



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE  
GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA EL LABORATORIO E  
INVERNADERO DE GRANOS ANDINOS EN EL CAMPUS SALACHE”**

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniería Eléctrica en Sistemas

Eléctricos de Potencia

**Autor:**

Rueda Cervantes Andrés Fernando.

**Tutor:**

Msc. Jimmy Toaza.

Latacunga – Ecuador

2020

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Rueda Cervantes Andrés Fernando, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA EL LABORATORIO E INVERNADERO DE GRANOS ANDINOS EN EL CAMPUS SALACHE”**, siendo el Msc. Jimmy Toaza tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



---

**Rueda Cervantes Andrés Fernando**

**CC: 1600508749**

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA**

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

**“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA EL LABORATORIO E INVERNADERO DE GRANOS ANDINOS EN EL CAMPUS SALACHE”**, del señor Rueda Cervantes Andrés Fernando, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero, 2020.

El Tutor



Msc. Jimmy Toaza.

**171762106-2**

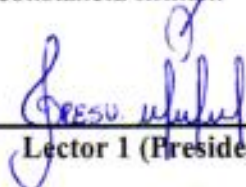
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas por cuanto, el o los postulantes: Rueda Cervantes Andrés Fernando con el título de Proyecto de titulación: **REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA EL LABORATORIO E INVERNADERO DE GRANOS ANDINOS EN EL CAMPUS SALACHE**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, febrero, 2020

Para constancia firman:

  
Lector 1 (Presidente)

Msc. Rommel Suárez Vinueza

CC: 180416535-3

  
Lector 2

Msc. Jessica Castillo

CC: 060459021-6

  
Lector 3

Msc. Marco León Segovia

CC: 050230540-2

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Jah por darme la fortaleza necesaria para cumplir y culminar con este objetivo tan anhelado que es una etapa fundamental de mi vida. A mis padres, hermanas, mi suegra, mi querida esposa y mi amado hijo y toda mi familia por brindarme su apoyo incondicional tanto emocional y económicamente.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas a la cátedra del conocimiento y por ende obtener mi título profesional.

Un agradecimiento extensivo y especial para el PhD. Secundino Marrero Ramírez y el Msc. Jimmy Toaza Iza que con su vasta experiencia y conocimiento fueron un guía fundamental de mucha importancia para la culminación de este tema de Propuesta Tecnológica.

A mis docentes que durante el transcurso de mi carrera han inculcado valiosos conocimientos que a lo largo de mi vida profesional serán de gran utilidad que servirán como guía para desempeñarme en el campo laboral.

**Rueda Cervantes Andrés**

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro de manera especial a la vida.

A mi padre Rueda Parra Milton que con sus consejos sabios y objetivos supo guiarme para no decaer en la culminación de objetivo trazado TE AMO PAPITO.

A mi madre Cervantes Villarroel Rita por su inmensa paciencia, dedicación, comprensión y apoyo fundamental en los momentos más difíciles en cual supo darme las palabras necesarias para no rendirme en etapa de mi vida TE AMO MAMITA.

A mi Jobyto Melina Peralta, mi Amado Jacke mis hermanas que han estado siempre pendientes de mí, dándome apoyo y ánimo todos los días, así demostrando un cariño infinito hacia mí.

**Rueda Cervantes Andrés.**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iii
DEDICATORIA .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.2 ÁREA DEL CONOCIMIENTO: .....	2
2.3 SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	3
2.3.1 Objeto de estudio .....	4
2.3.2 Campo de acción.....	4
2.4 Situación problemica y problema.....	4
2.4.1 Situación problémica .....	4
2.4.2 Problema.....	4
2.5 HIPÓTESIS.....	5
2.6 OBJETIVOS .....	5
2.6.1 Objetivo General.....	5
2.6.2 Objetivos Específicos .....	5
2.7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS .....	5
3. MARCO TEÓRICO.....	8

3.1	La radiación Solar .....	8
3.2	Radiación Solar Directa, Difusa y Global .....	9
3.3	Medición de la Radiación Solar .....	10
3.4	La energía Solar Fotovoltaica.....	10
3.5	Insidencia Fotovoltaica en Ecuador.....	11
3.6	Generación Fotovoltaica.....	11
3.6.1	Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la red eléctrica.....	11
3.7	Elementos del Sistema Fotovoltaicos .....	12
3.7.1	Paneles Solares. ....	12
3.7.2	La celda fotovoltaica.....	12
3.7.2.1	Estructura de una celda fotovoltaica. ....	13
3.7.2.2	Funcionamiento de la celda Fotovoltaica. ....	13
3.7.3	Tipos de células Fotovoltaicas. ....	14
3.7.3.1	Estructura de silicio mono-cristalina. ....	14
3.7.3.2	Estructura de silicio poli-cristalino. ....	14
3.7.3.3	Estructura de silicio amorfa. ....	14
3.7.3.4	Estructura de un Módulo Fotovoltaico. ....	15
3.8	Partes del Módulo Fotovoltaico.....	15
3.9	Inclinación de los módulos Fotovoltaicos. ....	16
3.9.1	Curva Corriente-Voltaje de la Celda Solar. ....	17
3.9.1.1	Intensidad de corto circuito ( $I_{cc}$ ).....	17
3.9.1.2	Tensión de Circuito Abierto ( $V_{ca}$ ).....	17
3.9.1.3	Potencia Pico ( $W_p$ ).....	17
3.9.1.4	Factor de Forma (FF).....	17
3.9.2	Eficiencia de los Módulos Fotovoltaicos .....	17
3.10	Banco de Baterías.....	18



3.11	Baterías.....	19
3.11.1	Parámetros eléctricos de las baterías.....	19
3.11.1.1	Capacidad de almacenamiento de energía.....	19
3.11.1.2	Régimen de carga y descarga:.....	19
3.11.1.3	Máxima corriente de descarga:.....	20
3.11.1.4	Profundidad de descarga.....	20
3.11.1.5	Voltaje de Corte.....	20
3.11.1.6	Estado de Carga.....	20
3.11.1.7	Ciclos de Vida.....	20
3.11.1.8	Vida Útil.....	20
3.11.1.9	Rendimiento.....	20
3.11.1.11	Rendimiento Energético (Wh).....	20
3.11.2	Tipos de Baterías para aplicaciones Fotovoltaicas Especificaciones Precio-Mantenimiento.....	21
3.11.3	Proceso de Descarga.....	21
3.11.4	Proceso de Carga.....	22
3.11.5	Capacidad de las Baterías.....	22
3.11.6	Facilidad de Instalación y Operación.....	23
3.12	Subsistema de Regulación.....	23
3.13	El Inversor o Convertidor de CC/CA.....	25
3.14	Guía básica dimensionamiento sistemas solares.....	27
3.14.1	Método del amperio-hora.....	27
3.14.2	Conexión del banco de baterías.....	28
3.15	¿Qué es la transferencia automática de energía?.....	33
3.15.1	Partes del Sistema de Transferencia Automática.....	34
3.15.2	Interruptor de Transferencia.....	34
3.15.3	Mecanismo de Enclavamiento.....	34

3.16	Clasificación de los sistemas de transferencia.....	35
3.16.1	Por tipo de Accionamiento .....	36
3.16.2	Por la Naturaleza del Interruptor de Transferencia .....	37
3.16.3	Interruptor de cuchilla .....	37
3.17	Tablero de transferencia Automática .....	39
3.18	Módulo de Transferencia Automática GAEYAELE W2R-3P Din Rail Mounted Automatic Transfer Switch Three Phase ATS 100A Power Transfer Switch (W2R 3P 100A) .....	40
3.19	Características Técnicas del Módulo de Transferencia Automática GAEYAELE W2R-3P Din Rail Mounted Automatic Transfer Switch Three Phase ATS 100A Power Transfer Switch (W2R 3P 100A).....	41
4	METODOLOGÍA.....	41
4.15	Tipos De Investigacion.....	42
4.15.1	Investigación de campo .....	42
4.15.2	La investigación bibliográfica.....	42
4.15.3	La investigación descriptiva .....	43
4.16	Métodos De Investigación .....	43
4.16.1	El método inductivo o inductivismo.....	43
4.16.2	El método deductivo.....	43
4.16.3	El método analítico.....	44
4.17	Técnicas .....	44
4.17.1	La observación. ....	44
4.17.2	El diálogo con el trabajador, o la entrevista.....	44
5	DISEÑO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	45
5.1	Descripción del sistema fotovoltaico existente.....	45
5.2	Incidencia de la transferencia manual al sistema implementado .....	49
5.2.1	Sistema de control PLC/SCADA.....	49

5.2.2	Sistema de bombeo y sensores de control del invernadero .....	50
5.2.3	Cargas especiales seleccionadas del laboratorio .....	51
5.3	Análisis de la carga instalada .....	51
5.3.1	Determinación de la demanda por medio de levantamiento de datos .....	51
5.3.2	Determinacion de la energia del sistema con analizador de carga.....	52
5.3.3	Valoración de datos obtenidos del analizador de calidad de energia. ....	53
5.3.4	Análisis de potencia máxima del sistema.....	53
5.3.5	Análisis de picos de corriente .....	54
5.3.6	Resultados de demanda obtenida .....	55
	Dimensionamiento de la demanda instalada .....	55
5.3.7	Selección de equipos de mayor importancia a energizar. ....	55
5.3.8	Energía consumida por el sistema en kwh/dia .....	56
5.4	Reconfiguración y automatización del sistema fotovoltaico.....	57
5.4.1	Determinación de la capacidad de acumulación .....	57
5.4.2	Incremento de capacidad de generacion solar.....	58
5.4.3	Determinación de paneles fotovoltaicos .....	58
5.4.4	Irradiación horizontal diaria para Salache.....	58
5.4.5	Irradiación Horizontal Extraterrestre.....	59
5.4.6	El valor de la radiación solar en Salache.....	60
5.4.7	Incidencia de incremento de paneles solares.....	61
5.4.8	Configuración serie .....	61
5.4.9	Especificaciones del Regulador de carga .....	61
5.4.10	Especificaciones del inversor: .....	62
5.4.11	Implementacion de sistema de transferencia automática .....	64
5.4.12	Tipo de sistema de transferencia automático a utilizar.....	64
5.4.13	Dimensionamiento del interruptor de transferencia automática.....	67

5.4.13.1	Componentes secundarios de la transferencia automática .....	67
5.4.13.2	Diagramas De Conexión Interruptor De Transfrenca Automática. ....	73
5.4.13.3	Diagramas De Conexión Interruptor De Transfrenca Automática .....	73
5.4.14	Dimensionamiento De Conductores .....	74
5.4.15	Calibre de Conductores en función de la caída de tensión.....	74
5.4.16	Cálculo de la Sección Transversal del Conductor.....	75
5.4.17	Cálculo de Caídas de Tensión y Pérdidas .....	76
5.4.20	Dimensionamiento de las Protecciones.....	77
5.4.21	Cálculo del fusible de protección.....	77
5.5	Conexión e implementación de los Equipos .....	78
5.5.1	Ubicación de los Paneles Solares .....	78
5.5.2	Arreglo Fotovoltaico .....	78
5.5.3	Conexión del Regulador de Carga y el Banco de Paneles Solares.....	78
5.5.4	Conexión del Banco de Baterías .....	79
5.6	Funcionamiento Del Sistema De Generacion Fotovoltaico (Hibrido) .....	80
6	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	81
6.1	Impacto ambiental.....	81
6.2	Impacto económico .....	81
6.3	Inversión real del proyecto.....	82
6.4	Análisis de la inversión y recuperación.....	84
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
7.1	Conclusiones .....	85
7.2	Recomendaciones.....	86
8	BIBLIOGRAFÍA.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Radiación Solar.....	9
<b>Figura 2.</b> Tipos de Radiación Solar.....	10
<b>Figura 3.</b> Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red Eléctrica .....	12
<b>Figura 4.</b> Estructura Típica de una célula FV.....	13
<b>Figura 5.</b> Estructura Mecánica de un Panel Fotovoltaico.....	16
<b>Figura 6.</b> Relación Corriente- Voltaje y Voltaje-Potencia. ....	17
<b>Figura 7.</b> Esquema básico de Operación del Regulador de carga en Serie y Paralelo. ....	24
<b>Figura 8.</b> Características de la Tensión del Inversor. ....	26
<b>Figura 9.</b> Contactores. ....	35
<b>Figura 10.</b> Clasificación de los sistemas de Transferencia.....	35
<b>Figura 11.</b> Transferencia Manual. ....	36
<b>Figura 12.</b> Transferencia Automática.....	37
<b>Figura 13.</b> Interruptor de Cuchilla.....	38
<b>Figura 14.</b> Funcionamiento del contactor.....	39
<b>Figura 15.</b> Diagrama Unifilar Tablero de Transferencia Automática .....	39
<b>Figura 16.</b> Módulo de Transferencia GAEYAELE W2R-3P Din Rail Mounted Automatic Transfer Switch Three Phase ATS 100A Power Transfer Switch. ....	40
<b>Figura 17.</b> Transferencia manual proyecto inicial.....	49
<b>Figura 18.</b> Control SCADA temperatura humedad.....	50
<b>Figura 19.</b> Sensores control temperatura y humedad. ....	51
<b>Figura 20.</b> Analizador de carga Fluke 435. ....	53
<b>Figura 21.</b> Analisis de potencia maxima del sistema. ....	54
<b>Figura 22.</b> Análisis de Picos de Corriente. ....	55
<b>Figura 23.</b> Regulador de Carga. ....	62
<b>Figura 24.</b> Regulador de carga 100A a utilizar en el sistema fotovoltaico. ....	62
<b>Figura 25.</b> Inversor de corriente utilizado en el sistema fotovoltaico. ....	64
<b>Figura 26.</b> Interruptor Automático de Transferencia. ....	65
<b>Figura 27.</b> Tablero de Control del sistema de Transferencia automatica implementada. ....	65
<b>Figura 28.</b> Sistema Automatico de Transferencia .....	67
<b>Figura 29.</b> Gabinete metalico Sistema Automático de Transferencia. ....	68
<b>Figura 30.</b> Interruptor Automático de Transferencia . ....	69
<b>Figura 31.</b> Disyuntor breaker 63(A).....	70
<b>Figura 32.</b> Rele auxiliar.....	71
<b>Figura 33.</b> Luces piloto. ....	71
<b>Figura 34.</b> Sentron Pac sistema SCADA.....	72
<b>Figura 35.</b> Sentron Pac sistema transferencia automática. ....	72
<b>Figura 36.</b> Instrucciones para el Cableado del Módulo de Transferencia. ....	74
<b>Figura 37.</b> Ubicación de los paneles solares. ....	78
<b>Figura 38.</b> Conexión del Regulador de Carga y el Banco de Paneles Solares. ....	79
<b>Figura 39.</b> Conexión del Banco de Baterías.....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Actividdes y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados .....	6
<b>Tabla 2.</b> Tipos de Baterías para aplicaciones Fotovoltaicas .....	21
<b>Tabla 3.</b> Eficiencia de conversión de energía .....	30
<b>Tabla 4.</b> Límites para caída de tensión .....	32
<b>Tabla 5.</b> Características Técnicas del Módulo de Transferencia Automática GAELYAELE W2R-3P Din Rail Mounted Automatic Transfer Switch Three Phase ATS 100A. ....	41
<b>Tabla 6.</b> Metodología de la Propuesta Tecnológica del Proyecto .....	41
<b>Tabla 7.</b> Datos de placa de paneles solares instalados.....	45
<b>Tabla 8.</b> Características de regulador de carga Tristar .....	46
<b>Tabla 9.</b> Características banco de baterías.....	47
<b>Tabla 10.</b> Características del Inversor de voltaje.....	48
<b>Tabla 11.</b> Potencia instalada.....	52
<b>Tabla 12.</b> Dimensionamiento de la demanda instalada .....	55
<b>Tabla 13.</b> Equipos de mayor Importancia a energizar .....	56
<b>Tabla 14.</b> Energía consumida en kW/h/día.....	56
<b>Tabla 15.</b> Características de la batería utilizada. ....	58
<b>Tabla 16</b> Valores obtenidos en el programa Retscreen Expert.....	59
<b>Tabla 17</b> Irradiación horizontal extraterrestre (Bodm).....	59
<b>Tabla 18</b> Valor de la radiación solar en Salache .....	60
<b>Tabla 19.</b> Especificaciones Técnicas del inversor.....	63
<b>Tabla 20.</b> Tiempo Normal de funcionamiento y condiciones de instalación. ....	66
<b>Tabla 21.</b> Porcentajes de Caida Voltaje en Conductores.....	74
<b>Tabla 22.</b> Resultados de los tramos de cada línea del sitema fotovoltaico .....	76
<b>Tabla 23.</b> Egresos del Proyecto. ....	82

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación ( 1) .....	9
Ecuación ( 2).....	18
Ecuación ( 3).....	18
Ecuación ( 5).....	22
Ecuación ( 6).....	23
Ecuación ( 7).....	23
Ecuación ( 8).....	23
Ecuación ( 9).....	24
Ecuación ( 10).....	27
Ecuación ( 11).....	27
Ecuación ( 12).....	28
Ecuación ( 13).....	28
Ecuación ( 14).....	28
Ecuación ( 15).....	29
Ecuación ( 16).....	29
Ecuación ( 17).....	29
Ecuación ( 18).....	30
Ecuación ( 19).....	30
Ecuación ( 20).....	31
Ecuación ( 21).....	31
Ecuación ( 22).....	31
Ecuación ( 23).....	32
Ecuación ( 24).....	32
Ecuación ( 25).....	32
Ecuación ( 26).....	33
Ecuación ( 27).....	33

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS

**TEMA: “REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA EL LABORATORIO E INVERNADERO DE GRANOS ANDINOS EN EL CAMPUS SALACHE”.**

**Autor: Rueda Cervantes Andrés Fernando.**

### RESUMEN

En la Universidad Técnica de Cotopaxi Salache se realizó la implementación de un sistema de generación fotovoltaico, para el abastecimiento energético de un laboratorio de tratamiento de granos, con su respectivo invernadero, mismo que consta de cargas establecidas y predeterminadas al uso parcial durante las 24h del día los 365 días del año dicho sistema es del tipo “conectado a la red”, el cual maniobra por medio de un sistema de transferencia manual al tratarse de un tablero en el que interviene una persona para su operación se podría considerar inapropiada ya que en el sitio solo permanece personal durante el día y al presentarse una falla en el suministro en la ausencia de personal no se podrá reestablecer la estabilidad de energía. El sistema fotovoltaico presentó fallas de diseño inicial en el dimensionamiento de las cargas a alimentar ya que no se consideró altos picos de corriente de arranque de algunos equipos pertenecientes a la demanda por este motivo el inversor de corriente instalado de 2000W no soporta la capacidad de transformación de onda y manda a bajo el sistema fotovoltaico por esta razón se incrementara la capacidad de generación, con un incremento de un nuevo banco de 5 paneles de 150W cada uno, al tratarse de un nuevo circuito se ingresara al sistema un nuevo regulador de carga de 100A del tipo MPPT, el cual se anclara al banco de acumuladores instalado con capacidad de 418.88Ah, conectados a un nuevo inversor de corriente de 3000W de potencia nominal y 6000W de potencia pico dimensionado en función a la real demanda instalada de aproximadamente 1.9KWh/día. Demanda que ser controlada con un sistema de transferencia de carga automático implementado de 100A garantizando un sistema eficiente conectado a la red.

**Palabras claves:** transferencia, fotovoltaico, acumulador, energía, automatización.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS

**THEME: “REPOTENCIATION AND AUTOMATION OF THE PHOTOVOLTAIC GENERATION SYSTEM FOR THE LABORATORY AND GREENHOUSE OF ANDEAN GRAINS AT SALACHE CAMPUS”**

**Authors:** Rueda Cervantes Andrés Fernando.

### ABSTRACT

At campus Salache in Technical University of Cotopaxi, a photovoltaic generation system was implemented for the energy supply of a grain treatment laboratory, with its respective greenhouse, which it consists of loads established and predetermined for partial use during 24 hours per day, 365 days a year, which is “connected network”, type which maneuvers through a manual transfer system as it is a panel in which a person intervenes for its operation could be considered inappropriate since that place only a personnel remain during the day and when there is a failure in the supply in the personnel absence, energy stability cannot be restored. The photovoltaic system presented initial design flaws in the loads dimensioning to be fed since it was not considered high starting current peaks of some equipment belonging to the demand for this reason the installed 2000W current inverter does not support the wave capacity transformation and sends under the photovoltaic system for this reason the generation capacity will be increased, with a new bank increase of 5 panels of 150W each, one being a new circuit a new charge regulator will be entered into the system 100A of the MPPT type, which will be anchored to the installed battery bank with a capacity of 418.88Ah, connected to a new current inverter of 3000W of nominal power and 6000W of peak power sized according to the actual installed demand of approximately 1.9KWh / day. It demands that it be controlled with an automatic load transfer system implemented from 100A, guaranteeing an efficient system connected to the network.

**Keywords:** transfer, photovoltaic, accumulator, energy, automation

## CENTRO DE IDIOMAS

### AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de Propuesta Tecnológico al Idioma Inglés presentado por el estudiante de la Carrera de **INGENIERIA ELÉCTRICA** de la Facultad Ciencia de las Ingeniería y Aplicadas **RUEDA CERVANTES ANDRES FERNANDO** cuyo título versa “**REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO PARA EL LABORATORIO E INVERNADERO DE GRANOS ANDINOS EN EL CAMPUS SALACHE**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, febrero del 2020

Atentamente,



Lic. Lidia Rebeca Yugla Lema  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS  
C.C. 050265234-0



## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del proyecto:**

“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL LABORATORIO E INVERNADERO DE GRANOS ANDINOS DEL CAMPUS SALACHE”.

### **Fecha de inicio:**

Noviembre 2019

### **Fecha de finalización:**

Febrero 2020

### **Lugar de ejecución:**

Cotopaxi – Latacunga – Salache – Universidad Técnica de Cotopaxi

### **Unidad Académica que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería Eléctrica

### **Equipo de Trabajo:**

### **Tutor de Titulación**

**Nombres y Apellidos:** Msc.Ing. Jimmy Toaza.

**Domicilio:** Latacunga

**Fecha de nacimiento:** 30 enero 1985

**Cédula de ciudadanía:** 1717621062

**Estado civil:** Casado

**Número telefónico:** 0984784110

**E-mail:** jimmy.toaza1062@utc.edu.ec

**Coordinador del Proyecto**

**Nombres y Apellidos:** Rueda Cervantes Andrés Fernando.

**Domicilio:** Puyo, Pastaza.

**Fecha de nacimiento:** 19/02/1991

**Cédula de ciudadanía:** 1600508749

**Estado civil:** Soltero

**Número telefónico:** 0962755573

**E-mail:** a.ruedacervantes@gmail.com

**Área de Conocimiento:**

Energías Alternativas, Distribución.

**Línea de investigación:**

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Conservación y uso Racional de la Energía.

**2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**2.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL LABORATORIO E INVERNADERO DE GRANOS ANDINOS DEL CAMPUS SALACHE”.

**2.2 ÁREA DEL CONOCIMIENTO:**

Ingeniería, industria y construcción

### **2.3 SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.**

El campus “Salache”, de la Universidad Técnica de Cotopaxi cuenta con un laboratorio e invernadero de granos andinos cuya producción es periódica. Las instalaciones eléctricas del invernadero han sido alimentadas a través de un sistema fotovoltaico implementado, pero siendo este invernadero de baja producción, el sistema de generación pasará inactivo por ciertas temporadas y la energía producida no se aprovechará todo el tiempo, pudiendo ocasionar que varios componentes de la fuente de alimentación del sistema puedan averiarse debido a la falta de uso.

En el transcurso de la implementación de este sistema se construyó otro invernadero “invernadero para cultivo hidropónico” el cual necesita ser alimentado con energía eléctrica para alimentar bombas de recirculación de agua utilizadas en este sistema de cultivo. En el sistema fotovoltaico implementado solo se está utilizando el 50 % de generación instalada estando en desuso la mitad de los paneles solares instalados mismos que serán habilitados para la alimentación de este nuevo invernadero, para la operación de este nuevo sistema de alimentación se implementara un nuevo controlador de carga y todos los materiales necesarios para este circuito.

Por otra parte, en el laboratorio se realizan actividades que requieren un suministro continuo de energía eléctrica para su normal desempeño, además se conservan productos que requieren condiciones óptimas de temperatura; pero al estar condicionado al suministro de potencia de la red pública dicho laboratorio puede verse afectado debido a los cortes repentinos de energía.

Para evitar inconvenientes relacionados con el corte imprevisto de energía y con los posibles daños en los equipos fotovoltaicos ya instalados, debido a la inactividad frecuente del invernadero de producción periódica, se instaló un circuito para alimentar algunas cargas existentes en el laboratorio, entre estas cargas existen equipos los cuales los picos de corriente al arranque son muy inestables y provocan la caída del sistema existente, por tal motivo se repotenciara este circuito o a su vez se realizaran circuitos independientes para estas cargas inestables.

Es necesario recalcar que estas entre la generación y las cargas existentes y por alimentar se encuentra un tablero de transferencia manual de carga el mismo que se pretende automatizar para así garantizar la eficiencia del abastecimiento eléctrico en caso de que alguno de los sistemas llegase a fallar ya sea este el abastecimiento de la red pública o el sistema fotovoltaico implementado.

## **OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.3.1 Objeto de estudio**

Sistema de transferencia, generación fotovoltaica laboratorio de granos campus Salache Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **2.3.2 Campo de acción**

**Práctico:** El sistema de Generación Fotovoltaica permitirá suplir cargas parciales del Laboratorio e Invernadero aplicando transferencia automática de energía solar y energía de la Red.

## **2.4 Situación problemática y problema**

### **2.4.1 Situación problemática**

La falta de inyección eléctrica constante en el laboratorio de granos Andinos de la Universidad Técnica de Cotopaxi Salache, por este motivo se implementó un sistema de generación fotovoltaico conectado a la red por un tablero de transferencia manual, el cual abasteció la demanda requerida por el invernadero, pero al ingresar a este sistema de generación algunas cargas importantes del laboratorio de granos andinos este sistema colapsa, debido a que algunas de estas cargas anteriormente mencionadas producen picos elevados de corriente al momento de su arranque, es por ese motivo que por el momento la demanda la abastece la red pública.

Por otro lado, de acuerdo a la cantidad de paneles instalados apenas se está utilizando el 50% de los mismos por lo cual serán habilitados e instalados con los equipos necesarios para la alimentación de las nuevas cargas del laboratorio, además de utilizar la energía extra de los mismos para repotenciar el sistema ya existente, cabe recalcar que todas estas cargas pasan por un sistema de transferencia manual el cual no garantiza el racionamiento eléctrico en el momento que se produzca un corte energético y no exista una persona en sitio que realice la operación de transferencia. En función a lo expuesto se considera la automatización del sistema de transferencia de alimentación.

### **2.4.2 Problema**

La necesidad de garantizar la eficiencia de cien por ciento en rendimiento y operación del sistema fotovoltaico implementado con anterioridad, para así contar con un sistema de generación

autónomo, eficiente y automático de energía eléctrica que garantice el suministro continuo de potencia al invernadero de producción periódica, el laboratorio de granos andinos y la nueva carga a incorporar el invernadero de cultivo hidropónico.

## **2.5 HIPÓTESIS**

Al repotenciar y automatizar el sistema de generación fotovoltaico con su transferencia existente se garantizará el suministro constante de energía al laboratorio de granos e invernadero.

## **2.6 OBJETIVOS**

### **2.6.1 Objetivo General**

- Redimensionar el nuevo sistema fotovoltaico para garantizar el suministro de energía eléctrica del invernadero del laboratorio de granos andino del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **2.6.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el estudio del arte para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y para la automatización de la transferencia.
- Repotenciar los equipos del sistema fotovoltaico conectado a la red del laboratorio de granos de la hacienda Salache.
- Implementar un sistema de transferencia automático entre el sistema de generación fotovoltaico y el suministro de red eléctrica pública.
- Analizar la viabilidad técnico económico del sistema fotovoltaico implementado en su totalidad.

## **2.7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS**

**Tabla 1.** Actividdes y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados

<b>Objetivo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Instrumento</b>
Realizar el estudio del arte para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y para la automatización de la transferencia.	Levantamiento de información en sitios web, libros, artículos, etc. De sistemas fotovoltaicos y sistemas de transferencia automáticas.	Desarrollo del marco teórico y guía de diseño para análisis de resultados de la propuesta tecnológica.	Libros. Tesis. Artículos. Sitios web.
Repotenciar los equipos del sistema fotovoltaico conectado a la red del laboratorio de granos de la hacienda Salache.	Levantamiento de datos de las cargas de los invernaderos y Laboratorio. Dimensionamiento, regulador carga e inversor necesarios para la eficiencia del sistema existente. Análisis del incremento de la generación del sistema con el	Dimensionamiento carga existente total y parciales a energizar. Número de paneles necesarios. Regulador de carga e inversor a utilizar. Sistema de conexiones entre los equipos.	Datos obtenidos analizador de energía. Placas de datos de los equipos considerados de los invernaderos y laboratorio. Placa de datos de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico.



