



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON
CONTROL DE POSICIONAMIENTO PARA EL SUMINISTRO
ELECTRICO DEL SERVIDOR NODO SAN MIGUEL DE LA
EMPRESA MUNDO TRONIC”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR:

TOTOY PILCO EDISON IVAN

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON
CONTROL DE POSICIONAMIENTO PARA EL SUMINISTRO
ELECTRICO DEL SERVIDOR NODO SAN MIGUEL DE LA
EMPRESA MUNDO TRONIC”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR: TOTOY PILCO EDISON IVAN

DIRECTOR: Ing. JOSE LUIS TINAJERO LEON

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Totoy Pilco Edison Iván

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, EDISON IVAN TOTOY PILCO, declaro que el presente proyecto de titulación es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. La información en el documento que provienen de otras fuentes están citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 05 de mayo del 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Edison Iván Totoy Pilco', with a large circular flourish above the name.

Edison Iván Totoy Pilco
060477517-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Técnico, “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON CONTROL DE POSICIONAMIENTO PARA EL SUMINISTRO ELECTRICO DEL SERVIDOR NODO SAN MIGUEL DE LA EMPRESA MUNDO TRONIC**”, realizado por el señor: **TOTOY PILCO EDISON IVAN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Mayra Alejandra Pacheco Cunduri PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2022-05-05
Ing. Jose Luis Tinajero León DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 _____	2022-05-05
Ing. José Rigoberto Munoz Cargua MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 _____	2022-05-05

DEDICATORIA

Este trabajo investigativo se la dedico en especial a mi madre querida María que estuvo siempre a mi lado brindándome su mano amiga dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi profesión, a mi padre, por todo el trabajo que tuvo que hacer para brindarme todo su apoyo, a mis princesas que les adoro mucho que sin duda fueron fuente de luz y apoyo incondicional, Susi, Magui, Roci, a mis hermanos, Fabian, Rolando, Diego, Galo, Marce, los cuales siempre estuvieron ahí cuando los necesite, para ustedes mis pequeños y queridos sobrinos, a mis amigos y la empresa Mundo Tronic por su apoyo para la terminación de esta tesis. Dios les pague a TODOS.

Iván

AGRADECIMIENTO

Todo mi agradecimiento netamente va hacia una persona quien murió y resucito, Jesús, que gracias a su amor y su bondad que no tienen fin, me permitió sonreír ante todos mis logros que son resultados de su ayuda, y que cuando caía y me ponía a prueba, aprendía de mis errores y me daba cuenta que los pones en frente mío para que mejore como ser humano.

Este trabajo de titulación sin duda ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

Gracias no solo por estar en esta etapa tan importante de mi vida, sino por siempre darme lo mejor y encontrar lo mejor para mí persona.

Cada momento vivido durante todos estos años, son simplemente únicos, sin importar la cantidad de errores y faltas cometidas durante el día anterior.

Iván

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE ECUACIONES.....	xv
INDICE DE GRAFICOS.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
INDICE DE ABREVIATURAS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1	DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1	Antecedentes.....	3
1.2	Formulación del problema	5
1.3	Sistematización del problema.....	5

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1	Energía Renovable.....	6
2.1.1	<i>Tipos de energía renovable</i>	6
2.1.2	<i>Energía solar.....</i>	7
2.1.2.1	<i>Beneficios de la energía solar.....</i>	7
2.1.3	<i>Sistemas fotovoltaicos.....</i>	8
2.1.3.1	<i>Sistemas Conectados a la red (SFCR).</i>	8
2.1.3.2	<i>Sistemas Aislados</i>	9
2.1.4	<i>Mercado fotovoltaico</i>	10
2.1.5	<i>Hora solar pico.....</i>	10
2.1.5.1	<i>HSP en Ecuador.....</i>	11

2.1.6	<i>Eficiencia de paneles fotovoltaicos</i>	12
2.1.6.1	<i>Ventajas de los paneles Monocristalinos.</i>	13
2.1.6.2	<i>Desventajas De Los Paneles Monocristalinos</i>	13
2.1.6.3	<i>Ventajas de los paneles policristalinos.</i>	14
2.1.6.4	<i>Desventajas De Los Paneles Policristalinos.</i>	14
2.2	Regulador	15
2.2.1	<i>Características de los reguladores fotovoltaicos</i>	16
2.2.2	<i>Configuraciones de los reguladores fotovoltaicos</i>	16
2.2.2.1	<i>Reguladores de carga con modulación por ancho de pulsos</i>	17
2.2.2.2	<i>Reguladores de carga con seguidor de punto máxima potencia.</i>	18
2.3	Inversor solar	20
2.3.1	<i>Características de los inversores solares.</i>	20
2.3.1.1	<i>Tipos de inversores</i>	20
2.3.1.2	<i>Eficiencia</i>	21
2.4	Sistema de control	22
2.4.1	<i>Técnicas de control.</i>	22
2.4.1.1	<i>Lazo abierto</i>	22
2.4.1.2	<i>Lazo cerrado</i>	23
2.4.2	<i>Ley de control Proporcional.</i>	23
2.4.3	<i>Control de posicionamiento en paneles fotovoltaicos.</i>	24
2.4.4	<i>Sensores fotoeléctricos.</i>	24
2.4.5	<i>Motor a Pasos</i>	25
2.4.6	<i>Microcontrolador</i>	25

CAPÍTULO III

3	MARCO METODOLÓGICO	27
3.1	Investgación	27
3.1.1	<i>Tipo de metodología</i>	27
3.1.2	<i>Niveles de investigación</i>	27

3.1.3	<i>Alcance</i>	27
3.2	Requerimientos del sistema	27
3.3	Consolidación general del sistema	28
3.4	Selección y descripción de los equipos y elementos que forman parte del sistema fotovoltaico.	29
3.4.1	<i>Panel solar</i>	30
3.4.2	<i>Regulador de carga (hibrido)</i>	31
3.4.3	<i>Batería</i>	32
3.4.4	<i>Protecciones eléctricas</i>	34
3.4.4.1	<i>Breakers</i>	34
3.4.4.2	<i>Fusibles</i>	35
3.4.5	<i>Puesta a tierra</i>	36
3.4.6	<i>Sensor fotoeléctrico (LDR)</i>	36
3.4.7	<i>Motor a pasos</i>	37
3.4.8	<i>Driver motor</i>	38
3.4.9	<i>Microcontrolador</i>	40
3.4.10	<i>Tornillo Sinfín</i>	40
3.4.11	<i>Fuente de alimentación</i>	41
3.4.12	<i>Gabinete</i>	41
3.5	Montaje del sistema y conexionado eléctrico	41
3.5.1	<i>Dimensionamiento fotovoltaico</i>	43
3.5.1.1	<i>Estudio del recurso energético</i>	43
3.5.1.2	<i>Dimensionamiento del sistema</i>	44
3.5.2	<i>Estructura de acople</i>	46
3.5.2.1	<i>Estructura de circuitos de control</i>	46
3.5.2.2	<i>Programación</i>	47
3.6	Diseño de las etapas de hardware y software del sistema de control de posición	47
3.6.1	<i>Etapas de alimentación</i>	47
3.6.2	<i>Etapas de obtención de datos</i>	48

3.6.3	<i>Etapa de procesamiento</i>	49
3.6.4	<i>Etapa de transmisión</i>	50
3.7	Diagrama del sistema fotovoltaico en paralelo con la red para la torre de telecomunicaciones.	52

CAPÍTULO IV

4	MARCO DE RESULTADOS ANALISIS Y DISCUSIÓN	53
4.1	Levantamiento de la instalación fotovoltaica con control de posición en la torre de telecomunicación de Mundo Tronic nodo San Miguel de tapi.	53
4.1.1	<i>Sistema fotovoltaico sin control de posición</i>	53
4.1.1.1	<i>Panel Solar en circuito abierto</i>	53
4.1.1.2	<i>Paneles solares con carga</i>	54
4.1.2	<i>Estación de carga</i>	57
4.1.3	<i>Inversor</i>	58
4.1.4	<i>Estructura</i>	60
4.1.4.1	<i>Ubicación</i>	60
4.1.4.2	<i>Gabinete</i>	61
4.1.5	<i>Puesta a tierra</i>	61
4.1.5.1	<i>Varilla de Puesta a Tierra</i>	63
4.2	Levantamiento del sistema de control de posición para los paneles solares.	64
4.2.1	<i>Sistema fotovoltaico con control de posición</i>	64
4.2.1.1	<i>Panel Solar en circuito abierto</i>	64
4.2.2	<i>Paneles solares conectado con carga</i>	65
4.2.3	<i>Estación de carga</i>	67
4.2.4	<i>Estructura</i>	69
4.2.4.1	<i>Ubicación</i>	69
4.2.4.2	<i>Gabinete</i>	70
4.2.4.3	<i>Calibración del control Proporcional</i>	70
4.3	Impacto de proyecto	73
4.3.1	<i>Técnico</i>	73

4.3.2	<i>Social</i>	73
4.3.3	<i>Ambiental</i>	74
4.3.4	<i>Comprobación de Rendimiento</i>	74
	CONCLUSIONES	84
	RECOMENDACIONES	85
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-3: Datos técnicos de panel solar monocristalino ZIMPERTEC.	30
Tabla 2-3: Datos técnicos del inversor hibrido	32
Tabla 3-3: Datos técnicos del inversor hibrido	33
Tabla 4-3: Datos técnicos Breakers.....	35
Tabla 5-3: Datos técnicos Fusibles.....	35
Tabla 6-3: Características del LDR.	37
Tabla 7-3: Datos técnicos del motor Nema 23.....	37
Tabla 8-3: Especificaciones del controlador TB6560.....	38
Tabla 9-3: Datos técnicos driver Tb6560.....	39
Tabla 10-3: Dimensionamiento fotovoltaico.	44
Tabla 11-3: Corriente de trabajo.	50
Tabla 12-3: Corriente Máxima.....	50
Tabla 13-3: Control de pasos.....	51
Tabla 14-3: Control de decline.	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Tipos de energía renovable.	7
Figura 2-2: Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR).	8
Figura 3-2: Sistema fotovoltaico aislado.	9
Figura 4-2: Datos de radiación solar en ecuador.	11
Figura 5-2: Datos de radiación solar mensual en ecuador.	11
Figura 6-2: Promedio mínimo y máximo de la temperatura media diaria de la tierra.	12
Figura 7-2: Parámetros para paneles solares inclinados en ecuador.	12
Figura 8-2: Eficiencia de Paneles fotovoltaicos.	13
Figura 9-2: Panel solar Monocristalino.	14
Figura 10-2: Panel solar Policristalino.	15
Figura 11-2: Esquema general de un SF con regulador solar.	15
Figura 12-2: Controlador de carga y cableado de la batería.	16
Figura 13-2: Diagrama del regulador PWM.	17
Figura 14-2: Curva de potencia de un panel fotovoltaico utilizando un regulador PWM.	18
Figura 15-2: Diagrama del regulador MPPT.	18
Figura 16-2: Diagrama de interconexión del regulador MPPT.	19
Figura 17-2: Curva de I-V (línea discontinua roja) y la Curva de P-V (línea discontinua verde) de un Panel Fotovoltaico.	19
Figura 18-2: Diagrama del circuito del inversor.	20
Figura 19-2: Esquema de bloques de un sistema de control.	22
Figura 20-2: Esquema de bloques de un sistema de control en lazo abierto.	23
Figura 21-2: Esquema de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.	23
Figura 22-2: Diagrama de bloques del controlador Proporcional.	24
Figura 23-2: Sensor fotoeléctrico(LDR).	25
Figura 24-2: Bobinas del motor a pasos.	25
Figura 25-2: Diagrama del Microcontrolador Arduino.	26
Figura 1-3: Sistema fotovoltaico con control de posición.	28
Figura 2-3: Esquema de control y monitoreo del sistema.	29

Figura 3-3: Panel solar monocristalino impertec 200 w 12v.....	30
Figura 4-3: Inversor Hibrido 1 - 3Kva.....	31
Figura 5-3: Batería sellada 12v-150ah ref. F1121500gs.....	33
Figura 6-3: Breakers Siemens.....	35
Figura 7-3: Fusible de (EBASEE).....	36
Figura 8-3: Puesta a tierra.	36
Figura 9-3: Foto-resistencias (LDR).	36
Figura 10-3: Nema 23 9.9kg.cm Cnc 23km-c051 Cmprodemaq.....	37
Figura 11-3: TB6560 Controlador Motor a Pasos.....	38
Figura 12-3: TB6560 Controlador pines entras y salidas.....	39
Figura 13-3: Microcontrolador (Arduino uno).	40
Figura 14-3: Tornillo sinfín.	40
Figura 15-3: Fuente de alimentación de 12V - 5A.....	41
Figura 16-3: Gabinete o tablero eléctrico.....	41
Figura 17-3: Movimientos de la celda fotovoltaica dependiendo de su radiación.....	42
Figura 18-3: Diseño de infraestructura fisica.	42
Figura 19-3: Vista geográfica del proyecto.....	43
Figura 20-3: Estudio de radiación solar en una superficie horizontal.	44
Figura 21-3: Montaje de acople del panel solar.....	46
Figura 22-3: Estructura del circuito de control de posición.	47
Figura 23-3: Alimentación a Tb6560 y motor nema.	48
Figura 24-3: Alimentación Arduino y LDR.	48
Figura 25-3: Entradas analógicas a las de LDR.....	48
Figura 26-3: Código de obtención de datos.....	49
Figura 27-3: Código de procesamiento de datos.....	49
Figura 28-3: Transmisión de datos al Tb5660.....	50
Figura 29-3: Diagrama del sistema fotovoltaico aislado (SFA).	51
Figura 30-3: Diagrama del sistema fotovoltaico en paralelo con la red.	52
Figura 1-4: Conexión de la batería de 150Ah.....	57

Figura 2-4: Interfaz del inversor hibrido con BYPASS.....	59
Figura 3-4: Estructura del sistema con paneles fijos.....	60
Figura 4-4: Ubicación de paneles solares fijos.....	60
Figura 5-4: a) entrada AC, b)Inversor hibrido, c) centro de carga, d) Salida AC.....	61
Figura 6-4: Instalación de puesta a tierra.....	62
Figura 7-4: Varilla para puesta a tierra.....	63
Figura 8-4: Conexión de los paneles solares en serie con control de posición.....	64
Figura 9-4: Conexión de la batería de 150Ah.....	68
Figura 10-4: Conexión de la batería de 150Ah.....	69
Figura 11-4: Componentes del Gabinete de posición.....	70
Figura 12-4: Diagrama de bloques lineal proporcional.....	71
Figura 13-4: Captura de datos del método intuitivo del control.....	72
Figura 14-4: Configuración de movimiento angular.....	72
Figura 15-4: Reinicio del sistema.....	73

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2: Hora solar pico.	10
Ecuación 2-2: Formula eficiencia.....	21
Ecuación 3-2: Segunda forma eficiencia.....	21
Ecuación 4-2: Fórmula para perdidas.....	22
Ecuación 5-2: Control Proporcional.....	24
Ecuación 1-3: Consumo diario.....	44
Ecuación 2-3: Potencia fotovoltaica.....	45
Ecuación 3-3: Numero de módulos solares.....	45
Ecuación 4-3: Potencia requerida.....	45
Ecuación 5-3: Potencia requerida con el 50% de batería.....	45
Ecuación 6-3: Capacidad de batería.....	45
Ecuación 7-3: Potencia instalada.....	45
Ecuación 8-3: Potencia inversor.....	46
Ecuación 1-4: Tensiones de entrada de los paneles solares.....	56
Ecuación 2-4: Promedio de tensiones de paneles solares.....	56
Ecuación 3-4: Suma de tensiones en circuito abierto de paneles solares en serie.....	65
Ecuación 4-4: Suma de tensiones con carga de paneles solares en serie.....	67
Ecuación 5-4: Promedio de tensiones con carga de paneles solares en serie.....	67
Ecuación 6-4: Limites donde se va ejecutar el control.....	71

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1-4: Tensión de entrada, frecuencia, tensión entrada.....	78
Gráfico 2-4: Tensión de entrada, frecuencia, tensión entrada pv, corriente entrada pv.....	79
Gráfico 3-4: Representación de la carga real utilizada.....	79
Gráfico 4-4: Tensión batería, capacidad batería, corriente de carga.....	80
Gráfico 5-4: Tensión de entrada, frecuencia, tensión de salida. Frecuencia de salida.....	80
Gráfico 6-4: I-v curvas del módulo pv.....	82
Gráfico 7-4: Factor de máxima potencia.....	83

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: DIAGRAMA DE CONEXIÓN ENTRE EL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y CONTROL DE POSICIONAMIENTO

ANEXO B: PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE POSICIONAMIENTO

ANEXO C: EFICIENCIA DEL SISTEMA CON CONTROL DE POSICIÓN EN DIFERENTES DÍAS

ANEXO D: ESTRUCTURA DE CONEXIÓN CON EL DRIVER TB6560 Y MOTOR NEMA 23

ANEXO E: INFRAESTRUCTURA FÍSICA

ANEXO F: ESTRUCTURA DE POSICIONAMIENTO ANGULAR.

INDICE DE ABREVIATURAS

SFCR	Sistema fotovoltaico conectado a la red.
SFPR	Sistema fotovoltaico en paralelo con la red.
SFA	Sistema fotovoltaico aislado.
ISP	Proveedor de servicios de Internet.
WISP	Proveedor de servicios de internet inalámbrico.
AP	Access Point.
HSP	Hora Solar Pico.
PWM	Modulación de ancho de pulso.
MPPT	Punto de Máxima Potencia.
CC	Corriente continua.
CD	Corriente alterna.
W	Watts
SV	Set point
CP	Controlador proporcional.
URL	Localizador de recursos uniforme

RESUMEN


El presente proyecto tuvo como fin la implementación de un sistema fotovoltaico conectado a la red con control de posicionamiento para la empresa “Mundo Tronic”, a fin de proveer un abastecimiento eléctrico seguro a una de sus torres de Wisp, para la obtención del sistema fotovoltaico se procedió a realizar un estudio en el sector de la empresa y se obtuvo datos que ayudó el aprovechamiento de la luz solar, utilizando materiales como baterías AGM, inversor híbrido, driver Tb6560, paneles solares monocristalinos, Microcontrolador, motor nema 23 encargado de mover los paneles solar según la radiación. Teniendo como resultado un sistema de contingencia para en caso de fallas de suministro de energía por parte de la red pública, sin embargo la programación de control y la carga eficiente nos presentó una eficiencia del 22,2%. El control de posición del panel solar pudo mejorar al sistema fotovoltaico en un 10% dándonos así un total de 32,2% de eficiencia energética para la torre Wisp. El sistema de posicionamiento respecto al sol cumplió con la función de aumentar la eficiencia ya que la variación de tensión obtenida por el panel solar con control de posición es más eficiente al del panel fijo. Antes de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico, fue importante saber con la mayor precisión posible cuánta electricidad requiere nuestra Empresa. Para ello, se supo cuántos kilovatios-hora consumen. Estos datos fueron importantes al analizar la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios, así como para comprender qué tipo de instalación era la más deseable.

Palabras clave: <FOTORRESISTORES>, <INVERSOR>, <CONTROLADOR MPPT>, <MOTOR PASOS>, <DRIVER TB6560 >, <ARDUINO UNO>.

SUMMARY

The purpose of this research was to implement a photovoltaic system connected to the network with positioning control for the company "Mundo Tronic", in order to provide a safe electricity supply to one of the Wisp towers. To obtain the photovoltaic system, a study was carried out in the company sector and data was obtained that helped the use of sunlight, using materials such as AGM batteries, hybrid inverter, TB6560 driver, monocrystalline solar panels, microcontroller, NEMA 23 motor responsible for moving the solar panels according to radiation. Resulting in a contingency system in case of power supply failures by the public network, however, the control programming and the efficient load presented an efficiency of 22.2%. The position control of the solar panel was able to improve the photovoltaic system by 10%, giving a total of 32.2% energy efficiency for the Wisp tower. The positioning system for the sun fulfilled the function of increasing efficiency since the voltage variation obtained by the solar panel with position control is more efficient than that of the fixed panel. Before determining the size of a photovoltaic system, it was important to know as precisely as possible how much electricity our Company requires; To do this, it was found out how many kilowatt-hours they consume. This data was important when analyzing the number of photovoltaic panels required, as well as understanding what type of installation was the most desirable.

Keywords: <PHOTOVOLTAIC SYSTEM> <PHOTORESISTORS> <MPPT CONTROLLER> <HYBRID INVERTER> <SOLAR PANELS>.


14/06/2022

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, la falta de acceso a la electricidad combinada con la escasez de otros servicios de infraestructura limita el desarrollo económico y obstaculiza las mejoras en los estándares de vida en todo el planeta. Limita la calidad de la atención médica y la disponibilidad de oportunidades educativas. Los elevados niveles de pobreza en las áreas rurales y la creciente brecha en la calidad de vida con el rápido desarrollo de las áreas urbanas resaltan la importancia de invertir en infraestructura rural básica, tal como la electricidad, como parte de la agenda de desarrollo mundial.

En la actualidad, la tendencia mundial se enfoca al uso de energía fotovoltaica, misma que son amigables con el ambiente además añadiendo que se puede llegar a lugares donde la compañía eléctrica no pueda, aprovechando los recursos naturales para generarlas.

Ante este escenario, el desarrollo de la tecnología ha permitido el poder utilizar la energía fotovoltaica conectado a la red de forma controlada pero este sistema fotovoltaico se puede mejorar la eficiencia utilizando un control de posicionamiento ya el principal problema que se observa en este sistema es que las celdas fotovoltaicas no tienen movimiento, provocando que no se aproveche al máximo la energía obtenida por los rayos de sol. Esto ocasiona que las baterías solo carguen al 100% cuando el sol esta exactamente sobre la celda, y en su mayoría del tiempo estas trabajan en un porcentaje menor al que deben estar.

Con el control del posicionamiento de las celdas fotovoltaicas se resuelve este problema ya que se obtiene un mejor enfoque de forma automática y exacta con respecto a los rayos solares, garantizando la máxima obtención de la energía brindada por los rayos solares. De esta manera se logra tener una carga del 100% constantemente en las baterías y solo empieza su tiempo de descarga cuando el sensor solar detecte el último rayo de sol y las celdas ya no produzcan la tensión nominal para la carga de las baterías.

Los WISP son los llamados a cerrar la brecha digital en todos los lugares donde no hay acceso a servicios básicos como el Internet, para ello hay que desplegar Redes Inalámbricas con una infraestructura confiable para proveer acceso a internet mediante enlaces inalámbricos punto a punto y punto-multipunto el cual debe ser constante sin interrupciones para brindar el servicio a compañías, organizaciones, escuelas, universidades etc.

La Empresa Mundo Tronic localizado en la Ciudad de Riobamba pretende implementar una red inalámbrica, con la cual pueda dar el servicio de internet en campos donde las compañías eléctricas no pueden llegar o al menos suelen tener problemas de apagones, para implementar la red inalámbrica es necesario montar una torre de Radio enlace en la cual se necesita, servidores, antenas, estaciones, Ap, switch, Router administrador, repetidoras o bridge links en la cual van a

estar en zonas elevadas y de difícil acceso, para ello se necesita energía eléctrica que pueda responder a las necesidades y requerimientos de cada uno de los equipos de telecomunicaciones.

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema fotovoltaico con control de posicionamiento para el suministro eléctrico del servidor nodo san miguel de la empresa Mundo Tronic.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los modelos existentes de sistemas fotovoltaicos y dispositivos empleados.
- Seleccionar los dispositivos adecuados y sistemas de conexión para el suministro de energía fotovoltaica.
- Investigar los tipos de controladores dependiendo de su eficacia y su funcionamiento.
- Diseñar el controlador para el sistema posicionamiento del panel fotovoltaico.
- Evaluar el funcionamiento del sistema fotovoltaico con el control de posición.

CAPÍTULO I

1 DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

A lo largo de los años, la falta de acceso a la electricidad combinada con la escasez de otros servicios de infraestructura limita el desarrollo económico y obstaculiza las mejoras en los estándares de vida en todo el planeta. Limita la calidad de la atención médica y la disponibilidad de oportunidades educativas. Los elevados niveles de pobreza en las áreas rurales y la creciente brecha en la calidad de vida con el rápido desarrollo de las áreas urbanas resaltan la importancia de invertir en infraestructura rural básica, tal como la electricidad, como parte de la agenda de desarrollo mundial.

Tomando de referencia la publicación “Infraestructura para el desarrollo - Vol. 3, No. 3: Cómo electrificar el campo en Ecuador”. La electrificación seguía siendo impulsada principalmente en las zonas urbanas e industriales del país donde la demanda era mayor. En la década de 1970, la cobertura eléctrica a nivel nacional no superaba el 60% y en los sectores rurales sólo llegaba al 13%, según referencias (Sovacool, 2012). El problema principal para el desarrollo de un programa de electrificación rural a nivel nacional era los campos por su recorrido y con eso conlleva a un alto porcentaje de recursos financieros para la construcción y mantenimiento de este tipo de proyectos.

Este potencial despliega una gran oportunidad para favorecer la seguridad energética se adiciona al esfuerzo global de reducir el impacto ambiental de las emisiones de CO₂ y llegar a lugares desérticos donde cualquier compañía no pueda llegar diversificando la cartera de tecnologías y recursos energéticos e impulsar el desarrollo sustentable.

A medida que han sido desarrollados algunos sistemas para la solución de problemas presentes en nuestro medio y en la industria, ha surgido también la necesidad de optimizar dichas soluciones, las cuales empiezan a carecer de eficiencia y funcionalidad a medida que pasa el tiempo, esto debido a que los problemas para los cuales fueron diseñados incrementan su efecto y nos afectan cada vez más y de una forma más significativa. Haciendo alusión a nuestro caso, es el sistema de generación de energía alternativa por medio de paneles solares, una víctima más de la llamada crisis ambiental, la cual es hoy en día la mayor problemática para la población y la comunidad científica debido a sus fatales consecuencias y a sus escasos beneficios.

En la actualidad, la tendencia mundial se enfoca al uso de energía fotovoltaica, misma que son amigables con el ambiente además añadiendo que se puede llegar a lugares donde la compañía eléctrica no pueda, aprovechando los recursos naturales para generarlas. (J.ROMERO, 2015) Ante este escenario, el desarrollo de la tecnología ha permitido el poder utilizar la energía fotovoltaica

conectado a la red de forma controlada pero este sistema fotovoltaico se puede mejorar la eficiencia utilizando un control de posicionamiento ya el principal problema que se observa en este sistema es que las celdas fotovoltaicas no tienen movimiento, provocando que no se aproveche al máximo la energía obtenida por los rayos de sol. Esto ocasiona que las baterías solo carguen al 100% cuando el sol esta exactamente sobre la celda, y en su mayoría del tiempo estas trabajan en un porcentaje menor al que deben estar. Cabe mencionar que si el mecanismo se desenfoca es necesario moverlo de forma manual para volver a enfocararlo, esto ocasiona un peligro ya que la estructura es demasiado pesada y puede causar un accidente al tratar de moverse.

Con el control del posicionamiento de las celdas fotovoltaicas se resuelve este problema ya que se obtiene un mejor enfoque de forma automática y exacta con respecto a los rayos solares, garantizando la máxima obtención de la energía brindada por los rayos solares. De esta manera se logra tener una carga del 100% constantemente en las baterías y solo empieza su tiempo de descarga cuando el sensor solar detecte el último rayo de sol y las celdas ya no produzcan la tensión nominal para la carga de las baterías.

Los WISP son los llamados a cerrar la brecha digital en todos los lugares donde no hay acceso a servicios básicos como el Internet, para ello hay que desplegar Redes Inalámbricas con una infraestructura confiable para proveer acceso a internet mediante enlaces inalámbricos punto a punto y punto-multipunto el cual debe ser constante sin interrupciones para brindar el servicio a compañías, organizaciones, escuelas, universidades etc.

Apuntando al avance en las comunicaciones, Victor Medina (2014) en su tesis “Estudio de factibilidad y diseño de una red Wisp inalámbrica para brindar el servicio de valor agregado a la ciudad de Palora”, El abastecimiento de energía para las antenas de una Wisp ha sido uno de los problemas más relevantes para que los habitantes cuenten con el servicio de internet en sus domicilios, ya que en el sector es de difícil alcance adquirir electricidad de compañía para transmitir hacia las antenas master de telecomunicaciones ya sea por su altura o su distancia o problema de apagones y eso hace que dificulte el acceso a la información actualizada, no permitiendo un adelanto en la educación y autoeducación de los habitantes, también las personas al no contar con el servicio de internet en sus domicilios están expuestos al aislamiento, al no poder comunicarse con el resto del mundo ya sea mediante redes sociales u otros medios. Al no contar con el servicio de internet se están perdiendo nuevas oportunidades de superación económica, sabiendo que el internet y su aplicación web es una puerta de salida hacia el mundo laboral ya sea dando a conocer sus productos, sus servicios, sus conocimientos etc.

La Empresa Mundo Tronic localizado en la Ciudad de Riobamba pretende implementar una red inalámbrica, con la cual pueda dar el servicio de internet en campos donde las compañías eléctricas no pueden llegar o al menos suelen tener problemas de apagones, para implementar la red inalámbrica es necesario montar una torre de Radio enlace en la cual se necesita, servidores, antenas, estaciones, Ap, switch, Router administrador, repetidoras o bridge links en la cual van a

estar en zonas elevadas y de difícil acceso, para ello se necesita energía eléctrica que pueda responder a las necesidades y requerimientos de cada uno de los equipos de telecomunicaciones.

1.2 Formulación del problema

¿Como Implementar un sistema fotovoltaico con control de posicionamiento para el suministro eléctrico del servidor principal nodo san miguel de la empresa Mundo Tronic?

1.3 Sistematización del problema

¿Cuáles son los fundamentos y funcionamientos básicos de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red?

¿Cuáles son los requerimientos que debe cumplir el sistema fotovoltaico para el servidor principal nodo san miguel de la empresa Mundo Tronic?

¿Qué diseño permite cumplir el control posicionamiento del sistema fotovoltaico?

