incandescente de cuarzo) que contiene un gas inerte o un vacío para proteger el filamento de la oxidación.
- Base apropiada para servir como soporte mecánico y facilitar la conexión eléctrica.
- La corriente eléctrica pasa a través del filamento de alambre y supera su resistencia, el consumo calienta el filamento hasta la incandescencia. y este, en consecuencia, irradia luz.
- Vida útil de 20000 h
- Resistente a la intemperie. (Pág. 439)

**FIGURA 1.24.**

**LÁMPARA HALÓGENO**



**Fuente:**<https://www.muchoaterial.com/assets/images/articulos/originales/16147.jpg>  
**Elaborado por:** Los investigadores.

## **CAPITULO II**

### **2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

El presente capítulo enfatiza el entorno del lugar de investigación y los aspectos relativos a la metodología utilizada en el presente proyecto. Se establece todo lo concerniente al tipo de investigación empleada, los métodos utilizados y las técnicas e instrumentos que permitieron recolectar datos y por último se indican los resultados obtenidos.

#### **2.1. Caracterización de la Universidad Técnica de Cotopaxi**

En Cotopaxi el anhelado sueño de tener una institución de Educación Superior se alcanza el 24 de enero de 1995. Las fuerzas vivas de la provincia lo hacen posible, después de innumerables gestiones y teniendo como antecedente la Extensión que creó la Universidad Técnica del Norte.

El local de la UNE-C fue la primera morada administrativa; luego las instalaciones del colegio Luis Fernando Ruiz que acogió a los entusiastas universitarios; posteriormente el Instituto Agropecuario Simón Rodríguez, fue el escenario de las actividades académicas: para finalmente instalarnos en casa propia, merced a la adecuación de un edificio a medio construir que estaba destinado a ser Centro de Rehabilitación Social. En la actualidad son cinco hectáreas las que forman el campus y 82 las del Centro Experimentación, Investigación y Producción Salache.

La Universidad Técnica de Cotopaxi, asentada en la parroquia Eloy Alfaro, sector San Felipe de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, fue creada el 24 de enero de 1995, para satisfacer la demanda de Educación Superior de la zona

centro del país y cubrir las expectativas de la juventud estudiosa de nuestra provincia.

Actualmente se encuentra formando profesionales en distintas Unidades Académicas como: CIYA, CEYPSA y HUMANÍSTICAS.

Universidad con adecuados niveles de pertinencia y calidad, logrados a través de la concientización y difusión de la ciencia, cultura, arte y los conocimientos ancestrales.

Contribuye con una acción transformadora en la lucha por alcanzar una sociedad más justa, equitativa y solidaria para que el centro de atención del estado sea el ser humano.

### **2.1.1. Misión**

La Universidad "Técnica de Cotopaxi", es pionera en desarrollar una educación para la emancipación; forma profesionales humanistas y de calidad; con elevado nivel académico, científico y tecnológico; sobre la base de principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad, genera y difunde el conocimiento, la ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica; y se vincula con la sociedad para contribuir a la transformación social-económica del país.

### **2.1.2. Visión**

Universidad acreditada y líder a nivel nacional en la formación integral de profesionales críticos, solidarios y comprometidos en el cambio social; en la ejecución de proyectos de investigación que aporten a la solución de los problemas de la región y del país, en un marco de alianzas estratégicas nacionales e internacionales; dotada de infraestructura física y tecnología moderna, de una planta docente y administrativa de excelencia; que mediante un sistema integral de gestión le permite garantizar la calidad de sus proyectos y alcanzar reconocimiento social.

## **2.2. Aspectos históricos de la carrera de Ingeniería Electromecánica**

La Universidad Técnica de Cotopaxi, tuvo sus raíces en el año de 1992, como extensión universitaria cuyo aval fue proporcionado por la Universidad Técnica del Norte, siendo en enero de 1995, cuando mediante autorización del congreso y publicada en el Suplemento Nro. 618 de Registro Oficial del 24 de enero de 1995, mediante la cual se crea la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Desde la creación de la universidad ha existido la vinculación con los problemas sociales de la comunidad y el desarrollo técnico de la provincia dentro del ámbito cultural, agrario, científico, etc.

Parte de este desarrollo está el de incorporar a las industrias locales y nacionales profesionales técnicos de carácter científico, social y humanístico, es así que el 22 de julio del 2003 mediante Resolución del Honorable Consejo Universitario en sesión ordinaria crea para el período septiembre 2003 / febrero 2004 la apertura de la Especialidad de Ingeniería Electromecánica y otras, para cubrir las necesidades industriales.

La Ingeniería Electromecánica es una rama que nace con las expectativas del mundo contemporáneo para que el profesional aplique sus conocimientos en las áreas de ciencias exactas, eléctrica, electrónica y mecánica con alto grado de compromiso social. Bajo este modelo de estudios incorpora egresados al término de diez ciclos de duración de la Carrera. Profesionales activos que han demostrado capacidad técnica y social a nivel industrial, es por ello que en la actualidad ocupan puestos operativos de mando, control y desarrollo de empresas públicas y privadas.

### **2.2.1. Misión**

La Carrera de Ingeniería Electromecánica, forma profesionales con un alto nivel técnico – humanista, capaces de diseñar, construir, implementar y mantener máquinas y sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos. Para satisfacer las

demandas de desarrollo productivo de la medianas y grandes industrias del país, a través de una formación académica de calidad.

### **2.2.2. Visión**

Tener una carrera acreditada y líder a nivel nacional, con excelencia académica y formación integral con profesionales críticos solidarios y comprometidos con el cambio social; dotado de infraestructura física acorde con el avance científico tecnológico, capaz de dar solución a las demandas productivas, industriales y sociales del país, en un marco de cooperación nacional e internacional.

### **2.2.3. Objetivo de la Carrera de Ingeniería Electromecánica**

Formar profesionales en el área electromecánica, a través del diseño, construcción, operación, mantenimiento de máquinas, sistemas eléctricos, mecánicos y electrónicos, para dar solución a las demandas productivas, industriales y sociales.

## **2.3. Diseño Metodológico**

La metodología comprende la revisión de métodos, técnicas y procedimientos utilizados en la investigación. Constituye la vía más rápida para comprender en hecho o fenómeno y resolver un problema de estudio, permitiendo conocer con claridad la realidad, sea esta para descubrirla o transformarla.

### **2.3.1. Métodos de Investigación**

#### **2.3.1.1.1. Investigación Bibliográfica**

Permitió profundizar la investigación del proyecto empleando libros, manuales, páginas electrónicas, etc. Todo esto ayudando a resolver el primer capítulo de este proyecto

#### **2.3.1.1.2. Investigación de campo**

Se aplicó para conocer y resolver algunas situaciones, necesidades o problemas en un contexto determinado. Esta investigación se basa en las fuentes de consulta de

los datos más relevantes a ser analizados a profundidad, con el fin de descubrir relaciones e interacciones entre variables.

#### **2.3.1.1.3. Método experimental**

Se desarrolla mediante la manipulación de la variable experimental, entonces permitirá describir de qué modo o por que causa se produce la variación de valores mediante la regulación de la radiación.

#### **2.3.1.1.4. Método hipotético deductivo**

Mediante este método ha permitido a la presente investigación descubrir casos particulares a partir del conocimiento adquirido. Reduciendo el nivel de falencias al momento de desarrollar prácticas de laboratorio.

#### **2.3.1.1.5. Método lógico inductivo**

El proceso del presente proyecto arranca con la utilización de la investigación bibliográfica quien mediante textos, páginas electrónicas y tesis emprendió para suministrar información al presente trabajo de tesis.

Prosiguiendo con el siguiente paso se utilizó el método experimental, el cual permite seguir esquemáticamente el proceso de la investigación, analizando el problema, objetivos, hipótesis, variables, procesamiento de datos, y la pertinencia de incluir una propuesta de investigación. Se utilizó instrumentos técnicos que constituyen elementos que permiten obtener y manejar de una mejor manera la investigación de campo, entre estos podemos a notar, cuadernos, aparatos, libros de registros y otros.

Para efectuar el capítulo II se ha empleado la investigación de campo, la cual se apoya en informaciones que provienen de la aplicación de técnicas, tales como: entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones. Para este caso se utilizó una encuesta. En el capítulo III, plantea soluciones inmediatas y específicas, con el fin de llevar a cabo la teoría a la práctica, de esta manera resolver necesidades de la sociedad.

#### **2.3.2. Técnicas de Investigación**

Para la recolección y análisis de la información teórica y empírica se utilizará las siguientes técnicas:

#### **2.3.2.1.1. Observación**

Se utilizó esta técnica para la obtención de datos detallados en un registro anecdótico en forma directa de situaciones útiles para la investigación y registrarla para su análisis.

#### **2.3.2.1.2. La Encuesta**

Esta técnica se aplicó a estudiantes que hacen uso del laboratorio de Electromecánica mediante un cuestionario de preguntas cerradas, que gracias a sus respuestas podremos analizar e interpretar los resultados.

### **2.4. Población universo y muestra**

La población entendida en la presente investigación se realizó mediante el muestreo no probabilístico, tomándose en cuenta a estudiantes que cursan el octavo y noveno ciclo, también a profesores con conocimientos en el tema de energías alternativas y generación; pertenecientes a la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Se consideró realizar la encuesta a profesores y estudiantes como detalla la tabla 2.1.

**TABLA 2.1**  
**UNIVERSO DE ESTUDIANTES Y PROFESORES**

<b>Personas</b>	<b>Nivel Académico</b>	<b>Carrera</b>	<b>Nº</b>
Profesores	Cuarto nivel	Electromecánica	6
Estudiantes	8.º, 9.º	Electromecánica	32
Total			38

**Fuente:** Grupo investigador

#### **2.4.1. Análisis de resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes de Ingeniería Electromecánica**

Una vez elaborada la encuesta a profesores con conocimientos de energías alternativas y estudiantes de octavo y noveno de la carrera de Ingeniería electromecánica, para evaluar: si al implementar un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación; aportará al avance tecnológico de la Universidad Técnica de Cotopaxi y por ende la Carrera de Electromecánica; se obtuvieron los siguientes datos:

**Pregunta N° 1:**

**¿Ha escuchado sobre energías alternativas?**

**TABLA 2.2**

**ANÁLISIS DE LA PRIMERA PREGUNTA**

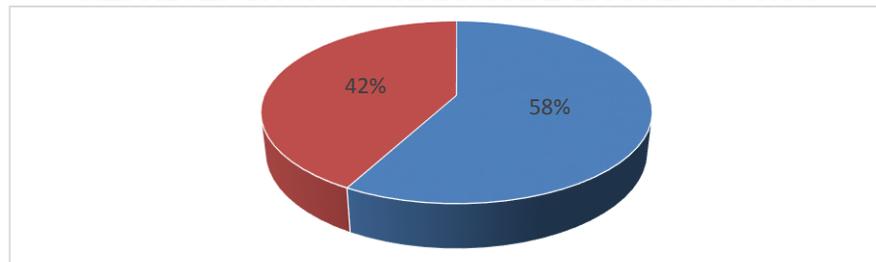
Ingeniería Electromecánica de la UTC	Frecuencia		Total
	Si	No	
Estudiantes de octavo y noveno	16	16	32
Profesores de electromecánica	6	0	6
Total	22	16	38
Porcentaje	<b>58%</b>	<b>42%</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**GRÁFICO 2.1**

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 1**



**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**Análisis**

Como se observa en la tabla 2.2, y el gráfico 2.1 acerca de la importancia de energías alternativas, se obtuvo que 58% de encuestados conocen del tema, y el 42% de encuestados no conocen a profundidad.

**Interpretación.**

Se puede observar que la mayoría de encuestados dentro de la carrera de ingeniería electromecánica conocen la importancia en nuestro medio de este tipo de energías.

**Pregunta N° 2:**

**¿Sabe cómo funciona un sistema fotovoltaico?**

**TABLA 2.3**

**ANÁLISIS DE LA SEGUNDA PREGUNTA**

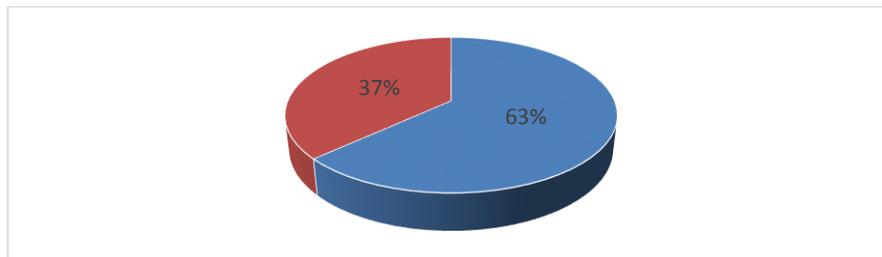
Ingeniería Electromecánica de la UTC	Frecuencia		Total
	Si	No	
Estudiantes de octavo y noveno	18	14	32
Profesores de electromecánica	6	0	6
Total	24	14	38
Porcentaje	<b>63%</b>	<b>37%</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**GRÁFICO 2.2**

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 2**



**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**Análisis**

De acuerdo a la tabla 2.3, y el gráfico 2.2 acerca de cómo funciona un sistema fotovoltaico, se obtuvo que 63% de encuestados sabe cómo funciona, y 37% de encuestados solo tiene bases teóricas.

**Interpretación.**

Se determina que la mayoría de encuestados dentro de la carrera de ingeniería electromecánica conocen el funcionamiento de un sistema fotovoltaico.

**Pregunta N° 3:**

**¿Le gustaría conocer más acerca de la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía solar?**

**TABLA 2.4**

**ANÁLISIS DE LA TERCERA PREGUNTA**

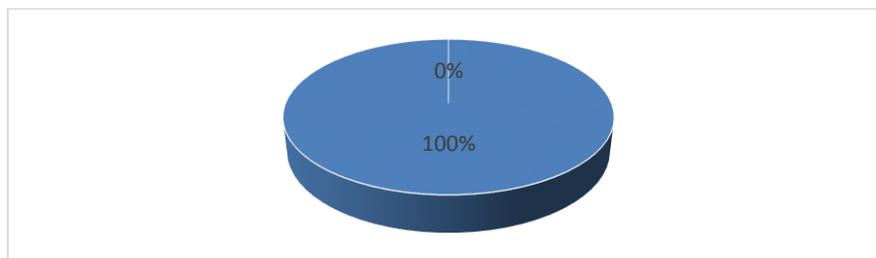
<b>Ingeniería Electromecánica de la UTC</b>	<b>Frecuencia</b>		<b>Total</b>
	<b>Si</b>	<b>No</b>	
Estudiantes de octavo y noveno	32	0	32
Profesores de electromecánica	6	0	6
Total	38	0	38
Porcentaje	<b>100%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**GRÁFICO 2.3**

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 3**



**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**Análisis**

Según la tabla 2.4, y el gráfico 2.3; sobre si le gustaría conocer más acerca de la generación de energía de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía solar, se obtuvo que los 100% de encuestados si le gustaría.

**Interpretación.**

Se concluye que la totalidad de estudiantes y profesores dentro de la carrera de ingeniería electromecánica les gustaría conocer más y tener material de apoyo respectivamente para conocer mejor el aprovechamiento de energía solar.

**Pregunta N° 4:**

**¿Considera que la intensidad de radiación solar en nuestro medio es lo suficiente para alimentar un panel solar?**

**TABLA 2.5**

**ANÁLISIS DE LA CUARTA PREGUNTA**

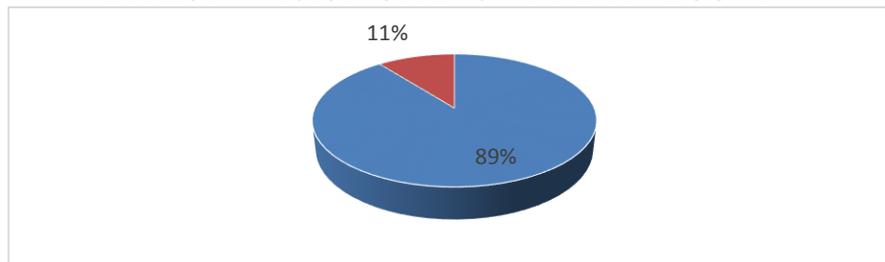
<b>Ingeniería Electromecánica de la UTC</b>	<b>Frecuencia</b>		<b>Total</b>
	<b>Si</b>	<b>No</b>	
Estudiantes de octavo y noveno	28	4	32
Profesores de electromecánica	6	0	6
Total	34	4	38
Porcentaje	<b>89%</b>	<b>11%</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**GRÁFICO 2.4**

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 4**



**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**Análisis**

Se observa en la tabla 2.5, y el gráfico 2.4; acerca que si considera que la intensidad de radiación solar en nuestro medio es lo suficiente para alimentar un panel solar, se obtuvo que 89% de encuestados si lo considera y el 11% de encuestados no tiene conocimiento.

**Interpretación.**

Se infiere que la mayoría de estudiantes dentro de la carrera de ingeniería electromecánica si consideran que la intensidad de radiación solar en nuestro medio es lo suficiente para alimentar un panel solar y el otro tanto no tienen ese conocimiento porque lo pasaron por alto que en Ecuador si goza de ese beneficio de ser un país solar.

**Pregunta N° 5:**

**¿Al implementar en el laboratorio de electromecánica un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación: se podrá conocer mejor el uso e importancia de esta energía alternativa?**

**TABLA 2.6**

**ANÁLISIS DE LA QUINTA PREGUNTA**

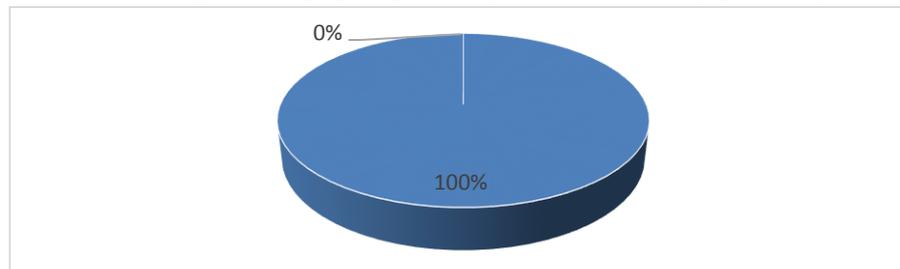
Ingeniería Electromecánica de la UTC	Frecuencia		Total
	Si	No	
Estudiantes de octavo y noveno	32	0	32
Profesores de electromecánica	6	0	6
Total	38	0	38
Porcentaje	<b>100%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**GRÁFICO 2.5**

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 5**



**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**Análisis.** De acuerdo a la tabla 2.6, y el gráfico 2.5; si al implementar en el banco de pruebas se podrá conocer mejor el uso e importancia de esta energía alternativa, se obtuvo que el 100% los encuestados si le gustaría la implementación.

**Interpretación.** Se determina que la totalidad de estudiantes y profesores dentro de la carrera de ingeniería electromecánica les gustaría que existiese un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación.