<p>Implementar un sistema de transferencia automático entre el sistema de generación fotovoltaico y el suministro de red eléctrica pública.</p>	<p>aumento de paneles solares.</p> <p>Diseño de la configuración de conexiones reguladores-almacenadores-inversor de corriente.</p> <p>Analizar y elegir el tipo de instrumento de transferencia automática a utilizar.</p> <p>Diseñar e implementar tablero de transferencia automática.</p> <p>Dimensionar capacidad de corriente del instrumento de transferencia automática y equipos a utilizar en el tablero anteriormente mencionado.</p>	<p>Se utilizará un interruptor de transferencia automática.</p> <p>Medida en amperios del interruptor de transferencia en función a la demanda a energizar.</p> <p>Medida de equipos auxiliares del tablero de transferencia automática</p>	<p>Cálculos de dimensionamiento en función a la carga instalada y a la capacidad del banco de baterías.</p> <p>Cálculos.</p> <p>Análisis de criterio.</p>
---	--	---	---

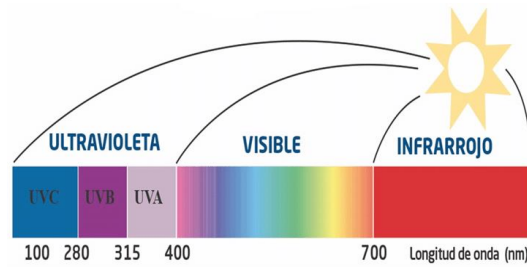
<p>Analizar la viabilidad técnico económico del sistema fotovoltaico implementado en su totalidad.</p>	<p>Desarrollo del presupuesto total del proyecto.</p> <p>Determinación de la tarifa de consumo de energía a utilizar para el análisis técnico económico.</p> <p>Estudio de viabilidad técnico económico del sistema fotovoltaico implementado en su totalidad.</p>	<p>Inversión total del proyecto</p> <p>Tipo de tarifa de consumo energía.</p> <p>Tiempo de recuperación de la inversión.</p>	<p>Cálculos matemáticos.</p>
--	--	--	------------------------------

**Realizado por:** El Autor.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 La radiación Solar

Una pequeñísima parte de la energía radiada por el Sol es interceptada por la Tierra, situada a unos 150 millones de km de distancia. La irradiación solar es la magnitud empleada para indicar el valor de la radiación incidente en una superficie. En el caso del Sol, se define como la energía solar recibida por cada m<sup>2</sup> en un segundo La energía solar fotovoltaica (ESFV) constituye una fuente de energía renovable, la cual puede usarse en la generación de electricidad mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos (PSFV) que convierten la radiación solar en electricidad, haciéndola aplicables a múltiples actividades de la vida. [1]



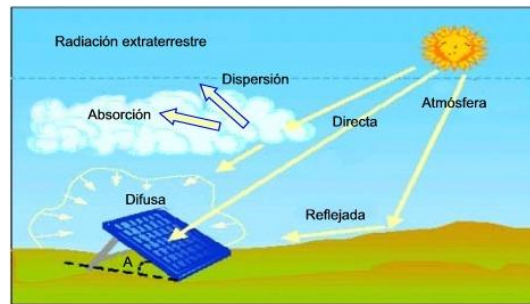
**Figura 1.** Radiación Solar[2]

### 3.2 Radiación Solar Directa, Difusa y Global

Los mecanismos de difusión en la atmósfera causan que la radiación directa y difusa incidan sobre la superficie terrestre como indica la figura 2. La radiación directa llega sobre un punto particular, habiendo viajado en línea recta desde el Sol. En cambio, la radiación difusa es aquella que emerge por difusión en la atmósfera y alcanza de manera indirecta a un punto en particular sobre la superficie terrestre. La suma de las radiaciones directa ( $G_b$ ) y difusa ( $G_d$ ), siempre en relación a una superficie de recepción horizontal es denominada radiación global ( $G_g$ ). La radiación difusa consiste en la radiación dispersa en la atmósfera y el albedo. Así, resulta la ecuación (1):

$$G_g = G_b + G_d \quad \text{Ecuación ( 1)}$$

La proporción de radiación solar directa y difusa dentro de la radiación promedio incidente está sujeta a fluctuaciones diarias y estacionales. En las regiones templadas de la Tierra, la media anual de radiación difusa excede considerablemente aquella de la directa. Durante los meses invernales, la radiación global consiste casi esencialmente en radiación difusa, a diferencia del verano, pero anualmente es menor que la tasa de radiación difusa. En cambio, en lugares más cercanos a la línea equinoccial, la tasa de radiación directa es muy alta en la mayoría de los casos. En regiones con muy alta precipitación o mucha nubosidad, la contribución de la radiación difusa a la radiación global puede llegar a ser mayor al 80%. [2]



**Figura 2.** Tipos de Radiación Solar[3]

### 3.3 Medición de la Radiación Solar

La radiación solar, de acuerdo a su tipo, es posible de ser medida a nivel del suelo mediante un pirómetro, instrumento que opera mediante el diferencial de temperatura entre sectores de un disco plano pintados de colores blanco y negro protegido del exterior por una cúpula de vidrio. Al exponerlo a la radiación solar, aparece un diferencial de temperatura entre los sectores blancos y negros. Las temperaturas de cada sector son medidas mediante termocuplas que arrojan diferenciales de voltaje de aproximadamente  $10\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$ , convertidos por un transductor a una medida de flujo de energía radiante en  $\text{W}/\text{m}^2$ . [2]

### 3.4 La energía Solar Fotovoltaica.

La Energía Solar Fotovoltaica es una tecnología que genera corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores cuando estos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue, la electricidad desaparece. Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías. Algunas células solares vienen manteniéndose en operación terrestre o en el espacio desde hace 30 años. [4]

La Energía Solar Fotovoltaica presenta ventajas e inconvenientes tanto técnicas como no técnicas. A menudo, las ventajas y desventajas son diametralmente opuestas a las de las centrales convencionales de fuel. Por ejemplo, las plantas de combustibles fósiles provocan emisiones peligrosas para el medio ambiente, usan una fuente limitada, su coste tiende a crecer y no son modulares, es decir, no se pueden hacer plantas pequeñas. La Energía Solar Fotovoltaica no tiene ninguno de esos problemas; por el contrario, tiene la desventaja de su difícil almacenamiento. Por último, coinciden en ser ambas tecnologías muy fiables. [4]

### **3.5 Insidencia Fotovoltaica en Ecuador.**

El valor medio aproximado de la radiación solar global en el Ecuador es de 4.575 Wh/m<sup>2</sup>/día. El potencial solar estimado con fines de generación eléctrica en el país es de 312 GW equivalente a 456 TWh por año o 283 MBEP (millones de barriles equivalentes de petróleo) por año. Este valor equivale aproximadamente a quince (15) veces el potencial hidroeléctrico técnico y económicamente aprovechable del país. [5]

A pesar de disponer el Ecuador de un alto potencial energético, el desarrollo de la energía solar fotovoltaica es aún incipiente, de manera particular en micro generación distribuida; para septiembre de 2017, el ARCONEL informa que la capacidad efectiva en este tipo de energía fue de 25,6 MW lo que representó el 0,34 % de la capacidad total del país, habiendo producido 35,3 GWh/año equivalente al 0,15 % de la producción total de energía.[5]

### **3.6 Generación Fotovoltaica.**

La tecnología solar fotovoltaica (FV) consiste en la conversión directa de la radiación del Sol en electricidad. Esta conversión se realiza a través de la célula solar, unidad básica en la que se produce el efecto fotovoltaico. [4]

La energía solar fotovoltaica está indicada para un amplio abanico de aplicaciones donde se necesite generar electricidad, bien sea para satisfacer las necesidades energéticas de aquellos que no disponen de la red eléctrica (sistemas fotovoltaicos autónomos) o bien para generar energía a la red eléctrica (sistemas conectados a la red).[4]

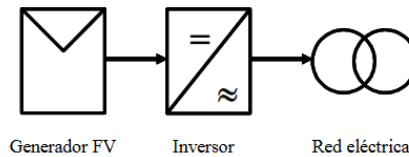
#### **3.6.1 Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la red eléctrica.**

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica tienen como objetivo principal maximizar anualmente la producción de energía eléctrica que es inyectada a la red como interpreta la figura 3.

Las principales aplicaciones de estos sistemas son para:

1. Tejedos en viviendas (integración en edificios), en los que la instalación está físicamente situada en un edificio que habitualmente se encuentra en un entorno urbano.

2. Plantas de generación de energía (centrales fotovoltaicas), en las que la instalación FV funciona como una central convencional de generación de energía en el sentido de que inyecta toda la producción eléctrica a la red.[4]



**Figura 3.** Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red Eléctrica[4]

La aplicación de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red se da principalmente en vivienda o edificios que se encuentran dentro de las zonas urbanas y tiene como finalidad reducir el consumo energético de la red y de esta manera contribuir en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono, ya que durante el día aprovecha la energía producida por los paneles, los cuales no emiten ningún tipo de contaminación al ambiente, disminuyendo de esta manera la demanda de energía que provienen de otras fuentes de generación como: Centrales térmicas, centrales eléctricas de carbón, etc.[4]

### **3.7 Elementos del Sistema Fotovoltaicos**

El generador FV es el encargado de transformar la energía del Sol en energía eléctrica. Está formado por varios módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o paralelo, y a su vez cada módulo fotovoltaico está formado por unidades básicas llamadas células fotovoltaicas. [6]

#### **3.7.1 Paneles Solares.**

Compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la insolación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua a baja tensión (12 o 24 V).[6]

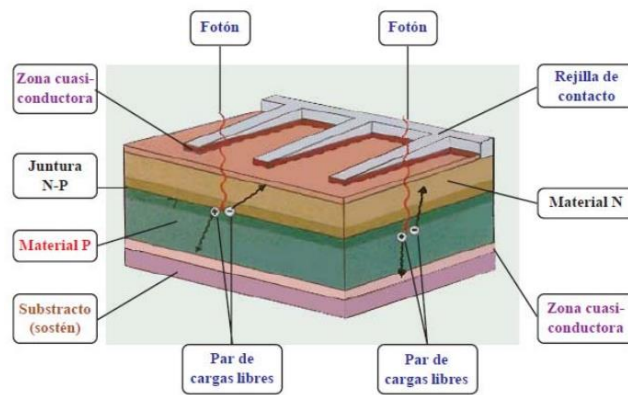
#### **3.7.2 La celda fotovoltaica.**

Un panel FV es una placa rectangular, formada por un conjunto de células FV protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizados. La función principal de un panel FV es la de soportar mecánicamente a las células FV y de protegerlas de los efectos degradables de la intemperie. La vida útil de un panel FV puede llegar a los 30 años, aunque los fabricantes otorgan garantías de 20

años. El mantenimiento típico consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las células FV no puedan capturar la radiación solar.[7]

### 3.7.2.1 Estructura de una celda fotovoltaica.

En la Fig.1 se muestra la estructura típica de una célula FV. Si la luz solar incidente tiene el espectro y el nivel de energía requerido por el material semiconductor del que está hecha la célula FV, el bombardeo de los fotones crea pares de cargas libres. Algunos de estos pares se recombinan antes de migrar a la zona de juntura, pero un elevado porcentaje de electrones del lado p y de hoyos del lado n son impulsados a través de la juntura. La dirección del campo eléctrico en la juntura hace que estas cargas no puedan volver, alterándose el estado de equilibrio. Las cargas libres están listas para sostener una corriente cuando se conecten al lado n y p a una carga eléctrica externa. [8]



**Figura 4.** Estructura Típica de una célula FV.[8]

Las celdas fotovoltaicas se fabrican a partir de un cristal de silicio puro el cual actúa como una resistencia muy elevada, ya que cuenta con pocas cargas libres, que no permiten la circulación de electrones, por esta razón el cristal de silicio se somete a un proceso de difusión, el cual consiste en introducir pequeñas cantidades de átomos de otros elementos químicos, con la finalidad de disminuir la resistencia del cristal de silicio y permitir al mismo tiempo la creación de capas con propiedades eléctricas diferentes, es decir semiconductores con mayor cantidad de electrones o huecos (semiconductor tipo p y tipo n). [8]

### 3.7.2.2 Funcionamiento de la celda Fotovoltaica.

Las celdas fotovoltaicas convierten los fotones de luz solar en electricidad mediante un proceso llamado efecto fotovoltaico. Los fotones que absorben las celdas fotovoltaicas chocan con los

electrones que se encuentran en la última capa de valencia de los átomos que forman parte de la estructura semiconductor tipo n; dependiendo de la intensidad de luz que absorban los paneles, los electrones libres del semiconductor n adquirirán la energía e intensidad suficiente como para vencer la barrera de tensión, fruto de la unión de las dos placas semiconductoras y atravesar mediante proceso de intercambio de electrones toda la estructura del material semiconductor tipo p. De esta manera se genera un flujo de electrones que permite la obtención de voltaje y corriente en continua. [9]

### **3.7.3 Tipos de células Fotovoltaicas.**

Entre las diferentes estructuras de células fotovoltaicas se tiene las siguientes:

#### **3.7.3.1 Estructura de silicio mono-cristalina.**

Los paneles mono cristalinos tienen una eficiencia mayor que los poli cristalinos (en condiciones STC). Su rendimiento de laboratorio es cercano al 24%, y su rendimiento comercial oscila entre 17 y el 20%. Este es un factor importante cuando no se dispone de mucha superficie para instalar paneles, ya que así se puede conseguir mayor potencia con el mismo espacio. Su vida útil también suele ser mayor que la de los paneles poli cristalinos y generalmente se comportan mejor con radiación difusa. Estos factores hacen que su precio sea ligeramente superior a los poli cristalinos.[10]

#### **3.7.3.2 Estructura de silicio poli-cristalino.**

Los paneles poli cristalinos tienen un rendimiento de laboratorio cercano al 19%, y su rendimiento comercial oscila entre 13 y el 15%. A pesar de tener un rendimiento menor, los paneles poli cristalinos tienen un menor precio que los mono cristalinos y un mejor comportamiento a altas temperaturas, con lo que bajo estas condiciones pueden generar más energía que el resto de paneles. [10]

#### **3.7.3.3 Estructura de silicio amorfa.**

Los paneles de capa fina (thin film) generalmente tienen un rendimiento de laboratorio cercano al 13%, y su rendimiento comercial oscila entre 7 y el 9%. Estos paneles se crearon básicamente para reducir costos de producción y salir de la posible escasez de silicio, haciendo que se empezara a investigar en celdas de otros materiales. Por lo tanto, una de sus principales ventajas, es que a pesar



de necesitar mayor espacio para generar la misma energía que los paneles poli cristalinos o monos cristalinos, su precio es mucho menor y muy atractivo. Además, tienen un buen comportamiento a temperaturas altas, y su aspecto estético es muy atractivo, lo que hace que se usen constantemente en aplicaciones para arquitectura. Los paneles de capa fina más importantes son los de capa fina de cobre, indio y selenio (CIS) o de cobre, indio, galio y selenio (CIGS) y por último los paneles de capa fina a base de cadmio y telurio (CdTe). [10]

#### **3.7.3.4 Estructura de un Módulo Fotovoltaico.**

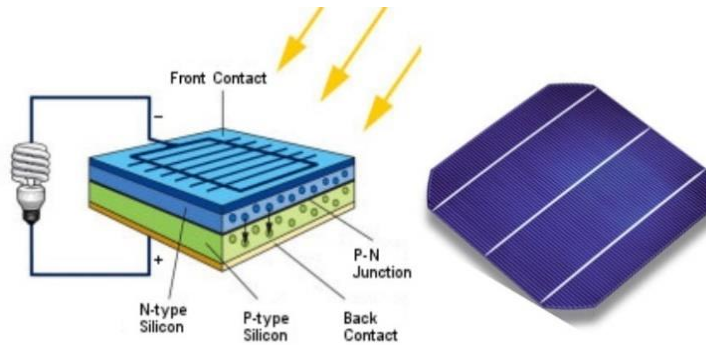
Es un conjunto de celdas fotovoltaicas que sirven para transformar la radiación solar (luz solar) en energía eléctrica. Genera un voltaje y corriente requeridos por las cargas. Esta energía es de 12V DC (voltaje de corriente continua) para el uso de diferentes equipos, como radio grabadoras, lámparas, bombas de agua, televisores, etc. Si se utilizan artefactos eléctricos estándar, es necesario cambiar 12V DC a un voltaje mayor de corriente alterna 220V AC, que es el voltaje que se utiliza en las zonas urbanas.[11]

#### **3.8 Partes del Módulo Fotovoltaico**

Un módulo fotovoltaico está constituido por las siguientes partes como lo indica la figura 5.

- 1. Marco del panel.** - Construido de aluminio ionizado con el fin de evitar la oxidación y alargar la vida útil del metal.
- 2. Superficie colectora.** - Posee un vidrio templado o plástico de alto impacto que protege al módulo de granizadas, vientos fuertes, tierra, arena, etc. El vidrio permite que el módulo se pueda auto limpiar.
- 3. Material esponjoso.** - Sirve como protección para evitar que los bordes del vidrio se rompan o se produzca un cierre hermético. [12]
- 4. Junta selladora.** - Se encuentra a lo largo del marco y sirve para impedir que ingrese humedad al interior del módulo fotovoltaico y evitar de esta manera que se oxiden las conexiones internas de los paneles o causen la apertura entre el contacto y el semiconductor.
- 5. La célula fotovoltaica.** - Resulta de la conexión de dos tipos de semiconductores diferentes que permiten la circulación de electrones al incidir la luz solar sobre su superficie.

6. **Material encapsulante.** - Cubre la célula fotovoltaica utilizando un material altamente transparente a la luz solar.
7. **Sostén rígido de plástico o metal.-** Permite mejorar la disposición de calor.
8. **Cara posterior al panel.** - Cuenta con un sostén de plástico o metal que permite tratar la potencia de salida del panel disipando el calor que ahí se encuentra.[12]



**Figura 5.** Estructura Mecánica de un Panel Fotovoltaico.[12]

### 3.9 Inclinación de los módulos Fotovoltaicos.

Los paneles fotovoltaicos logran captar mayor energía cuando la radiación llega de manera perpendicular a la superficie del módulo, pero debido a los movimientos de traslación y rotación de la tierra alrededor del sol, dicho ángulo de inclinación no se mantiene constante a lo largo del día y durante todo el año. [12]

Si bien es cierto que aplicando diversos métodos estadísticos se puede hallar el ángulo óptimo de inclinación, también es verdad que el ángulo de inclinación que permite captar la máxima radiación durante el mayor número de días se obtiene sumando 10 o 15 grados a la latitud del lugar donde se encuentran los módulos. Además, dicha inclinación impide que se acumule polvo u otras sustancias que logran obstruir el paso de la radiación y afectan la generación que el panel pueda producir. [12]

Normalmente se suele tomar un ángulo mayor, aproximadamente  $15^\circ$ , en beneficio de una mayor captación durante el invierno, cuando la luminosidad disminuye, a costa de una peor captación en verano, cuando hay una mayor cantidad de luz. La orientación del panel debe ser hacia el norte si el lugar se encuentra en el hemisferio sur y orientados al sur si por el contrario los módulos se encuentran en un lugar del hemisferio norte.[12]

### 3.9.1 Curva Corriente-Voltaje de la Celda Solar.

Las características típicas de una celda solar suelen representarse por medio de gráficas: voltaje – corriente y voltaje – potencia. En la Figura 9, se pueden observar los puntos más representativos de las curvas, tales como: la corriente de corto circuito ( $I_{SC}$ ), el voltaje de circuito abierto ( $V_{OC}$ ), el punto de máxima potencia (MPP), la corriente en el punto de máxima potencia ( $I_{MPP}$ ), el voltaje en el punto de máxima potencia ( $V_{MPP}$ ) y la potencia en el punto de máxima potencia ( $P_{MPP}$ ). [13]

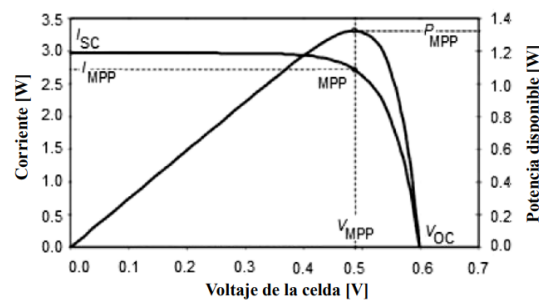


Figura 6. Relación Corriente- Voltaje y Voltaje-Potencia.[13]

#### 3.9.1.1 Intensidad de corto circuito ( $I_{cc}$ )

Corriente entre los polos conectados de un módulo.

#### 3.9.1.2 Tensión de Circuito Abierto ( $V_{ca}$ )

Voltaje entre los polos de un módulo sin carga.

#### 3.9.1.3 Potencia Pico ( $W_p$ )

Máxima salida de potencia en Watts pico.

#### 3.9.1.4 Factor de Forma (FF)

Identifica la relación de la corriente directa de igual potencia en relación con la corriente alterna dada. [13]

### 3.9.2 Eficiencia de los Módulos Fotovoltaicos

Para que los paneles fotovoltaicos transformen los rayos del sol en energía eléctrica de manera eficiente; las celdas que componen el módulo deben ser lo más idénticas posible, la manera de comprobar que las celdas son idénticas es a través de la curva (I vs V) la cual debe ser prácticamente

la misma para todas las células que forman parte del módulo. De no cumplirse esta condición, la energía producida por unas celdas será disipada por otras del mismo conjunto. Por consecuencia la eficiencia de dicho panel será baja ya que disipa energía, pero, por el contrario, cuando las curvas de (I vs V) son idénticas para todas las células del panel, la energía generada no se disipa en sus propios elementos y se dice que el módulo tiene una buena eficiencia. [14]

$$N^{\circ} \text{ paneles paralelo} = \frac{I_{\text{pico}}}{I_{\text{mp}}} \quad \text{Ecuación ( 2)}$$

Dónde:

**I<sub>pico</sub>** = Corriente pico [A].

**I<sub>mp</sub>** = Corriente máxima pico [A].

La eficiencia del panel se puede determinar entre la potencia máxima generada por el panel en relación a la cantidad de luz absorbida por las celdas y la superficie total del módulo. [14]

$$\eta = \frac{W_p}{E * A_c} \quad \text{Ecuación ( 3)}$$

Eficiencia de los paneles solares

Dónde:

**W<sub>p</sub>**: Potencia pico del módulo fotovoltaico.

**E**: Nivel de radiación que llega a la superficie del panel.

**A<sub>c</sub>**: Superficie del panel.

### 3.10 Banco de Baterías.

La energía producida por el generador FV se acumula, en caso de ser necesario (ya se ha visto que los sistemas conectados a la red no necesitan baterías), en un sistema de baterías. De este modo la energía producida durante las horas de sol se puede utilizar durante la noche, o en momentos en los que no se disponga de la suficiente radiación solar para generar la energía necesaria. La batería es pues un elemento que va a estar cargándose y descargándose cíclicamente (p.e. en un sistema de iluminación FV la batería se carga durante el día y se descarga en las horas de la noche). Para controlar los procesos de carga y descarga de la batería se utiliza un regulador de carga. Este

elemento es el encargado de proteger la batería contra sobrecargas o contra sobre descargas excesivas que podrían resultar dañinas para la batería, acortando su vida útil. El modo de operación es bien sencillo: cuando el regulador detecta que la batería está siendo sobrecargada, desconecta el generador FV y cuando detecta que la batería está siendo sobre descargada, desconecta los consumos.[11]

### **3.11 Baterías**

En los sistemas fotovoltaicos las baterías o acumuladores fotovoltaicos se utilizan principalmente como sistema de almacenamiento energético, debido al desplazamiento temporal que puede existir entre los periodos de generación (durante el día) y los periodos de consumo (p.e. durante la noche), permitiendo la operación de las cargas cuando el generador FV por sí mismo no puede generar la potencia suficiente para abastecer el consumo. No obstante, también se pueden utilizar para otros cometidos tales como estabilizadores de voltaje o corriente y para suministrar picos de corriente (p.e. en el arranque de motores). Las baterías se utilizan habitualmente en la mayor parte de los sistemas FV autónomos (aunque hay excepciones, tales como los sistemas de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica) y en general no se utilizan en sistemas conectados a la red eléctrica.[11]

#### **3.11.1 Parámetros eléctricos de las baterías**

Dentro de los parámetros que forman parte de un acumulador de energía se tiene los siguientes:

##### **3.11.1.1 Capacidad de almacenamiento de energía**

Se refiere a la cantidad de energía que almacena una batería, es decir, la capacidad de una celda es la cantidad total de electricidad producida en la reacción electroquímica, la cual se suele medir en amperios-hora (Ah). La capacidad real de la batería siempre resulta inferior a la capacidad teórica puesto que la utilización de los materiales activos nunca llega a ser del 100%. [13]

**3.11.1.2 Régimen de carga y descarga:** La descarga o la carga siempre están en proceso dentro de la batería en un momento dado. La solución del electrolito contiene iones cargados formados por sulfato e hidrógeno. Los iones de sulfato están cargados negativamente, mientras que los iones de hidrógeno tienen una carga positiva.

**3.11.1.3 Máxima corriente de descarga:** Se refiere a la mínima corriente en relación a las máximas corrientes de descarga de una celda, las cuales no deben superar nunca los valores límites de la misma. Esta corriente se expresa en función de la capacidad.

#### **3.11.1.4 Profundidad de descarga**

Se representa la cantidad de energía que puede extraerse de una batería. Este valor está dado en forma porcentual. Por ejemplo, si una batería entrega 600 Wh, la PD es del 50%.

#### **3.11.1.5 Voltaje de Corte**

Se refiere al agotamiento de energía del acumulador.

#### **3.11.1.6 Estado de Carga**

Representa la cantidad de energía restante en la batería. Éste indica si una batería está completamente cargada, cargada a medias o completamente descargada.

#### **3.11.1.7 Ciclos de Vida**

Es el número estimado de ciclos de duración de una batería. La mayoría de baterías tienen un ciclo de vida de varios miles de ciclos. [13]

#### **3.11.1.8 Vida Útil**

Se refiere a la cantidad de ciclos de carga - descarga que es capaz de realizar.

#### **3.11.1.9 Rendimiento**

Es la relación entre la energía suministrada durante la descarga y la que se necesita para cargar plenamente la batería. Y se puede expresar de dos maneras:

#### **3.11.1.10 Rendimiento Farádico (Ah)**

Referido a un acumulador, relación entre la cantidad de corriente extraída de él durante su descarga y la cantidad de corriente necesaria para volver a su estado inicial.

#### **3.11.1.11 Rendimiento Energético (Wh)**

Es el valor de la cantidad de energía suministrada es igual a la suma de la energía útil y la energía disipada en forma de calor.

### 3.11.2 Tipos de Baterías para aplicaciones Fotovoltaicas Especificaciones Precio-Mantenimiento.

En general las baterías se clasifican en primarias, que no pueden ser recargadas y no se utilizan en sistemas FV, y secundarias que pueden ser recargadas.[11]

El tipo de baterías más utilizadas en aplicaciones FV son las de plomo-ácido, debido principalmente a su coste comparado con otros tipos.[11]

**Tabla 2.** Tipos de Baterías para aplicaciones Fotovoltaicas[11]

<b>Tipo</b>	<b>Precio</b>	<b>Mantenimiento</b>
Plomo-Antimonio	Bajo	Alto
Plomo-Calcio abiertas	Bajo	Medio
Plomo-Calcio selladas	Bajo	Bajo
Híbridas (Antimonio/Calcio)	Medio	Medio
Gel	Medio	Bajo
AGM	Medio	Bajo
Placas “sintered”	Alto	Ninguno
Placas “pocked”	Alto	Medio

### 3.11.3 Proceso de Descarga

Es la relación entre la capacidad en amperios-hora (Ah) entregada por una batería durante su descarga y la capacidad nominal de la misma. Es un parámetro alternativo al SOC para saber el estado de carga de una batería. Cuando el SOC disminuye, el DOD aumenta.

Durante el proceso de descarga el electrodo de plomo ( $Pb^{+2}$ ) reacciona con el electrolito ( $H_2SO_4$ ) y crean sulfato de plomo ( $PbSO_4$ ); esta reacción química ocasiona que el electrodo pierda dos iones positivos, ocasionando que dicho electrodo adquiera polaridad negativa. Al electrodo con polaridad negativa se le conoce como ánodo. El electrodo de óxido de plomo también reacciona con el

electrolito y al igual que el caso anterior, su combinación da lugar a sulfato de plomo, pero en este caso su reacción ocasiona el desprendimiento de dos electrones, ocasionando que el electrodo adquiera polaridad positiva. Al electrodo con polaridad positiva se le conoce como cátodo. [15]

#### 3.11.4 Proceso de Carga

Durante la carga, tiene lugar la acción química que es exactamente opuesta a la de la descarga. Así la corriente en dirección opuesta al tiempo de descarga, pasa a través de la batería. Por esto el voltaje se aplica en exceso del voltaje de la batería o célula. El voltaje de la batería actúa en dirección opuesta al voltaje aplicado y por ello se llama F.E.M. [16]

Es la expresión que indica el estado de carga de la batería de manera porcentual. El estado de carga es el 100% cuando la batería tiene almacenada la máxima energía posible. Este parámetro es el más importante de cara al proyecto, puesto que más adelante se presentarán y estudiarán métodos para su cálculo. [16]

#### 3.11.5 Capacidad de las Baterías

Se trata del flujo de corriente que una batería puede suministrar durante una hora (Ah) hasta que el voltaje se encuentre por debajo del valor nominal. La capacidad de almacenamiento de las baterías se expresa en (Wh) vatios-hora o su vez en su múltiplo (KWh) kilovatios-hora. Las magnitudes Ah y Wh se relación a través de la siguiente ecuación. [17]

$$C = \frac{C_{AC}}{\frac{E_{f_{inv}}}{V_{cc}}}. \quad \text{Ecuación ( 4)}$$

Dónde:

**C**= Capacidad de las baterías

**C<sub>AC</sub>** = Consumo de energía de cargas en corriente alterna

**E<sub>f<sub>inv</sub></sub>** = Eficiencia de conversión de energía

**V<sub>cc</sub>** = Voltaje en bornes de acumuladores



Considerando 2 días de autonomía, la capacidad de las baterías es igual a:

$$C' = C * \text{Días de autonomía} \quad \text{Ecuación ( 5)}$$

Debido a que las baterías no deben descargarse el 100% se considera un factor de descarga del 75%, de este modo se tiene:

$$C'' = \frac{C'}{\text{FDM}} \quad \text{Ecuación ( 6)}$$

Dónde:

$C'$  = Capacidad considerando días de autonomía.

$\text{FDM}$  = Factor de descarga máxima.

$$\#B_{\text{paralelo}} = \frac{C'}{C_B} \quad \text{Ecuación ( 7)}$$

Dónde:

$\#B_{\text{paralelo}}$  = Numero de Baterías en Paralelo

La magnitud de corriente con la que se descarga una batería ocasiona que su capacidad no sea constante, por tal razón, los fabricantes otorgan información referente a la capacidad de corriente de descarga fija estimada. Dicho valor de capacidad de la batería se estima a una temperatura de 20°C considerando un valor determinado de corriente de descarga cuyo tiempo de descarga se estima en 10 horas. La temperatura ambiental es otro factor que afecta la capacidad de las baterías, ya que puede reducir cerca de 1% por cada valor de temperatura que se encuentre por debajo de los 20°C. En tanto que, temperaturas que superen los 30°C ocasionan que las baterías se desgaten más rápido y que el proceso de auto descarga y consumo de electrolito se acelere. [17]

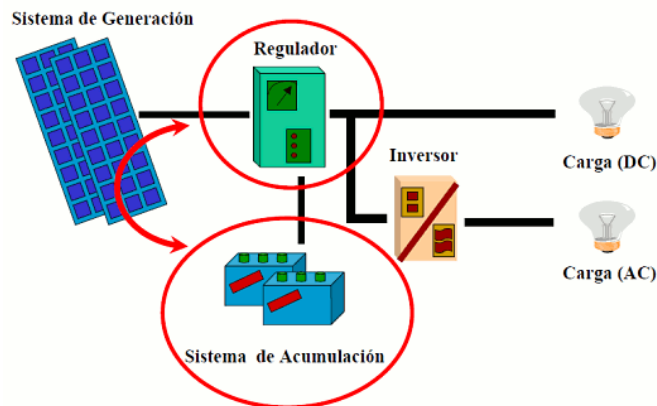
### 3.11.6 Facilidad de Instalación y Operación

Las baterías deben encontrarse totalmente selladas y no debe exigir tareas de mantenimiento complicados, ya que generalmente serán operadas por personas inexpertas. [17]

### 3.12 Subsistema de Regulación

El rol de los reguladores de carga es muy importante, ya que, los módulos fotovoltaicos al depender de una fuente de energía variable como es la radiación solar, la cual no es constante durante el día y a lo largo de todo el año, pueden llegar a producir corrientes superiores a las corrientes de carga aceptadas por el banco de baterías, para evitar dicho inconveniente y tener el control del proceso de carga de las baterías, se utilizan los datos proporcionados por el fabricante para establecer relación entre estos parámetros. De esta manera, el circuito de control del regulador de carga, sabe para qué valores de voltaje y corriente proporcionados por el sistema fotovoltaico debe limitar el paso. [18]

Los grandes saltos científicos en cuanto a microcontroladores y microprocesadores permitieron a varios productores desarrollen reguladores versátiles que pueden adaptarse a las condiciones de trabajo, tipos de almacenador y niveles de tensión. [18].



**Figura 7.** Esquema básico de Operación del Regulador de carga en Serie y Paralelo.[19]

Para dimensionar el regulador de carga se debe considerar un factor de seguridad de 1.25, con la finalidad que este equipo pueda soportar las corrientes máximas inyectadas por los paneles fotovoltaicos. [18]

$$I_{\text{picoRegulador}} [A]. = I_{sc} * \# \text{ pan} * \text{ Fac. Seg} \quad \text{Ecuación ( 8)}$$

- **Control en Paralelo**

Los reguladores tipo paralelo detectan la tensión en bornes de la batería y cuando el potencial alcanza un valor establecido de antemano crean una vía de baja resistencia para el grupo solar, derivando con ello la corriente y apartándola de las baterías. Un diodo en serie, interpuesto entre el regulador y la batería, impide que la corriente de la batería retorne a través del regulador o del panel solar. Los reguladores tipo paralelo han de disipar toda la corriente de salida del panel cuando el sistema de baterías alcanza el estado de plena carga. Otra característica de los reguladores en paralelo es que impide que las variaciones de la corriente de carga aparezcan en la fuente primaria lo que proporciona una facultad de aislamiento. [20].

- **Control Serie**

Los reguladores serie realizan la función de desconectar el panel de las baterías cuando se logre el estado de plena carga. Es equivalente a un conmutador conectado en serie que proporciona una vía de baja resistencia desde el grupo de paneles al sistema de baterías durante la carga y un circuito abierto entre ambos cuando las baterías se encuentran plenamente cargadas. [20].

Como elemento regulador se emplea un dispositivo semiconductor (normalmente transistores de potencia bipolares) capaz de conducir la corriente deseada en la carga, de soportar la diferencia de tensión entre la entrada y la salida y que está provisto de un sistema térmico capaz ceder al ambiente el calor generado por efecto Joule por la pérdida de potencia, sin alcanzar una temperatura peligrosa para la estructura. Este elemento es gobernado por un circuito de control que, comparando constantemente la tensión de las baterías con una tensión de referencia, entrega al regulador una señal para permitir o impedir el paso de corriente. En los reguladores en serie, la energía sobrante, disipada intencionadamente en forma de calor, aumenta en proporción directa con la carga a que es sometida la fuente. [20].

