



**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

INGENIERO ELECTRÓNICO CON MENCIÓN EN SISTEMAS INDUSTRIALES

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL BASADO EN REDES
NEURONALES ARTIFICIALES PARA LA POSICIÓN ÓPTIMA DE PANELES
SOLARES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA ESCUELA PRIMARIA
CAMINO AL ESPACIO**

AUTORES:

ANDRADE CAICEDO RAI ROMARIO

SANYER ESPINOZA OSWALDO ALBERTO

DIRECTOR:

ING. CARLOS PEREZ MALDONADO MSC.

GUAYAQUIL

2021

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA DEL TRABAJO DE
TITULACION**

Nosotros, Rai Romario Andrade Caicedo y Oswaldo Alberto Sanyer Espinoza con documentos de identificacion N° 0931610919 y 095798199 respectivamente, manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo y, autorizamos a que sin fines de lucro la universidad Politecnica Salesiana pueda usar, difundir reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulacion.

Guayaquil, 18 de Noviembre del 2021

Atentamente



Rai Romario Andrade Caicedo
C.I. 0931610919



Oswaldo Alberto Sanyer Espinoza
C.I. 0950798199

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACION A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

Nosotros, Rai Romario Andrade Caicedo y Oswaldo Alberto Sanyer Espinoza con documentos de identificación N° 0931610919 y 095798199 respectivamente, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politecnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico. “Diseño e implementación de un control basado en redes neuronales artificiales para la posición óptima de paneles solares de un sistema fotovoltaico en la escuela primaria Camino al Espacio”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Electrónica, con mención en sistemas Industriales, en la Universidad Politecnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politecnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de Octubre del 2021

Atentamente,



Rai Romario Andrade Caicedo
C.I. 0931610919



Oswaldo Alberto Sanyer Espinoza
C.I. 0950798199

CERTIFICADO DE DIRECCION DEL TRABAJO DE TITULACION

Yo, Carlos Luis Pérez Maldonado con documento de identificación N°. 0913456851, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación “Diseño e implementación de un control basado en redes neuronales artificiales para la posición óptima de paneles solares de un sistema fotovoltaico en la escuela primaria Camino al Espacio”, realizado por Rai Romario Andrade Caicedo y Oswaldo Alberto Sanyer Espinoza con documentos de identificación N° 0931610919 y 095798199 respectivamente, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico, que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 10 de Octubre del 2021

Atentamente,



Carlos Luis Pérez Maldonado
C.I. 09134556851

DEDICATORIA

Este Proyecto de Titulación va dedicado inicialmente a mi madre María Leonor, quien ha sido la persona que más ha influenciado en mi vida, siempre con su cariño, enseñándome que con visión y fuerza de voluntad se logran grandes cosas tanto como persona y en lo profesional.

A mis hermanos mayores Raúl y Rafael, quienes desde pequeño siempre han estado ahí para guiarme y corregirme, con el propósito de convertirme en una persona con objetivos y metas en la vida.

A mi padre Luis Adolfo que con sus consejos me ayuda a ver la realidad de la vida y la mejor manera de sobrellevarla.

Rai Romario Andrade Caicedo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación en primer lugar a mi familia, que me ha apoyado y brindado el soporte por el cual he podido continuar esforzándome y llegar a la meta de terminar mis estudios universitarios, a mis padres Carlos y Magali, por haberme empujado a ser mejor durante todos estos años, que han sacrificado mucho para que yo pueda cumplir con mi sueño, a mis hermanos Paola y Carlos que también jugaron un papel importante durante mis años universitarios, aconsejándome y ayudándome en mis momentos más difíciles, y también quiero dedicarle este trabajo a una persona muy especial para mí, mi novia Verónica, que en tan poco tiempo se convirtió en mi inspiración y me brindó todo su apoyo para que yo continúe luchando por mi título universitario.

Oswaldo Alberto Sanyer Espinoza

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios por darme las fuerzas necesarias para sobrellevar todos los obstáculos y lograr las metas que me propongo de mejor manera.

A mi madre María Leonor que siempre siendo tan carismática me enseña que el optimismo es una pieza fundamental para llevar una vida sana y juiciosa.

A mis hermanos mayores Raúl y Rafael los cuales me han apoyado en mis metas, impartíendome sus conocimientos y enseñándome con sus experiencias los mayores retos que la vida te da, siempre de manera incondicional.

A mi padre Luis Adolfo quien a lo largo del tiempo con su experiencia me ha enseñado la manera de sobrellevar los obstáculos que se presentan en la vida.

A mis familiares y amigos que han sido una pieza fundamental en mi vida, enseñándome que llevar una vida con carisma y empatía es muy importante para crecer como persona.

Rai Romario Andrade Caicedo

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a las personas más influyentes en mi vida, a mi madre Magali y a mi padre Carlos, que sin sus enseñanzas, consejos y buenos tratos me han llevado a ser la persona que soy hoy en día. También agradezco a mis profesores, que durante todos estos años más que enseñarnos contenidos de la materia, nos han enseñado valiosas lecciones de vida y siempre los tendré presentes. Por último, agradezco a todas las personas, familiares amigos y conocidos, que estuvieron ahí apoyándome de una manera ya sea en malos o buenos momentos, gracias a todos por estar ahí.

Oswaldo Alberto Sanyer Espinoza

RESUMEN

El fin de este proyecto es mejorar la eficiencia de un sistema fotovoltaico ubicado en la escuela primaria "Camino al Espacio", mediante la implementación de un controlador basado en redes neuronales para ajustar la posición del panel solar de manera que este reciba la mayor cantidad de radiación solar, y así reducir los tiempos de carga de la batería. El sistema fotovoltaico suministra energía eléctrica a un sistema de videovigilancia de CCTV de manera continua durante las 24 horas del día, el cual comprende toda la planta baja y exteriores del plantel, brindando así un ahorro económico sustancial al consumo de energía eléctrica del sistema eléctrico convencional. Con el avance de la tecnología a través del tiempo, nos hemos visto en la necesidad de implementar un sistema que pueda mejorar una instalación y traerla a los estándares actuales tanto de funcionamiento como de diseño.

Partimos desde el análisis de la carga que representa el sistema de CCTV y se selecciona los instrumentos adecuados para el sistema, además de estudiar las horas de sol pico en el área y el movimiento relativo del sol con respecto al plantel. Adicional se implementa una caja de control con el fin de seleccionar alimentación proveniente ya sea del sistema fotovoltaico o del sistema eléctrico convencional, con el propósito de evitar tener que mantener las cámaras fuera de línea en caso de mantenimientos o algún otro inconveniente, de esta manera el sistema seguirá funcionando las 24 horas del día.

Con el sistema implementado y en funcionamiento se realizan pruebas de desempeño las cuales nos muestran una mejora del 21% en la rapidez con la que carga la batería cuando el control del panel por medio de la red neuronal se encuentra en funcionamiento, demostrando así la mejora en la recepción de la radiación solar por parte del panel al implementar el seguidor solar.

ABSTRACT

The purpose of this project is to improve the efficiency of a photovoltaic system, which is located in the “Camino al Espacio” elementary school. We achieve this by implementing a controller based on neural networks to adjust the position of the solar panel so that it receives the greatest amount of usable solar radiation, and thus it will reduce battery charging times. The photovoltaic system supplies electrical energy to a CCTV video surveillance system continuously 24 hours a day, which comprises the entire ground floor and exterior of the campus, thus providing substantial economic savings to the electrical energy consumption of the conventional electrical system. With the evolution of technology over time, we have seen the need to implement a system that can improve an installation and bring it to current standards of both operation and design.

We start from the analysis of the load that the CCTV system represents and the appropriate instruments and equipment are selected for the installation of the system, in addition to studying the hours of peak sun in the area and the relative movement of the sun with respect to the campus.

Additionally, a control box is implemented alongside the DVR in order to select power from either the photovoltaic system or the conventional electrical system, in order to avoid having to keep the cameras offline in case of maintenance or any other inconvenience, this will allow the system to continue in operation 24 hours a day.

With the system implemented and in operation, performance tests are carried out which show us an improvement of 21% in the speed at which the battery charges when the panel control through the neural network is in operation, these tests in the end show an improvement in the reception of solar radiation by the panel when implementing the solar tracker.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTOS.....	7
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
INDICE DE CONTENIDO	11
INDICE DE FIGURAS.....	14
INDICE DE TABLAS.....	19
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIAS	20
INTRODUCCIÓN.....	21
1 EL PROBLEMA.....	22
1.1 Descripción del problema	22
1.2 Antecedentes	23
1.3 Grupo Objetivo	23
1.4 Importancia y Alcances	25
1.5 Delimitación.....	25
1.6 Objetivos	26
1.6.1 <i>Objetivo General</i>	26
1.6.2 <i>Objetivos Específicos</i>	26
1.7 Marco Metodológico	26
1.7.1 <i>Método Lógico - Deductivo</i>	27

	12
1.7.2 Método Histórico - Lógico	27
2 MARCO TEÓRICO	28
2.1 Inteligencia Artificial.....	28
2.1.1 Presente y Futuro de la IA.....	28
2.1.2 Aplicaciones de la Inteligencia Artificial	30
2.1.3 Métodos de Inteligencia Artificial	30
2.1.4 Machine Learning o Aprendizaje Automático.....	31
2.1.5 Lógica Difusa.....	31
2.1.6 Redes Neuronales Artificiales.....	34
2.1.6.1 El Perceptrón.....	35
2.1.6.2 Red Adaline (Adaptive Linear Network)	38
2.1.6.3 Perceptrón VS Adaline.....	40
2.2 Energías Renovables	40
2.2.1 La Energía.....	40
2.2.2 La Energía Renovable.....	41
2.2.2.1 Energía Solar.....	42
2.2.2.2 Sistemas Fotovoltaicos	45
2.3 Sistemas CCTV.....	51
2.3.1 Que es un Sistema CCTV	51
2.3.2 Componentes de un Sistema CCTV.....	52
3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	54
3.1 Sistema Fotovoltaico	54

	13
3.1.1 <i>Cálculo y diseño del sistema</i>	54
3.1.2 <i>Implementación y Montaje</i>	57
3.1.2.1 Paneles Solares 200W	57
3.1.2.2 Panel Solar 30W RNA	61
3.1.2.3 Caja de control	65
3.1.2.4 Almacenador de Energía	68
3.2 Control Neuronal	71
3.2.1 <i>Diseño y Programación</i>	71
3.2.2 <i>Fabricación de PCB para Control Neuronal</i>	86
3.3 Sistema CCTV	89
3.3.1 <i>Análisis de ubicación e instalación</i>	89
3.3.2 <i>Caja de control Sistema CCTV</i>	97
4 RESULTADOS.....	103
4.1 Sistema en Modo Estático.....	103
4.2 Sistema en Modo Dinámico.....	106
4.3 Comparativa Sistema Modo: Estático - Dinámico	109
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES.....	112
REFERENCIAS	113
ANEXOS	116

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación geográfica de la escuela Camino al Espacio	24
Figura 1.2 Foto frontal de la Escuela Camino al Espacio	24
Figura 2.1 Machine Learning (Cámara de Comercio Madrid, 2019)	31
Figura 2.2 Ejemplo de Lógica Difusa (Obando, 2017)	32
Figura 2.3 Arquitectura de un Sistema Experto (Díez, 2010).....	32
Figura 2.4 Proceso de Minería de Datos (Veloso, 2019)	33
Figura 2.5 Gráfico de una Red Bayesiana (Lopez, 2017)	33
Figura 2.6 Ingeniería del conocimiento (Moreno, 2011)	34
Figura 2.7 Modelo de una red neuronal (Marín, 2016)	35
Figura 2.8 Arquitectura de Red Perceptrón (Galván, 2018).....	36
Figura 2.9 Componentes de un calentador solar de agua (Bulnes & Brown, 2010)	43
Figura 2.10 Estructura de una Celda Fotovoltaica (Bulnes & Brown, 2010)	44
Figura 2.11 Zoom de un panel solar policristalino de silicio (Bulnes & Brown, 2010) ..	45
Figura 2.12 Estructura de un Panel Solar (Vilaseca & Barrio, 2017)	46
Figura 2.13 Tipo de Panel Solar según su Celda Fotovoltaica (Vilaseca & Barrio, 2017)	46
Figura 2.14 Conexión del Regulador en un sistema fotovoltaico (Vilaseca & Barrio, 2017)	47
Figura 2.15 Tipos de Baterías (Vilaseca & Barrio, 2017).....	48

Figura 2.16 Conexión del Inversor en un sistema fotovoltaico (Vilaseca & Barrio, 2017)

49

Figura 2.17 Estructura del sistema fotovoltaico aislado (Imago, 2021)..... 50

Figura 2.18 Estructura del sistema fotovoltaico conectado a la red (Imago, 2021) 51

Figura 3.1 Panel Solar 200W 57

Figura 3.2 Soportes para panel solar de 200W 58

Figura 3.3 Chumacera con rodamiento para soporte de panel solar 200W..... 58

Figura 3.4 Panel de 200W con soporte regulable..... 59

Figura 3.5 Instalación de paneles solares de 200W con soportes en techo 59

Figura 3.6 Paneles solares de 200W con soportes instalados visto desde el punto 60

Figura 3.7 Paneles solares de 200W con soportes instalados visto desde planta baja60

Figura 3.8 Instalación de Servomotor en panel de 30W 61

Figura 3.9 Panel solar de 30W con soportes para montaje 61

Figura 3.10 Sensor de Luz FT-1 en panel solar de 30W 62

Figura 3.11 Sensor de Luz FT-2 en panel solar de 30W 62

Figura 3.12 Circuito convertidor de sensores de luz FT-1 y FT-2 en panel de 30W 63

Figura 3.13 Instalación de panel solar 30W con soportes 63

Figura 3.14 Protección metálica para lluvia y sol en Servomotor 64

Figura 3.15 Vista general de paneles solares instalados..... 64

Figura 3.16 Vista lateral de ubicación paneles solares..... 65

Figura 3.17 Diagrama eléctrico sistema fotovoltaico 66

Figura 3.18 Armado y cableado de la caja de control para sistema fotovoltaico..... 67

Figura 3.19 Ubicación y montaje de la caja de control fotovoltaico	67
Figura 3.20 Caja de control Sistema fotovoltaico	68
Figura 3.21 Base para Batería 70Ah.....	69
Figura 3.22 Ubicación de base para Batería 70Ah	69
Figura 3.23 Conexionado de Batería 70Ah	70
Figura 3.24 Protección de bornes Batería 70Ah.....	70
Figura 3.25 Batería y caja de control sistema fotovoltaico.....	71
Figura 3.26 Movimiento de Panel respecto a su eje X	72
Figura 3.27 Inclinación del sol en el año de acuerdo a la latitud (Astro y Ciencia, 2021)	73
Figura 3.28 Modulo sensor de luz	74
Figura 3.29 Ubicación de Fotodiodos en panel solar 30W	74
Figura 3.30 Ubicación del Servomotor en panel solar 30W.....	75
Figura 3.31 Servomotor MG 995 15Kg/N.cm	76
Figura 3.32 Funcionamiento Servomotor MG 995.....	76
Figura 3.33 Red Neuronal Adaline del sistema	79
Figura 3.34 Programación inicial del Microcontrolador.....	81
Figura 3.35 Declaración de variables en Microcontrolador.....	81
Figura 3.36 Parámetros para el uso de entradas análogas y LCD en PIC	81
Figura 3.37 Configuración del PWM en el microcontrolador.....	83
Figura 3.38 Escalado de señales análogas en el microcontrolador.....	84
Figura 3.39 Sentencia para el uso de la Red Adaline en el PIC	85

Figura 3.40 Programación para la muestra de datos en el LCD del PIC	85
Figura 3.41 Programacion de la función Red_Adaline	86
Figura 3.42 Diseño PCB en Proteus (Schematic).....	87
Figura 3.43 Diseño PCB en Proteus (Layout)	87
Figura 3.44 PCB de control neuronal lista para soldar	88
Figura 3.45 Placa PCB lista para montaje.....	88
Figura 3.46 Ubicación Cámara 1.....	91
Figura 3.47 Ubicación Cámara 2.....	91
Figura 3.48 Ubicación Cámara 3.....	92
Figura 3.49 Ubicación Cámara 4.....	92
Figura 3.50 Ubicación Cámara 5.....	93
Figura 3.51 Ubicación Cámara 6.....	93
Figura 3.52 Ubicación Cámara 7.....	94
Figura 3.53 Ubicación Cámara 8.....	94
Figura 3.54 Ubicación Cámara 9.....	95
Figura 3.55 Ubicación Cámara 10.....	95
Figura 3.56 Ubicación Cámara 11.....	96
Figura 3.57 Ubicación Cámara 12.....	96
Figura 3.58 Ubicación Cámara 13.....	97
Figura 3.59 Diseño del PCB para el Sistema CCTV en Proteus.....	98
Figura 3.60 Diseño del circuito impreso para el Sistema CCTV	98
Figura 3.61 Circuito impreso caja de control Sistema CCTV	99

Figura 3.62 Caja de control con la PCB instalada.	99
Figura 3.63 Instalación caja de control Sistema CCTV.....	100
Figura 3.64 Sistema CCTV instalado con el DVR y monitor.....	100
Figura 3.65 Selector para alimentación del sistema CCTV.	101
Figura 3.66 Sistema CCTV en funcionamiento	102
Figura 4.1 Inicio de carga de Batería, día 1 - Modo Estático	104
Figura 4.2 Fin de carga de Batería, día 1 – Modo Estático.....	105
Figura 4.3 Inicio de carga de Batería, día 2 – Modo Estático	105
Figura 4.4 Fin de carga de Batería, día 2 – Modo Estático.....	106
Figura 4.5 Inicio de carga de Batería, día 1 (Modo Dinámico).....	107
Figura 4.6 Fin de carga de Batería, día 1 (Modo Dinámico).....	108
Figura 4.7 Inicio de carga de Batería, día 2 (Modo Dinámico).....	108
Figura 4.8 Fin de carga de Batería, día 2 (Modo Dinámico).....	109

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Relación porcentaje – año de inteligencia artificial a nivel humano (Galan y Valls, 2018).....	29
Tabla 3.1 Consumo de energía eléctrica de cámaras análoga en planta baja de la escuela Camino al Espacio (Autores, 2021)	54
Tabla 3.2 Datos de irradiación solar mensual en Ecuador del año 2019 (Vaca y Ordoñez, 2019)	55
Tabla 3.3 Relación Inclinación – Voltaje del panel solar 30W (Autores, 2021).....	72
Tabla 3.4 Parámetros para la red neuronal (Autores, 2021)	78
Tabla 3.5 Ubicación de las cámaras de video vigilancia del sistema CCTV. (Autores, 2021)	90
Tabla 4.1 Tiempo de carga Modo Estático. (Autores, 2021)	103
Tabla 4.2 Tiempo de carga Modo Dinámico. (Autores, 2021)	107
Tabla 4.3 Comparativa de tiempos de carga Modo: Estático vs Dinámico. (Autores, 2021)	109

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIAS

RNA	Red Neuronal Artificial
ISO	International Organization for Standardization
CCTV	Circuito Cerrado de Televisión
MW	Mega Watts (Megavatios)
KW	Kilo Watts (Kilovatios)
KW/H	Kilo watts hora
Ah	Amperio hora
Hz	Hercio
VAC	Voltaje Alterno
SFA	Sistema Fotovoltaico Autónomo
SFCR	Sistema Fotovoltaico conectado a la Red
CCTV	Circuito Cerrado de Television
H.S.P.	Horas de Sol Pico

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el uso de las Redes Neuronales como principal herramienta de un Sistema de Control Automático, ha visto un incremento sustancial en comparación con los otros métodos utilizados comúnmente como lo son los Controladores PID, Sistemas de Control Difuso (FUZZY) y Sistemas ON/OFF. Esto debido a los grandes avances en el desarrollo tecnológico, lo que ha permitido crear sistemas de Inteligencia Artificial más sofisticados, los cuales se enfocan en reproducir el funcionamiento del cerebro humano en un ordenador.

Entre las principales razones por las cuales se han empezado a implementar las Redes Neuronales Artificiales podemos mencionar la simplicidad de diseño y el fácil acceso a algoritmos ya establecidos para crear estos Sistemas de Control basados en Inteligencia Artificial. Por lo tanto, hemos decidido que usar las Redes Neuronales Artificiales es más conveniente para el diseño de este proyecto técnico.

En las instalaciones de Sistemas Fotovoltaicos, la ubicación del Panel Solar es muy importante para poder aprovechar la mayor cantidad de Radiación Solar con el fin de tener una mayor eficiencia, pero estos sistemas convencionales no aprovechan en su totalidad la radiación en ciertas horas, debido a la posición estática del panel lo que causa que la entrega de energía no sea la misma en diferentes horas del día. Es aquí donde entra la implementación de un Control Automático basado en Redes Neuronales Artificiales para optimizar la recepción de la radiación solar por parte del panel, con el fin de aprovechar al máximo las horas de sol que un Sistema Fotovoltaico convencional no lograría por sí solo.