**Pregunta N° 6:**

**¿Conoce el programa labview?**

**TABLA 2.7**

**ANÁLISIS DE LA SEXTA PREGUNTA**

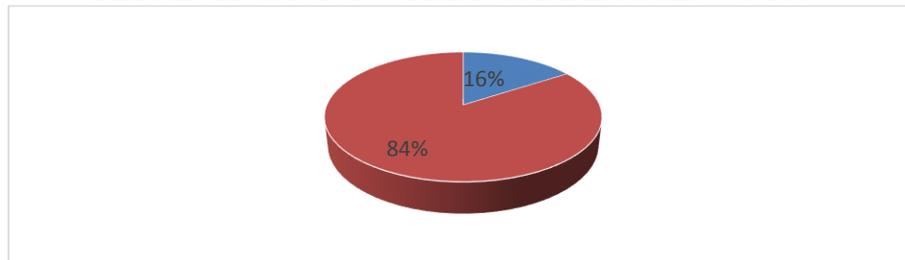
Ingeniería Electromecánica de la UTC	Frecuencia		Total
	Si	No	
Estudiantes de octavo y noveno	1	31	32
Profesores de electromecánica	5	1	6
Total	6	32	38
Porcentaje	<b>16%</b>	<b>84%</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**GRÁFICO 2.6**

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 6**



**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**Análisis**

Según la tabla 2.7, y el gráfico 2.6; acerca que si conoce el funcionamiento y beneficios del software labview, se obtuvo que el 18% de encuestados si lo conoce y los otros 82% de encuestados no conoce el funcionamiento.

**Interpretación.**

Se infiere que la mayoría de estudiantes dentro de la carrera de ingeniería electromecánica no conoce el funcionamiento de labview.

**Pregunta N° 7:**

**¿Conoce el funcionamiento de la tarjeta de adquisición de datos?**

**TABLA 2.8**

**ANÁLISIS DE LA SÉPTIMA PREGUNTA**

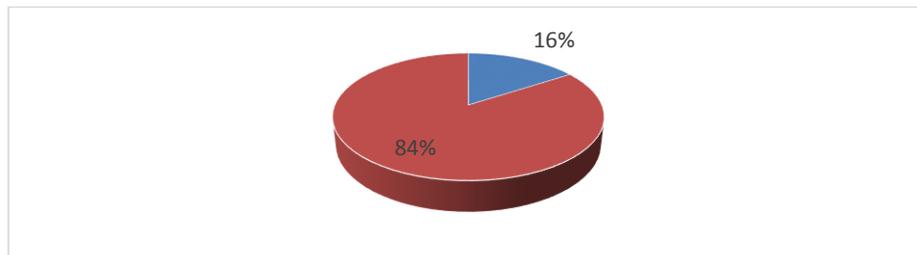
<b>Ingeniería Electromecánica de la UTC</b>	<b>Frecuencia</b>		<b>Total</b>
	<b>Si</b>	<b>No</b>	
Estudiantes de octavo y noveno	2	30	32
Profesores de electromecánica	4	2	6
Total	6	32	38
Porcentaje	<b>16%</b>	<b>84%</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**GRÁFICO 2.7**

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 7**



**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**Análisis**

Como se observa en la tabla 2.8, y el gráfico 2.7; acerca que si conoce el funcionamiento de una tarjeta de adquisición de datos, se obtuvo que el 12% de encuestados si lo conoce y el 88% de encuestados no conoce el funcionamiento.

**Interpretación.**

Se puede observar que la mayoría de estudiantes dentro de la carrera de ingeniería electromecánica no conoce el funcionamiento de una tarjeta de adquisición de datos.

**Pregunta N° 8:**

**¿Le gustaría obtener un análisis de curvas de generación en el laboratorio mediante una tarjeta de adquisición de datos y visualizarlos en la pantalla de un computador mediante Labview?**

**TABLA 2.9**

**ANÁLISIS DE LA OCTAVA PREGUNTA**

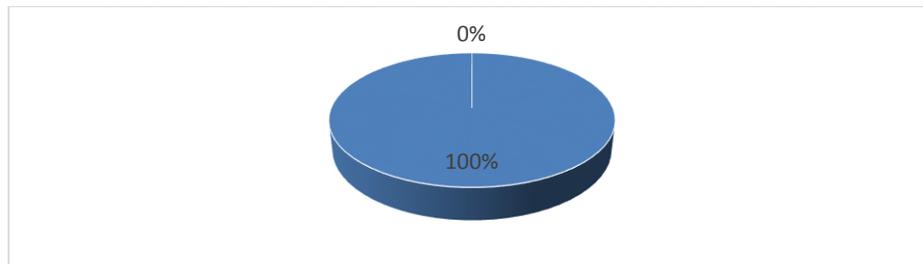
<b>Ingeniería Electromecánica de la UTC</b>	<b>Frecuencia</b>		<b>Total</b>
	<b>Si</b>	<b>No</b>	
Estudiantes de octavo y noveno	32	0	32
Profesores de electromecánica	6	0	6
Total	38	0	38
Porcentaje	<b>100%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**GRÁFICO 2.8**

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 8**



**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**Análisis**

Como se observa en la tabla 2.9, y el grafico 2.8; acerca que si le gustaría obtener un análisis de curvas de generación en el laboratorio mediante una tarjeta de adquisición de datos y visualizarlos en la pantalla de un computador mediante labview, se obtuvo que el 100% de los encuestados si le gustaría.

**Interpretación.**

Se concluye que la mayoría de encuestados dentro de la carrera de ingeniería electromecánica le gustaría tener este tipo elementos para el estudio de la energía solar fotovoltaica.

**Pregunta N° 9:**

**¿Al incluir en el laboratorio de electromecánica un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación: aportará al avance tecnológico de la Universidad?**

**TABLA 2.10**

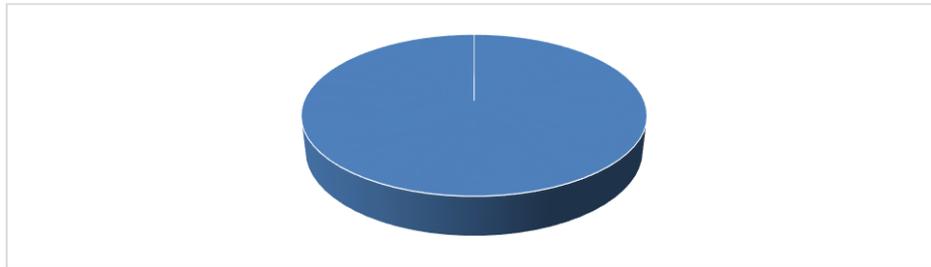
**ANÁLISIS DE LA NOVENA PREGUNTA**

<b>Ingeniería Electromecánica de la UTC</b>	<b>Frecuencia</b>		<b>Total</b>
	<b>Si</b>	<b>No</b>	
Estudiantes de octavo y noveno	32	0	32
Profesores de electromecánica	6	0	6
Total	38	0	38
Porcentaje	<b>100%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica  
**Laborado por:** Los investigadores.

**GRÁFICO 2.9**

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 9**



**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica  
**Elaborado por:** Los investigadores.

**Análisis.** Según la tabla 2.10, y el grafico 2.9; si al incluir en el laboratorio de electromecánica un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación: aportará al avance tecnológico de la Universidad, se obtuvo que el todos los encuestados si están de acuerdo.

**Interpretación.** Se determina que la totalidad de estudiantes y profesores dentro de la carrera de ingeniería electromecánica coinciden que el incluir un banco de pruebas de este tipo aportaría con el avance tecnológico de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Pregunta N° 10:**

**¿Considera que el banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación es una fuente didáctica para desarrollar prácticas de laboratorio?**

**TABLA 2.11**  
**ANÁLISIS DE LA DÉCIMA PREGUNTA.**

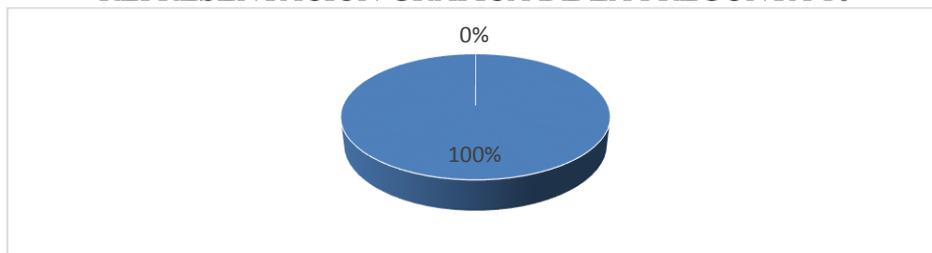
Ingeniería Electromecánica de la UTC	Frecuencia		Total
	Si	No	
Estudiantes de octavo y noveno	32	0	32
Profesores de electromecánica	6	0	6
Total	38	0	38
Porcentaje	<b>100%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**GRÁFICO 2.10**

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PREGUNTA 10**



**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**Análisis.** Según la tabla 2.11, y el grafico 2.10; si considera que el banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación es una fuente didáctica para desarrollar prácticas de laboratorio, se obtuvo que el 100% de los encuestados si lo consideran.

**Interpretación.** Se concluye que la totalidad de estudiantes y profesores dentro de la carrera de ingeniería electromecánica coinciden que el banco de pruebas de curvas de eficiencia de generación es una fuente didáctica para conocer mejor acerca de energías fotovoltaicas.

## 2.5. Verificación de la Hipótesis

### 2.5.1. Planteamiento de la hipótesis

¿Mediante la construcción e implementación de un banco de pruebas permitirá analizar las curvas de funcionamiento y generación de la energía solar fotovoltaica?

#### 2.5.1.1.1. Variable Independiente

Construcción e implementación de un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica.

#### 2.5.1.1.2. Variable Dependiente

Análisis de curvas de eficiencia de generación en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica.

#### 2.5.1.1.3. Planteo de la hipótesis

##### **Hipótesis alternativa.- $H_a$**

“Si es posible mediante la construcción e implementación de un banco de pruebas analizar las curvas de funcionamiento y generación de la energía solar fotovoltaica”.

##### **Hipótesis nula.- $H_0$**

“No es posible mediante la construcción e implementación de un banco de pruebas analizar las curvas de funcionamiento y generación de la energía solar fotovoltaica”.

**Tabla 2.12**  
**TABULACIÓN DE ENCUESTAS EMPLEADAS**

ITEM	# DE PREGUNTA	SI	NO	TOTAL
1	Pregunta 1	22	16	38
2	Pregunta 2	24	14	38
3	Pregunta 3	38	0	38
4	Pregunta 4	34	4	38
5	Pregunta 5	38	0	38
6	Pregunta 6	6	32	38
7	Pregunta 7	6	32	38
8	Pregunta 8	38	0	38
9	Pregunta 9	38	0	38
10	Pregunta 10	38	0	38

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

**Tabla 2.13**  
**RESUMEN DE FRECUENCIAS OBSERVADAS ( $f_o$ )**

ITEM	# DE PREGUNTA	SI	NO	TOTAL
1	Pregunta 1	22	16	38
2	Pregunta 2	24	14	38
3	Pregunta 3	38	0	38
4	Pregunta 4	34	4	38
5	Pregunta 5	38	0	38
6	Pregunta 6	6	32	38
7	Pregunta 7	6	32	38
8	Pregunta 8	38	0	38
9	Pregunta 9	38	0	38
10	Pregunta 10	38	0	38
	Total	282	98	380

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica

**Elaborado por:** Los investigadores.

### 2.5.2. Cálculo de las frecuencias esperadas ( $f_e$ )

$$f_e = (tf * tc) / tg \quad \text{Ecu. (2.1)}$$

Donde:

$f_e$  = Frecuencia esperada

$tf$  = Valor de la fila

$tc$  = Valor de la columna

$tg$  = Valor General

Entonces:

$$fe = \frac{38 * 282}{380}$$

$fe = 24,3$  en el SI

$$fe = \frac{38 * 98}{380}$$

$fe = 9,7$  en el NO

**Tabla 2.14**  
RESULTADO DE FRECUENCIAS ESPERADAS ( $fe$ )

ÍTEM	SI	NO
1	28,2	9,8
2	28,2	9,8
3	28,2	9,8
4	28,2	9,8
5	28,2	9,8
6	28,2	9,8
7	28,2	9,8
8	28,2	9,8
9	28,2	9,8
10	28,2	9,8

**Fuente:** Profesores y Alumnos de Electromecánica  
**Elaborado por:** Los investigadores.

### 2.5.3. Cálculo del chi cuadrado

Para el cálculo del chi cuadrado se utiliza la siguiente ecuación (2.2):

$$Xc^2 = \sum \frac{(fo-fe)^2}{fe} \quad \text{Ecu. (2.2)}$$

Donde:

$fe$  = Frecuencia esperada

$fo$  = Frecuencia observada

$Xc^2$  = Chi cuadrado

Entonces:

**Tabla 2. 15**  
**RESULTADO DE CHI CUADRADO**

ITEM	$f_o$	$f_e$	$f_o-f_e$	$(f_o-f_e)^2$	$Xc^2=(f_o-f_e)^2/f_e$
1	22	28,2	6,20	38,44	1,36
2	24	28,2	4,20	17,64	0,79
3	38	28,2	-9,80	96,04	1,85
4	34	28,2	-5,80	33,64	1,09
5	38	28,2	-9,80	96,04	1,85
6	6	28,2	22,20	492,84	4,18
7	6	28,2	22,20	492,84	4,18
8	38	28,2	-9,80	96,04	1,85
9	38	28,2	-9,80	96,04	1,85
10	38	28,2	-9,80	96,04	1,85
11	16	9,8	-6,20	38,44	1,98
12	14	9,8	-4,20	17,64	1,34
13	0	9,8	9,80	96,04	3,13
14	4	9,8	5,80	33,64	1,85
15	0	9,8	9,80	96,04	3,13
16	32	9,8	-22,20	492,84	7,09
17	32	9,8	-22,20	492,84	7,09
18	0	9,8	9,80	96,04	3,13
19	0	9,8	9,80	96,04	3,13
20	0	9,8	9,80	96,04	3,13
<b>TOTAL</b>					55,84
<b>Xp<sup>2</sup></b>					55,84

Elaborado por: Los investigadores.

#### 2.5.4. Cálculo del grado de libertad (gl)

Para el cálculo de grado de libertad se utiliza la ecuación (2.3).

$$gl = (n_f - 1) * (n_c - 1) \quad \text{Ecu. (2.3)}$$

Donde:

$gl$  = grado de libertad

$n_f$  = número de filas

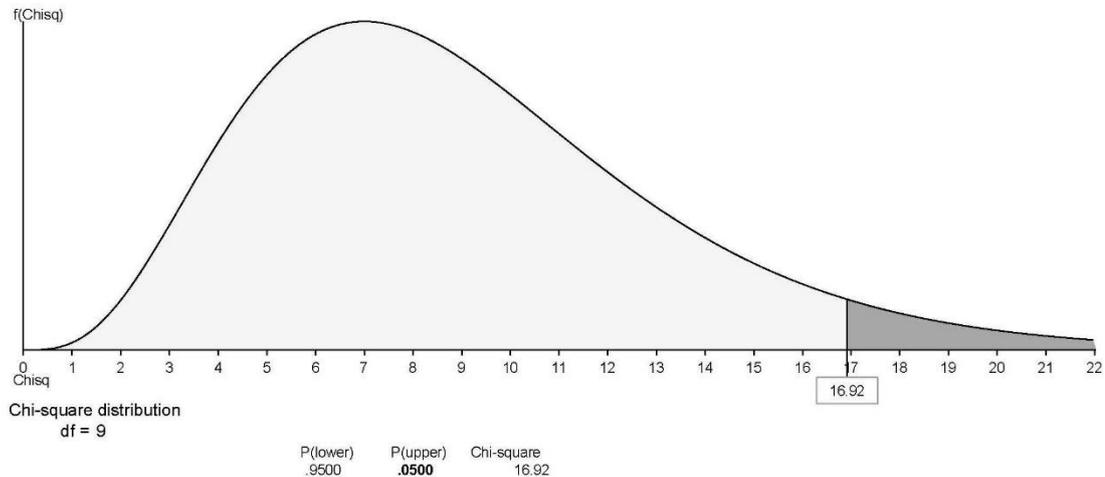
$n_c$  = número de columnas

Entonces:

$$gl = (10 - 1) * (2 - 1) = 9$$

Con  $gl = 9$ , y basados en la tabla de Percentiles de distribución chi- cuadrado con  $n$  grados de libertad (ANEXO 1), utilizando un nivel de confianza de 95%, se obtiene el siguiente resultado:

Nivel de confianza	95%
Nivel de significancia	5%
Grados de libertad	9
valor critico	16.919



Dónde:  $Xp^2 = 16.919$

Siendo:

$Xp^2 =$  Valor percentil para la distribución chi cuadrado

Una vez determinado el  $Xp^2$  y el  $Xc^2$ , se establece que:

$$Xp^2 < Xc^2$$

$$16,919 < 55.84$$

Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_a$  que dice: “Si es posible mediante la construcción e implementación de un banco de pruebas analizar las curvas de funcionamiento y generación de la energía solar fotovoltaica.”

## **CAPÍTULO III**

### **3. PROPUESTA**

#### **3.1. Presentación de la propuesta**

Mediante la implementación de un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación, el dispositivo experimental consta de un panel solar el cual es el encargado de la captación de rayos solares, a través de un regulador de carga, inversor de voltaje, batería, tarjeta de adquisición y otros componentes, se podrá monitorear las variables de corriente voltaje y potencia para el posterior análisis en función a las condiciones climáticas.

Lo cual servirá para el desarrollo de conocimientos prácticos y a la vez como guía técnica, con el fin de que los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi manipulen los equipos que intervienen en la captación solar, en función al software labview y tarjeta de adquisición de datos, elementos indispensable para el monitoreo y conversión de datos.

##### **3.1.1. Objetivos de la propuesta**

###### **3.1.1.1.1. Objetivo General**

Construcción e implementación de un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación, que servirá para el laboratorio de ingeniería electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el periodo 2014.

###### **3.1.1.1.2. Objetivos Específicos.**

- Conocer las bases teóricas elementales de un banco de pruebas.
- Diseñar la programación, para la visualización de las curvas de eficiencia de generación eléctricas.

- Obtener diferentes curvas de eficiencia de generación por medio de la variación de carga y ángulo de incidencia.
- Implementar el banco de pruebas de energía solar fotovoltaica mismo que cubrirá las necesidades de estudiantes y profesionales que lo utilizarán en prácticas de laboratorio en la Carrera de Ingeniería Electromecánica.
- Diseñar un manual de guías prácticas para la correcta utilización del banco de pruebas de energía solar fotovoltaica.

## **3.2. Análisis de factibilidad**

### **3.2.1. Factibilidad técnica**

Es factible la implementación del banco de pruebas de energía fotovoltaica, puesto que nos permitió visualizar variables de voltaje, corriente, potencia y curvas de eficiencia de generación eléctrica mediante equipos de alta tecnología verificando el rendimiento de estos equipos.