Los reguladores conectados en serie, virtualmente no disipan nada de energía y la única potencia que requieren es para alimentar los circuitos de control y detección. [20].

### **3.13 El Inversor o Convertidor de CC/CA**

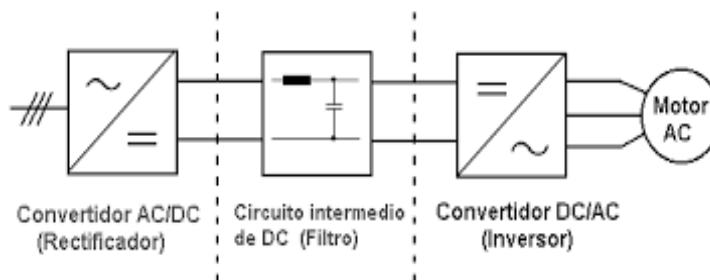
Un inversor, convierte la corriente continua en corriente alterna y también cambia el voltaje, en otras palabras, se trata de un adaptador de corriente que, basado en un sistema de baterías, permitiendo operar a los aparatos convencionales de Corriente Alterna directamente o por medio

de cableado de la vivienda convencional. Hay maneras de usar Corriente Directa, para un estilo de vida moderno, se requiere un inversor para la gran mayoría, si no todas sus cargas (en términos eléctricos, "cargas" son dispositivos que utilizan la energía eléctrica). Este inversor, se utiliza para alimentación fotovoltaica o Solar (energías renovables) en una casa conectada en circuitos independientes para alimentar la energía sobrante los equipos y lámpara que no rebasen el 80% de su capacidad. [21]

Los inversores, están disponibles para su uso en los edificios (hogares, negocios incluidos), para las aplicaciones en el campo, vehículos de recreo, barcos y aplicaciones portátiles, con ciertas consideraciones; que su técnico de confianza (Certificado en energías Alternativas), le recomendará. Pero hay que definir qué tipo de onda es la recomendable para ese determinado trabajo (equipo). [21]

El rendimiento de estos dispositivos disminuye cuando se aplica una potencia menor a la potencia nominal que requiere para funcionar de manera adecuada. Por tal motivo, para considerar el rendimiento de los inversores se debe tener en cuenta la demanda de energía. Para que el equipo no presente problemas durante el funcionamiento del sistema de generación fotovoltaica, se debe ajustar el inversor lo mejor posible a las necesidades reales de potencia de la instalación. [20]

La onda de salida es una forma de onda sinodal con distorsión armónica muy baja y la energía limpia como la utilidad de la electricidad suministrada. Las cargas inductivas como motores de microondas y correr más rápido, más silencioso y fresco. Reduce el ruido acústico y eléctrico de los ventiladores, luces fluorescentes, amplificadores de audio, televisión de fax y contestadores. Evita accidentes en las computadoras, las salidas de impresión extraña y fallas en los monitores. [21]



**Figura 8.** Características de la Tensión del Inversor. [20].

El inversor debe soportar los picos de demanda que producen la carga, de esta manera, la corriente pico que debe soportar el inversor se calcula de la siguiente manera: [20]

$$I_{\text{pico AC}} = \frac{P_{\text{AC}}}{V_{\text{R*fp}}} \text{ [A].} \quad \text{Ecuación ( 9)}$$

$P_{\text{AC}}$  = Potencia Instalada de equipos en corriente alterna [W].

$V_{\text{L}}$  = Voltaje laboratorio [V].

$F_{\text{p}}$  = Factor de potencia [Hz].

### 3.14 Guía básica dimensionamiento sistemas solares

#### 3.14.1 Método del amperio-hora

El amperio-hora indica la cantidad de carga eléctrica que pasa por los terminales de una batería (o de un conductor eléctrico) proporcionando una corriente eléctrica de 1 amperio (A) durante una hora (h). El amperio-hora se utiliza para medir la capacidad de una batería, es decir la cantidad de electricidad que puede almacenar durante la carga y devolver durante la descarga.

Dimensionamiento del banco de baterías.

$$C = \frac{C_{\text{AC}}}{\frac{E_{\text{finv}}}{V_{\text{cc}}}} \quad \text{Ecuación ( 10)}$$

Capacidad de la batería.

Dónde:

C= Capacidad de las baterías

CAC = Consumo de energía de cargas en corriente alterna

Efinv = Eficiencia de conversión de energía

Vcc = Voltaje en bornes de acumuladores

Considerando 2 días de autonomía, la capacidad de las baterías es igual a:

$$C' = C * \text{Días de autonomía}$$

**Ecuación ( 11)**

Capacidad del sistema de acumulación con días de autonomía

Debido a que las baterías no deben descargarse el 100% se considera un factor de descarga del 75%, de este modo se tiene:

$$C'' = \frac{C'}{\text{FDM}}$$

**Ecuación ( 12)**

Capacidad del sistema de acumulación con factor de descarga de la batería

Dónde:

$C'$  = Capacidad considerando días de autonomía.

FDM = Factor de descarga máxima.

$$\#B_{\text{paralelo}} = \frac{C'}{C_B}$$

**Ecuación ( 13)**

Baterías en paralelo.

Dónde:

#B<sub>paralelo</sub>= Numero de Baterías en Paralelo

Corrección del consumo

Se utiliza un factor que toma en consideración el rendimiento de carga de la batería, y por tanto el consumo en amperios-hora obtenidos en el paso anterior se incrementan por este factor para dar un consumo corregido.

El rendimiento de la batería depende del tipo de batería y de cuan de profundo es el ciclado diario

También se incluye un factor que tiene en cuenta el rendimiento del cableado del sistema (normalmente en torno al 0.98).

### **3.14.2 Conexión del banco de baterías**

Se debe de conectar tanto en paralelo como en serie cuando la suma de los voltajes de las baterías coincida justamente con la tensión de entrada del inversor y se puede determinar de la siguiente manera:

$$\#Bs = \frac{C'}{C_B} \quad \text{Ecuación ( 14)}$$

Donde:

$\#Bs$ : Numero de baterías conectadas

$C'$ : Capacidad autónoma

$C_B$ : Capacidad individual de las baterías.

Conexión de baterías en paralelo

$$\#B_{paralelo} = \frac{C'}{C_B} \quad \text{Ecuación ( 15)}$$

Donde:

$\#B_{paralelo}$ : Numero de baterías conectadas

$C'$ : Capacidad autónoma

$C_B$ : Capacidad individual de las baterías.

Dimensionamiento de parámetros del generador fotovoltaico

Cálculo de la potencia máxima y la corriente máxima.

Estimación del consumo

$$HSE = \frac{I_{pd}}{Est. sol} \quad \text{Ecuación ( 16)}$$

Donde:

$I_{pd}$  : Irridancia promedio al día.

*Est. sol*: Condición solar.

Establecimiento de la corriente de diseño de los módulos fotovoltaicos, y se determina de la siguiente manera:

$$I_{pico} = \frac{C}{HSE \times Efic. bat} [A]. \quad \text{Ecuación ( 17)}$$

Donde:

*I<sub>pico</sub>*: Corriente pico del sistema.

*C*: Capacidad de las baterías.

*HSE*: Horas equivalentes del sol

*Efic. Bat*: Eficiencia de las baterías.

**Tabla 3.** Eficiencia de conversión de energía

Eficiencia de conversión de energía	
Tipo de batería	Valor por defecto
Plomo-acido	0.8
Plomo-cálcico	0.6
Níquel-cadmio	0.9

Cantidad de módulos fotovoltaicos conectados en paralelo:

$$\#Pan. paralelo = \frac{I_{pico}}{I_{mp}} \quad \text{Ecuación ( 18)}$$

Donde:

*#Pan. paralelo*: Cantidad de paneles solares

*I<sub>pico</sub>*: Corriente pico del sistema [A].



$I_{mp}$ : Corriente a potencia nominal [A].

Cantidad de módulos fotovoltaicos conectados en serie, se puede expresar de la siguiente forma:

$$\#Pan. serie = \frac{V_{ns}}{V_{nm}} \quad \text{Ecuación ( 19)}$$

Donde:

$\#Pan. serie_$ : Cantidad de paneles solares

$V_{ns}$ : Voltaje nominal del sistema [A].

$V_{mm}$ : Voltaje nominal del módulo fotovoltaico [V].

Dimensionamiento del inversor

Para dimensionar el inversor se debe tener en cuenta que la capacidad de este debe ser mayor a la carga total instalada en corriente alterna, es decir:

$$I_{picoAC} = \frac{P_{AC}}{V_R \times f_p} \text{ [A]}. \quad \text{Ecuación ( 20)}$$

Donde:

$I_{picoAC}$ : Corriente pico del inversor [A].

$P_{AC}$ : Potencia instalada en AC [W].

$V_R$ : Voltaje de salida del inversor [V].

$f_p$ : Factor de potencia del sistema [Hz].

Dimensionamiento del conductor

Caída de voltaje

$$I_{max}[A] = 1.15 \times I_c \quad \text{Ecuación ( 21)}$$

$$\Delta V(\%) = R_c \times I_{max}$$

**Ecuación ( 22)**

$$\Delta V = \frac{\Delta V(\%) \times V_{nominal}}{100}$$

**Ecuación ( 23)**

Donde:

$\Delta V$ : Caída de tensión en el conductor, viene dado en Voltios (V).

$I_{max}$ : Corriente máxima que circula por el conductor, viene dado en Amperios (A).

$\Delta V(\%)$ : Caída de tensión en porcentaje respecto al nominal.

$V_{nominal}$ : Voltaje nominal del sistema, 12 Vcc y 110 Vca.

**Tabla 4.** Límites para caída de tensión

$\Delta V$	$\Delta V(\%)$
Línea/Generador/regulador	< 3%
Línea/Batería/regulador	< 1%
Línea/regulador/cargas	< 5%
Línea/batería/ inersor	< 1%

Resistencia en el conductor.

$$R_c = \frac{\rho \times l}{S} [\Omega].$$

**Ecuación ( 24)**

Donde:

$R_c$ : Resistencia óhmica del conductor, expresada en ohmios [ $\Omega$ ].

$\rho$ : Resistividad del elemento conductor [W].

$l$ : Longitud del conductor, viene dada en metros [m].

$S$ : Sección del conductor.

Perdidas en el elemento conductor, viene expresada de la siguiente manera:

$$P_c = I_{max}^2 \times R_c \quad \text{Ecuación ( 25)}$$

Donde:

$I_{max}$ : Corriente máxima que circula por el conductor, viene dado en Amperios [A].

$P_c$ : Potencia de pérdidas en el conductor [W].

$R_c$ : Resistencia óhmica del conductor, expresada en ohmios [ $\Omega$ ].

Perdida de energía en el conductor, viene expresada de la siguiente manera:

$$E_p = P_c \times T_{uso} \quad [\text{Wh/día}]. \quad \text{Ecuación ( 26)}$$

### 3.15 ¿Qué es la transferencia automática de energía?

La transferencia automática es un accesorio de la planta eléctrica, se instala en la edificación a respaldar con el generador eléctrico, el dispositivo detecta la falla en el suministro eléctrico y ordena automáticamente a la planta eléctrica que se encienda (Sistema Fotovoltaico). [22]

La planta eléctrica se enciende y una vez la transferencia detecta su funcionamiento, hace que el generador suministre la energía al sitio a respaldar, normaliza el suministro de la energía eléctrica comercial y la transferencia apaga la planta eléctrica.[22]

La transferencia automática es un complemento muy útil para la planta eléctrica cuando la necesidad de energía eléctrica es constante para garantizar la seguridad de las personas y de los locales comerciales, conservación de alimentos, funcionamiento de equipos y maquinarias para procesos productivos y de atención al cliente. Tiene la ventaja de adaptarse a las necesidades del cliente, pudiéndose programar tiempos de encendido y apagado con un reloj que es adaptado y sincronizado, el cual puede reprogramarse cuando los usuarios así lo requieran.[22]

### **3.15.1 Partes del Sistema de Transferencia Automática**

Las partes que conforma un sistema básico de transferencia son:

#### **3.15.2 Interruptor de Transferencia**

Los conmutadores de transferencia son actualmente conocidos como interruptores de transferencia. Son dispositivos que cambian de una fuente de alimentación a otra. Son esenciales en los generadores eléctricos y grupos electrógenos, mediante este sistema, pasan de una toma de energía a otra en el momento en que la fuente de energía principal falla. [6]

#### **3.15.3 Mecanismo de Enclavamiento**

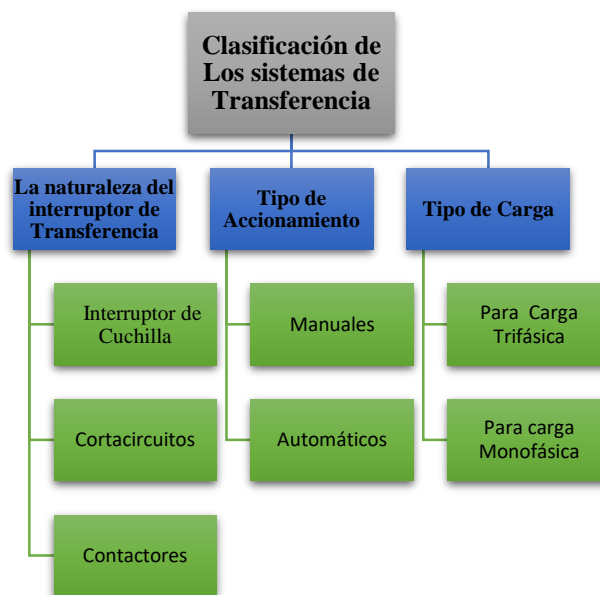
Se denomina enclavamiento como un sistema que se interpone entre dos elementos de forma que impida que los dos puedan estar conectados al mismo tiempo. Los enclavamientos en los circuitos eléctricos o circuitos de automatismos suelen emplearse la mayoría de las veces sobre el mismo motor eléctrico, este sistema impide por ejemplo, que un mismo motor gire a la vez a derechas y a izquierdas. Parece un poco ilógico pensar que alguien pretenda hacer girar al mismo motor en los dos sentidos al mismo tiempo, ya que se produce un cortocircuito al llevar fases distintas al mismo receptor, pero por un descuido o una imprudencia podría darse. Por ello, aunque parezca innecesario, en todos los circuitos que corren un cierto riesgo de efectuarse operaciones totalmente incompatibles entre ellas, es necesario pensar en la forma de que no se pueda dar esa posibilidad bajo ninguna circunstancia, impedir que un motor gire en ambos sentidos a la vez, en el arranque

de un motor trifásico también se debe insertar algún tipo de enclavamiento. Será necesario hacerlo también cuando por diversas circunstancias el accionamiento de dos motores que hacen funciones diferentes no sea compatible.[23]



**Figura 9.** Contactores. [23]

### 3.16 Clasificación de los sistemas de transferencia



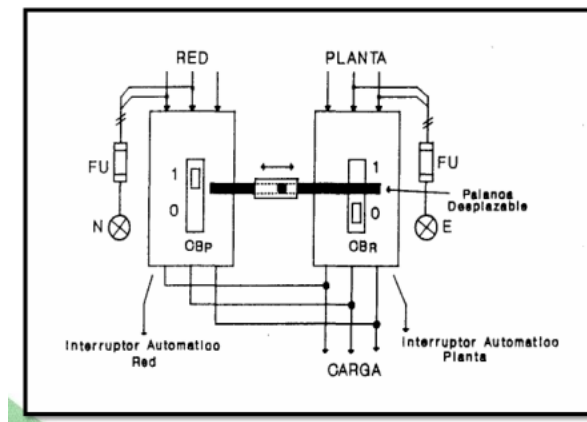
**Figura 10.** Clasificación de los sistemas de Transferencia.

**Realizado por:** El autor

### 3.16.1 Por tipo de Accionamiento

#### 1. Transferencia Manual

Es aquel que tiene un sistema de ATS que le ayuda a cambiar de una red de energía a otra sin necesidad de que la persona haga el trabajo. Bastará con que la red principal falle para que el conmutador cambie por sí mismo a la red auxiliar. En el momento en que el servicio se reestablezca, cambiará de nuevo a la red principal sin demasiados contratiempos. [24]



**Figura 11.** Transferencia Manual.[24]

#### 2. Transferencia Automática

Este es el tipo de conmutador clásico que debes ser manipularlo manualmente para que entre en funcionamiento. Este tipo de transferencia necesita de un operador que mueva el interruptor de posición para que empiece a tomar la energía de la red eléctrica auxiliar. La desventaja es que necesita de un operador para hacer la conmutación.[24]

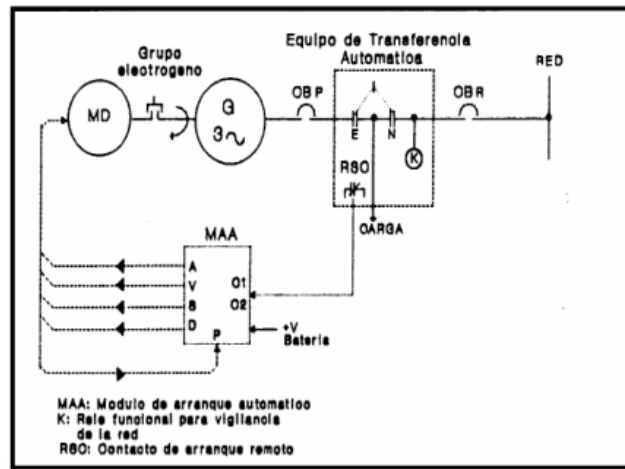


Figura 12. Transferencia Automática.[24]

### 3.16.2 Por la Naturaleza del Interruptor de Transferencia

#### 3.16.3 Interruptor de cuchilla

Este mecanismo se usa para corte eléctrico en instalaciones de alta potencia. Los hay monofásicos, bifásicos y trifásicos. [25]

Los interruptores de cuchilla tienen varias partes:

1. **La base:** puede ser de madera o de piedra, los mejores y que sirven para un uso más prolongado son los de piedra, pudiendo ser de granito, pizarra, etc. Además, la base tiene que ser aislante.
2. **Palanca:** la cual posee las cuchillas que hacen contacto en los terminales de los fusibles y la palanca propiamente dicha. En la palanca se encuentra el mango que tiene que ser de material aislante (madera o piedra tallada).[25]
3. **Fusibles:** en este caso son unos sencillos cables de cobre que dependiendo del grosor sirven para mayor o menor intensidad. En la actualidad los fusibles son de recubrimiento cerámico y calibrados para que sean más exactos en su funcionamiento, así la seguridad es mayor en la instalación que se desea proteger.[25]
4. **Contactores:** son los bornes de cobre en los que reposa la palanca y cierra el circuito. Además, en los contactores se conecta los cables de la instalación eléctrica a la que se desea dar servicio.[25]



**Figura 13.** Interruptor de Cuchilla.[25]

### **3.16.3.1 Contactores**

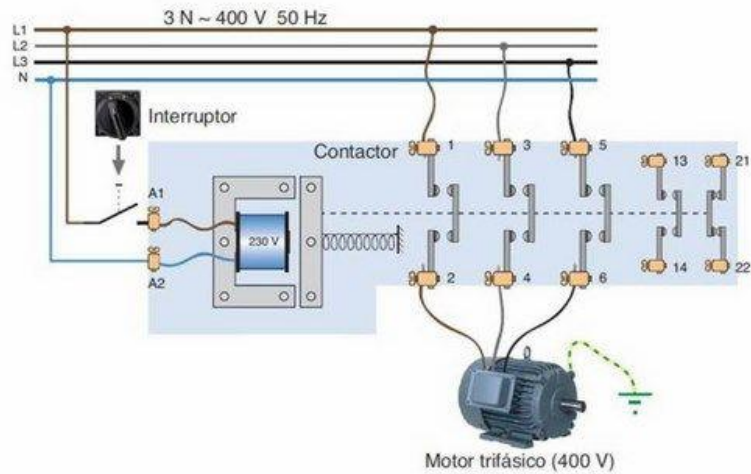
El contactor es un aparato eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Es la pieza clave del automatismo en el sistema de transferencia.

Su principal aplicación es la de efectuar maniobras de apertura y cierre de circuitos eléctricos relacionados con instalaciones de motores. Excepto los pequeños motores, que son accionados manualmente o por relés, el resto de motores se accionan por contactores.[26]

Un contactor está formado por una bobina y unos contactos, que pueden estar abiertos o cerrados, y que hacen de interruptores de apertura y cierre de la corriente en el circuito.[26]

La bobina es un electroimán que acciona los contactos cuando le llega corriente, abre los contactos cerrados y cierra los contactos abiertos. De esta forma se dice que el contactor está accionado o "enclavado". Cuando le deja de llegar corriente a la bobina los contactos vuelven a su estado anterior de reposo y el contactor está sin accionar o en reposo. [26]



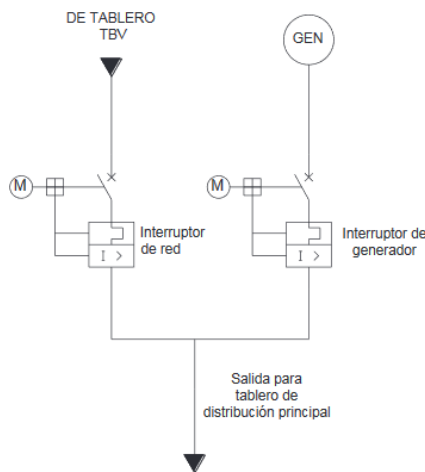


**Figura 14.** Funcionamiento del contactor.[26]

### 3.17 Tablero de transferencia Automática

El tablero de transferencia está compuesto por un interruptor de transferencia que realiza la conmutación de la fuente primaria de energía a una segunda fuente de energía que puede ser de emergencia o respaldo. Esta transferencia puede realizarse de forma automática o manual.[27]

Existen en la actualidad 3 tipos de interruptores más ocupados, el interruptor de transferencia automática (ATS, en la sigla del inglés automatic transfer switch o automatic transfer system), el interruptor de transferencia estático (STS, de las siglas en inglés Static TransferSwitch) y el interruptor de transferencia manual (MTS, de la sigla en inglés Manual TransferSwitch).[27]

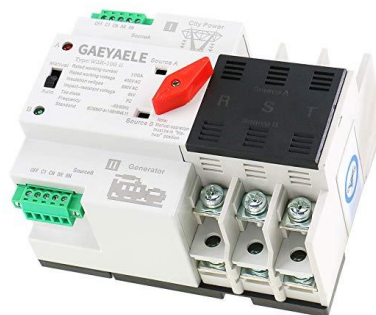


**Figura 15.** Diagrama Unifilar Tablero de Transferencia Automática[27]

### **3.18 Módulo de Transferencia Automática GAEYAELE W2R-3P Din Rail Mounted Automatic Transfer Switch Three Phase ATS 100A Power Transfer Switch (W2R 3P 100A)**

El interruptor de transferencia automática de doble potencia de la serie W2R es un nuevo interruptor de transferencia de energía micro doméstico desarrollado. El interruptor se utiliza principalmente para probar si la energía normal o de reserva es normal o no. Cuando la energía normal es anormal, la energía de reserva funciona de una vez, lo que garantiza la continuidad, confiabilidad y seguridad de la fuente de alimentación. El producto está especialmente diseñado para la instalación doméstica de tipo órbita y se utiliza especialmente en la caja de distribución de energía PZ30.

El interruptor de transferencia automática de la serie W2R es adecuado para el sistema de suministro de energía de emergencia con corriente alterna de 50 o 60 Hz de 400V 60A. TSE es compacto en estructura, confiable en transferencia, conveniente en instalación y mantenimiento, y tiene una larga vida útil. Ampliamente utilizado en varias ocasiones donde no se permite la falla de energía continua, se puede operar tanto eléctrica como manualmente.



**Figura 16.** Módulo de Transferencia GAEYAELE W2R-3P Din Rail Mounted Automatic Transfer Switch Three Phase ATS 100A Power Transfer Switch.

### 3.19 Características Técnicas del Módulo de Transferencia Automática GAEYAELE W2R-3P Din Rail Mounted Automatic Transfer Switch Three Phase ATS 100A Power Transfer Switch (W2R 3P 100A).

**Tabla 5.** Características Técnicas del Módulo de Transferencia Automática GAEYAELE W2R-3P Din Rail Mounted Automatic Transfer Switch Three Phase ATS 100A.

<b>Tipo:</b>	caja moldeada
<b>Número de modelo:</b>	W2R ATS 3P
<b>Está personalizado:</b>	sí
<b>Nombre del producto:</b>	Interruptor de transferencia automática de doble potencia ATS
<b>Voltaje de aislamiento:</b>	CA 690V
<b>Tensión nominal:</b>	CA110 V
<b>Frecuencia nominal:</b>	50 / 60Hz
<b>Corriente nominal en:</b>	100A
<b>Garantía:</b>	2 años
<b>Montaje:</b>	Carril Din
<b>MOQ:</b>	1 piezas

## 4 METODOLOGÍA

**Tabla 6.** Metodología de la Propuesta Tecnológica del Proyecto

<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENCION</b>	<b>INDICADORES</b>
Repotenciar los equipos del sistema fotovoltaico conectado a la red del laboratorio de granos de la hacienda Salache.	<b>Independiente:</b> Capacidad de generación (ampliar).	Cantidad de paneles solares	Valor de la Radiación solar en el Campus Salache

Implementar un sistema de transferencia automático entre el sistema de generación fotovoltaico y el suministro de red eléctrica pública.	<b>Dependiente:</b> Mayor eficiencia en la carga	Cantidad de Paneles Solares, baterías.	Números de Paneles y baterías a utilizar
Analizar la viabilidad técnico económico del sistema fotovoltaico implementado en su totalidad.		Funcionamiento del Sistema	Comportamiento del sistema durante las pruebas de Funcionamiento.

**Realizado por:** El autor.

#### 4.15 Tipos De Investigacion

Las técnica, métodos y tipos de investigación aplicados en el presente estudio van acorde a su fin.

##### 4.15.1 Investigación de campo

Es aquella que se aplica extrayendo datos e informaciones directamente de la realidad a través del uso de técnicas de recolección (como entrevistas o encuestas) con el fin de dar respuesta a alguna situación o problema planteado previamente.

Esta investigación se desarrolla en el laboratorio de granos andinos de la Universidad técnica de Cotopaxi en el proyecto de implementación del sistema fotovoltaico con el fin de determinar la situación actual del mismo, datos tales como determinación de generación y carga instalada.

##### 4.15.2 La investigación bibliográfica

Constituye una excelente introducción a todos los otros tipos de investigación, además de que constituye una necesaria primera etapa de todas ellas, puesto que ésta proporciona el conocimiento de las investigaciones ya existentes –teorías, hipótesis, experimentos, resultados, instrumentos y técnicas usadas- acerca del tema o problema que el investigador se propone investigar o resolver.

Para la implementación de este proyecto se desarrolló el estudio del arte lo cual permitió obtener la información necesaria para el análisis del sistema existente para a continuación detectar las fallas y proceder al cálculo de los nuevos equipos a instalar.

#### **4.15.3 La investigación descriptiva**

Para poder comparar los resultados obtenidos por el levantamiento de datos por medio de la placa de datos de los equipos instalados se instaló un analizador de calidad de energía el mismo que entre otros datos permitió tomar la potencia pico del sistema y compararlo con el tomado en sitio de placa.

### **4.16 Métodos De Investigación**

#### **4.16.1 El método inductivo o inductivismo**

Es aquel método científico que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. Se trata del método científico más usual, en el que pueden distinguirse cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos para su registro; la clasificación y el estudio de estos hechos; la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización; y la contrastación.

Por medio de la instalación del analizador de calidad de energía se pudo ver el estado energético del laboratorio y registrar los datos, estos datos permitió verificar picos máximos de corriente potencia y voltaje determinando los equipos que inducen a la caída del sistema para considerar en la repotenciación.

#### **4.16.2 El método deductivo.**

Este un método científico que considera que la conclusión se halla implícita dentro las premisas. Esto quiere decir que las conclusiones son una consecuencia necesaria de las premisas: cuando las

premisas resultan verdaderas y el razonamiento deductivo tiene validez, no hay forma de que la conclusión no sea verdadera.

Este método permitió determinar la capacidad del tablero de transferencia automática en función a la determinación de la demanda instalada, así como la capacidad máxima de generación de los paneles solares y la potencia del inversor a ser instalado.

#### **4.16.3 El método analítico.**

Es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías.

La aplicación de este método nos permitió analizar e interpretar los datos obtenidos por el analizador de calidad de energía para así poder determinar la real demanda y los picos de corriente del sistema y poderlos utilizar para el rediseño del proyecto implementado con anterioridad.

### **4.17 Técnicas.**

#### **4.17.1 La observación.**

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos.

Esta técnica permitió observar el estado actual del sistema existente para poder rediseñarlo además de realizar levantamiento de información de placa de datos de equipos por medio de la técnica de la observación.

#### **4.17.2 El diálogo con el trabajador, o la entrevista**

Es una técnica de investigación cuyo objetivo principal es obtener cierta información, mediante una conversación profesional con una o varias personas.

Se desarrolló esta técnica mediante la entrevista que se le aplicó a la principal persona que administra el laboratorio, para poder seleccionar las cargas fundamentales a ser energizadas por el sistema fotovoltaico.

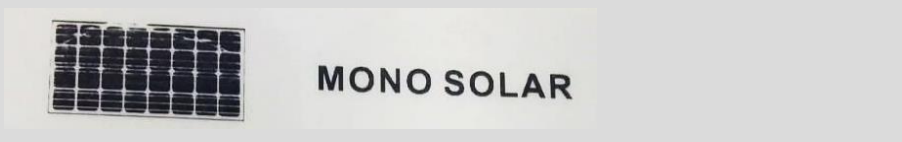
## 5 DISEÑO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Con el fin de proporcionar energía limpia y de bajo costo se implementó un sistema de generación fotovoltaico y una transferencia manual de carga para la alimentación eléctrica del invernadero de la Universidad Técnica de Cotopaxi ubicado en el sector de Salache, dedicado al cultivo de granos nativos, se pretendió abastecer de energía eléctrica aparte de la carga existente en el laboratorio de granos andinos lamentablemente algunas de estas cargas presentan comportamientos de altos puntos de intensidad al arranque los que llevan a desvanecer el sistema fotovoltaico, mismo que dispone de un 50% más de capacidad de generación, los cuales serán habilitados con los equipos necesarios para garantizar la eficiencia del sistema, así mismo se automatizará la transferencia de alimentación.

### 5.1 Descripción del sistema fotovoltaico existente.

En la parte de atrás del laboratorio existe una bodega de aproximadamente 12 metros cuadrados con una cubierta de aproximadamente unos 14 metros cuadrados de área en la cual se encuentran montados 10 módulos solares mismos que cuentan con las siguientes características cada uno:

**Tabla 7.** Datos de placa de paneles solares instalados.

						Voltaje	Capacidad
(Pmax)	(Voc)	(Icc)	(Vmp)	(Imp)	(NOCT)	máximo del Sistema	Máxima del Fusible en Serie
150 W	22.32 V	9.00 A	18.0 V	8.34 A	48 ± 2°C	1000VDC	18A

Potencia Máxima Nominal (Pmax)

Voltaje de Circuito Abierto (Voc)

Corriente de Cortocircuito (Icc)

Voltaje a Pmax (Vmp)

Corriente a Pmax (Imp)

Temperatura Nominal de la celda de Operación (NOCT)

Voltaje máximo del Sistema

Capacidad Máxima del Fusible en Serie

De este total de generación fotovoltaica existente instalada, solo 5 módulos que están proporcionando energía al sistema misma que es controlada y regulada por un regulador de carga de 60A.