¿Cuál es el hardware y software que permite implementar el sistema propuesto?

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Energía Renovable

Las energías renovables son aquellas que son obtenidas de fuentes naturales que generan energía de manera inagotable e indefinida. Por ejemplo, la energía solar, eólica o mareomotriz. También se consideran renovables cuando se obtienen de fuentes naturalmente renovables a lo largo del tiempo, y una de ellas es la masa forestal.

Una de las principales ventajas de las energías renovables es que además de no ser agotables, tienen poco o ningún impacto negativo en el medio ambiente, por lo que se consideran energías limpias. Hoy en día, las energías renovables se han convertido en una realidad en nuestra sociedad y sus beneficios para el medio ambiente son cada vez más evidentes. (JARABO, 1983)

Todas las sociedades del planeta consumen más o menos energía, pero el hecho de que la mayor parte de la energía consumida provenga de fuentes no renovables, como los combustibles fósiles y la energía nuclear, tiene efectos negativos sobre la atmósfera de manera significativa. Un aspecto para destacar en relación con las energías renovables es que pueden ser aplicadas y explotadas a nivel local, ayudando a reducir la dependencia de las personas de los grandes productores de energía, promoviendo el desarrollo y la economía y creando puestos de trabajo. (ELORTEGUI, 1999)

2.1.1 Tipos de energía renovable

La energía renovable es toda energía que proviene de fuentes naturales, es limpia y casi inagotable. Existen muchos tipos de energías renovables y a nivel mundial podemos distinguir entre diferentes tipos según la energía final que obtengamos de ellas: energía eléctrica, energía térmica y biocombustibles. (FERNANDEZ, 2008)

Existen diferentes las fuentes de energía renovable difieren según los recursos naturales utilizados en la producción de electricidad como lo podemos observar en la Figura 1-1.



Figura 1-2:Tipos de energía renovable.

Fuente: (RAMIREZ)

2.1.2 Energía solar

La energía solar es la energía producida por la luz o el calor del sol para producir electricidad o producir calor. Infinito y renovable, porque proviene del sol, se obtiene a través de placas y espejos.

Las células solares fotovoltaicas convierten directamente la luz solar en electricidad a través del efecto fotovoltaico, mediante el cual ciertos materiales pueden absorber fotones (partículas de luz) y liberar electrones, creando una corriente eléctrica. Por otro lado, los colectores solares utilizan paneles o espejos para absorber y concentrar el calor solar, convertirlo en líquido y entregarlo a través de tuberías para su uso en edificios e instalaciones o para producir electricidad energía solar. (SERRATO, 2015 págs. 1-18).

2.1.2.1 Beneficios de la energía solar

La energía solar tiene muchas ventajas que la convierten en una de las más prometedoras. Renovable, no contaminante y disponible en todo el planeta, contribuye al desarrollo sostenible y la creación de empleo en las regiones en las que se ha creado. (BUCHER, 1998)

En resumen, los beneficios que la energía solar nos brinda son:

- Renovable
- Inagotable
- Sin contaminación
- Evita el calentamiento global.
- Disminuye el uso de combustibles fósiles.
- Disminuye las importaciones de energía.
- Crea riqueza y empleo local
- Contribuye al desarrollo sostenible
- Es altamente modular y flexible, y puede adaptarse a diferentes situaciones.
- Habilita aplicaciones para generación de energía eléctrica a gran escala y también para pequeños núcleos aislados de la red

2.1.3 Sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de componentes que convierten la radiación solar en energía eléctrica, y estos sistemas a su vez se dividen en dos subgrupos: sistema fotovoltaico conectado a red (SFCR) y sistema fotovoltaico aislado. La configuración que pueden incluir estos sistemas dependerá de la aplicación para la que se utilizarán, del tipo de carga que proporcionarán los paneles y, sobre todo, de la energía solar disponible en la zona, que se utilizará. Además, dependiendo de la ubicación geográfica, los paneles se ensamblarán de forma que se garantice el mejor aprovechamiento de la radiación solar. (WANNER, 2019)

2.1.3.1 Sistemas Conectados a la red (SFCR).

Los SFCR son sistemas que funcionan en tándem con la red eléctrica existente, su diseño es para proporcionar energía de fase, si se exceden los valores de suministro requeridos, la energía generada se inyectará a la red eléctrica. Su principal objetivo es incrementar la producción cada año para reducir el consumo eléctrico. Los principales dispositivos de este tipo de sistema son generadores fotovoltaicos, inversor de CC. Con la corriente alterna y la protección necesaria para conectarlo a la red, estos componentes se pueden observar mejor en la figura 2-1. (DELEG, 2016)

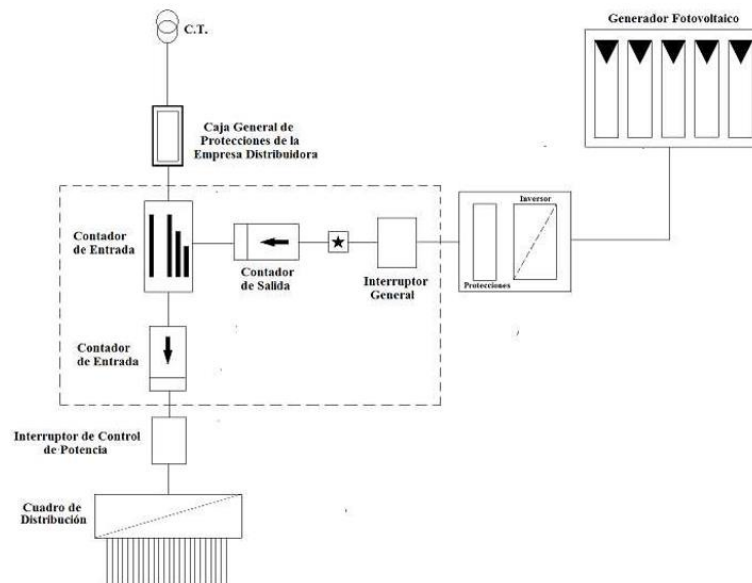


Figura 2-2:Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a la red (SFCR).

Fuente: (APRUZZESE)

El diseño y dimensionamiento de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, en particular la determinación de la capacidad del panel y la elección del ángulo de inclinación, dependen de factores distintos de los que son una base fundamental para el cálculo del aislamiento energético. sistemas, e incluso casos que quedan fuera del comportamiento adecuado para sistemas fotovoltaicos.

Estos sistemas no incluyen un subsistema de almacenamiento intermedio acumulativo, ya que toda la energía generada se alimenta a la red de distribución y no tiene sentido almacenarla en una batería.

Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red tienen un objetivo muy diferente al de los sistemas independientes: mientras que estos sistemas buscan un suministro estable y estable de electricidad para las instalaciones eléctricas, los sistemas conectados a la red buscan obtener beneficios económicos de la venta de la electricidad generada. Se utilizan criterios de tamaño. Algunos de ellos van encaminados en esta dirección. (RODRIGUEZ, 2013)

2.1.3.2 Sistemas Aislados

Este tipo de sistema se caracteriza principalmente por satisfacer todas las necesidades energéticas de la planta, esto se logra mediante la acumulación de energía en bancos de baterías y el uso de reguladores para mantener la distribución. Esta energía permanece sin cambios. Se muestra el diagrama de conexión para este tipo de sistema. (GARCIA, 2014)

Los sistemas aislados se utilizan a menudo en áreas rurales o áreas bastante alejadas de las líneas de distribución de servicios públicos. Para este sistema, se deben considerar varios aspectos a la hora de diseñar, tales como: potencia instantánea, número de días de autonomía y cantidad de terreno. Además, el día en que se debe tener en cuenta la menor radiación solar y la mayor carga eléctrica para cubrir la demanda. Se requiere energía instantánea para el tamaño del inversor y el paquete de baterías porque si se utilizan los motores, estos consumen corrientes de arranque mucho más altas que la corriente nominal y el equipo debe soportar esta corriente, el esquema lo podemos observar en la figura 3-1. (BASTERRA, 2007)

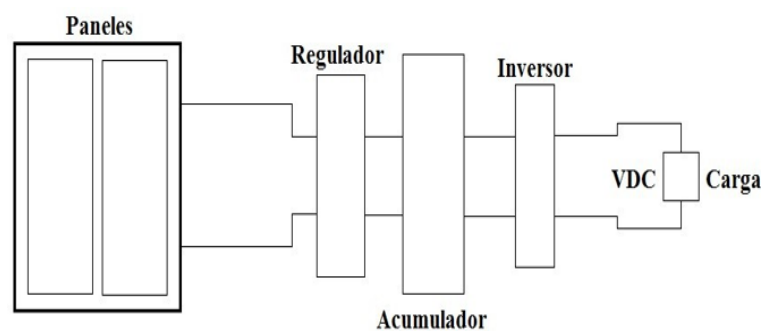


Figura 3-2: Sistema fotovoltaico aislado.

Realizado por: Edison T, 2022

Por otro lado, tenemos días de autonomía que se reflejan en los bancos de baterías porque alimentarán el sistema en los días en que la climatología no sea propicia para absorber la radiación solar. El último aspecto importante para mencionar es el área de tierra que se utilizará como área que debe minimizarse para que la longitud no sea demasiado larga.

2.1.4 Mercado fotovoltaico

Desde su invención hasta 1980, el desarrollo de la industria fotovoltaica estuvo influenciado por el costo de los materiales y el tamaño de los módulos. A medida que empresas con sede en Estados Unidos y Europa buscan formas más eficientes de fabricar obleas fotovoltaicas con elementos como silicio amorfo "a-Si" y selenio de cobre indio "CuInSe2", la empresa japonesa ha revolucionado el mercado produciendo unidades de cristal convencionales. Silicio y silicio amorfo, todas dirigidas a aplicaciones en dispositivos más pequeños como computadoras, relojes, etc. Produciendo así hasta megavatios en el mercado sumando la potencia de todos estos paneles fotovoltaicos. (SANTOS, 2017)

Ahora, este mercado ha crecido por lo que existen paneles instalados en edificios, ya sea para abastecer en las horas picos, o para reducir los consumos generados desde la red eléctrica principal. Los paneles fotovoltaicos están diseñados para ser instalados en cualquier lugar de edificios o viviendas, ya sea en tejados, ventanas o fachadas.

Podemos enfatizar que la capacidad económica de este tipo. Se están llevando a cabo proyectos al recibir el índice de ganancias de la inversión implementada en la atractiva instalación de energía solar fotoeléctrica, y es importante tener energía generada por la energía solar de fábrica óptica y los usuarios tienen el costo del usuario del menor costo.

Para comprar la misma energía para empresas de distribución, este ha sido un hecho, y a esto se le llama paridad de la red y, dependiendo del hábito de las necesidades energéticas del cliente El período de depreciación del alcance de la inversión de 3 años a 15 años con una tasa rentable afectada con un disparo del 12%. En una sección posterior, analizamos este tipo base financieramente para empresas privadas y usuarios a través del análisis de comparación entre los costos de energía comprados en la red y creado por la configuración fotovoltaica principal. (LANDSBERG, 2012)

2.1.5 Hora solar pico

La hora pico solar (HSP) es una medida de la radiación solar, definida como la potencia por unidad de área obtenida por una radiación solar constante asumida de 1000 W / m² y utilizada para estimar la potencia que un panel fotovoltaico puede generar durante el día. En resumen, si un lugar tiene 4 HSP, 4 horas de luz solar transmitirán 1000 W / m², ese día el área recibirá 4000 W / m², lo que equivale a 4 kW / m². (SANTOS, 2017)

Un HSP equivale a 3,6 MJ / m² o 1 kWh / m², como se muestra en la siguiente conversión.

$$1HSP = \frac{1000 \text{ W} * 1h}{m^2} * \frac{3600 \text{ s}}{1h} * \frac{1 \frac{j}{s}}{1 \text{ w}} = 3,6 \text{ MJ}/m^2$$

Ecuación 1-2: Hora solar pico.

2.1.5.1 HSP en Ecuador

Ecuador es un país con diversas características topográficas, diversos climas y las condiciones únicas que le otorgan un alto potencial de energía limpia y renovable, No se puede descartar el inventario de recursos energéticos para la producción porque los términos de demanda y cobertura están actualmente expuestos.

Con ayuda de la de la app que nos brinda CCEEA a través de la geolocalización de la NASA, podemos observar en la Figura 4-1. Que la hora solar pico en Ecuador es de 4,25 h con una latitud de -1,5826 de igual manera podemos ver cómo va variando de mes a mes como en la Figura 5-1, al igual que el promedio mínimo y máximo de la temperatura media diaria de la tierra en la Figura 6-1.

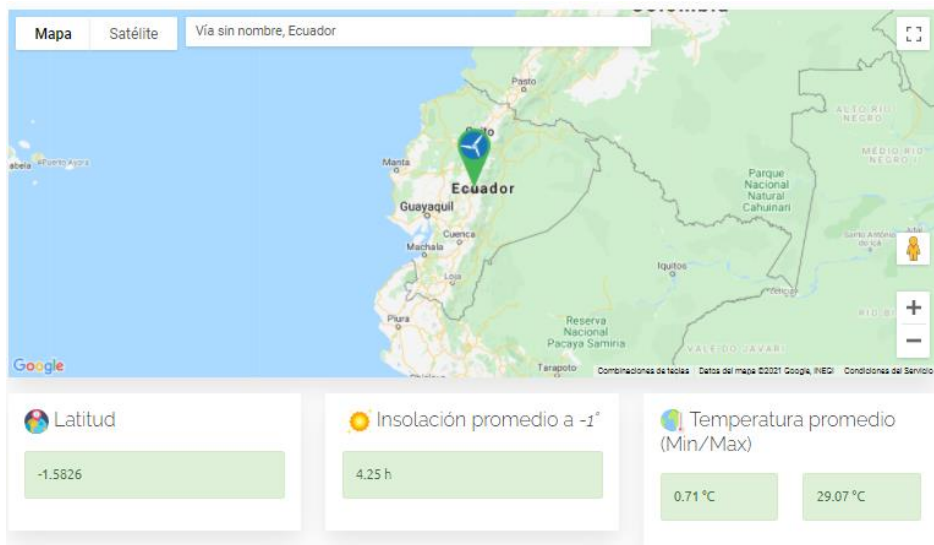


Figura 4-2: Datos de radiación solar en Ecuador.

Fuente: (CCEEA)



Figura 5-2: Datos de radiación solar mensual en Ecuador.

Fuente: (CCEEA)

Latitud: -1.5826 | Longitud: -78.6497

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Máximas	28.86	31.84	29.15	27.69	28.8	25.04	26.64	29	31.43	30.11	30.54	29.75
Mínimas	1.44	4.04	3.01	0.54	1.22	-0.18	-1.2	-0.78	-1.19	0	-0.47	2.12


 Datos obtenidos de: nasa.gov

Figura 6-2: Promedio mínimo y máximo de la temperatura media diaria de la tierra.

Fuente: (CCEEA)

Sin embargo, como resultado nos genera parámetros para los paneles solares en caso de que se vaya a inclinar en la Figura 6-1 podemos observar detalladamente.

Latitud: -1.5826 | Longitud: -78.6497 | Radiación promedio mensual incidente en una superficie inclinada apuntada por el ecuador (kWh/m²/día)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Ángulo LATITUD	4.29 h	4.06 h	4.02 h	4.19 h	4.09 h	4.02 h	4.15 h	4.32 h	4.46 h	4.55 h	4.59 h	4.3 h
Ángulo HORIZONTAL	4.31 h	4.07 h	4.03 h	4.18 h	4.07 h	3.99 h	4.13 h	4.3 h	4.46 h	4.56 h	4.61 h	4.33 h
Ángulo LATITUD -15°	4.02 h	3.89 h	3.95 h	4.21 h	4.2 h	4.18 h	4.31 h	4.4 h	4.43 h	4.39 h	4.33 h	4.01 h
Ángulo LATITUD +15°	3.93 h	3.83 h	3.91 h	4.2 h	4.2 h	4.2 h	4.33 h	4.4 h	4.4 h	4.34 h	4.24 h	3.92 h
Ángulo VERTICAL	1.51 h	1.49 h	1.51 h	1.99 h	2.31 h	2.49 h	2.47 h	2.16 h	1.69 h	1.56 h	1.57 h	1.5 h
Radiación óptima	4.31 h	4.07 h	4.03 h	4.22 h	4.21 h	4.22 h	4.34 h	4.4 h	4.47 h	4.56 h	4.61 h	4.33 h
Ángulo óptimo	0°	0°	0°	9.5°	18°	23°	22°	15°	4.5°	0°	0°	0°

Figura 7-2: Parámetros para paneles solares inclinados en Ecuador.

Fuente: (CCEEA)

2.1.6 Eficiencia de paneles fotovoltaicos

El primer panel fotovoltaico funcional estaba hecho de selenio, la eficiencia del panel era baja, pero la idea era poder generar energía sin necesidad de partes móviles. Años más tarde, las investigaciones se llevaron a cabo en Bell Laboratories por el científico Gerald Pearson, otorgando así una patente a las células solares con semiconductores como el silicio, mejorando enormemente su eficiencia. Las primeras aplicaciones analógicas se obtuvieron durante los viajes espaciales entre la Unión Soviética y los Estados Unidos, durante los cuales se lanzaron satélites al espacio. (LOPEZ, 2008 págs. 60-63)

La efectividad de la placa está determinada por el tamaño total de la placa, el tamaño de las celdas individuales y el diseño. También afecta el número y tipo de celdas utilizadas, el diseño de rieles y el espaciado y alineación entre celdas. Aunque no lo parezca, el color del panel trasero protector del panel puede afectar la usabilidad, ya que el panel trasero negro absorbe más calor, reduciendo el rendimiento del toldo.

Los paneles que contienen IBC fueron generalmente los más eficientes, seguidos de las células monocristalinas y multicelulares semicirculares, las células falciformes unicelulares y, finalmente, las células simples estándar de 60 células (4-5 barras). Los paneles policristalinos convencionales de 60 celdas suelen ser los menos eficientes pero los más baratos, en la figura 8-1 se puede evidenciar los tipos de eficiencia de los paneles solares.

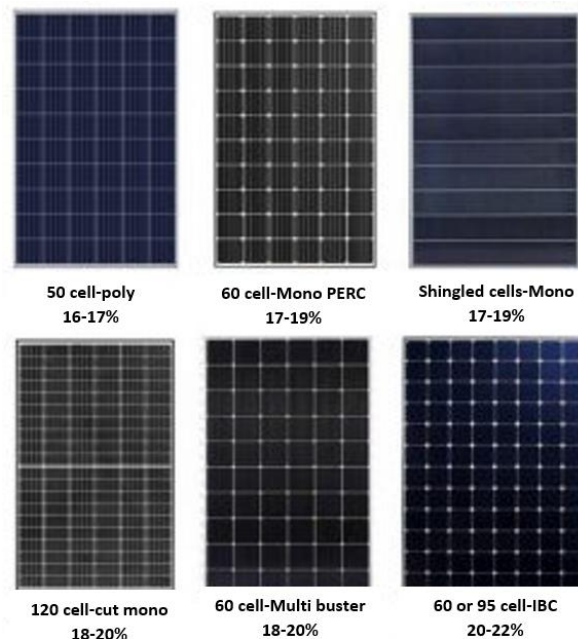


Figura 8-2:Eficiencia de Paneles fotovoltaicos.

Fuente: (BORGONÓ)

2.1.6.1 Ventajas de los paneles Monocristalinos.

Los paneles monocristalinos tienen algunos de los índices de eficiencia más altos porque están hechos de silicio muy puro. Su vida útil es mucho mayor, por lo que la mayoría de los fabricantes de paneles monocristalinos ofrecen una garantía de hasta 25 años. Sin embargo, la eficiencia tiende a disminuir en todos los paneles debido a la mayor temperatura, lo que ocurre en menor grado en los paneles policristalinos que en los monocristalinos. (ROMERO, 2015)

Estos paneles tienen el nivel de eficiencia más alto del mercado, hasta un 20%, las células monocristalinas son las más adecuadas para su instalación en lugares donde la exposición al sol no es alta debido a su alta eficiencia en estas condiciones como podemos en la figura 8-1.

2.1.6.2 Desventajas De Los Paneles Monocristalinos

Una de las desventajas de los paneles anteriores es el elevado coste de las células monocristalinas, que requieren más silicio que las células policristalinas, lo que conlleva la pérdida de componentes durante el proceso de fabricación, dado el tipo de corte a realizar. Además, se pueden observar en sombra parcial, por lo que cuando permanecen en la sombra, es más adecuado utilizar inversores

solares, asegurando que la mayoría de las instalaciones fotovoltaicas no se vean afectadas por un solo panel fotovoltaico como vemos en la figura 9-1. (MORO, 2010)

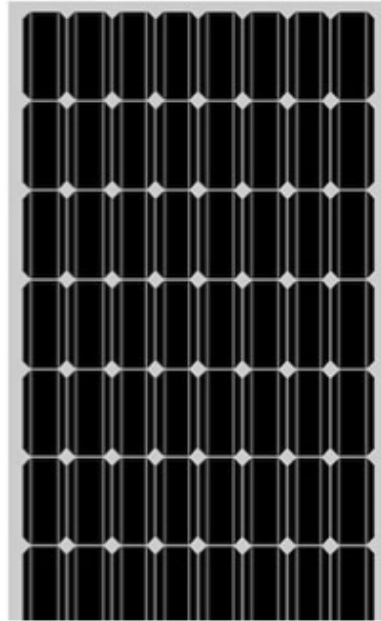


Figura 9-2: Panel solar Monocristalino.

Fuente: (ELECTRICAPLICADA)

2.1.6.3 Ventajas de los paneles policristalinos.

El método de producción de los paneles fotovoltaicos policristalinos es mucho más sencillo, logrando que su costo económico sea menor. Además, la pérdida de silicio es más baja comparada con la utilizada en el proceso que se requiere para la elaboración del monocristalino.

La principal ventaja de los paneles solares policristalinos es su menor precio en comparación con las células monocristalinas, y precisamente por su bajo coste son muy adecuados para instalaciones de pequeño tamaño. (ROMERO, 2015)

Las instalaciones solares fotovoltaicas policristalinas son muy adecuadas para satisfacer las necesidades de energía eléctrica de un hogar o una pequeña empresa, también cabe destacar que su proceso de fabricación es más sencillo que el de los paneles monocristalinos, lo que en última instancia conlleva a un menor coste.

2.1.6.4 Desventajas De Los Paneles Policristalinos.

La placa policristalina como podemos observar en la figura 10-1, tiene una menor resistencia al calor en contraste con la placa monocristalina, lo que significa que la placa policristalina se comportará mal como placa monocristalina a altas temperaturas. En general, se puede decir que es necesario cubrir un área mayor con paneles policristalinos en lugar de paneles monocristalinos para lograr la misma capacidad de generación.

Las obleas policristalinas tienen una eficiencia del 16%, cuatro puntos porcentuales menos que las células monocristalinas, principalmente porque contienen menos silicio.

Otro inconveniente se relaciona con el rendimiento a alta temperatura. En este caso, los paneles policristalinos funcionan peor que los paneles monocristalinos. Además, el calor puede acortar su vida útil. (ROMERO, 2015)



Figura 10-2: Panel solar Policristalino.

Fuente: (S.L)

2.2 Regulador

Los reguladores o controladores solares son esenciales en los sistemas fotovoltaicos de batería. Su función principal es gestionar el proceso de carga de las baterías controlando el voltaje y la corriente que se les suministra. Su función principal es evitar que la batería se sobrecargue y así evitar que se acorte su vida útil. Como observamos en la figura 11-1, El regulador de carga puede detectar el voltaje de la batería, sobre esta base, para regular la corriente de carga. Esto es especialmente importante con baterías especiales, como las baterías de plomo-ácido selladas, que no pueden reemplazar el agua perdida debido a la sobrecarga. (CHOWDBURY, 2014)

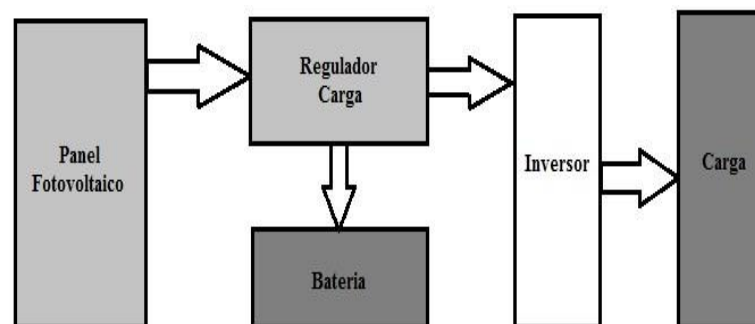


Figura 11-2: Esquema general de un SF con regulador solar.

2.2.1 Características de los reguladores fotovoltaicos

Los reguladores fotovoltaicos suelen tener seis entradas, dos de las cuales son para montaje, las otras dos para todos los paneles fotovoltaicos, una para el banco de baterías y la última para carga directa en la figura 12-1 se puede observar detalladamente. (X.SERRANO, 2016)

Los componentes del controlador solar son:

- Alta Histéresis: Es la diferencia entre la tensión asumida por el regulador debido a la rotación de toda la corriente generada por los paneles fotovoltaicos y la tensión máxima del regulador. (X.SERRANO, 2016)
- Voltaje máximo del regulador: Este es el voltaje máximo que el regulador puede soportar para alimentar la batería. (X.SERRANO, 2016)
- Rango de inactividad baja: esta es la diferencia entre el voltaje de desconexión y el voltaje al que se permite que la carga del consumidor se vuelva a conectar a la batería. (X.SERRANO, 2016)
- Tensión de corte: es la tensión a la que se desconectan automáticamente las diferentes cargas de los consumidores para evitar una posible descarga excesiva de la batería. (X.SERRANO, 2016)

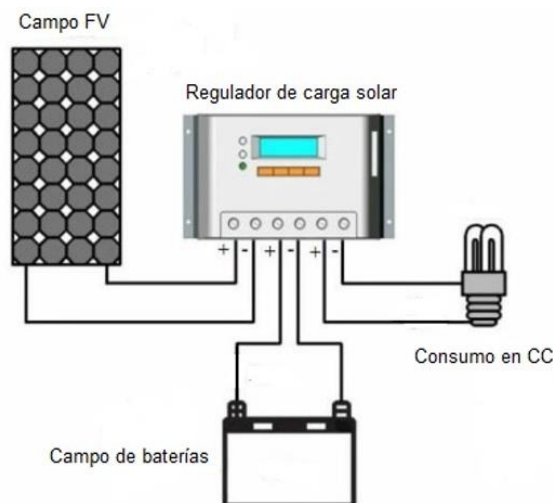


Figura 12-2: Controlador de carga y cableado de la batería.

Fuente: (INSA)

2.2.2 Configuraciones de los reguladores fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos se pueden conectar en una variedad de configuraciones, como en paralelo o en serie, según la necesidad de un sistema fotovoltaico más eficiente. El componente que sirve como medio para conectar los paneles fotovoltaicos a la batería, es el controlador o

regulador de carga, existen dos tipos denominados regulador PWM y regulador MPPT. (N.KHERA, 2016)

2.2.2.1 Reguladores de carga con modulación por ancho de pulsos

La función del regulador PWM como se puede evidenciar en la figura 13-1 ,es ayudar a regular el voltaje proveniente de los paneles fotovoltaicos, para proteger la batería del sistema de una posible sobrecarga. Actúa como un interruptor entre el panel fotovoltaico y la batería. Estos reguladores obligan a los módulos fotovoltaicos a funcionar con el voltaje de la batería sin ningún patrón de montaje adicional. Por ejemplo, si la batería es de 12V, las placas cargarán la batería a 12V. (N.KHERA, 2016)

Ciertamente, cuando cambiamos el ciclo de trabajo de una señal PWM, cambiamos su voltaje promedio y esta es la esencia que nos hace usar PWM la mayor parte del tiempo. Si una señal de media tensión atraviesa determinados elementos electrónicos, su comportamiento puede cambiar. Por ejemplo, luces LED, ventiladores o motores de CC, incluidos altavoces y silbatos. Si conectamos el LED al microcontrolador, podremos cambiar el brillo con el que encendemos el LED, y cambiar la señal PWM de la que dependemos. (N.KHERA, 2016)

Si enviamos una señal de ciclo de trabajo del 100%, el LED se encenderá con toda su potencia óptica, y por tanto con todo su brillo. Si lo conectamos a una señal de ciclo de trabajo del 50%, el LED enciende solo la mitad de su brillo.

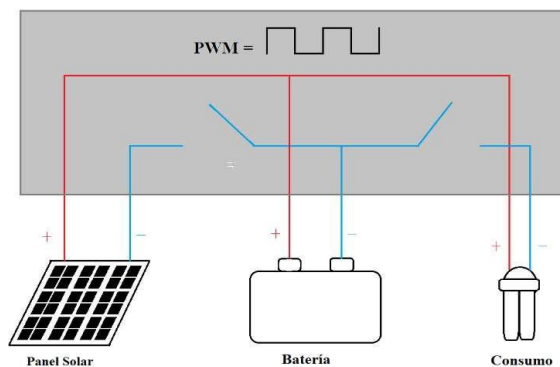


Figura 13-2: Diagrama del regulador PWM.

