



Universidad del
Rosario

Escuela de Ingeniería,
Ciencia y Tecnología



Maestría en
Energías Renovables

ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE REFLEXIÓN SOLAR SOBRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Presentado para obtener el título de

MAGÍSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES

Gerardo Gutiérrez Mejía
Edgar Armando Herrera González

Director:
Jesús Antonio Vega Uribe
Ingeniero Electricista
Magister en Ingeniería Eléctrica

Universidad del Rosario
Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología
Maestría en Energías Renovables
2022

DEDICATORIA

Para mi hermosa esposa, mis hijos, padres y hermanos

AGRADECIMIENTOS

iii

Profesores de la Maestría Energías Renovables por compartir su conocimiento y experiencia

RESUMEN

En esta tesis de Maestría, se propone mediante el emplazamiento de arreglos fotovoltaicos y superficies reflectantes de prueba, identificar aspectos que puedan mejorar la eficiencia energética de los sistemas solares. Aprovechar la radiación solar y convertirla en energía eléctrica es una aplicación que ha demostrado tener ventajas en cuanto a la disminución de gases de efecto invernadero y ser una alternativa a la creciente demanda de energía eléctrica. El uso de dispositivos aplicados para aumentar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos, está a la par de las investigaciones para mejorar el aprovechamiento de estos. La disposición de los parques solares actuales, contruidos sobre amplias extensiones de terreno, para lograr capacidades de generación económicamente explotables, hace que el uso de la tierra se destine de manera extensiva a generar energía. La técnica propuesta para aplicar en este estudio es aumentar la irradiancia sobre el panel solar mediante un sistema de concentración de irradiancia y desarrollar un prototipo en una nueva disposición de paneles que, aprovechando la concentración de la misma sobre estos, logre medir el impacto sobre la reducción del área de terreno ocupada por el arreglo solar.

Los paneles solares comerciales que se encuentran actualmente, presentan una eficiencia alrededor del 20% (Atersa Grupo Elecnor, 2022) (SUNPOWER, 2020) (E4e, 2022) (Mengual, 2022), en generación de energía; adicionalmente la distribución de los parques solares cuyos paneles son instalados horizontalmente, ocupan grandes extensiones de terreno, que podrían ser destinadas en otras labores como agrícolas o paisajísticas o ser objeto de futuras reclamaciones por parte de ambientalistas por la desviación del uso del suelo antes utilizado como hábitat de fauna y flora ampliamente protegidos. Dada la extensión del terreno, la construcción de grandes parques solares, representa una mayor complejidad y suman a los ya altos costos en paneles, montajes, equipos, terrenos y mantenimientos. A futuro debe contribuirse con el mejoramiento de la eficiencia de estos sistemas y la búsqueda de diseños en la distribución de paneles y parques solares que disminuyan las áreas de terreno ocupadas. El proyecto plantea un estudio de la incidencia de un concentrador de irradiancia sobre un arreglo solar y el diseño de una nueva configuración en la distribución de paneles solares buscando con los resultados, aplicarlo en la reducción de áreas de terreno ocupados por estos.

ABSTRACT

In this Master's thesis, it is proposed through the placement of photovoltaic arrays and reflective test surfaces, to identify aspects that can improve the energy efficiency of solar systems. Taking advantage of solar radiation and converting it into electrical energy is an application that has shown many advantages, compared to other energy sources. The use of applied devices to increase the efficiency of photovoltaic systems, is on par with research to improve their use. The arrangement of current solar parks, built on large tracts of land, to achieve economically exploitable generation capacities, means that land use is extensively used to generate energy. The proposed technique to apply in this study is to increase the irradiance on the solar panel by means of an irradiance concentration system and to develop a prototype in a new arrangement of panels that, taking advantage of the concentration of the same on these, manage to measure the impact on the reduction of the land area occupied by the solar array.

The commercial solar panels that are currently found have an efficiency of around 20% (Mengual, 2022), in power generation; additionally, the distribution of solar parks whose panels are installed horizontally, occupy large tracts of land, which could be used for other tasks such as agriculture or landscaping or be the subject of future claims by environmentalists for the deviation of the use of the land previously used as widely protected fauna and flora habitat. Given the extension of the land, the construction of large solar parks represents greater complexity and adds to the already high costs of panels, assemblies, equipment, land and maintenance. In the future, efforts must be made to improve the efficiency of these systems and the search for designs in the distribution of panels and solar parks that reduce the occupied land areas. The project proposes a study of the incidence of an irradiance concentrator on a solar array and the design of a new configuration in the distribution of solar panels, seeking with the results, to apply it in the reduction of land areas occupied by them.

TABLA DE CONTENIDO

vi

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 2 OBJETIVOS.....	3
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Resultados	4
Capítulo 3 PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	5
Capítulo 4 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	8
Capítulo 5 METODOLOGÍA	11
Capítulo 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
6.1 Descripción de los Modelos.....	15
6.2 Características de los equipos	16
6.3 Ensamblaje de equipos	22
6.4 Descripción de los datos.....	26
6.5 Procesamiento de datos	27
6.6 Resultados del procesamiento de datos	28
Capítulo 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
Bibliografía.....	43
APÉNDICE	45