**Tabla 8.** Características de regulador de carga Tristar



### **Regulador de carga TriStar TS-60**

#### **Características**

<b>Max. Current ratings:</b>	Solar Current 60A.
	Load Current 60A



<b>Range of Operating Temperature:</b>	-40 °C to 45°C.
<b>Maximun Solar:</b>	Input (open circuit) 125 Vdc
<b>Maximun Interrupting current rating:</b>	75 A

Esta energía regulada es acumulad en el banco de batería conectado en paralelo con una capacidad de acumulación de 418.88 Ah. Mismo que está constituido por cinco baterías de 100Ah / 12V cada una:

**Tabla 9.** Características banco de baterias



**Banco de baterías capacidad 418.11Ah**

**Características**

<b>Marca:</b>	RITAR
<b>Nivel de Voltaje DC:</b>	12VDC
<b>Capacidad Ah:</b>	100

El sistema alimenta las cargas instaladas que serán descritas más adelante, esta demanda de energía es convertida y suministrada por medio de un inversor de voltaje de 2000W de potencia que pretendía alimentar una carga estimada de 2650W por lo cual es una de las fallas encontradas.

**Tabla 10.** Características del Inversor de voltaje

**Características del Inversor de voltaje**

(SPC) W	(Pmax.S) W	(VE/DC) V	(VS/CA) V	(Ef-con) %	(Fsal.) Hz	(AIBT) V	(ApBT) VDC	(CAV) VDC	(PSob) W
2000	4000	12	110- 120	85	60 $\pm Hz$	10.2- 10.8	9.2-9.8	15-16	2200 $\pm 150$

Salida de potencia Continua (SPC)

Potencia Máxima de Salida (Pmax.S)

Voltaje de Entrada DC (VE/DC)

Voltaje de salida de CA (VS/CA)

Eficiencia de conversión. (Ef-con)

Frecuencia de Salida (Fsal.)

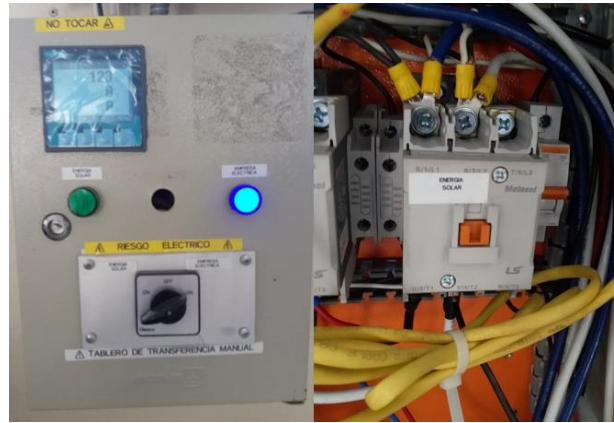
Alarma de Baja tensión (AIBT)

Apagado de Baja Tensión. (ApBT)

Cierre de alto voltaje. (CAV)

Protección de sobrecarga. (PSob)

Al tratarse de un sistema de generación fotovoltaico del tipo “conectado a la red” fue implementado con el proyecto un sistema de transferencia de demanda del tipo manual el cual se desarrolló mediante el montaje de un gabinete eléctrico con un sistema conformado por contactores, un breaker de protección, un selector de tres posiciones del tipo manual un multímetro digital (Sentron Pac), luces piloto, accesorios y cables de conexión. El mismo que indica en la imagen a continuación.



**Figura 17.** Transferencia manual proyecto inicial.

Al tratarse de un sistema controlado por los contactores la principal acción de los mismos es cambiar la fuente de alimentación una vez que el contacto cerrado detecta la interrupción realiza el cambio y transfiere al segundo contactor la alimentación de energía, sin embargo, la carga controlada por esta transferencia necesita ser posicionada en la barra del lado contrario a la falla y es ahí donde se vuelve obsoleta la transferencia ya que no garantiza continuidad y eficiencia del suministro eléctrico al no estar presente una persona en el lugar de operación, cabe recalcar que al tener en él un polo de la transferencia un sistema de generación renovable aplicado a la energía solar el mismo que por condiciones climáticas puede ser más probable que se presente una falta de generación y caiga el sistema nos confirma la falta de eficiencia de la transferencia.

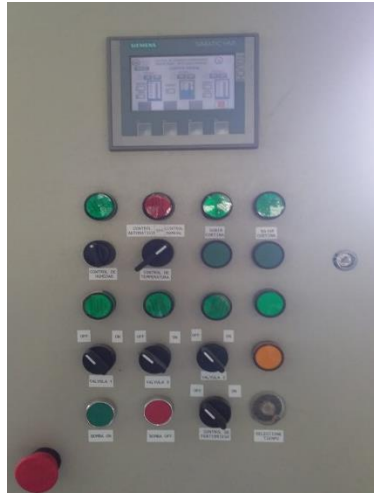
## **5.2 Incidencia de la transferencia manual al sistema implementado**

Independientemente de la fuente de generación que este atravesando la transferencia de carga la falta de operación en esta implica en el buen funcionamiento de estaciones tales como:

### **5.2.1 Sistema de control PLC/SCADA**

El sistema de transferencia de datos SCADA que fue implementado en paralelo al proyecto fotovoltaico permite enviar información relevante del proyecto tales como niveles de voltaje, corriente, potencia consumida, variaciones de humedad, temperatura, etc. Información que principalmente es monitoreada desde la matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el laboratorio de electricidad, el consumo del tablero del PLC es energizado por medio de la transferencia implementando proponiendo la opción de al presentarse una falla de alimentación de

energía y no poder operar el selector manual el sistema scada se caería y por ende la información dejaría de ser transmitida, dándonos como resultados falta de registro de algún evento importante presente durante la falla.



**Figura 18.** Control SCADA temperatura humedad.

### **5.2.2 Sistema de bombeo y sensores de control del invernadero**

Estos equipos fue la parte principal a energizar con la implementación del sistema solar ya que el abastecimiento eléctrico del laboratorio era prioridad, al disponer de equipos como bombas de agua encargadas de la inyección del líquido a los sembríos, así como sensores de control de temperatura y humedad instalado que al dejar de operar prácticamente implica directamente con la producción y operación del sistema de cultivo efectuado en el invernadero y al estar alimentado, por medio del sistema de transferencia manual las opciones a que deje de operar son muy altas.



**Figura 19.** Sensores control temperatura y humedad.

### **5.2.3 Cargas especiales seleccionadas del laboratorio**

La transferencia de carga manual instalada en el proyecto fotovoltaico además de controlar cargas de bajo consumo tales como las anteriormente mencionadas, también controlan cargas de consumo residencial importantes para la producción y conservación de la materia prima del cultivo entre estas cargas se tiene un congelador en el cual se mantiene la semilla bajo condiciones óptimas de conservación, así mismo se cuenta con un sistema de monitoreo meteorológico el cual tampoco puede dejar de recibir información, pues incide en el sistema de altas potencias también como se puede notar.

## **5.3 Análisis de la carga instalada**

Se realizó la determinación de la demanda instalada por medio de dos métodos para poder tener certeza de la demanda de diseño para el dimensionamiento de equipos, los métodos se describen a continuación:

### **5.3.1 Determinación de la demanda por medio de levantamiento de datos**

Para la determinación de la carga existente entre el laboratorio y el invernadero de granos andinos se realizó un levantamiento de las cargas existentes entre iluminación y fuerza mismas que por medio de su potencia permitió determinar la potencia total de las instalaciones a energizar y así determinar las cargas seleccionadas a alimentar. El sistema de generación fotovoltaico tiene como

prioridad alimentar un sistema de control riego, temperatura y ventilación, las cuales se encuentran en el invernadero que se ubica detrás del laboratorio de granos andinos del campus Salache. Debido a que dichos equipos funcionaran solo unos minutos, se prevé utilizar el resto de energía acumulada en las baterías para alimentar la carga más prioritaria del laboratorio de granos andinos.

**Tabla 11.** Potencia instalada

<b>Cargas instaladas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P (W)</b>
Sistema PLC y transferencia automática	1	85
Control de riego de agua (invernadero)	1	745,7
Ventilador (invernadero)	1	250
Mini motor elevador de cuerda (invernadero)	2	1140
Microondas	1	1350
Pantalla LCD HACER	1	12
Generador de ozono	1	140
Impresora EPSON L575	1	10
Bascula digital	1	10
Bascula electrónica	1	60
Impresora M452	1	570
Pantalla Ambient Wether	1	7,2
Mini enfriador	1	83
Refrigerador	1	290
Congelador	1	300
Modem Hp	1	4,15
Computadora de mesa Hp con CPU	1	68
Cafetera	1	100
Lámpara Osram	1	32
Microscopio	1	30
Impresora (PriXma) hp	1	365
Sistema de iluminación	1	140
		<b>Total</b> 5792,05

### 5.3.2 Determinacion de la energia del sistema con analizador de carga.

Un analizador de carga fue instalado por un lapso de 7 días para poder determinar el comportamiento de las cargas existentes y así poder determinar con mayor exactitud cuáles son los comportamientos de las cargas que se estiman dan de baja el sistema fotovoltaico La grafica a

continuación nos indican el comportamiento pico de las intensidades instaladas, además de poder determinar la demanda estimada instalada del sistema de 5,7KW.



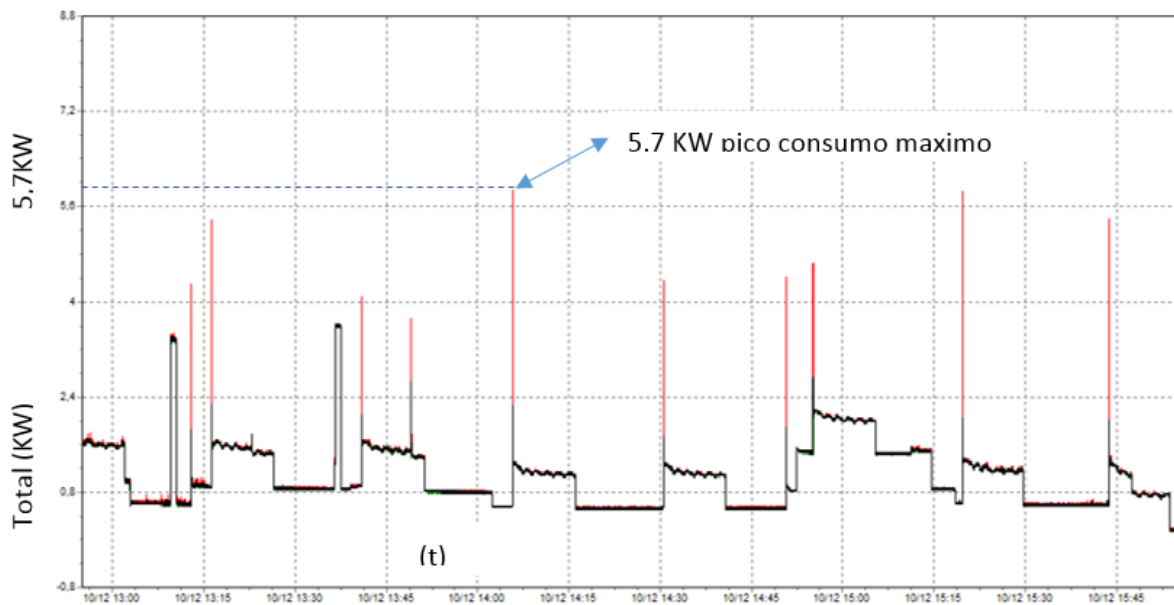
**Figura 20.** Analizador de carga Fluke 435.

### **5.3.3 Valoración de datos obtenidos del analizador de calidad de energía.**

Al transcurrido los 7 días en el que el analizador de calidad de energía acumulo datos del comportamiento de la demanda instalada en el laboratorio fueron descargados a través del software Power Log 430-II a continuación se realizara un breve análisis de los datos de corriente, voltaje y potencia obtenidos.

### **5.3.4 Análisis de potencia máxima del sistema**

Por medio de la siguiente figura se puede determinar el comportamiento de la potencia en el sistema analizado dándonos como resultado un patrón en el que el punto máximo de potencia nos indica un valor aproximado de 5.7KW dándonos un valor similar al de la demanda instalada obtenido a través de levantamiento de datos de potencia de placa de equipos.

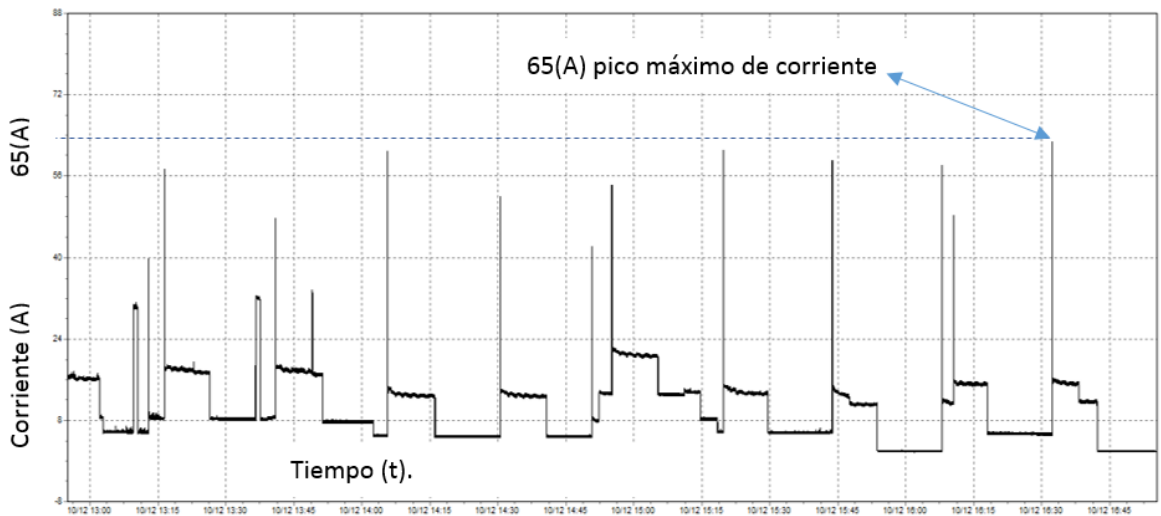


**Figura 21.** Analisis de potencia maxima del sistema.

### 5.3.5 Análisis de picos de corriente

Al observar el patrón del comportamiento de la corriente en la fase del sistema se puede determinar que la corriente se mantiene estable entre los 8A y los 21A sin embargo se puede apreciar un patrón de tres picos de corriente que se mantienen permanente durante los siete días en que el analizador de calidad de energía recopiló datos picos que fluctúan entre los 31A y los 65A, al tratar de identificar físicamente cuales son los equipos que producen estos picos de corriente los resultados del análisis son apegados a la realidad, tenemos tres equipos de refrigeración en el laboratorio mismos que presentan diferentes potencias de operación al entender el principio de funcionamiento de un equipo de refrigeración nos encontramos con un motor de arranque para su sistema de compresión mismo que al descargarse y al volver a cargar forzosamente producen corrientes de arranque elevadas dichas corrientes son reflejadas en la figura de a continuación:





**Figura 22.** Análisis de Picos de Corriente.

### 5.3.6 Resultados de demanda obtenida

Mediante los métodos de analizador de carga y levantamiento de datos se pudo determinar las siguientes demandas instaladas en el sistema las cuales tiene una similitud muy significativa con muy poca diferencia de variación por lo cual para diseño del proyecto se utilizará el dato obtenido por el levantamiento de datos.

**Tabla 12.** Dimensionamiento de la demanda instalada

#### Dimensionamiento de la demanda instalada

Método	Potencia
Levantamiento de datos:	5.4 KW
Analizador de carga Fluke 435:	5.7 KW

### 5.3.7 Selección de equipos de mayor importancia a energizar.

Una vez fija la potencia instalada en el laboratorio e invernadero de granos es necesario establecer con la máxima autoridad responsable del laboratorio el Ing. Rivera Marco los equipos de mayor importancia a ser alimentados en función a la capacidad del banco de acumuladores pre establecido al proyecto de generación fotovoltaica inicial, de dicha entrevista se resolvió energizar las siguientes cargas:

**Tabla 13.** Equipos de mayor Importancia a energizar

<b>Cargas instaladas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P (W)</b>
Sistema PLC y transferencia automática	1	20
Control de riego de agua (invernadero)	1	745,7
Ventilador (invernadero)	1	250
Mini motor elevador de cuerda (invernadero)	2	1140
Pantalla LCD HACER	1	12
Modem Hp	1	4,15
Impresora EPSON L575	1	11
Pantalla Ambient Wether	1	7,2
Lámpara Osram	1	32
Impresora (PriXma) hp	1	365
		<b>Total 2587.15</b>

Entre estas cargas seleccionadas se encuentran equipos de estación meteorológica los cuales no pueden ser des energizados, así como equipos de cómputo que conllevan el desarrollo de este proyecto de producción.

### 5.3.8 Energía consumida por el sistema en kwh/día

**Tabla 14.** Energía consumida en kW/h/día

<b>Cargas instaladas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P (W)</b>	<b>Tiempo en uso</b>	<b>Energía (Wh/día)</b>
Sistema PLC y transferencia automática	1	20	24	480
Control de riego de agua (invernadero)	1	745,7	0.5	372.85
Ventilador (invernadero)	1	250	0,25	62.5
Mini motor elevador de cuerda (invernadero)	2	1140	0,25	285
Pantalla LCD HACER	1	12	24	288
Modem Hp	1	4,15	24	99.6
Impresora EPSON L575	1	11	1	11
Pantalla Ambient Wether	1	7,2	24	172,2
Lámpara Osram	1	32	4	128

<b>Total</b>	<b>1899.2</b>
--------------	---------------

## 5.4 Reconfiguración y automatización del sistema fotovoltaico

A continuación, se desarrollará el dimensionamiento y la reconfiguración el sistema fotovoltaico en función a la capacidad preestablecida del banco de baterías y a la carga instalada del seleccionada del laboratorio de granos.

### 5.4.1 Determinación de la capacidad de acumulación

Para el desarrollo de la repotenciación del sistema de generación fotovoltaico es necesario considerar una capacidad de almacenamiento ya definida la misma que está constituida por un banco de cinco baterías de 12V cada una con un rendimiento de 100Ah, es por este motivo que se ha establecido la carga a energizar en un valor similar al del consumo de energía del primer diseño del proyecto que era 1602,25 Wh/día ya que de este valor y de la eficiencia de conversión del inversor de voltaje depende establecernos dentro de los rangos permitidos de las baterías. Y ajustarnos a su capacidad de acumulación. De esta manera aplicando la siguiente ecuación se obtiene:

$$C = \frac{\frac{C_{AC}}{E_{finv}}}{V_{cc}} = \frac{\frac{1899.2}{0.85}}{12} = 186.2 \left[ \frac{A.h}{día} \right]$$

Considerar 2 días de autonomía, por lo tanto, se obtiene que:

$$C' = C * \text{Días de autonomía} = 186.2 \left[ \frac{A.h}{día} \right] * 2 \text{ día} = 372.4 \text{ [Ah]}$$

Factor de descarga del 75%, de este modo se tiene la capacidad nominal del sistema de acumulación:

Dónde:

$$C'' = \frac{C'}{FDM} = \frac{372.4 \text{ [Ah]}}{0.75} = 496.53 \text{ [Ah]}$$

Baterías utilizadas para diseño inicial.

**Tabla 15.** Características de la batería utilizada.



**Banco de baterías capacidad 418.11Ah**

**Características**

<b>Marca:</b>	RITAR
<b>Nivel de Voltaje DC:</b>	12VDC
<b>Capacidad Ah:</b>	100

$$\#B_{\text{paralelo}} = \frac{496.53[Ah]}{100[Ah]} = 4.96; \text{ se utilizará 5 acumuladores.}$$

El valor que se encuentra en el rango permitido de numero de acumuladores instalados que es de 5 unidades en paralelo conformando un banco de acumuladores.

Entonces se mantendrá el uso de 5 baterías en el rediseño del proyecto.

#### **5.4.2 Incremento de capacidad de generacion solar**

A continuación, se revisará los datos de irradiación solar obtenidos por diseñadores del primer proyecto al ser datos de recopilación reciente su aplicación es netamente factible.

#### **5.4.3 Determinación de paneles fotovoltaicos**

Los paneles a incrementar en el proyecto son los anteriormente descritos ya que se encuentran instalado y montados solo siendo necesario su incorporación al sistema para empezar a generar.

#### **5.4.4 Irradiación horizontal diaria para Salache**

En la tabla 6 mostrada a continuación, se indican los valores obtenidos en el programa Retscreen Expert por los diseñadores iniciales.

**Tabla 16** Valores obtenidos en el programa Retscreen Expert.

Mes	Temperatura del Aire	Humedad Relativa	Precipitación	Radiación Solar diria horizontal	Presión Atmosférica	Velocidad del viento	Temperatura del Suelo	Grados días de Calefacción	Grados días de Refrigeración
	°C	%	mm	kWh/m <sup>2</sup> /d	KPa	m/s	°C	C-d	C-d
Enero	11,4	84,9	134,23	4,39	71,5	1,9	13	205	43
Febrero	11,14	86,3	157,92	4,46	71,6	1,9	12,9	185	39
Marzo	11,14	86,6	172,36	4,64	71,6	2	12,8	205	43
Abril	11,15	86,6	174,3	4,45	71,6	2	12,8	195	45
Mayo	11,2	85,6	130,51	4,26	71,6	2,6	12,3	211	37
Junio	10,4	84	99	4,23	71,6	3,7	11,3	228	12
Julio	9,9	81,9	75,95	4,32	71,6	4,2	10,9	251	0
Agosto	10	79,3	63,24	4,64	71,6	4,2	11,2	248	0
Septiembre	10,7	78,5	76,5	4,62	71,6	3,1	12,2	219	21
Octubre	11,2	80,5	103,23	4,61	71,6	2,2	12,9	211	37
Noviembre	11,3	81,9	105,6	4,7	71,6	2,1	12,9	201	39
Diciembre	11,4	83,5	109,12	4,45	71,5	2	13	205	43
Anual	11	83,3	1401,96	4,48	71,5	2,7	12,3	2,562	361
Fuente	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA

m 10 0

Fuente: Aplicación RETscreen

#### 5.4.5 Irradiación Horizontal Extraterrestre

Como se puede apreciar en la tabla 17 se indican los valores obtenidos en el programa Retscreen Expert para diferentes valores de latitud. Se tomarán los datos de la columna 1.2°, pertenece a Salache.

**Tabla 17** Irradiación horizontal extraterrestre (Bodm)

Latitud	0°	1.2°	2.5°
<b>Enero</b>	10.065	<b>10.191</b>	10.317
<b>Febrero</b>	10.4378	<b>10.510</b>	10.583
<b>Marzo</b>	10.549	<b>10.552</b>	10.555
<b>Abril</b>	10.215	<b>10.144</b>	10.074
<b>Mayo</b>	9.659	<b>95.37</b>	94.155
<b>Junio</b>	9.286	<b>91.415</b>	89.97
<b>Julio</b>	9.399	<b>92.6425</b>	91.295
<b>Agosto</b>	9.878	<b>97.847</b>	96.915
<b>Septiembre</b>	10.316	<b>10.260</b>	10.260
<b>Octubre</b>	10.393	<b>10.481</b>	10.481
<b>Noviembre</b>	10.128	<b>10.344</b>	10.344

<b>Diciembre</b>	9.912	<b>10.189</b>	10.189
------------------	-------	---------------	--------

Fuente: Aplicación RETScreen

#### 5.4.6 El valor de la radiación solar en Salache

**Tabla 18** Valor de la radiación solar en Salache

Temperatura del aire °C	Radiación Global kWh/m <sup>2</sup>	Radiación solar							
		n (Horas)	diaria - horizontal		kWh/m <sup>2</sup> día			kWh/m <sup>2</sup> d	
			Ho (kWh/m <sup>2</sup> /d)	Rb	Bodm	Ktm	Kdm	Hd	Ht (kWh/m <sup>2</sup> /d)
16,7	0,183	24	4,39	0,82	10,191	0,43	0,51	2,25	3,99
16,8	0,186	24	4,46	0,88	10,510	0,42	0,52	2,32	4,18
17,1	0,193	24	4,64	0,96	10,552	0,44	0,50	2,33	4,53
16,7	0,185	24	4,45	1,04	10,145	0,44	0,50	2,24	4,52
16,2	0,178	24	4,26	1,11	9,537	0,45	0,50	2,11	4,48
15,6	0,176	24	4,23	1,14	9,142	0,46	0,48	2,02	4,52
15,7	0,180	24	4,32	1,12	9,264	0,47	0,47	2,04	4,58
16,8	0,193	24	4,64	1,07	9,785	0,47	0,46	2,15	4,80
17,8	0,193	24	4,62	0,99	10,288	0,45	0,49	2,28	4,58
18,2	0,192	24	4,61	0,90	10,437	0,44	0,50	2,31	4,36
17,5	0,196	24	4,70	0,83	10,236	0,46	0,48	2,26	4,27
16,9	0,185	24	4,45	0,80	10,466	0,43	0,52	2,31	4,00
	0,156		3,75						3,49
	0,174		4,17						4,25
16,8			4,48						52,80
									4,40

Fuente: Aplicación RETScreen

Conociendo el nivel de radiación, es posible determinar las horas de sol equivalentes, mediante la aplicación de la ecuación 17.

$$HSE = \frac{I_{pd}}{Est.sol} = \frac{4.4 \left[ \frac{kWh}{m^2} \right]}{1 \frac{kWh}{m^2}} = 4.4 \text{ Horas de sol}$$

También es posible determinar la corriente pico del sistema fotovoltaico, con la aplicación de la ecuación 18.

$$I_{pico} = \frac{C}{HSE * Efic. Bat} = \frac{186.02}{4.4 * 0.8} = 52.89 \text{ A}$$

Las características de los paneles utilizados son:

Potencia de 150 [Wp] con Vmp = 18 V, una Imp = 8.34 A y Isc = 9A

Ahora se determina el número de paneles en paralelo gracias a la aplicación de la ecuación 19.

$$\# Pan_{paralelo} = \frac{I_{pico}}{I_{mp}} = \frac{52.89A}{8.34 A} = 6.35 \text{ paneles, pero se utilizarán 10 paneles} \quad (6)$$

#### **5.4.7 Incidencia de incremento de paneles solares**

Para poder realizar esta maniobra de incremento de los paneles solares al proyecto se debe reconfigurar las conexiones en el sistema fotovoltaico, según la capacidad de almacenamiento del banco de baterías ya que este se encuentra establecido se procederá a realizar la siguiente conexión para el ingreso de esta nueva generación al sistema solar.

#### **5.4.8 Configuración serie**

En esta configuración el banco de reguladores se conectara en serie con el generador fotovoltaico y el banco de acumuladores en esta configuración el sistema fotovoltaico se desconecta del banco de baterías cuando las baterías han alcanzado el estado de plena carga de esta manera el banco de reguladores operaria como un interruptor que proporciona una baja resistencia durante la etapa de carga y como un circuito abierto cuando el banco de baterías se encuentre completamente cargado los reguladores conectados en serie no disipan nada de energía y la única potencia que requieren es para alimentar los circuitos de control propios.

Es decir que mediante esta configuración se logra realizar la ampliación de nuestro banco de paneles solares para así poder garantizar mayor eficiencia.

#### **5.4.9 Especificaciones del Regulador de carga**

Se configurará un nuevo banco de generación solar de cinco paneles solares, incorporará un nuevo regulador de carga al sistema para poder respaldar la configuración existente con el balanceo de cargas a controlar. Para dimensionar el regulador de carga se debe considerar un factor de seguridad de 1.25, con la finalidad que este equipo pueda soportar las corrientes máximas inyectadas por los paneles fotovoltaicos. Por lo tanto, aplicando la ecuación 9 se tiene.

$$I_{\text{picoRegulador}} = I_{\text{sc}} * \# \text{ pan} * \text{Fac. Seg}$$

$$I_{\text{picoRegulador}} = 9 * 5 * 1.25 = 56,255 \text{ A}$$

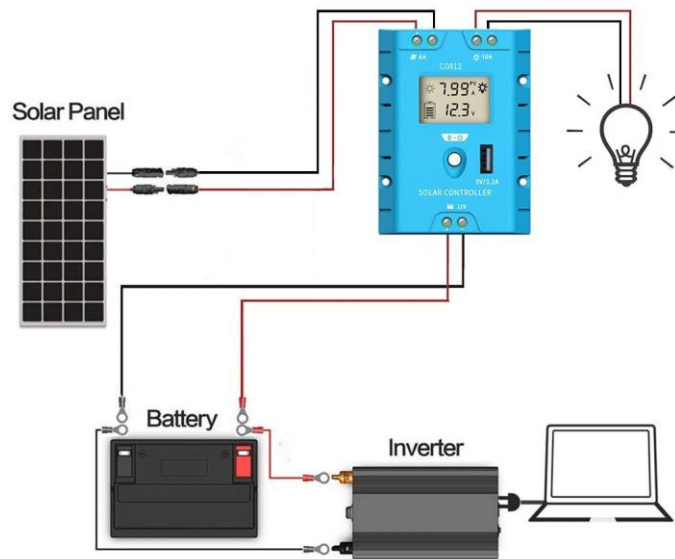
Por dimensionamiento se debería usar un controlador de carga de 60A igual al instalado, pero por un crecimiento de la demanda a futuro y pensando en la viabilidad económica del proyecto se decidió usar un regulador de 100A, mismo que se conectará con un circuito independiente entre

el banco de paneles solares y el banco de baterías cabe recalcar el banco de baterías existente será el mismo utilizado por los dos reguladores de corriente el ya existente de la imagen a continuación.



**Figura 23.** Regulador de Carga.

Además, se implementará al sistema un nuevo controlador de carga de 100A, será conectado en un circuito independiente



**Figura 24.** Regulador de carga 100A a utilizar en el sistema fotovoltaico.

#### 5.4.10 Especificaciones del inversor:

El inversor debe soportar los picos de demanda que producen la carga, con un fp: 0,92 de esta manera, la corriente pico que debe soportar el inversor se calcula con la aplicación de ecuación 10:

$$I_{\text{pico AC}} = \frac{P_{AC}}{V_R * fp} = \frac{1899.2}{120 * 0.92} = 17.20A$$

$$P_{\text{Inversor}} = I_{\text{pico}} * V_{\text{sistema}} = 17.20 * 120 = 2064.4W$$



Por tal motivo se utilizará un inversor de 3000 W, de onda modificada, cuyas características son:

**Tabla 19.** Especificaciones Técnicas del inversor

**Características del Inversor de voltaje:**

(SPC)	(Pmax.S)	(VE/DC)	(VS/CA)	(Ef-con)	(Fsal.)	(AIBT)	(ApBT)	(CAV)	(PSob)	W
W	W	V	V	%	Hz	V	VDC	VDC		
3000	6000	12	110- 120	85	60 $\pm$ Hz	10.2- 10.8	9.2-9.8	15-16	3200	$\pm 150$

Salida de potencia Continua (SPC)

Potencia Máxima de Salida (Pmax.S)

Voltaje de Entrada DC (VE/DC)

Voltaje de salida de CA (VS/CA)

Eficiencia de conversión. (Ef-con)

Frecuencia de Salida (Fsal.)

Alarma de Baja tensión (AIBT)

Apagado de Baja Tensión. (ApBT)

Cierre de alto voltaje. (CAV)

Protección de sobrecarga. (PSob)

El tipo de onda del inversor es una parte muy importante a considerar para la implementación del mismo ya que en función al tipo de cargas que se estima alimentar se debe procurar que el equipo a instalar sea de onda pura y así poder transformar y soportar los picos de corriente elevados en el arranque de algunos elementos.