CAPITULO 1

1 EL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En la actualidad el consumo de energía eléctrica es algo que se ha vuelto muy indispensable para el ser humano, a medida que la tecnología avanza la demanda de electricidad crece a gran escala. Uno de los puntos más importantes en este tema es la necesidad de generar este tipo de energía, existen muchos métodos para realizarlo, pero no todos son muy eficientes cuando se trata de evitar el daño al medio ambiente, en este caso las energías renovables son la mejor opción ya que estas no generan un daño al medio ambiente. Para ser específicos este proyecto se enfoca en una problemática que tienen los sistemas fotovoltaicos. Por lo general en estos sistemas los paneles solares se suelen instalar con cierto ángulo de inclinación, para tratar de aprovechar la máxima radiación solar, pero esto solo será eficiente durante ciertas horas en el transcurso del día, ya que debido al movimiento de la tierra con respecto al sol, los ángulos de proyección de la radiación solar hacia el panel serán diferentes en varios momentos, y por ende se desaprovecha gran parte de la Radiación Directa, que es la más adecuada para la transformación a energía eléctrica.

Es en base a esta problemática es que surge la idea de utilizar las aplicaciones de control que tienen el diseño e implementación de Redes Neuronales Artificiales, y la manera en que estas se pueden aprovechar para volver más eficiente un Sistema Fotovoltaico.

1.2 Antecedentes

“En la urbanización Jade, en el km 3,5 vía Samborondon, las luminarias del área común y de la casa club trabajan con energía solar. Su administrador, Fulvio Rodríguez, cuenta que el sistema funciona desde hace tres años y ha permitido ahorro en el consumo de áreas comunes.” (El Universo, 2010). Los sistemas fotovoltaicos han sido implementados en diversos lugares con el paso de los años, y se han convertido en una buena alternativa como suministro eléctrico de pequeñas y grandes instalaciones, por lo tanto, encontrar una manera de optimizar el uso correcto de esta Energía Renovable es de vital importancia para asegurar el mejor funcionamiento de nuestros sistemas.

La Organización Internacional para la Estandarización ISO ha desarrollado en 2011 la norma ISO 50001 el cual se basa en mantener y mejorar la gestión de la energía en una organización, dentro de esta norma esta cumplir ciertos estándares para el control de la Energía Eléctrica, enfocándose en el uso de energías renovables. Al día de hoy muchas industrias optan por tener esta certificación, ya que les conviene crear ahorros en el consumo de los diferentes tipos de energía que utilizan y a su vez poder ayudar a reducir el impacto ambiental.

La finalidad de este trabajo es poder demostrar a cualquier dueño de una instalación fotovoltaica ya sea a pequeña o gran escala, que se puede mejorar el rendimiento de dicho sistema a un relativo bajo costo de inversión.

1.3 Grupo Objetivo

El grupo objetivo en nuestro proyecto se trata de la Escuela primaria “Camino al Espacio”, esta unidad educativa se encuentra localizada en la ciudad de Guayaquil con dirección Saucos 4 Manzana 372 Villa 11. Esta unidad educativa se encuentra

catalogada como “Escuela Popular” y cuenta con una cantidad aproximada de 168 estudiantes con 7 docentes en total.

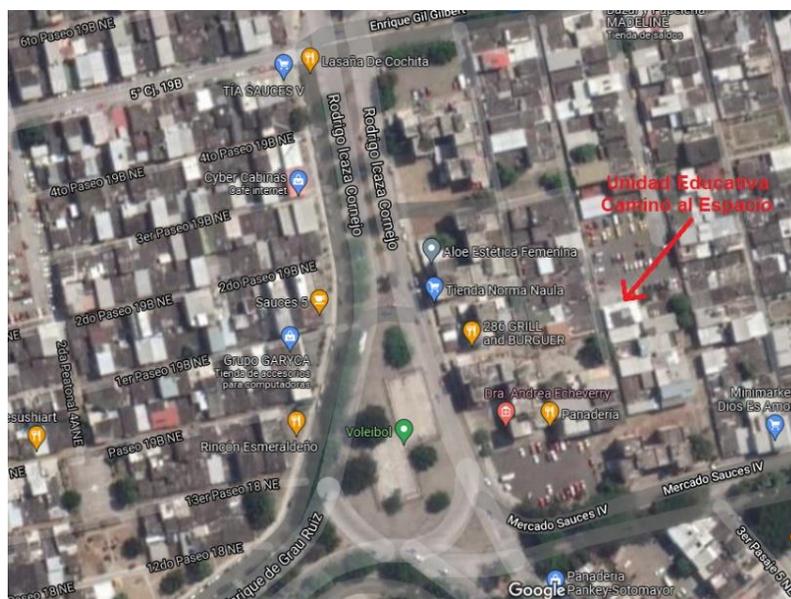


Figura 1.1 Ubicación geográfica de la escuela Camino al Espacio



Figura 1.2 Foto frontal de la Escuela Camino al Espacio

1.4 Importancia y Alcances

La implementación de este proyecto técnico se realizó en la Escuela Primaria Fiscal Camino al Espacio, y se buscó brindar varias soluciones a varios inconvenientes por los que atraviesa la institución, uno de estos beneficios es el económico con la reducción de costos de consumo eléctrico de la institución, en el aspecto social generará conciencia e impulsará a más instituciones a implementar sus propios Sistemas Fotovoltaicos Inteligentes, en el aspecto ambiental ya que se usa energía renovable habrá menos consumo de la red eléctrica y por ende menos impacto al medio ambiente, y en el aspecto técnico se implementó un Sistema CCTV el cual será alimentado por el Sistema Fotovoltaico.

1.5 Delimitación

El proyecto técnico se realizó en las instalaciones de la Escuela Primaria Camino al Espacio, ubicada en la ciudadela Saucos 4 de la ciudad de Guayaquil en la provincia del Guayas, durante los meses de noviembre del 2020 a septiembre del 2021. En este proyecto se realizó el diseño e implementación de un control basado en redes neuronales, para mejorar el rendimiento de un sistema fotovoltaico que servirá como fuente de energía de un sistema CCTV, para aumentar la seguridad del plantel.

Se hicieron cálculos para determinar la carga que todo el sistema CCTV produce para poder determinar el número de paneles solares a implementar y el tipo de batería a usar, además se realizaron pruebas de rendimiento sin carga, y se hará una comparación entre el sistema convencional y el sistema con el control neuronal implementado, para demostrar la mejora del mismo.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un control basado en algoritmos de redes neuronales artificiales, para mejorar la eficiencia en la recepción de radiación solar en el panel de un sistema fotovoltaico.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un algoritmo basado en redes neuronales artificiales para el movimiento angular del panel solar respectivo.
- Implementar el diseño del algoritmo de RNA en un microcontrolador PIC.
- Diseñar y realizar el montaje mecánico entre los sensores y actuadores hacia el microcontrolador.
- Dimensionar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía a un CCTV.
- Realizar una comparativa en modo estático y dinámico del sistema para dar una demostración de la mejora con control neuronal.

1.7 Marco Metodológico

Para este Proyecto Técnico se procedió a realizar un análisis para encontrar una manera de mejorar la eficiencia en la entrega de potencia de un panel solar, existen algunas formas de hacerlo basándonos en la Teoría de Control, pero en nuestro caso, optamos por realizarlo a base de inteligencia artificial, en específico; aprovechar las ventajas que nos ofrecen las redes neuronales en la parte de control.

Las metodologías a utilizar dentro del análisis se describen a lo largo del documento.

1.7.1 Método Lógico - Deductivo

El principio de funcionamiento y estructura de un sistema de control se forma de: entrada o referencia, control, proceso y salida. Teniendo en cuenta esto, aplicamos el método lógico-deductivo para estructurar e implementar con las redes neuronales un control similar, que en este caso estará formado por: una entrada, un proceso llamado control neuronal y una salida. El sistema cumplirá la función de estabilizar la salida deseada tal cual como los sistemas de control convencionales.

1.7.2 Método Histórico - Lógico

A medida que el tiempo y la tecnología avanza, se busca crear nuevas cosas u optimizar sistemas ya establecidos, en este caso existen controles de seguidores solares que ya han sido implementados. Aplicando el Método Histórico-Lógico, se buscó seguir esa línea, donde basados en las mejoras que se han hecho desde el pasado, poder avanzar con la misma estructura, pero volviendo el sistema de control más compacto.

CAPITULO 2

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Inteligencia Artificial

El objetivo de la inteligencia artificial es desarrollar ciertos comportamientos en las máquinas para que puedan simular acciones y pensamientos a nivel humano, mediante el desarrollo de métodos de predicción, investigación y toma de decisiones basados en algoritmos complejos.

2.1.1 *Presente y Futuro de la IA*

En los últimos años, varios estudios y pruebas han revelado que la Inteligencia Artificial ha superado en varios ámbitos a la inteligencia humana, siendo uno de los más representativos los videojuegos, ya que se conoce de la existencia de máquinas dedicadas exclusivamente a estos juegos y presentan un gran desafío para las mentes humanas más brillantes, pero es importante recalcar que estas máquinas no todas son 100% autónomas ya que existe intervención humana en la programación.

Estas máquinas nos muestran el avance de la Inteligencia Artificial a través del tiempo, y existen muchas personas que lo verán como un buen avance, pero también hay otros que no piensan de la misma manera, al final la percepción del avance variará conforme el tiempo y progreso tecnológico.

Desde su inceptión, la inteligencia artificial ha avanzado conforme a los avances tecnológicos, acercándose más a reproducir comportamientos humanos, pero este avance está limitado a la tecnología de la época, por lo que se espera que en unos años se vea un avance más acelerado conforme se desarrollan nuevas tecnologías con el

paso de los años, en la siguiente tabla podemos apreciar las predicciones de los expertos:

Inteligencia Artificial a Nivel Humano			
	10%	50%	90%
PT-AI	2023	2048	2080
AGI	2022	2040	2065
EETN	2020	2050	2093
TOP 100	2024	2050	2070
Combinados	2022	2040	2075

Tabla 2.1 Relación porcentaje – año de inteligencia artificial a nivel humano (Galan y Valls, 2018)

Esta tabla nos muestra los resultados de varias encuestas realizadas por Vincent Müller y Bostrom. Estas encuestas se basan en predicciones, pero muchos defienden la teoría que se puede llegar a conseguir la super inteligencia luego de que la IA llegue a un nivel humano. Ciertos avances en varios campos de la inteligencia artificial se ven afectados por el avance de los campos que la conforman, ya que unos campos dependen de otros como por ejemplo el campo de la robótica que va de la mano con el desarrollo de máquinas.

Uno de los principales desafíos es implementar o emular el aprendizaje en las máquinas de una manera que sea similar al aprendizaje humano, teniendo como objetivo la construcción de varios programas que permitan generalizar comportamientos partiendo de varios ejemplos dados, y que den como resultado un patrón de comportamiento.

2.1.2 Aplicaciones de la Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial se aplica en muchas situaciones y tareas en casi todos los ámbitos, desarrollando técnicas para generar patrones de comportamiento acorde a cada campo que lo requiera, de esta manera ciertos trabajos que tomarían mucho tiempo a un humano se conseguirían realizar de una manera muy rápida gracias a la IA. Algunos de los campos en los que se aplica la inteligencia artificial son:

Detección y clasificación de objetos

Mejoras del desempeño de la estrategia algorítmica comercial

Procesamiento eficiente y escalable de datos de pacientes

Protección contra amenazas de seguridad cibernética

Mantenimiento predictivo

Reconocimiento de imágenes estáticas, clasificación y etiquetado

Distribución de contenido en las redes sociales

Aparte de estas aplicaciones, existen muchos otros campos en los que la IA está inmersa, además de la creación de máquinas para realizar tareas específicas la IA también nos permite crear predicciones gracias al estudio de patrones.

2.1.3 Métodos de Inteligencia Artificial

Las técnicas de la inteligencia artificial hacen referencia a diferentes campos de investigación y de desarrollo de aplicación de la inteligencia artificial. La IA es el tipo de inteligencia que muestran los distintos artefactos creados por los humanos, normalmente referido a los sistemas informáticos, pero también hace referencia al ámbito de la investigación científica en la intención de crear entornos que hagan uso de dicha

inteligencia. Se pretende que la IA se acerque al funcionamiento de la mente humana y se recurre a ella cuando se considera útil incorporar a un sistema de ordenadores un conocimiento o comportamiento ante los eventos que serían más propios de un ser humano.

2.1.4 *Machine Learning o Aprendizaje Automático*

Es una rama que busca desarrollar técnicas que permitan a las máquinas aprender por sí mismas, mediante la creación de varios programas que permitan generalizar respuestas partiendo de información sin estructura, que se muestra a manera de ejemplos, y con esto se genera el conocimiento en el ordenador.

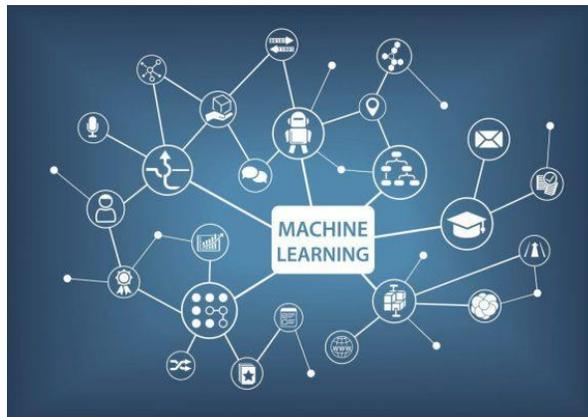


Figura 2.1 Machine Learning (Cámara de Comercio Madrid, 2019)

2.1.5 *Lógica Difusa*

Este método se basa en la observación y la relatividad de un escenario, en este tipo de IA se toman valores al azar, que ya son contextualizados y relacionados entre sí. Su principal herramienta es la existencia de reglas heurísticas de la forma Si (antecedente), Entonces (consecuente), ambos siendo conjuntos difusos ya sean puros o el resultado de alguna operación.

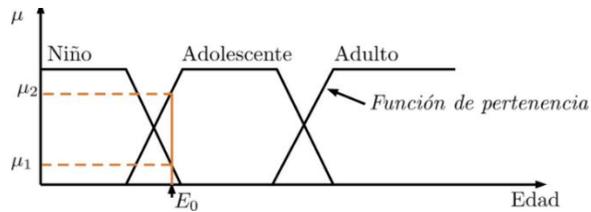


Figura 2.2 Ejemplo de Lógica Difusa (Obando, 2017)

Los Sistemas expertos

Se basa en la creación de un sistema que sirve con consultor para los usuarios de la interfaz en la que está implementado. Normalmente ofrecen respuestas a alguna problemática muy específica, y sus inferencias son muy similares al del ser humano.

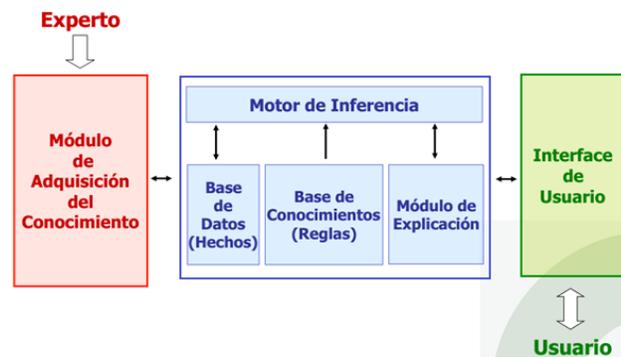


Figura 2.3 Arquitectura de un Sistema Experto (Díez, 2010)

Data Mining

Este método se basa en encontrar una información determinada que está implícita en una serie de datos trabajados, esta información es procesada y utilizada para otro proceso. También es usado para encontrar información que se encuentra oculta en datos específicos.



Figura 2.4 Proceso de Minería de Datos (Veloso, 2019)

Red Bayesiana

Es un modelo probabilístico, que realiza una relación entre variables aleatorias con un gráfico dirigido, el cual indica la influencia que estos tienen de manera explícita. Utiliza el Teorema de Bayes para su actualización, así se puede calcular probabilidades en caso de haber nuevos datos.

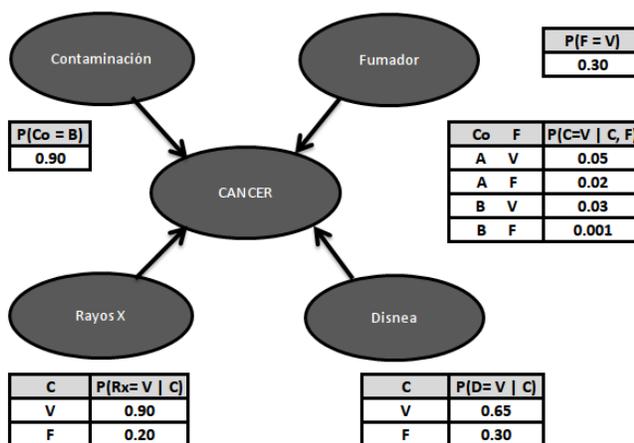


Figura 2.5 Gráfico de una Red Bayesiana (Lopez, 2017)

Ingeniería del conocimiento

Es la creación de nuevo conocimiento a partir de información ya conocida almacenada en bases de datos o documentos realizando un cruce de información. Utiliza los métodos (actor-red) y (traducción-traslación) para llegar a nuevos estados evolutivos de las redes.

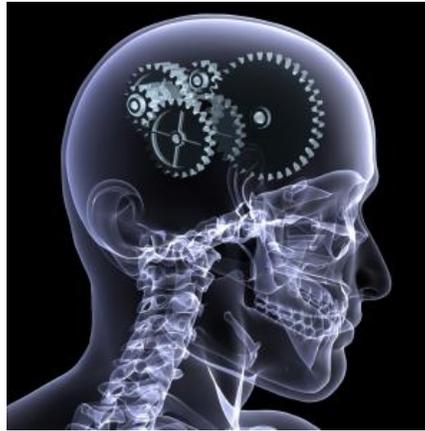


Figura 2.6 Ingeniería del conocimiento (Moreno, 2011)

2.1.6 *Redes Neuronales Artificiales*

Las Redes Neuronales Artificiales están se inspiran en las Redes Biológicas, variando de estas su funcionalidad y en la forma en la que estas están conectadas, teniendo como principales características:

Fase de entrenamiento: A partir de un conjunto de datos se determinan los pesos para definir al modelo de la red neuronal. Se crean iteraciones que calculan estos pesos tomando en cuenta los valores de entrenamiento, intentando minimizar el error entre la salida del sistema y el de la red.

Fase de Prueba: Esta fase realiza una comparación entre los valores deseados y los valores actuales de la fase de aprendizaje, a modo de validación, para controlar

que en el proceso no exista un sobreajuste y se pierda la generalización por parte de la red.

El elemento de computación se denomina habitualmente nodo o unidad, el cual recepta una entrada desde otras unidades o de una fuente externa de datos. Todas las entradas poseen un peso asociado w , el cual se modifica durante el proceso de aprendizaje. Las neuronas aplican una función f de la suma de las entradas mediante los pesos:

$$y_i = \sum_j w_{ij} y_j$$

Este resultado sirve como salida a otras unidades

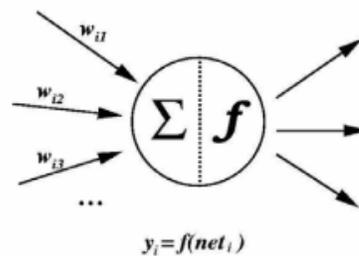


Figura 2.7 Modelo de una red neuronal (Marín, 2016)

2.1.6.1 El Perceptrón

Es la manera más simple de representar una red neuronal, y se utiliza para la clasificación de ciertos tipos especiales de patrones. Fue propuesto por Frank Rosenblatt en 1959.

Su aprendizaje se basa en la adaptación supervisada, y es mayormente usado como sistema de clasificación automático.

Arquitectura del Perceptr3n Simple

El perceptr3n simple se conoce como una red monocapa con varias neuronas de entrada, las cuales se encuentran conectadas a la neurona de salida.

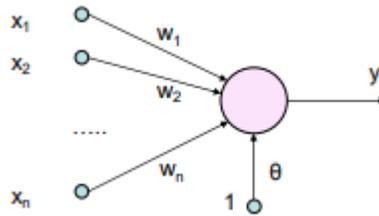


Figura 2.8 Arquitectura de Red Perceptr3n (Galv3n, 2018)

$$y = \begin{cases} 1, & \text{si } w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n + \theta > 0 \\ -1, & \text{si } w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n + \theta \leq 0 \end{cases}$$

El perceptr3n es un hiperplano, cuya dimensi3n n-1 es capaz de separar las clases:

- Si la salida es +1, la entrada va a pertenecer a una clase (situada a un lado del hiperplano)
- Si la salida del -1, la entrada va a pertenecer a la clase contraria (situada al otro lado del hiperplano)

La ecuaci3n que representa al hiperplano es:

$$w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n + \theta = 0$$

Aprendizaje del Perceptrón Simple

Iniciamos con un conjunto de patrones de los cuales conocemos su categoría, estos serán representados como puntos en el espacio multidimensional.

$$R^n: (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Se determina la ecuación del hiperplano lo que ordena los ejemplos de cada clase en los lados del hiperplano. Esta ecuación se encuentra a partir de los datos adquiridos. Se realizan las iteraciones supervisadas, donde se procede a variar los valores de los pesos y el valor del umbral hasta hallar el hiperplano discriminante.