### **3.2.2. Factibilidad económica**

Es factible por cuanto los costos para la implementación del banco de pruebas de energía fotovoltaica para el laboratorio de Ingeniería Electromecánica, fueron costeados por parte de los investigadores.

### **3.2.3. Factibilidad operacional**

El desarrollo de este proyecto es factible por cuanto que en el mercado existen los equipos adecuados, software y elementos necesarios para la construcción e implementación del banco de pruebas de energía solar fotovoltaica acorde a la tecnología de punta.

## **3.3. Justificación**

En la actualidad la Universidad Técnica de Cotopaxi, cuenta con una infraestructura adecuada, en donde se implementarán nuevos laboratorios equipados con instrumentos, máquinas y módulos acorde a la especialidad,

actualmente existe un aporte tecnológico y se formula de la siguiente manera: “Construcción e implementación de un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación, que servirá para el laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el periodo 2014”.

El principal objetivo del desarrollo de la investigación es para que el estudiante: conozca la estructura y tipo conexiones que existen en la generación fotovoltaica, regule la intensidad de radiación, establezca la temperatura adecuada, monitoree las variables de corriente, voltaje, potencia y realice pruebas en función a la carga y visualice las curvas de eficiencia de generación eléctrica del panel en la pantalla de un computador mediante el desarrollo de un software (Labview).

El programa Labview es el encargado de emitir los resultados de la conversión o transducción del sistema de generación en la pantalla de un computador. Pudiéndose entonces determinar: cuál es la radiación e inclinación para obtener la mayor eficiencia del sistema.

Desde el punto de vista económico, es importante implementar un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica, para proseguir con el desarrollo y perfeccionamiento de tecnologías de captación, acumulación y distribución de la energía solar fotovoltaica.

En el ámbito social el objeto de este proyecto investigativo es incentivar al estudiante y la sociedad en el desarrollo y aprovechamiento de esta energía alternativa para así dejar un lado la transformación de energías convencionales como son las centrales termoeléctricas o las hidroeléctricas que afectan gravemente a la naturaleza, de esta manera aportamos directamente a conservar la naturaleza y a solucionar el problema de falta de energía eléctrica en lugares inaccesibles para la red Eléctrica Nacional.

### **3.4. Requerimientos de la propuesta**

Los elementos necesarios para la implementación del banco de pruebas de energía fotovoltaica detalla en la tabla (3.1).

**TABLA 3.1.**

**REQUERIMIENTOS DE MATERIALES Y COSTOS**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (\$)</b>
1	Panel Fotovoltaico	1	250
2	Inversor	1	505
3	Batería	1	250
4	Regulador de Carga	1	260
5	Lámpara simulador de radiación solar	2	80
6	Piranómetro	1	450
7	Selector	4	50
8	Tarjeta de adquisición de datos	1	430
9	Cableado y Accesorios	1	150
10	Estructura	1	200
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2625</b>

**Elaborado por:** Grupo investigador

### **3.5. Desarrollo de la propuesta**

#### **3.5.1. Diseño esquemático del banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para el análisis de curvas de eficiencia de generación.**

En esta etapa consta el diseño de un prototipo para la construcción de la estructura, posicionamiento de cada uno de los elementos y dispositivos del banco de pruebas de energía solar fotovoltaica.

La estructura para la distribución de los elementos necesarios en la obtención de energía solar fotovoltaica, tendrá características que permitan que los estudiantes de Ingeniería Electromecánica desarrollen prácticas de laboratorio, tomando en cuenta la teoría y la práctica ejecutando de acuerdo al manual elaborado por el equipo de trabajo.

Previo al desarrollo de prácticas de laboratorio el estudiante analizará los posibles factores que afectan en la captación de energía solar mediante la visualización de las curvas de generación, tomando en cuenta las características de cada material utilizado.

### 3.6. Selección de los elementos y dispositivos

#### 3.6.1. Estructura y soporte del panel solar

Se construyó la estructura metálica con un tubo cuadrado de 1 pulgada que soporte el peso del panel solar fotovoltaico con un mecanismo para regular el ángulo de giro de las lámparas, la cual simulara la radiación solar. .

En esta estructura están acoplados todos los elementos, accesorios, dispositivos electrónicos y eléctricos necesarios para la demostración de captación solar y análisis de curvas de eficiencia de generación como muestra la figura 3.1

**FIGURA 3.1**  
**ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS**



**Fuente:** Estructura del banco de pruebas.  
**Elaborado por:** Los investigadores.

#### 3.6.2. Lámparas Halógeno

Se seleccionó este tipo de lámpara halógeno de 120 V (500W) c/u dato obtenido del anexo (D6) para simular la radiación que emite el sol en la ciudad de Latacunga que es de  $800W/m^2$  (dato obtenido en un día soleado).

Cada lámpara halógeno produce una radiación de  $350 W/m^2$ , por esta razón se implementó dos lámparas para referenciar a la radiación emitida por el sol.

**FIGURA 3.2**  
**LÁMPARA HALÓGENO**



**Fuente:** Lámpara halógeno  
**Elaborado por:** Grupo investigador

### **3.6.3. Panel Solar**

Para la construcción del banco de pruebas de energía solar fotovoltaica aislado se eligió un panel solar de marca SIMAX tipo monocristalino de 90 W, con eficiencia de generación de hasta 18,5 V y una corriente máxima de 5,35 a datos tomados del anexo (D1). Se optó por este panel solar, en base a la radiación emitida por las lámparas seleccionadas, además se optó por este tipo de panel, debido a su eficiencia de generación eléctrica con referencia a los otros tipos de paneles existentes en el mercado

**FIGURA 3.3**  
**PANEL SOLAR**



**Fuente:** Panel solar fotovoltaico.  
**Elaborado por:** Grupo investigador

### 3.6.4. Regulador de carga

Para la implementación de este banco se seleccionó un regulador de tensión de marca Morningstar SHS6, 12V, 6A, (datos técnicos anexo D2), en base al amperaje que entrega el panel fotovoltaico, y al ser un equipo ideal para proteger la carga del panel y descarga de la batería.

**FIGURA 3.4**  
**REGULADOR DE CARGA.**



**Fuente:** Regulador de Carga  
**Elaborado por:** Grupo investigador

### 3.6.5. Batería

Para este tipo de banco de pruebas de energía solar fotovoltaico aislado se seleccionó una batería Sealed Lead Acid de 12 voltios, 7 A/h (tomado del data sheet del anexo D3), al ser una batería recargable y por su durabilidad ante el consumo eléctrico.

**FIGURA 3.5**  
**BATERÍA**



**Fuente:** Batería 12 V  
**Elaborado por:** Grupo investigador

### 3.6.6. Inversor de voltaje

Se seleccionó éste inversor de voltaje de marca AVTEK, de 600W, en función al voltaje de la batería seleccionada, puesto que este tipo de inversor tiene un rango de voltaje de entrada de: 9,8 VDC - 16,5 VDC y está equipado en el banco de pruebas con el fin de poder alimentar una carga en corriente alterna de 120 VAC.

**FIGURA 3.6**  
INVERSOR DE VOLTAJE (CC/CA)



**Fuente:** Inversor de voltaje  
**Elaborado por:** proviento.com.ec

### 3.6.7. Tarjeta de adquisición de datos

Para la construcción de éste proyecto se seleccionó una tarjeta de adquisición de datos de marca Arduino Uno (Datos técnicos anexo D5), en base a la demanda que requiere el presente proyecto como son 4 entradas analógicas para la visualización de las curvas de eficiencia, (V de generación, I de generación, V de carga, I de carga). el esquema de conexionado eléctrico y de la tarjeta se puede apreciar en el (anexo B-1)

**FIGURA 3.7**  
TARJETA DAQ

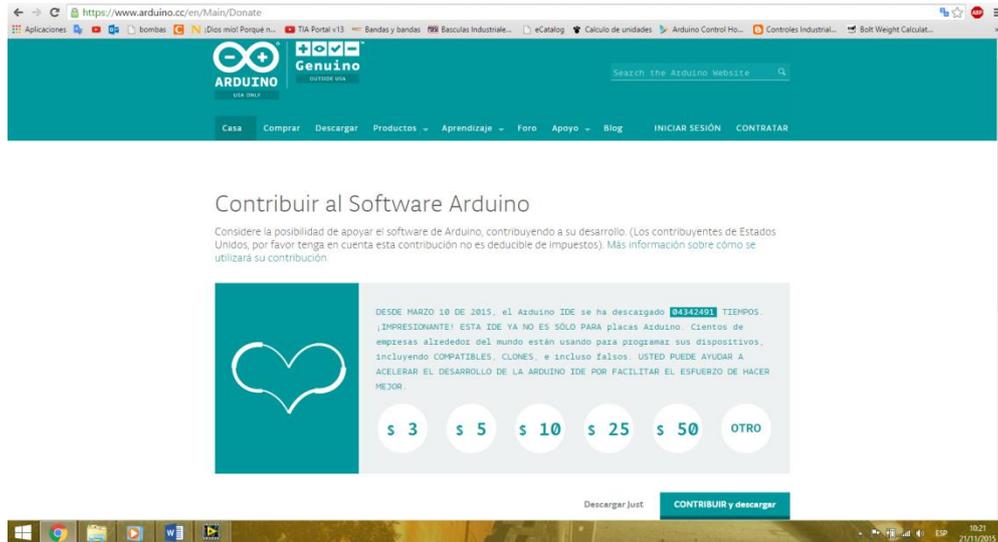


**Fuente:** tarjeta de adquisición de datos  
**Elaborado por:** Arduino.com

### 3.6.8. Instalación, conexión, reconocimiento y programación de la tarjeta Arduino - Labview.

Descargar de internet el instalador de Arduino uno (Fig. 3.8)

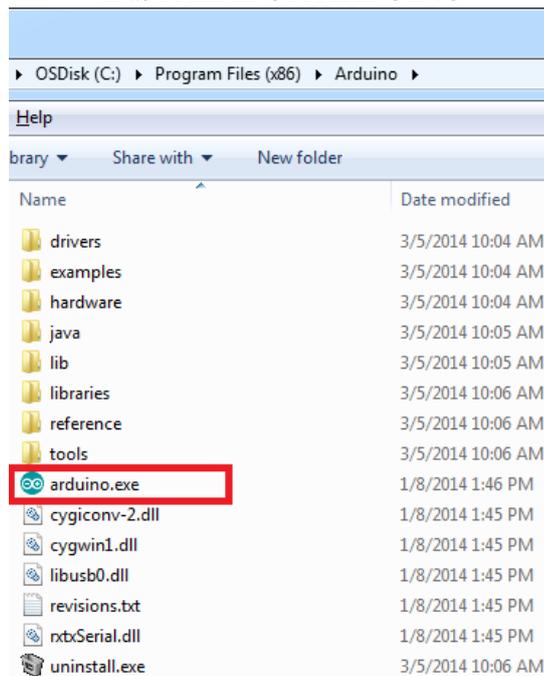
**FIGURA 3.8**  
**VENTANA DE DESCARGA DE INTERNET**



Fuente: Grupo investigador

Abrir el instalador: Arduino IDE navegando a la carpeta extraída de internet y hacer doble clic arduino.exe (Fig. 3.9)

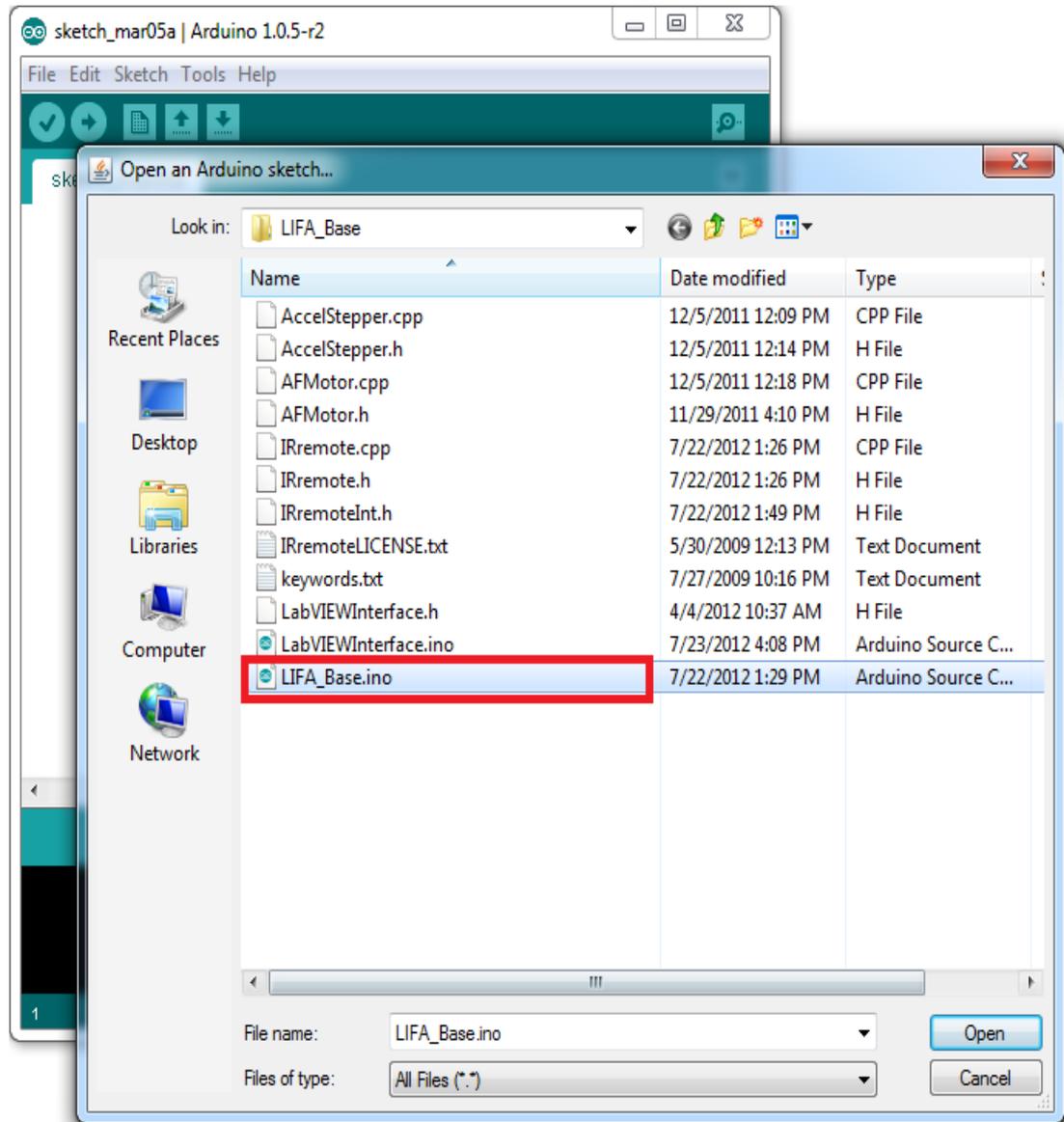
**FIGURA 3.9**  
**INSTALADOR ARDUINO**



Fuente: Grupo investigador

El Arduino IDE se abrirá, dar clic en Archivo, abrir y buscar LIFA\_Base.ino encuentran en C: \ Archivos de programa \ National Instruments \ LabVIEW 2012 \ vi.lib \ LabVIEW Interface para Arduino \ Firmware \ LIFA\_Base (Fig. 3.10)

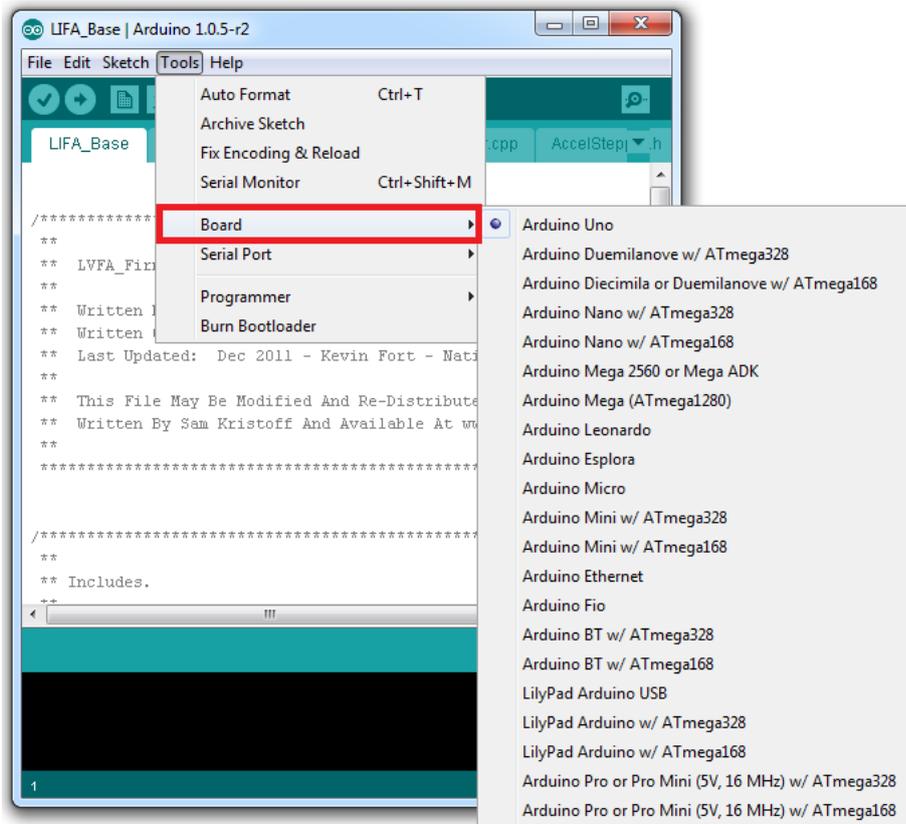
**FIGURA 3.10**  
**LIBRERÍA LIFA BASE**



**Fuente:** Grupo investigador

Seleccione el tipo de placa Arduino haciendo clic en herramientas, general, Arduino Uno (fig. 3.11).