**Figura 25.** Inversor de corriente utilizado en el sistema fotovoltaico.

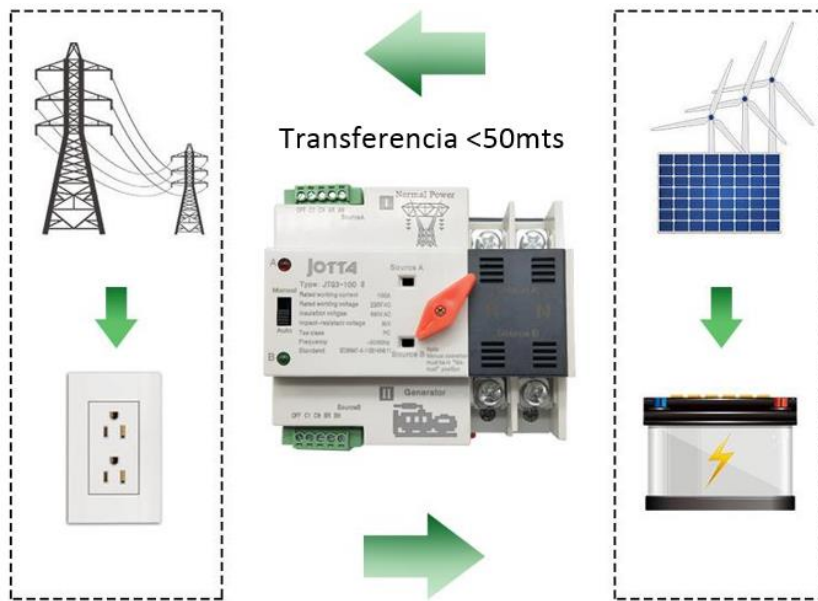
#### **5.4.11 Implementacion de sistema de transferencia automática**

Un tablero de transferencia automática fue diseñado e implementado en el sistema fotovoltaico del laboratorio de granos andinos de Salache mismo que fue diseñado bajo las siguientes consideraciones:

#### **5.4.12 Tipo de sistema de transferencia automático a utilizar**

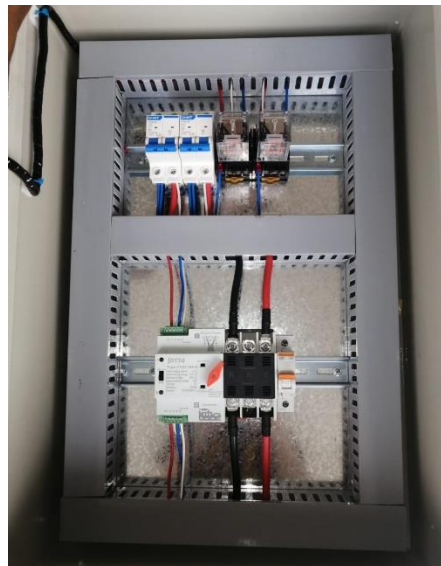
El mercado de transferencias automáticas a evolucionado a pasos agigantados dándonos varias opciones al momento de implementar un sistema de TA. Es por ello que para la consideración del equipo a utilizar para armar el tablero de TA, fue importante el aspecto económico ya que en si un digital o analógico con pantallas led y de colores nos realizaría la misma función que el dispositivo que fue seleccionado, al referirnos al aspecto económico cabe recalcar que el sistema fotovoltaico al ser un proyecto de energía renovable debe cumplir con una viabilidad técnico económica en la que garantice ahorro al aplicar el mismo, entonces por tal motivo no se quiso aumentar el presupuesto del proyecto con equipos de costos elevados que cumplan la misma función. Por tal motivo se eligió el siguiente dispositivo:

Jotta W2R-3P 110 V/220 V Mini ATS Interruptor de Transferencia Automática 100A 3 P eléctrico interruptores selectores interruptor de alimentación doble Din Tipo de carril.



**Figura 26.** Interruptor Automático de Transferencia.

Mismo que ya se encuentra instalado en el sitio del proyecto y en operación al 100% garantizando la continuidad del suministro eléctrico a la demanda del proyecto fotovoltaico.



**Figura 27.** Tablero de Control del sistema de Transferencia automática implementada.

El interruptor de transferencia automática de doble potencia (ATS) es un interruptor de transferencia de energía doméstico en miniatura que se utiliza principalmente para comprobar si la potencia principal o la reserva es normal.

Cuando la fuente de alimentación normal es anómala, la fuente de alimentación de reserva comenzará a funcionar inmediatamente para garantizar la continuidad, fiabilidad y seguridad de la fuente de alimentación. Está especialmente diseñado para la instalación de raíles domésticos para cajas de riel din.

El interruptor ATS es adecuado para sistemas de alimentación de emergencia de AC50 o 60Hz y voltaje nominal de 400 V. Cuenta con una estructura firme, transferencia fiable, fácil instalación y mantenimiento, y larga vida útil, es ampliamente utilizado en lugares donde no se permiten cortes de energía frecuentes.

De acuerdo con el estándar de equipos de conmutación de transferencia de múltiples funciones, se puede saber que ATS es el dispositivo de conmutación y control de baja tensión más adecuado.

### **Tiempo Normal de funcionamiento y condiciones de instalación**

**Tabla 20.** Tiempo Normal de funcionamiento y condiciones de instalación.

<b>Condición</b>	<b>Funcionamiento</b>
Temperatura del aire ambiente	La temperatura debe estar entre -5 ~ 40°C, y la temperatura media dentro de las 24 horas no debe superar los 35 °C.
Altitud	La altitud del sitio de instalación no debe superar los 2000 m.
De las condiciones atmosféricas	La humedad relativa del sitio de instalación no debe superar el 50% a temperatura máxima 40 °C, y será mayor a temperatura mínima -5 °C, por ejemplo, 90% a + 20 °C. Toma medidas para el rocío en la superficie del producto causado por el cambio de temperatura.
Clase de contaminación	La clase de contaminación de ATS cumple con el nivel especificado de GB/T14048.11.

Categoría de instalación La categoría de instalación de ATS cumple con la categoría especificada en GB/T14048.11

### 5.4.13 Dimensionamiento del interruptor de transferencia automática

Para el dimensionamiento del dispositivo y que pueda cumplir aparte del rol de transferencia una protección para el sistema en caso de una sobre descarga, por este motivo se consideró los picos de corriente más altos de la demanda y con este valor de corriente se sobredimensiono el 1.25% para incremento de demanda.

Corriente pico dato en función al analizador de energía fluke: 65A.

Corriente nominal :21A

Voltaje de operación: 120V

$$I_{Transferencia} = 65A * 1.25 = 81.25A$$

Procediendo a seleccionar interruptor de transferencia de 100

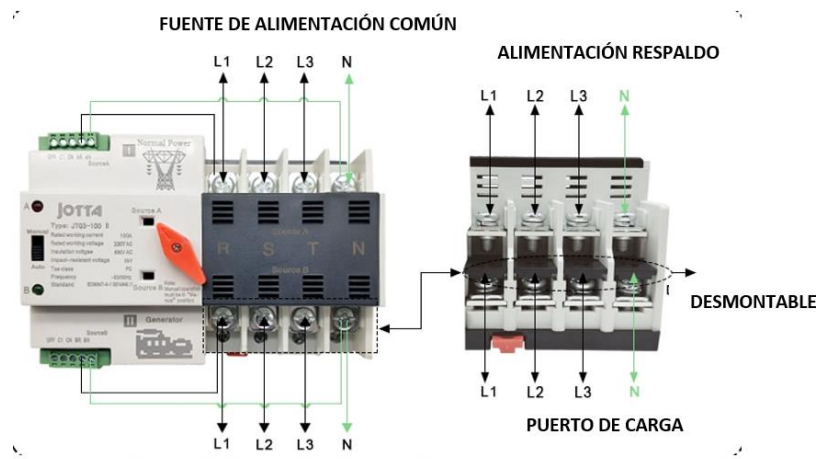


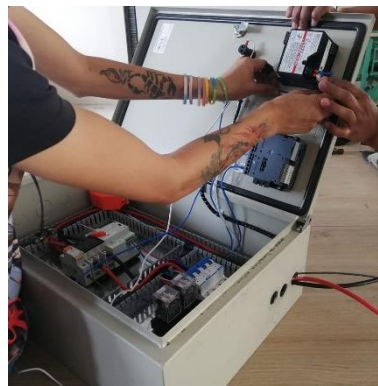
Figura 28.Sistema Automatico de Transferencia

#### 5.4.13.1 Componentes secundarios de la transferencia automática.

El sistema de transferencia automática que fue implementado en el en el proyecto fotovoltaico está constituido por un armario de transferencia el mismo que consta de los siguientes elementos auxiliares que son necesarios en su operación.

### **Armario o gabinete.**

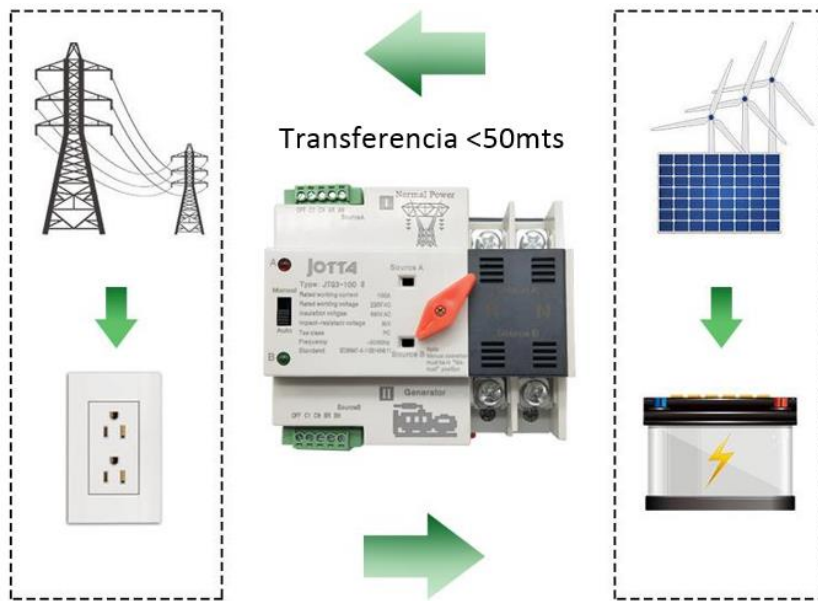
Los elementos que constituyen el sistema de transferencia automática fueron montados en un gabinete metálico de 60X60X40 Cm de dimensiones misma que cumple con la normativa IP69, el gabinete nos ayuda a diseñar una mejor configuración de los elementos que conforman la transferencia.



**Figura 29.** Gabinete metalico Sistema Automático de Transferencia.

### **Interruptor de transferencia automática.**

El dispositivo instalado en el presente proyecto es un interruptor de transferencia automática el mismo que tiene la capacidad de asignar a una de las fuentes de energía como predeterminada función que permite que una vez ocurre a falla el equipo automáticamente hace el cambio de fuente de alimentación habilitada, pero una vez el suministro de la energía es normal en la fuente de alimentación asignada como predeterminada el dispositivo automáticamente regresa a su estado de operación nominal.



**Figura 30.** Interruptor Automático de Transferencia .

El interruptor de transferencia utilizado tiene la sensibilidad de detectar variaciones mínimas en la alimentación independientemente de la fuente de generación que este proporcionando dicha alimentación.

El interruptor con funcionamiento automático garantiza la generación de energía y el rendimiento de apagado, pero cuando el interruptor opera con funcionamiento manual, no puede garantizar el rendimiento anterior debido a la velocidad de generación de energía y al apagado o a las diferencias del operador. Puede haber una pérdida excesiva de aleación de plata durante la generación manual de energía y el apagado. Por lo tanto, ajuste el selector en la posición manual en condiciones normales, y tire a la posición manual cuando toda la alimentación esté apagada para comprobar y mantener el sistema operativo y los contactos. Después de completar la operación manual, tire del selector de nuevo a la posición automática.

### **El circuito de Control**

El interruptor estará activo en un instante. Una vez que la conversión se completa, las bobinas del circuito de control son desconectadas por el convertidor interno. La bobina puede funcionar normalmente con una tensión nominal de 80% ~ 110%, y un voltaje demasiado bajo puede hacer que la bobina se caliente o incluso se encienda.

### **Dispositivos de protección breaker.**

Con el fin de proteger el interruptor de transferencia automático de cualquier posible eventualidad que el sistema de alimentación activo pudiera ocasionar, se implementó como sistema de protección dos breakers de 63(A) los que se encuentran instalados en el tablero con la configuración para recibir las fuentes de alimentación primaria y secundaria y así evitar cualquier ingreso de falla al sistema de transferencia.



**Figura 31.** Disyuntor breaker 63(A).

### **Relés auxiliares**

Los relés o contactores auxiliares, como también se denominan algunas veces, son elementos similares a un contactor, pero con contactos solamente auxiliares y se emplean para completar las protecciones y los circuitos automáticos de mando y control, es decir, trabajan o soportan pequeñas corrientes.

Se componen de un circuito magnético, con su bobina y núcleo correspondiente y varios contactos, unos abiertos y otros cerrados, que cambian de posición al excitarse su bobina. En la figura se puede observar la construcción y representación esquemática de algunos de estos tipos de relés auxiliares.





**Figura 32.** Rele auxiliar.

### **Luces piloto o indicadores.**

Luces indicadoras o piloto se instaló con la finalidad de tener una buena identificación y lectura del tablero las luces indican el sistema de alimentación que está alimentando la transferencia.



**Figura 33.** Luces piloto.

### **Sentron Pac.**

Este dispositivo nos ayuda a medir diferentes parámetros eléctricos tales como voltaje, corriente, frecuencia, potencia, etc. En el tablero de transferencia automática se instaló dos dispositivos Sentron Pac, el uno nos permite medir parámetros del sistema de generación fotovoltaica y el otro dispositivo mide parámetros a la salida del sistema de transferencia con la diferencia que el primer equipo se encuentra enlazado a un PLC y transmite la información mediante un sistema SCADA implementado.



**Figura 34.** Sentron Pac sistema SCADA.

Este dispositivo controla las variaciones que entrega el sistema solar ya que el principio de operación de los sensores de temperatura y humedad era ser alimentado eléctricamente por el sistema solar por tal motivo son los datos que transmite al SCADA, a continuación, el dispositivo que medirá las variaciones de parámetros eléctricos controlados por el sistema de transferencia automática.



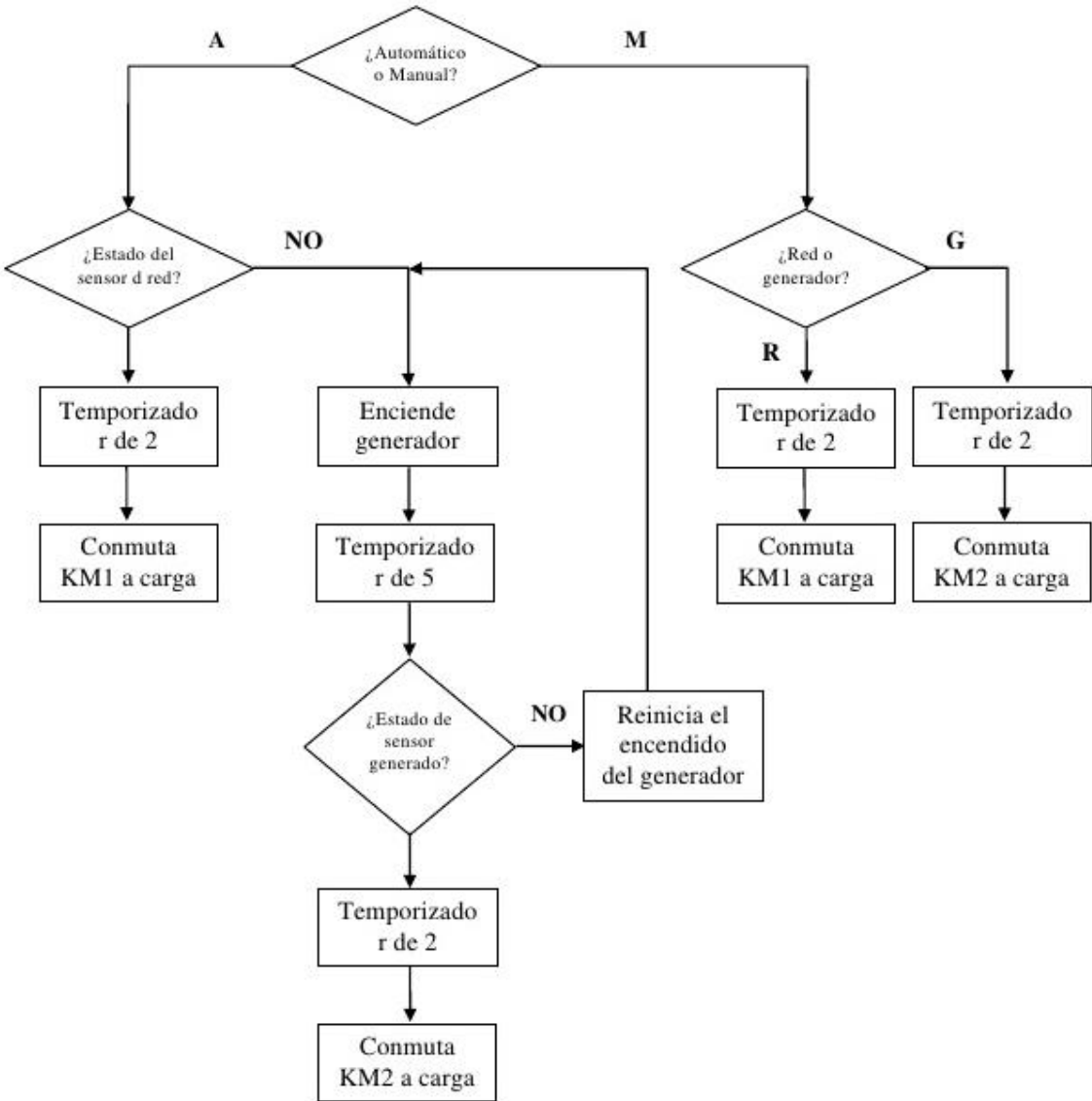
**Figura 35.** Sentron Pac sistema transferencia automática.

### **Accesorios de conexión.**

Un tablero de transferencia automática además de contar con dispositivos y equipos que inciden en su operación existen elementos y accesorios de suma importancia para el funcionamiento del tablero mismos tales como cables de conexión de diferente calibre en función a su requerimiento, de la misma manera fue considerado la codificación de colores para su instalación, estos cables se

unen a los equipos y dispositivos por medio de conectores de compresión de tipo y calibre en función a la aplicación. Estos cables descritos con anterioridad se encuentran figurados y peinados en un sistema de canaletas que se implementó para la buena distribución y configuración del conexionado del tablero, los equipos y dispositivos se encuentran montados sobre un riel din el cual se anclo al sobre fondo del armario o gabinete implementado.

**5.4.13.2 Diagramas De Conexión Interruptor De Transfrecia Automática.**



**5.4.13.3 Diagramas De Conexión Interruptor De Transfrecia Automática**

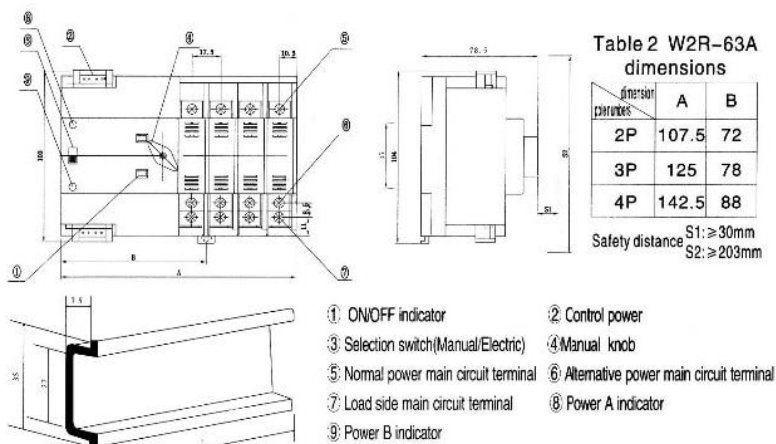


Fig.1 Contour dimensions and installation dimensions of W2R-63A

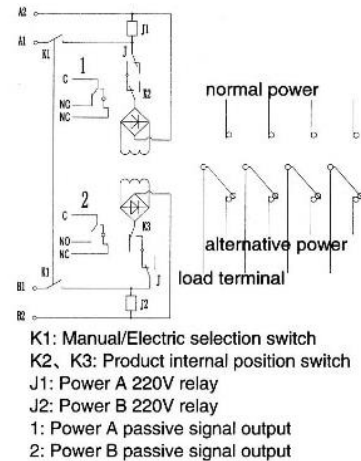


Fig. 2 Internal wiring diagram

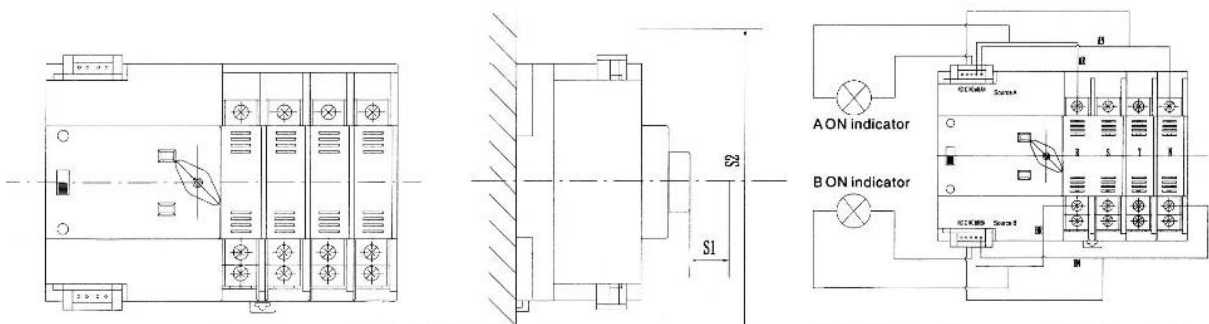


Figura 36. Instrucciones para el Cableado del Módulo de Transferencia.

#### 5.4.14 Dimensionamiento De Conductores

Para cálculo del calibre de los conductores se debe prestar especial atención a las caídas de voltaje mismas que no deben sobrepasar los valores establecidos en la tabla 20.

Tabla 21. Porcentajes de Caída Voltaje en Conductores

$\Delta V$	$\% \Delta V$
<b>Conductor:</b> Paneles-Controlador	< 3%
<b>Conductor:</b> Acumulador-Controlador	< 1%
<b>Conductor:</b> Controlador-Demandas	< 5%
<b>Conductor:</b> Acumuladores-Inversor	< 1%

Realizado por: El Autor

#### 5.4.15 Calibre de Conductores en función de la caída de tensión

La caída de voltaje de un conductor está en función del valor de su resistencia interna ( $R_c$ ) y del valor máximo de corriente ( $I_c$ ) que puede atravesar por su sección, de esta manera su valor se calcula como se indica a continuación.

#### 5.4.16 Cálculo de la Sección Transversal del Conductor

Conductor Paneles-Controlador (P-C)

$$I_C = 9 \cdot 5 = 45 \text{ A}$$

$$\Delta V = 12 \frac{3\%}{100} = 0.36 \text{ Vcc}$$

$$I_{\text{máx}} [\text{A}] = 1.25 \cdot I_C = 1.25 \cdot 45 = 56.25$$

$$S = \frac{0.017 \cdot 3 \cdot 22.5}{0.36} = 7.97 \text{ mm}^2 \longrightarrow \text{Calibre \#8 AWG flexible}$$

Conductor Acumulador-Controlador (A-C)

$$I_{\text{CBaterias}} = 100 \text{ Ah}$$

$$\Delta V = 12 \frac{1\%}{100} = 0.12 \text{ Vcc}$$

$$I_{\text{máx}} [\text{A}] = 1.25 \cdot I_C = 1.25 \cdot 100 = 125 \text{ A}$$

$$S = \frac{0.017 \cdot 0.7 \cdot 125}{0.12} = 12.40 \text{ mm}^2 \longrightarrow \text{Calibre \#6 AWG flexible}$$

Conductor de Acumuladores-Inversor (A-I)

El inversor se ubicará a una distancia de 2m del banco de baterías.

$$I_C = \frac{P_{Inv}}{V_{CA}} = \frac{3000}{110} = 27.27 \text{ A}$$

$$\Delta V = 12 \frac{1\%}{100} = 0.12 \text{ Vcc}$$

$$I_{\text{máx}} [\text{A}] = 1.25 \cdot I_C = 1.25 \cdot 27.27 = 34.09 \text{ A}$$

$$S = \frac{0.017 \cdot 2 \cdot 34.09}{0.12} = 9.65 \text{ mm}^2 \longrightarrow \text{Calibre \#6 AWG flexible}$$

Los resultados de los calibres de conductores se describen en la tabla 21 que se indica a continuación.

**Tabla 22.** Resultados de los tramos de cada línea del sistema fotovoltaico

CODIGO	Longitud del conductor (m)	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ (V)	$\rho_{Cu}$	$I_C$ (A)	$I_{Máx}$ (A)	S (mm <sup>2</sup> )	Calibre (AWG)
(P-C)	3	3	0.36	0.17	45	56.25	7.97	8
(A-C)	2.5	1	0.12	0.17	100	125	12.40	6
(A-I)	2	1	0.12	0.17	27.27	34.09	9.65	6

#### 5.4.17 Cálculo de Caídas de Tensión y Pérdidas

- **Conductor Paneles-Controlador**

Se considera que el valor de corriente máxima que circulará por este tramo es la corriente de cortocircuito del conjunto de paneles fotovoltaicos, la cual tiene un valor de 45A. También se debe considerar las características de los conductores.

$$R_{C\ G-R} = \frac{0.017 \cdot 3}{7.97} = 0.0064 \ \Omega$$

$$\Delta V_{G-R} = 0.0064 \cdot 45 = 0.288 \text{ Vcc}$$

$$(\%) \Delta V_{G-R} = \frac{100 \cdot 0.288}{12} = 2.4\%$$

$$P_C [W] = I_{máx}^2 \cdot R_C$$

$$P_C [W] = 45^2 \cdot 0.0064 = 12.96 \text{ W}$$

$$E_P = P_C \cdot T_{uso}$$

$$E_P = 12.96 \cdot 8 = 103.68 \text{ Wh/día}$$

- **Conductor Acumulador-Controlador.**

Para determinar las pérdidas que existen en este tramo se debe considerar las características del conductor y el valor de corriente máxima que a traviesa por esa sección la cual tiene un valor de 100 Ah, de esta manera se obtienen los siguientes resultados:

$$R_{C\ G-R} = \frac{0.017 \cdot 2.5}{12.40} = 0.0034 \ \Omega$$

$$\Delta V_{G-R} = 0.0034 * 100 = 0.34 \text{ Vcc}$$

$$(\%)\Delta V_{G-R} = \frac{100*0.34}{12} = 2.83\%$$

$$P_C[W] = 100^2*0.0034 = 34 \text{ W}$$

$$E_P = 34 * 8 = 272 \text{ Wh/día}$$

- **Conductor de Acumuladores-Inversor.**

Para determinar las pérdidas que existen en este tramo se debe considerar las características del conductor y el valor de corriente máxima que es 18.18A, de esta manera se obtienen los siguientes resultados:

$$R_{C\ G-R} = \frac{0.017*2}{9.65} = 0.0035\Omega$$

$$\Delta V_{G-R} = 0.0035 * 27.27 = 0.0954 \text{ Vcc}$$

$$(\%)\Delta V_{G-R} = \frac{100*0.0954}{12} = 0.78\%$$

$$P_C[W] = 27.27^2*0.0035 = 2.60 \text{ W}$$

$$E_P = 2.60 * 24 = 62.47 \text{ Wh/día}$$

#### **5.4.20 Dimensionamiento de las Protecciones**

Los circuitos deben contar con protecciones como fusibles o breakers que sean capaces de soportar el 125% de la corriente nominal de trabajo ( $I_{Carga}$ ), de tal forma que se mantenga la siguiente relación:

$$I_{Carga} < I_{Protección} < I_{Conductor}$$

#### **5.4.21 Cálculo del fusible de protección**

Para calcular la capacidad del fusible es necesario determinar la corriente máxima de trabajo que circulará por el circuito, de esta manera el fusible debe ser capaz de soportar el 125% de la máxima corriente que circule por el circuito que va a proteger.

$$I_{Fusible} = 1.25 * I_{\text{máx de trabajo [A]}}$$

En caso de contar con cargas como motores eléctricos que elevan el nivel de corriente durante el arranque, la protección se debe dimensionar para que pueda soportar dicha corriente, considerando que ésta no debe estar demasiado ajustada a las condiciones de trabajo ni sobredimensionada para que pueda actuar de manera correcta en la protección del circuito, ya que cuando la corriente sobrepasa el valor de la corriente de diseño del fusible, éste se funde en cuestión de segundos, entonces:

$$I_{\text{Fusible}} = 2 * I_{\text{Nominal-Fusible}} > I_{\text{Arranque [A]}}$$

## **5.5 Conexión e implementación de los Equipos**

### **5.5.1 Ubicación de los Paneles Solares**

Se desarrolló un estudio meticuloso para la ubicación estratégica de los paneles solares en función a la irradiación solar y la inclinación de los equipos como parte del proyecto inicial se instaló cinco paneles solares, pero solo cinco fueron habilitados como generador mismo que fueron instalados sobre la cubierta de una bodega existente en la parte trasera del laboratorio.



**Figura 37.** Ubicación de los paneles solares.

### **5.5.2 Arreglo Fotovoltaico**

Se mantendrá la misma configuración para el nuevo banco de paneles solares con el fin de acoplarse a las características del sistema ya que las baterías utilizadas son de 12 Vcc y 100Ah, los paneles fotovoltaicos se conectarán en paralelo con la finalidad de mantener el voltaje constante de 12 voltios y sumar las corrientes, a fin de acelerar el proceso de carga de las baterías.

### **5.5.3 Conexión del Regulador de Carga y el Banco de Paneles Solares**



El regulador de carga está programado para proteger las baterías de los sobre voltajes que pueden generar los paneles fotovoltaicos durante el proceso de carga de las mismas.

La conexión entre el regulador de carga y los paneles fotovoltaicos se realizó de la siguiente manera:

1. Se monta el regulador de carga a la pared.
2. Se retira la tapa de acceso sacando los 4 tornillos.
3. Ajuste los interruptores DIP:
4. Para elegir el modo de control de carga solar de la batería, el interruptor DIP #1 debe estar apagado.
5. Conecte los sensores de voltaje de la batería.
6. Conecte los terminales de los paneles fotovoltaicos en los terminales del regulador que se encuentran en la segunda posición, respetando la polaridad indicada.



**Figura 38.** Conexión del Regulador de Carga y el Banco de Paneles Solares.

#### **5.5.4 Conexión del Banco de Baterías**

Los circuitos eléctricos de la mayoría de los hogares se encuentran conectados en paralelo, ya que dicha conexión permite que la corriente siga fluyendo, aunque falle cualquier dispositivo conectado al mismo. La característica de este tipo de conexión es que mientras más equipos se desee alimentar, más corriente requiere el sistema, pero sus ramificaciones mantienen el voltaje

constante. Por tal motivo y con la finalidad de abastecer a la mayoría de las cargas del laboratorio e invernadero de granos andinos del campus Salache, las baterías se conectaron en paralelo.

A continuación, se detalla el procedimiento de montaje y conexión:

1. Para garantizar el buen funcionamiento de las baterías se deben colar estas de tal manera que se pueda evitar el polvo o la humedad.
2. Confirme las polaridades de las baterías.
3. Con ayuda de conductores y terminales de ojo conectar las baterías ubicando solo las borneras de igual polaridad.



**Figura 39.** Conexión del Banco de Baterías.

## **5.6 Funcionamiento Del Sistema De Generacion Fotovoltaico (Hibrido)**

El sistema de generación fotovoltaico está constituido por dos bancos de paneles solares cada banco de 5 paneles solares, estos paneles solares están conectados en paralelo para mantener un suministro de corriente constante en el banco de baterías; posteriormente esta energía generada se transfiere a través de dos circuitos independientes a un controlador de carga de 100A y un controlador de carga de 60A permitiendo monitorear el estado de carga y descarga de los acumuladores luego de las cargas controladas se dirige a un inversor ya que los equipos a alimentar son de corriente alterna y de diferente nivel de voltaje al proporcionado por la generación solar debido a que las cargas que se debe satisfacer son de corriente alterna.

El inversor alimenta una carga establecida de 2587.5 W mismo que luego de su dimensionamiento nos indica que se debe utilizar un equipo de inversión de corriente con rango de potencia de 3000 W de potencia nominal a 6000W potencia pico, a partir de ahí se establece una acometida directa a las cargas predeterminadas del sistema , consiste en una acometida exclusiva que lleva la energía solar generado y convertida a energía de corriente alterna a un tablero de transferencia automática , el voltaje generado por el sistema solar es 121 V entre su fase y neutro característica fundamental del equipo propuesto.