Paso 1: Se inicializan los pesos y el umbral de manera aleatoria

$$\{w_1(0)\}_i = 0, \dots, \theta(0)$$

Paso 2: Elegimos un patrón entrada-salida

$$[x = (x_1, x_2, \dots, x_n), d(x)]$$

Paso 3: Calculamos la salida

$$y = f(x_1 w_1, x_2 w_2, \dots, x_n w_n + \theta)$$

Paso 4: Si $y = d(x)$ (correcta)

Si $y \neq d(x)$ (incorrecta) modificamos los pesos y el umbral

$$w_i(t + 1) = w_i(t) + d(x)x_i\theta(t + 1) = \theta(t) + d(x)$$

Ley de Aprendizaje

$$\text{Si } x \in A, d(x) = 1 \Rightarrow w_i(t+1) = w_i(t) + w_i \theta(t+1) = \theta(t) + 1$$

$$\text{Si } x \in B, d(x) = -1 \Rightarrow w_i(t+1) = w_i(t) - w_i \theta(t+1) = \theta(t) - 1$$

Paso 5: Se vuelve al paso 2 hasta completar el conjunto de patrones de entrenamiento

Paso 6: Se repiten los pasos 2, 3, 4 y 5 hasta alcanzar el criterio de parada

2.1.6.2 Red Adaline (Adaptive Linear Network)

A diferencia del perceptrón, esta no utiliza el umbral para el aprendizaje, solo toma en cuenta si el valor de la salida es acertado o no. Se utiliza el valor de la salida (que es un valor real) y se realiza una comparación entre el valor deseado y la salida producida.

Todo patrón de entrada x^p se toma en cuenta el error $d^p - y^p$, con el objetivo de tener una red en la cual la salida deseada sea aproximada a la salida real de la red para cada patrón.

Regla Delta

Los patrones son formados por pares de valores (x^p, d^p) , x^p es el vector de entrada; d^p su salida deseada (real). Se usa la diferencia entre la salida generada para cada patrón p y la deseada $(d^p - y^p)$. Se utiliza

la función de error para todo el conjunto de patrones, normalmente el error cuadrático medio.

$$E = \sum_{p=1}^m E^p = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^m (d^p - y^p)^2$$

La Regla Delta encuentra el conjunto de pesos los cuales reducen la función de error, se realiza el proceso iterativo en el cual se presentan los patrones individualmente y se cambian los pesos y el umbral de la red usando la regla del descenso del gradiente.

$$w_j(t + 1) = w_j(t) + \Delta_p w_j$$

Aprendizaje Red Adaline

Paso 1: Se inicializan los pesos y el umbral de forma aleatoria

Paso 2: Se presenta un patrón como entrada

Paso 3: Se calcula la salida real, se la compara con la salida deseada y se resta:

$$(d^p - y^p)$$

Paso 4: Se calcula para cada uno de los pesos y para el umbral:

$$\Delta_p w_j = \gamma (d^p - y^p) x_j \quad \Delta_p \theta = \gamma (d^p - y^p)$$

Paso 5: Se asignan nuevos valores a los pesos y al umbral:

$$w_j(t + 1) = w_j(t) + \Delta_p w_j \quad \theta(t + 1) = \theta(t) + \Delta_p \theta$$

Paso 6: Repetir los pasos 2, 3, 4 y 5 para todos los patrones de entrenamiento (1 ciclo)

Paso 7: Se repiten cada uno de los pasos 2, 3, 4, 5 y 6 el número de veces que sea necesario para encontrar el error permitido.

2.1.6.3 Perceptrón VS Adaline

La salida del Perceptrón es un valor binario, en cambio la salida en la red Adaline es un valor real lineal.

Para la red Adaline, existe la cuantificación del error al comparar la salida deseada con el de la red, en el Perceptrón solo existe el conocimiento de si la red se ha equivocado o no.

La red Adaline utiliza una razón de aprendizaje, la cual afecta al error en cada iteración, en el Perceptrón esta razón solo afecta a la salida, haciendo que los cambios sean menos bruscos

2.2 Energías Renovables

2.2.1 La Energía

El planeta Tierra y su naturaleza es considerada un reservorio de almacenamiento de energía, las plantas, los animales y todos sus seres vivos o elementos inanimados producen un nivel y tipo de energía. Por ejemplo; El choque producido por la caída de agua en una cascada es una forma de energía. El viento producido por los huracanes, los movimientos de las olas en el mar, La erupción de un volcán; todos estos eventos son formas de energía que se producen de manera natural. Y si tratamos de cuantificarlo, nos daremos cuenta que son transformadas en gran cantidad y potencia.

Los seres vivos también son un mecanismo que transforma energía a través de los alimentos para poder sobrevivir. Cuando una persona se siente cansada o decaída,

se dice que no tiene energía, entonces esto lo asociamos con la actividad. El movimiento o la fuerza vinculada a la actividad que podría generarse.

Entonces, cuando hablamos de energía, también estamos asociando su concepto con la fuerza, empleando los dos términos indistintamente. Mientras más fuerza ejerza un cuerpo más energía necesitará, o si una fuerza se mantiene ejercida de manera constante por mayor tiempo, requerirá así mismo una mayor cantidad de energía.

Definimos Trabajo como una fuerza aplicada por una distancia determinada, simbólicamente: $W = F \cdot d$. Donde “W” se lo conoce como Trabajo y su medida está dada por Joule (J) o Newton por Metro (N.M), “F” es la fuerza medida en Newton (N) y “d” que es la distancia en metros (m).

Mientras tanto a la Energía la definimos como la capacidad para producir Trabajo, teniendo la misma medida en Joule (J). Trabajando un poco las unidades $J = \text{Kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$. $\text{m} = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$; la velocidad es igual a la distancia sobre tiempo $v = \text{m}/\text{s}$, entonces $J = \text{kg} \cdot v^2$ y aquí es donde Albert Einstein (1879-1955) dedujo su famosa Formula:

$$E = m \cdot c^2$$

Donde “E” es igual a la Energía medida en Joule (J), “m” la masa medida en Kilogramos (kg) y “c” la velocidad de la luz la cual es una constante igual a 3×10^8 m/s.

Esta fórmula nos enseña que la Materia y la Energía son intercambiables, siempre que se produzca a la velocidad de la luz. (Fundación Natura, 2004)

2.2.2 La Energía Renovable

La Energía Renovable es aquella energía que se produce de manera continua, que es inagotable a escala humana, es esa energía que se renueva constantemente sin

afectar de manera relevante a la naturaleza evitando así, crear contaminantes que afecten al medio ambiente.

Las energías renovables se proyectan de forma directa e indirecta, siempre de manera constante, y es aquí donde se tiene en cuenta que los combustibles fósiles no entran en esta categoría ya que poseen una fuente o reserva agotable en un plazo determinado.

Entre las principales formas de energía renovable tenemos: Hidráulica, eólica, Solar, geotérmica, biomasa y energías marinas. (Instituto tecnológico de Canarias, 2008)

Los 3 tipos de energía renovable más utilizada a nivel mundial son: Hidráulica, Eólica y solar. (Wireless-Energy, 2021).

2.2.2.1 Energía Solar

El planeta Tierra recibe Energía Solar continuamente a una potencia de 62.600 kW por cada metro cuadrado de superficie. Todo esto ha venido sucediendo a lo largo de 4.500 millones de años, y se tiene estimado que continuara así por otros 5 mil millones de años más. Con esta cifra es prácticamente una energía ilimitada en términos de la existencia de la humanidad. Basada en esta información se estima que, en un periodo de solo dos días, el planeta Tierra recibe una cantidad de energía que equivale a todas las reservas existente de petróleo, gas, carbón y cerca de 60 veces el consumo anual de la sociedad humana. (Bulnes & Brown, 2010)

Esto nos da la idea del gran potencial que tiene la energía del sol, para cubrir y satisfacer las demandas energéticas del mundo.

Hoy en día existen dos tipos de tecnologías que aprovechan la radiación proporcionada por el sol, la Energía solar térmica y la Energía solar fotovoltaica.

Energía Solar Térmica. La energía solar térmica aprovecha las elevadas temperaturas proyectadas por la radiación del sol, y es en el siglo XVII cuando se comenzó a utilizar este tipo de energía. En 1767 el científico Horace de Saussure decidió poner a prueba de manera experimental un pequeño proyecto para estudiar este fenómeno, teniendo en cuenta que para ese entonces se conocía que el vidrio tenía una gran capacidad para retener el calor. Su modelo consistía en una caja con fondo negro, la cual aislaba con lana sus costados y cubría la parte superior con una tapa hecha de vidrio. Al momento de exponer este modelo a los rayos del sol, Saussure se dio cuenta que en el interior podía medir una temperatura de hasta 120 grados centígrado. Estos niveles de calor se dan gracias a que el vidrio es transparente a la luz solar, por lo tanto, esta puede atravesar in ningún problema y a su vez evita que el calor se escape, creando un efecto similar al invernadero.

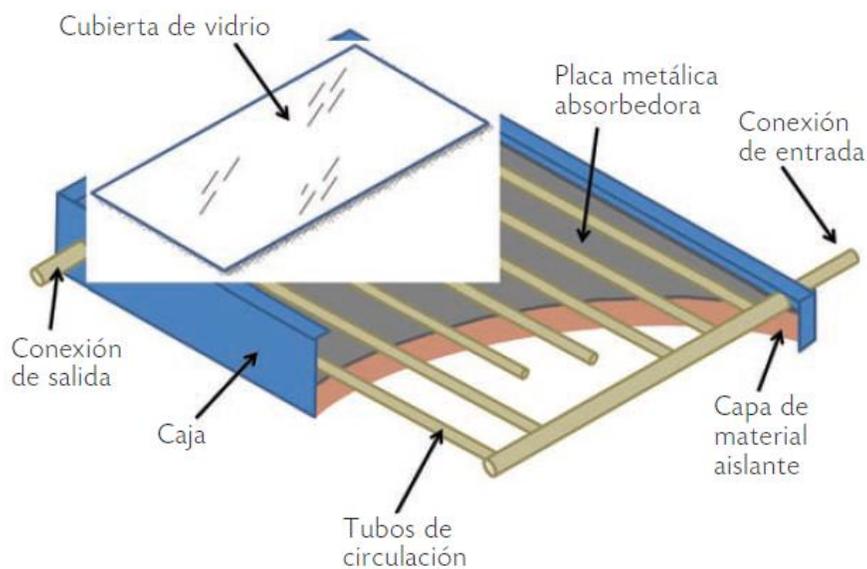


Figura 2.9 Componentes de un calentador solar de agua (Bulnes & Brown, 2010)

Energía Solar Fotovoltaica. La Energía Solar Fotovoltaica se basa en una transformación de la energía solar a energía eléctrica, mediante el llamado Efecto Fotovoltaico. Este efecto se da cuando una luz incide sobre la superficie de unión de dos materiales semiconductores de características electrónicas diferentes. Uno de los semiconductores debe tener la capacidad de ceder parte de sus electrones (llamado material tipo N), mientras que el otro debe aceptar con facilidad electrones adicionales (llamado material tipo P). Esto al compactarlo pasa a tener el nombre de Celda Fotovoltaica. Pero estas poseen un pequeño potencial, lo cual es necesario conectar varias entre sí para aumentar el voltaje o la corriente, y es aquí cuando pasa a llamarse Modulo Solar o Panel Solar. (Bulnes & Brown, 2010)

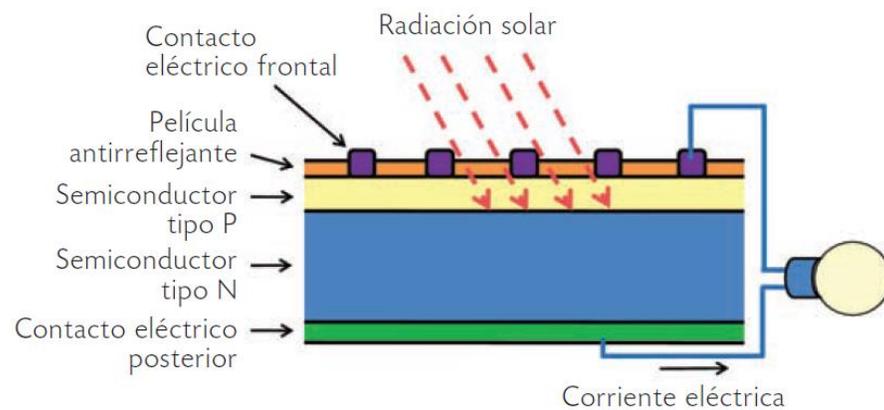


Figura 2.10 Estructura de una Celda Fotovoltaica (Bulnes & Brown, 2010)

La investigación de celdas fotovoltaicas es un área muy activa en los que respecta a la ciencia de materiales, ya que se investigan varios tipos de materiales al silicio que ayuden a la reducción de costos de las celdas y de alguna manera mejorar su eficiencia.



Figura 2.11 Zoom de un panel solar policristalino de silicio (Bulnes & Brown, 2010)

2.2.2.2 Sistemas Fotovoltaicos

Un Sistema Fotovoltaico es el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos, que tienen la misión de producir energía eléctrica a partir de la radiación solar. Su principal componente es el Panel Solar quien se encarga de transformar la energía del sol en energía eléctrica, por medio del efecto fotovoltaico. Los demás equipos que componen un sistema fotovoltaico dependen de las aplicaciones a las que este destinado. Los sistemas fotovoltaicos se clasifican en dos tipos: Sistemas conectado a la Red y Sistema Autónomo. (Perpiñan, Colmenar y Castro, 2012)

Elementos del sistema

El Panel Solar. Un panel solar es el conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una estructura de soporte. Se encarga de transformar la energía recibida por el sol en energía eléctrica.

Entregando una tensión continua que dependiendo su diseño puede entregar 6V, 12V y 24V.

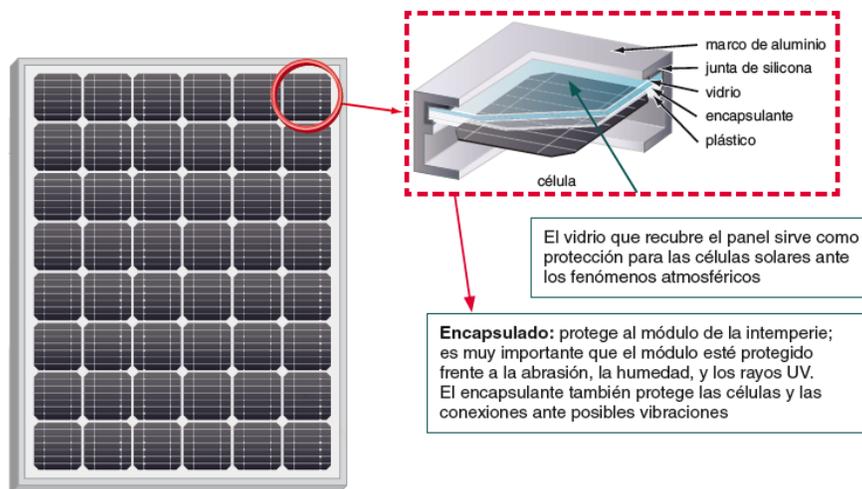


Figura 2.12 Estructura de un Panel Solar (Vilaseca & Barrio, 2017)

Existen 3 tipos de paneles solares que vienen dados por la tecnología de las celdas fotovoltaicas: Silicio Cristalino (Monocristalino y Policristalino) y Silicio Amorfo. (Vilaseca & Barrio, 2017)

Células	Silicio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Figura 2.13 Tipo de Panel Solar según su Celda Fotovoltaica (Vilaseca & Barrio, 2017)

La potencia proporcionada de una celda fotovoltaica de tamaño estándar ronda entre los 1 y 2W, por lo que generalmente es necesario conectarlas como una matriz con el fin de proporcionar una potencia mayor que dependerá de las

necesidades del sistema. Por ende, es aquí donde surge el concepto de Panel Solar.

Los Paneles solares comúnmente vienen en potencias de 20W hasta 600W, en caso de requerir una mayor potencia, se utiliza un diseño donde se conectan paneles en serie o paralelo dependiendo del requerimiento.

El Regulador. En cada sistema fotovoltaico es importante regular la carga en la unión entre los paneles solares y las baterías, por ende, el Regulador cumple esa función, para salvaguardar la seguridad de los equipos interconectados. (Vilaseca & Barrio, 2017)

Por lo tanto, el Regulador trabaja en las dos zonas. En la parte donde está la conexión de la carga, teniendo como misión garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar las sobrecargas. Y en la parte de descarga se ocupa de asegurar el suministro eléctrico suficiente para evitar descargas excesivas de la batería.

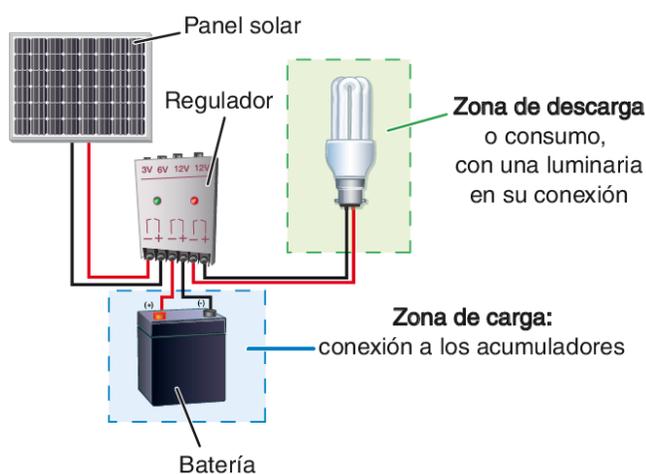


Figura 2.14 Conexión del Regulador en un sistema fotovoltaico (Vilaseca & Barrio, 2017)

El Acumulador. El Acumulador o también llamado Batería, cumple la función de almacenar energía, transformando la energía química en eléctrica y viceversa para su almacenamiento.

La función del almacenador en un sistema fotovoltaico es recibir la energía eléctrica proporcionada por los paneles solares, almacenarla y tiempos después entregarla a la carga de manera regulada, mientras los paneles no estén emitiendo energía (horas nocturnas). De esta manera la carga recibe energía eléctrica constantemente, su conexión puede verse en la Fig. 9. (Vilaseca & Barrio, 2017)

La capacidad de los acumuladores viene dada por el Amperio Hora Ah, que se define como la cantidad de electricidad que puede obtener en una descarga completa del acumulador, partiendo de un estado de carga total.

Las baterías en función a su tecnología de fabricación y electrolitos utilizados se clasifican en: Plomo-acido, Níquel-cadmio, Níquel-metal hidriade y Litio.

Tipo de batería	Tensión por vaso (V)	Tiempo de recarga	N.º de ciclos	Capacidad (por tamaño)	Precio
Plomo-ácido	2	8-16 horas	Medio	30-50 Wh/kg	Bajo
Ni-Cd (níquel-cadmio)	1,2	1 hora	Elevado	50-80 Wh/kg	Medio
Ni-Mh (níquel-metal hydride)	1,2	2-4 horas	Medio	60-120 Wh/kg	Medio
Li ion (ión litio)	3,6	2-4 horas	Medio - bajo	110-160 Wh/kg	Alto

Figura 2.15 Tipos de Baterías (Vilaseca & Barrio, 2017)

El Inversor. El inversor es un elemento que tiene la función de convertir la corriente continua en corriente alterna, igual a las que se utilizan en la red eléctrica (120VAC – 220VAC) a una frecuencia de 50 o 60Hz dependiendo el modelo. (Vilaseca & Barrio, 2017)

Es un elemento imprescindible en las instalaciones que están destinadas a la electrificación de viviendas, donde los equipos que se utilizan son electrodomésticos, los cuales para su funcionamiento necesitan conectarse a corriente alterna.

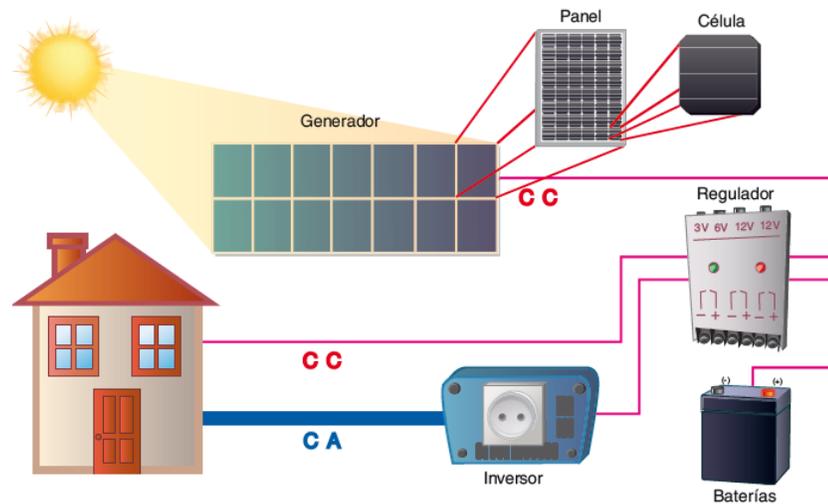


Figura 2.16 Conexión del Inversor en un sistema fotovoltaico (Vilaseca & Barrio, 2017)

Los criterios para seleccionar un inversor DC-AC son:

Alta Eficiencia: Debe funcionar bien para un amplio rango de potencia.

Bajo consumo en vacío: Cuando no hay cargas conectadas

Alta fiabilidad: Resistencia a los picos de arranque

Protección Contra Cortocircuitos.

Seguridad.

Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida

Sistemas Autónomos

Un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) se basa en una estructura la cual emplea la acumulación de energía, para regular la entrega de electricidad a la carga cuando la generación es inferior al consumo eléctrico.

Los SFA domésticos, incorporan cargas en continua. Por esta razón algunas veces no es necesario incluir un inversor DC-AC. Estos sistemas los componen el generador, un acumulador y el regulador de carga - descarga.

Solo cuando el consumo incluye cargas en corriente altera es necesario instalar un inversor en el SFA.



Figura 2.17 Estructura del sistema fotovoltaico aislado (Imago, 2021)

Sistemas Conectados a la Red

Los sistemas conectados a la red tienen como función producir energía eléctrica en condiciones adecuadas para inyectarla a la red convencional. Estos se componen de un generador, un inversor DC-AC y un conjunto de protecciones eléctricas.

Toda la energía producida por este tipo de sistema será consumida de manera parcial o total en las cercanías, y la energía que sobra será inyectada a la red para su distribución. En diferentes países, retribuyen económicamente al

propietario por la energía que su sistema intercambia con la red. (Permiñan, Colmenar & Castro, 2012)

Es los SFCR consta un elemento llamado Medidor Bidireccional, el cual es un tipo de medidor de energía que a diferencia de los convencionales este se utiliza para poder recibir y a la vez inyectar la corriente eléctrica a la red.

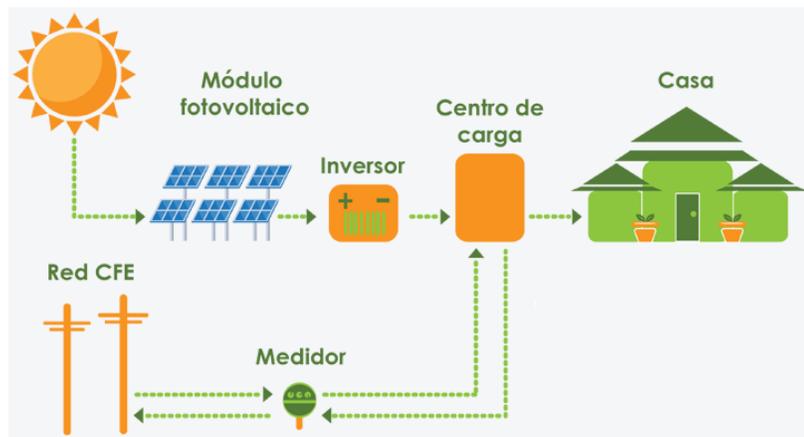


Figura 2.18 Estructura del sistema fotovoltaico conectado a la red (Imago, 2021)

2.3 Sistemas CCTV

2.3.1 Que es un Sistema CCTV

Un sistema CCTV o Circuito Cerrado de Televisión es una instalación de equipos interconectados de tal manera que generan un circuito de imágenes que pueden ser vistas solo por un grupo determinado de personas. Con la finalidad de tener vigilado por medio de cámaras diferentes espacios determinados. (Imsel, 2021).

2.3.2 Componentes de un Sistema CCTV

Los componentes que conforma un circuito cerrado de televisión son:

Cámara de Seguridad. Son dispositivos cuya función es captar las imágenes de un espacio determinado. Dependiendo el modelo, estos pueden tener un campo de visión desde los 120° hasta los 360°. Y en su mayoría cuentan con visión nocturna para las grabaciones en la oscuridad. Existen dos tipos de cámaras de seguridad según su tecnología de transmisión: Cámaras Análogas y Cámaras IP.

Las Cámaras Análogas manejan y transmiten las imágenes de manera análoga hacia el video grabador.

Las Cámaras IP administran y procesan las imágenes de manera digital, para enviarlas y ser procesadas por el video grabador.

Video Grabador. El video grabador es el dispositivo encargado de almacenar y procesar las grabaciones emitidas por las cámaras de seguridad. Por su tecnología existen 2 tipos: los DVR y NVR. (Smart10, 2021)

El DVR o Digital Video Recorder (Video grabador digital) es un equipo diseñado y especializado para trabajar con cámaras de tipo análogas. Su función es recibir la información análoga de las cámaras, convertirlas en formato digital y enviar la compresión de esta información hacia el disco duro.

El NVR o Network Video Recorder (Grabador de video de red) es un equipo que puede ser físico o un Soft instalado en una computadora. Su función es recibir la información ya digitalizada de las Cámaras IP a través de una red (puerto ethernet), grabarlas y administrarlas directamente. (Smart10, 2021)

Monitor. Es el dispositivo encargado de proyectar las imágenes captadas por las cámaras y procesadas por el video grabador. Dependiendo el tipo de cámaras se proyectará el tamaño de resolución y calidad de imagen en el monitor.

Disco Duro. Es el elemento cuya función es almacenar de manera digital todas las imágenes grabadas por las cámaras. Dependiendo su capacidad de memoria almacenara videos en mayor tiempo.

Elementos de conexión. Según el tipo de cámara y videograbador se utilizan elementos de conexión diferentes.

Para los sistemas CCTV análogos los cuales se componente de cámaras análogas y DVR, se suele utilizar cable coaxial o cable UTP el cual tendrá como conector los Baluns, que son dispositivos utilizados para la conexión de tipo análoga entre las cámaras y el DVR

Para los sistemas CCTV digitales, las conexiones entre las cámaras IP y el NVR se utiliza conexión de tipo ethernet, ya que toda su conexión es a través de una red.

Hoy en día gracias a la tecnología también existen cámaras Wifi, las cuales no necesitan ningún tipo de conexión física, ya que su transmisión de información y datos es inalámbrica. (smart10, 2021).

CAPITULO 3

3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1 Sistema Fotovoltaico

3.1.1 *Cálculo y diseño del sistema*

Para diseñar un sistema fotovoltaico empezaremos por sus cálculos el cual es necesario obtener el consumo total en Kw/h del sistema al que se le proporcionara energía eléctrica.

En este caso vamos hacer el cálculo para abastecer de energía las cámaras análogas modelo Hikvision que se encuentran en la planta baja de la Escuela.

Equipo	Voltaje (V)	Potencia (W)	Cantidad	Horas de trabajo	Consumo por día (Kw/h)
Cámara análoga Hikvision	12	4	5	24	480

Tabla 3.1 Consumo de energía eléctrica de cámaras análoga en planta baja de la escuela Camino al Espacio (Autores, 2021)

Con el consumo de Kw/h por día podremos obtener el consumo medio diario, el cual va a ser igual a.

$$\text{Consumo medio diario} = \text{Consumo por día} \times 1.20 \text{ (20\%)}$$

$$\text{Consumo medio diario} = 480 \times 1.20$$

$$\text{Consumo medio diario} = 576 \text{ Kw/h}$$

El siguiente dato a obtener es la irradiación solar en el punto donde estará instalado el sistema fotovoltaico. Estos datos los recogeremos del Mapa solar de

Ecuador publicado por Scinergy Research in Alternative Energy en el año 2019. Aquí escogeremos el valor de la Irradiación Solar global mínima de cada mes, obteniendo la siguiente tabla

Mes	Irradiación solar global (Kwh/m ²)	Horas de Sol Pico H.S.P.
Enero	2300	2,3
Febrero	2400	2,4
Marzo	2700	2,7
Abril	2700	2,7
Mayo	2600	2,6
Junio	2300	2,3
Julio	2100	2,1
Agosto	2500	2,5
Septiembre	2500	2,5
Octubre	2600	2,5
Noviembre	2400	2,4
Diciembre	2400	2,4

Tabla 3.2 Datos de irradiación solar mensual en Ecuador del año 2019 (Vaca y Ordoñez, 2019)

Para el diseño de sistemas fotovoltaicos se toma en cuenta el valor de las Horas de sol Pico en este caso se debe escoger el mes con el valor más pequeño obtenido, para así dimensionar un sistema eficiente que no sufra de insuficiencia energética.

$$\text{Horas de Sol Pico mínima} = 2,1$$

Una vez obtenido el consumo medio diario y las horas de sol pico mínima, obtendremos la potencia fotovoltaica necesaria para que nuestro sistema funcione, esto lo calculamos de la siguiente manera.

$$\text{Potencia Fotovoltaica} = \frac{\text{Consumo medio diario}}{\text{Horas de sol pico minima}}$$

$$\text{Potencia Fotovoltaica} = \frac{576 \text{ Kw/h}}{2,1 \text{ H. S. P.}}$$

$$\text{Potencia Fotovoltaica} = 274,285 \text{ Kw}$$

Con el valor de Potencia Fotovoltaica podremos saber cuántos Paneles Solares se deben utilizar para abastecer el sistema. En este caso un panel de 200W más un panel de 100W sería suficiente. Sin embargo, debido a la experiencia en instalaciones fotovoltaicas; en estos proyectos se utilizarán 3 paneles de 200W y un panel de 30W (Seguidor solar) haciendo un total de Potencia Fotovoltaica de 630W. Esto se hace teniendo en cuenta que será un sistema aislado que debe funcionar las 24 horas del día y que los paneles solares no siempre llegan a suministrar la potencia máxima que especifican. Para esto dimensionaremos una potencia fotovoltaica 3 veces mayor, teniendo energía de respaldo alimentando a la batería y a las cámaras de seguridad al mismo tiempo.

Ahora realizaremos el cálculo para el acumulador de energía (Batería).

Para esto obtenemos los siguientes datos:

Potencia total de la carga = 20W

Horas de uso = 24hrs

Potencia del sistema = 576Kw/h

Profundidad de descarga = 70%

Con estos datos calcularemos el amperaje por hora de la batería a utilizar, con la siguiente formula:

$$\text{Capacidad de bateria} = \frac{\text{Consumo medio diario}}{\text{Voltaje x Profundidad de descarga}}$$

$$\text{Capacidad de bateria} = \frac{576 \text{ Kw/h}}{(12 \text{ V}) \times (0.7)}$$

$$\text{Capacidad de bateria} = 68,57 \text{ Amp/h}$$

Se utilizará una batería de 70Amp/h comercial de AGM para abastecer las horas de funcionamiento respectivo del sistema.

3.1.2 *Implementación y Montaje*

3.1.2.1 **Paneles Solares 200W**

Para la implementación y montaje del sistema fotovoltaico iniciaremos con la fabricación de los soportes regulables para los paneles solares.

Los 3 paneles de 200W tienen una dimensión de 1480 x 670 x 40mm



Figura 3.1 Panel Solar 200W

Los soportes serán fabricados con ángulos rasurados, formando una estructura rectangular con medias de 50x20cm como se muestra en la Figura 3.2



Figura 3.2 Soportes para panel solar de 200W

Estos soportes serán instalados en los laterales de cada panel de 200W por medio de una chumacera con rodamiento de $\frac{3}{4}$ de pulgada, esto con la intención de poder regular manualmente la posición angular de los paneles como se muestra en la Figura 3.3 y Figura 3.4



Figura 3.3 Chumacera con rodamiento para soporte de panel solar 200W



Figura 3.4 Panel de 200W con soporte regulable

Estos 3 paneles y sus soportes irán montados sobre el techo de zinc de la escuela primaria Camino al Espacio, ubicados estratégicamente para recibir la irradiación solar sin ningún obstáculo. Cabe indicar que no existen edificios o casas aledañas que obstruyan el paso de la luz solar hacia el panel. A continuación, se muestran en las Figuras 3.5 – 3.6 – 3.7 respectivamente.



Figura 3.5 Instalación de paneles solares de 200W con soportes en techo



Figura 3.6 Paneles solares de 200W con soportes instalados visto desde el punto



Figura 3.7 Paneles solares de 200W con soportes instalados visto desde planta baja

3.1.2.2 Panel Solar 30W RNA

Para el panel solar de 30W en el cual se implementará el seguidor solar con RNA se fabrican soportes similares, pero con medidas de 40x20cm con chumaceras y rodamientos de media pulgada. A esto se le instala de manera mecánica el Servomotor que controlará el ángulo de inclinación como se muestra en la Figura 3.8 y 3.9



Figura 3.8 Instalación de Servomotor en panel de 30W



Figura 3.9 Panel solar de 30W con soportes para montaje

El panel solar de 30W llevara instalado 2 fotodiodos sensores de luz en cada extremo con orientación Este – Oeste para el control neuronal. El circuito convertidor de los sensores de luz lo llevara dentro del panel para así evitar pérdidas de corriente en el monitoreo de la luz como se muestra en las Figuras 3.10 – 3.11 – 3.12



Figura 3.10 Sensor de Luz FT-1 en panel solar de 30W



Figura 3.11 Sensor de Luz FT-2 en panel solar de 30W



Figura 3.12 Circuito convertidor de sensores de luz FT-1 y FT-2 en panel de 30W

Una vez armado el panel solar de 30W con sus soportes, sensores y actuadores se lo procede a instalar en el techo de zinc de la escuela, con los demás paneles de 200W. El servomotor y las chumaceras llevaran una protección metálica para la lluvia y el sol como se muestra en las Figuras 3.13 – 3.14 – 3.15



Figura 3.13 Instalación de panel solar 30W con soportes



Figura 3.14 Protección metálica para lluvia y sol en Servomotor



Figura 3.15 Vista general de paneles solares instalados

Los paneles solares quedaron ubicados en fila, con una inclinación de 5° aproximadamente en la línea de Norte a Sur como se muestra en la Figura 3.16.

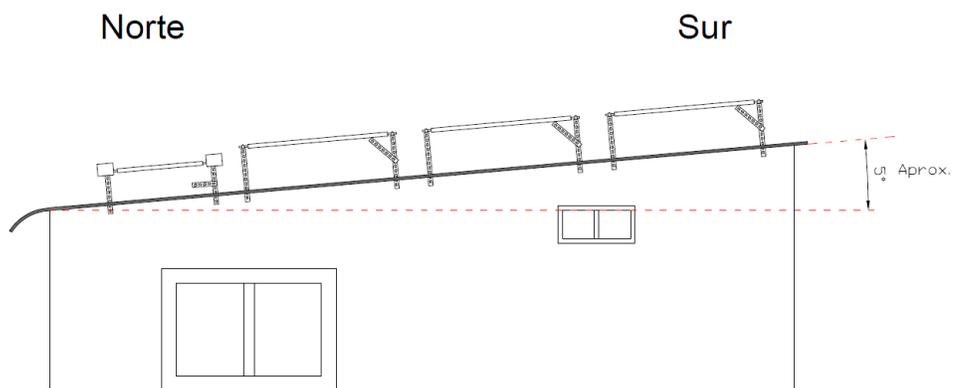


Figura 3.16 Vista lateral de ubicación paneles solares

3.1.2.3 Caja de control

Para la caja de control iniciaremos con el diseño del diagrama eléctrico del Sistema Fotovoltaico mostrado en la Figura 3.17. El diagrama no incluye la parte eléctrica del Control Neuronal (Se mostrará en su sección respectiva)

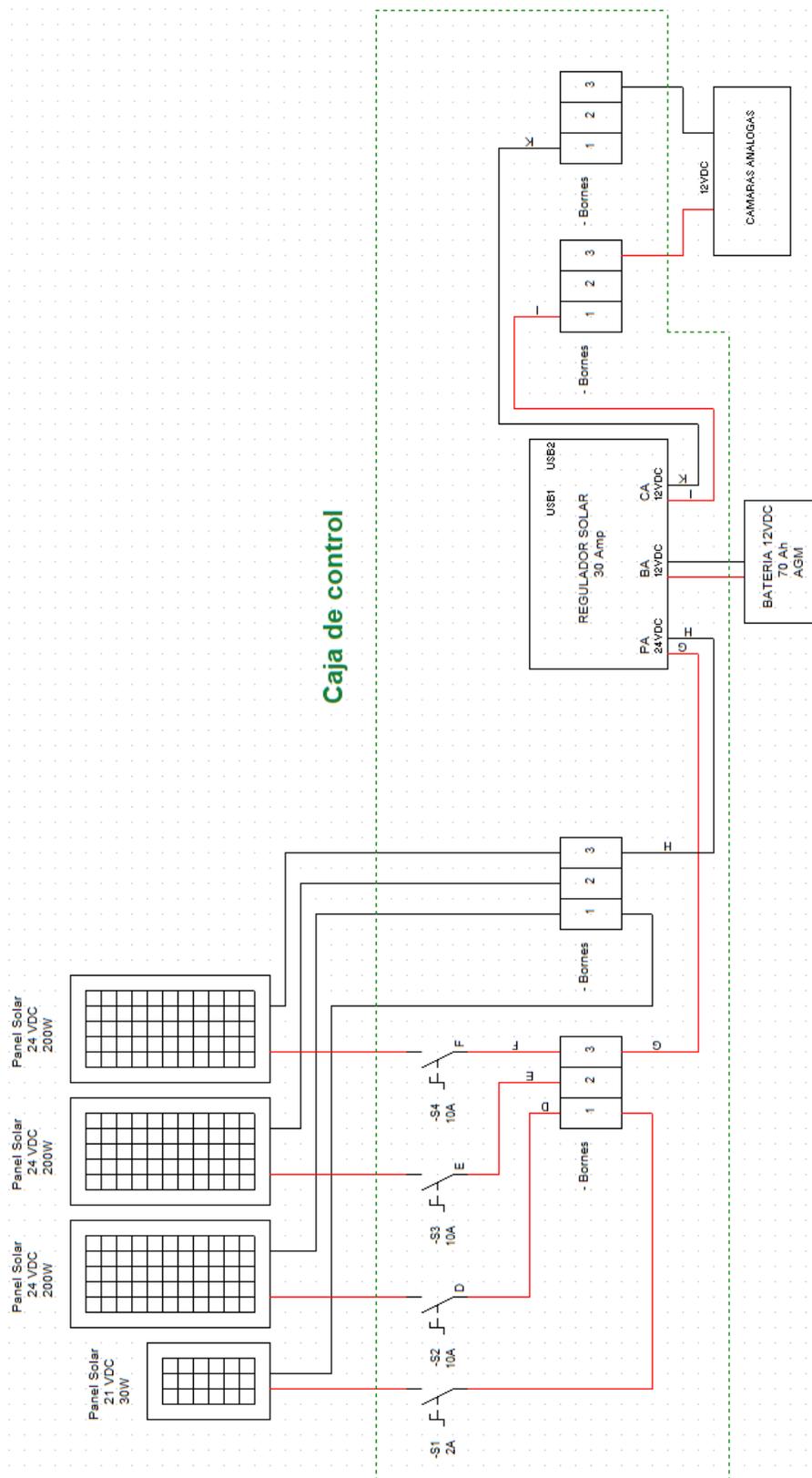


Figura 3.17 Diagrama eléctrico sistema fotovoltaico

Una vez diseñado el diagrama eléctrico se procede a adquirir los implementos para el armado respectivo empezando por las canaletas, breaker, borneras etc. Como se muestra en las Figura 3.18



Figura 3.18 Armado y cableado de la caja de control para sistema fotovoltaico

Luego de tener lista la caja se procede al montaje de la misma, ubicándose en la planta alta de la escuela en una zona donde se evita el fácil acceso de los estudiantes, para así mejorar la seguridad de los mismos y evitar accidentes en lo posible. Se muestra en la Figura 3.19.



Figura 3.19 Ubicación y montaje de la caja de control fotovoltaico

Por último, ordenamos el cableado interno con amarras, tapando canaletas y etiquetamos por fuera la caja de control, para indicar su funcionalidad y su referencia como se muestran en las Figuras 3.20



Figura 3.20 Caja de control Sistema fotovoltaico

3.1.2.4 Almacenador de Energía

Adquirimos una batería marca EATON de 12V - 70Ah - 280W por celda, la cual tiene un peso de 25.8 kg. A esta batería le fabricaremos una base de madera que cubrirá la mitad de su volumen, para evitar caídas por sismos, como se muestra en la Figuras 3.21



Figura 3.21 Base para Batería 70Ah

Esta base tendrá 3 soportes metálicos en forma de “L” entornilladas hacia la pared para tener la suficiente fuerza de soportar el peso de la batería. Todo esto se ubicará en la parte superior de la caja de control para así evitar el fácil acceso a la batería por parte de los estudiantes con la intención de no provocar accidentes. Se muestra en la Figura 3.22



Figura 3.22 Ubicación de base para Batería 70Ah

Luego de instalar la base, se procede a la colocación y conexionado de la batería tal como se muestra en la Figura 3.23.



Figura 3.23 Conexión de Batería 70Ah

Los bornes de conexión de la batería estarán protegidos con una canaleta plástica de 40x20mm tapados adecuadamente para evitar cortocircuitos por contacto externo o de partículas conductoras como se muestra en la Figura 3.24.