Fuente: (GENERATULUZ, 2002)

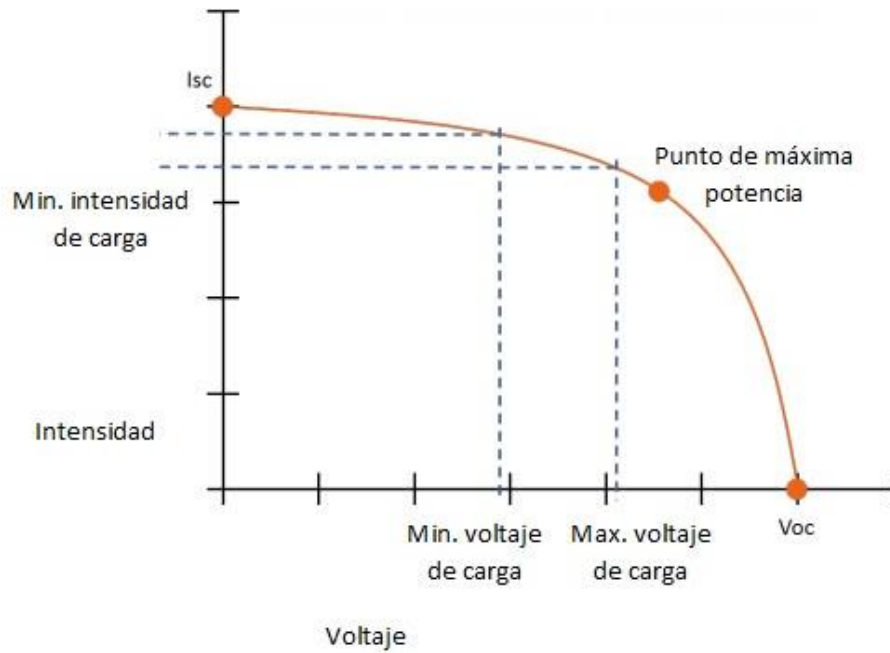


Figura 14-2: Curva de potencia de un panel fotovoltaico utilizando un regulador PWM.
Fuente: (GENERATULUZ, 2002)

2.2.2.2 Reguladores de carga con seguidor de punto máxima potencia.

El controlador solar MPPT es un convertidor de CC electrónico. a CC. Tiene como objetivo mejorar la corriente entre el paquete de baterías y el panel fotovoltaico. Es decir, convierte la salida de alto voltaje de CC de los paneles fotovoltaicos en el voltaje necesario para cargar la batería. (J.GONZALES, 2016)

En la mayoría de los convertidores de CC a CC, este es un proceso puramente electrónico como se puede observar en la Figura 15-1; No se necesita procesador a excepción de alguna regulación del voltaje de salida. Por el contrario, los controladores solares MPPT para paneles solares requieren más componentes electrónicos y complejidad, ya que las condiciones de luz y temperatura cambian durante el día y el voltaje de la batería cambia. (J.GONZALES, 2016)

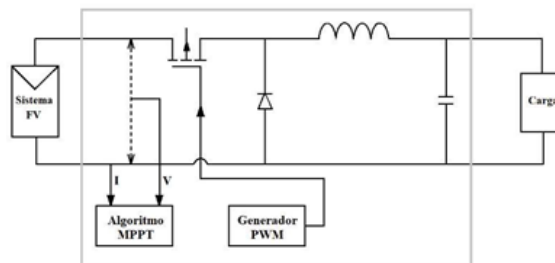


Figura 15-2: Diagrama del regulador MPPT.
Fuente: (GENERATULUZ, 2002)

Por lo tanto, el regulador MPPT según la figura 16-1, es esencialmente un controlador de carga, que cambia la relación voltaje de entrada-voltaje de salida de acuerdo con diferentes condiciones de iluminación, permitiendo que los paneles fotovoltaicos operen en el punto de máxima potencia.

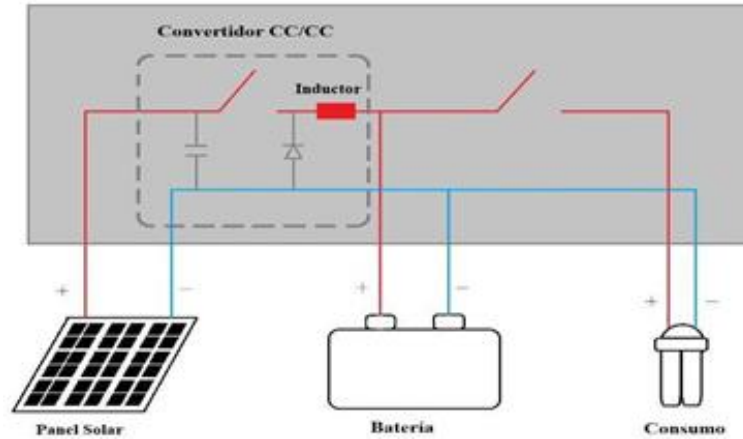


Figura 16-2: Diagrama de interconexión del regulador MPPT.

Realizado por: Edison T, 2022

En la Figura 17-1, puede ver las curvas características del panel fotovoltaico, conocidas como la curva corriente-voltaje (IV) y la curva voltaje-voltaje (PV), que representa la actividad del panel fotovoltaico.

La dinámica del panel fotovoltaico, en función del voltaje y la fuerza de la relación con la radiación solar específica (STC 1000 W / m²). El punto de potencia óptimo que busca encontrar un equilibrio entre voltaje y corriente se denomina "punto de máxima potencia", que varía según la radiación solar que recibe el panel fotovoltaico. (Z.KANZARI, 2016)

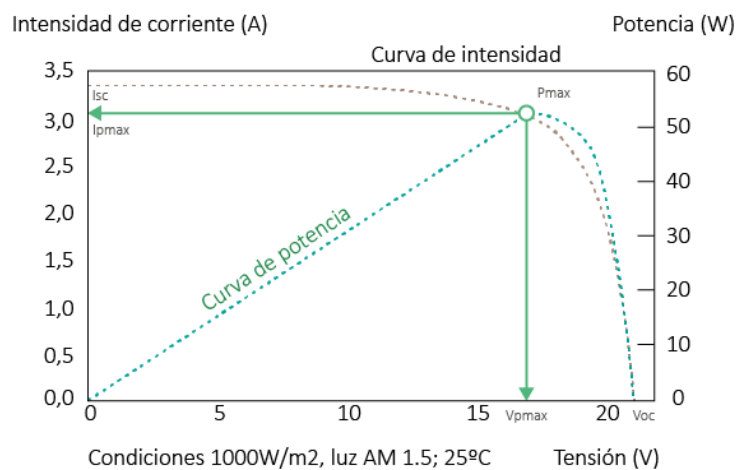


Figura 17-2: Curva de I-V (línea discontinua roja) y la Curva de P-V (línea discontinua verde) de un Panel Fotovoltaico.

Fuente: (VARGAS, y otros, 2015)

2.3 Inversor solar

Un inversor es un sistema que convierte voltaje CC en voltaje CA. El convertidor fotovoltaico debe ser eficiente al convertir energía de corriente continua a corriente alterna. Estos dispositivos utilizan electrónica de potencia para poder convertir y controlar voltaje y corriente en un amplio rango de valores dependiendo de la aplicación como se puede evidenciar en la figura 18-1. (M.KOWSALYAK, 2017)

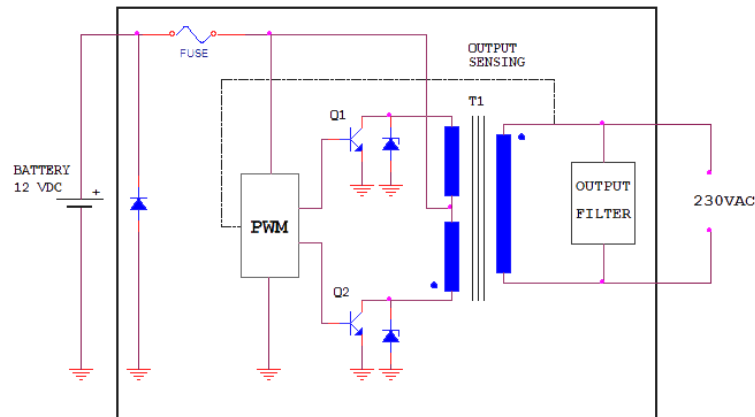


Figura 18-2: Diagrama del circuito del inversor.

Fuente: (UNICROM)

2.3.1 Características de los inversores solares.

2.3.1.1 Tipos de inversores

Los tipos de inversores se clasifican de la manera siguiente:

- Inversor de onda de seno: Para el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica en una casa, siempre debe elegir una onda sinusoidal pura, que siempre es adecuada para dispositivos electrónicos domésticos que utilizan CA. (M.KOWSALYAK, 2017)
- Inversor Híbrido: Los inversores híbridos están diseñados para poder aprovechar diferentes fuentes de energía al mismo tiempo, como: fotovoltaica, eólica, red y grupos electrógenos, todo ello con la capacidad de acumular energía en la batería. Su uso es apropiado en lugares donde la red eléctrica es insuficiente o de mala calidad, este grupo integra diferentes fuentes de energía y gestiona su uso, priorizando cada fuente según la necesidad. Este inversor no está diseñado para descargar el exceso de energía en la red, sino para aumentar el volumen y aprovechar al máximo el recurso, en un esfuerzo por reducir la cantidad de exceso y acumulación de batería.

- Las ondas sinusoides modificadas: Para la mayoría de los dispositivos, y en dispositivos específicos que contienen motores eléctricos (bombas de agua o equipos industriales, como torres, máquinas de perforación). (M.KOWSALYAK, 2017)
- Conexión de red inversora y batería: En la familia de inversiones, podemos distinguir a los inversionistas de conexión a la red, gerentes para sincronizar los niveles de energía generados por dominios fotovoltaicos con redes públicas o inversores de baterías, capaces de inyección de energía para batería. También ajustan el camino que la energía se almacena en el sistema eléctrico de los hogares / negocios / sistemas fotovoltaicos.
- Inversores trifásicos y monofásicos: En los inversores conectados a la red, tenemos dos capacidades de conexión en las instalaciones. Por lo tanto, encontramos una base de fase, en la que la corriente de un solo controlador y se usa a menudo en la configuración del agua, para cargar iluminación y alimentos pequeños. Por otro lado, las instalaciones trifásicas tienen tres conexiones mejores y más baratas, que emiten energía constante y no pulsos, aumentando el rendimiento del dispositivo. (M.KOWSALYAK, 2017)

2.3.1.2 Eficiencia

Se define como la relación entre la potencia de salida (P_o) y la potencia de entrada (P_i), expresada como:

$$\eta = \frac{P_o}{P_i}$$

Ecuación 2-2:Formula eficiencia.

Expresado en porcentaje, el valor recibido se multiplica por 100, por lo que el “porcentaje” obtenido de la potencia total suministrada por la carga, por lo cual es un número adimensional de 0 a 1, 0 o 0%, a 100%.

La ecuación anterior también se puede representar como:

$$n = \frac{P_i - P_{perdidas}}{P_i}$$

$$n = \frac{P_o}{P_o + P_{perdidas}}$$

Ecuación 3-2:Segunda forma eficiencia.

Donde n es la eficiencia total (%), P_i es la potencia de entrada del componente (W), P_o es la potencia de salida del dispositivo (W) y $P_{perdidas}$ es la potencia disipada por el inversor (W).

Las pérdidas del inversor fotovoltaico provienen de MOSFET, IGBT y otros interruptores de potencia, por lo que hay dos tipos de pérdidas: pérdidas de conmutación y pérdidas de conducción, respectivamente. (Y.P.SIWAKOTI, 2017)

Los inversores fotovoltaicos son muy eficientes, normalmente del 93 al 96% según el modelo y la marca, y no lo serán en todos los casos al 100% porque utilizan una parte de la corriente continua. Su entrada de funcionamiento, alrededor de 10-25 vatios. Entonces, en cada fotosistema, se satisface la siguiente expresión: (Y.P.SIWAKOTI, 2017)

$$P_i = P_o + P_{perdidas}$$

Ecuación 4-2:Fórmula para pérdidas.

2.4 Sistema de control

Un sistema de control es el resultado de decidir desarrollar un sistema o un proceso, modificando determinadas variables para que estas distintas variables o variables operen como se desee. La teoría de control describe que los procesos o sistemas constan de varios elementos interconectados, que proporcionan señales o datos dependiendo de la entrada como el diagrama de la figura 19-1. (OBANDO, 2018)

Para realizar la caracterización del sistema no es necesario conocer su funcionamiento interno, así como sus interacciones con los distintos elementos, solo es necesario conocer la relación entre las entradas y salidas del sistema. El proceso que realiza es suficiente, la dinámica en el sistema es uno de los aspectos más importantes, en base a su relación entre la variable medida controlada y la variable modificada por el controlador para influir en la variable controlada corrigiendo el cambio del comportamiento de la señal de salida ante algunos datos de entrada variables. (OBANDO, 2018)

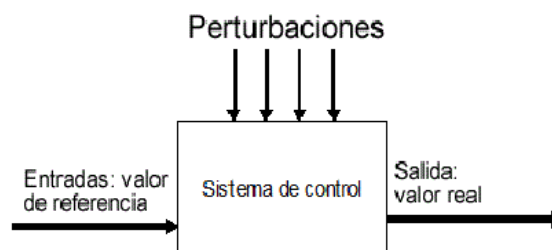


Figura 19-2: Esquema de bloques de un sistema de control.

Realizado por: Edison T,2022

2.4.1 Técnicas de control

2.4.1.1 Lazo abierto

En la tecnología de control de lazo abierto, la salida no afecta la acción de control, por lo que la entrada de referencia tiene un estado activo o estable, como se muestra en la Figura 20-1, es el diagrama de bloques que constituye el sistema de control de lazo abierto. (OBANDO, 2018)



Figura 20-2: Esquema de bloques de un sistema de control en lazo abierto.

Realizado por: Edison T, 2022

La precisión de este sistema depende en gran medida de su calibración y de la presencia de interferencias (señales no deseadas) que provocan que no realice la tarea en cuestión.

2.4.1.2 Lazo cerrado

En la tecnología de control de circuito cerrado, el efecto de salida es proporcional a la acción de control, una acción llamada "retroalimentación". La Figura 21-1 muestra el diagrama de bloques de un sistema de control de circuito cerrado. (OBANDO, 2018)

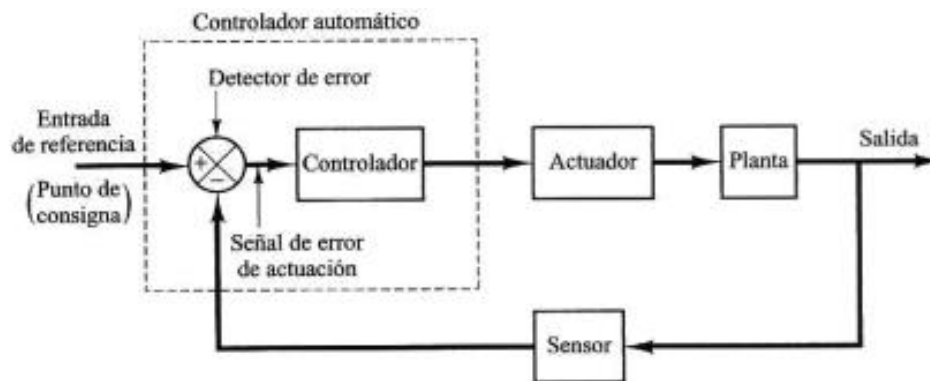


Figura 21-2: Esquema de bloques de un sistema de control en lazo cerrado.

Fuente: (GUEVARA, 2018)

2.4.2 Ley de control Proporcional

El sistema de control proporcional es un sistema de control de retroalimentación lineal cuyo problema de comportamiento inestable se resuelve ajustando la salida del dispositivo de control. La salida del controlador es proporcional a la señal de error, que es la diferencia entre el punto final deseado y la variable del proceso. En otras palabras, es el producto de la señal de error y la ganancia proporcional. (ALFARO, 2006-2022)

La función de transferencia de dicho controlador está representada por una variable real llamada K_p (constante proporcional), que determina la ganancia del elemento de control.

Si $y(t)$ es la señal de salida (salida del controlador) y $e(t)$ es la señal de error (entrada del controlador), entonces en un sistema de control proporcional tendremos:

$$y(t) = k_p * e(t)$$

Ecuación 5-2:Control Proporcional.

En teoría, en este tipo de controlador de la figura 22-1, si la señal de error es cero, la salida del controlador también es cero. En respuesta, la reacción es instantánea y el tiempo no debería interferir con el control. En la práctica, esto no sucede si la señal de entrada cambia muy rápidamente, el controlador no puede rastrear los cambios y seguirá una trayectoria exponencial hasta lograr la salida deseada. (TAMARI, 2010 págs. 38-47)

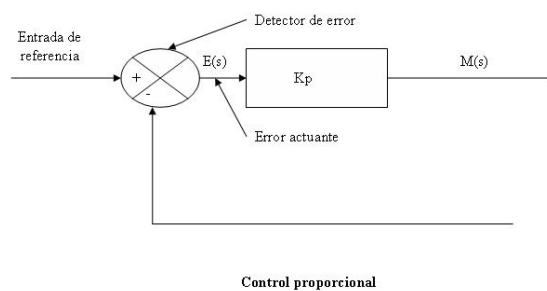


Figura 22-2: Diagrama de bloques del controlador Proporcional.

Fuente: (CONTROL)

2.4.3 Control de posicionamiento en paneles fotovoltaicos

El objetivo del sistema de control de posición es operar hasta que la señal de error $e(t)$ caiga a 0, lo que significa que la posición de la carga tendrá el mismo valor que la señal de referencia (entrada). Si el error $e_r(t)$ y $e_c(t)$ no son iguales, el motor de CC desarrolla el par de carga de salida de modo que el error se reduce a cero. (BERMUDEZ, 2021)

El control de posición se logra mediante un algoritmo de control proporcional lineal donde adaptativo aplicado en un sistema de microcontrolador con un procesador de señal digital que controla un convertidor de frecuencia comercial para impulsar el motor.

2.4.4 Sensores fotoeléctricos

LDR o fotorresistencia es una resistencia que cambia su resistencia dependiendo de la luz que incide sobre su superficie. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz que incide en la superficie del LDR, menor será su resistencia, y cuanto menos luz caiga, mayor será su resistencia, esquemáticamente lo podemos ver en la figura 23-1.

Cuando el LDR no está expuesto a radiación de luz, los electrones están fuertemente ligados a los átomos que lo componen, pero cuando la radiación de luz los golpea, esta energía libera los electrones, haciendo que el material sea conductor de electricidad, reduciendo su resistencia. Las

resistencias LDR solo reducen su resistencia a la radiación de luz en un rango de longitud de onda determinado. Los hechos de sulfuro de cadmio son sensibles a toda la radiación de luz visible, y los hechos de sulfuro de plomo son sensibles solo a la radiación infrarroja. (JPVARGAS, 2015)

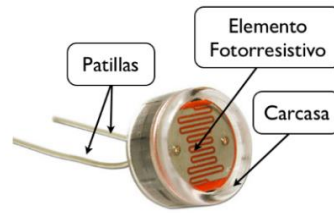


Figura 23-2: Sensor fotoeléctrico(LDR).

Fuente: (J, 2019)

2.4.5 Motor a Pasos

Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una secuencia de impulsos eléctricos en un desplazamiento angular, lo que significa que puede girar varios grados (pasos o medios pasos) en función de las entradas de control.

Los motores paso a paso son ideales para trabajos mecánicos que requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es que pueden moverse en pasos por cada impulso que se les aplica. Este paso a paso puede variar pequeños movimientos desde 90° hasta $1,8^\circ$, por lo que este tipo de motores son muy utilizados porque pueden moverse en la secuencia que indica el microcontrolador según la demanda del usuario.

Estos motores pueden volver a bloquearse si al menos un devanado está energizado o completamente desenergizado. (JPVARGAS, 2015) como lo vemos en la figura 24-1.

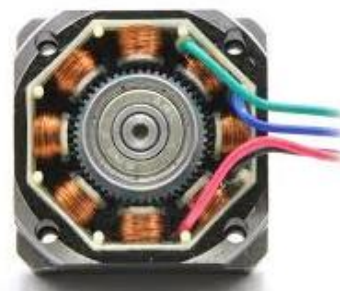


Figura 24-2: Bobinas del motor a pasos.

Fuente: (MECAFENIX, 2017)

2.4.6 Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado que es el componente principal de una aplicación en la placa. Es como una pequeña computadora que consta de sistemas de control de entrada / salida. También contiene un procesador y por supuesto una memoria que puede almacenar el

programa y sus variables (flash y RAM). En la figura 25-1, podemos ver que su tarea es automatizar los procesos y el procesamiento de la información. (ARDUINO, 2015)

El microcontrolador del sistema realiza la función principal del sistema de control, que es analizar la información recibida por los sensores y luego convertirla en una señal eléctrica para mover el motor a la posición especificada, como ejemplo de uno de ellos tenemos al Arduino como se detalla observar en la Figura 25-1. (ARDUINO, 2015)

Arduino es una placa basada en un microcontrolador ATMEL. Los microcontroladores son circuitos integrados en los que las instrucciones que escribe se pueden grabar en un lenguaje de programación que puede utilizar en el IDE de Arduino. Estas instrucciones le permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa, tiene lo que se llama una interfaz de entrada, que es una conexión a través de la cual podemos conectar diferentes tipos de dispositivos en la placa. La información de estos dispositivos que conectes será transmitida al microcontrolador, que procesará los datos que pasan por él. El tipo de dispositivo que puede usar para enviar datos al microcontrolador depende en gran medida del uso que visualice. Puede ser una cámara para tomar fotografías, un teclado para registrar datos o varios tipos de sensores.

También cuenta con una interfaz de salida, que se encarga de transmitir la información procesada en el Arduino a otros dispositivos. Estos periféricos pueden ser monitores o amplificadores para reproducir los datos procesados, pero también pueden ser otras tarjetas o controladores. (ARDUINO, 2015)

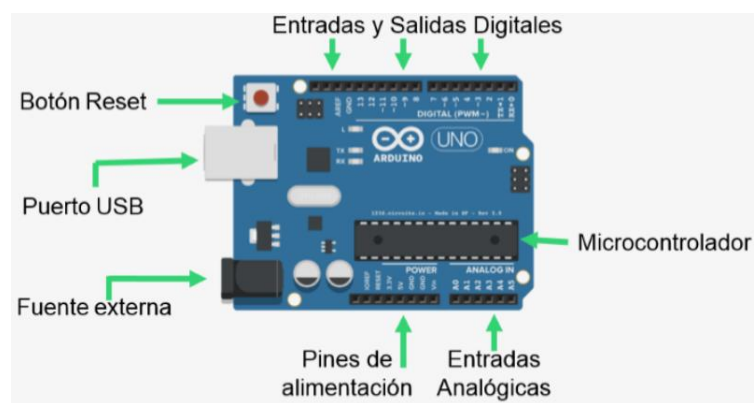


Figura 25-2: Diagrama del Microcontrolador Arduino.

Fuente: (MECAFENIX, 2017)

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo, se presenta las etapas empleadas para el diseño e implementación del sistema fotovoltaico con control de posicionamiento en donde se especifica el diseño hardware, software, características de dispositivos, etapas del proceso y condiciones de funcionamiento. Los resultados obtenidos se reflejarán en la torre de telecomunicaciones del nodo san miguel de la empresa Mundo Tronic compuesta por tres secciones: Control de posición, Sistema fotovoltaico y carga.

3.1 Investigación

El presente trabajo es de investigación aplicada, la cual se basa en la búsqueda de estrategias y/o dispositivos que permitan cumplir con el objetivo de abastecer de energía eléctrica a una torre de telecomunicaciones. Este tipo de investigación permite mantener un nexo entre el área académica con el área profesional pues se enfoca en la puesta en práctica de conocimientos previos para la búsqueda de soluciones a problemas actuales.

3.1.1 Tipo de metodología

Para el desarrollo del sistema de posicionamiento se hace uso del método sintético, el mismo que explota todos los conocimientos previos sobre tecnologías de automatización y comunicación industrial con el fin de brindar soluciones y aumentar el conocimiento en esta área.

3.1.2 Niveles de investigación

- Explicativa
- Validación de instrumentos

3.1.3 Alcance

Simultáneamente con este proyecto se pretende adquirir nuevos conocimientos sobre la importancia de implementar un sistema fotovoltaico integrando dispositivos de distinto fabricante, y con ello servir para investigaciones posteriores que ayuden al desarrollo e implementación de sistemas fotovoltaicos en el país.

3.2 Requerimientos del sistema

Haciendo uso del estudio realizado en el capítulo previo y una vez identificada la problemática del uso del sistema fotovoltaico con posicionamiento, a continuación, se definen los requerimientos que el mismo debe tener:

- El sistema fotovoltaico deberá ser diseñado en base a los requerimientos de la torre de telecomunicaciones de la empresa.
- Los componentes del sistema fotovoltaico utilizados deben ser de uso industrial y satisfacer las condiciones de: provenir de distintos fabricantes, ser accesibles tecnológica y económicamente.
- Los procesos de comunicación de posicionamiento del sistema deben ser de uso actual en la industria.
- El banco de baterías por utilizar debe permitir una autonomía de 12 h.
- Los elementos controladores deben tener una tensión de trabajo de 12V debido a que la mayoría de los sensores y equipos de maniobra existentes trabajan a esta tensión.
- El sistema debe tener adaptabilidad para trabajar con sensores fotoeléctricos.
- El sistema debe poseer un nivel de supervisión o control del proceso.
- Los algoritmos de control deben satisfacer las necesidades de funcionamiento del movimiento de los paneles.

3.3 Consolidación general del sistema

Originalmente el sistema fotovoltaico con control de posicionamiento del panel solar consta de 3 etapas: Control de posición, sistema fotovoltaico, Carga, en el presente proyecto se utilizará las 3 estaciones, las mismas que conformaran el sistema, en la Figura 1-2 se muestra de manera general la funcionalidad del sistema.

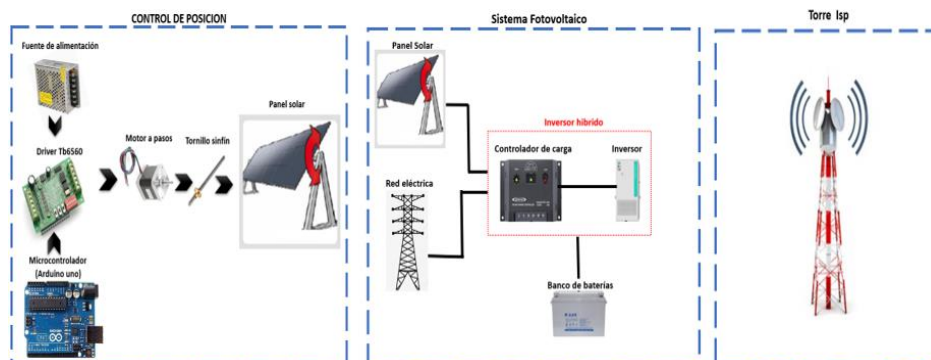


Figura 1-3:Sistema fotovoltaico con control de posición.
Realizado por: Totoy E;2022

El proyecto consiste en el desarrollo de un sistema SFPR (sistema fotovoltaico en paralelo a la red convencional), que abarca tres niveles con los siguientes dispositivos:

Nivel de campo: entradas, salidas, sensores, microcontroladores, actuadores.

- Nivel de supervisión: compuesto por un controlador híbrido que mediante una mini pantalla permite manipular las configuraciones del sistema, en la Figura 2-2 se muestra la concepción del sistema de monitoreo.
- Nivel de control: y un gabinete de breakers Schneider cada uno actuando en cada etapa mencionada vista en la figura 1-2.

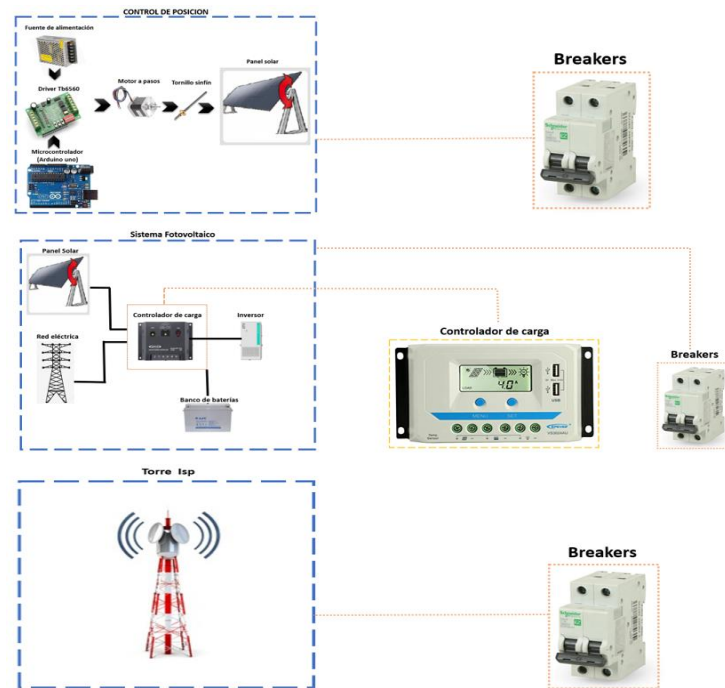


Figura 2-3:Esquema de control y monitoreo del sistema.
Realizado por: Totoy E;2022

El funcionamiento del sistema se basa en la interacción de, sensores, motores, microcontroladores. A raíz de esto se realizará un sistema de interacción entre las 2 estaciones de tal forma que tanto en el sistema de control de posición y en el sistema fotovoltaico se supervise y se tenga el control total de las dos estaciones que funcionaran individualmente. Una de las principales soluciones para que un proceso de carga sea eficaz y eficiente es necesario que sea de manera autónoma, por lo cual se procedió a automatizar el sistema de carga tomando una fuente externa de energía, asegurando su correcto funcionamiento.

3.4 Selección y descripción de los equipos y elementos que forman parte del sistema fotovoltaico.

Dependiendo de los requisitos del sistema, condiciones de operación, especificaciones y limitaciones del sistema fotovoltaico, en esta sección se presenta la selección de los elementos y materiales que componen el proyecto propuesto.

3.4.1 Panel solar

El panel solar es una tecnología para producir energía eléctrica a partir de energía solar. Esta generación de energía eléctrica libre de emisiones contaminantes se genera por captación directa de energía solar mediante la intervención del llamado efecto fotovoltaico.

El panel monocristalino está conformado por un monocristal de silicio, el cual consiste en la fusión del semiconductor de silicio con una mínima parte de fósforo o boro en un crisol a 1425 °C. Es decir, está compuesto por módulos de varillas de silicio que están completamente incorporados en una sola pieza, como se puede ver en la Figura 3-2. Las diferentes pruebas realizadas en el laboratorio demuestran un rendimiento superior del 24,7% para dicho tipo de paneles, y para los modelos comerciales del 16%.