El tablero de transferencia automática instalado nos permite garantizar el reabastecimiento eléctrico automático en el caso de un falla eventual presentado ene el sistema de generación fotovoltaico, este sistema consiste permite hacer la convergencia de forma automática , permitiendo elegir el sistema Solar o la Red de la Empresa Eléctrica a través de un interruptor de transferencia automática, la misma, que impide que los dos sistemas en algún momento puedan ingresar a la vez, ya que si esto sucede podría ocasionar un problema de condición anormal del funcionamiento del sistema; con este sistema damos facilidad al usuario de que el suministro eléctrico sea continuo sin la operación manual de una persona constituyendo y consolidándose como un sistema de generación fotovoltaico conectado a la red.

## **6 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS**

### **6.1 Impacto ambiental.**

El presente proyecto tiene como finalidad contribuir al uso de energías limpias y renovables, motivar a las autoridades a incentivar la instalación de este tipo de tecnologías, buscar alternativas que ayuden a reducir el uso de combustibles fósiles que contaminan el medio. Aprovechar el recurso energético proveniente del sol, motivar a personas o grupos para que instalen este tipo de tecnologías, y por último aportar con el desarrollo y uso de energías limpias y renovables.

### **6.2 Impacto económico**

Se considera como el beneficiario directo a la Universidad técnica de Cotopaxi ya que luego de la implementación del proyecto ellos percibirán un ahorro económico por consumo energético ya que el sistema solar alivia en algo la carga instalada del laboratorio y por ende su consumo energético

### **Indicadores de Rentabilidad.**

### **Valor Actual Neto (VAN).**

Se basa en el hecho de que el valor del dinero cambia con el paso del tiempo. Aun con una inflación mínima, el dólar de hoy puede "comprar menos" que el precio del dólar de hace un año. El VAN permite conocer en términos de "del valor del dólar hoy" el valor total de un proyecto que se extenderá por varios meses o años, y que puede combinar flujos positivos (ingresos) y negativos (costos). Para ello emplea una tasa de descuento, que suele considerar la inflación o el costo de un préstamo. El VAN permite decidir si un proyecto es rentable (VAN mayor a 0), no es rentable (VAN menor a 0) o financieramente indistinto (VAN igual a 0), según la tasa que se ha tomado como referencia.

### **Tasa Interna de Retorno (TIR).**

Este indicador se relaciona con el VAN, ya que, utilizando una fórmula similar, determina cuál es la tasa de descuento que hace que el VAN de un proyecto sea igual a cero. Es decir, que se expresa como un porcentaje (TIR=12%, por ejemplo). En términos conceptuales, puede entenderse como la tasa de interés máxima a la que es posible endeudarse para financiar el proyecto, sin que genere pérdidas.

En definitiva, ambos indicadores simplifican el análisis de flujos de fondos, que pueden ser extensos y complejos, permitiendo comparar los resultados proyectados.

Vale la pena familiarizarse con estos datos y su significado ya que son una parte importante del capítulo financiero de cualquier plan de negocios. Tal vez necesites ayuda profesional para su cálculo y análisis para proyecto complejos.

### **6.3 Inversión real del proyecto**

La tabla 23 muestra en detalle real de mercado el presupuesto que se ha destinado para la inversión de esta propuesta tecnológica y así poder analizar su viabilidad técnica económica.

**Tabla 23.** Egresos del Proyecto.

<b>Equipo/ Material.</b>	<b>Precio total (\$)</b>
CAJETIN METAL REDONDO	\$ 2,69
CAJETIN DEXON VETO	\$ 2,19
TOMACO FALCON DOBLE POLARI+PLACA	\$ 1,96

TAPA CIEGA REDONDA GRANDE METAL	\$ 3,45
CABLE 3x12 SUCRE	\$ 1,61
Placa Tapa Acrílico	\$ 13,75
Prensa Estopa	\$ 1,14
Amarras GS	\$ 2,03
Toma Doble de UPS a PLC	\$ 2,88
Inversor de corriente	\$ 450,00
Autofundente	\$ 1,73
Terminal de ojo para batería	\$ 15,00
Cinta de etiquetado	\$ 9,61
Cable # 8 negro	\$ 42,12
Cable #8 blanco	\$ 31,59
Cable # 16 flexible	\$ 3,24
Cable # 12 negro	\$ 16,80
Cable # 12 verde	\$ 0,84
Controlador de carga	\$ 450,00
Varilla de Puesta A tierra	\$ 5,20
Conectores varilla	\$ 2,25
Abrazaderas emt 3/4	\$ 0,91
Manguera anillada 1/2"	\$ 6,69
Abrazaderas emt 1/2"	\$ 0,91
Manguera Anillada metálica 3/4	\$ 17,50
Manguera Anillada Metálica 1/2	\$ 8,25
Tornillos	\$ 1,20
Terminales Talones	\$ 3,00
Cable batería	\$ 16,75
Conectores 3/4	\$ 4,70
Conectores 1/2	\$ 2,00

Braker Riel Din 20A	\$ 5,00
Barra de tierra	\$ 1,00
Base para fusible 10x38	\$ 4,21
fusible cerámico 10x38 tipo GG	\$ 1,08
Riel Din	\$ 0,20
Taipe	\$ 0,89
Ensamblaje y montaje Tablero de transferencia automática.	\$ 450,00
Cable de batería u 5	\$ 19,45
Mano de Obra	\$ 50,00
Paneles Solares	\$ 650,00
Baterías	\$ 1500,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3.803,20</b>

#### 6.4 Análisis de la inversión y recuperación

Al tratarse de que el beneficiario directo es la Universidad Técnica de Cotopaxi se consideró dos precios del KWh para el análisis de viabilidad económico técnica, el análisis permite considerar dos aspectos importantes el primero es el tomar en cuenta que la Universidad Técnica de Cotopaxi en una institución de estado sin fines de lucro por ende el valor a estimar es el del precio del KWh subsidiado según lo establecido en el pliego tarifario 2019 se obtiene los siguientes resultados:

**DEMANDA DIARIA: 1899.2 Wh/día.**

**DEMANDA ANUAL: 693.20 KWh.**

Considerando los rangos de consumo y sus valores establecidos se puede establecer un valor anual por consumo del sistema fotovoltaico de \$ 88,66 dólares, para el tiempo de durabilidad del proyecto se ha considerado un lapso de 25 años bajo un programa de mantenimiento. De la misma manera el proyecto durante el lapso de los 25 años presentara egresos establecidos tales como mantenimientos preventivos y deterioro del banco de acumuladores cada 10 años mismos que hacen a un valor proyectado de \$1680.00 para el remplazo a los primeros 10 años y un valor

de \$1810.00 para los 20 años el costo por mantenimientos preventivos anuales puede ascender al valor de \$20,00 dólares por año pero este valor se puede obviar al desarrollar un programa de mantenimiento en conjunto con los estudiantes de la carrera de ingeniería eléctrica.

En función a los ingresos y egresos anteriormente mencionados bajo el desarrollo de un flujo de efectivo neto, que se estableció por los indicadores de rentabilidad VAN y TIR el proyecto no es rentable, puesto que se obtiene un VAN negativo y la TIR es menor al COK. La tasa neta de descuento fue establecida de acuerdo a lo indicado por el Banco Central del Ecuador el cual tiene un valor de 4,75%.

VAN: -\$ 3657.14

TIR: -14,95%

Para segundo aspecto se consideró el kWh sin subsidio con un precio de \$0,6812 dólares.

VAN: -\$ 1545.19

TIR: 0,47%

## **7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **7.1 Conclusiones**

- Con un sistema de transferencia manual al ser un tipo de sistema solar conectado a la red se vuelve obsoleto la aplicación del mismo por falta de personal para maniobrabilidad.
- La recopilación bibliográfica nos permitió conocer todos los parámetros a considerar en un dimensionamiento fotovoltaico incluido su sistema de transferencia automática en el caso de los sistemas conectados a la red.
- La implementación del sistema de transferencia automática garantiza la estabilidad del abastecimiento eléctrico, ya que su interruptor de transferencia automática es de un 95 % de eficiencia.
- La instalación de un analizador de carga nos ayuda a determinar las variaciones abruptas del sistema y así poder considerar estos cambios para el rediseño del sistema.

- Las demandas obtenidas por los dos métodos de dimensionamiento tanto el levantamiento de datos de placa como el analizador de calidad de energía nos arrojaron resultados parecidos 5.4KW en el caso del levantamiento manual y 5.7KW en el caso del analizador.
- El cálculo de la demanda instalada a energizar de 2.6 KW nos permitió dimensionar un inversor de mayor capacidad siendo este de 3000W potencia nominal a 6000W potencia pico
- El incremento de paneles solares al sistema fotovoltaico no afecta con la capacidad del resto de sus equipos ya que por la configuración de conexión establecida el banco de reguladores en serie permite inyectar este resto de generación al sistema.
- La implementación de un sistema de transferencia automático garantiza el suministro de energía constante al sistema.
- La implementación de un inversor de voltaje de onda pura ayuda a mejorar el paso de las ondas y poder así mejorar la señal de salida.
- Con la implementación del sistema fotovoltaico el análisis nos indica que con el costo del valor de la energía subsidiada el proyecto no es rentable sin embargo al aplicar el costo sin subsidio la viabilidad es positiva.

## **7.2 Recomendaciones**

- Redimensionar la capacidad de acumulación para así poder incrementar más cargas al sistema o a su vez garantizar mayor estabilidad.
- Realizar un programa de mantenimiento de los equipos en conjunto con los estudiantes de la carrera de ingeniería eléctrica de la universidad técnica de Cotopaxi para minimizar los costos de inversión en el proyecto y así poder alcanzar los indicadores financieros positivos.
- Para la conexión en paralelo tomar en cuenta parámetros como la corriente inversa pues podría provocar daños en los paneles solares ya que estos se polarizan en inversa, para evitar este efecto es recomendable instalar diodos de bloqueo entre el panel solar y el regulador de carga.
- Después de la implementación total del sistema de transferencia se recomienda poner al sistema solar como predeterminado en el interruptor para así los reabastecimientos eléctricos sean con la energía solar.



- Es recomendable la instalación de un sistema de pararrayos para proteger la instalación de las condiciones atmosféricas.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. Arencibia-Carballo, “La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica.,” *Redvet. Rev. Electrónica Vet.*, vol. 17, pp. 1–4, 2016.
- [2] Cadena Añazco Alejandro Xavier, “Guía para la preparación de anteproyectos de energía solar fotovoltaicas.,” Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2010.
- [3] Angeles Medidores, “Medidor de radiación de energía solar PCE-SPM 1.” [Online]. Available: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/medidor-radiacion-pce-spm1.htm>.
- [4] DE TELECOMUNICACIÓN and Colegio Nacional de Ingenieros, “Energía solar fotovoltaica.,” *Ibergraphi*, 2002.
- [5] J. Muñoz-Vizhñay, M. Rojas-Moncayo, and C. Barreto-Calle, “Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador,” *INGENIUS*, vol. 19, pp. 60–68, 2018.
- [6] I. E. y M. LTDA, “¿Cómo funciona un tablero de transferencia automática?,” 2018. [Online]. Available: [www.ac-cc.com/blog/como-funciona-un-tablero-de-transferencia-automatica](http://www.ac-cc.com/blog/como-funciona-un-tablero-de-transferencia-automatica).
- [7] D. PILCO and J. JARAMILLO, “Sistemas fotovoltaicos para iluminación: paneles fotovoltaicos,” 2008.
- [8] H. Gasquet, “Manual de Sistemas Fotovoltaicos.,” *Austin*, 2008.
- [9] O. Ortega, A. Boada, and M. Garcia, “Procedimiento Técnico Para La Implementación De Microcentrales Eléctricas Utilizando Paneles Fotovoltaicos,” Universidad Politécnica Salesiana, 2013.

- [10] R. Serrano, “Tipos de paneles solares fotovoltaicos, Energía solar Fotovoltaica,” *TRITEC-Intervento*. [Online]. Available: <https://www.tritec-intervento.cl/productostritec/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>.
- [11] M. A. Abella, “Sistemas fotovoltaicos,” *SAPT Publicaciones Técnicas*, vol. SL, 2005.
- [12] A. C. Chica Dussán and A. F. Gómez Abella, “Propuesta para el Desarrollo de un Proyecto Fotovoltaico Conectado a Red en las Instalaciones del Hotel Chicalá en la Ciudad de Neiva, Huila.,” 2016.
- [13] J. Galviz Garzón and R. Gutierrez Gallego, “Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaico para la población Wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de Uribía, departamento de la Guajira, Colombia.,” *reponameRepositorio Inst. la Univ. Nac. Abierta y a Distancia*, pp. 1–111, 2014.
- [14] J. E. Caiza Llano, “Formulación metodológica para el dimensionado e instalación de sistemas de bombeo solar fotovoltaico para el sector rural del Ecuador.,” Escuela Politécnica Nacional, 2017.
- [15] ABB group, “Energía solar,” *ABB Rev.*, vol. 2, p. 76, 2015.
- [16] J. Martínez Beltran, “Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas,” Universitat Politècnica de Catalunya, 2017.
- [17] F. D. J. A. GARCES, “SISTEMAS FOTOVOLTAICOS,” 2016. .
- [18] C. Agustin and S. German, “Instalaciones Solares Fotovoltaicas.” Colombia, p. 32, 2012.
- [19] V. Muñoz, “Guía de los acumuladores de energía solar fotovoltaica.,” *SueloSolar.com*, 2014. [Online]. Available: <https://suelosolar.com/newsolares/newsol.asp?id=10037>.
- [20] J. Luis and M. Tarrillo, “Sistemas de almacenamiento de energia,” no. December, pp. 12–17, 2015.
- [21] G. Vidal, “¿Qué es un convertidor DC-AC?” [Online]. Available: [https://www.academia.edu/6097805/Qué\\_es\\_un\\_convertidor\\_DC-AC](https://www.academia.edu/6097805/Qué_es_un_convertidor_DC-AC).

- [22] AC&CC Ingeniería eléctrica y mecánica, “¿Cómo funciona un tablero de Transferencia Automática?,” 2018. [Online]. Available: <https://www.ac-cc.com/blog/como-funciona-un-tablero-de-transferencia-automatica>.
- [23] I. Caro, “Sistema De Enclavamiento Mecanicos Y Electricos De Automatismos,” 2017. [Online]. Available: <http://electrofacil-soltec.blogspot.com/2017/04/sistema-de-enclavamiento-mecanicos-y.html>.
- [24] J. . Nieto Meza and S. . Santos Cueva, “Rediseño y optimización del sistema eléctrico de emergencia de la ESPE- Sangolquí Horizonte 15 años,” Escuela Politécnica del Ejército, 2012.
- [25] “El Interruptor de Cuchillas,” *Los Lápices de Paula*. [Online]. Available: <http://loslapicesdepaula.blogspot.com/2013/03/el-interruptor-de-cuchillas.html>.
- [26] I. Caro, “Sistema De Enclavamiento Mecanicos Y Electricos De Automatismos,” *Electrofacil-Soltec.*, 2017. [Online]. Available: <http://electrofacil-soltec.blogspot.com/2017/04/sistema-de-enclavamiento-mecanicos-y.html>.
- [27] A. A. García Boñar, “Desarrollo Del Sistema De Control De Un Tablero De Transferencia Automática De 2 Grupos Electrógénos En Paralelo Con La Red,” Universidad de Chile, 2019.

**ANEXO**

## ANEXO I. CARACTERÍSTICAS DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS



### Módulo fotovoltaico monocristalino 150W, alto rendimiento

#### Descripción

Panel solar de tecnología monocristalina. Cuenta con una alta eficiencia del 17,96% de célula y 15,92% del módulo, con una tolerancia del  $\pm 3\%$  y alta calidad de fabricación.

#### Características destacadas

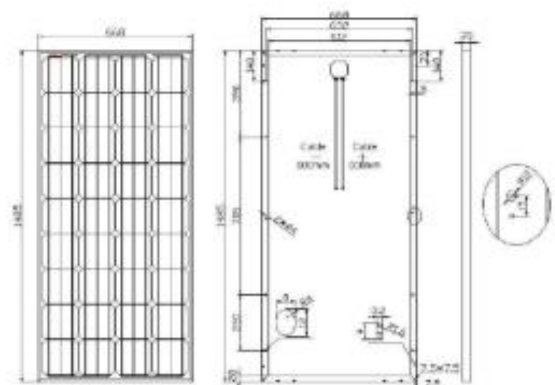
Células solares de alta eficiencia con transmisión y cristal texturizado.  
Diodo de bypass para minimizar las pérdidas por sombras.  
Vidrio templado con encapsulado EVA y película de protección frente al medio ambiente, con marco de aluminio.  
Cumple las certificaciones internacionales (CE, TÜV NORD, ISO) y está incluido en el programa PV Cycle.

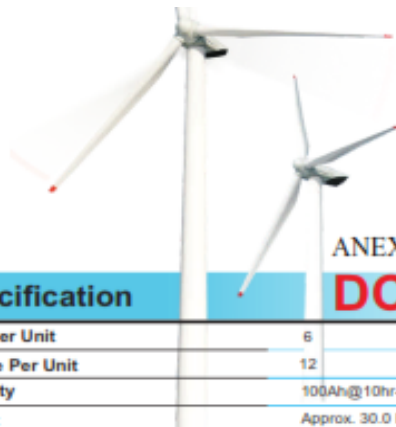


#### Aplicaciones

Sistemas de energía solar fotovoltaica para aplicaciones residenciales, comerciales o industriales aisladas de la red, de energía de respaldo o conectadas a red.

Datos eléctricos	
Potencia máxima (W)	150W
Tensión de potencia óptima (Vmp)	18.00V
Corriente operativa óptima (Imp)	8.34A
Tensión de circuito abierto (Voc)	22.32V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9.00A
Eficiencia de célula (%)	17.96%
Eficiencia de módulo (%)	15.12%
Tolerancia (%)	$\pm 3\%$
NOCT	47°C $\pm 2$ °C
Coeficientes de temperatura	
Coeficiente de temperatura Isc (%/°C)	+0.04
Coeficiente de temperatura Voc (%/°C)	-0.38
Coeficiente de temperatura Pm (%/°C)	-0.47
Coeficiente de temperatura Im (%/°C)	+0.04
Coeficiente de temperatura Vm (%/°C)	-0.38
Datos mecánicos y de componentes	
Célula	156*156 Mono
Número de células (pcs)	4*9
Tamaño del módulo (mm)	1482*670*35
Grosor del cristal (mm)	3.2
Máx. carga de superficie	2400-5400Pa
Resistencia al granizo	23m/s ,7.53g
Peso de la unidad (Kg)	11.6
Corriente máxima del fusible (A)	10
Marco	35#
Tipo de conector	MC4
Parte posterior	TPT
Rango de temperatura	-40°C / +85°C
FF (%)	70-76%
Standard Test Conditions	AM1.5 1000W/m <sup>2</sup> 25°C





## ANEXO 2. CARACTERÍSTICAS DE LA BATERÍAS

### Specification

# DC12-100(12V100Ah)

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	100Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 30.0 Kg (Tolerance ± 2%)
Internal Resistance	Approx. 5 mΩ
Terminal	F12(M8), F5(M8)
Max. Discharge Current	1000A (5 sec)
Design Life	12 years (floating charge)
Maximum Charging Current	30.0 A
Reference Capacity	C3 78.3AH C5 88.0AH C10 100.0AH C20 105.2AH
Float Charging Voltage	13.6 V-13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/C/Cell
Cycle Use Voltage	14.6 V-14.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C-60°C Charge: 0°C-50°C Storage: -20°C-60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 3% at 25°C. Please charge batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



DC (Deep Cycle) series batteries provide superior high integrity and reliability. It is specially designed for frequent cyclic charge and discharge. By using strong grids, thick plate and specially active material are designed for repeated deep-discharge applications. The DC series batteries offers 30% more cyclic life than the standby series. It is suitable for solar and wind renewable energy storage, mobility and medical equipment, RV, telecom, broadband and cable TV, UPS systems etc.



### Dimensions

				<table border="1"> <tr> <td>Length</td> <td>328±1mm (12.9 inches)</td> </tr> <tr> <td>Width</td> <td>172±1mm (6.77 inches)</td> </tr> <tr> <td>Height</td> <td>215±1mm (8.46 inches)</td> </tr> <tr> <td>Total Height</td> <td>220±1mm (8.66 inches)</td> </tr> <tr> <td>Terminal</td> <td>Value</td> </tr> <tr> <td>M5</td> <td>6-7 N/m</td> </tr> <tr> <td>M8</td> <td>8-10 N/m</td> </tr> <tr> <td>M8</td> <td>10-12 N/m</td> </tr> </table>	Length	328±1mm (12.9 inches)	Width	172±1mm (6.77 inches)	Height	215±1mm (8.46 inches)	Total Height	220±1mm (8.66 inches)	Terminal	Value	M5	6-7 N/m	M8	8-10 N/m	M8	10-12 N/m
Length	328±1mm (12.9 inches)																			
Width	172±1mm (6.77 inches)																			
Height	215±1mm (8.46 inches)																			
Total Height	220±1mm (8.66 inches)																			
Terminal	Value																			
M5	6-7 N/m																			
M8	8-10 N/m																			
M8	10-12 N/m																			
Unit: mm																				

### Constant Current Discharge Characteristics :A(25°C)

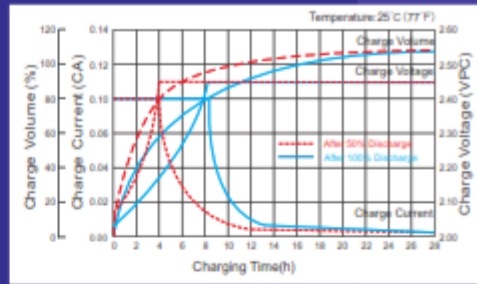
F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	237.2	182.8	106.0	62.4	37.4	27.8	22.0	18.6	12.7	10.7	5.47
1.65V	229.3	177.4	103.8	61.2	36.7	27.4	21.7	18.3	12.5	10.6	5.42
1.70V	219.0	170.2	100.8	59.7	35.9	26.9	21.3	18.0	12.3	10.5	5.35
1.75V	205.2	160.5	96.8	57.5	34.7	26.1	20.8	17.6	12.1	10.3	5.26
1.80V	186.8	147.5	91.3	54.6	33.1	25.0	20.0	17.0	11.7	10.0	5.13
1.85V	161.5	129.6	83.6	50.4	30.9	23.5	18.9	16.2	11.2	9.60	4.95

### Constant Power Discharge Characteristics : WPC(25°C)

F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	403	320	193	117	70.8	53.2	42.3	35.8	24.7	21.1	10.8
1.65V	400	317	191	116	70.1	52.7	41.9	35.5	24.5	20.9	10.7
1.70V	386	306	187	113	68.7	51.7	41.2	35.0	24.2	20.7	10.6
1.75V	369	293	181	110	66.8	50.5	40.3	34.3	23.7	20.3	10.4
1.80V	341	273	173	105	64.1	48.6	39.0	33.3	23.1	19.8	10.2
1.85V	300	244	160	97.2	60.0	45.8	36.9	31.7	22.1	19.0	9.80

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycle not the minimum values.

Charge Characteristic Curve for Cycle Use(IU)



ANEXO 3. CARACTERÍSTICA DEL INVERSOR

## ***INVERSORES ZONHAN***

**INVERSORES DE ONDA SINOIDAL PURA DE 300W HASTA 6000W !**



Inversores económicos para aplicaciones fijas de onda sinodal pura con todas las protecciones. Diseño con componentes de calidad para aguantar el trabajo rudo. Con display para Voltaje y Potencia. Desconexión con voltaje bajo. Dependiendo del modelo está incluido una o varias tomas de USB de 5VDC y uno o dos tomacorrientes.



**The Leading Supplier Of  
Wind Turbine,  
Hydro turbine,  
Solar Electric System**



<b>Model : TW-1500</b>		<b>TW-1500-12V</b>	<b>TW-1500-24V</b>	<b>TW-1500-48V</b>
<b>SALIDA AC:</b>	Potencia continua:	1500W		
	<b>Potencia Pico:</b>	<b>3000W</b>		
		120% < carga		
	150% < carga			
	Tipo de onda	Sincoidal Pura (THD < 3%)		
	Frecuencia de salida	50Hz±0.1% or 60Hz±0.1% (Opcional)		
Voltaje de salida AC	100~120VAC / 200~240VAC (Opcional)			
<b>DC Input</b>	Voltajes DC de entrada	12V DC	24V DC	48V DC
	Rango de voltaje DC	10.8V-15.5V	21.6V-31V	43.2V-62V
	Alarma de bacteria baja	10.8V±0.2V	21.6V±0.4V	43.2V±0.8V
	Desconexion de bateria baja	10.2V±0.2V	20.4V±0.4V	40.8V±0.8V
	Desconexion por voltaje alta	15.5V±0.2V	31V±0.4V	62V±0.8V
Eficiencia maxima	90% (a toda carga) / 95% (1/3 carga)			
Autoconsumo	<0.8A	<0.4A	<0.2A	
<b>Protección</b>	Termico	Apagado automático con Temperatura >75°C		
	Contra corto circuito	Polaridad Externa a traves de fusible		
	Ventilador enfriamiento	A partir de temperatura ≥45°C		
<b>Environmental</b>	Temperatura de operación	-10°C ~ +50°C		
	Humedad	20% ~ 90% RH		
	Bodegaje	-30°C ~ +70°C		
Indicadores, LED		Inverrsor, Falla		
<b>Físico</b>	Dimensiones (mm)	315*195*135mm		6pcs /Carton
	Peso (kg)	2.6 kg		
	Dimensions Carton(mm)	420*340*460 mm		
	Peso Carton (kg)	16 kg		



**The Leading Supplier Of  
Wind Turbine,  
Hydro turbine,  
Solar Electric System**



## ANEXO 4. CARACTERÍSTICAS DEL REGULADOR

# TRISTAR™

## CONTROLADOR SOLAR DE TRES FUNCIONES

El Controlador TriStar de Morningstar es un controlador de tres funciones que provee una carga confiable de baterías por energía solar, un control de carga o una regulación por desvío. El controlador opera en uno de esos modos por vez y pueden usarse dos o más controladores para proporcionar múltiples funciones.

El TriStar usa una tecnología avanzada y producción automatizada para proporcionar sus sorprendentes nuevas prestaciones a un precio competitivo. El medidor opcional TriStar es el medidor de controlador más sofisticado e informativo del mercado. El controlador está listado en UL y fue diseñado para sistemas solares residenciales y para aplicaciones profesionales.



### Prestaciones clave y beneficios

#### La más alta confiabilidad

Su amplio disipador de calor ❶ y su diseño conservador permiten la operación en rango completo a 45°C. No necesita reducir la potencia normal.

#### Mayor potencia

Rangos de 60A a 48VCC que permiten manejar conjuntos de hasta 4KW.

#### Capacidad de comunicaciones

La interfaz RS-232 ❷ para conexión con computadoras personales permite ajustes según la necesidad del cliente, adquisición de datos, monitoreo y control remotos.

#### Totalmente ajustable

Los interruptores tipo DIP ❸ permiten que el usuario opte entre 7 diferentes configuraciones digitales preestablecidas y entre ajustes específicos de su aplicación a través de RS-232.

#### Amplias protecciones electrónicas

Totalmente protegido contra polaridad invertida, cortocircuitos, exceso de corriente, alta temperatura y exceso de voltaje.

#### Interfaz mecánica simple

Terminales de potencia ❹ y tapones pasacables ❺ más grandes. Espacio adicional para vueltas de cable. Calza en paneles de potencia.

#### Mejor carga de batería

La conexión de los cables de sensado de batería ❻ y los sensores de temperatura remotos opcionales ❼ mejorarán la precisión del control. El algoritmo de PWM serie de tensión constante incrementa la capacidad y la vida útil de la batería.

#### Mayor información

3 LED ❶ para dar indicación del estado, las anomalías y las alarmas. El medidor opcional ❶ muestra amplia información del sistema y del controlador; con capacidades automáticas de autoverificación y reinicio. Conexión del medidor a través de conector telefónico RJ-11 ❶.

#### Fácil de reiniciar

El pulsador ❶ permite el reinicio manual y el arranque / parada de la equalización de la batería o la desconexión de la carga.

#### Bajo ruido para telecomunicaciones

El ajuste de los interruptores tipo DIP cambiará el modo de carga de la batería de PWM a "encendido-apagado".

**CONTROL DE CARGA**

- Diseño PWM (Modulación por ancho de pulso) en serie, de voltaje constante para suministrar una carga de batería altamente eficiente
- Cuatro etapas de carga para incrementar la capacidad y vida útil de la batería: carga masiva, PWM regulación, flotante y de equalización.
- En paralelo para conjuntos solares más grandes de hasta 300 A, o más

**CONTROL DE CARGA**

- Permite arrancar grandes cargas incluyendo motores y bombas sin daños para el controlador
- Permite picos de corriente de arranque de hasta 300 A
- Protección contra cortocircuitos y sobrecarga con reconexión automática
- El LVD está compensado por corriente y tiene una demora para evitar falsas desconexiones.

**CONTROL DE DERIVACIÓN**

- Puede ser usado para carga solar, eólica o hidroeléctrica
- Para proteger contra sobrecarga de la batería, el exceso de energía es derivado de la batería primaria a una batería secundaria o a una carga resistiva alternativa de CC
- PWM reduce la potencia hacia la carga de derivación durante las condiciones de exceso de corriente

**Especificaciones eléctricas**

- Corriente nominal solar en carga o en derivación: TriStar-45 45A, TriStar-60 60A
- Voltaje del sistema 12-48V
- Precisión 12/24V:  $\leq 0.1\% \pm 50mV$ , 48V:  $\leq 0.1\% \pm 100mV$
- Voltaje mínimo para operar 9V
- Máximo voltaje solar (Voc) 125V
- Consumo propio: Controlador <20mA, Medidor 7.5mA

**Especificaciones ambientales**

- Temperatura del ambiente de operación: Controlador  $-40^{\circ}C$  a  $+45^{\circ}C$ , Medidor  $-40^{\circ}C$  a  $+60^{\circ}C$
- Temperatura de almacenamiento:  $-55^{\circ}C$  a  $+85^{\circ}C$
- Humedad: 100% (sin condensación)
- Tropicalización: Cobertura conforme en ambos lados de todas las placas de circuito impreso

**Protecciones electrónicas**

- Protección contra polaridad invertida (cualquier combinación)
- Protección ante cortocircuitos
- Protección contra excesos de corriente
- Protección contra rayos y picos de tensión, usando supresores de transitorios de voltaje de 4500 W
- Protección contra alta temperatura a través de una reducción automática de corriente o apagado completo
- Previene corrientes en reversa desde la batería por la noche.

**Especificaciones mecánicas**

- Dimensiones: Altura: 26.0cm/10.3 pulgadas, Ancho: 12.7cm/5.0 pulgadas, Profundidad: 7.1cm/2.8 pulgadas
- Peso: 1.6 kg /3.5 lb
- Cable más grande: 35mm/2 AWG
- Pasacables: Excéntrico 2.5/3.2cm (1.0/1.25 pulgadas)
- Encapsulado: Tipo 1, calificado para interiores

**Opciones del TriStar:**

- **Medidor del TriStar** — Visor de 2 x 16 montado al controlador que proporciona información del sistema y el controlador, adquisición de datos, gráficos de barras y elección de 5 idiomas



- **Medidor remoto del TriStar** — Incluye 30 metros de cable para el montaje del medidor a distancia del controlador
- **Sensor remoto de temperatura** — Proporciona una carga compensada en temperatura mediante la medición de la temperatura en la batería (cable de 10 metros)

**Certificaciones**

- Cumple con CE
- Listado en UL (UL 1741)
- cUL (CSA-C22.2 No.107.1-95)
- Cumple con el Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos
- Manufacturado en un establecimiento certificado según ISO 9001



**GARANTÍA:** Periodo de garantía de cinco años. Consulte con Morningstar o su distribuidor autorizado para información completa sobre las condiciones.

**DISTRIBUIDOR AUTORIZADO DE MORNINGSTAR:**



1098 Washington Crossing Road  
Washington Crossing, PA 18977 USA  
Tel: 215-321-4457 Fax: 215-321-4458  
E-mail: info@morningstarcorp.com  
Website: www.morningstarcorp.com

# ***TRISTAR***

## **Controlador del sistema de carga solar Manual de instalación y operación**

---

***Carga de batería por energía solar***

.....  
***Control de carga***  
.....