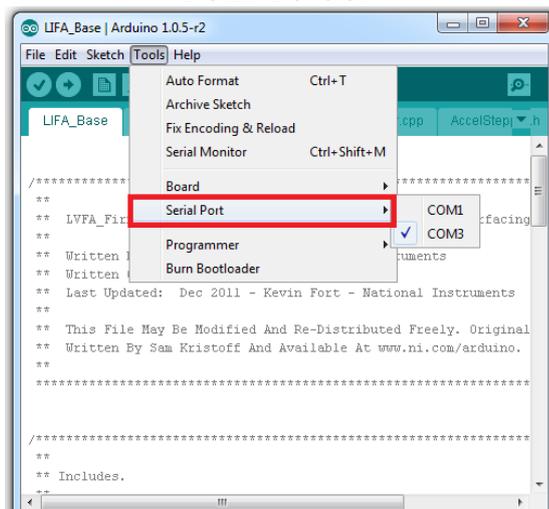
**FIGURA 3.11**  
**TIPO DE PLACA ARDUINO**



Fuente: Grupo investigador

Seleccione el puerto COM, haga clic en herramientas, puerto serie y elegir el puerto COM que corresponde a su Arduino Uno. (fig.3.12)

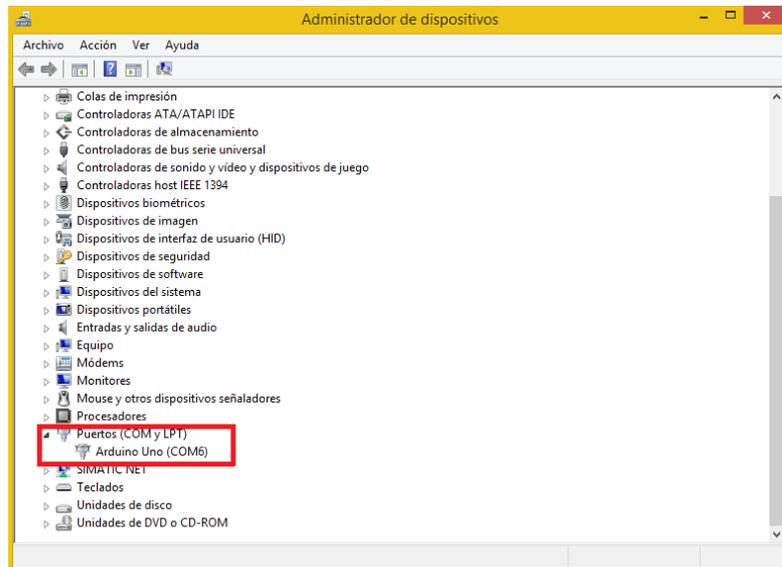
**FIGURA 3.12**  
**PUERTO COM**



Fuente: Grupo investigador

Se puede determinar el puerto COM que corresponde al Arduino Uno utilizado usando el administrador de dispositivos, haga clic en Inicio, panel de control, administrador de dispositivos y la ampliación de Puertos (LTP y COM).

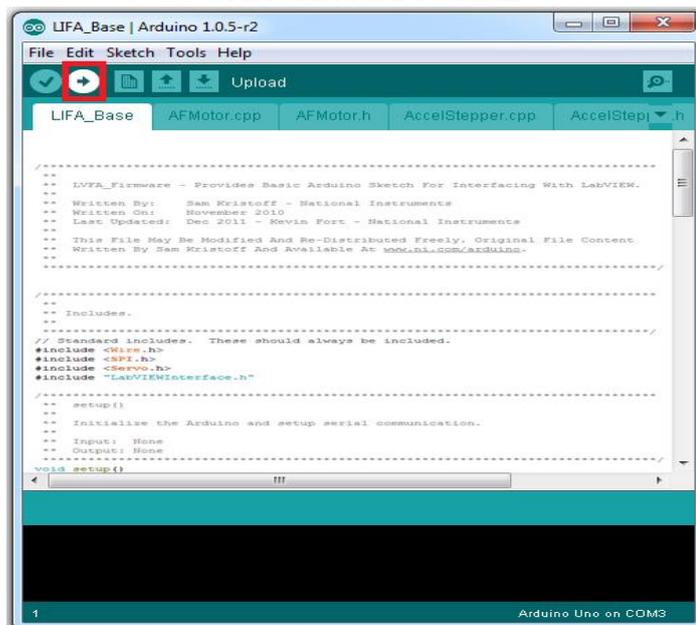
**FIGURA 3.13**  
**PUERTO COM**



**Fuente:** Grupo investigador

Haga clic en el Upload botón para cargar el firmware a la Arduino Uno; que se encuentra en el anexo E1

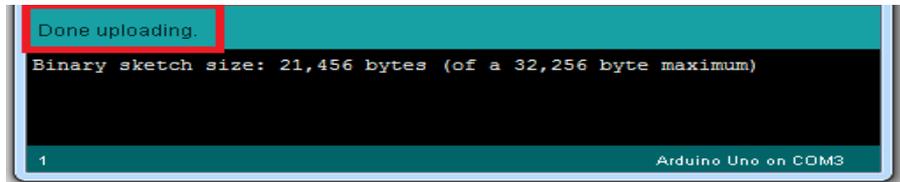
**FIGURA 3.14**  
**CARGAR FIRMWARE**



**Fuente:** Grupo investigador

El Arduino IDE debe reportar hecho, esta ventana carga cuando el firmware se ha cargado correctamente en el Arduino.

**FIGURA 3.15**  
**AVISO DE CARGA FINALIZADA**



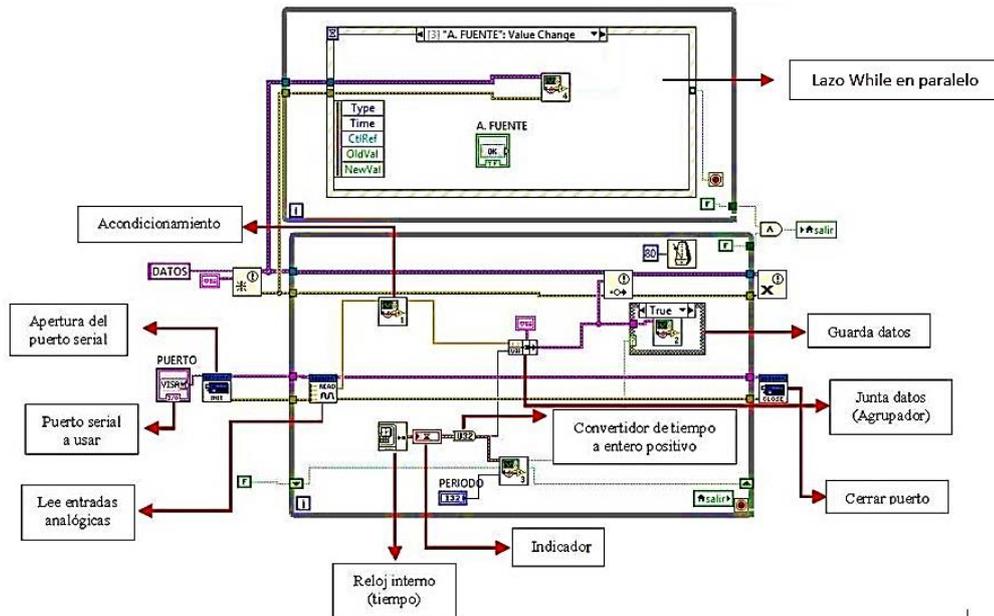
**Fuente:** Grupo investigador

Ahora está listo para utilizar el Arduino Uno con la interfaz de LabVIEW para Arduino Uno. El kit de herramientas LIFA contiene una serie de ejemplos que se puede acceder a través de la paleta de funciones. En el anexo E1 encontramos la combinación de librerías utilizadas para la configuración de puertos que se utilizaron en el presente proyecto.

### 3.6.9. Ventana de programación de labview

En la (fig. 3.16) se identifica los elementos gráficos de programación utilizados de las librerías de labview para el reconocimiento y enlace entre labview y la tarjeta Arduino. Detalles en el anexo F.

**FIGURA 3.16**  
**PROGRAMACIÓN LABVIEW**



**Fuente:** Grupo investigador

### 3.6.10. Presentación de pantalla principal

FIGURA 3.17  
PANTALLA PRINCIPAL LABVIEW

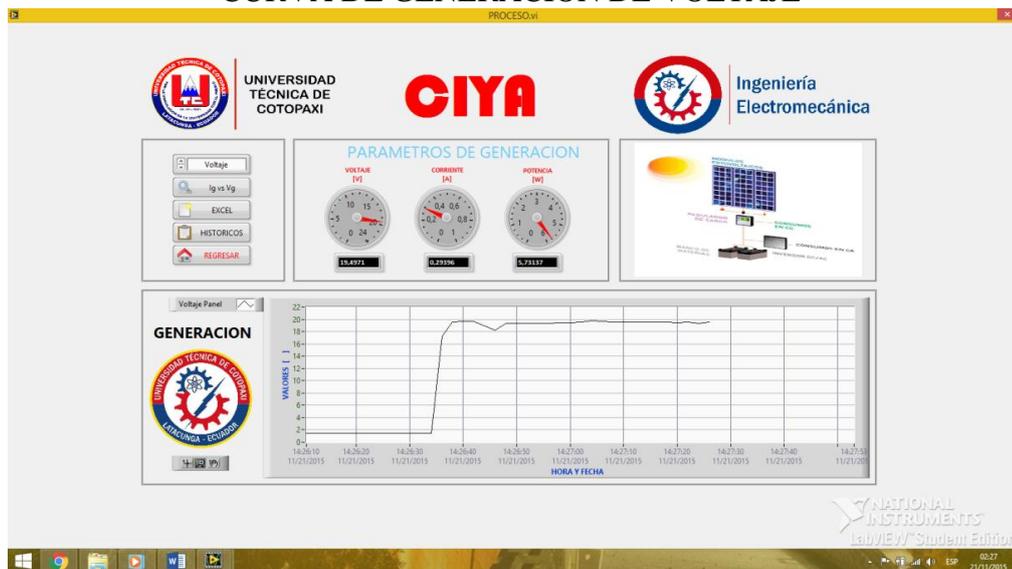


Fuente: Grupo investigador

### 3.6.11. Curva de eficiencia generación DC (Voltaje).

En la (fig. 3.18), se identifica los valores obtenidos cuando el panel recibe una radiación de  $550 \text{ W/m}^2$ ; observándose que entrega un voltaje de 19.45V con su respectiva curva generación eléctrica.

FIGURA 3.18  
CURVA DE GENERACIÓN DE VOLTAJE

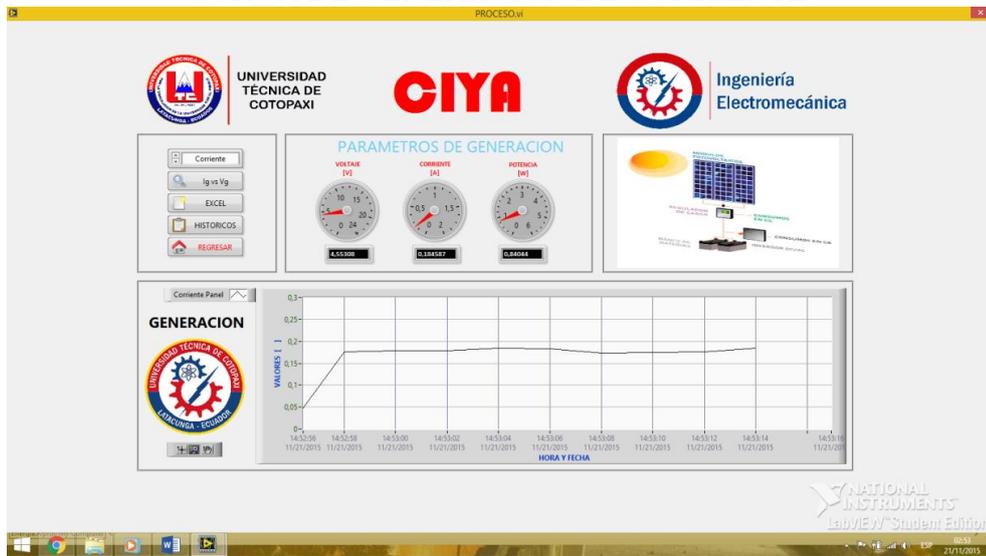


Fuente: Grupo investigador

### 3.6.12. Curva de eficiencia generación DC (Corriente).

En la (fig. 3.19) se identifica los valores visualizados cuando el panel recibe una radiación de  $580 \text{ W/m}^2$ ; observándose que entrega una corriente de 19.45V.

**FIGURA 3.19**  
**CURVA DE GENERACIÓN DE CORRIENTE**

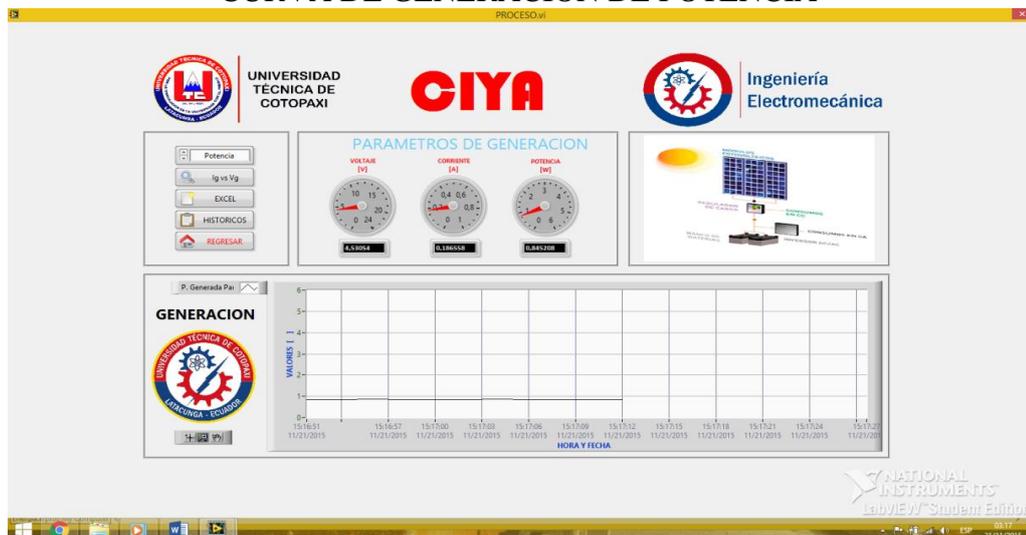


Fuente: Grupo investigador

### 3.6.13. Curva de eficiencia generación DC (Potencia).

En la (fig.3.20), se observa los valores y curva de potencia, obtenidos a partir de la radiación simulada por las lámparas halógeno.

**FIGURA 3.20**  
**CURVA DE GENERACIÓN DE POTENCIA**

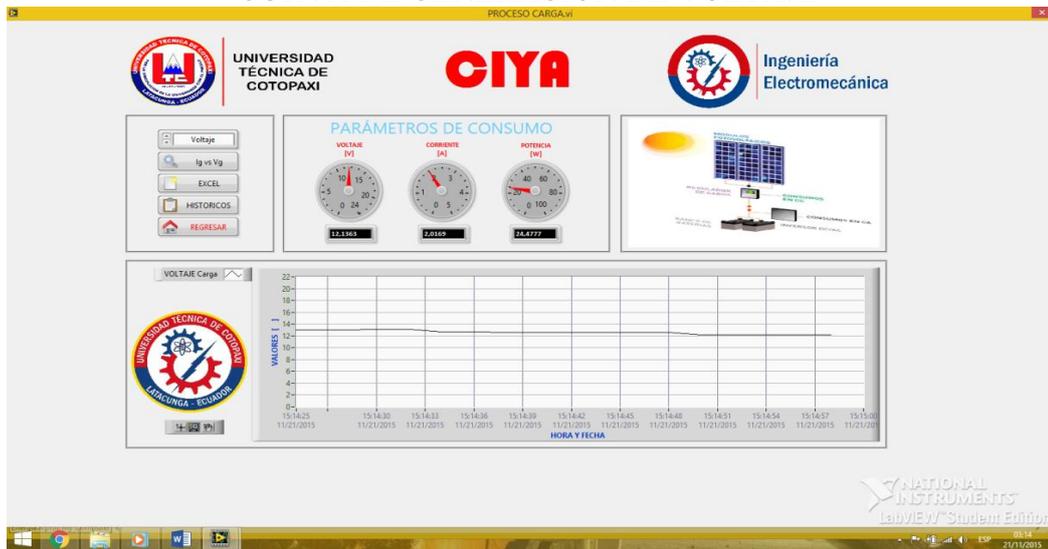


Fuente: Grupo investigador

### 3.6.14. Curva de eficiencia generación AC (Voltaje).

En la (fig. 3.21), se observa la curva y valores obtenidos de generación eléctrica con ayuda de una batería auxiliar para alimentar a una carga de 110V.

**FIGURA 3.21**  
**CURVA DE GENERACIÓN DE VOLTAJE**

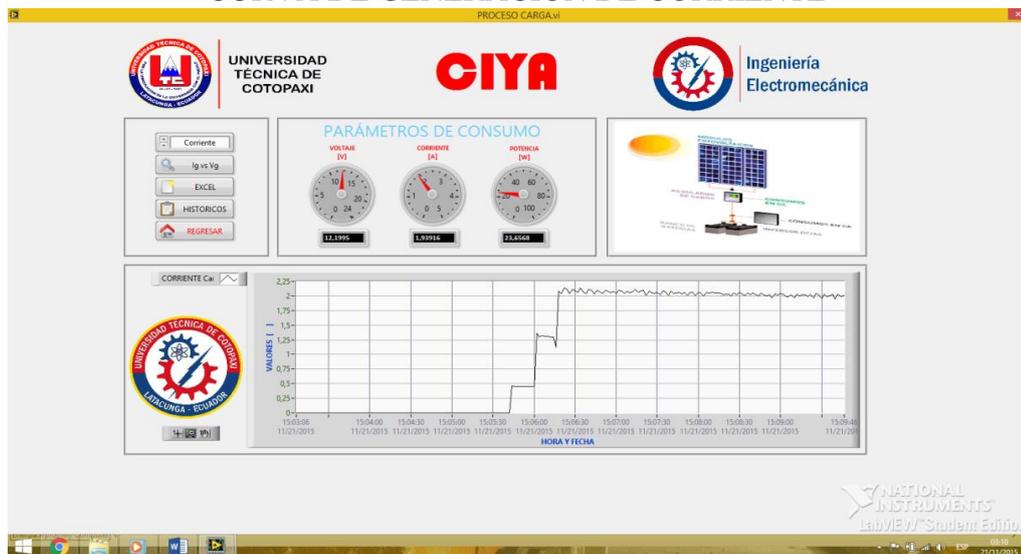


Fuente: Grupo investigador

### 3.6.15. Curva de eficiencia generación AC (corriente).

Se puede visualizar (fig. 3.22), la curva y valores de corriente con intervención de la batería, alimentando una carga en AC.