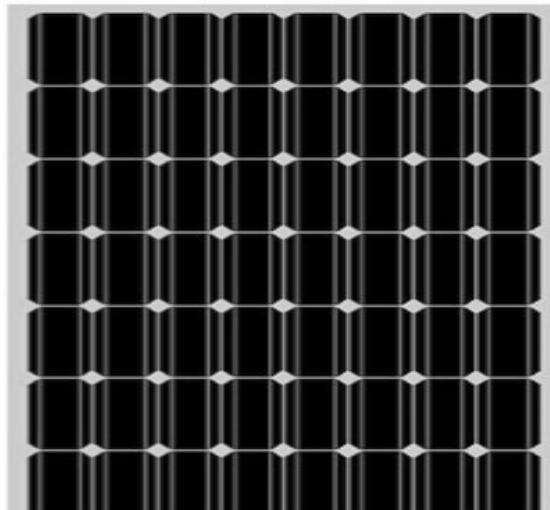


Figura 3-3:Panel solar monocristalino impertec 200 w 12v.
Fuente: (ZIMPERTEC, 2012)

En la tabla 1-2 se puede identificar los datos técnicos del panel solar monocristalino.

Tabla 1-3:Datos técnicos de panel solar monocristalino ZIMPERTEC.

DATOS TECNICOS	
Potencia Máxima Pmax (+/-5%)	200 W
Intensidad a máxima potencia o IMP	10.92 A
Voltaje a máxima potencia o VMP	18.3 V
Intensidad en cortocircuito o ISC	11.8 A
Voltaje en circuito abierto o VOC	22.5 V

Peso	14.3 Kg
Dimensión en mm	1330*992*35
Voltaje máximo del sistema Vdc	700 V
Todos los valores en condiciones de prueba estándar (STC): 1000 W/, AM1.5, Temperatura de celda 25°C.	

Fuente: (ZIMPERTEC, 2012)

Realizado por: Totoy E;2022

3.4.2 Regulador de carga (híbrido)

Un inversor híbrido o inversor híbrido de autoconsumo es un dispositivo que combina las dos funciones anteriores, además de permitir extraer energía de otras fuentes, como la energía eólica y los generadores. Los inversores híbridos se pueden conectar a la red y las baterías para mayor seguridad.

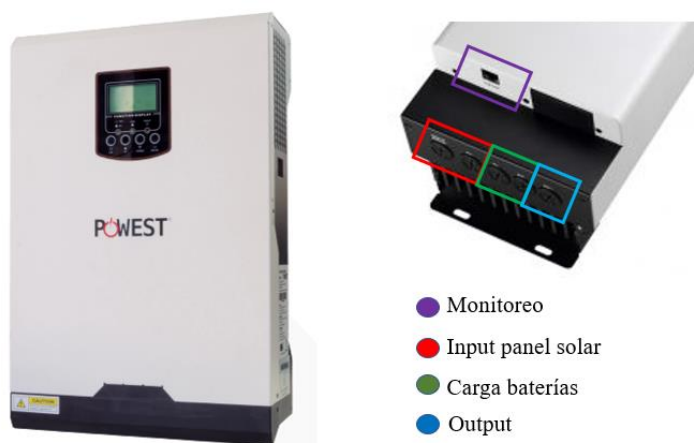


Figura 4-3: Inversor Híbrido 1 - 3Kva.

Realizado por: Totoy E;2022

En este caso, elegimos POWEST. El sistema de energía inteligente POWEST está constituido con un controlador MPTT para gestionar eficazmente la energía del sistema de baterías y paneles solares, turbinas eólicas y red; Dando con resultado un sistema aislado sin pérdida de energía, capaz de operar en 19 modos diferentes según necesidad y prioridad, está constituido con un cargador que detecta inteligentemente el tipo de batería utilizada.

Aplicaciones del inversor híbrido:

- La Señal de salida es senoidal pura.
- Dispone de carga solar MPPT controlador.

- El rango del voltaje de entrada para electrodomésticos y computadoras personales.
 - Selecciona la corriente para carga basándose en aplicaciones
 - Le da prioridad a la entrada solar a través de las configuraciones del LCD / Es Configurable AC.
 - Dispone de protecciones de sobrecarga y además cortocircuito
 - Diseño de cargador inteligente de batería, para mejorar el rendimiento de la batería
- A continuación, se presenta las especificaciones técnicas UPS híbrida

Tabla 2-3:Datos técnicos del inversor híbrido

ESPECIFICACIONES TECNICAS UPS HIBRIDA	
PV ENTRADA	Tensión nominal de operación 80Vdc
	Vmax PV 102Vdc
	PV Rango tensión de entrada 15-80 Vdc
	Isc PV 60A
	MPPT rango de tensión 15-80Vdc
GRID/AC SALIDA	Tensión nominal de operación 120 Vac
	Corriente nominal de Salida 6.6A
	Frecuencia nominal 50/60Hz
	Potencia 1000W
	Factor de potencia=1
AC ENTRADA	Tensión nominal de operación 120 Vac
	Corriente máxima 8.3A
	Frecuencia nominal de operación 50/60Hz
BATERIA	Tensión de baterías 12Vdc
	Corriente máxima de baterías 60A

Fuente: (POWEST, 2019)

Realizado por: Totoy E;2022

3.4.3 Batería

Las características de la batería que hemos seleccionado para el sistema fotovoltaico influyen mucho en el diseño de determinados elementos para la instalación, por lo que se debe prestar especial atención a las características que mejor se adapten a las condiciones del sistema. Se proporciona el sistema, como el tipo de carga a la que está destinado, la potencia total y el ciclo de consumo esperado, entre otros.



Figura 5-3:Batería sellada 12v-150ah ref. F1121500gs.
Fuente: (POWEST, 2019)

En este proyecto hemos seleccionado la Batería sellada 12V-150AH REF. FL121500GS y dichas aplicaciones se presentan a continuación:

- De uso múltiple.
- Fuente de alimentación. Ininterrumpida (UPS).
- Sistema de potencia Eléctrica (EPS).
- Alimentación de reserva de emergencia.
- Luz de emergencia.
- Señal ferroviaria.
- Señal de aeronaves.
- Alarma y sistema de seguridad.
- Aparatos y equipos electrónicos.
- Fuente de alimentación comunicación.
- Fuente de alimentación DC.
- Sistema de control automático

De tal manera, se presenta las especificaciones técnicas en la tabla 3-2.

Tabla 3-3: Datos técnicos del inversor híbrido.

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Voltaje Nominal	12V
Capacidad Nominal (20Hr)	150,0 Ah
Dimensiones	Longitud 483.0±3mm (19.0 “)
	Ancho 170±2mm (6.69 “)
	Altura 238.5±3mm (9.39 “)
	Altura Total 238.5±3mm (9.39 “)
Peso Aproximado	Aprox. 43.2 kg (95.3 lbs)
Terminal	T11-M8
Material del Envase	ABS UL 94-HB (retardante de llama UL94V-0)

Rango de operación	156.0 AH/7.80 A (20hr, 1.80V/Celda,25° C/77°F)
	150.0 AH/15.0A (10hr, 1.80V/Celda,25° C/77°F)
	129.0 AH/25.8A (5hr, 1.75V/Celda,25° C/77°F)
	117.0 AH/39.0A (3hr, 1.75V/Celda,25° C/77°F)
	91.5 AH/91.5A (1hr, 1.60V/Celda,25° C/77°F)
Máxima corriente de Descarga	1500A(5s)
Resistencia Interna	Aprox. 3.5mΩ
Rango de temperatura de Operación	Descarga -15~50°C (5~122°F)
	Carga 0~40°C (32~104°F)
	Almacenamiento -15~40°C (5~104°F)
Rango Nominal de Temp. De Operación	25±3°C (77±5°F)
Ciclo de Uso	Corriente de carga inicial de menos de 45.0A.
	Voltage. 14.4V ~ 15.0V a 25° C (77° F) de temperatura. Coeficiente -30mV/ °C
Modo Espera	No hay límite en la carga inicial de tensión actual. 13.5V ~ 13.8V a 25°C (77° F) Temp. Coeficiente - 20mV /°0C
Capacidad Afectada por la temperatura	40°C (104°F) 103% 25°C (77°F) 100% 0°C (32°F) 86%
Autodescarga	Las Baterías de la serie Fulibattery GS se pueden almacenar durante un máximo de 6 meses a 25°C (77°F) y luego se requiere una carga de reposición. Para temperaturas más altas del intervalo de tiempo será más corto

Fuente: (POWEST, 2019)

Realizado por: Totoy E;2022

3.4.4 Protecciones eléctricas

3.4.4.1 Breakers

El breaker es un interruptor, el cual actúa automáticamente al cerrar o interrumpir la corriente en un circuito para proteger las instalaciones y las personas de daños que puedan causar un cortocircuito o una sobrecarga, el cual se detalla en la figura 6-2.

Tabla 4-3: Datos técnicos Breakers.

Marca	Siemens
Capacidad de ruptura	10 KA
categoría	MCB y DB
Clasificación actual	32 amperios para batería, 10A para panel solar
No. De polos	DP
Tipo de curva	C
Tipo	AC
HSN	8536.20.30

Fuente: (HAGEMANN, 1996)

Realizado por: Totoy E;2022



Figura 6-3: Breakers Siemens.

Fuente: (HAGEMANN, 1996)

3.4.4.2 Fusibles

El fusible es una pieza pequeña que protege el sistema eléctrico de un vehículo. Su función principal es derretir, de ahí el nombre, en caso de una subida de tensión, para apagar un sistema, en este caso hemos utilizado el Fusible Schneider por su eficacia y alto rendimiento como lo podemos observar en la figura 7-2.

Tabla 5-3: Datos técnicos Fusibles.

Marca	EBASEE
clasificación Actual	32A para batería, 10A para panel solar
Dimensiones	10x38mm

Fuente: (EBASEE)

Realizado por: Totoy E;2022



Figura 7-3:Fusible de (EBASEE).
Fuente: (EBASEE)

3.4.5 Puesta a tierra

La puesta a tierra es un mecanismo de seguridad que forma parte de las instalaciones eléctricas y consiste en realizar cualquier desvío de corriente con respecto a tierra, impidiendo que el usuario se comunique con la electricidad, en la figura 8-2 presentamos dichas características.



Figura 8-3:Puesta a tierra.
Realizado por: Totoy E;2022

3.4.6 Sensor fotoeléctrico (LDR)

El LDR que hemos empleado o también llamado fotorresistencia es una resistencia que cambia su resistencia dependiendo de la luz que incide sobre su superficie. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz que incide en la superficie del LDR, menor será su resistencia, y cuanto menos luz caiga, mayor será su resistencia,

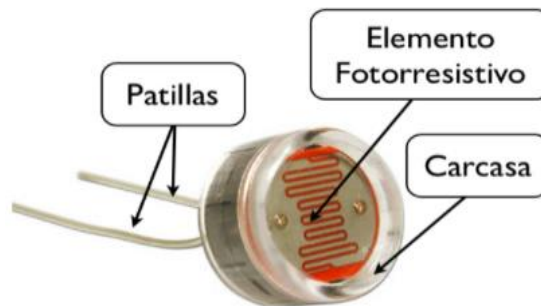


Figura 9-3:Foto-resistencias (LDR).
Fuente: (MECAFENIX, 2017)

Tabla 6-3:Características del LDR.

Variación de valores	1M Ω o más en la noche, 100 Ω con luz brillante
Disipación máxima	50 mW-1W
Voltaje máximo	600V
Respuesta Espectral	Si
Tiempo de respuesta	Décima de segundo

Realizado por: Totoy E;2022

3.4.7 Motor a pasos

El motor paso a paso que se ha utilizado es un Nema 23 9.9kg.cm Cnc 23km-c051 Cmprodemaq de CC sin escobillas en el que el movimiento de rotación se divide en varios pasos debido a la construcción del motor. Normalmente, una rotación completa del eje de 360 ° se divide en 200 pasos, lo que significa que solo se realiza una carrera del eje cada 1,8° el cual se presenta la la figura 10-2.

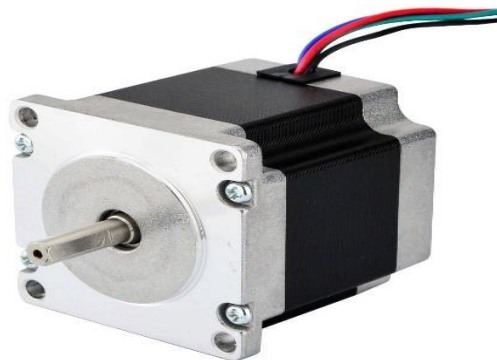


Figura 10-3:Nema 23 9.9kg.cm Cnc 23km-c051 Cmprodemaq
Fuente: (BRICOGEEK)

Para utilizar dicho motor se va a necesitar un Driver para poder controlarlo y para ello necesitamos saber los datos técnicos que se presentan en la tabla 7-2.

Tabla 7-3:Datos técnicos del motor Nema 23.

DATOS TECNICOS	
Voltage motor	4.0V
Voltage Driver	DC 12V/24V/36V
Current/Phase	2.0A
Resistance/Phase	2.0 Ohm
Inductance/Phase	4.4 mH

Holding torque	980 mNm-9.99 Kg.cm
Dynamic torque at 600pps	869 mNm ref
Diameter shaft	6.35mm
Length	23mm SHAFT

Fuente: (BRICOGEEK)

Realizado por: Totoy E;2022

3.4.8 Driver motor

El driver utilizado es el TB6560 es una unidad de control del motor. Funciona proporcionando un pulso digital de acción y dirección. Podemos usar la tarjeta para controlar un motor paso a paso como el Nema 23 9.9kg.cm Cnc 23km-c051 Cmprodemaq.

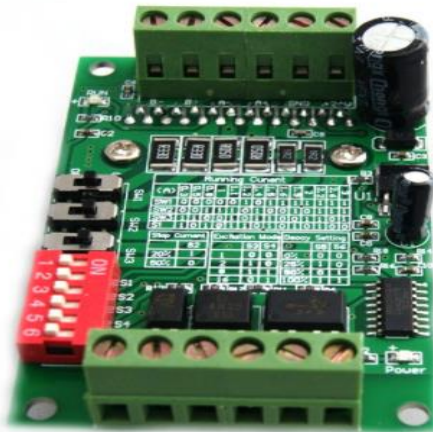


Figura 11-3: TB6560 Controlador Motor a Pasos.

Fuente: (BIGTRONICA, 2014)

Tabla 8-3: Especificaciones del controlador TB6560.

asdas

Rango de voltaje de trabajo	10VDC a 35VDC
Voltaje de trabajo recomendado	24VDC
Etapas de acoplamiento	Optoacoplador 6N137 de alta velocidad
Controlador	Toshiba TB6560AHQ
Potencia máxima	3.5A (3A recomendada).
Compatible	Motores de 2 o 4 fases
Compatible	Motores de 4 y 6 cables
Pasos para realizar	Medio paso, 1/8 de paso, 1/16 de paso
Dimensiones	50 x 75 x 35 mm
Ajuste de nivel de corriente	Si

Fuente: (BIGTRONICA, 2014)

Realizado por: Totoy E;2022

Dicho controlador posee con sus Terminales, 6 Entradas y 6 Salidas y Después los Switches de Control los cuales se describen en la tabla 9-2.

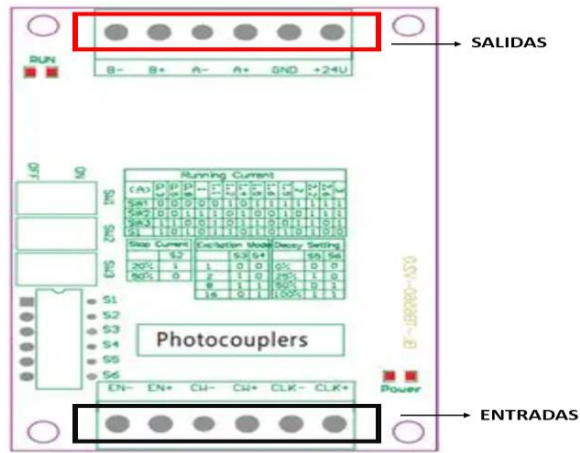


Figura 12-3: TB6560 Controlador pines entras y salidas.
Realizado por: Totoy E;2022

Tabla 9-3: Datos técnicos driver Tb6560

Símbolo de la Terminal	Descripción
B- B+	Fase B Motor a pasos
A- A+	Fase A Motor a pasos
GND +24V	Alimentación
EN- EN+	Enable – Activación
CW- CW+	Dirección
CLK- CLK+	Pulso de Trabajo

Realizado por: Totoy E;2022

3.4.9 Microcontrolador

En este caso hemos utilizado el Arduino uno ya que es una plataforma de desarrollo de hardware basada en placa electrónica gratuita que integra un microcontrolador programable y una serie de buses. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y varios sensores y actuadores de una forma muy sencilla del cual se presenta gráficamente en la figura 13-2.

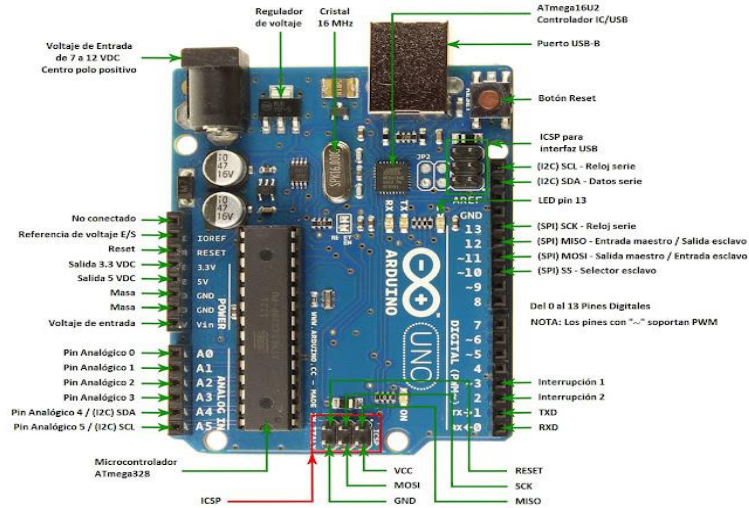


Figura 13-3:Microcontrolador (Arduino uno).
Realizado por: Totoy E;2022

3.4.10 Tornillo Sinfin.

Se denomina tornillo sin fin ya que es un dispositivo que transmite el movimiento entre ejes que son perpendiculares entre sí, mediante un sistema de dos piezas: el tornillo (con dentado helicoidal), y un engranaje circular denominado corona.

Dicho tornillo de la figura 14-2 va ser de gran utilidad para el control de posicionamiento ya que va a trabajar en movimiento con el motor nema 23.



Figura 14-3:Tornillo sinfin.
Realizado por: Totoy E;2022

3.4.11 Fuente de alimentación

Este dispositivo mostrado en la Figura 15-2 es el encargado de proveer la alimentación eléctrica al motor pasos, entradas y salidas del sistema. Su funcionamiento es sencillo ya que convierte la energía de la red 120V AC en una tensión admisible y segura para los demás dispositivos en este caso 12VDC y un amperaje de hasta 5 A considerando que para el motor se necesita 2 A.



Figura 15-3: Fuente de alimentación de 12V - 5A.
Fuente: (SENSORVIEW)

3.4.12 Gabinete

En la instalación eléctrica que se va a diseñar, el tablero eléctrico es imprescindible para la protección de equipos críticos. En los tableros se encuentran los dispositivos de seguridad y los mecanismos de dicha instalación, ya que es un gabinete en el que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente como lo podemos observar en la figura 16-2.

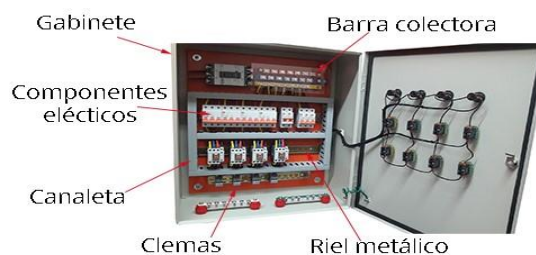


Figura 16-3: Gabinete o tablero eléctrico.
Realizado por: Totoy E;2022

3.5 Montaje del sistema y conexionado eléctrico

Para la instalación fotovoltaica para una antena WISP está destinada a satisfacer las necesidades de consumo propio de electricidad, y consta de un esquema de instalación cuyos componentes principales se muestran en la figura 17-2.

El control de posicionamiento se propone el control de la orientación de foto celdas solares. El control permite orientar la superficie de la foto celda perpendicularmente a los rayos del sol, para de esta manera poder captar de una manera eficiente la energía brindada por el sol.



Figura 17-3:Movimientos de la celda fotovoltaica dependiendo de su radiación.
Realizado por: Totoy E;2022

Para aprovechar al máximo la energía se tendrá movimiento continuo de las celdas fotovoltaicas, para esto se utilizará un sensor de sol el cual está constituido por cuatro fotodiodos que detectan los rayos solares, estos sensores son los que proporciona la señal para accionar los motores, este movimiento se realiza cuando solo uno de los cuatro sensores de sol este activo, ya que esto quiere decir que los rayos solares no son los adecuados para la obtención de energía.

Básicamente cada bloque que se observa en la figura 1-2 trabajan individualmente ya que el sistema de posicionamiento no va a depender de sistema fotovoltaico, como lo mencionamos tenemos un punto de emergencia que es la red eléctrica convencional que va a trabajar en paralelo con el sistema que reduce problemas eléctricos no solo al mismo sistema, sino a la torre de telecomunicaciones , el sistema de posicionamiento va ser alimentado por los mismo paneles solares, además cada bloque tiene un sistema de protección contra descargas eléctricas o cortocircuitos en la figura 18-2 podemos observar su Diseño.

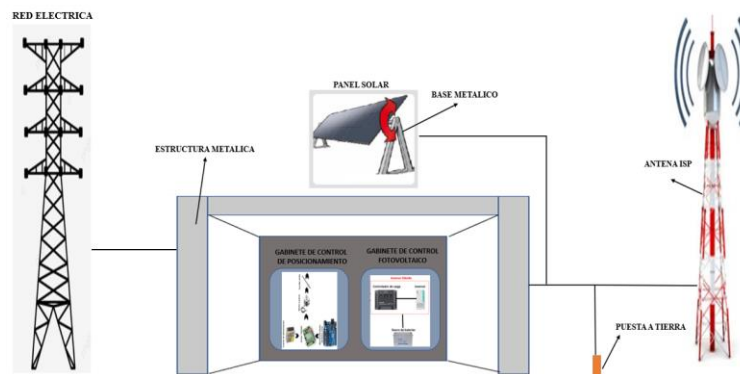


Figura 18-3:Diseño de infraestructura física.
Realizado por: Totoy E;2022

3.5.1 Dimensionamiento fotovoltaico

El consumo o cargas que el sistema FV ha de satisfacer (Modem, Access point, Poe, Reguladores de voltaje, Antenas, Router administrador). Se considera a los consumos como una parte substancial del sistema ya que estos son los que determinan el tamaño del sistema (lo que se conoce como dimensionamiento del sistema fotovoltaico), para ello se utilizó el método de amperios-hora.

3.5.1.1 Estudio del recurso energético

Según la teoría vista al inicio del trabajo existe el concepto de hora solar pico el cual equivale a las horas aprovechables de energía solar máxima o más precisamente radiación solar pico equivalente a 1.000 W/m^2 [3]. El Proyecto está ubicado la ciudad de Riobamba, Río bulu bulu y Río Jama, el cual cuenta con una buena calidad de radiación debido a su ubicación geográfica.

Latitud: -1.6058 - Longitud: -78.6309

Gracias a Google Maps y CCEEA, el proyecto se ubica geográficamente y se pueden determinar los valores de radiación estándar o el tiempo solar pico de la zona, lo que facilita la comprensión de los recursos energéticos disponibles en la zona como observamos en la figura 19-2.

Tener la ubicación del proyecto en Google Maps facilita ver la superficie disponible.

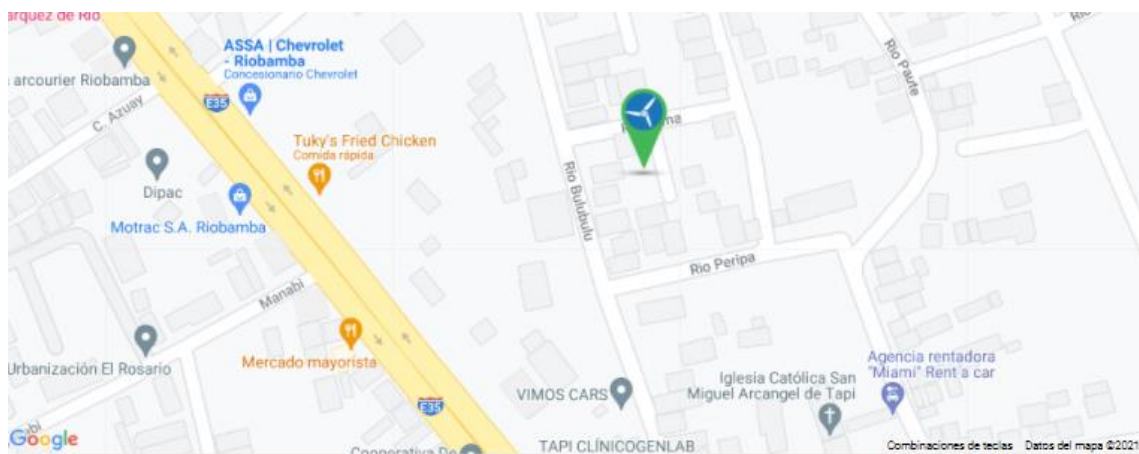


Figura 19-3: Vista geográfica del proyecto.

Fuente: (CCEEA)

Pasamos a determinar las coordenadas exactas del proyecto para conocer los valores de radiación del sitio a través del programa CCEEA que utiliza datos de la NASA para averiguar la radiación solar promedio en este sitio que nos permitirá dimensionar el sistema solar y se puede evidenciar en la figura 20-2.

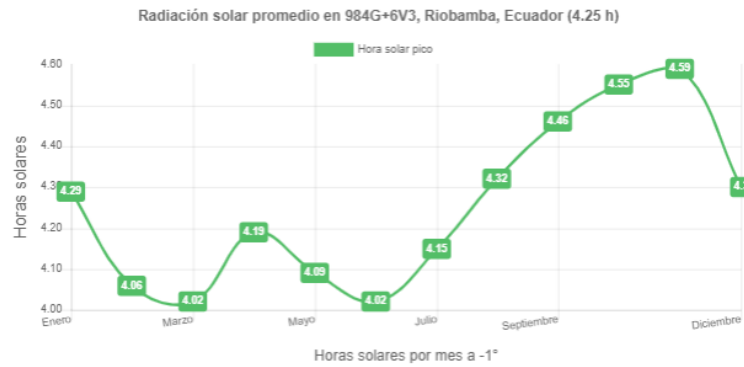


Figura 20-3: Estudio de radiación solar en una superficie horizontal.
Fuente: (CCEEA)

HSP promedio: 4,25

3.5.1.2 Dimensionamiento del sistema

Con los datos de Radiación solar sobre metro cuadrado o HSP (Hora solar pico), se dimensiona el sistema fotovoltaico y se pueden los equipos a utilizar, como lo observamos en la tabla 10-2.

Tabla 10-3: Dimensionamiento fotovoltaico.

Cant	Nombre	Voltaje	Amperaje	Watt	Total, watt	Consumo/horas	W/h
2	AP	24	1.2	9	18	24	432
1	Routers	9	0.6	8	8	4	32
2	antenas	24	1	7	14	24	336
4	Router administrador	12	0.8	9	36	5	180
2	Access point	9	1	8	16	24	384
					76 W	81 horas	1364 W/h

Realizado por: Totoy E:2022

Tomamos el consumo diario y aumentamos un factor de seguridad del 25%.

$$\text{Consumo diario} = 1364 \text{ w/h}$$

$$\text{Consumo diario} = 1364 \text{ w/h} * 1,25 = 1705 \text{ W}$$

Ecuación 1-3: Consumo diario.

El voltaje del sistema se elige a partir del consumo diario, se utiliza el siguiente criterio:

De 1 a 2000 Wh de consumo diario, se recomienda hacer el sistema a 12V.

De 2001Wh a 4500 Wh de consumo diario, se recomienda hacer el sistema a 24V.

De 4501Wh en adelante de consumo diario, se recomienda hacer el sistema a 48V.

En este caso utilizaremos un sistema de 12V ya que no sobrepasa de los 2000 W/h.

Para saber la energía total a suplir por los paneles se usa la siguiente ecuación tomando como referencia la hora solar pico de la figura 19,2.

$$\text{Potencia fotovoltaica} = \frac{\text{consumo diario}}{\text{HSP}}$$

$$\text{Potencia fotovoltaica} = \frac{1705 \text{ W/h}}{4,25 \text{ h}} = 401,176 \text{ W}$$

Ecuación 2-3:Potencia fotovoltaica.

$$\text{Numero de modulos} = \frac{\text{Potencia Fotovoltaica}}{\text{potencia del modulo}}$$

$$\text{Numero de modulos} = \frac{401,176}{200 \text{ W}} = 2,00588 \text{ paneles}$$

Ecuación 3-3:Numero de módulos solares.

Para dimensionar la batería debemos tomar en cuenta en que tensión estamos trabajando y en este caso será a 12V.

$$\text{Potencia requerida} = \text{Potencia Fotovoltaica} * \text{Autonomia(dias)}$$

$$\text{Potencia requerida} = 1705 \text{ W} * 0,5$$

$$\text{Potencia requerida} = 852,5 \text{ W}$$

Ecuación 4-3:Potencia requerida.

A la cual garantizamos el 50% de la batería

$$\text{Potencia requerida} = 852,5 * 2$$

$$\text{Potencia requerida} = 1705$$

Ecuación 5-3:Potencia requerida con el 50% de batería.