---

"Esta es una versión abreviada en idioma español del Manual del Operador del Controlador TriStar. Para obtener más detalles o una versión completa del manual, vea la versión en Inglés en nuestro sitio al [www.morningstarcorp.com](http://www.morningstarcorp.com)."



1098 Washington Crossing Road  
Washington Crossing, PA 18977 USA  
Phone: +1 215.321.4457  
Fax: +1 215.321.4458  
email: [info@morningstarcorp.com](mailto:info@morningstarcorp.com)  
[www.morningstarcorp.com](http://www.morningstarcorp.com)

## ***Información general de seguridad***

- Lea todas las instrucciones y advertencias del manual antes de comenzar la instalación
- No hay partes reparables por el usuario en el TriStar. No desarme ni intente reparar el controlador.
- Desconecte todas las fuentes de energía del controlador antes de instalar o ajustar el TriStar. Asegúrese de que tanto la batería como la energía solar hayan sido desconectadas antes de abrir la tapa de acceso.
- No hay fusibles ni elementos de desconexión en el TriStar. La energía deberá ser quitada externamente.
- No permita que ingrese agua en el controlador.
- Confirme que los cables de alimentación estén ajustados con el torque correcto para evitar un calentamiento excesivo por causa de una conexión floja.
- Asegúrese de que el gabinete esté apropiadamente conectado a tierra por medio de conductores de cobre.
- El terminal de puesta a tierra está ubicado en el compartimiento de cableado y está identificado con el símbolo que aparece a continuación y que está estampado en el interior del gabinete.



Símbolo de tierra

- Sea muy cuidadoso cuando trabaje con baterías grandes de plomo-ácido.

## ***1.0 Descripción del TriStar***

El TriStar es un controlador de sistema de carga por energía solar técnicamente avanzado. Hay tres modos distintos e independientes de operación programados en cada TriStar: carga solar de batería, control de carga o control por derivación. En un TriStar individual, puede ser seleccionado un solo modo de operación. Si un sistema requiere de un controlador del proceso de carga y de un control de la carga propiamente dicha, deberán usarse dos TriStar.

Hay dos versiones estándar de los controladores TriStar:

### **TriStar-45:**

Especificado para un máximo de corriente continua de 45 A  
(solar, carga o carga por derivación)  
Especificado para sistemas de 12, 24, 48 Vcc.

### **TriStar-60:**

Especificado para un máximo de corriente continua de 60 A  
(solar, carga o carga por derivación)  
Especificado para sistemas de 12, 24, 48 Vcc.

### **Carga solar de batería**

La salida de energía de un conjunto solar es usada para la recarga del sistema de baterías. El TriStar administra el proceso de carga para que sea eficiente y maximice la vida útil de la batería. La carga incluye una etapa de carga masiva, absorción PWM, flotante y equalización.

### **Control de carga**

Cuando se selecciona el control de carga, el TriStar entrega energía a las cargas a partir de la batería y protege la batería para evitar un exceso de descarga con una corriente LVD compensada (desconexión de carga por bajo voltaje).

### **Control de carga por derivación (Diversion charge)**

En el modo de derivación, el TriStar administrará la carga de la batería mediante el desvío de energía desde la batería hacia una carga de derivación. La fuente de energía es típicamente eólica o hidráulica. *Póngase en contacto con Morningstar para mayores instrucciones sobre control de carga por derivación.*

## **1.1 Uso general**

Los controladores TriStar están configurados para sistemas de puesta a tierra negativos.

El TriStar está protegido electrónicamente contra falla con recuperación automática. No hay fusibles ni partes mecánicas en el interior del TriStar para reestablecer ni cambiar.

Las sobrecargas solares de hasta un 130% de la corriente especificada, serán reguladas por reducción, en vez de desconectar del sistema de energía solar. Las condiciones de exceso de temperatura también regularán la entrada solar a niveles más bajos, para evitar una desconexión.

Puede conectarse cualquier número de unidades de TriStar en paralelo para incrementar la corriente de carga solar. Los TriStar pueden ser conectados en paralelo SOLAMENTE en el modo de cargado de batería (battery charging). NO ponga en paralelo los TriStar en el modo de carga (load), ya que puede dañar al controlador o a la carga.

El gabinete del TriStar está especificado para uso en interiores.

Las condiciones de día y noche son detectadas por el TriStar y no se utilizan diodos de bloqueo en el circuito de alimentación.

## **1.2 Opciones disponibles**

### **Sensor remoto de temperatura (RTS)**

Si la temperatura del sistema de baterías varía más de 5°C (9°F) durante el año, deberá considerarse la opción de una carga compensada en temperatura. El RTS medirá la temperatura de la batería y el TriStar usará esa entrada para ajustar la carga según sea necesario.

### **Visores del medidor digital**

Es posible agregar dos medidores digitales al TriStar en cualquier momento, durante o después de la instalación. Una versión va montada en el controlador (TS-M) y la otra es apta para ubicaciones remotas (TS-RM).

## **2.0 Instalación del TriStar**

<b>Paso</b>	<b>Carga solar y control de la carga</b>
1.	Quite la tapa de acceso sacando los 4 tornillos.
2.	Monte el TriStar usando la plantilla adjunta.
3.	Ajuste los 8 interruptores en el interruptor DIP. Cada interruptor debe estar en la posición correcta (vea los detalles más adelante).
4.	Conecte el RTS si la carga de la batería será compensada en temperatura (no para control de la carga --"load"--).
5.	Conecte los cables sensores de voltaje de la batería (recomendado).
6.	Conecte los cables de alimentación de batería al TriStar. Luego conecte los cables del conjunto solar (o de la carga).
7.	Conecte una computadora al TriStar si hace ajustes con el software de la PC.
8.	Vuelva a colocar la tapa.



Los pasos #3 y #6 son necesarios para todas las instalaciones.  
Los pasos #4, #5 y #7 son opcionales.

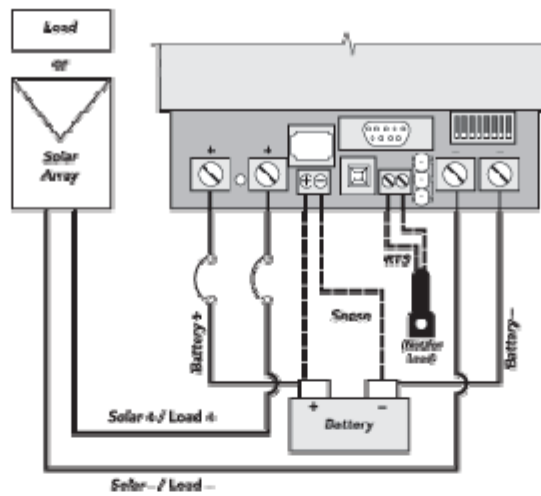


Figura 2.0 Instalación del cableado para carga solar y control de la carga

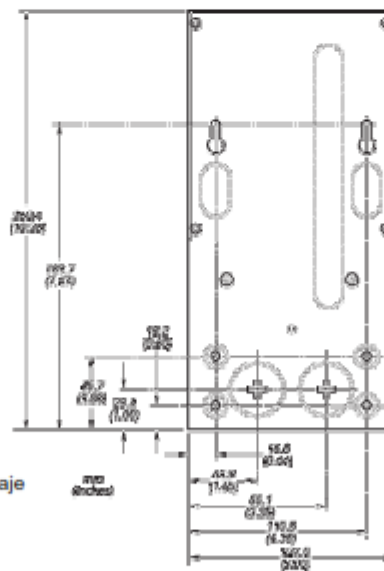


Figura 2.0 Dimensiones del montaje



NOTA: Cuando monte el TriStar, asegúrese de que el aire fluya alrededor del controlador y que el disipador de calor no esté obstruido. Debe haber un espacio libre por encima y por debajo del disipador de calor y al menos 75 mm (3 pulgadas) de distancia alrededor del disipador para permitir el libre flujo de aire para enfriamiento.

## **2.01 Ajuste de los Interruptores tipo DIP**

Para configurar su TriStar para el proceso de carga y control de la batería que necesite, siga los ajustes de interruptores tipo DIP que se describen abajo. Para cambiar un interruptor de la posición apagado (OFF) a la posición encendido (ON), deslice el interruptor hacia la parte superior del controlador. Asegúrese de que cada interruptor esté completamente en la posición ON u OFF.

### **Interruptor tipo DIP número 1 – Modo de control: Carga de batería solar**

<b>Control</b>	<b>Interruptor 1</b>
Proceso de carga	Off
Carga	On




Figura 2.01 Interruptor #1

Para el modo de control de carga solar de la batería, deje el interruptor tipo DIP en la posición APAGADO (OFF) según se muestra.

### **Interruptores DIP números 2,3 – Voltaje del sistema:**

<b>Voltaje</b>	<b>Interruptor 2</b>	<b>Interruptor 3</b>
Auto	Apagado (off)	Apagado (off)
12	Apagado (off)	On
24	On	Apagado (off)
48	On	On

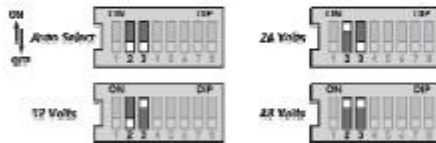


Figura 2.01 Interruptores # 2,3

La selección de autovoltaje acontece cuando la batería es conectada y se enciende el TriStar. No debe haber cargas en la batería que puedan hacer que una batería descargada indique un menor voltaje del sistema.

Los voltajes seleccionables por el interruptor tipo DIP son para baterías de plomo – ácido de 12V, 24V o 48V. Aunque la selección de "autovoltaje" es muy confiable, se recomienda usar los interruptores tipo DIP para asegurar el voltaje correcto del sistema.



**Interruptores DIP números 4,5,6 – Algoritmo de carga de batería:**

Tipo de batería	PWM	Interruptor 4	Interruptor 5	Interruptor 6
1	14.0	Apagado (off)	Apagado (off)	Apagado (off)
2	14.15	Apagado (off)	Apagado (off)	Encendido (on)
3	14.35	Apagado (off)	Encendido (on)	Apagado (off)
4	14.4	Apagado (off)	Encendido (on)	Encendido (on)
5	14.6	Encendido (on)	Apagado (off)	Apagado (off)
6	14.8	Encendido (on)	Apagado (off)	Encendido (on)
7	15.0	Encendido (on)	Encendido (on)	Apagado (off)
8	Usuario	Encendido (on)	Encendido (on)	Encendido (on)

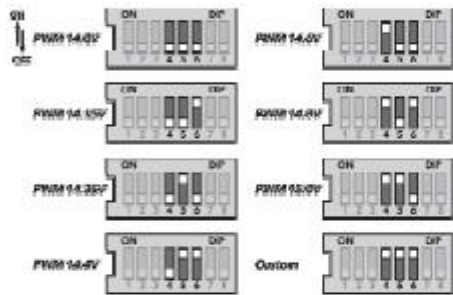


Figura 2.01 Interruptor # 4,5,6

Seleccione uno de los 7 algoritmos estándar de carga de la batería o seleccione el interruptor DIP del usuario (indicado como "custom") para programar valores personalizados seleccionables por el usuario, usando el software de PC.

Los 7 algoritmos estándar de carga que aparecen arriba están descritos en la sección 4.0 – Programas estándar de carga de batería.

**Interruptor DIP número 7 – Ecuación de batería:**

**Ecuación Interruptor 7**

Manual Apagado (off)  
Auto On

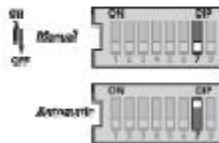


Figura 2.01 Interruptor # 7

En el modo de autoecuación (Interruptor #7 encendido "On"), la ecuación de la batería arrancará y se detendrá automáticamente de acuerdo con el programa de batería seleccionado por los interruptores tipo DIP 4,5,6 indicados arriba. Vea la Sección 4.0 para más información sobre cada algoritmo de batería estándar y sobre la ecuación.

En el modo de equalización manual (interruptor #7 Apagado (Off)), la equalización ocurrirá solamente cuando sea manualmente puesta en marcha con el botón pulsador. La puesta en marcha automática de la equalización está desactivada. La equalización se detendrá automáticamente según el algoritmo de batería seleccionado.

En ambos casos (modos auto y manual), el botón pulsador puede ser usado para poner en marcha y detener la equalización de batería.

**Interruptor DIP número 8 – Reducción de ruido:**

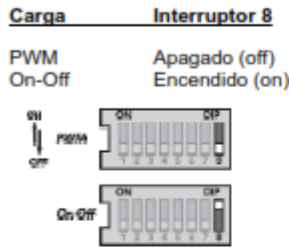


Figura 2.01 Interruptor # 8

El algoritmo de carga de batería PWM es estándar para todos los controladores de carga de Morningstar. Sin embargo, hay casos en que la regulación PWM causa interferencia por ruido en las cargas (por ejemplo, en algunos tipos de equipamiento de telecomunicaciones o radios), en esos casos el TriStar puede ser cambiado a un método de regulación de carga solar On-Off (encendido – apagado).

Debe notarse que la regulación de carga solar On – Off (apagado-encendido) es mucho menos efectiva que la PWM. Cualquier problema de ruido debe ser suprimido de otro modo y solamente si no hay ninguna otra solución es posible que el TriStar deba ser cambiado para funcionar como un cargador On-Off (apagado-encendido).

**CONTROL DE LA CARGA**  
 Los ajustes del Interruptor DIP están en el Apéndice.

**2.02 Sensor remoto de temperatura (RTS)**

Se recomienda usar un sensor remoto de temperatura (RTS) para el control de la carga solar de baterías y de la carga por derivación para lograr una carga efectiva y compensada en temperatura. Esta punta de prueba remota de temperatura no debe ser instalada para controlar la carga de CC.



Figura 2.02 Conexión del RTS

### **2.03 Conexión del sensor de voltaje de la batería**

No es necesaria una conexión de sensor de voltaje de batería para operar su controlador TriStar, pero es recomendable para un mejor rendimiento en todos los modos de carga y control. Los cables de sensado de voltaje de batería casi no transportan corriente, por lo tanto, la entrada de sensor de batería evita las grandes caídas de voltaje que pueden ocurrir en los conductores de alimentación de la batería. La conexión de sensado de voltaje permite que el controlador mida el voltaje de batería real bajo cualquier condición.

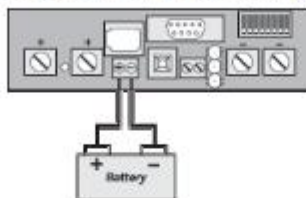


Figura 2.03 Conexión del sensado de batería

El tamaño del cable puede ir desde 1.0 hasta 0.25 mm<sup>2</sup> (16 a 24 AWG).

La longitud máxima permitida para cada cable del sensor de voltaje es de 30 metros (98 pies).

El terminal del sensor de batería tiene polaridad. Tenga cuidado de conectar el terminal positivo de la batería (+) al terminal positivo del sensor de voltaje.

### **2.04 Conexión de los cables de alimentación**

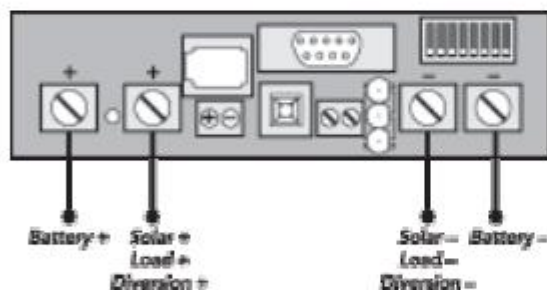


Figura 2.04 Conexiones de los cables de alimentación



**PRECAUCIÓN:** El conjunto solar puede producir voltajes a circuito abierto de más de 100 Vcc cuando está expuesto a la luz solar.

Verifique que el interruptor de la entrada solar haya sido abierto (desconectado) antes de instalar los cables del sistema (si el controlador está en el modo de carga solar).

#### **Encendido**

- Confirme que las polaridades del sistema de carga solar (o la carga) y de las baterías sean correctas.
- Primero encienda la desconexión de batería. Observe el LED para confirmar una puesta en marcha exitosa (destello de los LED verde – amarillo – rojo en un ciclo).
- Note que una batería deberá estar conectada al TriStar para poner en marcha y operar el controlador. El controlador no operará solamente con una entrada solar.
- Encienda la desconexión solar (o por carga).

## **3.0 Operación del TriStar**

### **3.1 Botón pulsador**

En los modos de carga de batería (solar y derivación), es posible habilitar las siguientes funciones con el botón pulsador (ubicado en la tapa frontal):

**PRESIONANDO:** Se reestablece a partir de un error o falla.

**PRESIONANDO:** Reestablece la indicación de servicio de la batería si esta ha sido activada con el software de la PC. Se iniciará un nuevo período de servicio y los LED dejarán de destellar. Si el servicio de batería es llevado a cabo antes de que los LED comiencen a destellar, el botón pulsador debe ser presionado mientras que los LED están destellando para reestablecer el intervalo de servicio y detener el destello.

**PRESIONANDO Y RETENIENDO DURANTE 5 SEGUNDOS:** Comienza manualmente la ecualización de batería. Esto hará iniciar la ecualización en modo manual o automático de ecualización. La ecualización se detendrá automáticamente según el tipo de batería seleccionada.

**PRESIONANDO Y RETENIENDO DURANTE 5 SEGUNDOS:** Detiene una ecualización que se está desarrollando. Esto se hará efectivo tanto en el modo manual como en el automático. La ecualización será finalizada.

Control de la carga:

**PRESIONANDO:** Se reestablece de un error o falla.

**PRESIONANDO Y RETENIENDO DURANTE 5 SEGUNDOS:** Después de una desconexión de la carga por bajo voltaje (LVD), el botón pulsador puede ser usado para reconectar las cargas nuevamente. Las cargas permanecerán encendidas durante 10 minutos y luego serán desconectadas nuevamente. El botón pulsador puede ser usado para eliminar el LVD y para que este trabaje sin límites.

**NOTA:** El propósito del LVD es el de proteger la batería. La repetición de la eliminación del LVD puede descargar profundamente la batería y puede dañarla.

### **3.2 Indicaciones de los LED**

**Explicación de la lectura de los LED:**

G= (verde, "green")

Y= (amarillo, "yellow")

R= (rojo, "red")

G = el LED verde está encendido

Y = el LED amarillo está encendido

R = el LED rojo está encendido

G/Y = el verde y el amarillo están encendidos a la vez

G/Y - R = el verde y el amarillo están encendidos y luego el rojo se enciende solo

Secuenciando (fallas) = el patrón de encendido de LED se repite hasta que se soluciona la falla.

### 1. Transiciones generales:

Puesta en marcha del controlador	G - Y - R (un ciclo)
Transiciones del botón pulsador	los tres LED destellan 2 veces
Se necesita dar servicio a la batería	los tres LED destellan hasta que se reestablezca el servicio

### 2. Estado de la batería

Estado de carga general	vea las indicaciones SOC de batería que aparecen más adelante
Absorción PWM	G destellando (1/2 segundo encendido/ 1/2 segundo apagado)
Estado de ecualización	G destello rápido (2 a 3 veces por segundo)
Estado de flotación	G destellando lentamente (1 segundo encendido/ 1 segundo apagado)

### Indicaciones de los LED de estado de carga de batería (cuando la batería se está cargando):

G encendido	80% a 95% SOC
G/Y encendidos	60% a 80% SOC
Y encendido	35% a 60% SOC
Y/R encendido	0% a 35% SOC
R encendido	la batería se está descargando

## CONTROL DE LA CARGA

2. Estado de carga					
			<u>12V</u>	<u>24V</u>	<u>48V</u>
G					
G/Y	LVD+	0.60V	1.20V	2.40V	
Y	LVD+	0.45V	0.90V	1.80V	
Y/R	LVD+	0.30V	0.60V	1.20V	
R-Destellando	LVD+	0.15V	0.30V	0.60V	
R-LVD	LVD				

Los LED de estado de carga están determinados por el voltaje de LVD más los voltajes de la transición especificada. Al subir o bajar el voltaje de la batería, cada transición de voltaje provocará un cambio en los LED.

### 3. Fallas y alarmas

• Cortocircuito - solar/ carga	R/G- Y encendiéndose en forma secuencial
• Sobrecarga - solar/ carga	R/Y - G encendiéndose en forma secuencial
• Exceso de temperatura	R-Y encendiéndose en forma secuencial
• Desconexión por alto voltaje	R- G encendiéndose en forma secuencial
• Polaridad inversa - batería	No se enciende ningún LED
• Polaridad inversa - solar	No hay indicación de falla
• Falla en Interruptor DIP	R - Y - G encendiéndose en forma secuencial
• Fallas en autopruueba	R - Y - G encendiéndose en forma secuencial
• Punta de prueba de temperatura (RTS)	R/Y - G/Y encendiéndose en forma secuencial
• Sensor de voltaje de la batería	R/Y - G/Y encendiéndose en forma secuencial

## 4.0 Programas estándar de carga de batería

El TriStar provee 7 algoritmos estándar de carga de baterías (programas) que son seleccionados con los interruptores DIP (vea el Paso 3 de Instalación). Estos algoritmos estándar son indicados para las baterías de plomo-ácido que van desde las selladas (gel, AGM, libres de mantenimiento) a las inundadas y a las celdas L-16. Adicionalmente, hay un octavo interruptor DIP que provee puntos de ajuste seleccionables mediante el uso de un software de PC.

La tabla que aparece abajo resume los principales parámetros de los algoritmos estándar de carga. Note que todos los voltajes son para sistemas de 12 V (24V = 2X, 48V = 4X).

Todos los valores se especifican para 25°C (77°F).

Interruptores DIP (4-5-6)	Tipo de Batería	Voltajes de			Tiempo en ecual. (horas)	Intervalo de ecual. (días)	Máx. ciclo de ecual. (horas)
		Absorción PWM	Flotación	Ecual.			
off-off-off	1 - Sellada	14.0	13.4	none	-	-	-
off-off-on	2 - Sellada	14.15	13.4	14.2	1	28	1
off-on-off	3 - Sellada	14.35	13.4	14.4	2	28	2
off-on-on	4 - Inundada	14.4	13.4	15.1	3	28	4
on-off-off	5 - Inundada	14.6	13.4	15.3	3	28	5
on-off-on	6 - Inundada	14.8	13.4	15.3	3	28	5
on-on-off	7 - L-16	15.0	13.4	15.3	3	14	5
on-on-on	8 - Usuario		Usuario			Usuario	

Tabla 4.0 Programas estándar de carga de baterías

## 5.0 Control de la carga

El propósito primario de la función de desconexión por bajo voltaje (LVD) es el de proteger la batería del sistema de descargas profundas que pudieran dañar la batería.

Interruptores DIP	LVD			SOC% Batería	LVDR		
	12V	24V	48V		12V	24V	48V
off-off-off	11.1	22.2	44.4	8	12.6	25.2	50.4
off-off-on	11.3	22.6	45.2	12	12.8	25.6	51.2
off-on-off	11.5	23.0	46.0	18	13.0	26.0	52.0
off-on-on	11.7	23.4	46.8	23	13.2	26.4	52.8
on-off-off	11.9	23.8	47.6	35	13.4	26.8	53.6
on-off-on	12.1	24.2	48.4	55	13.6	27.2	54.4
on-on-off	12.3	24.6	49.2	75	13.8	27.6	55.2
on-on-on		Usuario		Usuario		Usuario	

Tabla 5.0 Ajustes LVD estándar

Los valores de LVD<sub>n</sub> son los configurados para la reconexión de la carga. El SOC % de batería ("state of charge" o estado de carga) proporciona una figura del estado general de carga para cada valor configurado de LVD.

Los valores que figuran en la tabla de arriba están compensados en corriente.

Los valores de LVD que figuran en la tabla de arriba son ajustados más bajo según la siguiente tabla:

	TS-45	TS-60
12V	-15 mV por A	-10 mV por A
24V	-30 mV por A	-20 mV por A
48V	-60 mV por A	-40 mV por A

Para los motores de corriente continua y para otras cargas inductivas, se recomienda enfáticamente instalar un diodo cerca del controlador.

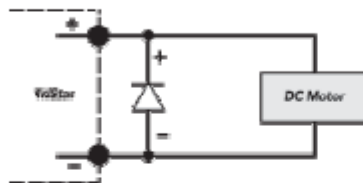


Figura 5.0 Protección con diodo

Las especificaciones para el diodo son las que siguen:

- Diodo de potencia
- Especificado para voltajes iguales o mayores a 80 V
- Especificado como igual o mayor de 45A (TS-45) o 60A (TS-60)

Para cargas inductivas grandes, es posible que sea necesario un disipador de calor para el diodo.

### 5.01 TriStar en paralelo

Nunca deberán ser puestos dos o más TriStar en paralelo para una carga grande. Los controladores no pueden compartir la carga.

### 5.02 Polaridad invertida

Si la batería está conectada correctamente (los LED están encendidos), la carga deberá ser conectada muy cuidadosamente con respecto a la polaridad (+ / -).

Si la polaridad es invertida, el controlador no puede detectarla. No hay indicaciones.

Las cargas sin polaridad no serán afectadas.

Las cargas con polaridad pueden ser dañadas.

## 6.0 Ajustes del usuario con software de PC

Mediante una conexión RS-232 entre el TriStar y una computadora personal externa (PC) es posible ajustar fácilmente muchos de los valores de configuración y parámetros de operación.

Será necesario un cable RS-232 con conectores DB9 (9 pines en 2 filas).

Descargue el software TriStar de PC del sitio de Internet de Morningstar. Siga las instrucciones del sitio para instalar el software en su computadora.

## 7.0 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### ELÉCTRICAS

- Voltaje del sistema 12, 24, 48 Vcc
- Corriente nominal – **Regulación de la carga de la batería**
  - TS-45: 45 A
  - TS-60: 60 A
- Corriente nominal – **Control de carga**
  - TS-45: 45 A
  - TS-60: 60 A
- Corriente nominal: – **Control de carga por derivación**
  - TS-45: 45 A carga por derivación
  - TS-60: 60 A carga por derivación
- Precisión
  - 12/24V:  $\leq 0.1\% \pm 50$  mV
  - 48V:  $\leq 0.1\% \pm 100$  mV
- Voltaje mínimo para operar 9 V
- Máximo voltaje solar (Voc) 125 V
- Voltaje de funcionamiento máximo 68 V
- Consumo propio <20 mA
- Apagado por alta temperatura
  - 95°C desconexión del sistema de carga solar
  - 90°C desconexión de la carga / carga por derivación
  - 70°C reconexión del solar / de la carga / de la carga por derivación
- Desconexión por alto voltaje solar a equalización más alta + 0.2V
- Reconexión de HVD 13.0V
- Protección contra transitorios de línea:
  - Especificación de potencia de pulso 4500 W (vatios)
  - respuesta <5 nanosegundos

### CARGA DE BATERÍA / SENSOR REMOTO DE TEMPERATURA (RTS)

- Algoritmo de carga: PWM, tensión constante
- Coeficiente de compens. de temperatura -5mV/°C/ celda (25°C de referencia)
- Rango de compensación de temperatura -30°C a +80°C
- Configuraciones de compens. de temperatura PWM, flotante, equalización y HVD (con la opción de RTS)

### LEDS DE ESTADO de CARGA DE BATERÍA

G	13.3 a PWM
G/Y	13.0 a 13.3 V
Y	12.65 a 13.0 V
Y/R	12.0 a 12.65 V
R	0 a 12.0 V

Nota: Multiplique x 2 para sistemas de 24V, x 4 para sistemas de 48V

Nota: Las indicaciones de los LED son para la carga de una batería. Cuando se esté descargando, los LED serán típicamente Y/R o R.



## ESPECIFICACIONES MECÁNICAS

• Dimensiones (mm/pulgadas)	Altura: 260.4 mm / 10.25 pulgadas Ancho: 127.0 mm / 5.0 pulgadas Profundidad: 71.0 mm / 2.8 pulgadas
• Peso (kg/lb)	1.6 kg / 3.5 lb
• Terminales de alimentación:	conector con terminal por compresión
Cable más grande	35 mm <sup>2</sup> / 2 AWG
Cable más pequeño	2.5 mm <sup>2</sup> / 14 AWG
• Ranura para cable del terminal	8.2 mm / 0.324 pulgadas (ancho) 9.4 mm / 0.37 pulgada (altura)
• Pasacables	1 y 1.25 pulgadas
• Torque de los terminales	5.65 Nm / 50 pulgadas/libra
• RTS / terminales de sensado:	
tamaño del cables	1.0 to 0.25 mm <sup>2</sup> / 16 to 24 AWG
torque	0.40 Nm / 3.5 in-lb

## AMBIENTALES

Temperatura del ambiente	-40°C a +45°C
Temperatura de almacenamiento	-55°C a +85°C
Humedad	100% (NC)
Encapsulado	Tipo 1 (calificado para interiores) Acero con cobertura de pintura metalizada

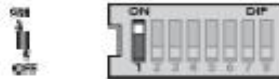
Especificaciones sujetas a cambio sin aviso.  
Diseñado en Estados Unidos  
Ensamblado en Taiwán



## **Apéndice – Ajustes de los interruptores DIP de control de la carga**

### **Interruptor DIP número 1 - Modo de control: Control de la carga**

Control	Interruptor 1
Carga de la batería	Off
La carga	On



#### *Interruptor DIP #1*

Para el modo de control de carga, mueva el interruptor DIP a la posición ON según se muestra.

### **Interruptores DIP números 2,3 – Voltaje del sistema:**

Voltaje	Interruptor 2	Interruptor 3
Auto	Off	Off
12	Off	On
24	On	Off
48	On	On



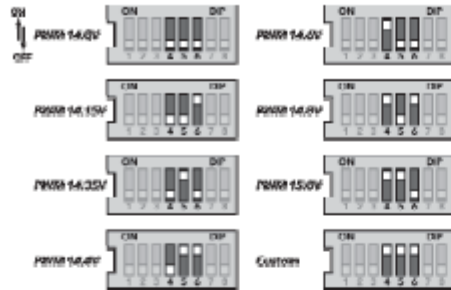
#### *Interruptores DIP # 2,3*

La selección de autovoltaje acontece cuando la batería es conectada y se enciende el TriStar. No debe haber cargas en la batería que puedan causar que una batería descargada indique un menor voltaje del sistema.

Los voltajes seleccionables mediante el interruptor tipo DIP son para baterías de plomo – ácido de 12V, 24V o 48V. Aunque la selección de "autovoltaje" es muy confiable, se recomienda usar los interruptores tipo DIP para asegurar el voltaje correcto del sistema.

### **Interruptores DIP números 4,5,6 – Algoritmo de control de carga:**

LVD	Interruptor 4	Interruptor 5	Interruptor 6
11.1	Off	Off	Off
11.3	Off	Off	On
11.5	Off	On	Off
11.7	Off	On	On
11.9	On	Off	Off
12.1	On	Off	On
12.3	On	On	Off
Usuario	On	On	On



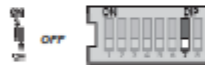
*Interruptor DIP # 4,5,6*

Seleccione uno de los 7 algoritmos estándar de control de carga o seleccione el interruptor DIP "usuario" para aquellos ajustes especiales elegidos por el usuario usando el software de PC.

Vea la Sección 5.0 para más detalles sobre los ajustes de los 7 LVD estándar, los ajustes de reconexión LVDR y los valores de compensación de corriente.

**Interruptor DIP número 7 – Debe estar en OFF:**

Interruptor 7  
Off



*Interruptor DIP # 7*

En el modo de control de carga, el interruptor DIP #7 debe estar en la posición OFF.

**Interruptor DIP número 8 – Debe estar en OFF:**

Interruptor 8  
Off



*Interruptor DIP # 8*

En el modo de control de carga, el interruptor DIP #8 debe estar en la posición OFF.



NOTA: Confirme todas las posiciones de los interruptores DIP antes de ir a los siguientes pasos de la instalación.