**FIGURA 3.22**  
**CURVA DE GENERACIÓN DE CORRIENTE**

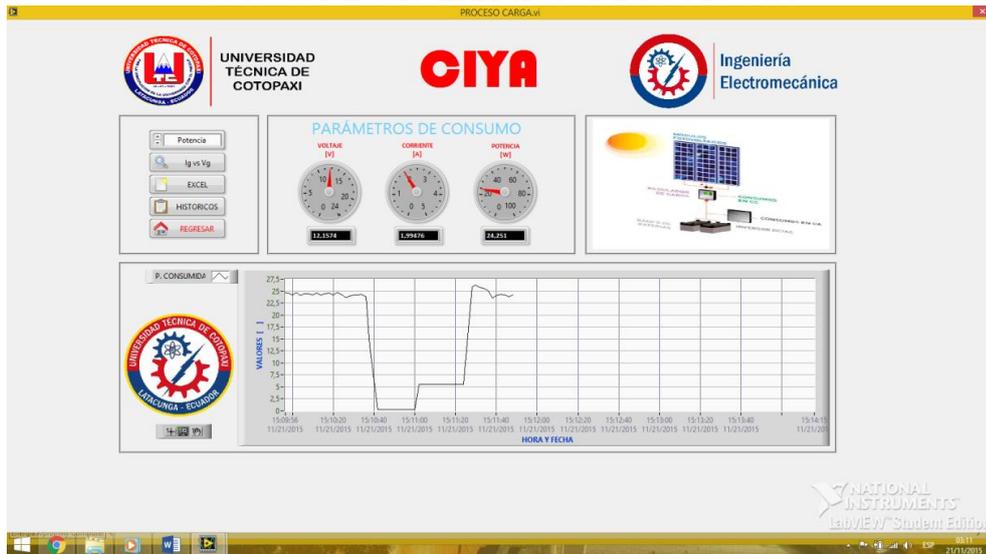


Fuente: Grupo investigador

### 3.6.16. Curva de eficiencia generación AC (Potencia).

En la (fig. 3.23) presenta la curva y valores obtenidos de potencia, con una batería, alimentando a una carga en AC y DC, en función a la radiación simulada por las lámparas.

**FIGURA 3.23**  
**CURVA DE GENERACIÓN DE POTENCIA**



**Fuente:** Grupo investigador

## CONCLUSIONES:

- Se obtuvo un voltaje de 19,4 V en la generación del panel solar marca SIMAX en circuito abierto, con una radiación de  $580 \text{ W/m}^2$ , lo cual refleja una eficiencia en el sistema de un 80%.
- Se visualizó las curvas y valores de eficiencia de generación eléctrica (V-I), las cuales se ven afectadas por factores ambientales, como el espectro luminoso y el calentamiento del panel solar a causa del exceso de radiación.
- Se acondicionó la señal mediante una tarjeta de adquisición de datos Arduino, para la obtención de variables de voltaje y corriente con un margen de error de 0.5 lo cual representa una exactitud del 95% en la adquisición de datos.
- El panel fotovoltaico se ve afectado considerablemente al aplicar sombra sobre una célula solar, dando lugar a una disminución considerable en el rendimiento del sistema.
- Se comprobó la caída de voltaje en el acumulador mediante el regulador de voltaje, quedando en modo de error el dispositivo hasta alcanzar el voltaje nominal de funcionamiento del mismo.
- Se construyó un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica, mismo que permite la visualización de curvas de eficiencia de generación solar (V-I-P), mediante el software labview a través de la tarjeta de adquisición de datos.
- Se elaboró un manual de guías prácticas, para que el estudiante se relacione con el principio de generación fotovoltaica, tomando en cuenta todos los parámetros que afectan en la captación de radiación solar, desarrollando soluciones y motivando al estudiante al aprovechamiento de este recurso inagotable.

## **RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda realizar un análisis con paneles conectados en paralelo y verificar la eficiencia de generación de corriente.
- Analizar la factibilidad de implementación de un módulo híbrido de energías alternativas teniendo en cuenta la energía fotovoltaica y eólica.
- Para la realización de prácticas el estudiante debe conocer sobre el lenguaje de programación básica en Labview y la tarjeta de adquisición de datos Arduino, para que pueda desarrollar y entender de mejor manera las prácticas realizadas.
- Implementar un sistema de ventilación al panel fotovoltaico, con el fin de evitar el calentamiento del mismo y obtener mayor eficiencia en el sistema de captación.
- Realizar mediciones de radiación solar y obtener un valor medio de radiación generada en la provincia de Cotopaxi.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA CITADA

- BASTIAN, PETER. 2000. *Electrotecnia* . Akal. España : Alemana, 2000. págs. (pág. 438), (pág. 439).
- CASTEJÓN, AGUSTÍN. 2005. *Istalaciones Solares Fotovoltaicas*. 2005. pág. (pág. 127).
- CHUQUIN NELSON, MARQUEZ FERNANDO. 2011. *Diseño, construcción y pruebas de un sistema publicitario alimentado con energía solar y controlado con un Relé inteligente (zelio) (tesis de grado)*. CHIMBORAZO : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (SPOCH), 2011. (pág. 151).
- FOCER. 2002. *Manual sobre energías renovables*. Costa Rica, 2002. (pág. 6), (pág. 7), (pág. 8), (pág. 9), (pág. 11).
- LAJARA, JOSÉ. 2011. *LabVIEW:Entorno gráfico de programación*. Segunda edición. Marcombo Barcelona : s.n., 2011. (pág. 14), (pág. 15), (pág. 16).
- MÉNDEZ, JAVIER. 2010. *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid : FC, 2010. (pág, 15) (pág. 16) .
- OMEGA. 2014. *Adquisición de datos*. España: 2014. pág. (pág. 2).
- ORBEGOZO, CARLOS. 2010. *Green Energy:Energía solar fotovoltaica*. Madrid : Deutscher Entwicklungsdienst, 2010. (pág. 15).
- PALLEJÁ, JORDI. 2012. *Afectación de sombras en un panel fotovoltaico*. Virgili : Edit Clio, 2012.. (pág. 22), (pág. 23), (pág. 25), (pág. 26), (pág. 29).
- RICARDO BERRÚ, SANTIAGO UTRERAS. 2009. *Diseño y construcción de un sistema de bombeo de agua con energía solar*

*fotovoltaica para el laboratorio de energías renovables DECEN (tesis de grado)*. s.l. : Escuela Politécnica del Ejercito, 2009. (pág. 183).

- SANTAMARÍA, MARCO. 2006. *"Como evaluar aprendizajes en el aula"*. Costa Rica : San José, 2006. (pág. 158).

## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA EN LÍNEA**

- AGUILAR, JORGE FEICO. 2002. Energía convencional. [En línea] 2002. <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.dspace.espol.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F16003%2F2%2FPROYECTO%2520DE%2520IMPLEMENTACION%2520DE%2520PANELES%2520SOLARES%2520EN%2520HACI>.
- FOCER. 2002. "Manual sobre energías renovables". [En línea] 2002. <http://www.bun-ca.org>.
- MARCONI, GILLERMO. 2013. Sistemas Fotovoltaicos e iluminación. [En línea] Agosto de 2013. <http://www.funcosa.com.mx/descargas/folletos/sistemas-fotovoltaicos.pdf>.
- OMEGA. 2014. Adquisición de datos. [En línea] 2014. <http://www.ramarecords.com/eop/Tarjeta.pdf>.
- SAGARPA. 2009. Energía renovable y eficiencia energética. [En línea] 2009. <http://proyectedeenergiarenovable.com/Fotovoltaicos/>.
- VALER, ROBERTO. 2010. Aplicaciones productivas de la energía solar. [En línea] 2 de Noviembre de 2010. [http://perusolar.org/17-spes-cursos/USOS\\_PRODUCTIVOS\\_DE\\_LA\\_ENERGIA\\_SOLAR/Parte\\_III\\_La\\_energia\\_solar\\_fotovoltaica](http://perusolar.org/17-spes-cursos/USOS_PRODUCTIVOS_DE_LA_ENERGIA_SOLAR/Parte_III_La_energia_solar_fotovoltaica).
- ALONSO. 2001. Sistemas Fotovoltaicos. [En línea] Ciemat, Marzo de 2001. [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/cponente45335.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/cponente45335.pdf).

- CAÑAS, SIMEON. 2002. Energía Renovable. [En línea] Septiembre de 2002. <http://bun-ca.org/publicaciones/FOTOVOLT.pdf>.
- AGUSTÍN. 2005. Instalaciones Solares Fotovoltaicas . [En línea] Editex, Noviembre de 2005. <https://www.google.com/search?q=instalacionesfotovoltaicas&ie=utf-8&oe=utf-8>.
- CISNEROS, RENE. 2013. Composición e Iluminación . [En línea] 25 de Febrero de 2013. <http://composicioneiluminacion.blogspot.com/2013/02/caracteristicas-de-la-lampara-halogena.html>.

## **BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA**

- Célula solar fotovoltaica (enero 2011) Recuperado el 23 de enero del 2015 de <http://renovable.com/wpcontent/uploads/2011/01/celulaolarfotovoltaica>.
- Sistema Con células solares (marzo 2007) Recuperado el 23 de enero del 2015 de [http://www.onlineupssystem.com/buyolarsolar\\_powered\\_inverter.html](http://www.onlineupssystem.com/buyolarsolar_powered_inverter.html)
- Energía Solar Fotovoltaica (agosto 2012) Recuperado el 24 de enero del 2015 de <http://www.energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones2.shtml>
- Electrónica orgánica (enero 2008) Recuperado el 26 de enero del 2015 de <http://guardiolajavi.wordpress.com/tag/electronica-organica/>
- Panel solar (enero 2013) Recuperado el 21 de febrero del 2015 de <http://spanish.alibaba.com/product-gs/140w-cigs-high-power-solar-panel-1653345856.html>
- Tecnología fotovoltaica (enero 2011) Recuperado el 7 de enero del 2015 de [http://www.enerpoint.es/photovoltaic\\_technology\\_2.php](http://www.enerpoint.es/photovoltaic_technology_2.php)
- Energías limpias (enero 2012) Recuperado el 26 de enero del 2015 de <http://www.electricidad-gratuita.com/energia%20fotovoltaica.html>
- Tarjeta de adquisición de datos (enero 2013) Recuperado el 23 de enero del 2015 de <http://www.ramarecords.com/eop/Tarjeta.pdf>
- Células y conexiones (enero 2012) Recuperado el 29 de enero del 2015 de <http://sql-lv.sourceforge.net/>

- Fococeldas (enero 2014) Recuperado el 2 de marzo del 2015 de [http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_potencia/ke\\_potencia\\_elect](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_potencia/ke_potencia_elect).
- Recepción solar (enero 2011) Recuperado el 14 de enero del 2015 de <http://www.jlouzan.freeservers.com/>
- Banco de pruebas (enero 2010) Recuperado el 12 de enero del 2015 de <http://www.jlouzan.freeservers.com/>
- Potencia pico de un panel (enero 2006) Recuperado el 16 de enero del 2015 de <http://www.enersac.com/energia-solar-faq-que-se-entiende-por-potencia-pico-de-un-panel-fotovoltaico.php>
- Complementos de un panel solar (enero 2005) Recuperado el 25 de marzo del 2015 de <http://www.jlouzan.freeservers.com/>

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

**Aislamiento.-** Acción y resultado de impedir el contacto de dos materiales conductores y evitar la propagación de un fenómeno físico, como el calor, el sonido o la electricidad, por medio de un material aislante.

**Automoción.-** Estudio o descripción de las máquinas, dispositivos que se desplazan por la acción de un motor o energía.

**Ánodo.-** Electrodo o polo positivo de un elemento eléctrico, es el electrodo de mayor potencial

**Acondicionamiento de señal.-** Los acondicionadores de señal son unos dispositivos que convierte un tipo de señal electrónica en otro tipo de señal.

### B

**Batería.-** Aparato electromagnético capaz de acumular energía eléctrica y suministrarla; normalmente está formado por placas de plomo que separan compartimentos con ácido.

**Borne.-** Pieza metálica en forma de botón que sirve para comunicar un aparato eléctrico o una máquina con un hilo de la corriente eléctrica.

### C

**Cajetín estanco.-** Es la parte posterior donde se alojan los bornes de conexión eléctricos y el diodo de protección que protege contra corrientes inversas.

**Célula Fotovoltaica.-** También llamada fotocélula es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico, generando energía solar fotovoltaica.

**Cortocircuito.-** Aumento brusco de intensidad en la corriente eléctrica de una instalación por la unión directa de dos conductores de distinta fase.

### D

**Diodo.-** Dispositivo electrónico de dos electrodos por el que circula la corriente en un solo sentido.

**Degradación.-** Acción de degradar o hacer perder una cualidad o un estado característicos.

**Disipación de calor.-** La cantidad de calor disipada es la que un cuerpo a cierta temperatura libera en un medio que se encuentra a otra temperatura.

## E

**Energía renovable:** Es la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales

**Electrón.-** Un electrón es una partícula diminuta y fundamental que forma parte de la estructura del átomo con una carga eléctrica negativa.

**Encapsulante.-** Los encapsulantes son cualquier tipo de material que se puede utilizar para crear un recinto alrededor de otro material con el fin de almacenar una energía.

**Espectro luminoso.-** Distribución de la energía irradiada desde una fuente luminosa, la cual viene ordenada por valores de longitud de onda.

## F

**Fotón.-** Partícula mínima de energía luminosa o de otra energía electromagnética que se produce, se transmite y se absorbe.

## I

**Impacto ambiental.-** Fenómeno natural catastrófico causado por la alteración de la línea de base ambiental

**Incandescencia.-** Que adquiere un color rojo o blanco por haber sido sometido a altas temperaturas, especialmente el carbón y los metales.

**Inversor.-** Cambia un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador.

**Intensidad luminosa.-** Se define como la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo.

**Insolación.-** Número de horas en un período determinado de tiempo durante el cual una superficie recibe la luz del sol.

**Interfaz.-** Parte de un programa que permite el flujo de información entre un usuario y la aplicación, o entre la aplicación y otros.

## P

**Piranómetro.-** Es un instrumento meteorológico utilizado para medir de manera muy precisa la radiación solar.

**Potencia:** Cantidad de trabajo desarrollado por un elemento, circuito o máquina eléctrica en la unidad de tiempo.

## **R**

**Regulador.-** Un regulador de tensión o regulador de voltaje es un dispositivo electrónico diseñado para mantener un nivel de tensión constante.

**Radiación incidente.-** Es la energía emitida por el sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas.

## **S**

**Semiconductor.-** Es un elemento que se comporta como un conductor o como un aislante dependiendo del campo eléctrico, presión, radiación que le incide.

**Sistema analógico.-** Contiene dispositivos que manipulan cantidades físicas representadas de manera analógica. En estos sistemas las cantidades pueden variar en un rango continuo de valores.

**Sistema digital.-** Contiene dispositivos destinados a la generación, transmisión, procesamiento o almacenamiento de señales digitales con valores exactos.

**Software.-** Es un programa o conjunto de programas que incluye datos, procedimientos y pautas y que permite realizar distintas tareas en un sistema informático

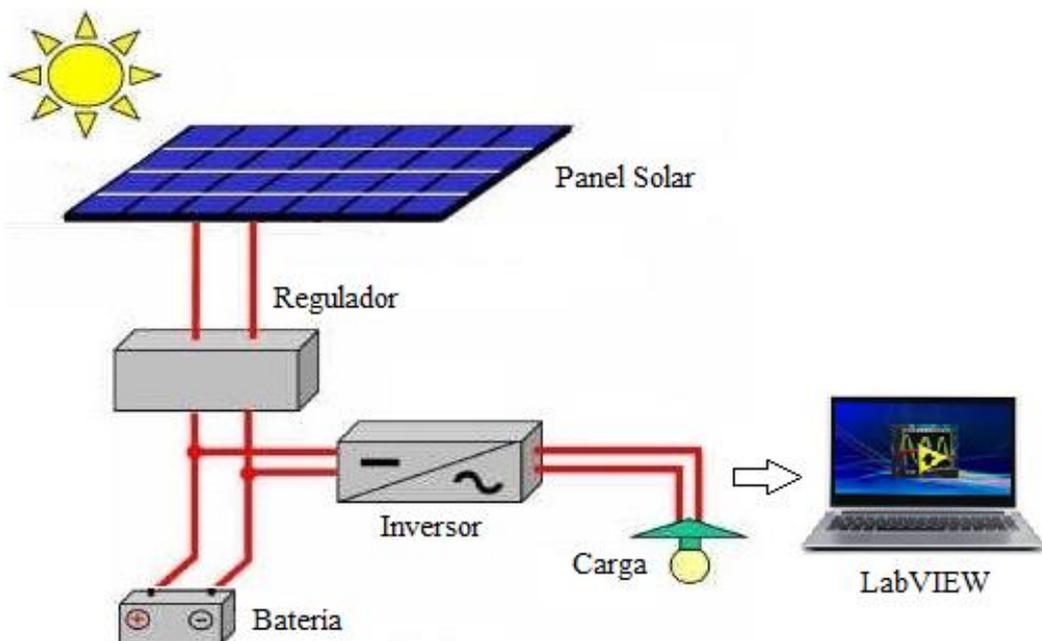
## **T**

**Temperatura.-** Es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente.

**Termocupla.-** Es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje, en función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado punto caliente y el otro punto frío.

**Transductor.-** Es un dispositivo capaz de transformar o convertir una determinada señal de energía de entrada, en otra diferente a la salida.

# ELABORACIÓN DEL MANUAL DE GUÍAS PRÁCTICAS



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA: IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES Y MATERIALES.**

**OBJETIVOS:**

- Conocer la función que desempeña cada uno de los componentes y materiales.
- Investigar parámetros técnicos sobre las células fotovoltaicas.
- Experimentar la simulación en tiempo real estableciendo la conexión.

**CONTENIDO CIENTÍFICO**

**Célula fotovoltaica,-** La conversión de la radiación solar en una corriente de electrones tiene lugar en la célula fotovoltaica, un dispositivo formado por una delgada placa de material semiconductor, a menudo silicio, este material presenta un efecto fotoeléctrico: absorben fotones de luz y emiten electrones.

**MATERIALES:**

- Panel solar
- Lámpara
- Inversor
- Regulador de carga
- Batería
- Voltímetro
- Amperímetro

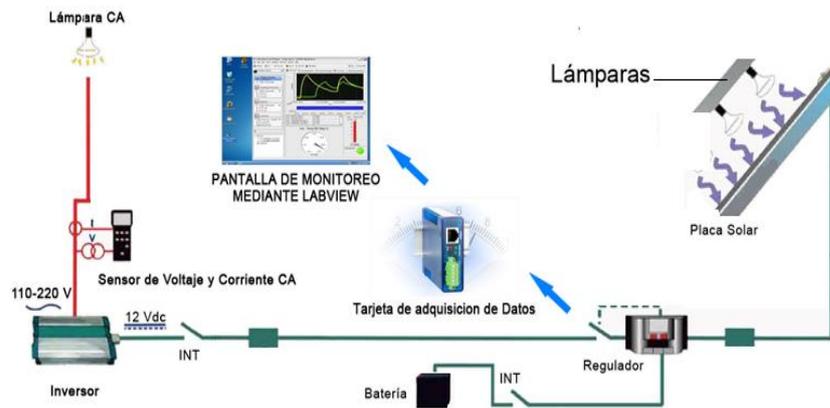
**EQUIPOS**

- Tarjeta de adquisición de datos
- Software
- Computador

**PROCEDIMIENTO**

- Revisar que no estén averiados los cables de energía y comunicación.
- Revisar que estén conectados correctamente los cables de energía y comunicación.
- Verificar que todos los selectores estén en modo apagado.
- Realizar las conexiones respectivas verificando las entradas y salidas en la tarjeta.
- Verificar que todos los conductores estén correctamente conectados en las borneras.
- Energizar la tarjeta Arduino y por consiguiente se energizara la tarjeta de adquisición de datos.
- Revisar que el led indicador de la tarjeta de adquisición de datos esté encendido.
- Revisar que en el administrador de dispositivos del computador ya exista la comunicación y por ende el dispositivo tenga asignado un puerto para comunicación.
- Energizar el cable de alimentación del banco de pruebas.
- Poner los dispositivos necesarios en estado ON o encendidos.
- Ejecutar el software Labview.
- Seleccionar la carpeta Energías
- Realizar mediciones de corriente y voltaje con y sin la batería auxiliar
- Verificamos el voltaje y la corriente de salida.
- Verificamos el voltaje y la corriente de entrada.
- Ejecutamos la simulación y verificamos su funcionamiento
- Comprobar si los valores obtenidos con el software por medio de la tarjeta de adquisición de datos coinciden con los valores obtenidos con un multímetro.
- Al finalizar la practica tener en cuenta que primero apagamos los selectores de panel solar, batería y carga para evitar posibles daños en la tarjeta de adquisición de datos.