Dado los cálculos procedemos a calcular Ah (amperaje hora) de la batería que vamos a requerir para el sistema para ello debemos dividir la potencia requerida dimensionada para la tensión del sistema.

$$\text{Capacidad de bateria Ah} = \frac{1705}{12}$$

$$\text{Capacidad de bateria Ah} = 142,20$$

Ecuación 6-3:Capacidad de batería.

Es decir, con una batería de 150Ah sería suficiente para abastecer dicha carga.

Sin embargo, para dimensionar el controlador de carga que en este caso hemos utilizado es el inversor híbrido, donde cumple las mismas funciones del inversor y a la vez el controlador de carga MPPT como lo podemos observar en la figura 4-2 y sus datos técnicos de la tabla 2-2. Para dimensionar este inversor se necesita hacer el siguiente cálculo de la ecuación 16.

$$\text{P instalada} = N. \text{ paneles} * P. \text{ panel}$$

$$\text{P instalada} = 2 * 200 \text{ W} = 400 \text{ W}$$

Ecuación 7-3:Potencia instalada.

Para tomar la potencia del inversor tenemos en cuenta la potencia instalada con un factor de seguridad del 10% .

$$P_{inversor} = 400 W * 1,1 = 440 W$$

Ecuación 8-3:Potencia inversor.

Por lo que lo que se selecciona el inversor POWEST 1KVA - 3KVA de la figura 4-2, ya que está por encima de esta potencia con 3.000 W y permite conectar más paneles en el caso de una expansión del proyecto sin acarrear muchos costos extras.

3.5.2 Estructura de acople

El acoplamiento, que se monta sobre el eje de rotación del panel, está fabricado con un material capaz de soportar las pequeñas fluctuaciones que puedan producirse en el eje del motor y a su vez en el eje del panel fotovoltaico.

Este acople replica el movimiento del eje de rotación del panel fotovoltaico y así dar una lectura correcta de la posición del panel fotovoltaico.

Para asegurar la sujeción a los ejes de rotación, en la parte superior del acople se le instaló dos pernos ubicados a cada extremo del matrimonio, los mismo que sirven como esclavos.

Dando, así como resultado que el soporte metálico pueda sujetar el panel solar y que el motor conjunto con el tornillo sinfín pueda mover el panel sin dificultad como podemos ver en la figura 20-2.

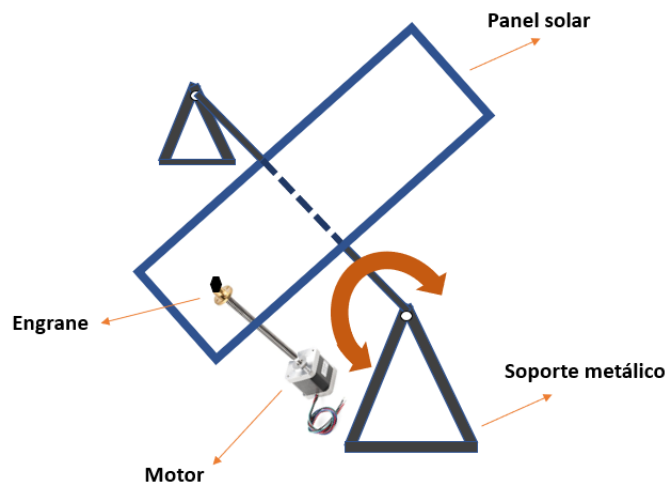


Figura 21-3:Montaje de acople del panel solar
Realizado por: Totoy E;2022

3.5.2.1 Estructura de circuitos de control

El circuito de control está ubicado dentro de la caja de control en el tablero tipo portable sobre el nivel bajo de la estructura, la misma que fue montada con pernos y tuercas al doble fondo en el interior del panel.

El circuito de control consta de una tarjeta Arduino Uno. Y cables de conexión que son dirigidos a los conectores sobre un extremo del motor y del controlador como lo vemos en la figura 22-2.

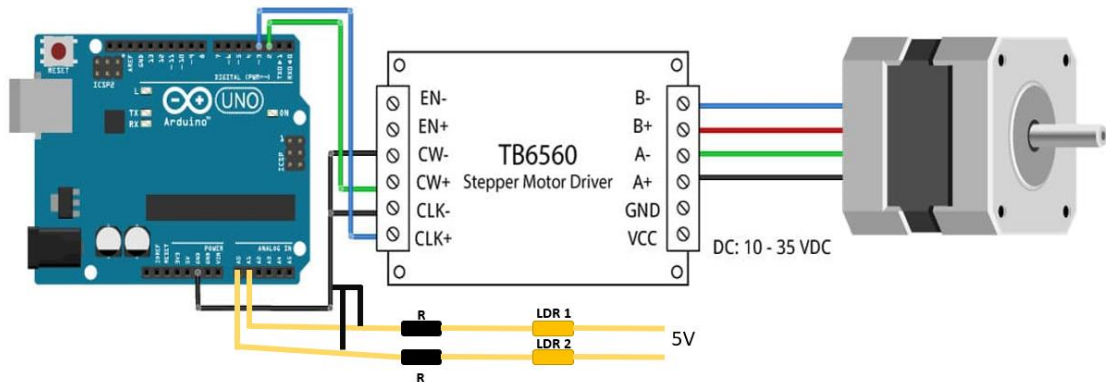


Figura 22-3:Estructura del circuito de control de posición.

Realizado por: Totoy E;2022

Dicho circuito de control está diseñando mediante un controlador Proporcional en la cual interactúa con 2 LDR (Resistencia fotoeléctrico) que son los encargados de detectar la intensidad luminosa del sol y enviar ciertos datos al Arduino haciendo así que el motor haga su trabajo de mover dicho panel con su mecanismo de tornillo sinfín.

3.5.2.2 Programación

La programación del control de posicionamiento mediante la programación de la placa Arduino de manera automática está basado al controlador ya que se interactúa con un sistema abierto actuando proporcionalmente con los sensores fotoeléctricos dando, así como resultado el actuar del motor dependiendo de la intensidad solar ya sea para el este o el oeste.

3.6 Diseño de las etapas de hardware y software del sistema de control de posición.

3.6.1 Etapa de alimentación

En esta etapa hemos empleado lo que es una fuente de la figura 15-2 la cual nos permite alimentar al driver Tb 6560 accionando así al motor nema 23 ya que cabe mencionar que para la funcionalidad de dicho motor se necesita de 12V a 5A , este es el encargado de enviar todo el voltaje y amperaje necesario para que el driver y el motor pueda operar adecuadamente, también hemos utilizado lo que es el Arduino Uno para este microcontrolador es alimentado con un cargador externo a 5v, el cual solo abastece para la alimentación de las fotorresistores y dicho Arduino como lo podemos ver en las siguientes figuras 23-2 y 24-2.

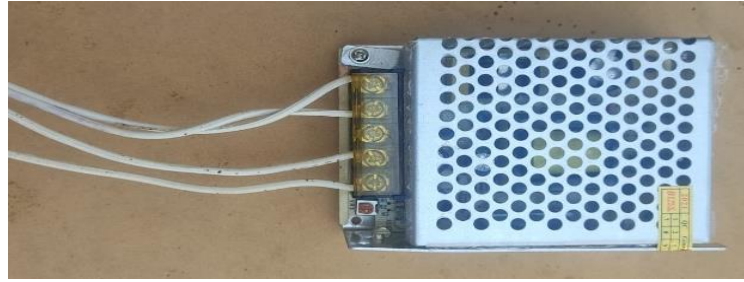


Figura 23-3:Alimentación a Tb6560 y motor nema.
Realizado por: Totoy E;2022

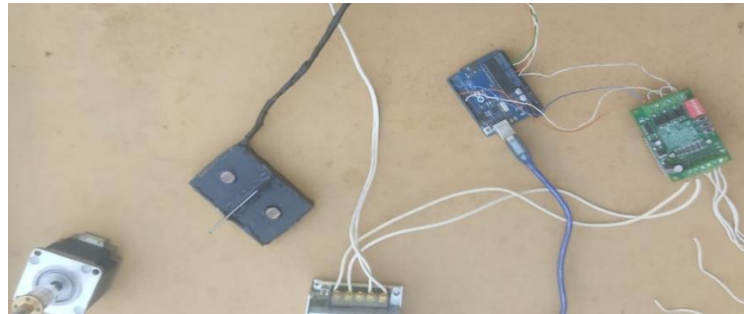


Figura 24-3:Alimentación Arduino y LDR.
Realizado por: Totoy E;2022

3.6.2 Etapa de obtención de datos

En esta sección estableceremos las condiciones, al interactuar los datos de las fotorresistencias con las condiciones basados en el controlador Proporcional se procede hacer comparaciones respectivas haciendo que dicha capacidad de luminosidad haga mover al motor a pasos para ello hemos utilizado 2 entradas analógicas del Arduino Uno en este caso el A0 y A1, el cual van ha ser de las fotorresistencias como lo podemos ver en la figura 25-2.

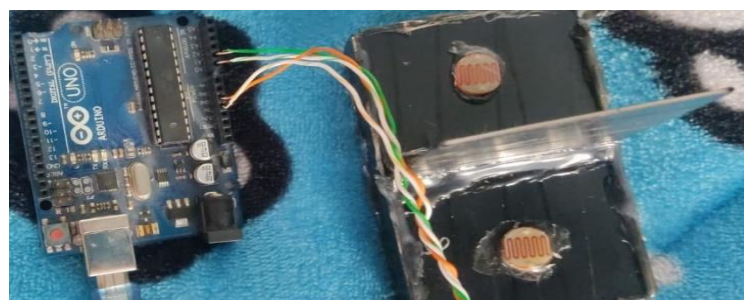


Figura 25-3:Entradas analógicas a las de LDR.
Realizado por: Totoy E;2022

El cual se procede hacer el programa en el lenguaje Arduino poniendo condiciones el cual consiste que entre mayor sea el numero lógico que me brinda el puerto serial de cada una de los fotorresistores se moverá a la derecha caso contrario a la izquierda esto dará como resultado que el panel solar se mueva del este al oeste ya que esta con engranes para manipular al panel solar y dicho código se puede observar en la figura 26-2.

```

//capturando valores analogicos de los LDR
int arriba= analogRead(ldrarriba);
int abajo= analogRead(ldrabajo);
Serial.println("arriba: "+String(arriba)+" abajo: "+String(abajo));

```

Figura 26-3:Código de obtención de datos.

Realizado por: Totoy E;2022

3.6.3 Etapa de procesamiento

En esta etapa hemos implementado un proceso que caracteriza al proceso anterior de obtención de datos es decir que al tomar en consideración que no todo siempre el día va a estar soleado porque toca tomar en cuenta las nubes y la lluvia en este caso se presenta 2 condiciones extras:

1. Día con nubes o lluvioso. - En este caso al detectar valores no adecuados en el puerto serial se hace una comparación entre los dos fotorresistores, si los dos tienen una misma intensidad o al menos casi iguales, el sistema va a quedar en un estado de hibernación es decir se va a quedar en pausa.
2. Fin de día. - Para este caso como sabemos que en el transcurso del día en algún momento se va hacer noche el panel se tendrá que ubicar en lugar inicial para continuar el siguiente día con el proceso para ello se ha hecho un bucle haciendo que trabaje paso a paso el cual nos va a favorecer el proceso.

Para ello hemos creado el siguiente código de la figura 25-2.

```

//comparando valores ldr
if (arriba>abajo)
{
  if(arriba<=57 && arriba>41){

    if(!cont1){
      funcionPaso();
      cont1 = true;
    }
  }
  if(arriba<=41 && arriba>25){

    if(!cont2){
      funcionPaso();
      cont2 = true;
    }
  }
  if(arriba<=25 && arriba>10){

    if(!cont3){
      funcionPaso();
      cont3 = true;
    }
  }

  if(abajo>1000){

    funcionReseteo();
  }
}

```

Figura 27-3:Código de procesamiento de datos.

Realizado por: Totoy E;2022

3.6.4 Etapa de transmisión

La etapa de transición prácticamente consiste en enviarle todos los datos al controlador tb6560 para que pueda interactuar con el motor nema para ello hemos declarado los pines digitales D8, D5, D2 como vemos en la figura 28-2.

```

void funcionPaso() {
    digitalWrite(dirPin,HIGH); |

    pasosActual = 20;
    contadorTotal = contadorTotal + pasosActual;

    for(int x = 0; x < pasosActual; x++) {
        digitalWrite(stepPin,HIGH);
        delayMicroseconds(8000);
        digitalWrite(stepPin,LOW);
        delayMicroseconds(8000);
    }
}

void funcionReseteo() {
    digitalWrite(dirPin,LOW); //Changes the rotations direction

    for(int x = 0; x < contadorTotal; x++) {
        digitalWrite(stepPin,HIGH);
        delayMicroseconds(8000);
        digitalWrite(stepPin,LOW);
        delayMicroseconds(8000);
    }
}

```

Figura 28-3: Transmisión de datos al Tb5660.

Realizado por: Totoy E;2022

Para ello se debe tomar cuenta los interruptores de control con SW1 SW2 SW3 SW4 SW5 SW6 como se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 11-3:Corriente de trabajo.

(A)	0,3	0,5	0,8	1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2	2,2	2,6	3
SW1	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
SW2	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON
SW3	ON	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON
S1	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF

Realizado por: Totoy E; 2022

Tabla 12-3:Corriente Máxima.

	S2
20%	ON
50%	OFF

Realizado por: Totoy E; 2022

Tabla 13-3:Control de pasos.

STEP	S3	S4
COMPLETO	OFF	OFF
MEDIO	ON	OFF
1/8	ON	ON
ene-16	OFF	ON

Realizado por: Totoy E; 2022

Tabla 14-3:Control de decline.

	S5	S6
0%	OFF	OFF
25%	ON	OFF
50%	OFF	ON
100%	ON	ON

Realizado por: Totoy E; 2022

El cual se recomienda configurar el Tb6560 de la siguiente manera:

- “SW1 SW2 SW3 S1” controlan el Amperaje, se recomienda colorarlo debajo del Amperaje de opresión de nuestro Motor a pasos (NEMA 23, 2A) lo colocamos a 1.9Amp, que nos quedaría (SW1 “ON” SW2 “ON” SW3 “OFF” S1 “ON”).
- “S1 20% y S2 50%” Stop Current, donde si el Amp aumenta un 20% se Detendrá.
- (S1 “OFF” y S2 “OFF”)
- “S3 S4” son el paso por Pulso e Opresión, a menor paso, más precisión, menor potencia.

El inversor hibrido de la figura 4-2 nos da la facilidad de poder programar de 19 formas diferentes es decir que en este sistema de la figura 29-2 también podremos hacerlo aislado sin la necesidad de la red eléctrica convencional, este tipo de sistemas son utilizados más en campos donde la energía convencional es nula.



Figura 29-3:Diagrama del sistema fotovoltaico aislado (SFA).
Realizado por: Totoy E;2022

3.7 Diagrama del sistema fotovoltaico en paralelo con la red para la torre de telecomunicaciones.

Las torres de telecomunicaciones, antenas, sistemas de vigilancia netamente van a necesitar de un backup de energía eléctrica en este caso hemos elaborado el diagrama de la figura 30-2, ya que es un sistema conectado en paralelo con la red específicamente para la carga de la torre de la empresa MUNDO TRONIC, donde contiene 3 alternativas de alimentación por la batería, los paneles, y la red convencional, dicho sistema está compuesto con supresor de picos para disminuir posibilidades de fallas solucionando así el problema de bajo y defectuoso alimentación energético que ha tenido la antena de telecomunicaciones

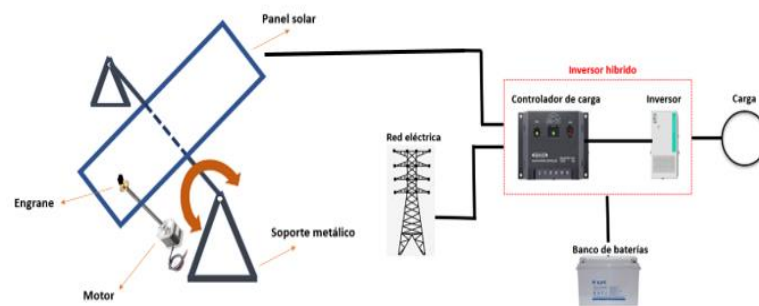


Figura 30-3:Diagrama del sistema fotovoltaico en paralelo con la red.
Realizado por: Totoy E;2022

CAPÍTULO IV

4 MARCO DE RESULTADOS ANALISIS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta un análisis de los resultados obtenidos en el presente trabajo, que tienen como objetivo principal validar el funcionamiento del sistema fotovoltaico con control de posicionamiento. Las pruebas realizadas presentan una característica en común que se basa en la interacción entre los dispositivos del sistema, entre ellos: INVERSOR HIBRIDO, PANEL SOLAR, BATERIA, ARDUINO, TB6560, FOTORESISTORES(LDR), MOTOR A PASOS. La instalación fotovoltaica consta de componentes importantes que se tratarán en detalle en este capítulo.

4.1 Levantamiento de la instalación fotovoltaica con control de posición en la torre de telecomunicación de Mundo Tronic nodo San Miguel de tapi.

Para el levantamiento del sistema fotovoltaico debemos tomar como referencia la tabla 10-2, donde nos presenta el número de aparatos y el tiempo requerido de cada uno de ellos y así mantener el uso adecuado de la energía generado por el SFCPR, bajo estas condiciones se garantiza el funcionamiento óptimo del sistema, caso contrario se pueden presentar problemas y finalmente originar la salida de operación, causando molestias a los propios beneficiarios.

4.1.1 Sistema fotovoltaico sin control de posición.

4.1.1.1 Panel Solar en circuito abierto.

Los paneles fotovoltaicos instalados en la Empresa Mundo Tronic son de tipo: monocristalino, estando instalados dos paneles en serie de 200 W. La implementación de estas tecnologías se dio principalmente con un fin investigativo, para que así tomar como referencia los datos técnicos de dicho panel y funcionar a máxima potencia.

Los paneles solares están conectados por un MC4 para que garantice una mejor acogida y seguridad al momento de conectarse al inversor.

Hemos tomado mediciones de corriente directa y su amperaje con ayuda del multímetro solo del panel solar antes de conectarlo al sistema (circuito abierto) en donde nos dio los siguientes valores de la tabla 1-3.

Tabla 1-4: Datos en circuito abierto del panel solar.

HORA	CORRIENTE DIRECTA	AMPERAJE
00:00-6:00	0,97v	0,18 A
6:30-9:00	12,30v	0,25 A

9:00-11:30	24,50	0,59 A
12:00-16:30	34,04	1 A
16:30-18:30	32,56 v	0,68 A
18:30-20:00	10,49v	0,28A
20:00-00:00	0v	0 A

Realizado por: Totoy E;2022

Sin embargo, al sacar datos vemos que al estar ubicado los paneles en un solo lugar (lugar fijo) hemos verificado que no acoge la capacidad máxima basados en los parámetros establecidos por el datasheet de la tabla 1-2, las horas que nos generan más voltaje y más corriente es de 12:00 a las 16:30 nos da la corriente de 1,2 A con 35,04 V.

En la tabla 1-2, datos establecidos por el fabricante del panel solar, hace referencia que cada panel solar dispone de 22,5 V en circuito abierto, pero hay que tomar en cuenta que se instaló dos paneles solares conectados en serie.

Las conexiones de paneles solares va ser muy importante al momento de trabajar con cargas, por hay que tomar en cuenta el voltaje y amperaje que soporta el inversor.

Hay dos tipos de conexiones de paneles solares tanto como la conexión en serie y en paralelo, en este proyecto utilizamos la conexión en serie.

Conexión Serie.- La conexión de paneles solares en serie consiste en conectar directamente las placas solares entre sí, conectando el polo positivo de un panel con el polo negativo del siguiente panel, dando como resultado la suma de voltaje de los dos paneles y conservar su amperaje, es decir en este caso como cada panel es de 22,5 V en circuito abierto nos dará un total de 45 V y una intensidad de cortocircuito de 11,8 A.

$$22,5 V (\text{panel } 1) + 22,5(\text{panel } 2) = 45V$$

Sin embargo, como podemos observar en la tabla 3-1, no nos está generando esos valores, eso es porque hay pérdidas generadas por cambios climáticos y porque los paneles solares están fijos.

4.1.1.2 Paneles solares con carga.

Al estar conectado la carga del cual tomaremos los datos en un periodo de tiempo (horas), al tener dos paneles solares conectados en serie nos dará como resultado la suma de los voltajes y conservaremos el amperaje de dicho panel.

Al hacer el monitoreo respectivo por 4 días consecutivos en horas pico y obtuvimos los siguientes datos de la tabla 2-3.

Tabla 2-4: Tensión y corriente de entrada (Dia 1 y 2).

	Hora	Tensión de entrada PV	Corriente de entrada PV
Dia 1	2022-01-20 12:35:11	34.8	1.0
	2022-01-20 12:40:11	33.4	1.0
	2022-01-20 12:55:10	35.0	1.0
	2022-01-20 13:05:27	34.1	1.0
	2022-01-20 13:30:27	34.2	2.0
	2022-01-20 13:45:29	32.0	2.0
	2022-01-20 14:39:28	31.9	2.0
	2022-01-20 15:38:29	32.0	1.0
Dia 2	2022-01-21 12:07:29	30.7	1.0
	2022-01-21 13:37:28	32.7	1.0
	2022-01-21 14:37:21	31.4	1.0
	2022-01-21 14:55:24	32.3	1.0
	2022-01-21 15:23:28	34.8	1.0
	2022-01-21 15:45:27	32.7	1.0
	2022-01-21 16:17:24	33.6	1.0
	2022-01-21 16:37:25	34.7	1.0

Realizado por: Totoy E;2022

Como podemos ver en la tabla 2-3 en el transcurso de las 13:30 pm a 14:30 obtuvimos un voltaje de aproximado 42.3 con una corriente de entrada de 2A , ya que en esas horas es cuando más radiación solar hay pero sin embargo no nos sigue dando el valor que debería darnos por el datasheet y esto se da por los cambios climáticos.

Tabla 3-4: Tensión y corriente de entrada (Dia 3 y 4).

	Hora	Tensión de entrada PV	Corriente de entrada PV
Dia 3	2022-01-22 12:15:11	36.8	1.0
	2022-01-22 12:26:11	33.4	1.0
	2022-01-22 12:35:10	34.0	1.0
	2022-01-22 13:42:27	33.1	1.0
	2022-01-22 13:51:27	32.2	1.0
	2022-01-22 14:30:29	33.0	1.0
	2022-01-22 14:49:18	33.9	1.0
	2022-01-22 15:38:24	33.0	1.0
	2022-01-22 16:17:28	34.0	1.0

Día 4	2022-01-23 12:19:68	34.9	1.0
	2022-01-23 13:38:25	31.0	1.0
	2022-01-23 13:57:28	33.7	1.0
	2022-01-23 14:14:25	34.9	1.0
	2022-01-23 14:28:29	34.0	1.0
	2022-01-23 14:57:45	31.7	1.0
	2022-01-23 15:19:15	32.9	1.0
	2022-01-23 15:48:04	34.0	2.0
	2022-01-23 16:16:00	33.7	1.0

Realizado por: Totoy E;2022

En los días 3 y 4 vemos datos muy parecidos a las de los días 1 y 2 ya que al no estar en movimiento los paneles los valores van a seguir dando similares todos los días, en las horas 13:30 pm a 15:30 obtuvimos un voltaje de aproximado 34 V con una corriente de entrada de hasta 2A , ya que en esas horas es cuando más radiación solar hay pero sin embargo no nos sigue dando el valor que debería darnos por el datasheet y esto se da por los cambios climáticos.

Al hacer un promedio del voltaje generado por los paneles solares tomando como referencia la tabla 3-3 del día 3 y 4 tenemos la siguiente ecuación:

$$\sum Tension\ de\ entrada\ PV\ sin\ control\ de\ posicion$$

$$\sum 36,8\ V + 33,4\ V + 34\ V + 33,1\ V + 32,2\ V + 33\ V + 33,9\ V + 33\ V + 34\ V + 34,9\ V$$

$$+ 34\ V + 33,7\ V + 34,9\ V + 34\ V + 31,7\ V + 32,9\ V + 31\ V + 33,7\ V$$

$$= 604,2\ V$$

Ecuación 1-4:Tensiones de entrada de los paneles solares.

Sacamos el promedio:

$$\frac{\sum Voltajes}{\#total\ de\ valores\ obtenidos}$$

$$= \frac{604,2\ V}{18} = 33,56\ V$$

Ecuación 2-4:Promedio de tensiones de paneles solares.

Es decir, nos da como resultado un promedio de 36,28V, este valor se tomará en cuenta para poder analizar la eficiencia del control de posición en el siguiente campo.

4.1.2 Estación de carga

El centro carga netamente le hemos ubicado en la parte de abajo del gabinete donde se ventila y tiene fácil acceso, con las respectivas precauciones para evitar cortocircuitos accidentales entre sus terminales.

La conexión de la batería se realizará con un conductor flexible #10 AWM como lo vemos en la figura 1-3. junto al borde positivo de la batería se recomienda la instalación de una porta fusible.

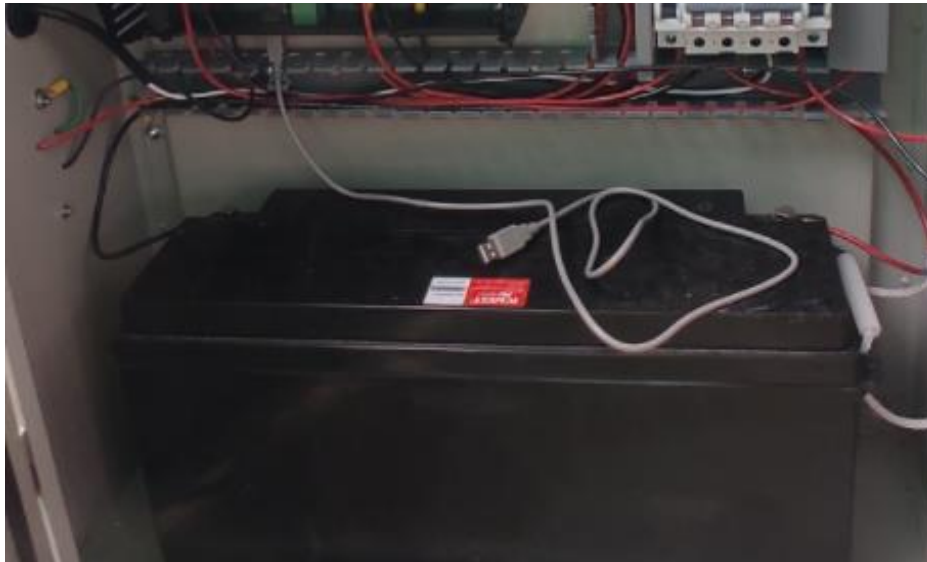


Figura 1-4: Conexión de la batería de 150Ah.

Realizado por: Totoy E;2022

Durante el transcurso del tiempo tomado como referencia hemos tomado los valores de carga durante las horas pico como podemos ver en la tabla 4-3.

Tabla 4-4: Datos de carga.

Hora	Corriente de entrada PV	Tensión de la batería	Capacidad de la batería	Corriente de carga
2022-01-21 12:35:11	1.0	13.6	100	1.0
2022-01-21 12:26:11	1.0	13.5	100	1.0
2022-01-21 12:25:10	1.0	13.6	100	1.0
2022-01-20 13:42:27	1.0	13.54	100	1.0
2022-01-20 13:41:27	1.0	13.54	100	1.0

2022-01-20 13:40:29	1.0	13.5	100	1.0
2022-01-20 13:39:28	1.0	13.5	100	1.0
2022-01-20 13:38:29	2.0	13.62	100	2.0
2022-01-20 13:37:28	2.0	13.67	100	2.0

Realizado por: Totoy E;2022

Se debe tomar en cuenta estas las siguientes observaciones:


- La batería funciona correctamente si el voltaje medido en sus terminales es muy cercano o superior al voltaje nominal, en este caso $V = 12V_{cc}$.
- Si el voltaje los terminales no alcanza el voltaje nominal se recomienda evaluar de forma continua el voltaje de la batería.
- Si el voltaje de la batería permanece por debajo del voltaje nominal la batería puede estar descargada, ante esta situación se recomienda al usuario no utilizar la energía hasta que se haya cargado completamente.



4.1.3 Inversor

La tensión de entrada del inversor de la instalación fotovoltaica no siempre es constante, por lo que el inversor debe poder cambiar Voltaje de CC en un cierto rango. Habitualmente este rango es del 10%. La carga requerida, en nuestro caso el inversor utilizado será el POWERST.

Dicho inversor posee varias funciones y con ellas configuraciones como lo vemos en la tabla 5-3, de las cuales detallaremos las 3 importantes.

Tabla 5-4: Configuraciones del inversor híbrido.

	<p>La energía solar proporciona energía a las cargas como primera prioridad.</p> <p>Si la energía solar no es suficiente para alimentar a todas las cargas conectadas, proporcionara la alimentación a la carga solo cuando ocurre una condición:</p> <p>La energía solar no está disponible.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>Utilidad proporciona alimentación a las cargas como primera prioridad.</p> <p>La energía solar y la energía de la batería proporciona alimentación a la carga sólo cuando la utilidad o este disponible</p>
	<p>La energía solar proporciona energía a las cargas como primera prioridad.</p> <p>Si la energía solar no es suficiente para alimentar a todas las cargas conectadas la energía de la batería suministrará energía a la carga al mismo tiempo.</p> <p>Utilidad proporciona alimentación a la carga sólo cuando la tensión de la utilidad.</p>

Realizado por: Totoy E;2022

“UEI” viene hacer la configuración que necesitaremos para el sistema en el sector donde los vamos a instalar ya que nos da priorizaciones dependiendo de lo que vaya necesitando el sistema. El funcionamiento del inversor hibrido va estar basado en la configuración que se haga manualmente o por el software que viene incluido, pero para ello ya se tendría que haber hecho el estudio de cargas, como podemos ver en la figura 2-3 los paneles solares son los encargados de alimentar a la batería.