Tabla 1. COMPARACIÓN FACTORES DE EMISIÓN POR TIPO DE ENERGÉTICO. Construcción propia a partir de datos de http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html	7
Tabla 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PANELES SOLARES	17
Tabla 3. CARACTERÍSTICAS MICROCONTROLADOR ARDUINO MEGA 2560	17
Tabla 4. CARACTERÍSTICAS SENSOR DE CORRIENTE ACS 712	18
Tabla 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SENSOR DE VOLTAJE FZ0430.....	19
Tabla 6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SENSOR DE TEMPERATURA DHT11	20
Tabla 7. NUMERO DE DATOS POR FASE DEL ESTUDIO	27
Tabla 8. MUESTRA DE PRESENTACIÓN DATOS RECOLECTADOS.	27
Tabla 9. MUESTRA DE PRESENTACIÓN DE DATOS PARA PROCESAMIENTO	28
Tabla 10. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ACUMULADOS POR FASES	36
Tabla 11. PORCENTAJE DE PARTICIPACION POR FASE	37
Tabla 12. ENERGIA ENTREGADA POR METRO CUADRADO (Wh - día)	37
Tabla 13. ENERGIA ENTREGADA POR METRO CUADRADO - POR ARREGLO	38
Tabla 14. COMPARACIÓN DE VALORES MÁXIMA ENERGIA (Wh). DIA TIPO	38
Tabla 15. COMPARACION DE VALORES MAXIMA ENERGIA POR M2 (Wh/m2)	39

Figura 1. Eficiencia Células Fotovoltaicas. Construcción propia a partir de información sitio Web Grupo JAB	6
Figura 2. Comportamiento Costo Paneles Solares. Fuente PVinsights	6
Figura 3. Arreglo Fase I.....	12
Figura 4. Arreglo Fase II.....	12
Figura 5. Arreglo Fase III	13
Figura 6. Arreglo de panel a utilizar	13
Figura 7 Secuencia de construcción y de arreglo hexagonal y modelo	14
Figura 8. Arreglo Hexagonal de Panel 2.....	15
Figura 9. Espejos reflejantes.....	16
Figura 10. Sensor de Corriente ACS712.....	18
Figura 11. Sensor de voltaje FZ0430.....	19
Figura 12. Sensor de Temperatura DHT11.....	20
Figura 13. Pantalla de Visualización.	21
Figura 14. hexágono en construcción y montado (panel 2) y panel plano (panel 1)	23
Figura 15. Detalle Distribución de Componentes. Tarjeta Inferior (Izquierda), Tarjeta Superior (Derecha).....	23
Figura 16. Diagrama de bloques de la conexión de la tarjeta de datos	24
Figura 17. Sistema Auxiliar de Espejos.....	26
Figura 18. Lecturas de voltaje.....	29
Figura 19. Lecturas de corriente	30
Figura 20. Lecturas de temperatura	31
Figura 21. Potencia instantánea de arreglos.....	32
Figura 22. Potencia promedio de los dos arreglos	33
Figura 23. Potencia máxima arreglo 2	34
Figura 24. Potencia diaria por arreglo.....	35
Figura 25. Energía producida según la hora	35
Figura 26. Nubosidad en periodo de captura de datos, fuente es.weatherpark.com	40

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

Dada la creciente demanda de energía, que para Colombia en el periodo comprendido entre 1.975 y 2.018, se incrementó en un 78%, pasando de 735PJ a 1.380PJ, lo que corresponde a una tasa de crecimiento anual de 1.81% en uso final de energía (UPME, 2019) y el impacto de esta demanda en el medio ambiente y específicamente en las emisiones que diariamente afectan la calidad de vida, no solo humana, sino en la totalidad de las especies, es obligación de los profesionales, encaminar esfuerzos en hacer más eficiente las fuentes de energía, al tiempo que se reduzca el impacto negativo de las mismas

A razón de lo anterior, se propone el análisis de elementos que hagan más eficiente el uso de los parques solares, que actualmente, dada su naturaleza tecnológica, implican una gran cobertura de área. Estos elementos, cuyo uso es experimental e incipiente, es posible proponer su uso e investigación en aras de mejorar la eficiencia de los parques solares, tanto en la producción de energía como en la reducción del área ocupada por los mismos.

Teniendo en cuenta dimensiones de referencia sobre catálogos de fabricantes de paneles, (Atersa Grupo Elecnor, 2022) (SUNPOWER, 2020), un panel de 400W ocupa un área aproximada de 2m², lo que correspondería a una relación potencia área de 200W/m². Con esta relación, un parque con una potencia instalada de 187MW, ocuparía un área de por lo menos 930.000m² (93Hectareas), sin tener en cuenta otras áreas de equipos, subestación y/o administrativas.

En cuanto a costos, tomando como referencia el parque solar “La Loma” de 187 MW, en el que se estima una inversión de \$USD 126 MM (EL PILÓN, 2021), el MW instalado correspondería a \$USD 673.800.

Se analizará el efecto de la irradiancia en dos escenarios; uno convencional, con la disposición de paneles horizontal y otro en disposición vertical hexagonal. Con los datos obtenidos de voltaje y corriente se calcula y compara la energía producida por cada uno de los arreglos

Se propone entonces, el análisis teórico de efecto de la irradiancia en un dispositivo capaz de incrementar la energía absorbida por los paneles solares y que según resulte en las conclusiones, muestre una mejora en la eficiencia de los parques solares

El trabajo se basará principalmente en un análisis teórico, el cual dependiendo de sus resultados dejará a las puertas del modelamiento físico el elemento que mejor muestre resultados, sin ser este modelamiento, parte del alcance del presente proyecto

Capítulo 2

OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Establecer la viabilidad técnica de implementar una distribución de paneles con un dispositivo capaz de concentrar mayor irradiancia solar sobre estos, con el fin de mejorar la producción de energía eléctrica.

1.2 Objetivos específicos

Analizar la irradiancia en dos escenarios, uno convencional y otro en configuración vertical hexagonal. El ultimo con un dispositivo concentrador o reflector de irradiancia

Analizar la energía producida sobre un arreglo de paneles solares al implementar un dispositivo concentrador de irradiancia y compararlo con el arreglo solar sin el dispositivo concentrador, mediante la disposición de elementos de medición y almacenamiento de datos

Proponer un modelo de distribución de paneles solares, que incremente la relación W/m^2 , con ayuda de un concentrador solar para analizar la reducción de área que puede lograrse con el arreglo propuesto

1.3 Resultados

El compromiso del anteproyecto fue el de realizar un emplazamiento de dos arreglos solares, uno en una disposición estándar (horizontal) y el otro en una disposición vertical hexagonal, con el fin de identificar la energía emitida respecto a la reducción del área ocupada del terreno.