Figura 3.24 Protección de bornes Batería 70Ah

Por último, la batería queda asegurada con su soporte de protección y debajo del tumbado para evitar cualquier contacto peligroso con la batería, se muestra en la Figura 3.25



Figura 3.25 Batería y caja de control sistema fotovoltaico

3.2 Control Neuronal

3.2.1 *Diseño y Programación*

La finalidad del control neuronal es hacer que el Panel Solar logre receptor la mayor radiación solar posible en las Horas de Sol Pico, por consiguiente, entregar una mayor potencia en un tiempo más largo. Para esto los datos de la Tabla 3.3 fueron recolectados de manera experimental con el Panel Solar de 30W. Donde se ubicó el panel solar a diferentes grados de tal manera que el Sol varíe la posición con respecto al eje X del panel solar como muestra la Figura 3.26

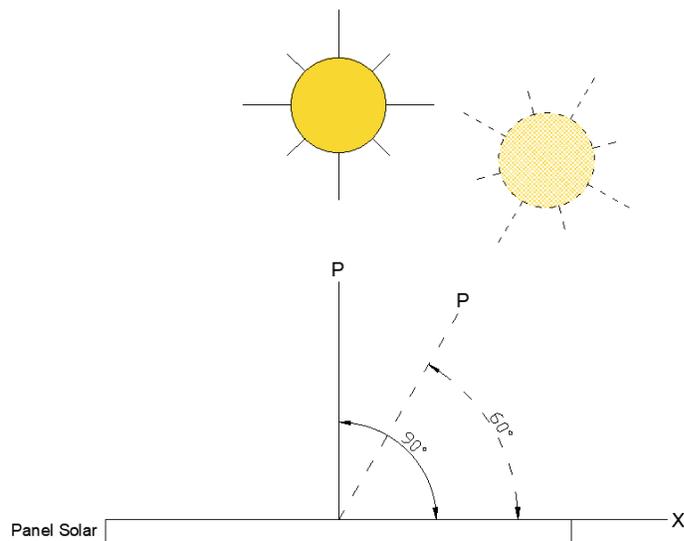


Figura 3.26 Movimiento de Panel respecto a su eje X

Inclinación	Voltaje de salida del Panel
30°	15,4 V
60°	17 V
90°	19 V
120°	17,2 V
150°	15,5 V

Tabla 3.3 Relación Inclinación – Voltaje del panel solar 30W (Autores, 2021)

Se determinó que al ubicar el Panel solar de manera perpendicular (90°) al Sol sobre su eje X nos entrega un mayor voltaje en comparación a los demás ángulos, quiere decir que en esa posición su eficiencia es mayor.

Con este análisis experimental se busca que el Control Neuronal posicione al Panel a 90° respecto al sol sobre su eje X en todas las Horas de Sol Pico del día.

Al estar ubicados cerca de la línea ecuatorial, el movimiento del sol de Norte a Sur en los diferentes meses del año es pequeño, al punto de no volverse relevante,

por consiguiente, el control neuronal moverá al panel solar en un solo eje, de Este a Oeste. Se muestra en la Figura 3.27

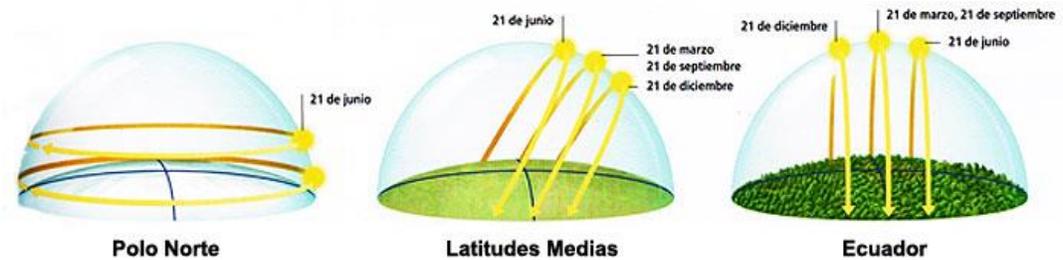


Figura 3.27 Inclinación del sol en el año de acuerdo a la latitud (Astro y Ciencia, 2021)

Para empezar el diseño del Control Neuronal se debe obtener el dato que indique la posición en tiempo real del panel con respecto al sol. Se utilizaron Módulos sensores de Luz. Estos modulo funcionan entregando un voltaje de 0 a 5VDC de acuerdo a la intensidad lumínica que reciba su foto diodo. A mayor intensidad lumínica menor voltaje, y a menor intensidad lumínica mayor voltaje, en pocas palabras, la intensidad lumínica es inversamente proporcional al voltaje de salida en el Módulo Sensor de Luz. Los módulos Sensores de Luz constan de 4 Pines:

A0 = Salida Análoga de 0 – 5VDC

D0 = Salida Digital indicadora

GND y VCC = Alimentación del módulo de 3 a 5VDC

“-” y “+” = Pines de conexión del Fotodiodo



Figura 3.28 Modulo sensor de luz

Los fotodiodos de cada módulo se colocarán en los extremos del panel solar, en la orientación Este – Oeste con la nomenclatura FT-1 y FT-2 como se muestra en la Figura 3.29

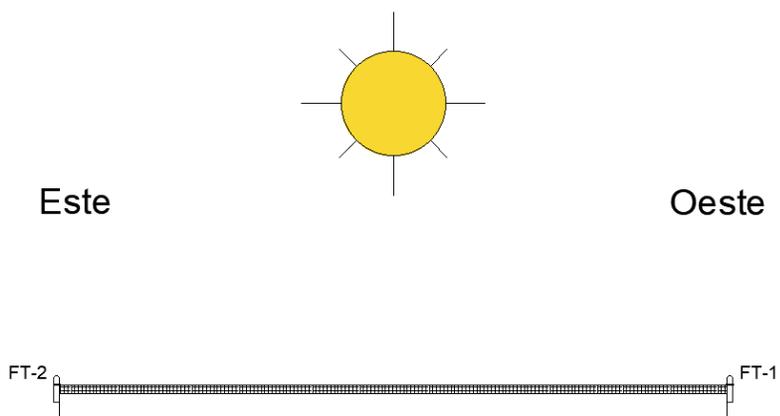


Figura 3.29 Ubicación de Fotodiodos en panel solar 30W

Para obtener la referencia posicional del sol con respecto al panel como un dato numérico se realiza la resta de los valores de voltaje de ambos módulos

sensores de luz teniendo la operación $V_o = (V_{FT-1}) - (V_{FT-2})$. Cuando el sol se mueva hacia el lado Este, el Fotodiodo FT-2 recibirá una mayor intensidad lumínica, por ende, su módulo entregara un valor de voltaje bajo, mientras que en el Fotodiodo FT-1 Pasara lo contrario y el valor V_o será positivo. Cuando el sol se mueva hacia el lado Oeste, el Fotodiodo FT-1 recibirá una mayor intensidad lumínica, su módulo entregara un voltaje bajo, en FT-2 pasara lo contrario y el valor V_o será negativo.

De esta manera se puede obtener un dato numérico proporcional de la posición del Sol que iría desde un valor negativo hasta un valor positivo. Cabe recalcar que cuando V_o tenga un valor muy cercano a 0 significa que el panel está ubicado de manera óptima con respecto al sol (90°).

Para el Control Neuronal es necesario variar el ángulo del panel solar, por lo que se implementa a este un Servomotor que modifique el ángulo desde los 45° hasta los 135° de Este a Oeste como se muestra en la Figura 3.30

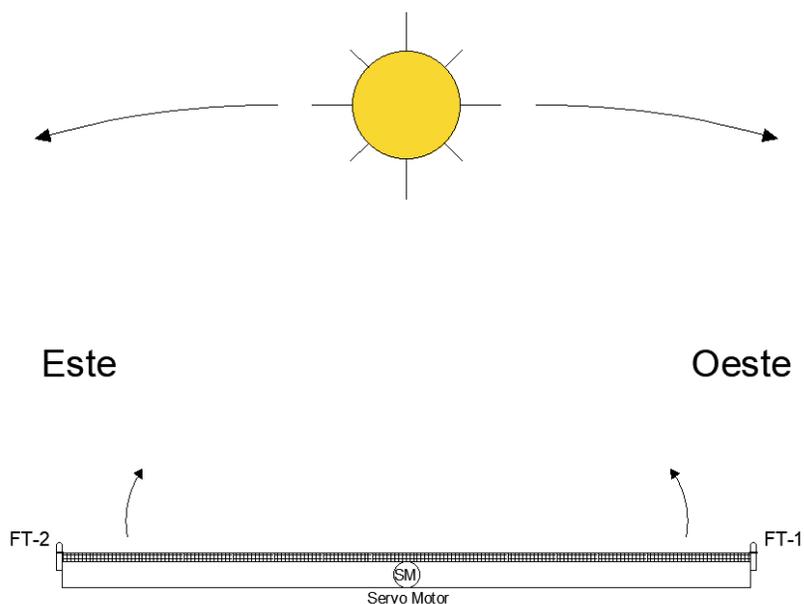


Figura 3.30 Ubicación del Servomotor en panel solar 30W

El Servomotor a utilizar será el modelo MG 995 de la marca TowerPro como se muestra en la Figura 3.31



Figura 3.31 Servomotor MG 995 15Kg/N.cm

Para el control del ángulo, el Servomotor recibe una señal PWM con un periodo de 20ms (50Hz), esta señal tendrá un ciclo de trabajo positivo entre 0.5ms y 2.5ms. Este rango de trabajo es el que posicionara al servomotor entre 0° y 180° respectivamente, como se muestra en la Figura 3.32

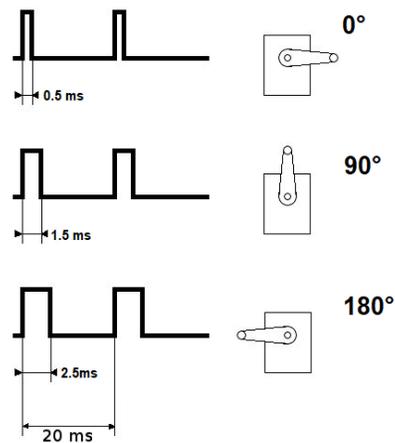


Figura 3.32 Funcionamiento Servomotor MG 995

El algoritmo a realizar para el control neuronal empezara con la siguiente lógica para poder posicionarse el panel de manera óptima.

El resultado de la resta entre los voltajes de los módulos sensores de luz $V_o = (VFT-1) - (VFT-2)$ lo llamaremos el "Error" este valor entrara en dos situaciones "Error Positivo" cuando sea mayor a cero, significa que el sol está ubicado del lado Este del Panel y "Error Negativo" cuando sea menor a cero lo que significa que el sol está ubicado del lado Oeste del panel.

La idea es que el sol este ubicado en el centro por ende cuando el sol este ubicado del lado Este o del lado Oeste del Panel el algoritmo deberá enviar una señal al servomotor para que se posicione de tal manera que el sol quede perpendicular al Panel.

El algoritmo principal será de tipo proporcional, quiere decir que cuando se dé el "Error Positivo" se enviará un valor numérico negativo para que se sume al ángulo actual del Servomotor, este dato se lo enviara de manera periódica hasta que el Servomotor logre dar con un ángulo que permita mantener el panel perpendicular al sol.

En el caso que se dé el "Error Negativo" se enviara un valor numérico positivo para que se sume al ángulo actual del Servomotor, este dato se lo enviara de manera periódica hasta que el Servomotor logre dar con un ángulo que permita mantener el panel perpendicular al sol.

La Red Neuronal que se aplica es la Red Adaline, servirá para encontrar ese valor numérico que se sumará al ángulo actual de servomotor, para así lograr posicionar al Panel de manera óptima.

Referente a la Tabla 3.4 la Red neuronal quedaría de la siguiente manera:

EN = Error Negativo

EP = Error Positivo

EP	EN	S
0	1	-2
1	0	2

Tabla 3.4 Parámetros para la red neuronal (Autores, 2021)

Los parámetros de la Tabla 2.5 indican que; cuando se está dando el Error Negativo se lo representa con un “1” lógico, mientras que en ese momento por obvias razones el Error Positivo no se está dando y se lo representa con un “0” lógico. Cuando esté dándose esa condición el dato que debe enviarse al servomotor es de “-2”. En la segunda condición se da el Error Positivo por lo cual se lo representa con un “1” mientras tanto el Error Negativo es un “0” lógico y el dato que se debe enviar al servomotor es de “2”.

Con este parámetro se procede aplicar los cálculos para la Red Adaline a continuación.

Datos Iniciales

$$W0 = 0.5$$

$$W1 = - 0,5$$

$$Ca = 1$$

Para los datos iniciales se tiene los pesos iniciales $W1$, $W2$ y el Coeficiente de Aprendizaje $Ca = 1$.

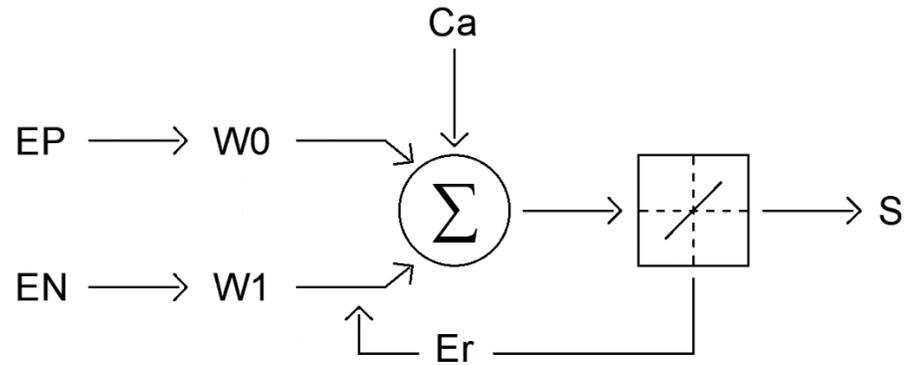


Figura 3.33 Red Neuronal Adaline del sistema

Primera Época

Primera condición EP = 0, EN = 1, S = -2

$$S' = W0 \cdot EP + W1 \cdot EN = 0,5 (0) + (-0,5) (1) = -0,5$$

$$Er = (S - S') = -2 - (-0,5) = 1,5$$

$$W0 = W0 + Ca \cdot Er \cdot EN = 0,5 + 1 (-1,5) (0) = 0,5$$

$$W1 = W1 + Ca \cdot Er \cdot EP = -0,5 + 1 (-1,5) (1) = -2$$

Segunda condición EP = 1, EN = 0, S = -2

$$S' = W0 \cdot EP + W1 \cdot EN = 0,5 (1) + (-2) (0) = 0,5$$

$$Er = (S - S') = 2 - 0,5 = 1,5$$

Segunda Época

Primera condición EP = 0, EN = 1, S = -2

$$S' = W0 \cdot EP + W1 \cdot EN = 2 (0) + (-2) (1) = -2$$

$$Er = (S - S') = -2 - (-2) = 0$$

$$W0 = W0 + Ca \cdot Er \cdot EN = 2 + 1 (0) (0) = 2$$

$$W1 = W1 + Ca \cdot Er \cdot EP = -2 + 1 (0) (1) = -2$$

Segunda condición EP = 1, EN = 0, S = -2

$$S' = W0 \cdot EP + W1 \cdot EN = 2 (1) + (-2) (0) = 2$$

$$Er = (S - S') = 2 - 2 = 0$$

$$W0 = W0 + Ca \cdot Er \cdot EN = 2 + 1 (0) (0) = 2$$

$$W1 = W1 + Ca \cdot Er \cdot EP = -2 + 1 (0) (1) = -2$$

Como se puede observar con los pesos iniciales y el coeficiente de aprendizaje estableció la Red Adaline se toma 2 épocas para encontrar los pesos adecuados y así tener el valor deseado en la salida. En cada iteración se refleja como la red neuronal va acercando el valor de la salida S al valor deseado.

Es necesario tener en cuenta que a medida que cambiemos los pesos iniciales y el coeficiente de aprendizaje a los adecuados, la red neuronal Adaline le tomara menos iteraciones para el encontrar el valor de salida deseado.

El siguiente paso será readecuar nuestro Control Neuronal al Microcontrolador, en este caso utilizaremos un PIC18F4550 y lo programaremos con el Programa CCS C Compiler. Nuestro control neuronal también tendrá incorporado un LCD para observar los datos de los sensores, el error y el ángulo en el que se encuentra el Servomotor en tiempo real.

Iniciamos la programación con las declaraciones para utilizar el PIC respectivo, habilitar las señales análogas, configurar los Fuses, el oscilador interno, el grupo de señales digitales A, B y la declaración del uso del LCD como se muestra en la Figura 3.34

```

1  #include <18f4550.h> //Declaracion para utilizar el PIC 18F4550
2  #DEVICE ADC=10 //Habilitacion de las señales analogas
3  #fuses xt, nowdt, nolvp //Fuses a utilizar
4  #use delay(internal=500000) //Asignando un Clock interno de 500Khz
5  #use standard_io(A) //Asignacion del grupo de señales A para ser utilizadas
6  #use standard_io(B) //Asignacion del grupo de señales B para ser utilizadas
7  #include <lcd420.c> //Inicializacion del LCD

```

Figura 3.34 Programación inicial del Microcontrolador

Declaramos todas las variables, vectores que se van a utilizar y se crea la función que va a realizar la red neuronal como se muestra en la Figura 3.35

```

10 float Sensor1, Sensor2, Error, Angulo; //Variables para entradas analogas correspondientes
11 int16 Servo = 47; //Variable para iniciar Servomotor en 90°
12 int16 min=31, max=62; //Variables para ángulo maximo y ángulo minimo para los Servomotores
13 int Timer2, Postcaler; //Variables para la configuracion de la salida PWM para el Servomotor
14 int16 Pr = 0; //Variable para el Proporcional de la Red Neuronal
15 int16 W[2] = {0.5, -0.5}; //Vector de los Pesos W0 y W1 de la Red Neuronal
16 int16 Red_Adaline(int16 En1, int16 Ep1, int16 S, int16 Ca); //Inicializacion de la funcion para la Red Neuronal Adaline

```

Figura 3.35 Declaración de variables en Microcontrolador

Empezamos la programación en el Void Main escribiendo los parámetros para configurar el uso de las entradas análogas y la librería del LCD como se muestra en la Figura 3.36

```

18 void main ()
19 {
20     setup_adc(ADC_clock_internal); //Setup para las entradas analogas
21     setup_adc_ports(AN0_TO_AN1); //Configuracion para utilizar las entradas analogas A0 y A1
22     lcd_init();

```

Figura 3.36 Parámetros para el uso de entradas análogas y LCD en PIC

Para el uso del Servomotor en el PIC es necesario realizar la configuración de la salida PWM que maneja el microcontrolador, para eso es necesario realizar algunos cálculos para encontrar los valores del Timer2 y Postcaler.

Oscilador a utilizar es de 500Khz y la frecuencia a la que trabajara el servomotor es de 50Hz, debemos encontrar la Frecuencia mínima y máxima para saber si el Oscilador de 500Khz si es adecuado.

Para encontrar la frecuencia Mínima tenemos los siguientes valores:

$$\text{Carga Timer2} = 255$$

$$\text{Pre-escaler Timer2} = 16$$

$$\text{Frecuencia Minima} = \frac{\text{Frecuencia del Oscilador}}{((\text{Carga Timer2})+1) \times (\text{Pre-escaler Timer2}) \times 4}$$

$$\text{Frecuencia Minima} = \frac{500000}{((255)+1) \times (16) \times 4}$$

$$\text{Frecuencia Minima} = 30,51 \text{ Hz}$$

Para encontrar la frecuencia Máxima tenemos los siguientes valores:

$$\text{Carga Timer2} = 1$$

$$\text{Pre-escaler Timer2} = 1$$

$$\text{Frecuencia Minima} = \frac{\text{Frecuencia del Oscilador}}{((\text{Carga Timer2})+1) \times (\text{Pre-escaler Timer2}) \times 4}$$

$$\text{Frecuencia Minima} = \frac{500000}{((1)+1) \times (1) \times 4}$$

$$\text{Frecuencia Minima} = 62500 \text{ Hz}$$

Con un rango de frecuencia entre 30,51Hz y 62500Hz el servomotor de 50Hz entra dentro del rango por lo cual el Oscilador de 500Khz es el adecuado para utilizar.

Una vez encontrado el Oscilador adecuado, se deben encontrar los valores de la Carga del timer2 y el Poscaler para trabajar con el servomotor indicado.