**ESQUEMA**



**CUESTIONARIO**

- ¿Cuál es la función de una célula fotovoltaica?
- ¿Tipos de paneles solares?
- ¿Cuál es la función del piranómetro?

**CONCLUSIONES**

.....  
.....  
.....

**RECOMENDACIONES**

.....  
.....  
.....

**BIBLIOGRAFÍA**

[http://www.enerpoint.es/photovoltaic\\_technology\\_2.php](http://www.enerpoint.es/photovoltaic_technology_2.php)

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA: ESTUDIO DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO (I-V)**

**OBJETIVO:**

- Adquirir datos de voltaje y corriente del panel fotovoltaico de 90 W, para la obtención de parámetros técnicos.

**CONTENIDO CIENTÍFICO**

**Energía.-** Es más que la capacidad que tiene un mecanismo o dispositivo eléctrico cualquiera para realizar un trabajo.

**MATERIALES:**

- Panel solar
- Lámparas Halógeno
- Voltímetro
- Amperímetro
- Cables de conexión
- Medidor de radiación Solar (Piranómetro)

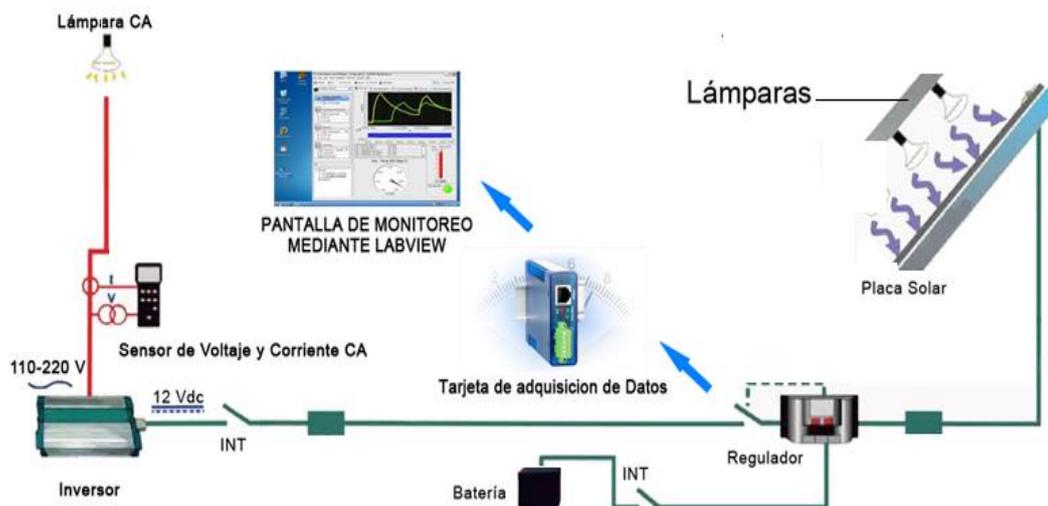
**EQUIPOS:**

- Tarjeta de adquisición de datos
- Software
- Computador

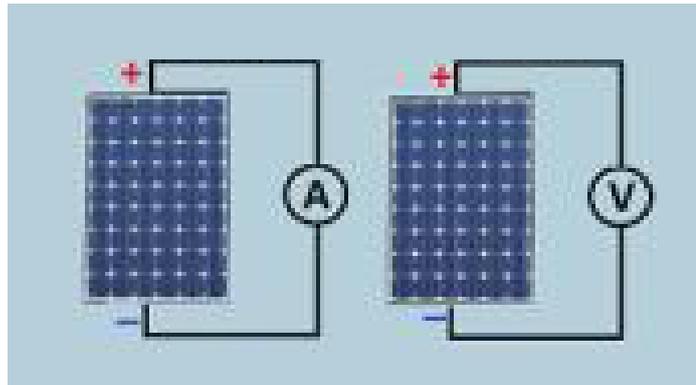
**PROCEDIMIENTO**

- Verificar que todos los selectores estén en modo apagado.
- Comprobar la conexión desde el panel fotovoltaico hasta la tarjeta de adquisición de datos.
- Verificar que los conductores estén conectados correctamente.
- Conectar la tarjeta de adquisición de datos al PC.
- Medir la radiación generada por la lámpara con el piranómetro.
- Recopilar los datos de voltaje y corriente sin la intervención de la batería
- Comprobar los valores obtenidos con el multímetro, con los valores desplegados por el software.
- Al ejecutar el software con todos los equipos debidamente conectados se podrá apreciar la curva de voltaje corriente en la pantalla del computador.
- Se apreciará los parámetros técnicos del panel fotovoltaico (curvas de eficiencia de generación eléctrica).
- Al finalizar la practica tener en cuenta que primero apagamos los selectores de panel solar, batería y carga para evitar posibles daños en la tarjeta de adquisición de datos.

**GRAFICO**



**ESQUEMA DE CONTROL**



**CUESTIONARIO**

¿En qué unidades se mide la radiación solar?  
¿Qué es tensión de circuito abierto?

**CONCLUSIONES**

.....  
.....  
.....

**RECOMENDACIONES**

.....  
.....  
.....

**BIBLIOGRAFÍA**

[http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_potencia/ke\\_potencia\\_elect\\_1.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_potencia/ke_potencia_elect_1.htm)

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA: ESTUDIO DE CURVAS DE EFICIENCIA DE GENERACIÓN (I-V) DEL PANEL FOTOVOLTAICO CON VARIACIÓN DE CARGA.**

**OBJETIVOS:**

- Adquirir valores de corriente y voltaje del panel solar con variación de carga en DC y AC para la obtención de curvas de generación.
- Analizar los parámetros obtenidos a partir de la variación de carga.

**CONTENIDO CIENTÍFICO**

**Intensidad de cortocircuito (I<sub>cc</sub>).**- Se produce a tensión cero y se puede medir a la salida del panel solar, con un amperímetro prácticamente con un valor de resistencia nulo, su valor varía en función a la radiación reflejada sobre la superficie del panel

**MATERIALES:**

- Panel solar
- Carga en CD y AC
- Voltímetro
- Amperímetro
- Cables de conexión
- Lámpara Halógeno 500 W.

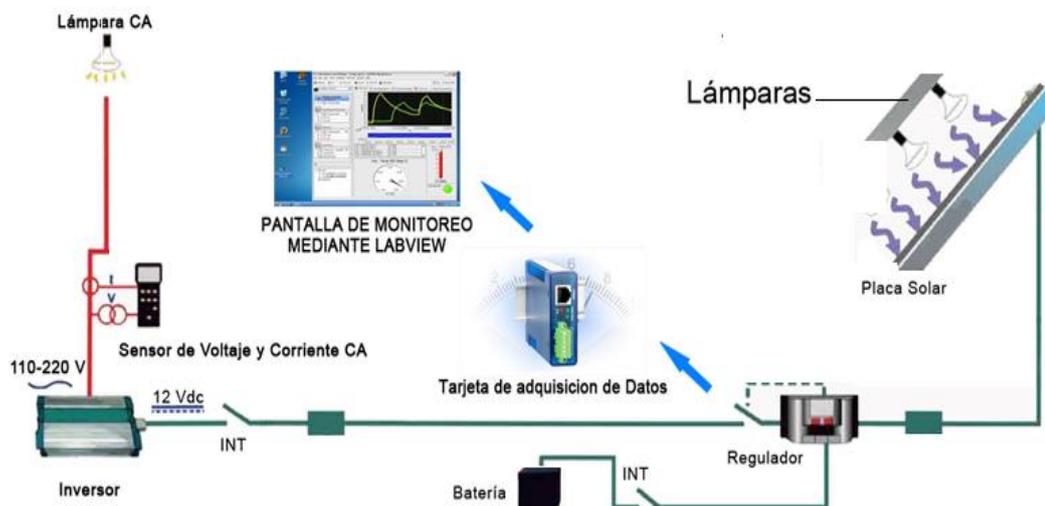
**EQUIPOS:**

- Tarjeta de adquisición de datos
- Software
- Computador

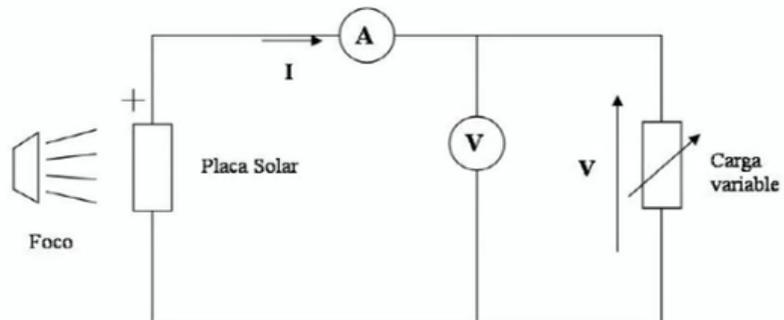
**PROCEDIMIENTO**

- Verificar que todos los selectores estén en modo apagado.
- Conectar la tarjeta de adquisición de datos al PC.
- Comprobar la conexión desde el panel fotovoltaico, regulador, batería, inversor, carga
- Ejecutar el software labview.
- Medir la radiación generada por la lámpara halógeno de 500 W.
- Variar la carga al activar los interruptores, registrar los valores obtenidos de cada medición y con cada una de las cargas en AC y DC respectivamente.
- Verificar los valores obtenidos en la ventana desplegada por el software Labview.
- Se podrá apreciar los valores y curvas de eficiencia de generación eléctrica voltaje, corriente, potencia con y sin carga.
- Al finalizar la practica tener en cuenta que primero apagamos los selectores de panel solar, batería y carga para evitar posibles daños en la tarjeta de adquisición de datos.

**GRAFICO**



**ESQUEMA DE CONTROL**



**CUESTIONARIO**

¿Qué es potencia pico?

¿Cuáles son las condiciones que afectan a la captación de radiación solar?

**CONCLUSIONES**

.....  
.....  
.....

**RECOMENDACIONES**

.....  
.....  
.....

**BIBLIOGRAFÍA**

<http://www.jlouzan.freesevers.com/>

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**TEMA: ESTUDIO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA CON UNA BATERÍA AUXILIAR Y SUMINISTRANDO POTENCIA A UNA CARGA EN (CA)**

**OBJETIVOS:**

- Adquirir valores de corriente, voltaje y potencia tiempo real mediante un inversor de voltaje
- Verificar y comprobar la simulación en tiempo real estableciendo una batería auxiliar mediante un inversor de CC a CA.
- Obtener las curvas de eficiencia de generación en CA con una batería auxiliar.

**CONTENIDO CIENTÍFICO**

**Tensión de corto circuito abierto ( $V_{ca}$ ).**- Es la tensión que podemos medir al no existir una carga conectada este valor obtenido será la tensión máxima que puede generar un panel fotovoltaico.

**MATERIALES:**

- Panel solar
- Lámpara de 500 W
- Voltímetro
- Amperímetro
- Cables de conexión
- Inversor
- Batería
- Regulador de carga
- Foco en AC.

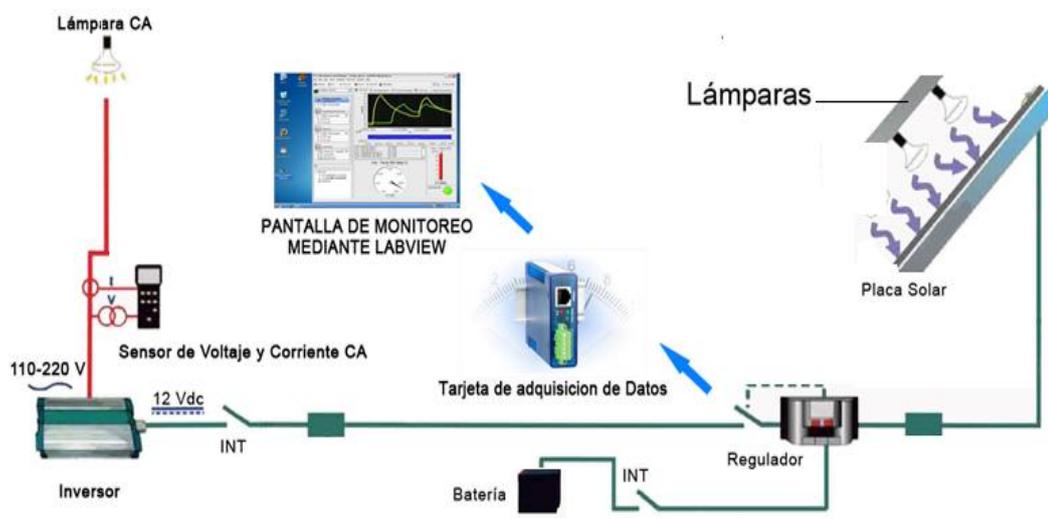
**EQUIPOS:**

- Tarjeta de adquisición de datos
- Software
- Computador

**PROCEDIMIENTO**

- Verificar que todos los selectores estén en modo apagado.
- Conectar la tarjeta de adquisición de datos al PC.
- Revisar la conexión del cableado del panel hacia el regulador, batería, inversor y carga en AC y DC.
- Revisar conexiones para evitar un posible cortocircuito y daño de dispositivos
- Revisar el conexionado en la carga de CC y AC respectivamente.
- Verificar que la tarjeta de adquisición de datos está ejecutada y conectada correctamente
- Medir la radiación generada por las lámparas de 500 W
- Encontrar el ángulo más eficiente de radiación hacia el panel fotovoltaico.
- Realizar mediciones de corriente y voltaje en la entrada y salida
- Verificar que se encienda la carga número 1 sin la ayuda de la batería auxiliar.
- Registrar los valores obtenidos de voltaje y corriente.
- Realizar una analogía de resultados.
- Aprender la curva de generación (voltaje-corriente) sin la intervención de la batería con la carga # 1 encendida.
- Al finalizar la practica tener en cuenta que primero apagamos los selectores de panel solar, batería y carga para evitar posibles daños en la tarjeta de adquisición de datos.

**ESQUEMA DE CONEXIÓN**



**CUESTIONARIO**

¿Qué diferencia existe entre corriente alterna y corriente directa?

**CONCLUSIONES**

.....  
.....  
.....

**RECOMENDACIONES**

.....  
.....  
.....

**BIBLIOGRAFÍA**

<http://www.jlouzan.freeservers.com/>

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA: ESTUDIO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA SIN EL APOYO DE UNA BATERÍA AUXILIAR.**

**OBJETIVOS:**

- Adquirir valores de corriente, voltaje y potencia tiempo real.
- Obtener las curvas de eficiencia de generación I-V en DC.

**CONTENIDO CIENTÍFICO**

**Potencia pico ( $W_{m\acute{a}x}$ ).**- Es la potencia eléctrica máxima que puede suministrar un panel fotovoltaico y se obtiene en el punto de curva de Intensidad producida y tensión (I-V).

**MATERIALES:**

- Panel solar
- Lámparas 500 W
- Voltímetro
- Amperímetro
- Cables de conexión tipo banana
- Inversor
- Regulador de carga
- Focos (carga)

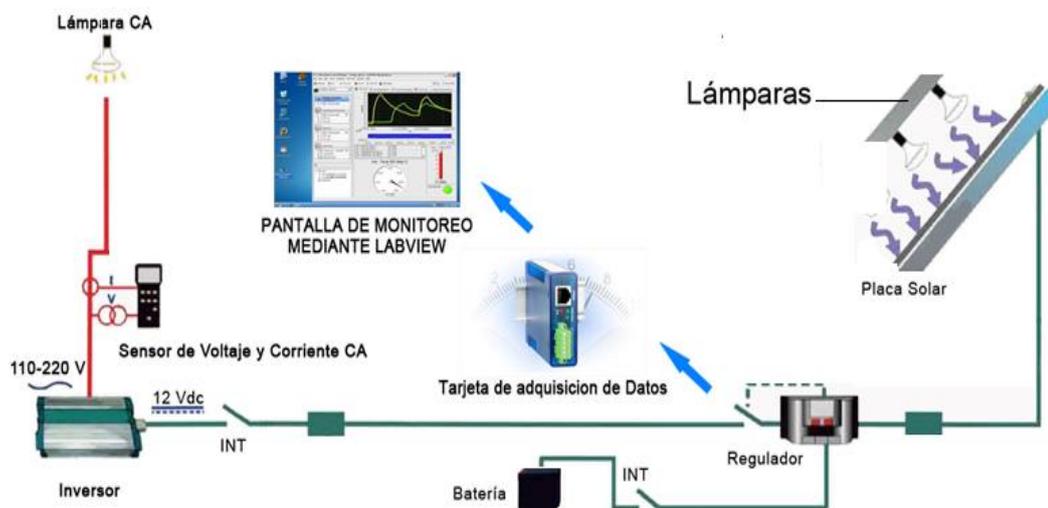
**EQUIPOS:**

- Tarjeta de adquisición de datos
- Software
- Computador

**PROCEDIMIENTO**

- Verificar que todos los selectores estén en modo apagado.
- Conectar la tarjeta de adquisición de datos al PC.
- Realizar la conexión del cableado del panel hacia el regulador y carga en CD.
- Encender las lámparas halógeno.
- Verificar cual es la potencia pico generada por el panel
- Verificar la tensión de corto circuito abierto
- Verificar la intensidad.
- Medir la radiación generada por las lámparas de 500 W.
- Realizar mediciones de corriente y voltaje en la salida del inversor de voltaje.
- Revisar los valores obtenidos por el software con los valores medidos con el voltímetro.
- Apreciarse la curva de eficiencia de generación eléctrica.
- Verificar si se obtiene la misma curva de generación mediante un ángulo diferente de radiación.
- Comparación de resultados con la práctica # 4.
- Al finalizar la practica tener en cuenta que primero apagamos los selectores de panel solar, batería y carga para evitar posibles daños en la tarjeta de adquisición de datos.

**ESQUEMA DE CONEXIÓN**



**CUESTIONARIO**

¿Cuáles son las condiciones que afectan a la captación solar?

¿Cuándo más intensidad luminosa, se consigue mayor rendimiento en el panel?

**CONCLUSIONES**

.....  
.....  
.....

**RECOMENDACIONES**

.....  
.....  
.....