## ANEXO 5. ELECTRODOS O VARILLAS PARA TIERRA



### CARACTERÍSTICAS

- Mejor resistencia a la corrosión que las varillas galvanizadas logrando una vida útil de hasta 30 años en la mayoría de los terrenos
- Mejores características mecánicas que los electrodos químicos no metálicos
- Proceso de manufactura con lo último en tecnología lo cual asegura una aplicación uniforme en el espesor del recubrimiento de cobre
- Esfuerzo de tensión promedio de 80,000 psi y una tolerancia de doblaje de 0.25 mm por cada 30 cms
- Excede los requerimientos de las normas ANSI®/UL® 467-1997, CSA® y ANSI/NEMA® GR-1
- Algunas de las varillas están identificadas con el logotipo E, año de fabricación y número de lote, además del número de catálogo

En un sistema de tierra, el electrodo de tierra provee la conexión física para disipar la corriente a tierra. Existen 2 tipos básicos de electrodos: el natural, que está intrínsecamente dentro de la instalación que incluye todo el metal enterrado como tuberías de agua, la estructura del edificio (si está efectivamente conectada a tierra) y el metal de refuerzo de la cimentación.

Los electrodos fabricados son instalados específicamente para mejorar el desempeño de los sistemas de tierra que incluyen mallas de alambre, platos metálicos, conductor de cobre desnudo y varillas directamente enterradas en el terreno.

La varilla de tierra es el electrodo más utilizado. nVent es el mayor fabricante a nivel mundial de varillas de tierra y ofrece una línea completa de varillas y accesorios para cumplir con cualquier necesidad del cliente. La varilla está constituida por un núcleo de acero y un recubrimiento de cobre aplicado mediante un proceso electrolítico garantizando así una unión a nivel molecular que asegura un buen desempeño de la misma, durante su vida útil.

Catálogo	Diámetro		Longitud (m)	Espesor del Recubrimiento de Cobre (mm)
	Normal Pulgadas	Real mm		
613400	3/4	17.30	3.0	0.254
613480	3/4	17.30	2.4	0.254
615800MEX01	5/8	14.30	3.0	0.254
615880	5/8	14.30	2.4	0.254
615950	5/8	15.88	1.5	0.254
615900MEX01*	5/8	15.88	3.0	0.254
693400MEX	3/4	19.05	3.0	0.254

\* Esta varilla cumple con la especificación CFE-56100-16.

NOTA: También producimos otros diámetros y longitudes sobre pedido.

## VARILLA ROSCADA Y COPLES ROSCADOS

- Las varillas roscadas tienen las mismas características de las varillas nVent con recubrimiento electroлитico, además de un roscado diseñado especialmente para la unión adecuada de las varillas.
- La rosca de acero de la varilla de tierra cuenta con un roscado continuo que asegura una conductividad continua y protección del núcleo de la varilla.
- Los acopladores de alta Resistencia cuentan con roscado de bronce y con un chaffán en ambos extremos para su fácil conexión.
- El cople tipo "CR" está diseñado para permitir un contacto total con el extremo posterior de la varilla y la punta de la otra. Estos son de alta resistencia, resistentes a la corrosión, aseguran un acoplamiento permanente entre las conexiones cobre-cobre.



## VARILLA ROSCADA Y COPLES ROSCADOS

Numero de Catalogo	Diámetro Nominal por Longitud	Atado Estandar	Atado Master	Peso por Cada 100 Pzas (Lbs.)
631380	1/2" x 8'	5	100	540
631300	1/2" x 10'	5	100	688
635860	5/8" x 6'	5	100	452
635880	5/8" x 8'	5	100	668
635800	5/8" x 10'	5	100	856
633480	3/4" x 8'	5	50	998
633400	3/4" x 10'	5	50	1232
634400	1" x 10'	3	25	1802

## COPLES TIPO "CR" PARA VARILLA ROSCADA

Numero de Catalogo	Tamaño de la Varilla	Paquete Estandar	Peso por Cada 100 Pzas (Lbs.)
CR12S	1/2" Full Size	25	17
CR58	5/8" Nominal	25	25
CR34	3/4" Nominal	25	40
CR100	1" Nominal	10	85

## TIPO "CC" COPLE DE COMPRESIÓN PARA VARILLA COBRIZADA

- El cople de compresión se instala de una manera fácil y rápida sin el riesgo de que la varilla se separe.
- Esta hecho de bronce al silicio de alta resistencia.
- Las 2 varillas son unidas por sus extremos de terminación en punta por el cople de compresión formando una conexión conductiva.

Numero de Catalogo	Diámetro Nominal	Paquete Estandar	Peso por Cada 100 Pzas (Lbs.)
CC12F	1/2" Full	25	17
CC58	5/8" Nominal	25	25
CC34	3/4" Nominal	25	40

## TORNILLOS TIPO "DS" PARA COPLES DE VARILLA ROSCADA

Numero de Catalogo	Tamaño de la Varilla	Paquete Estandar	Peso por Cada 100 Pzas (Lbs.)
FDS12	1/2" Full Size	25	16
DS58	5/8" Nominal	25	20
DS34	3/4" Nominal	25	32
DS1	1" Nominal	10	66

## COPLE DE ACERO PARA HINCAR VARILLA DE TIERRA

- Se sugiere usarlos para los coples de compresión.
- Se ajusta a la terminación de la varilla para protegerla de la corrosión por humedad.

Numero de Catalogo	Diámetro Nominal	Paquete Estandar
B13716	5/8"	1
DH34	3/4"	1



Vista completa del cople de compresión



Vista seccionada del cople de compresión



Nuestra poderosa cartera de marcas:

CADDY ERICO HOFFMAN RAYCHEM SCHROFF TRACER

### ADVERTENCIA

Los productos nVent deben ser instalados y usados de acuerdo con esta información técnica de instrucciones y materiales de ensamblaje de nVent, y los tipos de conexiones y datos disponibles en [www.nvent.com/ERICO](http://www.nvent.com/ERICO) y con la información de Termino y Condiciones de nVent. La instalación incorrecta, el uso, el mantenimiento inadecuado u otros usos no autorizados pueden causar lesiones personales y daños a la propiedad. Siempre consulte con el fabricante de la fuente del producto de la instalación de la garantía.

© nVent. Todos los derechos reservados. nVent es una propiedad de nVent Services Group o sus filiales, o se utilizan autorizadas por los mismos. Todas las demás marcas registradas son propiedad de sus respectivos propietarios.

Reservados todos los derechos. No se permite la explotación económica ni la transformación de esta obra. Queda permitida la impresión en su totalidad.

000001-03-0000-02-0017-00-000-00-000

ANEXO 6. CONTADOR DE ENERGÍA

**Medidores básicos multifunción**

**Serie PowerLogic PM5000**

**Hoja de datos  
técnicos**



**Schneider**  
Electric

## Serie PM5000 Funciones y características



Medidor de la serie PowerLogic™ PM5000

### Serie PowerLogic™ PM5100, PM5300 y PM5500

El medidor de potencia PowerLogic™ PM5000 es ideal para las aplicaciones de gestión de costos. Brinda las funciones de medición que se requieren para designar el uso energético, hacer la medición de los usuarios y subfacturación, indicar con precisión los ahorros de energía, optimizar la eficiencia y uso del equipo y realizar evaluaciones de alto nivel de la calidad energética de la red eléctrica. En una sola unidad de 96 x 96 mm, con el display gráfico se puede monitorear las tres fases, neutro y a tierra simultáneamente. El display antirreflejante y brillante cuenta con características que permiten una fácil lectura de datos, accesible bajo condiciones y ángulos de visualización extremos. Cuenta con menús fáciles de entender, texto disponible en 8 idiomas, íconos y gráficos que generan un ambiente de fácil uso para la gestión de la red eléctrica. Son dispositivos de extrema precisión respaldados por certificaciones de facturación a nivel mundial.

#### Aplicaciones

**Gestión de costos:** Las oportunidades de ahorro en costos son fáciles de vislumbrar una vez que se entienden los hábitos de consumo y ocupación del suministro eléctrico. Los medidores de la serie PowerLogic™ PM5000 son ideales para:

- **Expedir mediciones de subfacturación/usuarios:** Permite que los propietarios, administradoras inmobiliarias, asociaciones de condóminos y complejos habitacionales facturen de manera separada a los usuarios por el servicio eléctrico medido. Los medidores cumplen con certificación MID para aplicaciones de facturación bajo estándares europeos.
- **Asignación de costos:** Designe los costos energéticos entre los distintos departamentos (aire acondicionado, iluminación interna y externa, etc), distintas fases de un proceso industrial o distintos centros de costo. Los sistemas de asignación de costos pueden ayudarle a ahorrar dinero haciendo modificaciones a la operación, dar un mejor mantenimiento a su equipo, aprovechar sus fluctuaciones en costo y gestionar su demanda.

**Gestión de la red:** Mejorar la confiabilidad de la red eléctrica es esencial para tener éxito en cualquier negocio. Dar seguimiento a los valores de niveles de tensión, distorsión armónica y desbalanceo de tensión, le ayudará a garantizar una operación y mantenimiento adecuados de la red y equipo eléctrico. Los medidores de la serie PowerLogic™ PM5000 son la herramienta ideal para:

- **Monitoreo básico a la calidad de la energía:** los fenómenos de calidad de la energía pueden producir efectos adversos, tales como calentamiento de los transformadores, condensadores, motores, generadores y mala operación del equipo electrónico y dispositivos de protección.
- **Monitoreo mín/máx (con fecha y hora):** Para entender el momento en que los parámetros eléctricos, tales como el voltaje, la demanda de corriente y energía, alcance de los valores máximos y mínimos le ayudarán a mantener su red eléctrica de manera correcta y garantizar que no habrá daños en su equipo.
- **Alarmas:** Las alarmas le ayudarán a estar consciente de disturbios en la red eléctrica en el momento en que se presentan.
- **Monitoreo a los servicios de WAGES:** Aproveche las terminales de entrada de los medidores PM5000 para integrar las mediciones de dispositivos de otros fabricantes, tal como medidores de agua, aire, gas, electricidad o vapor.

#### Características principales

##### Fácil instalación

Los soportes utilizan dos clips de tamaño estándar para riel DIN 96 x 96mm, no se requieren herramientas. Medidor compacto con 72mm (77mm para PM5500) de profundidad que se conecta sin necesidad de transformadores de voltaje hasta 690 VL-L para instalaciones que cumplen con la categoría III.

##### Fácil operación

Navegación intuitiva con menús disponibles en varios idiomas y de auto guía, de seis líneas, cuatro valores concurrentes. Los dos LED en la parte frontal del medidor ayudan al usuario a confirmar las operaciones normales con un LED verde - indicador parpadear/ de comunicación, y LED ámbar - se puede personalizar para alarmas o salidas de pulso.

##### Monitoreo y control de interruptores

El PM5300 provee dos salidas de relevador (Formula tipo A de alto rendimiento) con capacidad para operar la mayoría de las bobinas del interruptor de manera directa. Para entradas digitales, los interruptores monitoreados se pueden conectar directamente al medidor sin una fuente de alimentación externa. La serie PM5500 tiene 4 entradas (digitales) de estado y 2 salidas digitales (de estado sólido) para dar seguimiento a los servicios WAGES, control y aviso de alarmas.

Números de referencia comerciales	
PM5100	METSEPM5100
PM5110	METSEPM5110
PM5111	METSEPM5111
PM5310	METSEPM5310
PM5320	METSEPM5320
PM5330	METSEPM5330
PM5331	METSEPM5331
PM5340	METSEPM5340
PM5341	METSEPM5341
PM5560	METSEPM5560
PM5561	METSEPM5561

#### Medición precisa de energía para una confiable asignación de costos:

	PM5100	PM5300	PM5500
IEC 62053-22 (Energía activa)	Clase 0.5S	Clase 0.5S	Clase 0.2S
IEC 62053-24 (Energía reactiva)	Clase 2	Clase 2	Clase 1

## Serie PM5000

### Funciones y características (cont.)



Medidor PowerLogic™ PM5500



Medidor PowerLogic™ PM5300



Medidor PowerLogic™ PM5100

#### Medición directa de la corriente en el neutro

El PM5500 tiene un cuarto TC para medir la corriente en el neutro. En aplicaciones de IT, donde las cargas no son lineales (por ejemplo switcheo de fuentes de alimentación de computadoras/servidores), la medición de la corriente en el neutro es básica para evitar sobrecargas que pueden desencadenar paros. Además, el PM5500 provee un valor calculado de corriente a tierra que no está disponible en los medidores con 3 TCs.

#### Análisis de calidad de la energía

El PM5000 ofrece mediciones de distorsión armónica total y distorsión de la demanda total (TDD), así como armónicas individuales (impar), magnitudes y ángulos de voltaje y corriente.

	PM5100	PM5300	PM5500
Armonicos individuales	magnitudes hasta el 15 <sup>o</sup>	magnitudes hasta el 31 <sup>o</sup>	magnitudes y ángulos hasta el 63 <sup>o</sup>

Estos tipos de parámetros de calidad eléctrica ayudan a identificar el origen de los armónicos puede dañar a los transformadores, condensadores, generadores, motores y equipos electrónicos.

#### Administración de cargas

Proporciona demandas pico con estampa de tiempo. Los valores previstos de la demanda combinando el uso de alarmas para aplicaciones de intercambio de carga.

#### Alarmas con estampa de tiempo

Proporciona diferentes combinaciones de alarmas que operan con puntos de ajuste y alarmas digitales con 1s de estampa de tiempo, disponibles en la familia PM5000.

	PM5100	PM5300	PM5500
Alarmas con puntos de ajuste configurables	29	29	29
Unario	4	4	4
Digital	-	2	4
Lógica Booleana	-	-	10
Definición personalizada	-	-	5

Se pueden visualizar los estados de las alarmas como Activas (las que se han seleccionado) o Históricas (las que ocurrieron en el pasado).

Se pueden programar las alarmas y combinar para disparar salidas digitales y relevadores mecánicos (PM5300).

La serie PM5000 mantiene un registro de alarma con las alarmas activas e históricas con fecha y hora.

#### Contador de carga

Se puede configurar un contador de carga para cuantificar las horas de operación de la carga basadas en una descarga mínima de corriente ajustable para monitorear e informar sobre requerimientos de mantenimiento de la carga para dar seguimiento y recomendar los requisitos de mantenimiento de la carga.

#### Alto desempeño y precisión

Desempeño en medición y monitoreo de dispositivos (PMD) de acuerdo a IEC 61557-12. Define las expectativas de desempeño basadas en las clases. Define el error permitido en la clase para potencia y energía real y reactiva, frecuencia, corriente, voltaje, factor de potencia, desbalanceo de voltaje, armónicos impares de corriente y voltaje, THD de voltaje, THD de corriente, así como lecturas de temperatura, humedad relativa, altitud, corriente de arranque y seguridad. Esto permite que las lecturas que cumplen con las especificaciones sean comparables.

Cumple con IEC 61557-12\* PMD([SD]SS)K70/0.2 para PM5500

#### Cumplimiento de facturación legal

El cumplimiento con la aprobación MID es obligatoria en las aplicaciones de facturación en todo Europa. Además de las aplicaciones de facturación, representa apoyo para las áreas a cargo de los costos energéticos.

MID se refiere al mismo nivel de calidad que un medidor de facturación.

Cumplimiento con MID, EN50470-1/3 – Clase C

\*Pendiente de aprobación.

**MID**

Está certificado conforme a la directiva MID, Anexo 'B' + Anexo 'D' para la metrología legal relativa a los medidores de la energía eléctrica activa (ver Anexo MI-003 de MID). Se puede usar para metrología (legal) fiscal.



General	PM5100	PM5300	PM5500
Uso en sistemas BT y MT		■	
Medición básica con lecturas de THD mín/máx		■	
<b>Valores rma instantáneos</b>			
Corriente por fase, neutra y a tierra (PM5500)		■	
Voltaje Total, por fase L-L y L-N		■	
Frecuencia		■	
Potencia real, reactiva y aparente Total y por fase		■	Signada, cuatro cuadrantes
Factor de potencia Total y por fase		■	Signada, cuatro cuadrantes
Desplazamiento del factor de potencia Total y por fase		■	Signada, cuatro cuadrantes
% desbalanceo I, VL-N, VL-L		■	
Monitoreo directo de la corriente en el neutro			■
<b>Valores de energía*</b>			
Energía activa acumulada, reactiva y aparente		Recibida/entregada; neta y absoluta; contadores de tiempo	
<b>Valores de la demanda*</b>			
Promedio de la corriente		Fecha y hora presente, última, previsible, fecha hora pico	
Potencia activa		Fecha y hora presente, última, previsible, fecha hora pico	
Potencia reactiva		Fecha y hora presente, última, previsible, fecha hora pico	
Potencia aparente		Fecha y hora presente, última, previsible, fecha hora pico	
Demanda pico con tiempo y hora (T/H) para corriente y energía		■	
Cálculo de la demanda Métodos de bloque fijo y bloque deslizante, térmico		■	
Sincronización de la ventana de medición a la entrada, comando de comunicación o reloj interno		■	
Intervalos configurables de la demanda		■	
Cálculo de la demanda por entradas de pulso (WAGES)			■
<b>Otras mediciones*</b>			
Contador entrada/salida		■	
Contador de operaciones		■	
Contador de carga		■	
Contadores y registros de alarmas		■	
<b>Mediciones de calidad de la energía</b>			
Distorsión armónica total (THD, thd) I, VLN, VLL por fase		I, VLN, VLL	
Distorsión total de la demanda (TDD)		■	
Armónicos individuales (imparos)	15°	31°	63°
Medición de la corriente en el neutro con cálculo de la corriente a tierra			■
<b>Registro de datos</b>			
Min/máx de los valores instantáneos, más identificación de fase*		■	
Alarmas con fecha y hora de 1s*		■	
Registro de datos		2 parámetros fijos kWh y kVAh con intervalo y duración configurables (v.gr. 2 parámetros para 60 días a intervalos de 15 minutos)	Hasta 14 parámetros disponibles con intervalo y duración configurables (v.gr. 6 parámetros para 90 días a intervalos de 15 minutos)
Capacidad de la memoria		256 kB	1.1 MB
Registro mín/máx	■	■	■
Mantenimiento, alarma y registro de eventos		■	■
Registros de datos personalizables			■
<b>Entradas / Salidas / Relevadores mecánicos</b>			
Entradas digitales		2 (S11, S12)	4 (S11, S12, S13, S14) con soporte a WAGES
Salidas digitales	1 (kWh únicamente)	2 (configurable)	
Salidas del relevador de forma A		2	
Resolución con hora y fecha en segundos		1	
Voltaje de cierre		■	

\*Almacenado en la memoria no volátil

## Serie PM5000

### Funciones y características (cont.)

Características eléctricas*		PM5100	PM5300	PM5500	
Tipo de medición:	Rima verdadera en tres fases (3P, 3P + N)	64 muestras por ciclo		128 muestras por ciclo	
Precisión de la medición	IEC 61557-12	PMD(SD)(SS)K70.0.5		PMD(SD)(SS)K70.0.2	
	Energía activa	Clase 0.5S, conforme a IEC 62053-22		Clase 0.2s, conforme a IEC 62053-22	
	Energía reactiva	Clase 2S, conforme a IEC62053-24		Clase 1S, conforme a IEC62053-24	
	Energía activa	±0.5%		±0.2%	
	Energía reactiva	±2%		±1%	
	Potencia activa	Clase 0.5, conforme a IEC 61557-12		Clase 0.2, conforme a IEC 61557-12	
	Potencia aparente	Clase 0.5, conforme a IEC 61557-12			
	Corriente, Fase	Clase 0.5, conforme a IEC 61557-12		±0.15%	
	Voltaje, L-N	Clase 0.5, conforme a IEC 61557-12		±0.1%	
	Frecuencia	±0.05%			
MID directiva EN50470-1, EN50470-3		Anexo B y Anexo D (referencias de modelo opcional) Clase C			
Tensión de entrada (Hasta 1.0 kV AC máx. con transformador de voltaje)	Rango de voltaje nominal medido	20 V L-N / 35 V L-L a 400 V L-N / 690 V L-L rango absoluto 35 V L-L to 760 V L-L		30 V L-N / 20 V L-L a 400 V L-N / 690 V L-L rango absoluto 20 V L-L to 820 V L-L	
	Impedancia	5 M Ω			
	F nom	50 o 60 Hz ±5%		50 o 60 Hz ±10%	
Corriente de entrada	I nom	1 A o 5 A			
	Ampereaje medido con sobrerango y factor de cresta	Corriente de inicio: 5mA Rango de operación: 50mA a 8.5A		Corriente de inicio: 5mA Rango de operación: 50 mA a 10A	
	Soporte	Continuo de 20A, 10s/1r 50A, 1s/1r 500A			
	Impedancia	± 0.3 mΩ			
	F nom	50 o 60 Hz ±5%		50 o 60 Hz ±10%	
	Burden	+0.026VA a 8.5A			
Voltaje de control AC	Rango de operación	100 - 277 V AC L-N / 415 V L-L ±1-10% Clase CAT III 300V, de acuerdo a IEC 61010		100-480 V AC ±10% Clase CAT III 600V, de acuerdo a IEC 61010	
	Burden	+5 W, 11 VA a 415V L-L		+5W/16.0 VA a 480 V AC	
	Frecuencia	45 a 65 Hz			
	Recorrido en el tiempo	80 mS típicos a 120V AC y carga máxima. 100 mS típicos a 230 V AC y carga máxima. 100 mS típicos a 415 V AC y carga máxima.		35 mS típicos a 120 V L-N y carga máxima 129 mS típicos a 230 V L-N y carga máxima	
Voltaje de control DC	Rango de operación	125-250 V DC ±20%			
	Burden	+4 W a 250 V DC			
	Recorrido en el tiempo	50 mS típicos a 125 V DC y carga máxima.			
Salida	Relayador	Frecuencia máx. de salida	0.5 Hz máximo (1 segundo ENCENDIDO / 1 segundo APAGADO - tiempos mínimos)		
		Corriente de encendido	250 V AC a 8.0 Amps, 25 k ciclos, resistiva 30 V DC a 2.0 Amps, 75 k ciclos, resistiva 30 V DC a 5.0 Amps, 12.5 k ciclos, resistiva		
		Aislamiento	2.5 kV rms		
	Salidas digitales		1	2	2
		Voltaje máx. de la carga	40 V DC		30 V AC / 60 V DC
		Corriente máx. de la carga	20 mA		125 mA
		Resistencia al encendido	50 Ω máx.		8 Ω
		Constante del medidor	de 1 a 9,999,999 pulsos por kWh		
		Ancho del pulso con salida digital	Ciclo de trabajo del 50%		
		Frecuencia del pulso para salida digital	25 Hz máx.		
Corriente de fuga	0.03 micro Amperes		1 micro Amper		
Aislamiento	5 kV rms		2.5 kV rms		
Salidas típicas	Ancho del pulso (LED)	200 ms			
	Frecuencia de pulso	50 Hz máx.		2.5 kHz máx	
	Constante del medidor	de 1 a 9,999,999 pulsos por kWh			

## Serie PM5000

### Funciones y características (cont.)

Características eléctricas* (continuación)		PM5100	PM5300	PM5500
Entradas de estado	Voltaje de ENCENDIDO		18.5 a 36 V DC	30 V AC / 60 V DC máx
	Voltaje de APAGADO		0 a 4 V DC	
	Resistencia de entrada		110 k Ω	100 k Ω
	Frecuencia máxima		2 Hz (T ENCENDIDO mín = T APAGADO mín = 250 ms)	25 Hz (T ENCENDIDO mín = T APAGADO mín = 20 ms)
	Tiempo de respuesta		20 ms	10 ms
	Opto Aislamiento		5 kV rms	2.5 kV rms
	Salida de cierre		24 V DC/ 8mA máx	
	Burden de entrada		2mA a 24V DC	2 mA a 24 V AC/DC
<b>Características mecánicas</b>				
	Peso del producto	380 g	430 g	450 g
	Grado de protección IP (IEC 60529)	Pantalla frontal IP52, cuerpo del medidor IP30		
	Dimensiones W x H x D [profundidad del gabinete]**	96 x 96 x 72mm (77mm para PM5500) (profundidad de la brida de ensamblado del compartimiento) [13mm]		
	Posición de ensamblado**	Vertical		
	Grosor del panel	6 mm máximo		
<b>Características ambientales</b>				
Temperatura de operación	Medidor	-25 °C a 70 °C		
	Display (Funciones en el display hasta -25°C con menor rendimiento)	-25 °C a +70 °C		
	Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +85 °C		
	Rango de humedad	5 a 95 % HR a 50 °C (sin condensar)		
	Grado de contaminación	2		
	Altitud	2000 m CAT III / 3000 m CAT II		3000 m máx. CAT III
<b>Compatibilidad eléctrica***</b>				
	Emisiones de corriente armónica	IEC 61000-3-2		
	Emisiones de parpadeo	IEC 61000-3-3		
	Descarga electrostática	IEC 61000-4-2		
	Inmunidad a campos radioeléctricos	IEC 61000-4-3		
	Inmunidad a transitorios rápidos	IEC 61000-4-4		
	Inmunidad a los picos	IEC 61000-4-5		
	Inmunidad conducida 150kHz a 80MHz	IEC 61000-4-6		
	Inmunidad a campos magnéticos	IEC 61000-4-8		
	Inmunidad a caídas de tensión	IEC 61000-4-11		
	Emisiones radioeléctricas	FCC parte 15, EN 55022 Clase B		
	Emisiones conducidas	FCC parte 15, EN 55022 Clase B		

\*Las características eléctricas siguen bajo verificación al momento de la impresión del catálogo, pueden someterse a cambios.

\*\* PM5503 está montado en el riel DIN

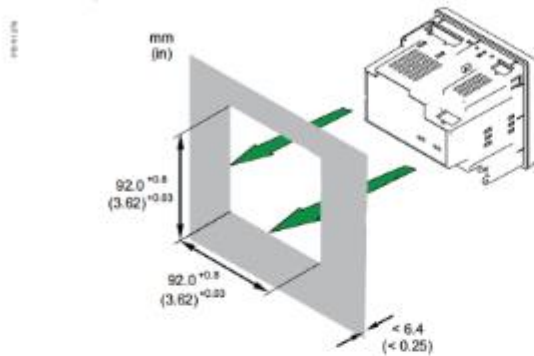
\*\*\* Las pruebas se realizan de acuerdo a EC 61557-12 (IEC 61326-1), 62052-11 y EN60470

Seguridad	PM5100	PM5300	PM5500
Europa	CE, de acuerdo a IEC 61010-1 Ed. 3, IEC 62052-11 y IEC61557-12		
EE. UU. y Canadá	cULus, de acuerdo a UL61010-1 (3ª edición)		
Categoría de medición (entradas de tensión y corriente)	CAT III hasta 400 V L-N / 690 V L-L		
Dieléctrico	De acuerdo a IEC/UL 61010-1 Ed. 3		
Clase de protección	II, Doble aislamiento para las partes de fácil acceso al usuario		
<b>Comunicación</b>			
Puerto RS 485 Modbus RTU, Modbus ASCII (7 o 8 bits), JBUS	2 cables, 9600, 19200 ó 38400 baud, Paridad - Par, Impar, Ninguno, 1 bit de paro si es par o impar, 2 bits de paro si ninguno; (Opcional en PM51x y PM53x)		
Puerto ethernet: 10/100 Mbps; Modbus TCP/IP		1 Opcional	2 (para cadena margarita únicamente, una dirección IP)
Actualización del archivo de firmware y de idioma	Actualización del firmware del medidor a través de los puertos de comunicación		
Aislamiento	2.5 kVrms, doble aislamiento		
<b>Interfaz de usuario-máquina</b>			
Tipo de display	LCD de gráficos monocromáticos		
Resolución	128 x 128		
Luz de fondo	LED blanco		
Área visible (Ancho x Altura)	67 x 62.5 mm		
Teclado	4 botones		
Intermitencia del indicador / actividad de com	LED verde		
Salida de energía por pulso / indicador de alarma activa (configurable)	Óptico, LED ámbar		
Longitud de onda	590 a 635 nm		
Índice máximo de pulsación	2.5 kHz		

Características y opciones	PM5100		PM5300				PM5500	
	PM5100	PM5110	PM5310	PM5320	PM5330	PM5340	PM5560	PM5563
<b>Instalación</b>								
Instalación rápida, montaje en panel con riel DIN	■	■	■	■	■	■	■	-
Instalación rápida, riel montable en el DIN	-	-	-	-	-	-	-	■
Precisión	Cl 0.5S	Cl 0.5S	Cl 0.5S	Cl 0.5S	Cl 0.5S	Cl 0.5S	Cl 0.2S	Cl 0.2S
<b>Display</b>								
LCD con luz de fondo, multilingüe, gráficas de barras, 6 líneas, 4 valores concurrentes	■	■	■	■	■	■	■	■
<b>Medición de potencia y energía</b>								
Voltaje en las tres fases, corriente, energía, potencia, demanda, electricidad, frecuencia, factor de potencia de tres fases	■	■	■	■	■	■	■	■
Multifase	-	-	4	4	4	4	8	8
<b>Análisis de la calidad de la energía</b>								
THD, Ihd, TDD	■	■	■	■	■	■	■	■
Armónicos, individual (impar) hasta	15*	15*	31*	31*	31*	31*	63*	63*
<b>I/O (entradas/salidas) y relevadores</b>								
I/O	1DO	1DO	2DI/2DO	2DI/2DO	2DI/2DO	2DI/2DO	4DI/2DO	4DI/2DO
Relevadores	0	0	0	0	2	√2	0	0
<b>Alarmas y control</b>								
Alarmas	33	33	35	35	35	35	52	52
Ajustes de tiempo de respuesta, en segundos	1	1	1	1	1	1	1	1
Alarmas de condición única y múltiple	-	-	■	■	■	■	■	■
Lógica Booleana de alarma	-	-	-	-	-	-	■	■
<b>Comunicación</b>								
Puertos en serie con protocolo modbus	-	1	1	-	1	-	1	1
Puerto ethernet con protocolo modbus TCP	-	-	-	1	-	1	2**	2**
Cumplimiento con MID EN50470-1/3, Anexo B y Anexo D Clase C		PM5111			PM5331	PM5341	PM5561	

\*\* 2 puertos ethernet para cadena margarita, una dirección IP

Montaje de tipo empotrado para medidor de la serie PM5000



Dimensiones del medidor de la serie PM5000

1)

Componentes del medidor **PM5000**

- A Botones para la selección del menú
- B Indicadores LED
- C Selección de navegación o de menú
- D Mantenimiento y alarma Área de notificación

Componentes del medidor **PM5500**

- E Entradas de voltaje
- F Comms RS-485
- G Entradas digitales
- H Entrada de corriente
- I Salida digital
- J Puertos ethernet
- K Voltaje de control

Componentes del medidor **PM5100 / PM5300**

- E Salida del relevador (PM5300 únicamente)
- F Entradas de voltaje
- G Voltaje de control
- H Entradas de corriente
- I Estado de entradas/salidas digitales
- J Puerto de comunicación: Ethernet (PM5300 únicamente) o RS-485

\*\* PM5563 está montado en DIN

Favor de consultar la Guía de Instalación para obtener información precisa y completa sobre la instalación de este producto.

# Make the most of your energy<sup>SM</sup>

Schneider Electric México  
Av. Ejército Nacional  
No. 904, piso 14  
Col. Palmas Polanco,  
C.P. 11560  
Mex, D.F.

01-800-724-63 4337 (SCHNEIDER)  
[www.schneider-electric.com.mx](http://www.schneider-electric.com.mx)

Puesto que las normas, especificaciones y diseños cambian constantemente, por favor, pida la confirmación de la información que se indica en el presente.



Este documento se imprimió en papel reciclado.

Diseño: Schneider Electric  
Fotos: Schneider Electric



07-2013

Anexo 7: Encuesta



# Universidad Técnica de Cotopaxi



Facultad de CIYA

Carrera de Ingeniería Eléctrica

**Encuesta dirigida al encargado del laboratorio de granos andinos del campus Salache.**

De la siguiente lista de equipos, señale aquellos que requieren un suministro continuo de energía.

1. Horno microondas (Oster)
2. Generador de ozono
3. Báscula electrónica (Boeco)
4. Báscula electrónica
5. Microscopio (Celestron)
6. Congelador (Indurama)
7. Mini refrigerador (Kalley)
8. Refrigerador (Haceb)
9. Cafetera (Umco)
10. Monitor (Hp)
11. CPU
12. Impresora (Epson) ✓
13. Impresora (Pixma) ✓
14. Impresora (color laser Jet Pro M452)
15. Pantalla LCD (HACER) ✓
16. Pantalla Ambient Wether ✓
17. Modem Hp
18. Lámpara Osram ✓

F

MSc. Marcos Rivera