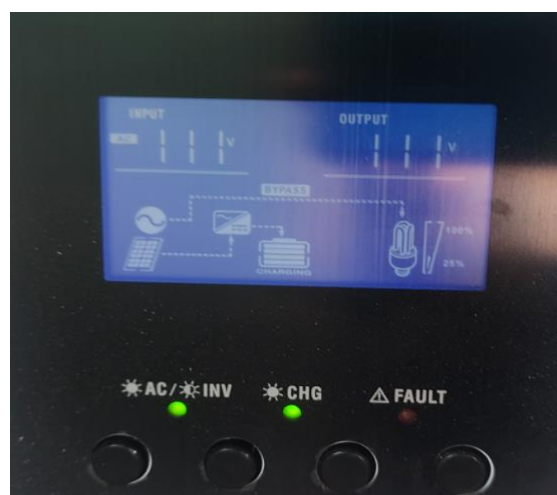


Figura 2-4: Interfaz del inversor hibrido con BYPASS.

Realizado por: Totoy E;2022

Como vemos en la figura 2-3, la Carga (Torre Telecomunicaciones) va a estar alimentada directamente de la red convencional, los paneles solares van a hacer los encargados de alimentar a la batería, dando como resultado que cuando se vaya la luz convencional entre alimentar a la carga los paneles solares y si encaso sea noche entre a trabajar la batería.

4.1.4 Estructura

4.1.4.1 Ubicación

La estructura diseñada por varillas de hierro de uno Imedio por 1,5 recubierta por Eternit plástico, además se incluye una plancha de sim metálico que hace que atraiga la radiación solar este proceso es más conocido como radiación reflejada, esta estructura va ser la que soporta los paneles Solares fijos, dentro de esta consta un acumulador de carga y todo el gabinete solar para la empresa Mundo Tronic como lo podemos observar en la figura 3-3 y 3-4.

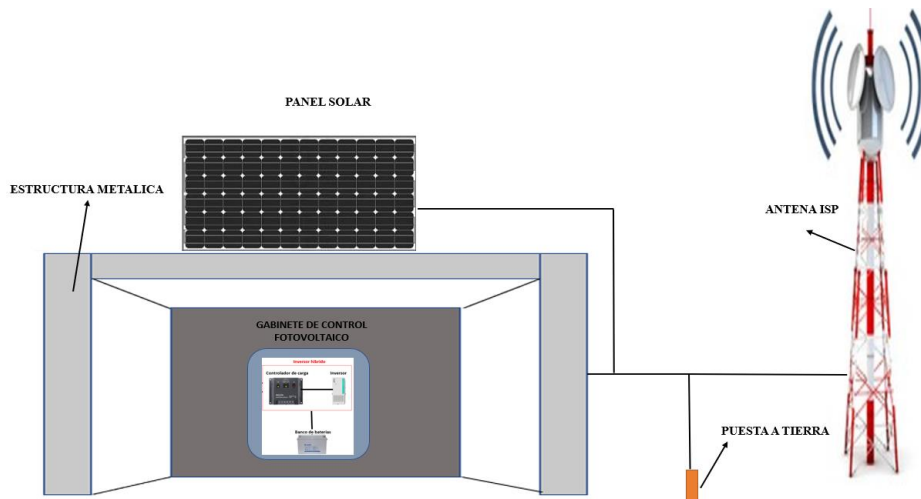


Figura 3-4: Estructura del sistema con paneles fijos.
Realizado por: Totoy E;2022



Figura 4-4: Ubicación de paneles solares fijos.
Realizado por: Totoy E;2022

4.1.4.2 Gabinete

El gabinete que se empleó en el sistema tiene unas dimensiones de 800mm de altura 600mm de ancho y 250mm de fondo(lateral), el cual está construido con aislamiento electroestático, compone de 3 campos:

- Alimentación
- Inversor hibrido
- Estación de carga
- Protecciones eléctricas
- Salida CA

El cual lo podemos observar en la figura 5-3



Figura 5-4:a) Entrada AC, b)Inversor hibrido, c) centro de carga, d) Salida AC.

Realizado por: Totoy E;2022

4.1.5 Puesta a tierra

La puesta a tierra del sistema fotovoltaico y de cualquier sistema eléctrico es muy importante para la protección de equipos e instalaciones por las siguientes razones:

- Obtiene una impedancia de bajo valor para transitorios de tierra (FET), corrientes de falla estáticas y móviles, así como ruido eléctrico y de radiofrecuencia.
- Mantiene el potencial de la corriente de falla dentro de límites seguros para que la tensión de paso no sea peligrosa para las personas y/o los animales.

- Proporcionar un camino a tierra para la descarga de la atmósfera y la corriente en el sistema.
- Sirve como suministro continuo en sistemas de distribución, líneas telefónicas, antenas y cables coaxiales. Hace que el dispositivo de protección sea más sensible y permite cortar rápidamente la corriente de falla de tierra.
- Para los sistemas de puesta a tierra, se deben considerar las características de la tierra, la principal característica a considerar es la resistencia de tierra.

En los sistemas de puesta a tierra se debe tener en cuenta que la resistencia de puesta a tierra debe ser lo más baja posible y no exceder los límites establecidos por las normas nacionales e internacionales.

El sistema fotovoltaico dispondrá de toma de tierra conectando el panel fotovoltaico y del gabinete la electrónica con una varilla de soldadura de cobre de 1800 mm cada una, el cual se utilizó GEM para preparar el suelo ya que ayuda a reducir la resistencia del suelo. El sistema de funcionamiento implica proporcionar una ruta de baja impedancia para corrientes anormales o no deseadas. Esto garantizará que, en caso de cortocircuito o disipación de tensión insuficiente, la corriente se dirija a un punto que no afecte al equipo ni a las personas que lo manipulan.



Figura 6-4: Instalación de puesta a tierra.
Realizado por: Totoy E;2022

4.1.5.1 Varilla de Puesta a Tierra

Uno de los métodos más usados para realizar la puesta a tierra de un sistema eléctrico, es mediante la utilización de electrodos (varilla), preferiblemente de cobre puro o de acero con recubrimiento de cobre generalmente conocido como varilla copperweld, estos electrodos se introducen verticalmente al terreno que previamente debió ser estudiado y tratado de ser necesario. Las conexiones a los electrodos de tierra deben ser de cobre puro, para ayudar a disminuir el valor de la impedancia global. Las conexiones entre los diferentes componentes de puesta a tierra deben ser mecánicamente robustas, resistentes a la corrosión y baja resistencia eléctrica.

Para obtener un buen contacto eléctrico, se realizó la unión del conductor de Cu de puesta a tierra al electrodo (varilla copperweld) como lo vemos en la figura 7-3.

Con un método convencional hemos medido la resistencia del suelo dándonos así un valor de 7 ohm el cual es un valor que sigue bajando durante los primeros días y será suficiente para la carga que vamos a suministrar.



Figura 7-4: Varilla para puesta a tierra.

Realizado por: Totoy E;2022

4.2 Levantamiento del sistema de control de posición para los paneles solares.

4.2.1 Sistema fotovoltaico con control de posición

4.2.1.1 Panel Solar en circuito abierto.

A medida que se desarrollan sistemas para resolver problemas que se encuentran en nuestro entorno e industria, estas soluciones también deben optimizarse y, con el tiempo, se vuelven menos efectivas y funcionales debido a los problemas que enfrentan. aumentar su influencia influenciándonos más y más de una manera más significativa. Refiriéndonos a nuestro caso, que es un sistema de generación de energía alternativa mediante paneles solares, otra víctima de la llamada crisis ecológica, que en este caso no nos estaba generando los valores que hace referencia el datasheet por la misma razón que no presentan un control de posición angular, esto hará que aprovechemos toda capacidad de los paneles solares disminuyendo las pérdidas de todo el sistema, el control de posición conectados a los paneles solares los podemos observar en la figura 8-3.



Figura 8-4: Conexión de los paneles solares en serie con control de posición.
Realizado por: Totoy E:2022

Conectados por MC4 para evitar problema de desconexión y seguridad al momento de conectarse al inversor.

Hemos tomado mediciones en un lapso de corriente directa y su amperaje con ayuda del multímetro solo del panel solar antes de conectarlo al sistema (circuito abierto) en donde nos dio los siguientes valores de la tabla 5-3

Tabla 6-4: Datos del panel solar con control de posición.

HORA	CORRIENTE DIRECTA	AMPERAJE
00:00-6:00	0v	0 A
6:30-9:00	40,3v	0,25 A
9:00-12:00	41,0	0,59 A
12:00-16:30	41,54	1,8 A
16:30-18:30	40,56 v	1,68 A
18:30-20:00	40,49v	0,28A
20:00-00:00	0v	0 A

Realizado por: Totoy E:2022

Al sacar datos vemos la diferencia de cómo actúa el voltaje y el amperaje con control de posición, ya que hemos verificado que genera la capacidad máxima basados en los parámetros establecidos por el datasheet de la tabla 1-2, las horas que nos generan más voltaje y más corriente es de 12:00 a las 16:30 nos da la corriente de 1,8 A con 41,5 V, casi al valor descrito por los fabricantes, dándonos como resultado un valor muy aproximado de la ecuación 3-3.

$$22,5 V (\text{panel } 1) + 22,5(\text{panel } 2) = 45V$$

Ecuación 3-4: Suma de tensiones en circuito abierto de paneles solares en serie.

Los valores descritos ya es un avance ya que, con base en los datos estadísticos, obtenidos del sistema implementado, se resalta la importancia de la implementación de los sistemas de mejoramiento de diseños previamente desarrollados.

4.2.2 Paneles solares conectado con carga.

Los paneles al estar conectado la carga (torres de telecomunicaciones) del cual tomaremos los datos en un periodo de tiempo (horas) y al hacer el monitoreo respectivo por 4 días consecutivos en horas pico y obtuvimos los siguientes datos de la tabla 6-3.

Tabla 7-4: Tensión y corriente de entrada (Dia 1 y 2).

	Hora	Tensión de entrada PV	Corriente de entrada PV
Dia 1	2022-01-20 12:35:11	44.3	1.0
	2022-01-20 12:40:11	43.4	1.0
	2022-01-20 12:55:10	44.0	1.0
	2022-01-20 13:05:27	44.1	2.0
	2022-01-20 13:30:27	44.2	2.0
	2022-01-20 13:45:29	43.0	2.0

	2022-01-20 14:39:28	44.9	2.0
	2022-01-20 15:38:29	42.0	1.0
Dia 2	2022-01-21 12:07:29	44.6	1.0
	2022-01-21 13:37:28	43.7	1.0
	2022-01-21 14:37:21	42.4	1.0
	2022-01-21 14:55:24	41.3	2.0
	2022-01-21 15:23:28	42.8	2.0
	2022-01-21 15:45:27	41.7	2.0
	2022-01-21 16:17:24	44.6	1.0
	2022-01-21 16:37:25	43.7	1.0

Realizado por: Totoy E;2022

Como podemos ver en la tabla 7-3 los datos que nos están entregando los paneles solares son ya muy cercanos a los del datasheet el transcurso de las 13:30 pm a 15:30 obtuvimos un voltaje de aproximado 44.6 con una corriente de entrada de 2A , ya que en esas horas es cuando más radiación solar hay, mejorando y reduciendo las pérdidas del sistema.

Tabla 8-4: Tensión y corriente de entrada (Dia 3 y 4).

	Hora	Tensión de entrada PV	Corriente de entrada PV
Dia 3	2022-01-22 12:15:11	44.1	1.0
	2022-01-22 12:26:11	43.4	1.0
	2022-01-22 12:35:10	43.0	1.0
	2022-01-22 13:42:27	43.1	2.0
	2022-01-22 13:51:27	44.2	2.0
	2022-01-22 14:30:29	43.0	2.0
	2022-01-22 14:49:18	44.1	2.0
	2022-01-22 15:38:24	44.0	1.0
	2022-01-22 16:17:28	43.0	1.0
Dia 4	2022-01-23 12:19:68	40.9	1.0
	2022-01-23 13:38:25	42.0	2.0
	2022-01-23 13:57:28	42.7	1.0
	2022-01-23 14:14:25	42.9	1.0
	2022-01-23 14:28:29	42.0	2.0
	2022-01-23 14:57:45	43.7	2.0
	2022-01-23 15:19:15	43.9	2.0
	2022-01-23 15:48:04	43.0	1.0

	2022-01-23 16:16:00	43.7	1.0
--	---------------------	------	-----

Realizado por: Totoy E;2022

En los días 3 y 4 vemos datos muy parecidos a las de los días 1 y 2 ya que al estar en movimiento los paneles los valores van a seguir dando similares todos los días, a diferencia de los cambios climáticos que los días puedan generar, como vemos en las horas 13:30 pm a 15:30 obtuvimos un voltaje de aproximado 44,2 con una corriente de entrada de 2 A.

Sin embargo al hacer un promedio del voltaje generado por los paneles solares tomando como referencia la tabla 7-3 del día 3 y 4 tenemos la siguiente ecuación:

$$\sum \text{Tension de entrada PV con control de posicion.}$$

$$\begin{aligned} &\sum 44,1 V + 43,4 V + 43 V + 43,1 V + 44,2 V + 43 V + 44,1 V + 44 V + 43 V + 40,9 V \\ &\quad + 42 V + 42,7 V + 42,9 V + 42 V + 43,7 V + 43,9 V + 43 V + 43,7 V \\ &= 732,6 V \end{aligned}$$

Ecuación 4-4: Suma de tensiones con carga de paneles solares en serie.

Sacamos el promedio:

$$\begin{aligned} &\frac{\sum \text{Voltajes}}{\# \text{total de valores obtenidos}} \\ &= \frac{732,6 V}{18} = 43,094 V \end{aligned}$$

Ecuación 5-4: Promedio de tensiones con carga de paneles solares en serie.

Como podemos ver en la ecuación 5-3 nos da como resultado un promedio de 43,094V, el cual es un valor más satisfactorio por el hecho de tener el control de posición.

4.2.3 Estación de carga

El centro carga netamente le hemos ubicado en la parte de abajo del gabinete donde se ventila y tiene fácil acceso, con las respectivas precauciones para evitar cortocircuitos accidentales entre sus terminales.

La conexión de la batería se realizará con un conductor flexible #10 AWM como lo vemos en la figura 9-3. junto al borde positivo de la batería se recomienda la instalación de una porta fusible.

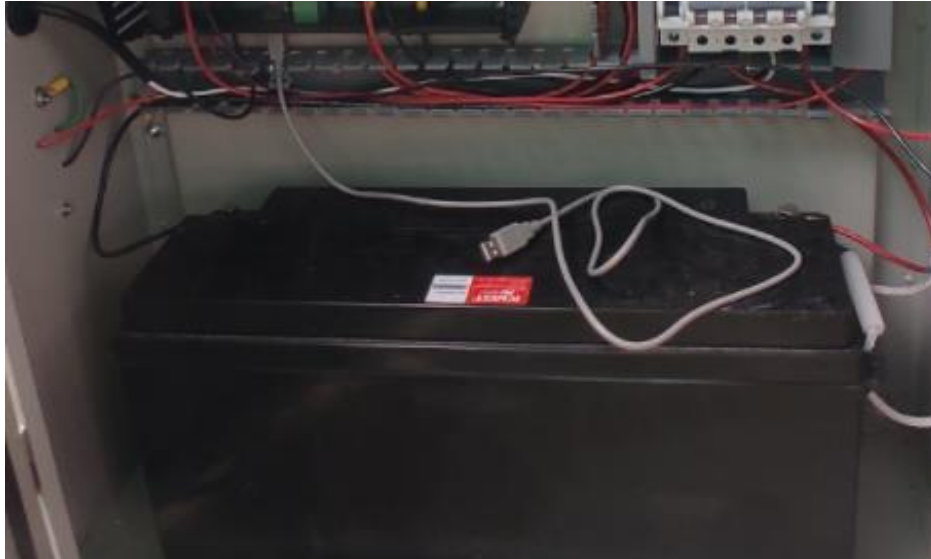


Figura 9-4: Conexión de la batería de 150Ah.
Realizado por: Totoy E;2022

Durante el transcurso del tiempo tomado como referencia hemos tomado los valores de carga durante las horas pico como podemos ver en la tabla 8-3.

Tabla 9-4: Datos de carga.

Hora	Corriente de entrada PV	Tensión de la batería	Capacidad de la batería	Corriente de carga
2022-01-21 12:35:11	1.0	13.6	100	1.0
2022-01-21 12:26:11	1.0	13.5	100	1.0
2022-01-21 12:25:10	1.0	13.6	100	1.0
2022-01-20 13:42:27	1.0	13.54	100	1.0
2022-01-20 13:41:27	1.0	13.54	100	1.0
2022-01-20 13:40:29	1.0	13.5	100	1.0
2022-01-20 13:39:28	1.0	13.5	100	1.0
2022-01-20 13:38:29	2.0	13.62	100	2.0

2022-01-20 13:37:28	2.0	13.67	100	2.0
------------------------	-----	-------	-----	-----

Realizado por: Totoy E;2022

Se debe tomar en cuenta estas las siguientes observaciones:

- La batería funciona correctamente si el voltaje medido en sus terminales es muy cercano o superior al voltaje nominal, en este caso $V = 12V_{cc}$.
- Si el voltaje nos terminales no alcanza el voltaje nominal se recomienda evaluar de forma continua el voltaje de la batería.
- Si el voltaje de la batería permanece por debajo del voltaje nominal la batería puede estar descargada, ante esta situación se recomienda al usuario no utilizar la energía hasta que se haya cargado completamente.

4.2.4 Estructura

4.2.4.1 Ubicación

El soporte de control de posición encargado de hacer mover a los paneles mediante unos engranes está ubicados en la parte superior de la estructura. El panel solar, encargado de captar la mayor cantidad de radiación durante el día, con la ayuda del motor a pasos nema 23 adaptado a su eje de rotación (Este-Oeste) para lograr su correcto posicionamiento como podemos ver en la figura 10-3.



Figura 10-4: Conexión de la batería de 150Ah.

Realizado por: Totoy E;2022

4.2.4.2 Gabinete

El circuito de control está ubicado dentro de la caja (gabinete con aislamiento electroestático) de control en el tablero tipo portable sobre el nivel bajo de la estructura, con las dimensiones de 30 mm de ancho y 38 de alto, el mismo que fue montada con pernos y tuercas al doble fondo en el interior del panel y cables de conexión que son dirigidos a los conectores sobre un extremo del panel.

El circuito de control consta de una tarjeta Arduino Uno, el driver TB6560, LDR, fuente de voltaje a 12v 5A, ya que la corriente máxima que puede entregar el Arduino Uno es de 50mA, por lo cual se incorporó dicho generador ya que el motor a pasos nema 23 necesita un amperaje de 2A.



Figura 11-4:Componentes del Gabinete de posición.
Realizado por: Totoy E;2022

4.2.4.3 Calibración del control Proporcional

Para realizar una correcta calibración se debe tomar en cuenta varios factores una de ellas es los valores obtenidos por los LDR en este caso hemos hecho por el método intuitivo de tomar datos en las horas solares pico desde las 11.30 am hasta 16:00 pm y lo observamos en la tabla 9-3, con el propósito de poner límites y escoger rangos en donde se va interactuar dicho control como observamos en la ecuación , mientras que en la tabla 10-3 hacemos una interpolación tomando como referencia el cociente de la tensión del LDR1 Y LDR2 con respecto al Angulo de que se va a mover el motor.

Tabla 10-4: Datos de carga.

HORA PICO	LDR1	LDR2	LDR1/LDR2
11:30	57	49	1,04
12:00	53	46	1,06
12:30	46	44	1,12
13:00	41	35	1,14
13:30	36	31	1,16
14:00	31	29	1,19
14:30	25	22	1,19
15:00	20	17	1,25
15:30	16	13	1,33
16:00	10	8	1,43

Realizado por: Totoy E;2022

Tomaremos los limites representándole de la siguiente ecuación:

$$1 < \frac{v_{LDR1}}{v_{LDR2}} < 2$$

Ecuación 6-4: Limites donde se va ejecutar el control.

Tabla 11-4: Datos de carga.

Ldr1/ldr2	1,04	1,06	1,12	1,14	1,16	1,19	1,19	1,25	1,33	1,43
Angulo	19,8	9	30,6	9	14,4	30,6	0	41,4	5,4	21,6
# Pasos	11	5	17	5	8	17	0	23	3	12

Realizado por: Totoy E;2022

Dicho Angulo va a ser nuestro set Point del controlador ya que va a ser el dato que va a controlar las bobinas del motor para posicionarse.

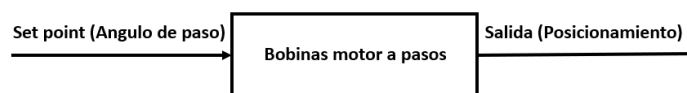


Figura 12-4: Diagrama de bloques lineal proporcional.

Realizado por: Totoy E;2022

Cabe mencionar que los paneles solares deben estar inclinados a 30 grados antes de ser ejecutado dicho control, por esta razón se empieza con un total de 20 pasos es decir con un aproximado de 36 grados ya que el motor da pasos de 1,8.

3.1.1.1. Software

De manera Local el Arduino ejecuta su programación previamente cargada mediante sketch

por medio de la cual ejecuta Proporcional y las comparaciones de las señales internamente hasta activar las señales de salida.

```
// defines pins numbers
const int stepPin = 5;
const int dirPin = 2;
const int enPin = 8;

// declaramos ldr
int ldrarriba=0;
int ldrabajo=1;

int contadorTotal = 0;
int pasosActual = 0;

boolean cont1=false;
boolean cont2=false;
boolean cont3=false;
boolean cont4=false;
boolean cont5=false;
boolean cont6=false;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  // Sets the two pins as Outputs
  pinMode(stepPin,OUTPUT);
  pinMode(dirPin,OUTPUT);
  pinMode(enPin,OUTPUT);
  digitalWrite(enPin,LOW);

  digitalWrite(dirPin,HIGH); // Enables the motor to move in a particular direction
```

Figura 13-4:Captura de datos del método intuitivo del control.
Realizado por: Totoy E:2022

En la figura 14-3 configuramos las variables y parámetros necesarios para que el motor pueda dar los pasos y mover angularmente el soporte que sostiene los paneles solares.

```
if (arriba>abajo)
{
  if(arriba<=57 && arriba>41){

    if(!cont1){
      funcionPaso();
      cont1 = true;
    }
  }
  if(arriba<=41 && arriba>25){

    if(!cont2){
      funcionPaso();
      cont2 = true;
    }
  }
  if(arriba<=25 && arriba>10){

    if(!cont3){
      funcionPaso();
      cont3 = true;
    }
  }

  if(abajo>1000){
```

Figura 14-4:Configuración de movimiento angular.
Realizado por: Totoy E:2022

```

digitalWrite(dirPin,HIGH); // Enables the motor to move in a particular direction

pasosActual = 20;
contadorTotal = contadorTotal + pasosActual;

for(int x = 0; x < pasosActual; x++) {
digitalWrite(stepPin,HIGH);
delayMicroseconds(8000);
digitalWrite(stepPin,LOW);
delayMicroseconds(8000);
}
}

void funcionReseteo(){

digitalWrite(dirPin,LOW); //Changes the rotations direction

for(int x = 0; x < contadorTotal; x++) {
digitalWrite(stepPin,HIGH);
delayMicroseconds(8000);
digitalWrite(stepPin,LOW);
delayMicroseconds(8000);
}
}

```

Figura 15-4: Reinicio del sistema.

Realizado por: Totoy E;2022

Se realizaron varias configuraciones de forma consecutiva hasta que se consiguió la salida requerida por el motor, tanto en velocidad como en precisión, debido a que la planta es pequeña se permitió realizar las pruebas posibles en modo online, es decir, con la conexión de las cargas, sin riesgos de falla o accidentes.

4.3 Impacto de proyecto

4.3.1 Técnico

El proyecto es técnicamente factible, ya que, gracias a la medición de la luz solar, es posible medir módulos fotovoltaicos, módulos y elementos que componen un sistema fotovoltaico, y la electricidad es fácilmente accesible durante la compra e instalación. No hay muchas complicaciones. Los módulos fotovoltaicos tienen una vida útil de 25 años, por lo que las luminarias están diseñadas para esos años de vida útil, salvo a que haya algún imperfecto de fábrica tanto de los módulos como de los elementos que lo conforman.

4.3.2 Social

El proyecto de realización tiene como objetivo ayudar a la matriz energética y ahorrar el consumo de energía, ya que el gerente de la Empresa Mundo Tronic está aprovechando todo esto, utilizando energías limpias para contribuir con uno de estos servicios informativos como el suyo. Además de los paneles fotovoltaicos que generan energía, también le da a la torre de telecomunicaciones un aspecto agradable por la belleza que aporta ver los paneles fotovoltaicos instalados.

4.3.3 Ambiental

La instalación de paneles fotovoltaicos para la energización de la torre es amigable y respeta el medio ambiente, ya que no produce ruido en el momento de la generación, utiliza energía solar directamente por lo que no utiliza la combustión ni emana dióxido de carbono al medio ambiente, no produce contaminación, cabe recalcar que las baterías son herméticas, por lo que nos emanan un olor del ácido, los paneles fotovoltaicos son de fácil montaje ya que se lo instalo en un soporte metálico.

4.3.4 Comprobación de Rendimiento

El fin del proyecto es la implementación de un sistema que trabaja en la eficiencia de carga de baterías utilizadas para la alimentación de la torre de telecomunicaciones de la empresa MUNDO TRONIC nodo san Miguel de Tapi mediante dos paneles solares y la programación que está ejecutada por un Arduino Uno manipulando así una posición angular para los paneles solares.

Para obtener la información referente al funcionamiento implementado, se realizó la lectura de los datos registrados por el regulador de carga, en un lapso de una semana, los que corresponden a: Tensión de entrada AC, Frecuencia AC, Tensión de entrada PV, Corriente de entrada PV, Factor de corriente de entrada PV, Potencia de salida aparente, Potencia de salida activa, Tensión de la batería, Corriente de carga, Tensión de salida, Frecuencia de salida. Los datos registrados y su análisis se pueden visualizar en la tabla 11-3.

Tabla 12-4: Datos de Rendimiento-Sistema fotovoltaico con control de posición.

Hora	Tensión de entrada AC	Frecuencia AC	Tensión de entrada PV	Corriente de entrada PV	Potencia de salida activa	Tensión de la batería	Capacidad de la batería	Corriente de carga	Tensión de salida	Frecuencia de salida
25/1/2022 9:04	112	60	43,5	0	86	13,54	100	0	112	60
25/1/2022 9:05	112	60	43,5	0	85	13,52	100	0	113	60
25/1/2022 9:06	112	60	42,5	0	85	13,52	100	0	112	60
25/1/2022 9:07	112	60	43,5	0	84	13,54	100	0	112	60
25/1/2022 9:08	112	60	43,5	0	85	13,52	100	0	112	60
25/1/2022 9:09	112	60	43,4	0	85	13,52	100	0	112	60
25/1/2022 9:10	112	59,9	42,4	0	86	13,52	100	0	112	59,9
25/1/2022 9:11	111	59,9	42,4	0	85	13,5	100	0	111	59,9
25/1/2022 9:12	111	60	43,2	0	84	13,59	100	0	111	60
25/1/2022 9:13	0	0	39,9	0,914	85	13,67	100	0	119	60
25/1/2022 9:14	0	0	39,9	0,906	84	13,6	100	0	119	60
25/1/2022 9:15	0	0	37,9	0,914	85	13,54	100	0	119	60
25/1/2022 9:16	0	0	38,9	0,923	86	13,52	100	0	119	60
25/1/2022 9:17	0	0	37,9	0,914	85	13,6	100	0	119	60
25/1/2022 9:27	0	0	37,9	0,906	84	13,42	100	0	119	60
25/1/2022 9:28	0	0	36,2	0,923	86	13,38	100	0	119	60
25/1/2022 9:29	0	0	38,9	0,914	85	13,37	100	0	119	60
25/1/2022 9:30	0	0	37,9	0,914	85	13,35	100	0	119	60
25/1/2022 9:31	0	0	36,2	0,906	84	13,31	90	0	119	60
25/1/2022 9:32	0	0	37,9	0,923	86	13,3	72	0	119	60

25/1/2022 9:33	0	0	39,8	0,906	84	13,25	65	0	119	60
25/1/2022 9:34	0	0	36,2	0,914	85	13,22	52	0	119	60
25/1/2022 10:16	0	0	36,2	2,914	85	13,2	56	2	119	60
25/1/2022 10:17	0	0	40,9	1,914	85	13,55	60	1	119	60
25/1/2022 10:18	0	0	40,1	1,914	85	13,54	73	1	119	60
25/1/2022 10:19	0	0	39,1	1,923	86	13,55	89	1	119	60
25/1/2022 12:20	0	0	39,1	0,914	85	13,54	100	0	119	60
25/1/2022 12:21	0	0	39,9	0,906	84	13,55	100	0	119	60
25/1/2022 12:22	0	0	39,9	0,923	86	13,55	100	0	119	60
25/1/2022 12:33	0	0	39,9	0,906	84	13,52	100	0	119	60
25/1/2022 12:34	0	0	39,9	0,923	86	13,57	100	0	119	60
25/1/2022 12:35	0	0	39,9	0,914	85	13,52	100	0	119	60
25/1/2022 12:49	111	60	41,3	0	85	13,62	100	0	112	60
25/1/2022 12:50	112	60	42,4	0	85	13,52	100	0	112	60
25/1/2022 12:51	112	60	42,3	0	85	13,5	100	0	112	60
25/1/2022 12:52	111	60	41,2	0	86	13,52	100	0	112	60
25/1/2022 16:11	111	60	22,3	0	85	13,03	100	0	111	60
25/1/2022 16:12	111	60	21,9	0	84	13,03	100	0	111	60
25/1/2022 21:51	110	60	0	0	85	13,5	100	0	110	60
25/1/2022 21:52	108	60	0	0	84	13,5	100	0	108	60
25/1/2022 22:05	110	60	0	0	86	13,5	100	0	110	60
25/1/2022 22:08	111	59,9	0	0	84	13,49	100	0	110	59,9

Realizado por: Totoy E:2022

Al hacer énfasis en cada uno de sus valores generados vemos en la figura 16-3, el comportamiento de tensión de entrada AC inyectando al sistema con un voltaje de 112 V a las 9:04 am con una frecuencia de 60Hz ,con una tensión de entrada de los paneles solares a 43,2 aproximadamente y una corriente de entrada a 0A.