Al Poscaler le daremos el valor de 1 y al Pre-escaler el valor de 16 para así encontrar el valor de la Carga del Timer2 que se adecue a este.

$$\text{Carga Timer2} = \frac{\text{Periodo del Servomotor}}{4 \times (\text{Pre-escaler Timer2}) \times (\text{Periodo del Oscilador}) \times (\text{Poscaler})}$$

$$\text{Carga Timer2} = \frac{0,02}{4 \times (16) \times (0,000002) \times (1)}$$

$$\text{Carga Timer2} = 156,25$$

Configuramos el PWM del microcontrolador con los valores encontrado como se muestra en la Figura 3.37

```

24 | Timer2=155; //Valor del Timer2 para la configuracion del PWM
25 | Poscaler=1; //Valor del Poscaler para la configuracion del PWM
26 | setup_timer_2(t2_div_by_16, Timer2, Poscaler); //Parametrizacion del PWM
27 | setup_ccp1(ccp_pwm); //Setup para la salida CCP1 (PWM)

```

Figura 3.37 Configuración del PWM en el microcontrolador

Las entradas análogas configuradas para leer los módulos sensores de luz detectaran un voltaje análogo de entrada entre 0 a 5VDC, pero en el microcontrolador este valor es reflejado con otra escala que va de 0 a 1023 por los bits que maneja. Por ende, para poder reflejar esos valores de los sensores se recoge el valor de entrada de las señales análogas y hace un escalado

multiplicando esa entrada para el número “0,0977517107” para que vaya del 0 al 100, reflejándolo como un valor en porcentaje de acuerdo a la luminosidad de los fotodiodos. Se calcula el Error y se escala el ángulo para ser mostrado en el LCD. Todo esto se configura ya entrando en la sentencia While de la programación como se muestra en la Figura 3.38

```

29  while (true)
30  {
31      set_adc_channel(0);           //Set para la Canal 0 de las señales analogas
32      Sensor1=(read_adc()*0.0977517107); //Lectura de la señal analoga A0 entregada por el Sensor FT1 (Convertido en porcentaje)
33
34      set_adc_channel(1);           //Set para la Canal 1 de las señales analogas
35      Sensor2=(read_adc()*0.0977517107); //Lectura de la señal analoga A1 entregada por el Sensor FT2 (Convertido en porcentaje)
36
37      Error = Sensor1 - Sensor2;     //Calculo del error, diferencia entre luminosidad
38      Angulo = 2.903225806*Servo - 45; //Escala para mostrar el Angulo del servomotor en el LCD

```

Figura 3.38 Escalado de señales análogas en el microcontrolador

Para aplicar la Red Adaline al microcontrolador se realizan dos condiciones tipo IF. Estas condiciones son las que van a tener la correlación con la tabla de “Error Positivo y “Error Negativo”

La primera sentencia indica que la programación dentro de ella solo se dará cuando el error sea menor o igual al -5% y cuando el servomotor no sobrepase su límite máximo de ángulo. El error del -5% se toma en cuenta ya que de manera experimental se comprobó que el sistema debe funcionar con un error del $\pm 5\%$ porque los fotodiodos son muy sensibles y tienden por momentos a dar picos en sus lecturas. Esta condición es la que se representa en la tabla como “Error Negativo”. Dentro de esta sentencia se configura un valor Pr que es el resultado que me entrega la Red Adaline por medio de su función creada, por consiguiente, ese valor se le suma al servomotor (Ver Figura 3.41).

Mientras que en la segunda sentencia indica que la programación dentro de ella solo se dará cuando el error sea mayor o igual al 5% y cuando el

servomotor no sea menor a su límite mínimo de ángulo. Todo esto se muestra en la Figura 3.39.

```

40     if ((Error <= -5) & (Servo <= max))           //Sentencia para aplicar la Red Adaline cuando EN=1 y EP=0
41     {
42         Pr = Red_Adaline(1, 0, 1.5, 1);           //Funcion de la Red Adaline con los parametros (EN=1, EP=0, Salida deseada=1.5, Coefi.Aprend =1)
43         Servo = Servo + Pr;                       //Agregado del Proporcional dado por la Red Adaline para el Servomotor
44         delay_ms(100);
45     }
46
47     if ((Error >= 5) & (Servo >= min))           //Sentencia para aplicar la Red Adaline cuando EN=0 y EP=1
48     {
49         Pr = Red_Adaline(0, 1, -1.5, 1);         //Funcion de la Red Adaline con los parametros (EN=0, EP=1, Salida deseada=1.5, Coefi.Aprend =1)
50         Servo = Servo + Pr;                       //Agregado del Proporcional dado por la Red Adaline para el Servomotor
51         delay_ms(100);
52     }
53
54     set_pwm1_duty(Servo);                         //Envio de la señal calculada por la RNA al Servomotor

```

Figura 3.39 Sentencia para el uso de la Red Adaline en el PIC

La programación del While termina con las sentencias para mostrar los valores de los sensores de luz en porcentaje, el error en porcentaje y el ángulo en el que se encuentra el panel en tiempo real en grado como se muestra en la Figura 3.40

```

56     lcd_gotoxy(1,1);                             //Sentencia para orientar palabras siguientes al LCD
57     printf(lcd_putc, "SENSOR 1= %f", Sensor1);    //Sentencia que Muestra la palabra "SENSOR 1" y el valor del sensor FT-1 en el LCD
58     lcd_putc(37);                                 //Sentencia para mostrar el signo de Porcentaje %
59     lcd_gotoxy(17,1);                             //Sentencia para espaciado en el LCD
60     printf(lcd_putc, " ");                         //Sentencia para mostrar espacio
61     lcd_gotoxy(1,2);                             //Sentencia para orientar palabras siguientes al LCD
62     printf(lcd_putc, "SENSOR 2= %f", Sensor2);    //Sentencia que Muestra la palabra "SENSOR 2" y el valor del sensor FT-2 en porcentaje en el LCD
63     lcd_putc(37);                                 //Muestra seguido de la anterior sentencia el signo de Porcentaje %
64     lcd_gotoxy(17,2);                             //Sentencia para espaciado en el LCD
65     printf(lcd_putc, " ");                         //Sentencia para mostrar espacio
66     lcd_gotoxy(1,3);                             //Sentencia para orientar palabras siguientes al LCD
67     printf(lcd_putc, "Er= %f", Error);            //Sentencia que Muestra la palabra "Error" y el valor del Error en porcentaje en el LCD
68     lcd_gotoxy(1,4);                             //Sentencia para orientar palabras siguientes al LCD
69     printf(lcd_putc, "ANGULO= %f", Angulo);       // Sentencia que Muestra la palabra "Angulo" y el valor del angulo del panel en el LCD
70     lcd_putc(223);                                // Sentencia que muestra el simbolo de Grados
71     lcd_gotoxy(15,4);                             //Sentencia para orientar palabras siguientes al LCD
72     printf(lcd_putc, " ");                         //Sentencia para mostrar espacio
73 }
74 }

```

Figura 3.40 Programación para la muestra de datos en el LCD del PIC

En las últimas líneas y fuera del Void Main se programa la función Red_Adaline, la cual recibe 3 datos: El EP, EN, S y Ca los cuales son los datos de nuestra tabla en el diseño de la red neuronal, esta función cumple el cálculo de los pesos y entrega una salida numérica con el resultado calculado en cada iteración, cada llamado a esta sentencia es una iteración. Esto se muestra en la Figura 3.41

```

76 int16 Red_Adaline(int16 En1, int16 Ep1, int16 S, int16 Ca) //Configuracion de la funcion Red Adaline
77 {
78     int16 S1 = W[0]*En1 + W[1]*Ep1; //Calculo de la Salida "S"
79     int16 Er = (S - S1); //Calculo del Error
80     W[0] = W[0] + Ca*Er*En1; //Actualizacion del Peso W0
81     W[1] = W[1] + Ca*Er*EP1; //Actualizacion del Peso W1
82     return S1;
83 }

```

Figura 3.41 Programacion de la función Red_Adaline

3.2.2 Fabricación de PCB para Control Neuronal

Para la fabricación de la PCB primero se diseña el modelo en el Software Proteus. La tarjeta tiene una medida de 20x10cm y tendrá los siguientes componentes:

- Borneras para la alimentación
- Borneras para las señales de los módulos sensores de luz
- Borneras para la señal PWM para el servomotor
- Un zócalo de 40 pines para el Microprocesador
- Un LCD de 4x20
- Un Dipswitch de dos vías para el encendido
- Un potenciómetro para la regulación del contraste del LCD

A continuación, se ilustra cómo queda la tarjeta PCB para el control neuronal, siendo diseñada para ser fabricarla por el método del planchado aprendido en la asignatura de Teoría del Diseño. Se muestra en la Figura 3.42 y 3.43

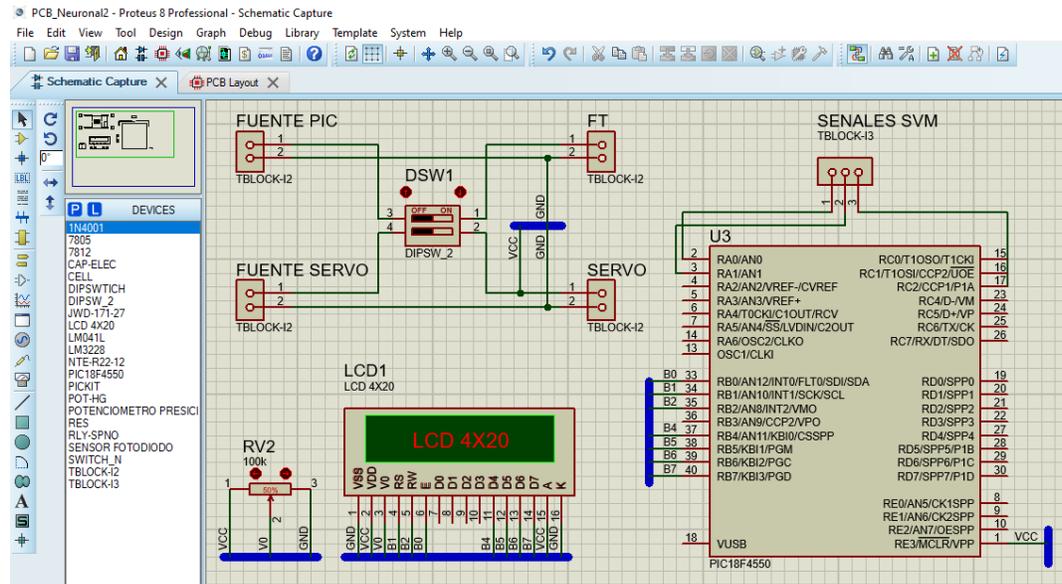


Figura 3.42 Diseño PCB en Proteus (Schematic)

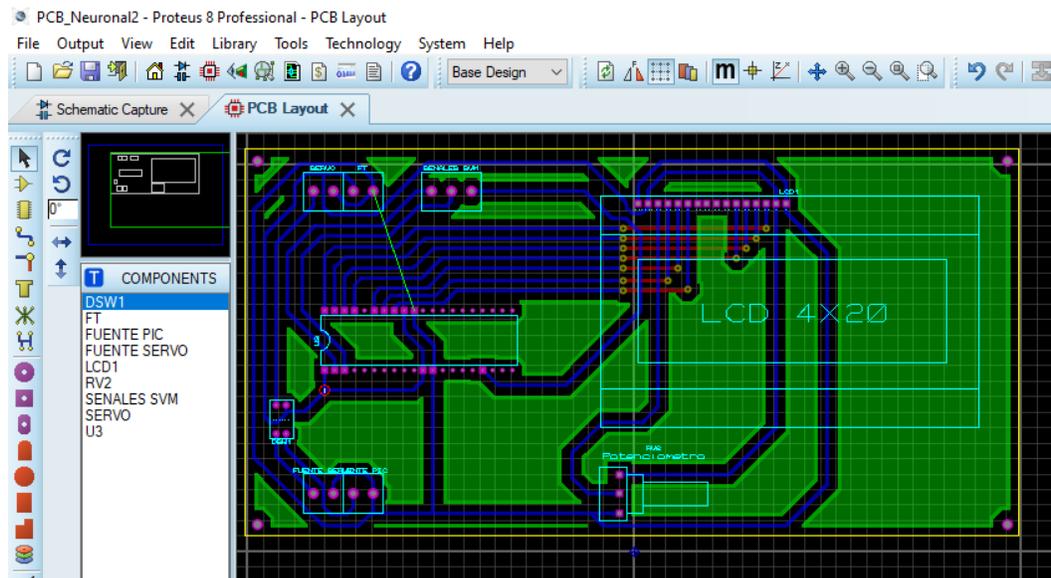


Figura 3.43 Diseño PCB en Proteus (Layout)

Aplicando cuidadosamente el método de planchado antes mencionado la placa PCB nos queda como se muestra en la Figura 3.44

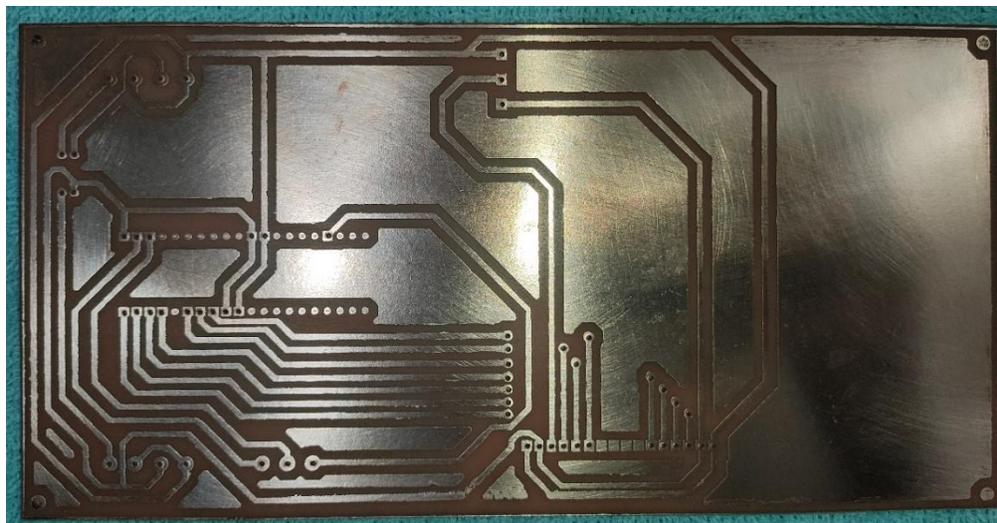


Figura 3.44 PCB de control neuronal lista para soldar

Como última parte se sueldan los componentes en la tarjeta y se aplica un protector esmaltado en la parte de la pista para evitar cualquier contacto que pueda producir cortocircuitos se muestra en la Figura 3.45.

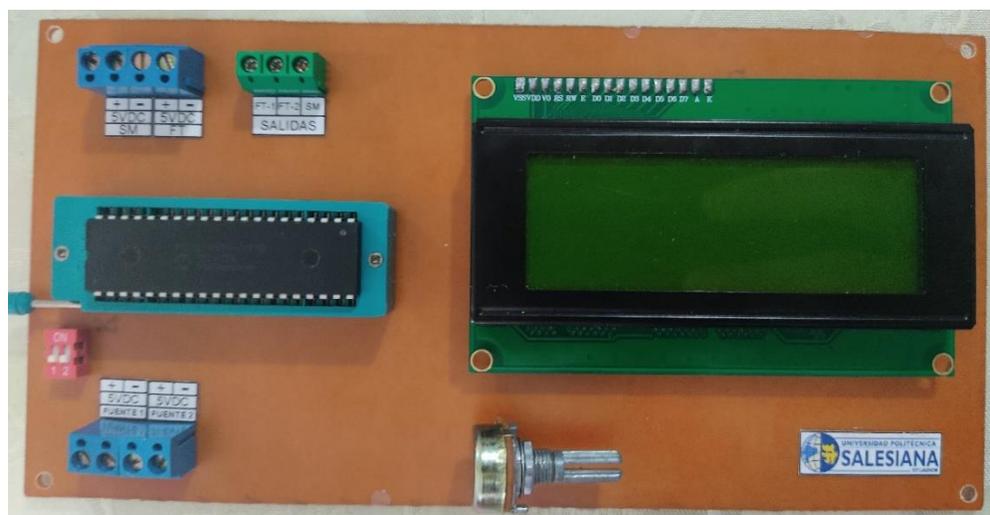


Figura 3.45 Placa PCB lista para montaje

3.3 Sistema CCTV

Uno de los parámetros más importantes en una escuela es la seguridad de los alumnos, darle la confianza a los padres de familia de que sus hijos van a ser cuidados de una manera responsable y segura por parte del personal encargado, y para poder brindar esta seguridad a los alumnos, se instalará un sistema de video vigilancia con cámaras estratégicamente distribuidas en las instalaciones del plantel educativo, de esta manera se mantendrá en constante vigilancia los interiores del plantel así como los alrededores, para poder estar atento a cualquier situación que se presente en el mismo. Este tipo de sistemas requieren estar encendidos durante las 24 horas del día, por lo que representaría un incremento en la planilla de electricidad, para evitar que se genere este gasto se ha decidido implementar una fuente de energía limpia y renovable que alimente a este sistema y que no dependa de la red de alumbrado público y es ahí donde entra el sistema fotovoltaico que hemos implementado.

3.3.1 *Análisis de ubicación e instalación*

En primer lugar, debemos seleccionar la ubicación de cada una de las cámaras, hay que ubicarlas de manera que en conjunto se pueda apreciar todos los puntos críticos del establecimiento, los puntos que van a estar más concurridos en el día a día dentro del establecimiento, y en el caso de los exteriores, que nos muestren los accesos inmediatos hacia el plantel.

Las cámaras han sido ubicadas de manera que su rango de visión cubra todas las áreas de interés, tanto en la parte interior y los accesos inmediatos al plantel por la parte exterior. Se han distribuido 6 cámaras en la planta baja y 7 cámaras en la planta alta, de manera que cada cámara cubra una zona específica, de esta manera los únicos puntos ciegos serían el interior de los baños y la oficina principal del director, y para que alguien ingrese a estas áreas

mencionadas ya tuvo que haber sido detectado por al menos una de las cámaras. Se ha numerado cada cámara según su ubicación, como se muestra en la Tabla 3.5 a continuación.

DISTRIBUCION DE CÁMARAS SISTEMA CCTV	
NOMBRE	UBICACIÓN
Cámara 1	Cámara ubicada en la puerta principal del plantel
Cámara 2	Cámara ubicada en la puerta posterior del plantel
Cámara 3	Cámara ubicada en el lobby principal
Cámara 4	Cámara ubicada en el pasillo exterior (lobby)
Cámara 5	Cámara ubicada en el pasillo exterior (oficina)
Cámara 6	Cámara ubicada en el lobby de la parte posterior
Cámara 7	Cámara ubicada en las escaleras del lobby principal planta alta
Cámara 8	Cámara ubicada en el pasillo de la planta alta
Cámara 9	Cámara ubicada en las escaleras de la parte posterior planta alta
Cámara 10	Cámara ubicada en el aula 1 de la planta alta
Cámara 11	Cámara ubicada en el aula 2 de la planta alta
Cámara 12	Cámara ubicada en el aula 3 de la planta alta
Cámara 13	Cámara ubicada en el laboratorio de cómputo de la planta alta

Tabla 3.5 Ubicación de las cámaras de video vigilancia del sistema CCTV. (Autores, 2021)

A continuación, se mostrará la ubicación en la que fue instalada cada una de las cámaras antes mencionadas, empezando por la planta baja hasta la planta alta.

Planta Baja:**Figura 3.46** Ubicación Cámara 1**Figura 3.47** Ubicación Cámara 2



Figura 3.48 Ubicación Cámara 3



Figura 3.49 Ubicación Cámara 4



Figura 3.50 Ubicación Cámara 5



Figura 3.51 Ubicación Cámara 6

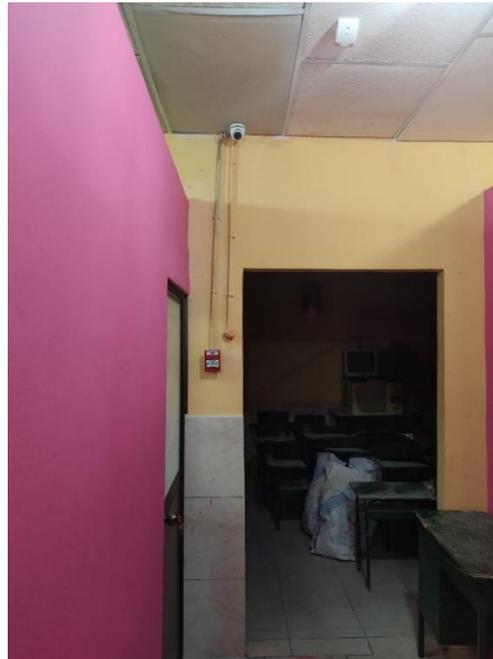
Planta Alta**Figura 3.52** Ubicación Cámara 7**Figura 3.53** Ubicación Cámara 8



Figura 3.54 Ubicación Cámara 9

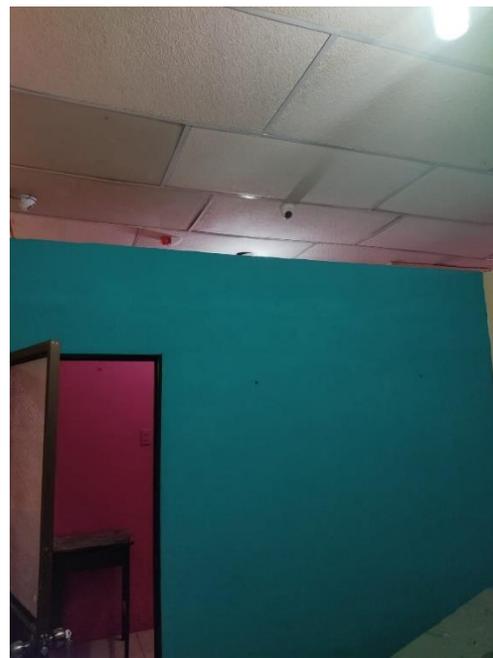


Figura 3.55 Ubicación Cámara 10



Figura 3.56 Ubicación Cámara 11



Figura 3.57 Ubicación Cámara 12



Figura 3.58 Ubicación Cámara 13

3.3.2 Caja de control Sistema CCTV

Para poder distribuir la energía brindada por el sistema fotovoltaico, se ha creado una caja de control que será ubicada en la oficina principal, donde se ubicará el DVR y el Monitor donde se visualizarán las cámaras en tiempo real. La caja de control cuenta con una PCB que recepta la señal de voltaje que proviene del Sistema Fotovoltaico y la normaliza y distribuye para todas las cámaras de la planta baja, y a su vez, un sistema que permite seleccionar entre alimentación desde el Sistema Fotovoltaico o la Red Eléctrica, para casos de mantenimiento y de esa manera las cámaras pueden seguir funcionando mientras se trabaja en el sistema fotovoltaico.