El resultado obtenido es que en el arreglo 2, el cual se utilizó modificando la disposición convencional, se obtiene en promedio un 31% de energía con un área del 50% menor, respecto al arreglo 1 (disposición horizontal).

Capítulo 3

PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Los paneles solares comerciales que se encuentran actualmente, presentan una eficiencia alrededor del 20% (Atersa Grupo Elecnor, 2022) (SUNPOWER, 2020) en generación de energía eléctrica; adicionalmente la distribución de los parques solares cuyos paneles son instalados horizontalmente, ocupando gran extensión de terreno, que pudiera ser destinado en otras labores como agrícolas o paisajísticas y que puede ser objeto de futuras reclamaciones por parte de ambientalistas por la desviación del uso del suelo antes utilizado como hábitat de fauna y flora ampliamente protegidos por ellos.

La construcción de grandes parques solares, requiere de una gran extensión de terreno, lo que adiciona otra exigencia al proyecto y suma a los ya altos costos en paneles, montajes, equipos, y mantenimientos.

A futuro debe contribuirse con el mejoramiento de la eficiencia de estos sistemas y la búsqueda de diseños en la distribución de paneles y parques solares que busquen disminuir las áreas de terreno ocupadas por estos montajes, aportando parte a la solución de una problemática de disponibilidad de terreno (área), que podría tener la industria en general y que puede llegar a limitar su capacidad de crecimiento, con consecuencias no deseadas para el futuro de la generación de energías libres de contaminantes.

El proyecto plantea un estudio sobre la incidencia de la aplicación de un concentrador de irradiancia sobre un panel solar y el diseño de una nueva configuración en la distribución de paneles solares buscando con los resultados, aplicarlo en la reducción de áreas de terreno ocupados por estos arreglos

Se entiende la energía que proviene del Sol como inagotable (media global alrededor de 4.0 kWh/m² por día) (INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM, 2015), de cero costos, abundante en todo el planeta y solo limitada por fenómenos meteorológicos pasajeros, que ha sido estudiada y convertida en energía eléctrica de amplia aceptación en la actualidad, debido a la transición energética en reemplazo de energías producidas por combustibles fósiles ampliamente contaminantes y de limitadas reservas.

La investigación en el desarrollo de esta industria y específicamente en la construcción de paneles cada vez más eficientes (Grupo JAB, s.f.) (ver figura 1. Evolución de eficiencia de células solares), más ligeros, de mayor duración con mejores tecnologías y menores precios, que de acuerdo con PVInsights se

mueven alrededor de 0.20 y 0.23 USD/W (PVinsights, 2022) y que en la última década han experimentado incrementos (ver figura 2), son evidencia del gran interés que tiene el estudio y mejoramiento de esta fuente de energía que se ve reflejado en la instalación de grandes parques solares alrededor del mundo, para generación eléctrica, que supla las necesidades diarias como sociedad de consumo y cada vez más dependiente de la energía; sin contar con el aporte positivo al medio ambiente como reducción de emisiones de carbono y otros gases contaminantes tóxicos o causantes del efecto invernadero (ver tabla 1).

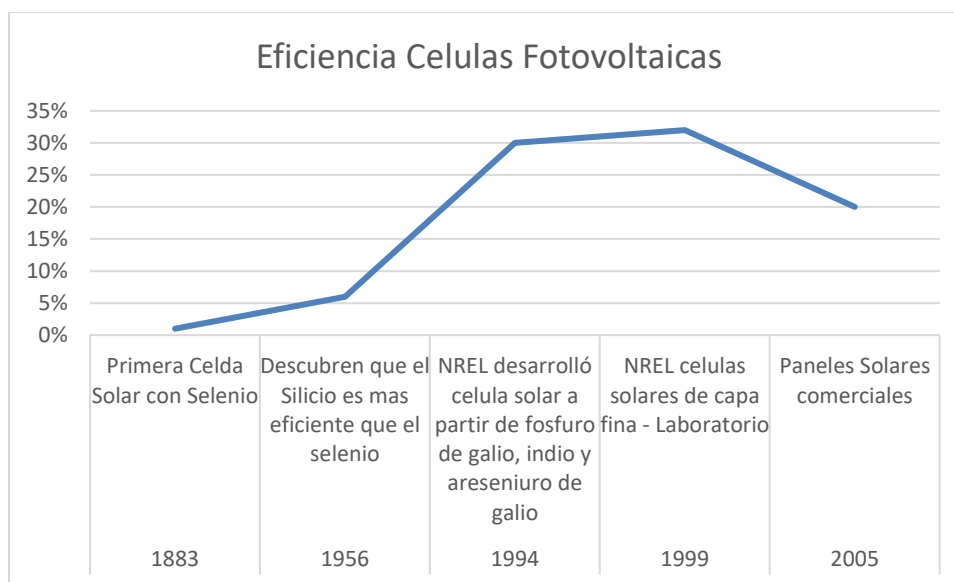


Figura 1. Eficiencia Células Fotovoltaicas. Construcción propia a partir de información sitio Web Grupo JAB