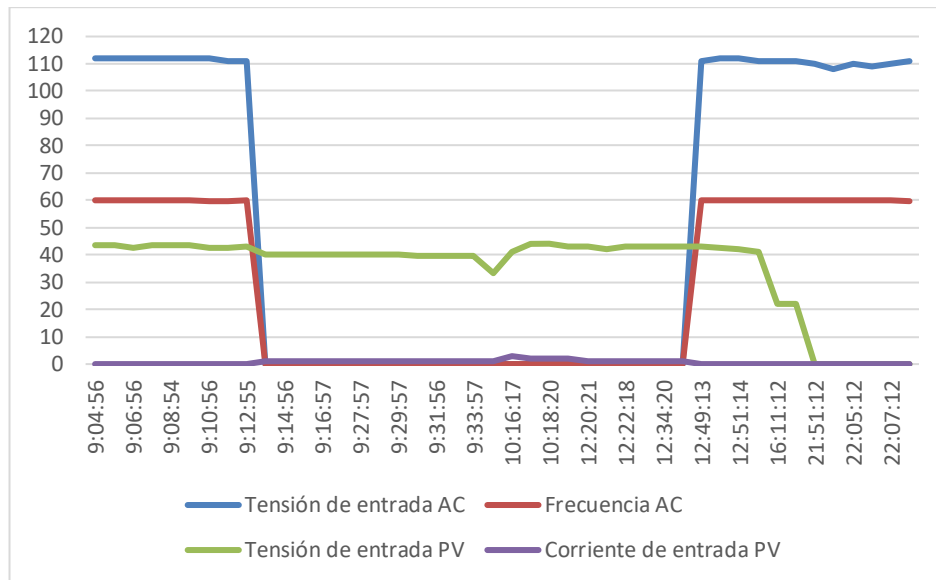


Gráfico 1-4: Representación gráfica de la tensión de entrada, Frecuencia, Tensión entrada PV, Corriente entrada PV.

Realizado por: Totoy E;2022

El cual horas más tarde la red convencional tiene un apagón de aproximadamente de 3:30 h y presenta cambios en los parámetros del sistema, en la figura 16-3 observamos que la tensión de entrada AC cambia a 0v haciendo que su frecuencia igual quede nula, la tensión de entrada de los paneles mantiene su voltaje, cabe recalcar que dicha tensión va a depender netamente de cuanta radiación solar reciba, quien recibe un cambio considerable es la corriente de entrada.

La corriente de entrada PV va a cambiar, porque al momento de estar trabajando con la red convencional estaríamos trabajando en circuito abierto, una vez que se desaparece la red entra en función la eficiencia netamente del controlador haciendo que en este caso suba de 0A a un promedio de 1,13 A, la intensidad también va a depender de cuanta carga este conectada en este caso tenemos un aproximado de 85W trabajando al instante ,en la Figura 17-3 está representada con la línea de color morado

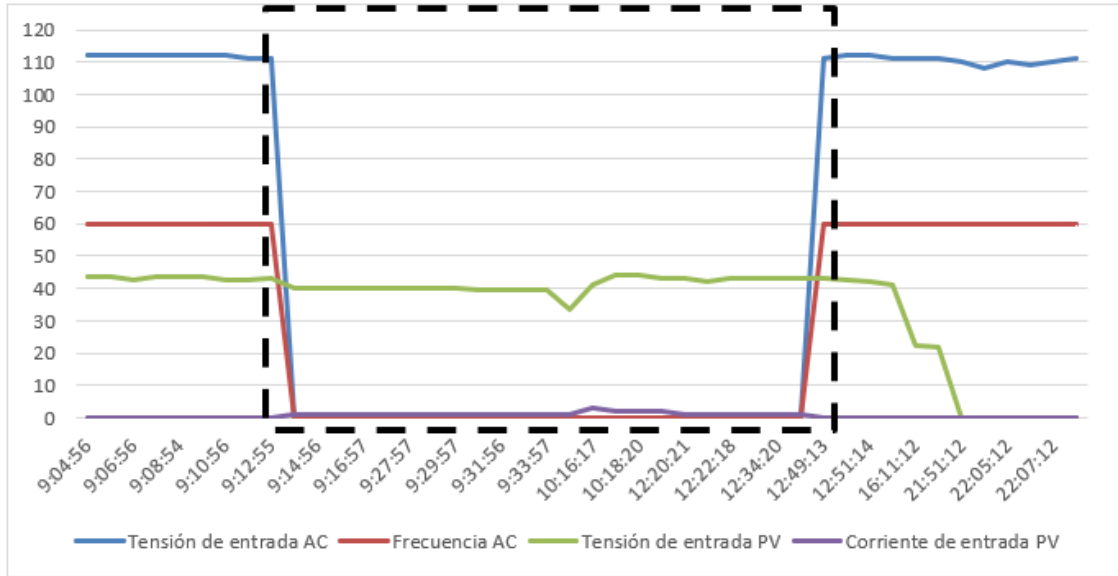


Gráfico 2-4: Análisis de Tensión de entrada, Frecuencia, Tensión entrada PV, Corriente entrada PV.

Realizado por: Totoy E;2022

En la Figura 18-3 tenemos los datos de potencia activa, es decir el valor en watts instantáneo que estamos ocupando comprando con la carga que describimos en el dimensionamiento son muy similares.

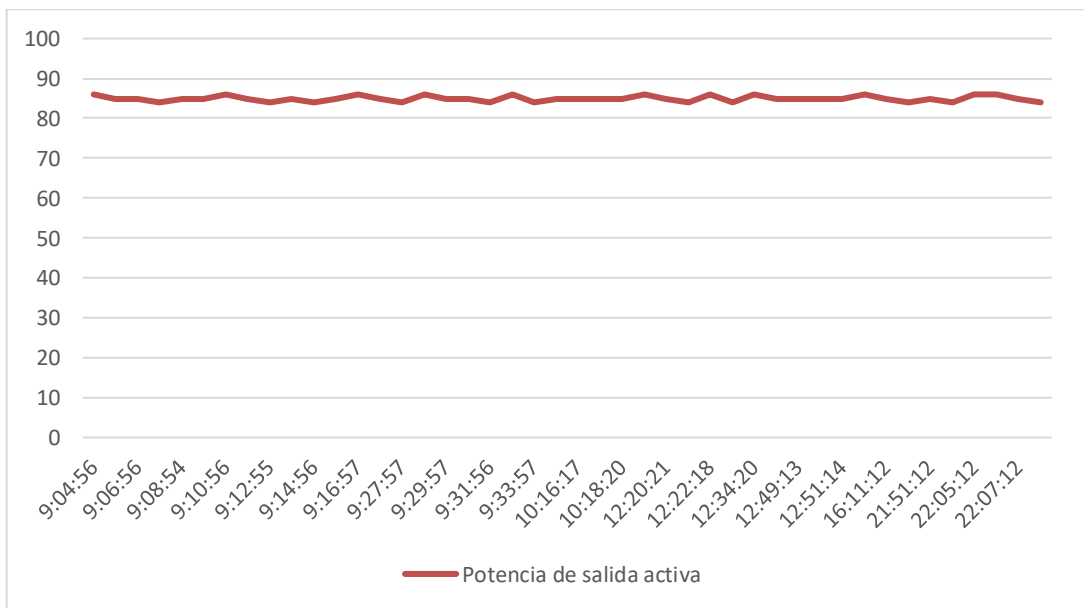


Gráfico 3-4: Representación de la carga real utilizada.

Realizado por: Totoy E;2022

Sin embargo las características de carga están representados en la Figura 19-3, el cual la tensión de la batería nos da a 13,6 mientras que la capacidad de la batería al no detectar red eléctrica convencional empieza a utilizarse de tal manera que esta baja desfavorablemente hasta un 59 % de su capacidad, como sabemos bien la batería fue dimensionado con un 50 % , es decir el

controlador empezara a cargarle a dicha batería para que no haya problemas , horas más tarde observamos que la batería cobra su 100% con ayuda de los paneles solares ya que estos se encargan de alimentar a la batería.

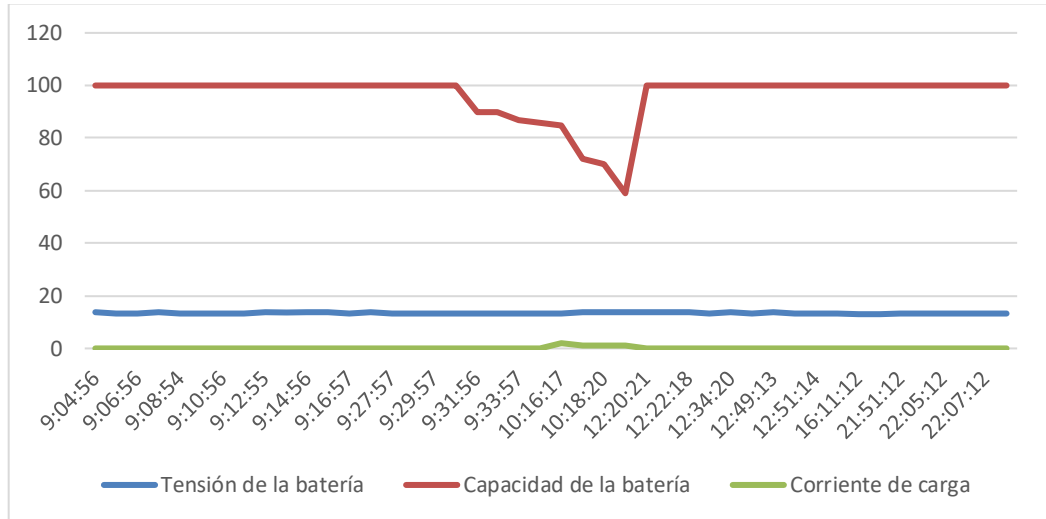


Gráfico 4-4: Tensión batería, capacidad batería, corriente de carga.

Realizado por: Totoy E;2022

La línea verde de la Figura 19-3, representa la corriente de carga y notamos que cuando la batería esta ya al 50% , los paneles solares empiezan a enviar corriente para que pueda cargarse y en un transcurso de 2 horas logra cargarlo al de nuevo hasta completar al 100% como lo vemos en la línea tomate.

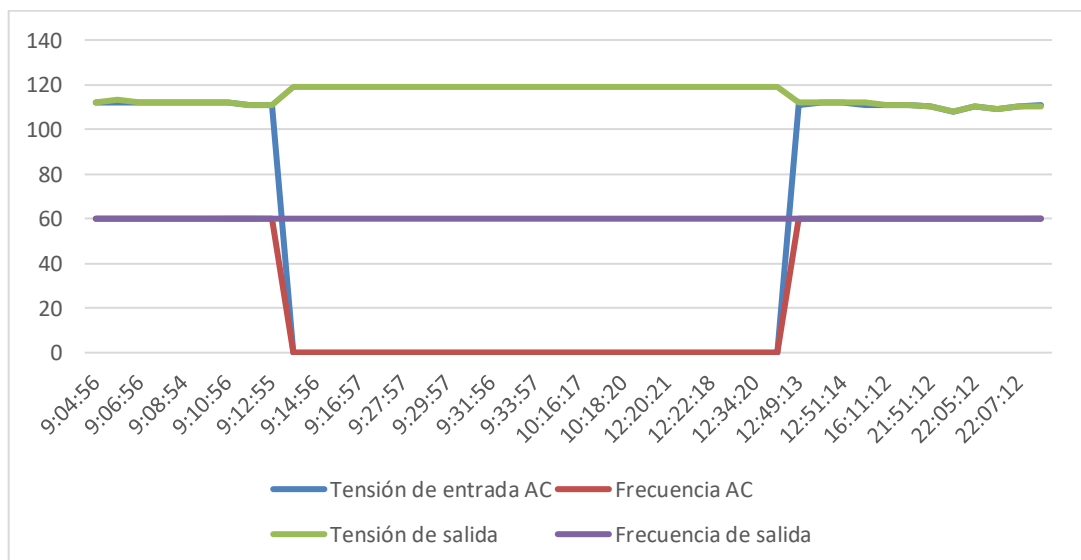


Gráfico 5-4: Tensión de entrada, Frecuencia, Tensión de salida. Frecuencia de salida.

Realizado por: Totoy E;2022

Al hacer un análisis sobre la eficiencia de dicho sistema y al hacer la comparación de la CA de entrada con la CA de salida nos damos cuenta que la red convencional al inicio nos inyecta 112 V, una vez que la red se cae, entra a operar el sistema que es la que nos interesa como fin del proyecto, nos damos cuenta que por más que hubo la pérdida de red convencional, esta siguió operando como vemos en la Figura 20-3 la gráfica de color ploma nunca se cayó mejor aún comienza a trabajar a parámetros de controlador haciendo que este trabaje a una tensión nominal de operación que en este caso es 120 Vac y este dato lo podemos observar en el datasheet del inversor de la tabla 2-2.

Tabla 13-4: Pruebas con cargas diferentes.

Hora	Tensión de entrada AC	Frecuencia AC	Tensión de entrada PV	Corriente de entrada PV	Potencia de salida activa	Tensión de la batería	Capacidad de la batería	Corriente de carga	Tensión de salida	Frecuencia de salida
26/1/2022 10:00	112	60	43,5	0	247	13,52	100	0	112	60
26/1/2022 10:15	112	60	43,4	0	249	13,52	100	0	112	60
26/1/2022 10:34	112	59,9	42,4	0	250	13,52	100	0	112	59,9
26/1/2022 11:11	111	59,9	42,4	0	248	13,5	100	0	111	59,9
26/1/2022 11:20	111	60	43,2	0	248	13,59	100	0	111	60
26/1/2022 12:13	0	0	39,9	4,5	248	13,67	100	0	119	60
26/1/2022 12:44	0	0	39,9	5,5	247	13,6	80	1	119	60
26/1/2022 13:15	0	0	37,9	7,3	290	13,54	70	2	119	60
26/1/2022 14:16	0	0	38,9	7,3	290	13,52	60	2	119	60
26/1/2022 14:45	0	0	37,9	6,3	290	13,6	65	1	119	60
26/1/2022 15:16	0	0	37,9	6,3	289	13,42	55	1	119	60
26/1/2022 17:05	0	0	36,2	6,3	289	13,38	70	1	119	60
26/1/2022 19:04	112	60	43,5	0	250	13,54	100	0	112	60
26/1/2022 19:23	112	60	43,5	0	248	13,52	100	0	113	60
26/1/2022 19:06	112	60	42,5	0	248	13,52	100	0	112	60
26/1/2022 21:23	112	60	43,5	0	248	13,54	100	0	112	60

Realizado por: Totoy E;2022

En la tabla 12-3, hicimos unas pruebas con más carga para comprobar los datos y las curvas de máxima potencia, en donde verificamos que el amperaje con respecto a la potencia que estamos alimentando con casi similares a la de la Figura 21-3, eso quiere decir que si la empresa Mundo Tronic en futuro quiere aumentar más carga el sistema operara de una manera eficiente.

La eficiencia que nos brinda el sistema fotovoltaico para el sistema es la siguiente:

Tabla 14-4: Eficiencia del control de posición.

PANELES SOLARES	
Sistema	Tensión
Sin control de posición	33,56 V
Con control de posición	43,094 V
Rango de potencia de los dos paneles	5%+5%=10%

Realizado por: Totoy E;2022

Tomando como referencia los datos obtenidos del panel solar en circuito abierto nos refleja que gracias al control de posición angular nos da una eficacia de 22,2 % respecto al sistema de paneles fijos, el cual representa ya un mejoramiento positivo al sistema fotovoltaico, a este se le añade la eficiencia de sobre potencia del 10 % que nos brinda al interactuar con el movimiento angular y acoger toda la radiación solar y nos daría un total de 32,2% de eficiencia en todo el sistema fotovoltaico.

Cabe recalcar que las curvas dadas por el datasheet del panel solar son las que se ve en la figura 21-3.

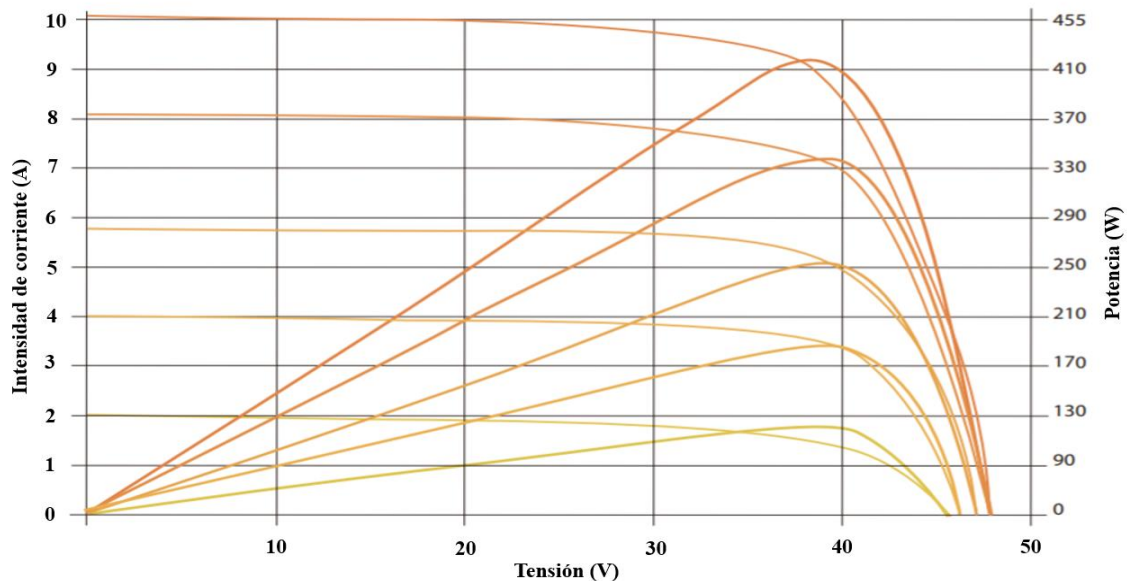


Gráfico 6-4: I-V Curvas del módulo PV.

Realizado por: Totoy E;2022

Haciendo como referencia nuestra potencia que estamos consumiendo con un valor de 85 W ante la Figura 21-3 nos tendría que dar una corriente de aproximado 0,8 A y en nuestro sistema nos dio 0,914 A, eso quiere decir que está operando dentro de las condiciones ideales.

A continuación, presentamos el factor de máxima potencia tomando 3 cargas diferentes descritas en la tabla 12-3 y tabla 13-3.

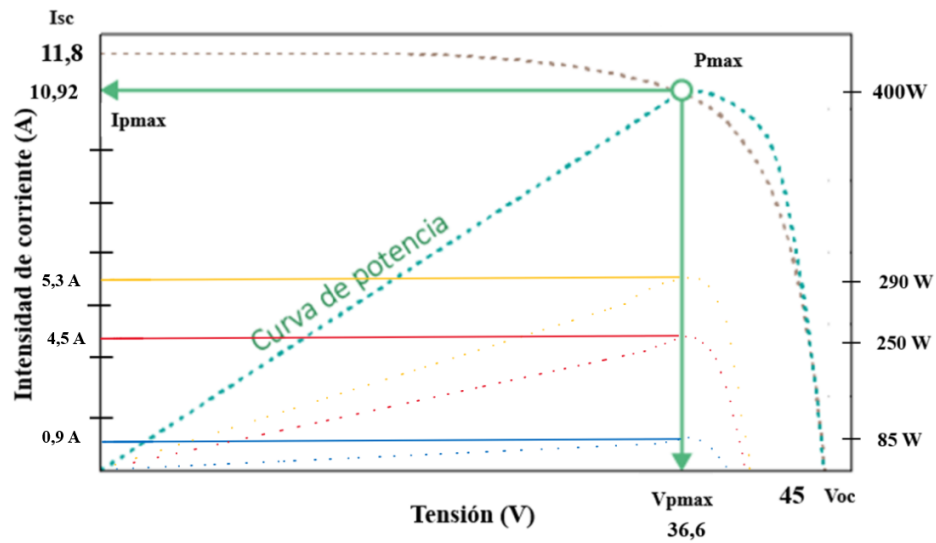


Gráfico 7-4: Factor de máxima potencia.
 Realizado por: Totoy E;2022

En donde el controlador trata siempre de trabajar dentro de los valores nominales haciendo que el sistema este en ópticas condiciones, no solo para abastecer a carga sino para protección de los equipos conectados.

CONCLUSIONES

La energía solar fotovoltaica es una excelente manera de suministrar energía, aunque el sistema actualmente requiere una inversión inicial alta en comparación con la inversión inicial del proveedor de electricidad, brinda continuidad y confiabilidad más confiabilidad del sistema de energía porque tiene una batería de respaldo en caso de fallo de red.

El dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico netamente va a estar dependido de los dispositivos utilizados para el sistema, en este caso se utilizó el inversor híbrido POWEST el cual dispone de 22 programaciones diferentes para interactuar asegurando la demanda energética requerida para la empresa Mundo Tronic Nodo San Miguel durante el tiempo estimado, ya que se consideró las horas solar pico mínimas en el lugar donde se va a instalar, esto con el fin de proporcionar confiabilidad al sistema en la peor condición de operación.

El sistema de posicionamiento respecto al sol cumple con la función de aumentar el tiempo que permanece la superficie del panel solar perpendicular a los rayos solares ya que la variación de tensión obtenida por el panel solar fijo es menos eficiente al de con control de posición ya que nos brindó una eficiencia de 22,2 %.

Con el fin de trabajar dentro de la curva I-V de un panel solar, el regulador de carga eligió el punto óptimo de dicha curva para cada situación ya que únicamente los reguladores con tecnología MPPT son capaces de hacer esto.

RECOMENDACIONES

Antes de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico, es importante saber con la mayor precisión posible cuánta electricidad requieren nuestra Empresa. Para ello, necesitamos saber cuántos kilovatios-hora se consumen y en qué momento del día estamos consumiendo. Estos datos son importantes para analizar el tamaño de las instalaciones fotovoltaicas y la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios, así como para comprender qué tipo de instalación es la más deseable.

Antes de instalar los paneles solares se recomienda comprobar que funcionen correctamente, revisando su voltaje y corriente sean los dados por el fabricante en las especificaciones técnicas. Ya que cuando se instalan en las estructuras se da más difícil el acceso para revisiones técnicas.

Se requiere que las reparaciones deben ser realizadas por lo menos una vez al año por los técnicos del distribuidor o personal que tenga experiencia en esta área. Esto evita la obsolescencia prematura de equipos y dispositivos.

Engrasar periódicamente los soportes mecanismos del control de posición ya que al estar expuesto a cambios climáticos se oxidan y generara problema al momento de dar movimiento angular al panel solar.

BIBLIOGRAFIA

AGUAS, LILLY Y ROMERO, WENDY. *Guía para la instalación y comisionamiento de buses de campo.* Cartagena de Indias : Universidad Tecnológica de Bolívar, 2011.

AGUIRRE, DANNY. *Desarrollo de una herramienta computacional que contenga comunicacion modbus RTU y modbus TCP para la implementacion de sistemas de control supervisorio y adquisición de datos a bajo costo.* Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2018. pág. 213.

ALFARO, VICTOR. *Sistemas de control proporcional,integral,derivativo.* Costa Rica : Creative Commons, 2006-2022.

ANDRADE, RAQUEL. *ESTUDIO DE SEÑALÉTICA TURÍSTICA PARA IMPULSAR EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD EN LA ZONA DE INTAG, CANTON COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA.* Universidad Internacional SEK, Quito : 2014.

APRUZZESE, JOAN NICOLAS. ResearchGate. *ResearchGate.* [En línea] APRUZZESE, Joan Nicolas. https://www.researchgate.net/figure/Esquema-de-un-sistema-fotovoltaico-conectado-a-red-electrica_fig5_41545842.

ARDUINO. Manual ArduinoUno. [En línea] enero de 2015. www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno.

AUTYCOM. AUTYCOM. *TIA Portal Vs SIMATIC Manager: ¿cuál es mejor para la programación de PLC?* [En línea] 22 de Julio de 2020. [Citado el: 18 de Enero de 2020.] <https://www.autycom.com/tia-portal-vs-simatic-manager/>.

BASTERRA, LEGARZA. *Instalaciones solares aisladas on grid.* Washington : s.n., 2007. 2340-7638.

BERMUDEZ, CARLOS AUGUSTO ZIPA. *Diseño e implementación de avance automático en control de posición angular para mejorar la radiación solar en la mesa solar.* Bogota : s.n., 2021.

BERMUDEZ, CARLOS AUGUSTO ZIPA. *Diseño e implementación de avance automático en control de posición angular para mejorar la radiación solar en la mesa solar.* Bogota : s.n., 2021.

BIGTRONICA. *BIGTRONICA.* [En línea] 2014. <https://www.bigtronica.com/drivers/572-driver-motor-paso-a-paso-tb6560-5053212005726.html>.

BORGOÑO, MANUEL. EFICIENCIA DEL PANEL SOLAR. *TRITEC*. [En línea] <https://tritec-intervento.cl/eficiencia-del-panel-solar-parte-i/>.

BRICOGEEK. BricoGeek. *BricoGeek*. [En línea] <https://tienda.bricogeek.com/motores-paso-a-paso/422-motor-paso-a-paso-9-kg-cm-mema-23.html>.

BUCHER, KLEISS DATZNER. *Módulos fotovoltaicos en edificios: Rendimiento y seguridad*. 1998. 8019083.

C .VARIANTH, RESHMI Y ANDERSEN, MICHAEL. Topologías de inversores de módulos adecuados para sistemas fotovoltaicos. [aut. libro] Neis Nielsen. 2010, págs. 310-316.

CABACAS, TOMÁS. MC. *Qué es Ping, cómo funciona y para qué sirve*. [En línea] 19 de Agosto de 2018. [Citado el: 10 de Febrero de 2021.] <https://www.muycomputer.com/2018/08/19/que-es-ping-como-funciona-y-para-que-sirve/#:~:text=%C2%BFcu%C3%A1nto%20es%20un%20buen%20ping,m%C3%A1ximo%20para%20considerarlo%20como%20aceptable>.

CASTRO, CARLOS Y ALVARADO, JOSIE. *Castro Silva, C. A., & AlvarImplementación de una Red MODBUS TCP Wireless con integración de tecnología Siemens Y Schneider para prácticas estudiantiles del laboratorio de automatización industrial*. Guayaquil : Universidad Politécnica Salesiana, 2017.

CCEEA. Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternas. [En línea] <https://ccee.mx/solar>.

CHOWDBURY, M.DAUTTA S.M. S. M. Análisis de sistemas fotovoltaicos para hogares. [aut. libro] S.I.Khan Nain. 2014, págs. 313-316.

CHOWDBURY, M.Dautta S.M. S. M. Análisis de sistemas fotovoltaicos para hogares. [aut. libro] S.I.Khan Nain. 2014, págs. 313-316.

CINCUNEGUI, IBAI. *Análisis de vulnerabilidades y securización de protocolo Modbus/TCP*. Zaragoza : Universidad Zaragoza, 2018.

COLLAZOS, ANDRÉS. *Migración de plataforma Frame Relay a redes ethernet del ISP Synapis*. Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones. Bogotá : Universidad Santo Tomás, 2014. pág. 101.

CONTROL, INSTRUMENTACION. Sistemas de control automatico. [En línea] https://www.udb.edu.sv/udb_files/recursos_guias/electronica-ingenieria/sistemas-de-control-automatico/2019/ii/guia-4.pdf.

DEANGELIS, JEFF. Maxim integrated. *IO-LINK HANDBOOK*. [En línea] 7 de Abril de 2020. [Citado el: 11 de Diciembre de 2020.] <https://www.maximintegrated.com/en/design/technical-documents/solution-guides/6/6454.html>.

DELEG, M. *Análisis de la curva demandada de energía eléctrica de la red*. España : s.n., 2016.

DELTA. deltaacdrives. *DTASeries Temperature Controller Instruction Sheet*. [En línea] 02 de Agosto de 2011. [Citado el: 9 de Enero de 2021.] <https://deltaacdrives.com/Delta-DTA-Series-Instruction-Sheet.pdf>.

Diseño, Programación E Implementación De Una Red De Plc Rs 485, Caso Práctico: Laboratorio de Automatización Industrial En Una Institución De Educación Superior.
HIDALGO, IVÁN. European Scientific Journal, Vol. 14, págs. 455-479.

EBASEE. EBASEE. *EBASEE*. [En línea] <https://www.ebasee.com/aboutus.html>.

ECHEVERRI, SANDRA Y GRISALES, GERMÁN. *Implementación de una red PROFIBUS DP en un sistema automatizado*. Facultad de Tecnologías. Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2013. pág. 88.

EL EMPAQUE + CONVERSIÓN. BELDEN MUESTRA CÓMO EVOLUCIONARÁN LAS REDES DE AUTOMATIZACIÓN. *El Empaque + Conversión*. [En línea] Diciembre de 2016. [Citado el: 19 de Octubre de 2020.] <https://www.elempaque.com/temas/Belden-muestra-como-evolucionaran-las-redes-de-automatizacion+117056?tema=4300000>.

ELECTRICAPLICADA. ELECTRICAPLICADA. [En línea] <https://www.electricaplicada.com/cual-es-el-mejor-tipo-de-panel-solar-mono-polycrystalline-thin-film/>.

ELORTEGUI, N. Bases de tecnología ambiental renovable. *Jarabo*. [En línea] 02 de 10 de 1999. <http://fjarabo.quimica.ull.es/Mafun/Mafhome.htm>.

ESPINOZA, MERCEDES Y BAÑO, JHONNY. *Integración de redes industriales mediante un software de monitoreo y adquisición de datos en el laboratorio de control y manipulación automática de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento*. Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018.

FERNANDEZ, Llebrez. *La era solar.* España : 02124157, 2008.