**BIBLIOGRAFÍA**

<http://www.enersac.com/energia-solar-faq-que-se-entiende-por-potencia-pico-de-un-panel-fotovoltaico.php>

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA: COMPORTAMIENTO DE VARIABLES ELÉCTRICAS DEL PANEL SOLAR A DIFERENTES RADIACIONES SIN CARGA.**

**OBJETIVOS:**

Adquirir datos de voltaje y corriente a diferentes escalas de radiación para la obtención de curvas de radiación (I-V-P) mediante la ejecución del software labview.

**CONTENIDO CIENTÍFICO**

**Intensidad de choque o impulso.-** Es la intensidad inicial de cortocircuito en el momento inicial de producirse una falla como un cortocircuito y que debe tenerse en cuenta para determinar los esfuerzos dinámicos que deben soportar en general los conductores, máquinas y equipos eléctricos antes de que sobrevengan los esfuerzos térmicos.

**MATERIALES:**

- Panel solar
- Lámpara de 500 W
- Voltímetro
- Amperímetro
- Cables de conexión
- Inversor
- Regulador de carga
- Batería

**PROCEDIMIENTO**

- Verificar que todos los selectores estén en modo apagado.
- Conectar la tarjeta de adquisición de datos al PC.
- Revisar la conexión del cableado del panel, regulador y entradas y salidas de la tarjeta de adquisición de datos.
- Encender las lámparas Halógeno.
- Ejecutar el software labview.
- Medir la radiación generada por la lámpara.
- Realizar mediciones de corriente y voltaje en la salida del regulador de voltaje.
- Registrar los valores obtenidos de voltaje corriente y radiación solar.
- Una vez realizado cada uno de los pasos anteriores se podrá apreciar la curva de corriente y voltaje automáticamente.
- Realizar mediciones sin ejecución de radiación.
- Al finalizar la practica tener en cuenta que primero apagamos los selectores de panel solar, batería y carga para evitar posibles daños en la tarjeta de adquisición de datos.

**ESQUEMA DE CONEXIÓN**



<b>PRUEBAS FOTOVOLTAICAS</b>	<b>PRÁCTICA N.- 6</b>	<b>3 de 3</b>
----------------------------------	-----------------------	---------------

**CUESTIONARIO**

¿Las células fotovoltaicas vienen conectadas en serie o paralelo o ambas?

¿Cuáles son los parámetros del panel cuando no existe radiación solar?

**CONCLUSIONES**

.....  
 .....  
 .....

**RECOMENDACIONES**

.....  
 .....  
 .....

**BIBLIOGRAFÍA**

<http://www.jlouzan.freeservers.com/>

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**TEMA: COMPORTAMIENTO DEL PANEL SOLAR CON SOMBRA**

**OBJETIVOS:**

Adquirir datos de voltaje y corriente con una radiación constante y con sombra sobre una célula solar y adquirir las curvas de radiación (I-V) mediante la ejecución del software labview.

**CONTENIDO CIENTÍFICO**

**Intensidad térmica** El momento de producirse un cortocircuito sobrevienen valores de corriente elevados generalmente, tanto la intensidad térmica de cortocircuito suelen expresar en KA.

**MATERIALES:**

- Panel solar
- Lámparas
- Voltímetro
- Amperímetro
- Cables de conexión
- Inversor
- Regulador de carga
- Batería
- Carga

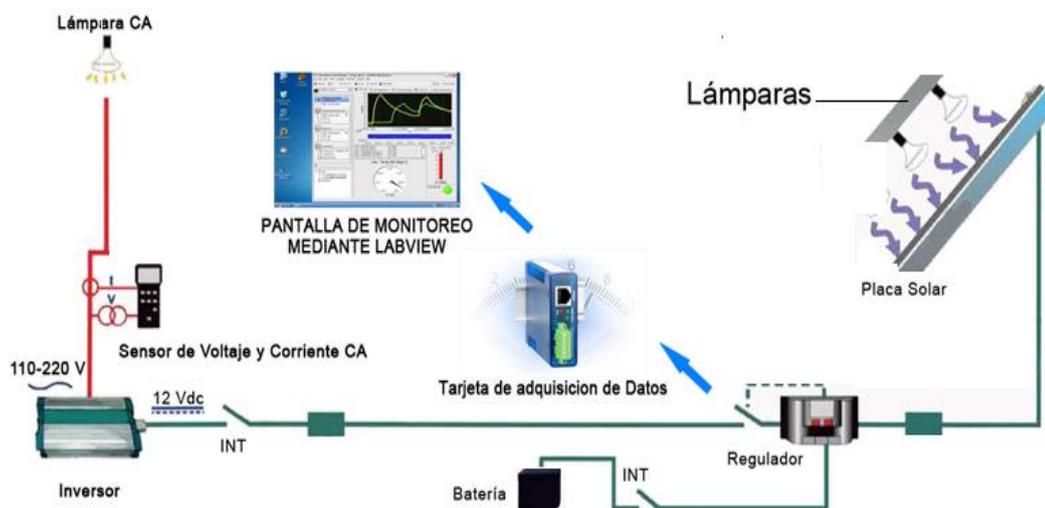
**EQUIPOS:**

- Software labview.
- PC.

**PROCEDIMIENTO**

- Verificar que todos los selectores estén en modo apagado.
- Conectar la tarjeta de adquisición de datos al PC.
- Realizar la conexión del cableado del panel hacia el regulador de carga, batería, inversor de voltaje y focos en DC y AC respectivamente.
- Encender las lámparas de radiación.
- Ejecutar el software labview.
- Crear una sombra sobre una célula del panel.
- Medir la radiación generada por las lámparas con y sin el efecto de sombra
- Realizar mediciones de corriente y voltaje en la salida del inversor de voltaje.
- Revisar los valores obtenidos por la tarjeta de adquisición de datos en el software
- Apreciar la curva de generación eléctrica.
- Realizar una analogía y verificar la factibilidad de implementación de sistemas fotovoltaicos en zonas alejadas.
- Al finalizar la practica tener en cuenta que primero apagamos los selectores de panel solar, batería y carga para evitar posibles daños en la tarjeta de adquisición de datos.

**ESQUEMA DE CONEXIÓN**



<b>PRUEBAS FOTOVOLTAICAS</b>	<b>PRACTICA N.- 7</b>	<b>3 de 3</b>
----------------------------------	-----------------------	---------------

**CUESTIONARIO**

- ¿Cuál es el promedio de vida útil de un panel solar?
- ¿Cuál es la diferencia entre energía solar termina y energía solar fotovoltaica?
- ¿Afecta la sombra reflejada sobre el panel solar?

**CONCLUSIONES**

.....  
 .....  
 .....

**RECOMENDACIONES**

.....  
 .....  
 .....

**BIBLIOGRAFÍA**

<http://www.jlouzan.freeservers.com/>

# **ANEXOS**

**ANEXO A**  
**ENCUESTAS**

**La encuesta, se aplicará a estudiantes y profesores de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la U.T.C.**

**ENCUESTA**

Esta encuesta fue diseñada para evaluar: si al implementar un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación: aportaremos al avance tecnológico de la Universidad Técnica de Cotopaxi y por ende la Carrera de Electromecánica.

**Ocupación:** \_\_\_\_\_

Marque con una X en el casillero que usted considere adecuado.

Nº	PREGUNTA	SI	NO
1.	¿Ha escuchado sobre energías alternativas y su importancia en nuestro medio?		
2.	¿Sabe cómo funciona un sistema fotovoltaico?		
3.	¿Le gustaría conocer más acerca de la generación de energía de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía solar?		
4.	¿Considera que la intensidad de radiación solar en nuestro medio es lo suficiente para alimentar un panel solar?		
5.	¿Al implementar en el laboratorio de electromecánica un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación: se podrá conocer mejor el uso e importancia de esta energía alternativa?		
6.	¿Conoce el funcionamiento y beneficios de labview?		
7.	¿Conoce el funcionamiento de la tarjeta de adquisición de datos?		
8.	¿Le gustaría obtener un análisis de curvas de generación en el laboratorio mediante una tarjeta de adquisición de datos y visualizarlos en la pantalla de un computador mediante labview?		
9.	¿Al incluir en el laboratorio de electromecánica un banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación: aportará al avance tecnológico de la Universidad?		
10.	¿Considera que el banco de pruebas de energía solar fotovoltaica para análisis de curvas de eficiencia de generación es una fuente didáctica para desarrollar prácticas de laboratorio?		

**Fuente:** Grupo Investigador  
**¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!**

**ANEXO B**

**PLANOS**

# **ANEXO B1**

# **PLANO ELÉCTRICO**

**ANEXO B2**

**PLANO DEL**

**BANCO DE**

**PRUEBAS**

**ANEXO C**

**MANUAL DE  
MANTENIMIENTO**

<b>ANEXO C</b>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>1 DE 1</b>
<p style="text-align: center;"><b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Realizar la limpieza y el mantenimiento cerciorándose que el banco de pruebas esté desenergizado.</li><li>✓ Revisar que no estén averiados los cables de energía y comunicación.</li><li>✓ Revisar que estén conectados correctamente los cables de energía y comunicación de acuerdo al esquema eléctrico.</li><li>✓ Probar que el panel esté entregando energía con la potencia que se describe en el data sheet. El panel tiene una duración de vida útil de 25 años a partir del 10 de diciembre del 2015.</li><li>✓ Probar que la batería entregue la potencia que describe su data sheet.</li><li>✓ Si el indicador del regulador de voltaje se encuentra en modo error hay que dejar que la batería se recargue hasta que esté en modo run. La batería tiene una duración de vida útil de 5 años a partir del 10 de diciembre del 2015.</li><li>✓ Hacer limpieza y mantenimiento preventivo al banco de pruebas al menos una vez semestral ayudando así a una mejor conservación.</li><li>✓ Situar el banco de pruebas en un lugar fresco y seco libre de polvos.</li><li>✓ Manipular los elementos que conforman el banco de pruebas de la manera ordenada descrita en cada práctica.</li><li>✓ Inspeccionar el estado que se encuentran los dispositivos (batería, panel, tarjeta Arduino acondicionador) a menudo que se vayan realizando las prácticas.</li><li>✓ Si se encuentra con alguna anomalía en algún dispositivo verificarlo y de ser necesario realizarle la acción correctiva utilizando las herramientas adecuadas.</li></ul>		

**ANEXO D**

**DATOS TÉCNICOS**

## DATOS TÉCNICOS DE ELEMENTOS EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

### DATOS TÉCNICOS DEL PANEL

# TECHNICAL DATA SHEET

## SM536-85、SM536-90、SM536-95

### Technical Data

Type	SM536-85, SM536-90、SM536-95
Type of Solar Cell	Mono-crystalline, 125mm×125mm
Number of Cells	36 pcs
Size of module	1200×540×35mm ( 125×125mm cell)
Module, Weight	8 kg
Connector / Cross-Section	Cixi Renhe, TOP
Cables, Length (+/-)	Customizable
Front Cover Glass	Safety Glass
Front Cover Glass, Thickness	3.2 mm
Frame	Anodized Aluminium

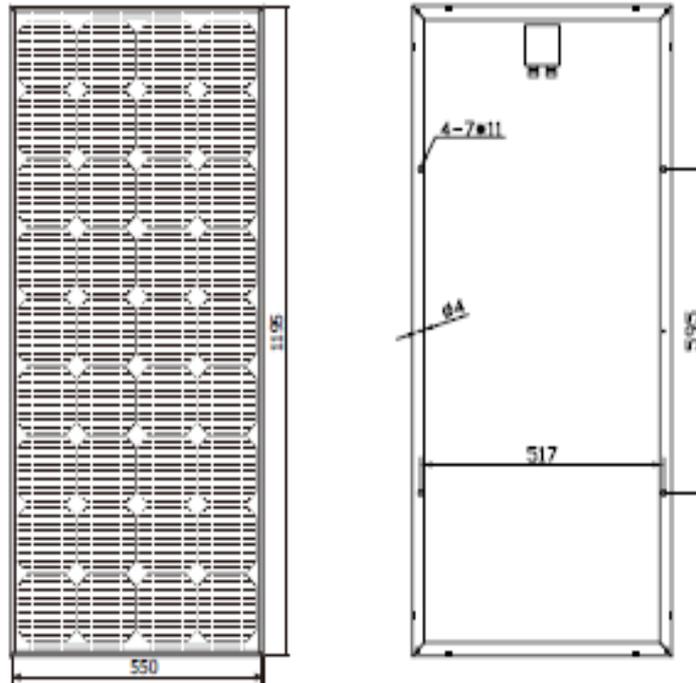
### Electrical Data

Maximum Power	$P_{MPP\ STC}$	85 W	90 W	95 W
Power Tolerance	$\Delta_{\ STC}$	± 2%	± 2%	± 2%
Maximum Power Voltage	$U_{MPP\ STC}$	17.4 V	17.6 V	17.8 V
Maximum Power Current	$I_{MPP\ STC}$	4.89 A	5.11 A	5.33 A
Open Circuit Voltage	$U_{OC\ STC}$	21.6 V	21.8 V	22.2 V
Short Circuit Current	$I_{SC\ STC}$	5.25 A	5.51 A	5.79 A
Cell Efficiency	$\eta_{\ STC}$	15.9%	16.8%	17.8%
Maximum System Voltage	$U_{DC}$	700 V	700 V	700 V

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>; Spectrum AM 1,5; Cell Temperature 25°C, Wind 0 m/s

## DATOS TÉCNICOS DE ELEMENTOS EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

### DATOS TÉCNICOS DEL PANEL



#### Temperature Coefficients

Power Coefficient	$\alpha_k (P_{MPP})$	- 0.45 %/K
Voltage Coefficient	$\beta_k (U_{OC})$	- 0.35 %/K
Current Coefficient	$\varphi_k (I_{SC})$	0.065 ± 0.015 %/K

#### Power Warranty

10 years performance warranty to 90 %

25 years performance warranty to 80 %

5 years warranty against production and material defects

#### Certifications

IEC 61215, IEC 61730 ,TUV, CE, ISO9001:2000

## DATOS TÉCNICOS DEL REGULADOR

### TECHNICAL INFORMATION

#### RATINGS: (ALL 12 VOLT)

SHS-6	100 WATTS OR 6 AMPS FOR SOLAR AND LOAD
SHS-10	170 WATTS OR 10 AMPS FOR SOLAR AND LOAD
SHS NIGHT LIGHT-6	100 WATTS OR 6 AMPS FOR SOLAR AND LIGHT
SHS NIGHT LIGHT-10	170 WATTS OR 10 AMPS FOR SOLAR AND LIGHT

• Regulation Point	14.3 Volts	• Terminals	For wire sizes to 4 mm <sup>2</sup>
• Low voltage Disconnect	11.5 Volts	• Dimensions	15.1 x 6.6 x 3.6 cm
• Low voltage Reconnect	12.6 Volts	• Weight	113 g
• Type of Charging	Series PWM 4 Stage: Bulk, PWM, Boost and Float Temperature compensated charging	• Self-consumption	8 mA maximum
• Electronic Protections	Short circuit and overcurrent — solar and load Reverse polarity — solar, load, battery Reverse current at night High voltage — load Lightning — solar, load, battery	• Temperature	-25°C to +50°C
• Tropicalization	Circuit Board — conformal coated Terminals — corrosion protected	• Humidity	100% non-condensing
• LED Indications	Green charging Green-Yellow-Red battery levels Red low voltage warning and disconnect All 3 LEDs blink — to show mistakes	• Enclosure	IP 22
		• Compliance	CE, World Bank

## DATOS TÉCNICOS DE BATERÍA.

**Specifications:**

BM Part#:	SLA-12V7-F1
Voltage:	12 Volt
Capacity:	7 Ah
Type:	Sealed Lead Acid Battery
Warranty:	1 Year
Shipping Weight:	7.00 Pounds
Length:	5.95"
Width:	2.56"
Height:	3.71"

**Features:**

- F1 Terminals (3/16" wide)
- Rechargeable, recyclable, and no memory effect.
- Sealed, maintenance free with a long service life. Built to last in the roughest situations.
- AGM Design (Absorbed Glass Mat)
- 1 Year Warranty

## **DATOS TÉCNICOS DEL INVERSOR**

### **ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS:**

**Potencia Máxima:** 600 Watts

**Potencia Máxima de Arranque:** 1200 Watts - 0,3 seg.

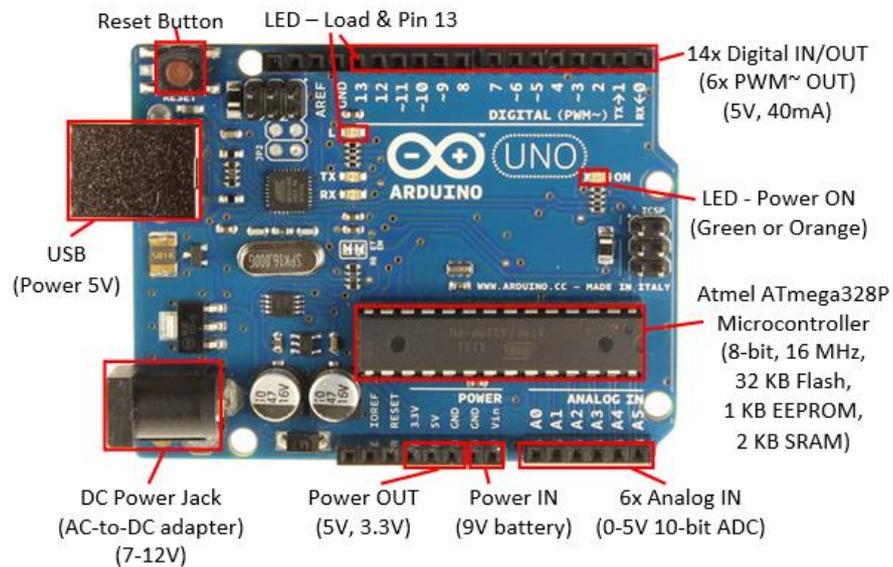
**Rango del Voltaje de Entrada:** 9,8 VDC - 16,5 VDC

**Voltaje d Salida:** 120 Vac +/- 10% / 60Hz

**Instalación:** Batería del Vehículo

## DATOS TÉCNICOS DE ARDUINO UNO

Microcontrolador	Atmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7 – 12V
Voltaje de entrada (Límite)	6 – 20V
Pines para entrada- salida digital.	14 (6 pueden usarse como salida de PWM)
Pines de entrada analógica.	6
Corriente continua por pin IO	40 mA
Corriente continua en el pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz



## DATOS TÉCNICOS DE LA LÁMPARA

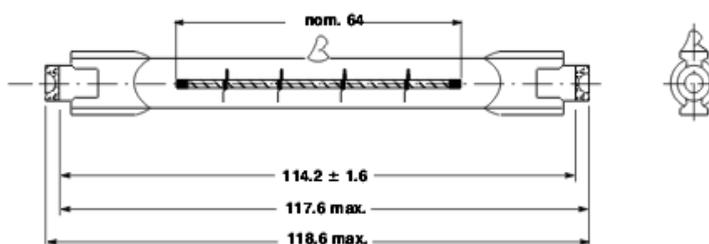
### SA 122 500W Wall Mounted Halogen Floodlight