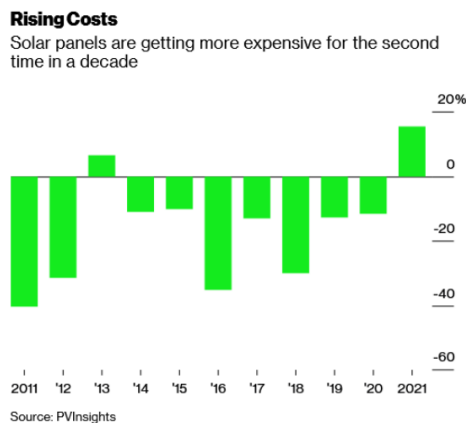


Figura 2. Comportamiento Costo Paneles Solares. Fuente PVinsights

*Tabla 1. COMPARACIÓN FACTORES DE EMISIÓN POR TIPO DE ENERGÉTICO.
Construcción propia a partir de datos de
http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html*

Energético	Unidad	Factor de Emisiones (kgCO ₂)	Poder Calorífico HHV (MJ/kg)	Factor de Emisiones (kg CO ₂ /TJ)
Carbón Genérico	kgCO ₂ /kg	2,53	30,03	88.136,06
Madera Genérico	kgCO ₂ /kg	1,96	18,68	115.342,95
ACPM (Diesel B2)	kgCO ₂ /Gl	10,15	45,28	74.193,48
Biodiesel Palma	kgCO ₂ /Gl	6,88	39,66	54.806,49
Gasolina	kgCO ₂ /Gl	8,81	48,32	69.323,69
Electricidad	kgCO ₂ /kWh	0,13		0,00
Fotovoltaico	kgCO ₂ /kWh	-		-

Dada la creciente demanda de energía eléctrica y el afán por lograr la mejor eficiencia y relación de costo beneficio entre las diferentes tecnologías, se propone el presente análisis para identificar una distribución de paneles capaz de reducir el área que pueda ocupar un arreglo solar sin que se reduzca su eficiencia y por el contrario se logre incrementar la concentración de energía solar sobre el mismo.

Todos los estudios, pretenden aportar cualquier aspecto de mejora al desempeño de un sistema total. El desarrollo del presente proyecto medirá los efectos de concentración de irradiancia sobre un panel solar y de acuerdo con los resultados, presentará una configuración para una nueva distribución de paneles, pretendiendo que la combinación de superficies reflectantes aporten un efecto sobre la energía producida por unidad de terreno, y comparar esta con una distribución normal de paneles a la que no se le aplicarían los efectos de concentración de irradiancia.

Capítulo 4

MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Las energías renovables de alta aceptación dentro de la comunidad en general se han convertido en la fuente a investigar para dejar la dependencia de las energías convencionales, generadoras de gases de efecto invernadero y altos impactos al ecosistema. Aunque el avance en el campo de las energías renovables no es nuevo, siempre habrá espacio para nuevas investigaciones y diseños que pretendan mejorar lo existente y lograr posicionar esta nueva fuente de energía cada vez más. Dentro de las energías renovables, la más conocida en nuestro medio, es quizá la fotovoltaica, ya que puede instalarse en domicilios para generar su propia energía y en grandes parques para suplir necesidades más grandes. Los rendimientos de los parques solares y de los paneles, están asociados a una baja eficiencia en la generación de energía (Atersa Grupo Elecnor, 2022) (SUNPOWER, 2020). Los principales aspectos que se destacan para mejorar la producción de energía, son:

- Sistemas de enfriamiento de los paneles
- Promover la dispersión de la luz en el espectro visible
- Elegir el conductor transparente optimo
- Utilizar revestimientos y texturas anti reflectantes en el panel solar
- Materiales de película delgada en las celdas solares
- Pasividad de la superficie superior

El tema propuesto para esta tesis de maestría está enfocado en el uso de espejos o reflectores que aumenten la irradiancia sobre un arreglo de paneles solares con las características indicadas en el numeral 6.2.1. Características de los paneles solares, y su aplicación en una nueva distribución en la configuración de los paneles de un parque solar. Para adelantar el proyecto se inició la consulta en las bases de datos IEEE (Jing & Miyamoto, 2019) (Oprea, Istrate, & Machidon, 2018) (Dinesh, Gourav, & Atma Ram, 2018) (Abhiram, Vighneswar, Anjali, & Ramprabhakhar, 2018), ScienceDirect (Baccoli, Kumar, Mastino, Ghiani, & Gatto, 2021) (Agrawal, Chjajed, & Chowdhury, 2022) (Malik & Shyam, 2020), iaes (Al Asfar, Sakhrieh, Al-Nayfeh, & Ghandoor), academy.edu (Benkaddour, Boulaich, & Aroudam, 2021) (Wells, 2009) y los repositorios de las universidades Libre de Bogotá (Bermúdez Figueroa, 2017) y Politécnica Salesiana de Cuenca (Sancho Today & Toalongo Paidá, 2021). Dicha consulta (Ver Anexo 1 del Apéndice), que tiene en cuenta los adelantos a nivel teórico y práctico en el uso de elementos reflectantes sobre los paneles y su mejora en la eficiencia, Permite identificar qué aspectos de estos estudios pueden aportar a la presente investigación.