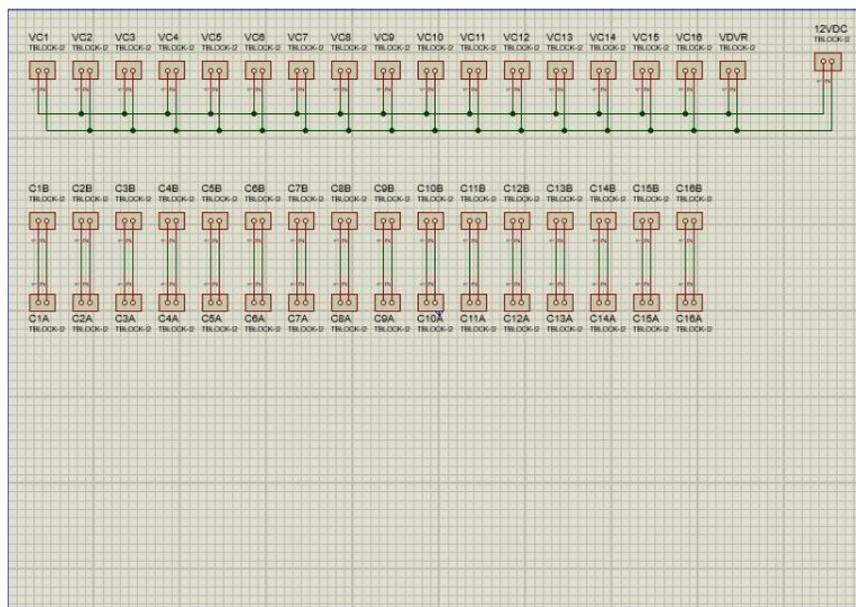


Figura 3.59 Diseño del PCB para el Sistema CCTV en Proteus

Se realiza el diseño en Proteus de cómo van a ir ubicados los terminales de cada cámara, así como la señal que estos reciben y envían desde el DVR, y una vez se tiene el esquemático podemos proceder a realizar el diseño en la placa para el circuito impreso.

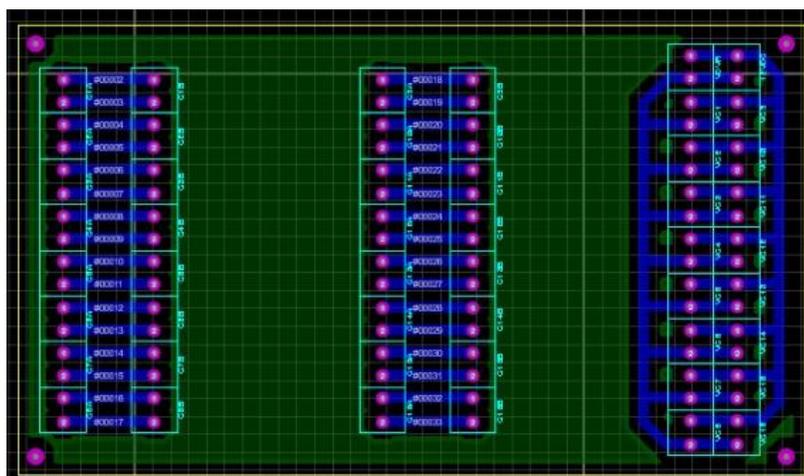


Figura 3.60 Diseño del circuito impreso para el Sistema CCTV

Con el diseño ya realizado procedemos a imprimirlo en papel fotográfico, para luego plasmarlo en la baquelita y realizar el procedimiento de remover el cobre innecesario con el percloruro de hierro, y al finalizar deberemos realizar pruebas con el multímetro para detectar cualquier falla posible y poder rectificarla.

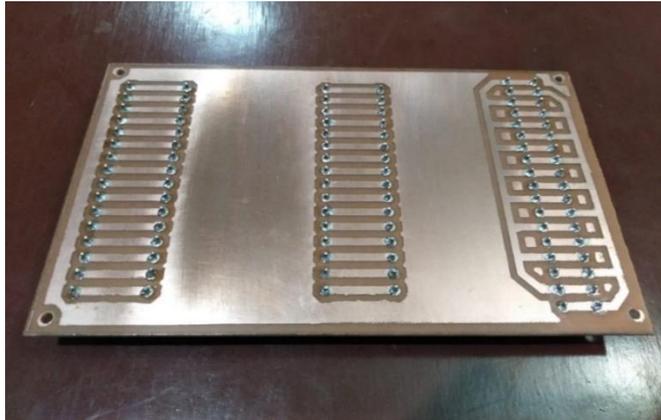


Figura 3.61 Circuito impreso caja de control Sistema CCTV

Procedemos a soldar todas las piezas a nuestro PCB, así como incluir las leyendas para identificar cada uno de los elementos presentes, y una vez realizado se procede a instalarla en la caja de control, de manera que quede lista para el montaje final.

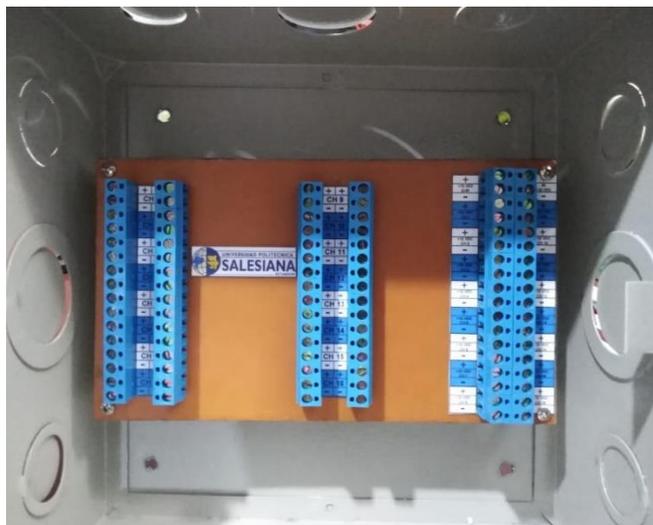


Figura 3.62 Caja de control con la PCB instalada.

Una vez la caja está lista se procede a montarla en su ubicación respectiva, que es en la oficina principal del director, donde será instalado el DVR y el monitor del sistema CCTV. Se procede a instalar las canaletas para poder pasar los cables de las cámaras de video vigilancia, así como la alimentación a cada cámara y la conexión con el sistema fotovoltaico de la planta alta. Se coloca la caja a una altura de 2 metros y se realiza las conexiones necesarias.



Figura 3.63 Instalación caja de control Sistema CCTV



Figura 3.64 Sistema CCTV instalado con el DVR y monitor.

Como se mencionaba anteriormente, el sistema cuenta con la posibilidad de seleccionar entre alimentación desde el sistema fotovoltaico o desde la red eléctrica del sector, por lo que es necesario un selector que se ha ubicado en la parte frontal de la caja, además se cuenta con la posibilidad de apagar por completo el sistema en caso de alguna falla o de necesitar reparos.



Figura 3.65 Selector para alimentación del sistema CCTV.

Por último, se procede a realizar las conexiones de las cámaras con el DVR, alimentar el sistema y encenderlo.



Figura 3.66 Sistema CCTV en funcionamiento

CAPITULO 4

4 RESULTADOS

Los resultados demostraran una comparativa de lo que llamaremos Sistema en modo Estático y Sistema en modo Dinámico. En ambos modos se procede a tomar la medición del tiempo en que demora cargar la batería desde un 60% a un 100% sin carga, y así comprobar la mejora del sistema de seguimiento solar con los sistemas fotovoltaicos convencionales. Cabe recalcar que la potencia entregada para cargar la batería será de todos los paneles, siendo solo el de 30W el único actuador que cambiará su función en los modos mencionados.

4.1 Sistema en Modo Estático

El Sistema en Modo Estático consta de realizar mediciones del tiempo en que demora cargar la batería de 70Ah, cuando el panel solar de 30W se encuentre estático en una posición de 90° mirando hacia arriba. Esto con la finalidad de simular cómo funcionan los sistemas fotovoltaicos convencionales, en donde los paneles solares permanecen en una sola posición a lo largo del tiempo.

Estas mediciones se realizaron en la mañana y en la tarde por dos días consecutivos, se tomaron fotografías para observar el tiempo de carga. Estos datos se muestran en la Tabla 4.1

Fecha	Inicio de Carga	Fin de Carga	Tiempo de Carga	Promedio Tiempo de Carga
20/09/2021	08:00	11:50	3:50	3:38
21/09/2021	12:10	15:36	3:26	

Tabla 4.1 Tiempo de carga Modo Estático. (Autores, 2021)

Como indica la tabla 4.1 tenemos un tiempo de carga promedio de 3 horas con 38 minutos utilizando el modo estático.

Estas mediciones la realizamos por medio de una videocámara ubicada frente al regulador de voltaje del sistema fotovoltaico, este regulador nos indica el nivel de carga de la batería, siendo 5 líneas en total que proporcionalmente indican el nivel en el que se encuentra cargada la batería.

Descargando la batería en la tercera línea tenemos una carga del 60% y siendo cargada a la quinta línea nos indica el 100% de carga de la batería, como se muestra en las Figuras 4.1 – 4.2 – 4.3 – 4.4.

Día 1 – Modo Estático (Mañana)



Figura 4.1 Inicio de carga de Batería, día 1 - Modo Estático

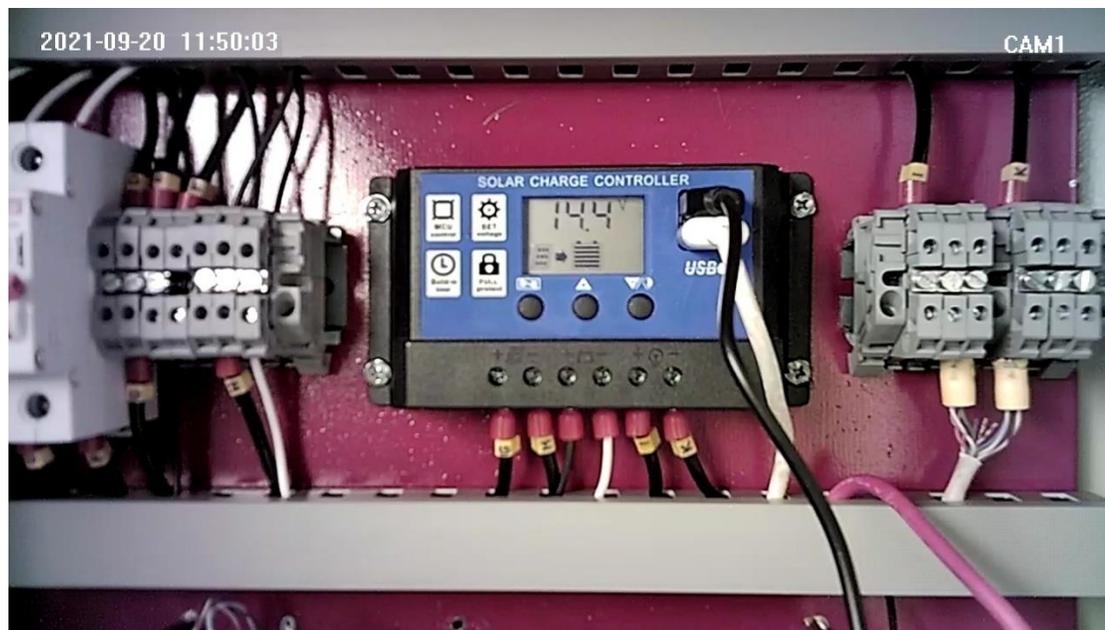


Figura 4.2 Fin de carga de Batería, día 1 – Modo Estático

Día 2 – Modo Estático (Tarde)



Figura 4.3 Inicio de carga de Batería, día 2 – Modo Estático



Figura 4.4 Fin de carga de Batería, día 2 – Modo Estático

4.2 Sistema en Modo Dinámico

Para el sistema en Modo Dinámico se activó el control neuronal para que el panel solar de 30W realice el respectivo seguimiento del sol, siendo el punto clave del proyecto.

Así como se realizó con el Modo Estático; la batería se la descargó en un 60% para proceder a cargarla en el modo dinámico hasta el 100% sin conexión a la carga principal del CCTV, pero si conectado a la alimentación del control neuronal.

Estas mediciones para el Modo Dinámico se realizaron en la mañana y en la tarde por dos días consecutivos, se tomaron fotografías para observar el tiempo de carga. Estos datos se muestran en la Tabla 4.2

Fecha	Inicio de Carga	Fin de Carga	Tiempo de Carga	Promedio Tiempo de Carga
22/09/2021	08:20	11:39	3:19	3:21
23/09/2021	12:30	15:57	3:23	

Tabla 4.2 Tiempo de carga Modo Dinámico. (Autores, 2021)

Como se muestra en la tabla 4.2 el promedio de carga con el sistema en Modo Dinámico fue de 3 horas con 21 minutos. Estas mediciones se hicieron igual que en el Modo Estático, por medio de una videocámara como se muestran en las Figuras 4.5 – 4.6 – 4.7 – 4.8.

Día 1- Modo Dinámico (Mañana)

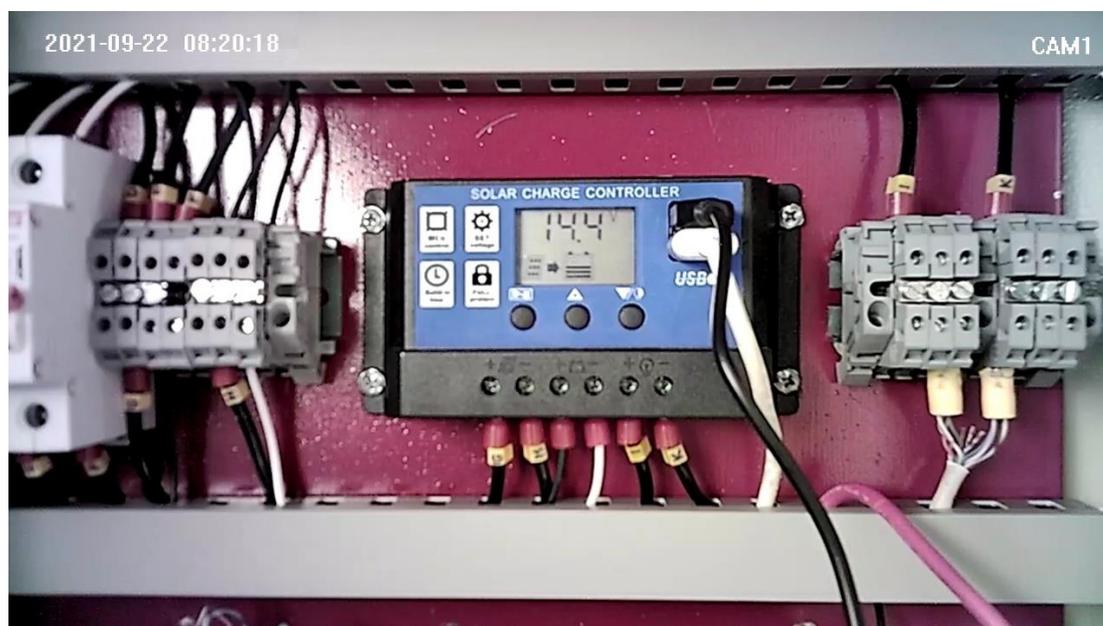


Figura 4.5 Inicio de carga de Batería, día 1 (Modo Dinámico)



Figura 4.6 Fin de carga de Batería, día 1 (Modo Dinámico)

Día 2- Modo Dinámico (Tarde)

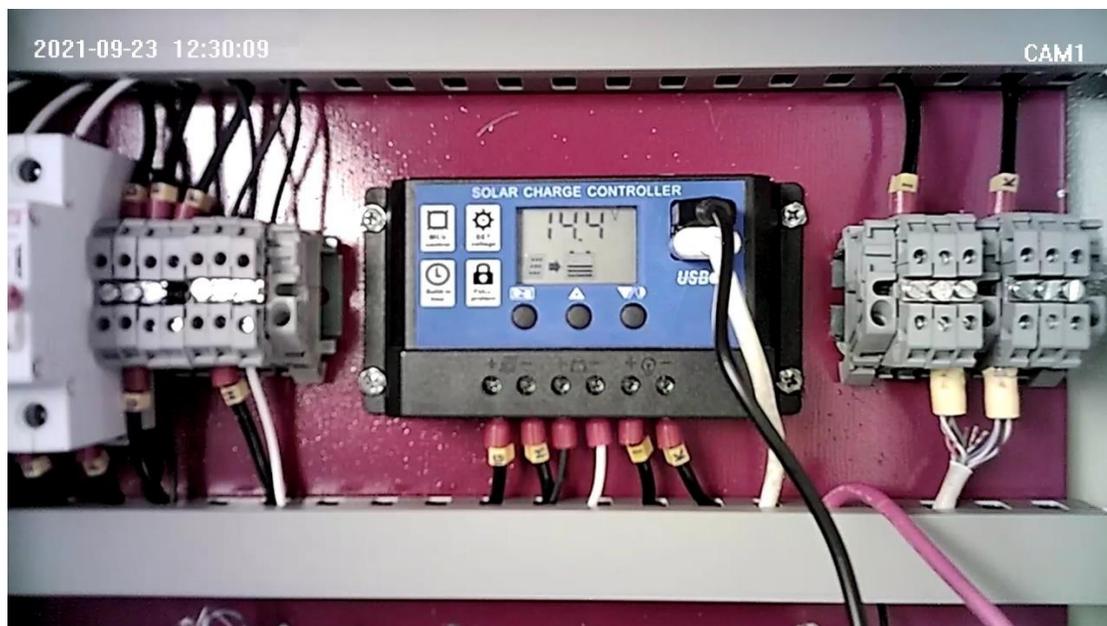


Figura 4.7 Inicio de carga de Batería, día 2 (Modo Dinámico)



Figura 4.8 Fin de carga de Batería, día 2 (Modo Dinámico)

4.3 Comparativa Sistema Modo: Estático - Dinámico

Una vez obtenido todos los datos en el sistema en Modo Estático y en Modo Dinámico procedimos a realizar la comparativa en los respectivos promedios de tiempos de carga mostrados en la Tabla 4.3.

Modo	Tiempo promedio de carga (Horas)	Diferencia (Minutos)
Estático	3:38	17
Dinámico	3:21	

Tabla 4.3 Comparativa de tiempos de carga Modo: Estático vs Dinámico. (Autores, 2021)

Observando la tabla 4.3 observamos que existe una diferencia de 17 minutos entre ambos modos, por lo cual se ve reflejado que el seguidor solar basado en un control neuronal mejora el tiempo de carga de una batería.

Es importante tener en cuenta que mientras más paneles tengan un seguidor solar, mucho mayor será la diferencia entre los tiempos de carga, siendo así en resumen que el seguidor solar mejora el sistema fotovoltaico mientras más paneles estén conectados al control.

CONCLUSIONES

Las redes neuronales se pueden tomar como un método para cuando se necesite realizar un control de un sistema, esto se pudo demostrar tanto en lo teórico como en lo experimental en este Proyecto Técnico ya que basados en los cálculos realizados el proceso funcionó como se lo estimaba, dando así un visto favorable a la utilización de redes neuronales artificiales a procesos que requieran un control de lazo cerrado.

Los seguidores solares como tal tienen la función de mejorar los sistemas fotovoltaicos, y en este caso se pudo demostrar de manera experimental que la implementación de un seguidor solar pudo mejorar la recepción de energía solar en un promedio del 20% aproximadamente.

En los análisis, cálculos teóricos y programación del microprocesador se pudo evidenciar que el uso de redes neuronales como un tipo de control es más compacto y sencillo en cierto nivel a la utilización de otros tipos de controles como el PID, Fuzzy y demás, ya que las redes neuronales no requieren de ecuación de planta ni coeficientes para calibración que requieren cálculos teóricos y experimentales de mayor nivel.

RECOMENDACIONES

Al momento de realizar el análisis de carga para el sistema fotovoltaico, es importante tener en cuenta todos los dispositivos que forman parte de la red a alimentar, y una vez se conozca la cantidad exacta de consumo de estos dispositivos, es buena práctica considerar más potencia que la requerida para el dimensionamiento de la batería y los paneles necesarios, de esa manera se tiene un poco de espacio para que haya la posibilidad ya sea de adicionar alguna otra carga al sistema en el futuro o a su vez se pueda compensar cualquier exceso de carga de los dispositivos a alimentar.

Es recomendable realizar un reconocimiento al lugar en el que van a estar instalados los paneles solares, ya que normalmente están ubicados en zonas al aire libre y a una altura considerable, hay que tener en cuenta cómo se comporta el clima, para la lluvia hay que tener en cuenta la protección de los sensores y el servomotor ya que son dispositivos sensibles, y también tener en cuenta si es un lugar donde hay mucho viento, ya que eso puede crear una fuerza de empuje en los paneles y ocasionar daños en el servomotor.

Para el diseño de la red neuronal, es necesario tener en cuenta todos los factores que afectan al sistema directamente, para poder determinar de mejor manera las entradas y el uso del umbral, que puede considerarse como una entrada más o como una constante en la ecuación.

REFERENCIAS

Schallenberg J., Piernavieja G., Hernandez C., Unamunzanga P., Garcia R., Diaz M., Cabrera D., Martel. G., Pardilla J. y Subiela V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. (1ª ed.). Instituto Tecnológico de Canarias S.A.