FONSECA, FERNANDA Y JÁTIVA, MICHAEL. *Implementación de una red profibus para el control de una banda transportadora en el proceso de calentamiento y reactivación del pegamento en el caucho, mediante un sistema seguidor de temperatura y extracción de gases.* Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018. pág. 134.

Future trends in process automation. **JÄMSÄ-JOUNELA, SIRKKA-LIISA.** La Habana : s.n., 2007, IFAC , Vol. 40, págs. 1-10.

GARCIA, SANTA. *Diseño de la instalación solar autónoma para finca mis delto en pereira.* COLOMBIA : s.n., 2014.

GEA, JOSÉ. *Autómatas. Introducción al Grafset.* [En línea] 02 de Marzo de 2006. [Citado el: 10 de Enero de 2021.] <https://www.automatas.org/redes/grafset.htm>.

GENERATULUZ. GENERATULUZ. [En línea] 11 de Julio de 2002. <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/controladores-carga/reguladores/comparativa-entre-reguladores-pwm-y-mppt/>.

GUEVARA, LUIS. *Makinando. Makinando.* [En línea] 8 de febrero de 2018. <https://makinandovelez.wordpress.com/2018/02/15/sistemas-de-control-de-lazo-cerrado/>.

HAGEMANN, JIM. SIEMENS. *SIEMENS.* [En línea] 1996. <https://www.siemens.com/global/en.html>.

HERNANDEZ, KARLA. *Mecatronica un espacio para aprender. PROFIBUS.* [En línea] 26 de Septiembre de 2015. [Citado el: 15 de Noviembre de 2020.] <http://karlagaona.blogspot.com/2015/09/profibus-introduccion-el-bus-de-campo.html>.

IASAUTOMATION. IAS AUTOMATION. *IO-Link El primer estándar global de comunicación entre tus sensores, actuadores y tú.* [En línea] 2019. [Citado el: 11 de Diciembre de 2020.] <https://iasautomation.com.mx/>.

IFM. ifm. *AL1342 Maestro IO-Link con interfaz Modbus TCP.* [En línea] Septiembre de 2019. [Citado el: 6 de Enero de 2021.] <https://www.ifm.com/mounting/80284136UK.pdf>.

INSA, JORGE. *Monsolar.* [En línea] INSA, Jorge. <https://www.monsolar.com/blog/que-es-y-que-hace-un-regulador-de-carga-solar/>.

JUTEX, CRISTIAN. *Tecno.* [En línea] 01 de 26 de 2019. <https://247tecno.com/como-funciona-una-fotoresistencia/>.

JIZMAN.GONZALES, X. CARDENAS. *Análisis de un sistema electrónico para alcanzar el punto máximo de potencia en paneles solares Politécnico Salesiana.* 2016.

J.GONZALES, X. CARDENAS. 2016. *Análisis de un sistema electrónico para alcanzar el punto máximo de potencia en paneles solares Politécnico Salesiana.* 2016.

JARABO, FERNANDEZ J. *Energía Renovable.* Laguna : s.n., 1983.

JIMÉNEZ, GABRIEL Y MURCIA, HENRY. *RED PROFIBUS: prácticas de laboratorio.* Facultad de Ingenierías. Cartagena de Indias : Universidad Tecnológica de Bolívar, 2010. pág. 173.

JIMENEZ, MAGALY. *Desarrollo de un sistema de visión artificial para la detección de aglomeración de personas en un semáforo.* Universidad Nacional de Loja, Loja : 2015.

JPVARGAS. Scielo. [En línea] 19 de mayo de 2015. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312015000100006.

JPVARGAS. Scielo. [En línea] 19 de mayo de 2015. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312015000100006.

KAISER, KATHERINE. *Estudio de la plataforma integrada de automatización del fabricante ROCKWELL AUTOMATION y su aplicación como solución real de automatización de un proceso industrial.* Universidad Austral de Chile. Valdivia : s.n., 2008.

KLINGER, ANÍBAL Y CEPEDA, RICARDO. *Diseño e implementación del sistema SCADA en el módulo de comunicación IEC 61850 para monitoreo de los IED de los módulos de protección de sistemas de generación, líneas de transmisión y redes de distribución.* Guayaquil : Universidad Politécnica Salesiana, 2020. pág. 130.

KOMINEK, DAREK. Interempresas. *OPC: ¿De qué se trata, y como funciona?* [En línea] 2009. [Citado el: 13 de Diciembre de 2020.] https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/220446/Guia-para-entender-la-tecnologia-OPC.pdf.

La ciberseguridad de la industria 4.0: Un medio para la continuidad del negocio. **AYERBE, ANA.** 410, 2018, Economía industrial, págs. 37-46.

LANDSBERG, PABLO. *Eficiencias Ideales, Manual Práctico de Fotovoltaica.* BOSTON : s.n., 2012. 9780123859341.

LINDENTHAL, HARTMUT, GRINGAUZ, DMITRY Y WITTE, FRANZ-OTTO. ProfineWS. *IO-Link vs Ethernet o IO-Link sobre Ethernet*. [En línea] 9 de Septiembre de 2020. [Citado el: 11 de Diciembre de 2020.] <https://profineWS.com/2020/09/io-link-vs-ethernet-or-io-link-over-ethernet/>.

LOGICBUS. Logicbus. *Protocolos de comunicación industriales*. [En línea] 17 de Junio de 2019. [Citado el: 2 de Diciembre de 2020.] <https://www.logicbus.com.mx/blog/protocolos-de-comunicacion-industriales/>.

LOPEZ, J. Promoción efectiva de la energía Solar. [aut. libro] Fernández Llebreges. *La Era Solar*. 2008.

M.KOWSALYA. Funciones para mejora de calidad fotovoltaico on grid. [aut. libro] N. Sakthi. 2017, págs. 1744-1748.

M.KOWSALYAK. Funciones para mejora de calidad fotovoltaico on grid. [aut. libro] N. Sakthi. 2017, págs. 1744-1748.

2015. Manual Arduino Uno. [En línea] enero de 2015. www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno.

MAPRO. Mapro Ingeniería. *Interfaz IO-Link*. [En línea] 2020. [Citado el: 11 de Diciembre de 2020.] <https://maprosensor.com/es/articulos-tecnicos-sensores.html>.

MECAFENIX. [En línea] 20 de Abril de 2017. <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>.

MORO, M. *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid : s.n., 2010.

MOSQUEIRA, FRANCISCO. *Tecnologías de comunicación en tiempo real en entornos de automatización industrial. Análisis de la problemática y alternativas*. Universitat Oberta de Catalunya (UOC). 2020.

MOYA, SAMUEL. ISA In Tech México. *Modelo de Referencia OSI para redes de comunicación*. [En línea] 7 de Agosto de 2017. [Citado el: 28 de Octubre de 2020.] <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2017/08/07/modelo-de-referencia-osi-para-redes-de-comunicacion/>.

N. KHERA, N. RANA, S. NARENDIRAN, S.K.SAHOO, M.BLAMURUGAN. *Diseños para sistemas Fotovoltaicos*. 2016.

N.KHERA, N. RANA, S. NARENDIRAN, S.K.SAHOO, M.BLAMURUGAN. *Diseños para sistemas Fotovoltaicos.* 2016.

NIDEBORN, JOAKIM. HMS. *Industrial network market shares 2019 according to HMS.* [En línea] 7 de Mayo de 2019. [Citado el: 8 de Noviembre de 2020.] [https://www.hms-networks.com/news-and-insights/news-from-hms/2019/05/07/industrial-network-market-shares-2019-according-to-hms#:~:text=Continued%20growth%20for%20industrial%20Ethernet,to%2052%25%20last%20year\)..](https://www.hms-networks.com/news-and-insights/news-from-hms/2019/05/07/industrial-network-market-shares-2019-according-to-hms#:~:text=Continued%20growth%20for%20industrial%20Ethernet,to%2052%25%20last%20year)..)

Normas de Comunicación en Serie: RS-232 ,RS-422 y RS-485. **SABOYA, NÉSTOR.** Revista Ingenio Libre, Vol. 9, págs. 86-94.

NOVUS. NOVUS AUTOMATION. *Conceptos Fundamentales de RS485 y RS422.* [En línea] 2015. [Citado el: 31 de Octubre de 2020.] https://www.novusautomation.com/site/default.asp?Template=.%2Fbusca%2Flayout_busca.asp&pesTipo=*&pesStr=RS485+Y+RS422.

OBANDO, LARRY FRANCIS. Educational content writer. *Dademuchconnection.* [En línea] 24 de mayo de 2018. [https://dademuch.com/2018/05/24/servomotores-sistema-de-control-de-posicion/.](https://dademuch.com/2018/05/24/servomotores-sistema-de-control-de-posicion/)

OBANDO, LARRY FRANCIS. Educational content writer. *Dademuchconnection.* [En línea] 24 de mayo de 2018. [https://dademuch.com/2018/05/24/servomotores-sistema-de-control-de-posicion/.](https://dademuch.com/2018/05/24/servomotores-sistema-de-control-de-posicion/)

OLMEDO, DAVID. *Diseño de un extensor de entradas y salidas analógicas por ModBus RTU sobre RS-485.* Catalunya : Universitat Oberta de Catalunya, 2012.

PANASONIC. Panasonic Electric Works Europe AG. *Autómatas programables FP0R Manual de Usuario.* [En línea] Febrero de 2015. [Citado el: 29 de Diciembre de 2020.] [https://www.panasonic-electric-works.com/cps/rde/xbcr/pew_eu_en/mn_63489_0010_es_fp0r_hardware_europe.pdf.](https://www.panasonic-electric-works.com/cps/rde/xbcr/pew_eu_en/mn_63489_0010_es_fp0r_hardware_europe.pdf)

PÉREZ, CARLOS. *Desarrollo de la automatización de una línea de llenado y transporte de productos cárnicos mediante autómatas y HMI Siemens a través de red Profinet.* Valencia : Universitat Politècnica de València, 2016.

POWEST. POWEST. *POWEST.* [En línea] 2019. [https://powest.com/landing/producto/powest-ups-hibrida-1-kva/.](https://powest.com/landing/producto/powest-ups-hibrida-1-kva/)

POWTRAN. Powtran Technology. *PI150 Series Frequency Inverter*. [En línea] Diciembre de 2020. [Citado el: 10 de Enero de 2021.] <https://www.powtran.com/upload/202012/15/202012151754258451.pdf>.

RABADÁN, JUAN. *Diseño y desarrollo de una red MODBUS RTU basada en Arduino*. Sevilla : Universidad de Sevilla, 2017.

RAMIREZ, BELEN NAYARET. *Energy*. *Energy*. [En línea] <https://economipedia.com/definiciones/energia-renovable.html>.

RODRÍGUEZ, AQUILINO. *Comunicaciones industriales*. s.l. : Marcombo, 2008. pág. 302.

RODRIGUEZ, GARCIA. Consejo Mundial de la Energía. *Consejo Mundial de la Energía*. [En línea] Garcia Rodriguez, 11 de 2013. [Citado el: 6 de 8 de 2021.] <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/11/WEI2013.pdf>.

ROMERO, C. *Análisis del Funcionamiento de Paneles Solares y su uso en regiones de la sierra y costa del Ecuador*. Mataro : Pompeu Fabra, 2015.

—. **2015.** *Una de las desventajas de los paneles anteriores es el elevado coste de las células monocristalinas, que requieren más silicio que las células policristalinas, lo que conlleva la pérdida de componentes durante el proceso de fabricación, dado el tipo de co*. Mataro : Pompeu Fabra, 2015.

S.L, ECOTICIAS. ECOTICIAS. [En línea] <https://www.ecoticias.com/aviso-legal>. B55675524.

SANTIBAÑEZ, FRANCISCO. *ESTUDIOS DE PROTOCOLOS EN REDES INDUSTRIALES*. Talcahuano : Universidad Técnica Federico Santa María, 2002.

SANTOS, GERALD ACOSTA. *Sistema fotovoltaico interconectado a la Red convencional*. 2017.

SANTOS, GERALD. *Sistema fotovoltaico interconectado a la red convencional*. España : s.n., 2017.

SCHNEIDER. Schneider Electric. *Modicon 221 Logic Controller Guía de Hardware*. [En línea] Diciembre de 2017. [Citado el: 27 de Diciembre de 2020.] https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Name=EIO0000001387.06.pdf.

SCHNEIDER Electric. *SoMachine Basic - Guía de funcionamiento*. [En línea] 1 de Diciembre de 2017. <https://download.schneider->

electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=EIO0000001357.10.pdf&p_Doc_Ref=EIO0000001357.

SECOIN. Secoin. *8 Ventjas de IO-Link*. [En línea] 24 de Junio de 2020. [Citado el: 6 de Enero de 2021.] <http://www.secoin.com.uy/blog/8-ventajas-de-io-link#:~:text=IO%2DLink%20es%20un%20est%C3%A1ndar,y%20un%20maestro%20IO%2DLink>.

SENSORVIEW. ENSORVIEW. *ENSORVIEW*. [En línea] <https://sensorview.com.py/la-empresa/>.

SERRATO, BADI. *Uso de las energia*. mexico : s.n., 2015.

SORIANO, JOSE. *Diseño de un extensor de entradas y salidas analógicas por MODBUS RTU sobre RS-485*. Catalunya : Universitat Oberta de Catalunya, 2013.

TAMARI, VARGAS BRUNO. *Diseño e impletacion de un controlador proporcional integral en un controlador industrial de procesos*. Peru : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2010. 1560-9146.

TELEMECANIQUE. Tutoría virtual de A. Javier Barragán Piña. *Bus de accionadores y sensores, AS-i*. [En línea] 7 de 6 de 2018. [Citado el: 25 de Octubre de 2020.] <https://uhu.es/antonio.barragan/content/referencias>.

TORRES, JEFFERSON Y VEGA, ANTONIO. *Diseño e implementación de un Laboratorio de Redes de Comunicación Industrial para la Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca*. Cuenca : Universidad Politécnica Salesiana, 2015.

UNICROM. ELECTRONICA. [En línea] <https://unicrom.com/aviso-legal/>.

VARGAS, JUAN PABLO Y NAVIA, GONZALO. Scielo. *Scielo*. [En línea] Univesidad Privada Boliviana, 19 de mayo de 2015. http://www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312015000100006. ISSN 2518-4431.

VILLAJULCA, JOSE. Instrumentación y Control. *Los buses de campo: directo al grano*. [En línea] 19 de 7 de 2010. [Citado el: 3 de Noviembre de 202.] https://instrumentacionycontrol.net/los-buses-de-campo-directo-al-grano/?utm_medium=post_fp&utm_source=facebook&utm_campaign=article_instru&utm_term=fp_eng&utm_content=post.

WANNER, B. El crecimiento de la energía fotovoltaica. [En línea] 2019. <https://www.iea.org/newsroom/news/2019/february/is-exponential-growth-of-solar-pv-the-obvious-conclusion.html>.

WECON. Wecon. *Wecon PI 7 inch HMI: PI8070-R*. [En línea] 2017. [Citado el: 6 de Enero de 2021.] http://www.we-con.com.cn/es/productsinfo_1218.html.

X. SERRANO, J. GONZALES, X.CARDENAS,G.ESCRIVA. *Variables mejorados para sistema MPPT*. 2016.

X.SERRANO, J. GONZALES, X.CARDENAS,G.ESCRIVA. *Variables mejorados para sistema MPPT*. 2016.

Y.P.SIWAKOTI, F.BLAABJERG. Inversor sin transformador de puente en H con conexión a tierra común para sistema fotovoltaico solar monofásico. 2017, págs. 2610-2614.

Y.P.SIWAKOTI, F.BLAABJERG. Inversor sin transformador de puente en H con conexión a tierra común para sistema fotovoltaico solar monofásico. 2017, págs. 2610-2614.

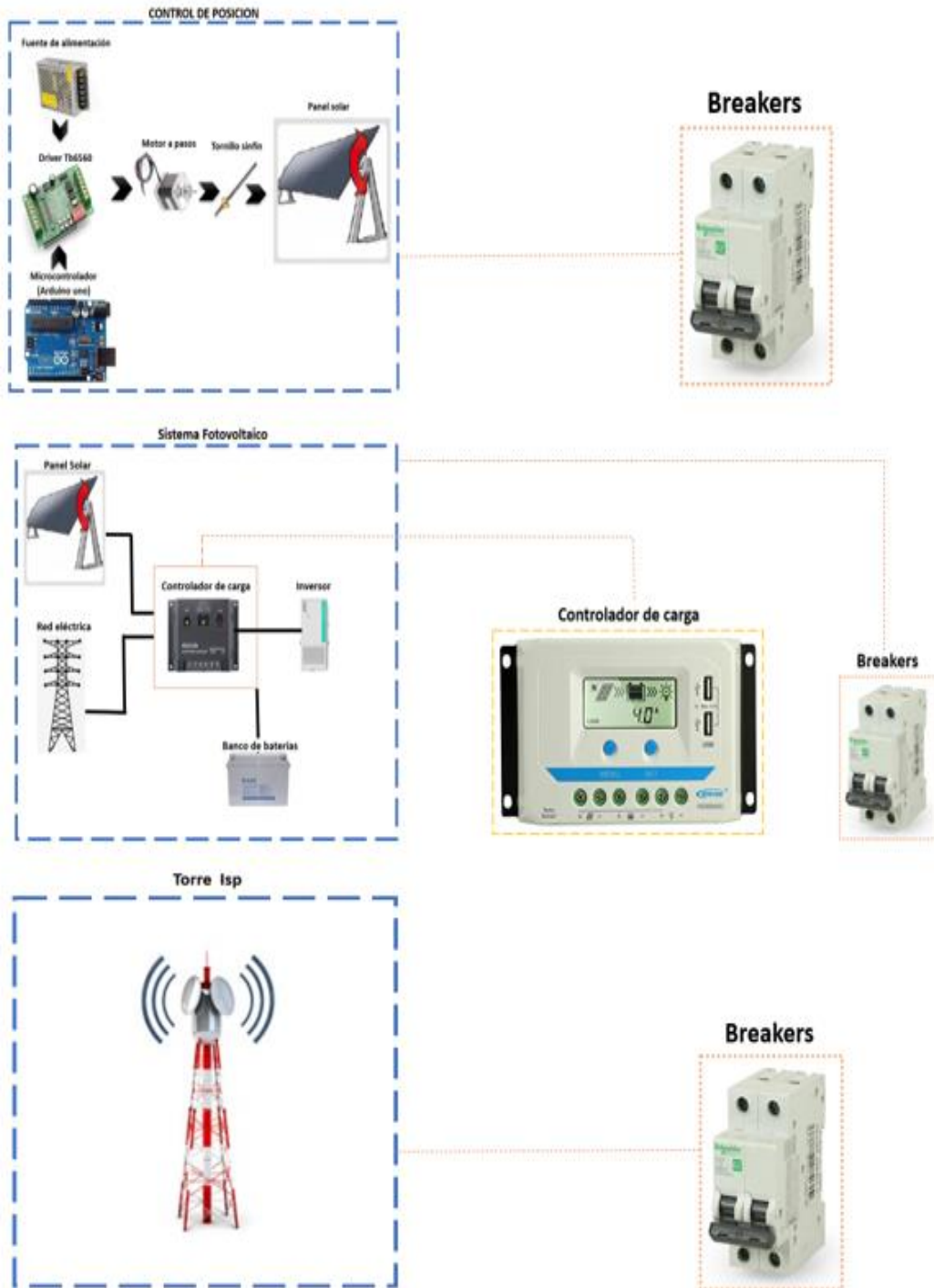
Z. KANZARI, J.KHEDIRI, W.ZAAFEANE,M,JEMLI. *Comparación de dos reguladores para sistemas fotovoltaicos: el regulador PID y el control de modo deslizante*. 2016.

Z.KANZARI, J.KHEDIRI, W.ZAAFEANE,M,JEMLI. *Comparación de dos reguladores para sistemas fotovoltaicos: el regulador PID y el control de modo deslizante*. 2016.

ZIMPERTEC. ZIMPERTEC. *ZIMPERTEC*. [En línea] ZIMPERTEC, 2012. <https://www.renova-energia.com/productos/zimpertec-solar-home-system-lsx10-5-litium-50wp-10ah/>.

ANEXOS

ANEXO A. diagrama de conexión entre el sistema fotovoltaico y control de posicionamiento.



ANEXO B. Programación del control de posicionamiento.

```
// defines pins numbers
const int stepPin = 5;
const int dirPin = 2;
const int enPin = 8;

// declaramos ldr
int ldrarriba=0;
int ldrabajo=1;

int contadorTotal = 0;
int pasosActual = 0;

boolean cont1=false;
boolean cont2=false;
boolean cont3=false;
boolean cont4=false;
boolean cont5=false;
boolean cont6=false;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  // Sets the two pins as Outputs
  pinMode(stepPin,OUTPUT);
  pinMode(dirPin,OUTPUT);
  pinMode(enPin,OUTPUT);
  digitalWrite(enPin,LOW);

  digitalWrite(dirPin,HIGH); // Enables the motor to move in a particular direction
}

void loop() {

  if(Serial.available(>0){

    char a = Serial.read();

    if(a=='a'){

      funcionPaso();

    }

    if(a=='b'){

      funcionReseteo();

      cont1=false;
      cont2=false;
      cont3=false;
      cont4=false;
      cont5=false;
      cont6=false;
      contadorTotal=0;

    }

  }

}
```

```

//capturando valores analogicos de los LDR
int arriba= analogRead(ldrarriba);
int abajo= analogRead(ldrabajo);
Serial.println("arriba: "+String(arriba)+" abajo: "+String(abajo));

//comparando valores ldr

if (arriba>abajo)
{
  if(arriba<=1023 && arriba>750){

    if(!cont1){
      funcionPaso();
      cont1 = true;
    }

  }

  if(arriba<=750 && arriba>500){

    if(!cont2){
      funcionPaso();
      cont2 = true;
    }

  }

  if(arriba<=500 && arriba>250){

    if(abajo<=750 && abajo>500){

      if(!cont5){
        funcionPaso();
        cont5 = true;
      }

    }

    if(abajo<=500 && abajo>250){

      if(!cont6){
        funcionPaso();
        cont6 = true;
      }

    }

  }

  if(abajo<250){
    funcionReseteo();

    contadorTotal=0;
    cont1=false;
    cont2=false;
    cont3=false;
    cont4=false;
    cont5=false;
    cont6=false;

    if(arriba<=500 && arriba>250){

      if(!cont3){
        funcionPaso();
        cont3 = true;
      }

    }

    else if (arriba<abajo)
    {

      if(abajo<=1023 && abajo>750){

        if(!cont4){
          funcionPaso();
          cont4 = true;
        }

      }

      if(abajo<=750 && abajo>500){

        if(!cont5){
          funcionPaso();
          cont5 = true;
        }

      }

    }

  }

}

void funcionPaso(){

  digitalWrite(dirPin,HIGH); // Enables the motor to move in a particular direction

  pasosActual = 20;
  contadorTotal = contadorTotal + pasosActual;

  for(int x = 0; x < pasosActual; x++) {
    digitalWrite(stepPin,HIGH);
    delayMicroseconds(8000);
    digitalWrite(stepPin,LOW);
    delayMicroseconds(8000);
  }

}

void funcionReseteo(){

  digitalWrite(dirPin,LOW); //Changes the rotations direction

  for(int x = 0; x < contadorTotal; x++) {
    digitalWrite(stepPin,HIGH);
    delayMicroseconds(8000);
    digitalWrite(stepPin,LOW);
    delayMicroseconds(8000);
  }

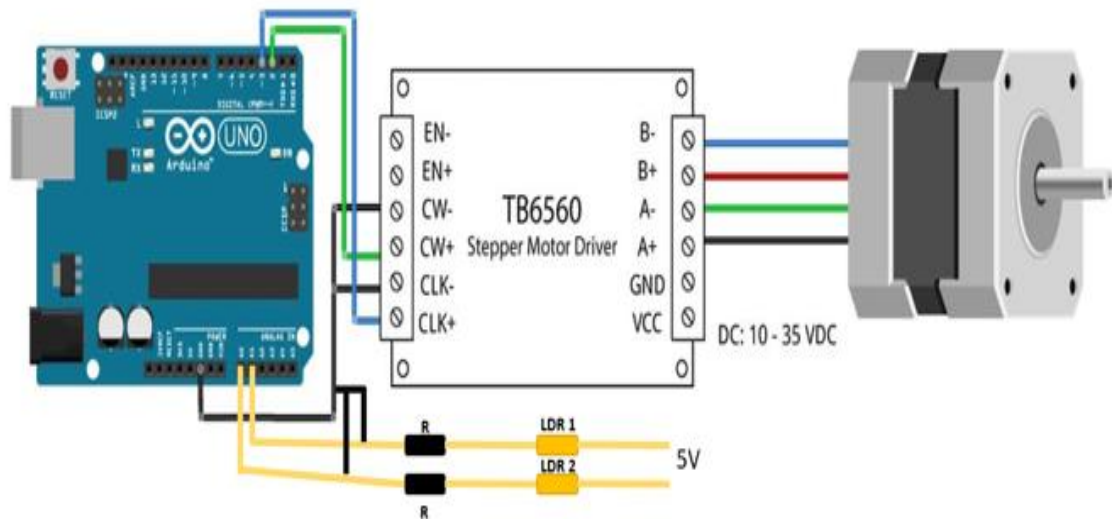
}

```

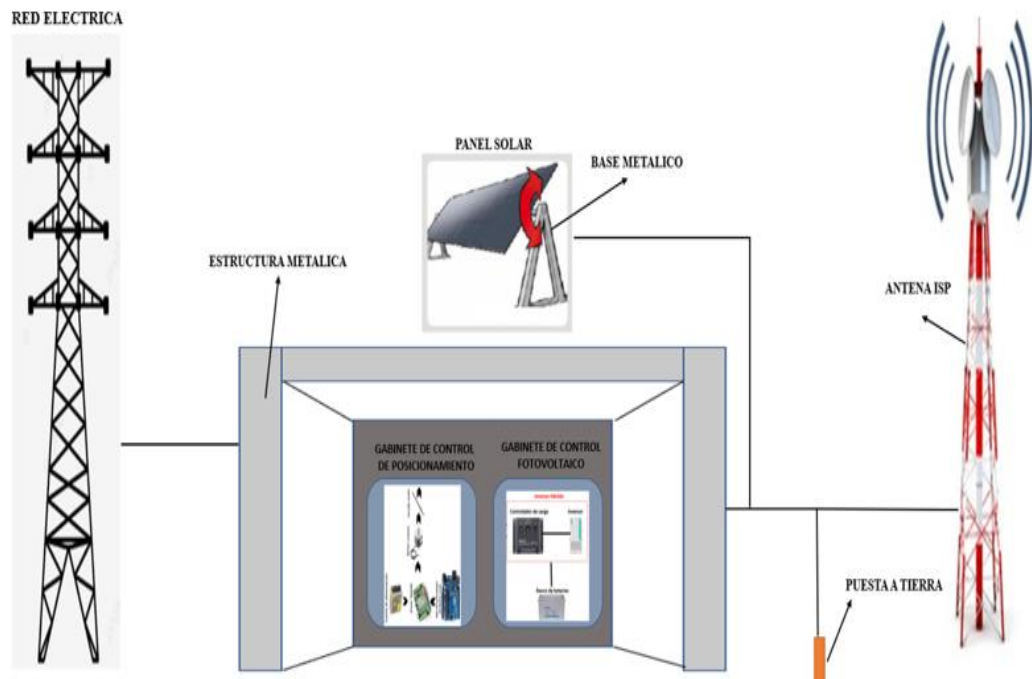
ANEXO C. Eficiencia del sistema con control de posición en diferentes días.

Día	Tensión de entrada AC	Frecuencia AC	Tensión de entrada PV	Corriente de entrada PV	Potencia de salida activa	Tensión de la batería	Capacidad de la batería	Corriente de carga	Tensión de salida	Frecuencia de salida
28/12/2021	112	60	37,9	0	86	13,54	100	0	112	60
28/12/2021	112	60	36,2	0	85	13,52	100	0	113	60
28/12/2021	112	60	37,9	0	85	13,52	100	0	112	60
28/12/2021	112	60	37,9	0	84	13,54	100	0	112	60
29/12/2021	112	60	36,2	0	85	13,52	100	0	112	60
29/12/2021	112	60	37,9	0	85	13,52	100	0	112	60
29/12/2021	112	59,9	39,8	0	86	13,52	100	0	112	59,9
29/12/2021	111	59,9	36,2	0	85	13,5	100	0	111	59,9
30/12/2021	111	60	36,2	0	84	13,59	100	0	111	60
30/12/2021	112	60	37,9	0,914	85	13,67	100	0	119	60
30/12/2021	112	60	39,8	0,906	84	13,6	100	0	119	60
30/12/2021	112	60	36,2	0,914	85	13,54	100	0	119	60
30/12/2021	112	60	37,9	0,914	85	13,52	100	0	119	60
30/12/2021	111	60	36,2	0,923	86	13,6	100	0	119	60
30/12/2021	111	60	37,9	0,914	85	13,42	100	0	119	60
1/1/2022	0	0	39,8	0,914	85	13,38	90	0	119	60
1/1/2022	0	0	36,2	0,914	85	13,37	95	2	119	60
1/1/2022	0	0	37,9	0,923	86	13,54	93	1	119	60
1/1/2022	0	0	36,2	0,906	84	13,54	90	1	119	60
3/1/2022	112	60	37,9	0,923	86	13,52	100	0	119	60
3/1/2022	112	59,9	39,8	0,906	84	13,6	100	0	119	59,9
3/1/2022	112	59,9	36,2	0,914	85	13,42	100	0	119	59,9
3/1/2022	111	60	37,9	0,914	85	13,38	100	0	119	60
3/1/2022	111	60	36,2	0,923	86	13,37	100	0	119	60
3/1/2022	112	60	37,9	0,914	85	13,54	100	0	119	60

ANEXO D. Estructura de conexión con el driver tb6560 y motor nema 23.



ANEXO E. Infraestructura física.



ANEXO F. Estructura de posicionamiento angular