En diferentes investigaciones (Ver Anexo 1 del Apéndice), se encuentran varias disposiciones y mecanismos, cuyo propósito es el de mejorar la eficiencia de los arreglos solares. Entre estos, se encuentra que uno de los autores (Evaluación del incremento de radiación captada por un sistema de concentración en V para la ciudad de Bogotá.), rodea el panel solar con espejos fijos en los cuatro lados, con un ángulo tal que no genera sombra sobre el arreglo. En este estudio se aporta un 27% de ganancia en la potencia entregada por el sistema y del cual se puede concluir que la disposición de superficies reflectantes actuando sobre los arreglos solares incrementa la eficiencia del mismo. Como variante al análisis anterior, se encuentran autores que implementaron motores, articulaciones en las superficies reflectantes y control para seguimiento solar, con el fin de asegurar la concentración de irradiancia en cada hora luz del día. Se observa en los estudios (Sancho Today & Toalongo Paidá, 2021), que el montaje de espejos para mejorar la eficiencia se hace con seguimiento (dinámico) qué, aunque se incrementa la eficiencia del sistema, se consume parte de la misma en el accionamiento de motores y control. Otros autores, implementaron dispositivos estáticos de reflexión solar sobre la distribución de paneles, con el propósito de comprobar su efectividad. De aquí, que la instalación propuesta para el presente proyecto, sugiere disposición de elementos reflectantes fijos para eliminar el consumo energético del sistema. El control del ángulo de las superficies reflectantes, se configura para que varíe por lo general hora a hora, sin embargo, algunos autores aplican criterios por estaciones climáticas, en donde la modificación del ángulo de las reflectantes se realiza en dos tiempos al año (Prashant & Chandel, 2020). Para el caso en Colombia, dada la ubicación geográfica, en el presente estudio no aplicaría una manipulación a los elementos reflectantes.

Los estudios realizados cubren varias épocas del año con tiempos de toma de lecturas que se extienden hasta meses, por lo que están acompañados de equipos para almacenamiento y análisis de datos (Abhiram, Vighneswar, Anjali, & Ramprabhakar, 2018). De aquí, se tomarán como referencia las conexiones de los equipos de medición y almacenamiento de datos, que se aplicarán en el presente estudio, realizando mediciones durante tres semanas y apoyados con software (ARDUINO) para el análisis de las lecturas capturadas. Es preciso indicar que cada autor presenta su análisis según su ubicación geográfica, por consiguiente, para países con una mayor irradiancia solar, se presentan resultados de mejores magnitudes. Para algunos estudios, el autor busca comparar la disposición propuesta con una disposición estándar, casi siempre horizontal. Para otros autores, simplemente la obtención de los resultados, se comparan con las condiciones de catálogo de los sistemas fotovoltaicos. Para el caso de esta Tesis de Maestría, se realizará una comparación entre dos disposiciones, compuestas por paneles de la misma especificación (Ver numeral 6.2 Características de los Equipos); una de ellas dispuesta horizontalmente, sin elementos reflectantes y la otra, en una disposición hexagonal vertical.

complementada con elementos reflectantes (Ver numeral 6.2 Características de los Equipos). Para todos los casos leídos, se observa una mejora en la eficiencia del sistema, frente a las características indicadas por el fabricante, lo que se aplicará como principio fundamental en el presente estudio.

En un caso, el autor (Wells, 2009), propone un nuevo tipo de espejo solar de refuerzo con buenas características de bloqueo de los rayos UV, manteniendo al mismo tiempo una alta reflectividad en el espectro visible y en el infrarrojo (IR), lo que da lugar a una elevada producción eléctrica. Como elemento reflectante o concentrador de irradiancia, se presentan desde espejos convencionales, hasta láminas de acero e incluso elementos capaces de descomponer la luz en sus diferentes ondas radioeléctricas. Para el caso del presente estudio, se utilizarán espejos que polaricen el espectro solar para que en un sentido se permita el paso y en el otro se aproveche el fenómeno de reflexión (ver numeral 6.3.3 Sistema de espejos auxiliares), además de un elemento concentrador plano, que permita el direccionamiento de la luz hacia el arreglo solar. Las referencias analizadas muestran que el empleo de elementos reflectantes que aumentan la irradiación sobre el panel solar mejora la eficiencia de todo el sistema. La importancia del presente proyecto radica en el aporte que los resultados sobre las mediciones obtenidas puedan concluir, sobre una disposición diferente de los arreglos solares y superficies reflectantes, propuesta por los autores

Capítulo 5

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se plantea acondicionar dos paneles (ver numeral 6.2 Características de los Equipos) el primero en una configuración convencional de acuerdo con las inclinaciones y orientaciones que se analicen para el sitio de observación; el segundo panel estará configurado en hexágono rodeado de un grupo de espejos formando un hexágono exterior y externamente un espejo concentrador de irradiancia dirigido a los espejos para que el panel reciba esta energía del sol (ver figuras 3, 4 y 5). Los dos paneles tendrán conectados sensores de corriente, sensores de temperatura y sensores de medición de voltaje de manera independiente, los cuales servirán para detección, recolección y almacenamiento automático de los datos generados. Adicionalmente, se contará con un elemento para visualizar datos y memoria para su almacenamiento y ordenamiento por fecha y hora. Para obtener y almacenar todas estas variables se estudiará en las primeras etapas de este proyecto de maestría utilizar un Arduino.

Los dos conjuntos de paneles (Ver figura 3), se instalaron en la misma ubicación geográfica en donde se capturan los datos por el tiempo de medición. Posteriormente, se evalúan las mediciones obtenidas, y se realizan los ajustes y correcciones que apliquen. Los datos tomados se dividen en tres fases, las que corresponden cada una a un ajuste en el arreglo de panel 2.

Las fases indicadas corresponden a la siguiente descripción:

Fase I, Arreglo de panel 2 en configuración hexagonal sin ningún dispositivo Auxiliar.



Figura 3. Arreglo Fase I

Fase II, Arreglo de panel 2 en configuración hexagonal con espejos auxiliares



Figura 4. Arreglo Fase II

Fase III. Arreglo de panel 2 en configuración hexagonal con lentes Fresnel



Figura 5. Arreglo Fase III

Para las tres fases, el arreglo de panel 1 siempre es horizontal.