WWF y Fundación Natura. (2004). *Energías Renovables Conceptos y Aplicaciones*. (2ª ed.). AH/Editorial 022559732/35.

Arancibia C. y Best R. (2010). *Energía del Sol*. Revista Ciencia (61). 10-17.
https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf

Perpiñan O., Colmenar A. y Castro M. (2012). *Diseño de Sistemas Fotovoltaicos*. (1ª ed.) España Printed.

Barrio M. y Casa M. (2017). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. (1ª ed.). Editorial Alfaomega y Marcombo.

Wireless energy. (2021). *Las tres fuentes de energía renovable más usadas en el mundo*. Recuperado el día 26 de febrero del 2021 de <http://wireless-energy.cl/las-tres-fuentes-de-energia-renovable-mas-usadas-del-mundo/>.

Alonso J. (2021). *Manual de cálculo de instalación fotovoltaica aislada*. Sunfields Europe. Recuperado el 26 de febrero del 2021 de <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/manual-calculo/>.

Imago (2021). *Energía solar fotovoltaica*. Imago Soluciones. Recuperado el 26 de febrero del 2021 de http://www.imagosoluciones.com/Servicios/Energia_solar_fotovoltaica.html.

Vaca D. y Ordoñez F. (2019). *Mapa solar del Ecuador 2019*. Scinergy.

Sánchez C. (09 de marzo del 2019). Referencia APA sin la información completa. *Normas APA (7mas Edición)*. <https://normas-apa.org/referencias/referencias-o-citas-sin-la-informacion-completa/>

Smart10 (2021). *Los principales componentes de un cctv*. Recuperado el 26 de febrero del 2021 de <https://smart10.top/componentes-de-un-cctv/>.

Imsel (2021). *¿Qué es CCTV? y cuál es su función*. Recuperado el 26 de febrero del 2021 de <https://www.imsel.com/que-es-cctv-y-cual-es-su-funcion/>.

Galván I. y Valls J. (2018). *Primeros Módulos Computacionales*. OCW. <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-informatica/redes-de-neuronas/transparencias/Tema2%20PerceptronAdalineRN.pdf>.

Rouhiainen L. (2018). *Inteligencia Artificial, 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. (1ª ed.). Alienta Editorial.

Cámara Comercio Madrid (2019). *¿Cuál es el impacto del Machine Learning en el ámbito Empresarial?* Mba-Madrid. <https://www.mba-madrid.com/empresas/impacto-del-machine-learning-ambito-empresarial/>.

Obando O. y Garita C. (2017). *Riesgo Químico: Un Modelo Computacional de Cálculo Mediante Lógica Difusa*. https://www.researchgate.net/publication/329355097_Riesgo_Quimico_Un_Modelo_Computacional_de_Calculo_Mediante_Logica_Difusa.

Redacción APD (2021). *Métodos y Técnicas de Inteligencia Artificial: Cuales son y para que se usan*. APD. <https://www.apd.es/tecnicas-de-la-inteligencia-artificial-cuales-son-y-para-que-se-utilizan/>Díez, J. J. (2010). *Sistemas Inteligentes T6: Sistemas Basados en Reglas*. Oviedo: Universidad de Oviedo.

Veloso F. (2019). *Data Mining la disciplina hermana*. Feeding the machine.
<https://www.feedingthemachine.ai/data-mining-y-machine-learning/>

Lopez R. (2017). *Introducción a la Inferencia Bayesiana con Python*. Github.
<https://relopezbriega.github.io/blog/2017/05/21/introduccion-a-la-inferencia-bayesiana-con-python/>.

Moreno F. (2011). *Reingeniería del Conocimiento*. Gestión Documental.
<https://gestiondocumentalparagentenormal.com/2011/02/07/reingenieria-del-conocimiento/>

Terrones Rodríguez, A. L. (2018). *Inteligencia artificial y ética de la responsabilidad*.
Cuestiones De Filosofía, 4(22), 141–170.
<https://doi.org/10.19053/01235095.v4.n22.2018.8311>

Rouhiainen L. (2018). *Inteligencia Artificial*. (4ta Edición) Alienta Editorial.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

DESCRIPCION	COSTO	CANT.	UNID.	TOTAL
Panel Solar 200W	\$ 80,00	3	unidad	\$ 240,00
Panel Solar 30W POWEST	\$ 40,00	1	unidad	\$ 40,00
Batería 70Ah EATON	\$ 120,00	1	unidad	\$ 120,00
DVR de 16 canales 720P Hikvision	\$ 90,00	1	unidad	\$ 90,00
Cámaras análogas Hikvision	\$ 15,00	5	unidad	\$ 75,00
Fuente de 12v 10Amp	\$ 12,00	1	unidad	\$ 12,00
Regulador Solar 30AMp	\$ 25,00	1	unidad	\$ 25,00
Caja de control 20x20x15cm	\$ 15,00	1	unidad	\$ 15,00
Caja de control 40x40x25cm	\$ 40,00	1	unidad	\$ 40,00
Caja de protección acero inoxidable	\$ 25,00	2	unidad	\$ 50,00
PCB neuronal (Baquelita, bornes, LCD, sensores, etc.)	\$ 45,00	1	global	\$ 45,00
PCB para CCTV (Baquelita, bornes, etc.)	\$ 20,00	1	global	\$ 20,00
Servomotor 6V - 15N/cm TOWERPRO	\$ 12,00	1	unidad	\$ 12,00
Breaker 10A	\$ 4,00	3	unidad	\$ 12,00
Breaker 2A	\$ 6,00	1	unidad	\$ 6,00
Borneras para Riel DIN	\$ 0,50	15	unidad	\$ 7,50
Cable concéntrico 2x18awg	\$ 0,45	20	unidad	\$ 9,00
Cable UTP Cat. 5E	\$ 0,30	120	unidad	\$ 36,00
Canaleta plástica 20x20x200cm	\$ 1,20	20	unidad	\$ 24,00
Canaleta plástica 40x20x200cm	\$ 1,70	3	unidad	\$ 5,10
Canaleta plástica ranurada 20x20x240cm	\$ 4,00	2	unidad	\$ 8,00
Angulo ranurado 1/16" x 1/16" x 200cm	\$ 12,00	9	unidad	\$ 108,00
Tabla de balsa 600x600x5mm	\$ 12,00	1	unidad	\$ 12,00
Chumacera con rodamiento 3/4"	\$ 6,00	6	unidad	\$ 36,00
Chumacera con rodamiento 12mm	\$ 16,00	2	unidad	\$ 32,00

Conector coaxial macho	\$ 1,10	16	unidad	\$ 17,60
Eje de 3/4" x 10cm	\$ 6,00	6	unidad	\$ 36,00
Eje de 12mm x 20cm	\$ 15,00	1	unidad	\$ 15,00
Pintura en Spray	\$ 2,00	3	unidad	\$ 6,00
Pernos y tuercas 1/4" (12 unid.)	\$ 1,50	6	unidad	\$ 9,00
Pernos y tuercas 1/2" (12 unid)	\$ 2,30	6	unidad	\$ 13,80
Material menor consumible (Tornillos, tacos, cinta aislante, etc.)	\$ 80,00	1	global	\$ 80,00
Transporte y envíos	\$ 200,00	1	global	\$ 200,00
TOTAL				\$ 1.457,00

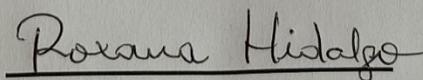
CARTA DE ENTREGA-RECEPCION DEL PROYECTO AL BENEFICIARIO

Guayaquil, 18 de Noviembre del 2021

Universidad Politécnica Salesiana
Sede Guayaquil

Por medio de la presente Roxana Viviana Hidalgo Rivera con C.I. N° 0919601583 directora de la escuela particular Camino al Espacio, permitimos notificar la **ENTREGA-RECEPCIÓN** del proyecto *“Diseño e implementación de un control basado en redes neuronales artificiales para la posición óptima de paneles solares de un sistema fotovoltaico en la escuela primaria camino al espacio”* que realizaron los estudiantes Rai Romario Andrade Caicedo con C.I. 0931610919 y Oswaldo Alberto Sanyer Espinoza con C.I. 0950798199 en las instalación de la escuela CAMINO AL ESPACIO ubicada en Sauces 4 Mz. 370 Villa 39. Quedando su proyecto en funcionamiento y cumpliendo con los objetivos indicados en un inicio.

Saludos cordiales,



Roxana Viviana Hidalgo Rivera
Escuela particular Camino al Espacio
Directora

FICHA TÉCNICA PANEL SOLAR 200W

Solar Panels

Key Features

- 1, Use high quality solar cells to advanced encapsulation
- 2, Adopt high transparent low-iron tempered glass, high quality
- 3, Anti-UV EVA and back sheet.
- 4, With multi performance testing for each module, to ensure the product quality and output performance.
- 5, Using anodized aluminum frame with anti-corrosion, to ensure solar module working under extremely and badly outdoors environment
- 6, Warranty: 10 years: 90%, 25 years: 80%

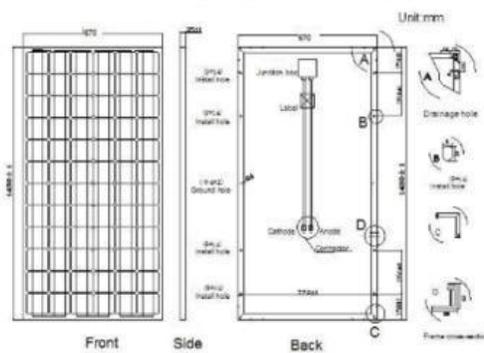
Model: BS-200W-36M



Electrical Parameter

Model Type	BS-200W-36M
Brand	Scowatt SOLAR
Peak Power(Pmax)	200.00W
Maximum Power Voltage(Vmp)	36.6V
Maximum Power Current(Imp)	5.4A
Open Circuit Voltage(Voc)	43.9V
Short Circuit Current(Isc)	5.8A
Cell efficiency(%)	18.4%
Maximum System Voltage(V)	1000
Maximum Series Fuse Rating(A)	15A
Power Tolerance	0~3%
Operating Temperature(°C)	-40~85°C

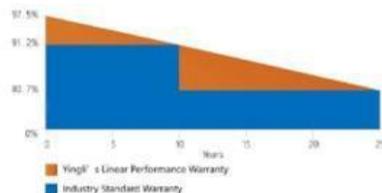
200W Mono solar panel(1480*670*40mm)



Mechanical Parameter

Cell Type	Mono-crystalline 156×156mm
No. of Cells	60
Dimensions	1480×670×40mm
Weight	11kgs
Front Glass	3.2mm tempered glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction box	IP65 Rated
Output cables	4mm ² , MC4 connector
Quantity/tray	26 pcs

25 Years Linear Warranty



FICHA TÉCNICA PANEL SOLAR 30W

POWEST®

POWEST

Paneles Solares Policristalinos

Los paneles fotovoltaicos POWEST policristalinos son ideales para su uso en plantas de energía a gran escala, comerciales e instalaciones residenciales. Nuestros paneles fotovoltaicos están en línea con las normas de la Comisión Electro-técnica Internacional (IEC 61215, IEC 61730), e incluyen:

- Pruebas de exposición a exteriores
- Pruebas de aislamiento
- Pruebas de resistencia a puntos calientes
- Pruebas de pre acondicionamiento ultravioleta (UV)
- Pruebas de clima (como humedad-calor, ciclo térmico y humedad - congelación)
- Pruebas de carga mecánica
- Pruebas de fuga de corriente con humedad
- Pruebas de empuje
- Pruebas de impacto de granizo
- Pruebas de continuidad de conexión a tierra

Las principales características de nuestros paneles son:

- Diodo de derivación que reduce al mínimo la pérdida de potencia por la sombra
- Alta eficiencia de conversión del módulo (hasta 15,88%), gracias a una innovadora tecnología de fabricación
- Células solares de alta eficiencia con transmisión y cristal texturizado
- Vidrio templado con encapsulado EVA y película de protección frente al medio ambiente, con marco de aluminio anodizado, para una protección eficiente bajo condiciones ambientales extremas
- A prueba de agua (UL94, VO)



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PANELES SOLARES						
Tipo de módulo	Poli-Cristalino					
Potencia máxima	30W	50W	100W	150W	270W	320W
Tolerancia salida de potencia	±3%	0/+5	0/+5	0/+5 %	0/+5 %	0/+5 %
Voltaje de circuito abierto	21.3VDC	22.5VDC	21.3VDC	21.5VDC	37.9VDC	46.0VDC
Corriente de cortocircuito	1.80A	2.86A	6.08A	8.91A	9.27A	9.189A
Voltaje en potencia máxima	18.0VDC	18.7VDC	17.8VDC	18.1VDC	30.7VDC	37.0VDC
Corriente en potencia máxima	1.67A	2.68A	5.62A	8.29A	8.80A	8.64A
Eficiencia	13.1%	14.1%	14.5%	15.2 %	16.5 %	16.5 %
Max. serie de fusible	10A	10A	10A	15A	15A	15A
Caja de conexiones (grado de protección)	SI	≥ IP65				
Máxima tensión del sistema	600VDC	1000VDC	1000VDC	1000V DC	1000V DC	1000V DC
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C to 85°C	-40°C to 85°C	-40°C to 85°C	-40°C to 85°C	-40°C to 85°C	-40°C to 85°C
Peso	2.8kg	4.3kg	7.6kg	10.9kg	17.3kg	21.5kg
Celda (cantidad / material / número de barras colectoras)	36 / silicio multicristalino / 4 o 5	36 / silicio multicristalino / 4 o 5	72 / silicio multicristalino / 4 o 5	36 / silicio multicristalino / 4 o 5	60 / silicio multicristalino / 4 o 5	72 / silicio multicristalino / 4 o 5
Dimensiones (Altura x Ancho x Profundidad)	510mm/450mm/25 mm	660mm/540mm/30mm	1030mm/670mm /35mm	1480mm/680mm /35mm	1650mm / 992mm / 35mm	1960mm / 990mm / 40mm
Clase de aplicación	A	A	A	A	A	A
Distancia Cable	NO	NO	NO	0.9m	0.9m	1.1m
Conector	NO	NO	NO	Plug MC4 / IP65	MC4 / IP67	MC4 / IP67
Calificaciones y certificado	IEC 61215, IEC 61730, CE, MCS, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004,BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000					
STC: irradiación de 1000 W / m ² , temperatura del módulo de 25 ° C, espectro AM1.5g según EN 60904-3. Reducción de eficiencia relativa promedio de 3.3% a 200W / m ² según EN 60904-1.						

FICHA TÉCNICA BATERÍA 70AMP

Powerware series

PWHR12280W4FR

Eaton 12V 280W Battery



Features

- UL-recognized components under UL924 and certified by ISO 9001 and ISO 14001
- Specially designed for high power density and long life applications
- Small volume, lightweight high discharge efficiency
- Can be used for more than 260 cycles at 100% discharge in cycle service
- Analytical Grade electrolyte
- Low self-discharge
- Built to comply with IEC 896-2, DIN 473534, BS 6290 Pt4, Eurobat
- Exclusive three-year battery parts coverage and one-year battery labor coverage

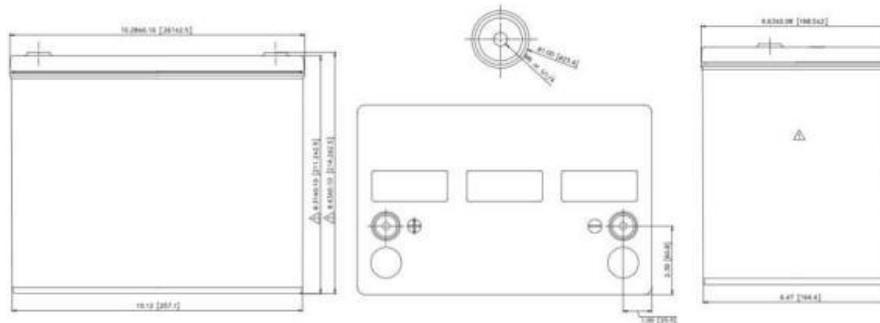
CONSTANT POWER DISCHARGE CHARACTERISTICS: WATTS/CELL (77°F, 25°C)

End point volts/cell	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	40 min	45 min	50 min	60 min	90 min
1.85V	336	276	235	202	156	127	116	106	92	67
1.80V	388	300	249	212	163	134	123	113	97	70
1.75V	436	326	263	221	171	139	130	117	100	73
1.70V	480	350	274	231	177	144	132	121	103	76
1.67V	506	361	283	236	180	146	134	123	106	78
1.60V	559	384	298	246	185	148	137	127	108	81

All mentioned values are average values per battery per cell.

Tolerance: X < 6 min (+15% -- -15%), 6 min X < 10 min (+12% -- -12%), 10 min X < 60 min (+8% -- -8%), X 60 min (+5% -- -5%)

DIMENSIONS [H x W x D, in (mm)]



EATON

Powering Business Worldwide

Technical specifications

Cells per unit	6
Voltage per unit	12
Capacity	280W @ 15-minute rate to 1.67V per cell @ 77°F (25°C)
Weight	Approximately 59.6 lb (27.1 kg)
Maximum discharge current	800A (5 sec)
Internal resistance	Approximately 4.5 mΩ
Operating temperature range	Discharge: 5°F–122°F (-15°C–50°C) Charge: 5°F–104°F (-15°C–40°C) Storage: 5°F–104°F (-15°C–40°C)
Nominal operating temperature range	77°F ± 5°F (25°C ± 3°C)
Float charging voltage	13.5 to 13.8 Vdc/unit Average at 77°F (25°C)
Recommended maximum charging current limit	28A
Equalization and cycle service	14.4 to 15.0 Vdc/unit Average at 77°F (25°C)
Self discharge	Batteries can be stored for six months at 77°F (25°C). Please charge batteries before using. For higher temperatures the time interval will be shorter. Voltage test prior to battery installation is recommended.
Terminal	12-thread lead alloy recessed terminal to accept M6 bolt
Container material	Polypropylene UL94-V0/File E50955 Flammability resistance of UL94-HB/File E216959 is available upon request.



FICHA TÉCNICA REGULADOR SOLAR 30 AMP

Product parameters



Model	YJSS 10	YJSS 20	YJSS 30
System voltage	12V / 24V Automatic adaptation		
Rated charging current	10A	20A	30A
Rated discharge current	10A		
Maximum PV voltage	12V system<23V/24V system<46V		
Increase charging voltage	b1Sealed type	b2Gel type	b3Open type
	14.4V	14.2V	14.6V
Floating charge voltage	13.7,(Adjustable range: 12.7-15V)		
Discharge cut-off voltage	10.7V,(Adjustable range: 9V-11.3V)		
Discharge recovery voltage	12.6V,(Adjustable range: 11.5V-13V)		
USB output	5V/2A		
Standby current	<10mA		
Working temperature	-35~+60°C		
Size / weight	133*70*35mm/132g		

FICHA TÉCNICA SERVOMOTOR

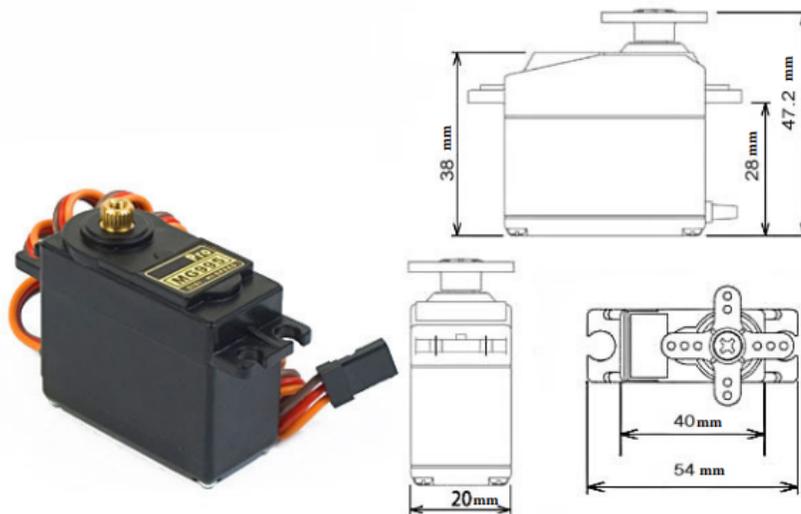
MG995 High Speed Servo Actuator

The unit comes complete with color coded 30cm wire leads with a 3 X 1 pin 0.1" Pitch type female header connector that matches most receivers, including Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum and Hitec.

This high-speed servo actuator is not code dependant; You can use any servo code, hardware or library to control them. The MG995 Actuator includes arms and hardware to get started.

Specifications

- Weight: 55 g
- Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- Stall torque: 8.5 kgf-cm (4.8 V), 10 kgf-cm (6 V)
- Rotation Angle: 120deg. (+- 60 from center)
- Operating speed: 0.2 s/60° (4.8 V), 0.16 s/60° (6 V)
- Operating voltage: 4.8 V to 7.2 V
- Dead band width: 5 μ s
- Stable and shock proof double ball bearing design
- Metal Gears for longer life
- Temperature range: 0 °C – 55 °C



MG995 High Speed Servo Actuator

PWM=Orange (⏏)
Vcc = Red (+)
Ground=Brown (-)