#### Features:

- ◆ 500W high lighting load capacity
- ◆ Suitable for indoor & outdoor applications

#### Specification

AC Voltage	AC 220-240V/ 50Hz
Lighting Load	Max. 500W
Swiveling Angle	90° Vertical
Mounting Height	1.8-2.0m (5.9-6.6ft) Wall Mount
Operating Temperature	-20°C~40°C
Protection Class	Class I
Protection Degree	IP44
Safety	CE, GS



Cap : R7s (EC 61-1 - 7004-92-2)

ELECTRICAL DATA:	NOMINAL VALUE	MIN.	MAX.
Lamp rated wattage (W) :			
Lamp operating voltage (V) :	120		

#### OPERATING CONDITIONS:

Burning position :	hor. p15		
Pinch temperature (°C) :	-	-	350
Bulb wall temperature (°C) :	-	250	-
Switching cycle :	23 hrs ON, 1 hr OFF		

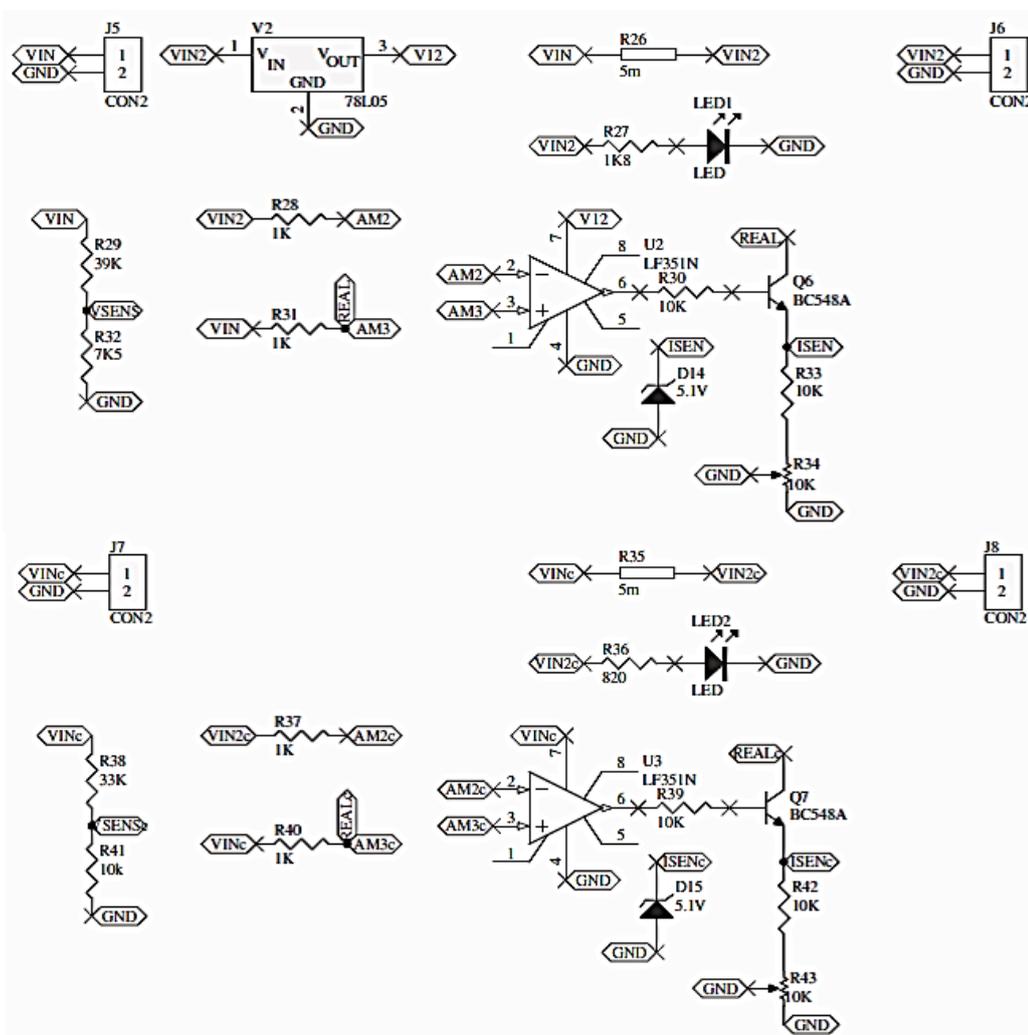
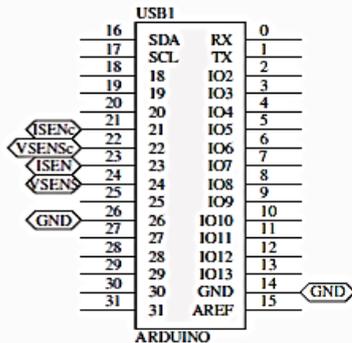
#### LAMP LIFE :

Average life (50% failure rate)(hr) :	2000
---------------------------------------	------

#### PHOTOMETRIC DATA :

TYPE DESCRIPTION	WATTAGE (W)	LUMINOUS FLUX	COLOUR TEMPERATURE (K)	ILCOS CODE	ENERGY CLASS
120V	300	5000	2900	HDG-300-120-R7s-117.6	E
	500	10000	2900	HDG-500-120-R7s-117.6	D

Esquema de tarjeta Arduino y de acondicionamiento



**ANEXO E**  
**PROGRAMACIÓN**  
**ARDUINO**

```

/*****
*****
**
**
** LVFA_Firmware - Provides Functions For Interfacing With
The Arduino Uno
**
** Written By:    Sam Kristoff - National Instruments
** Written On:    November 2010
** Last Updated:  Dec 2011 - Kevin Fort - National
Instruments
**
** This File May Be Modified And Re-Distributed Freely.
Original File Content
** Written By Sam Kristoff And Available At
www.ni.com/arduino.
**

*****/

/*****
*****
** Define Constants
**
** Define directives providing meaningful names for constant
values.
*****/

#define FIRMWARE_MAJOR 02
#define FIRMWARE_MINOR 00
#if defined(__AVR_ATmega1280__) || defined(__AVR_ATmega2560__)
#define DEFAULTBAUDRATE 9600 // Defines The Default Serial
Baud Rate (This must match the baud rate specifid in LabVIEW)
#else
#define DEFAULTBAUDRATE 115200
#endif
#define MODE_DEFAULT 0 // Defines Arduino Modes
(Currently Not Used)

```

```
#define COMMANDLENGTH 15          // Defines The Number Of
Bytes In A Single LabVIEW Command (This must match the packet
size specifid in LabVIEW)
#define STEPPER_SUPPORT 1         // Defines Whether The
Stepper Library Is Included - Comment This Line To Exclude
Stepper Support

// Declare Variables
unsigned char currentCommand[COMMANDLENGTH]; // The
Current Command For The Arduino To Process
//Globals for continuous aquisition
unsigned char acqMode;
unsigned char contAcqPin;
float contAcqSpeed;
float acquisitionPeriod;
float iterationsFlt;
int iterations;
float delayTime;

/*****
*****
**  syncLV
**
**  Synchronizes with LabVIEW and sends info about the board
and firmware (Unimplemented)
**
**  Input:  None
**  Output: None
*****
*****/
void syncLV();

/*****
*****
**  setMode
**
**  Sets the mode of the Arduino (Reserved For Future Use)
**
**  Input:  Int - Mode
```

```
** Output: None
*****
*****/
void setMode(int mode);

/*****
*****
** checkForCommand
**
** Checks for new commands from LabVIEW and processes them
if any exists.
**
** Input: None
** Output: 1 - Command received and processed
**         0 - No new command
*****
*****/
int checkForCommand(void);

/*****
*****
** processCommand
**
** Processes a given command
**
** Input: command of COMMANDLENGTH bytes
** Output: 1 - Command received and processed
**         0 - No new command
*****
*****/
void processCommand(unsigned char command[]);

/*****
*****
** writeDigitalPort
**
** Write values to DIO pins 0 - 13. Pins must first be
configured as outputs.
**
** Input: Command containing digital port data
** Output: None
```

```
*****
*****/
void writeDigitalPort(unsigned char command[]);

/*****
*****
**  analogReadPort
**
**  Reads all 6 analog input ports, builds 8 byte packet,
send via RS232.
**
**  Input:  None
**  Output: None
*****
*****/
void analogReadPort();

/*****
*****
**  sevenSegment_Config
**
**  Configure digital I/O pins to use for seven segment
display.  Pins are stored in sevenSegmentPins array.
**
**  Input:  Pins to use for seven segment LED [A, B, C, D, E,
F, G, DP]
**  Output: None
*****
*****/
void sevenSegment_Config(unsigned char command[]);

/*****
*****
**  sevenSegment_Write
**
**  Write values to sevenSegment display.  Must first use
sevenSegment_Configure
**
**  Input:  Eight values to write to seven segment display
**  Output: None
*****
*****
```

```
*****/  
void sevenSegment_Write(unsigned char command[]);  
  
/*****  
*****  
** spi_setClockDivider  
**  
** Set the SPI Clock Divisor  
**  
** Input: SPI Clock Divider 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128  
** Output: None  
*****  
*****/  
void spi_setClockDivider(unsigned char divider);  
  
/*****  
*****  
** spi_sendReceive  
**  
** Sens / Receive SPI Data  
**  
** Input: Command Packet  
** Output: None (This command sends one serial byte back to  
LV for each data byte.  
*****  
*****/  
void spi_sendReceive(unsigned char command[]);  
  
/*****  
*****  
** checksum_Compute  
**  
** Compute Packet Checksum  
**  
** Input: Command Packet  
** Output: Char Checksum Value  
*****  
*****/  
unsigned char checksum_Compute(unsigned char command[]);  
  
/*****
```

```
*****
** checksum_Test
**
** Compute Packet Checksum And Test Against Included Checksum
**
** Input: Command Packet
** Output: 0 If Checksums Are Equal, Else 1
*****
*****/
int checksum_Test(unsigned char command[]);

/*****
*****
** AccelStepper_Write
**
** Parse command packet and write speed, direction, and
number of steps to travel
**
** Input: Command Packet
** Output: None
*****
*****/
void AccelStepper_Write(unsigned char command[]);
/*****
*****
** SampleContinuosly
**
** Returns several analog input points at once.
**
** Input: void
** Output: void
*****
*****/
voidsampleContinuously(void);

/*****
*****
** finiteAcquisition
**
** Returns the number of samples specified at the rate
specified.
```

```

**
** Input: pin to sampe on, speed to sample at, number of
samples
** Output: void
*****
*****/
void finiteAcquisition(int analogPin, float acquisitionSpeed,
int numberOfSamples );
/*****
*****
** lcd_print
**
** Prints Data to the LCD With The Given Base
**
** Input: Command Packet
** Output: None
*****
*****/
void lcd_print(unsigned char command[]);

```

# **ANEXO F**

## **ÍCONOS DE PROGRAMACIÓN UTILIZADOS**



**Puerto visa:** (Virtual Instrument Software Architecture) Sirve para indicar el Puerto serial que se va a utilizar. Este puerto se designa por default.



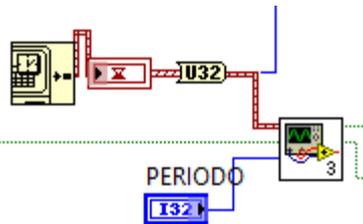
**Init Arduino:** Sirve para intercomunicar el puerto serial asignado en el caso del presente proyecto es el COM 6.



**Analog read port:** Encargado de decodificar los valores de entradas analógicas



**Acondicionador:** Este icono se encarga de acondicionar las señales que intervienen en el proceso.



**Get data:** Proceso para el indicador de tiempo en el programa.



**Bundle:** Agrupa datos del tiempo y el acondicionamiento. Encargado de hacer unísona la señal



**Save:** Guarda datos de las señales ingresadas.

Send  
caso de



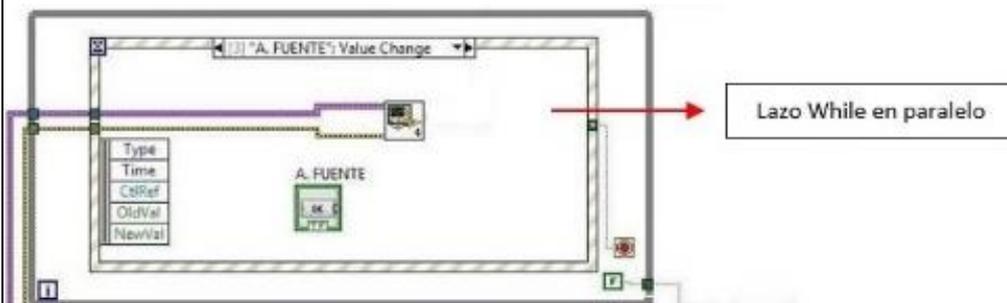
**notification:** Envía notificaciones visuales al programa en obtenerse un dato erróneo



**Release Notifer:** Ícono encargado obtener una referencia de señal varias veces.



**Close:** Sirve para cerrar el lazo o ciclo while utilizado en el presente proyecto.



**Lazo while en paralelo:** Permite dividir las señales de corriente y voltaje que está decodificando en diferentes ventanas, encargándose de compartir datos entre iteraciones subsecuentes del ciclo utilizado.

**ANEXO G**

**SEÑALÉTICAS DEL  
TALLER**

**SEÑALÉTICAS.**

Tomar en cuenta las señales de prevención de riesgos y accidentes que se encuentran en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica, teniendo en consideración a los peligros que nos exponemos en caso de no respetarlos.

Las principales señales que encontramos y que debemos tomar muy en cuenta son:

Es una señal de advertencia la cual nos indica que nos exponemos en un área de alto voltaje.



El uso de mandil es necesario y muy importante para el ingreso al Laboratorio.



Está prohibido el ingreso con alimentos y bebidas, esto puede molestar y distraer en momentos de realizar las prácticas.



Está prohibido que los celulares estén encendidos, ya que emite un campo magnético y es peligroso ya que se trabaja con altos voltajes.



Esta una señal de atrapamiento y está prohibido arrimarse a las maquinas que ejerzan fuerzas y produzcan cortes.

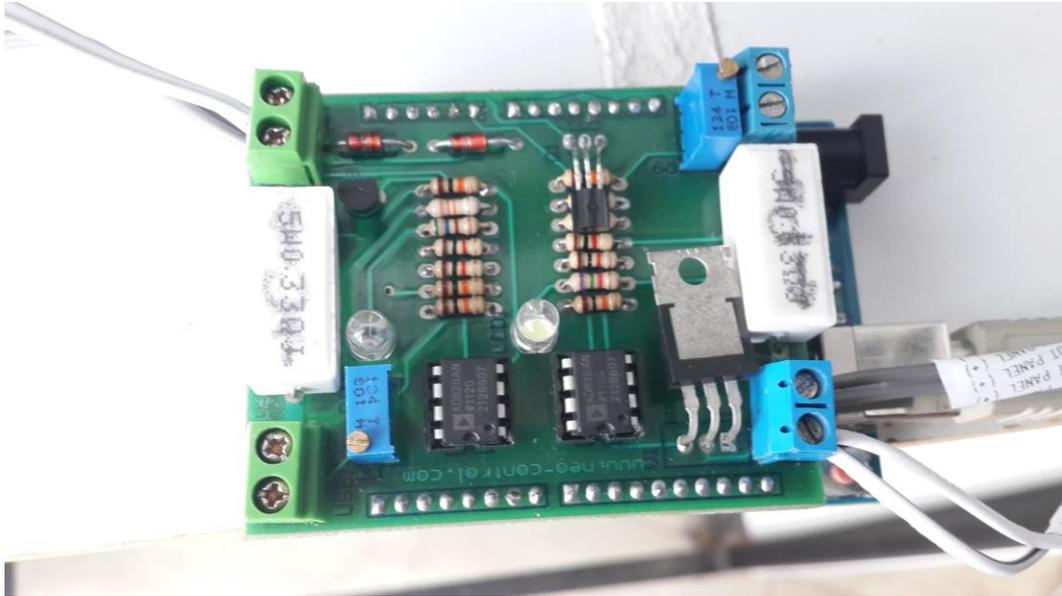


Está prohibido jugar en los Laboratorios ya que pueden provocar accidentes.

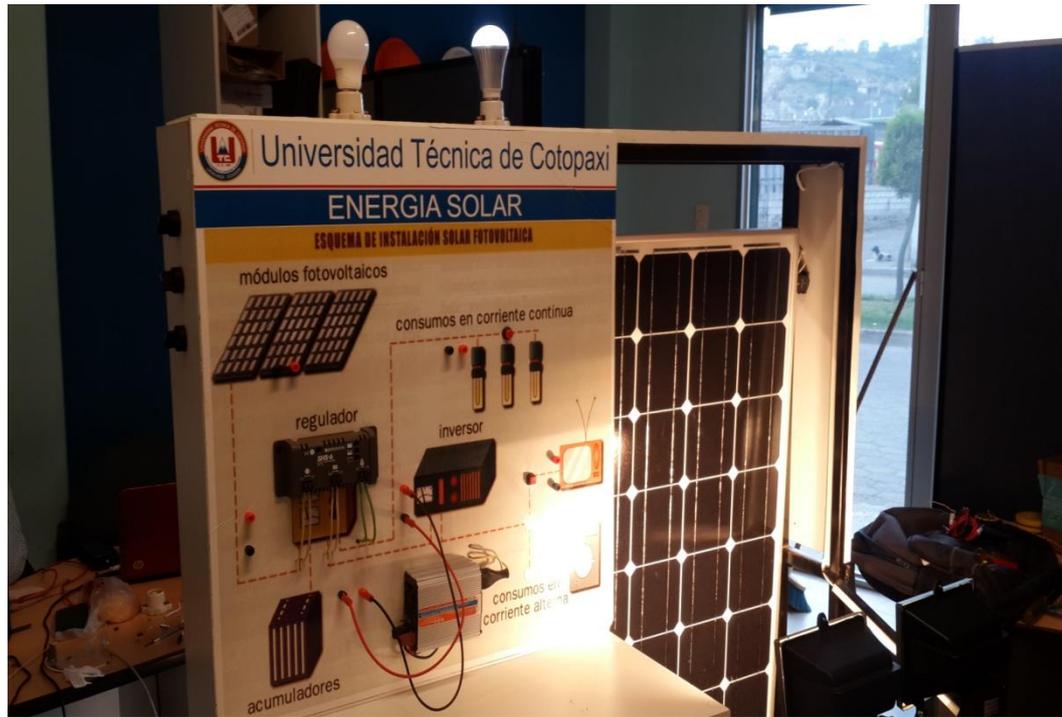


**ANEXO H**  
**FOTOGRAFÍAS DEL**  
**BANCO DE PRUEBAS**  
**FOTOVOLTAICO.**

CONEXIÓN DE TARJETA ARDUINO



PRUEBAS DE GENERACIÓN



## PRUEBAS EN DC Y AC



## PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL REGULADOR