Figura 6. Arreglo de panel a utilizar

A continuación, se presenta de manera esquemática el diseño propuesto y su secuencia de construcción:

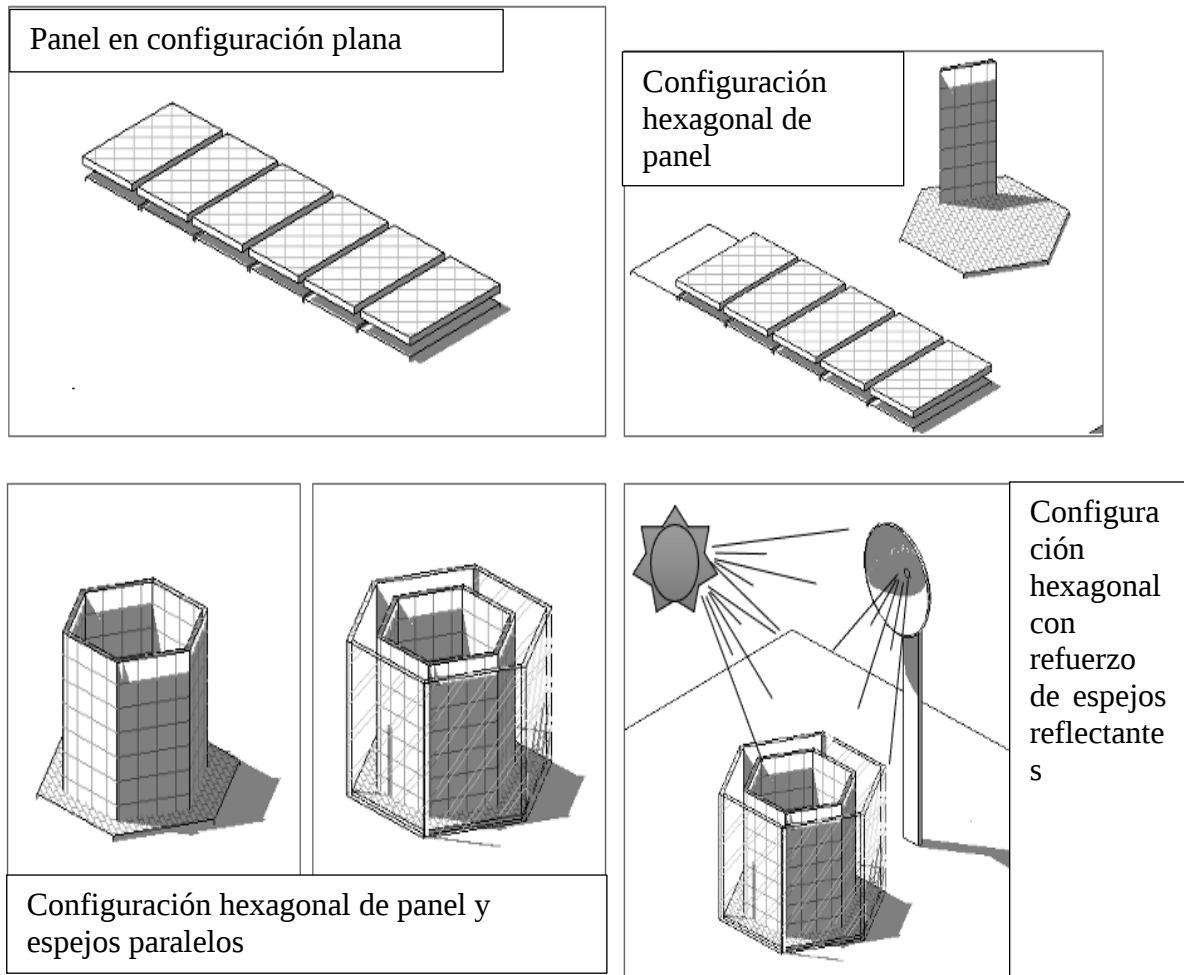


Figura 7 Secuencia de construcción y de arreglo hexagonal y modelo

Capítulo 6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Descripción de los Modelos

6.1.1 Modelo Disposición Plana

Corresponde a la disposición horizontal de una placa plana fotovoltaica segmentada, con elementos para captura de datos de voltaje (ver numeral 6.2.2 Arduino Mega 2560), corriente y temperatura, según se muestra en el esquema de la figura 6.

6.1.2 Modelo Disposición Hexagonal

Corresponde a la disposición vertical de la misma placa anterior, cerrada sobre sus extremos y circunscribiendo un hexágono, rodeado de espejos paralelos que forman un hexágono externo. Cuenta con sus elementos para captura de datos de voltaje, corriente y temperatura, y se muestra en el siguiente esquema:



Figura 8. Arreglo Hexagonal de Panel 2

6.1.3 Modelo Disposición Hexagonal con espejos auxiliar

Corresponde a la disposición vertical de la misma placa anterior, cerrada sobre sus extremos y circunscribiendo un hexágono, junto con sus elementos para captura de datos de voltaje, corriente y temperatura, con una disposición adicional de espejos, según se muestra en el siguiente esquema:



Figura 9. Espejos reflejantes

6.2 Características de los equipos

A continuación, se describen los dispositivos utilizados para el presente análisis

- Dos (2) paneles plegables de 100W cada uno
- Estructura metálica para soporte de paneles y espejos
- Un (1) Arduino Mega 2560
- Dos (2) Sensores de corriente ACS 712
- Dos (2) Sensores de Voltaje FZ 0430
- Dos (2) sensores de temperatura DTH 11
- Un (1) pantalla de visualización de datos
- Una (1) memoria
- Una (1) caja para albergar componentes
- Seis (6) espejos de 30 cm de ancho, 80 cm de largo, 4 mm de espesor
- Veinticuatro (24) espejos auxiliares de 20 cm de ancho, 40 cm de largo

6.2.1 Características de los paneles solares:

En la siguiente tabla, se presentan las características de los paneles solares:

<i>Tabla 2. CARACTERISTICAS TECNICAS PANELES SOLARES</i>	
Marca	TOP SOLAR Solarfairy 100
Mode	TOPSFY – 100
Peak Power	100W
Open Circuit Voltage	25.9V
DC-19V output (Max)	19V/4.5 A
DC-14 V output (Max)	14.4 V/4 A
USB-A output	5V/3 A, 9V/2.5 A, 12V/2 A (Support QC3.0)
USB-C output	5V/3A, 9V/2.5A, 12V/2A (support QC3.0/PD3.0)
Dimensions (unfolded)	1320x570x19 mm (51.97x22.44x0.75 in)
Dimensions (folded)	285x200x70 mm (11.22x7.87x2.76 in)
Weight	2.4 kg (5.29lb)

6.2.2 Arduino Mega 2560

<i>Tabla 3. CARACTERISTICAS MICROCONTROLADOR ARDUINO MEGA 2560</i>	
Microcontrolador	Atmega 2560
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada recomendado	7 – 12 V
Voltaje de entrada mínimo y máximo	6 – 20 V
Pines de Entrada Salida Digital	54
Pines de entrada analógica	16
Corriente CC por pin E/S	20 mA
Corriente CC pin de 3.5 V	50 mA
Memoria flash	256 KB
SRAM	8KB
EEPROM	4 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz
Longitud	101.52 mm
Ancho	53.3 mm
Peso	37 g

El Arduino Mega 2560 es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador Atmega 2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales, 16 entradas analógicas 4 UARTs, un cristal de 16MHz, conexión USB, Jack para alimentación DC, conector ICSP, botón de reinicio.

6.2.3 Sensor de Corriente ACS 712

El sensor ACS712 es un sensor basado en el efecto hall, donde la corriente aplicada (sea CA o DC) que fluye a través de esta pista de conducción de cobre genera un campo magnético que es detectado por el IC integrado Hall y convertida en un voltaje de CD que va de 0V a 5V que se puede obtener en su terminal OUT

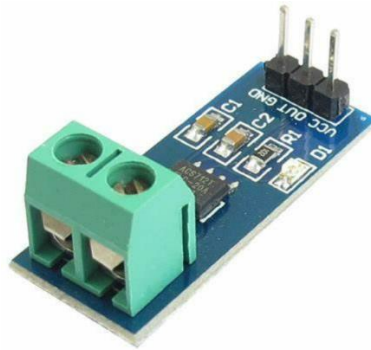


Figura 10. Sensor de Corriente ACS712

<i>Tabla 4. CARACTERÍSTICAS SENSOR DE CORRIENTE ACS 712</i>	
Voltaje de salida	Analog output 66 mV/A
Voltaje de operación	4.5V – 5.5 V
Salida de voltaje sin corriente	VCC / 2
Dimensiones PCB	31 mm x 14 mm
Output rise time in response to step input current	5 μ s
Ancho de banda	80 kHz
Error total Salida	1.5% at TA = 25 oC
Resistencia interna	1.2 m Ω

6.2.4 Sensor de Voltaje FZ0430

Es un pequeño modulo divisor de tensión con resistencias de 30K y 75K, puede medir un voltaje de hasta 25V en DC y lo divide por un factor de 5 ($7.5/(30+7.5)$). Es compatible con placa Arduino y otros procesadores MCU de 5V o 3.3 V. Para MCU de 5V no sobrepasar el voltaje de medición de 25V para evitar dañar el MCU. Tipo de salida analógico, con orificio de sujeción, tiene un conector block de dos tornillos para medir tensión, polaridad marcada en modulo

Este sensor es muy útil para medir el estado de una batería, comprobar la alimentación de un dispositivo de 12V o 24V, como una tira LED, un electroimán, un ventilador, o una celda peltier.



Figura 11. Sensor de voltaje FZ0430

<i>Tabla 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SENSOR DE VOLTAJE FZ0430</i>	
Rango entrada voltaje	0V a 25V DC
Voltaje detección entrada máximo	25 V o 16.5V
Rango de detección de voltaje	24.41 mV – 25 V
Resolución analógica de tensión	0.00489 V DC
Voltaje detección entrada mínimo	24.45 mV

6.2.5 Sensor de Temperatura DHT11

Es un sensor digital de temperatura y humedad, fácil de implementar con cualquier microprocesador. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante y solo un pin para la lectura de datos. El tiempo que hay que esperar para tomar las medidas es de 1 segundo, pero esto no es tan importante porque la humedad y la temperatura no cambian tan rápido en el tiempo.

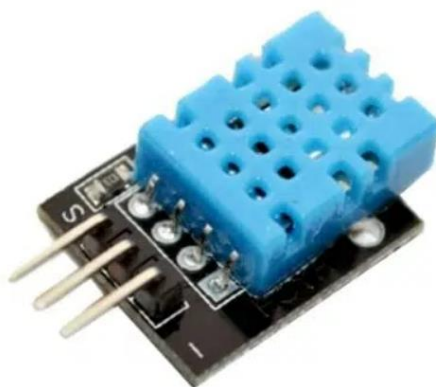


Figura 12. Sensor de Temperatura DHT11

<i>Tabla 6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SENSOR DE TEMPERATURA DHT11</i>	
Voltaje de operación	3V – 5V DC
Rango de medición de temperatura	0-50 oC
Precisión de medición de temperatura	2 oC
Resolución temperatura	0.1 oC
Rango de medición humedad	20% a 90%RH
Precisión de medición de humedad	5% RH
Resolución Humedad	1% RH
Tiempo de censado	1 seg
Interfase digital	Single - Bus bidireccional
Modelo	DHT 11
Dimensiones	16 mm x 12 mm x 5 mm
Peso	1 gr
Color	Celeste

6.2.6 Dispositivo de toma de datos

El dispositivo se divide en dos circuitos, uno es el circuito de visualización y almacenamiento de datos y el segundo circuito corresponde a la detección y recolección de los mismos, ambos, conectados y controlados por el microcontrolador Arduino Mega 2560.

El circuito de visualización de datos está conformado por una pantalla SSD1306 que se diagramó para dejar ver el voltaje, la corriente, la temperatura y los lux, generados por los dos paneles, estos datos se visualizan en la pantalla en tiempo real y son almacenados en un lector micro de 4GB de memoria, donde se guardan los datos para generar la base de datos con se trabajara.

Los datos serán tomados y registrados de manera diezminutal y se almacenarán en la memoria para ser bajados de forma manual

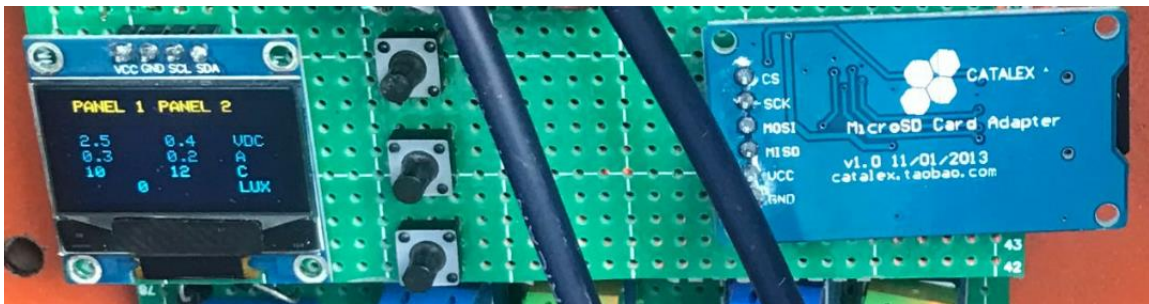


Figura 13. Pantalla de Visualización.

Se observa la pantalla de visualización y la memoria de almacenamiento en la conexión real del dispositivo de medición.

En el circuito de detección y recolección de datos se instalan dos sensores de voltaje FZ0430, dos sensores de corriente ACS712 y dos sensores de temperatura DHT11, uno para cada panel. La carga que se conecta a cada panel son dos resistencias en paralelo, que consumirán la energía producida por cada panel, y se calcularon así

Aplicando ley de Ohm

$$V = I \times R \quad (1)$$

Las características técnicas del panel usado:

$$I_{\max} = 3.86 \text{ A}$$

$$V_{\max} = 25.9 \text{ V}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (1):

$$R = V/I = 25.9/3.86 = 6.71\Omega. \quad (2)$$

Se conectaron dos resistencias en paralelo de 30Ω que permitieron generar 0.8 A

6.3 Ensamblaje de equipos

6.3.1 Paneles

Para la disposición de los paneles solares se construyeron dos estructuras en lámina de $\frac{1}{2}$ pulgada calibre 3/16 para dar rigidez a los paneles (Ver Anexo 5), uno plano con las dimensiones del panel de 57 cm de ancho x 132 cm de largo, que se etiquetó como panel 1 para efectos de recolección de datos

Una segunda disposición se construye en el mismo material formando dos hexágonos concéntricos, para soportar el panel solar el hexágono interior y los espejos el hexágono exterior. Esta disposición se etiquetó como panel 2 para efectos del estudio. La figura 14 muestra estas disposiciones.



Figura 14. hexágono en construcción y montaje (panel 2) y panel plano (panel 1)

6.3.2 Sistema de captura de datos

El ensamble del sistema de datos se monta sobre dos tarjetas board una encima de la otra para reducir el espacio utilizado, esta disposición se observa en el siguiente registro fotográfico:

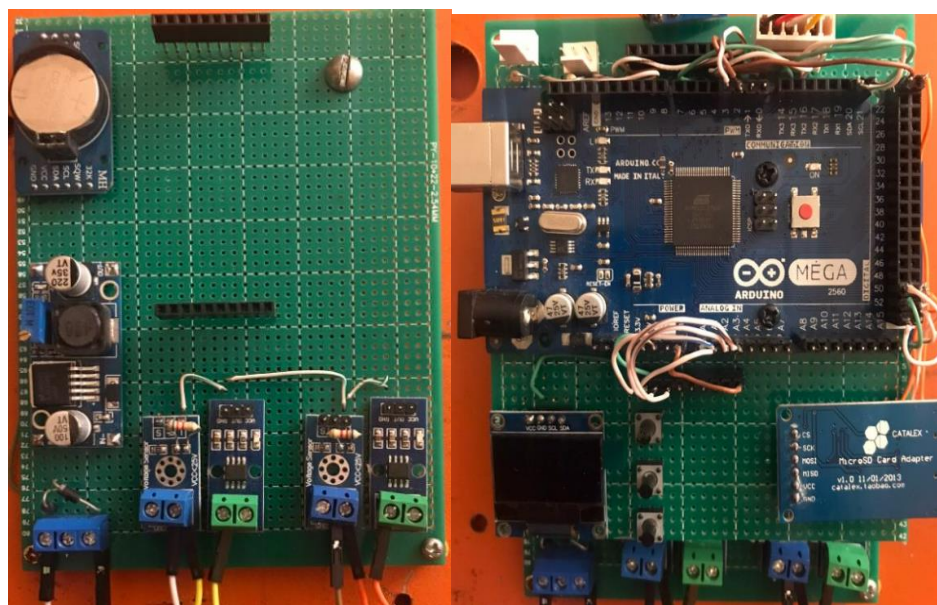


Figura 15. Detalle Distribución de Componentes. Tarjeta Inferior (Izquierda), Tarjeta Superior (Derecha)

Diagrama de bloques de la conexión de tarjeta para captura de datos:

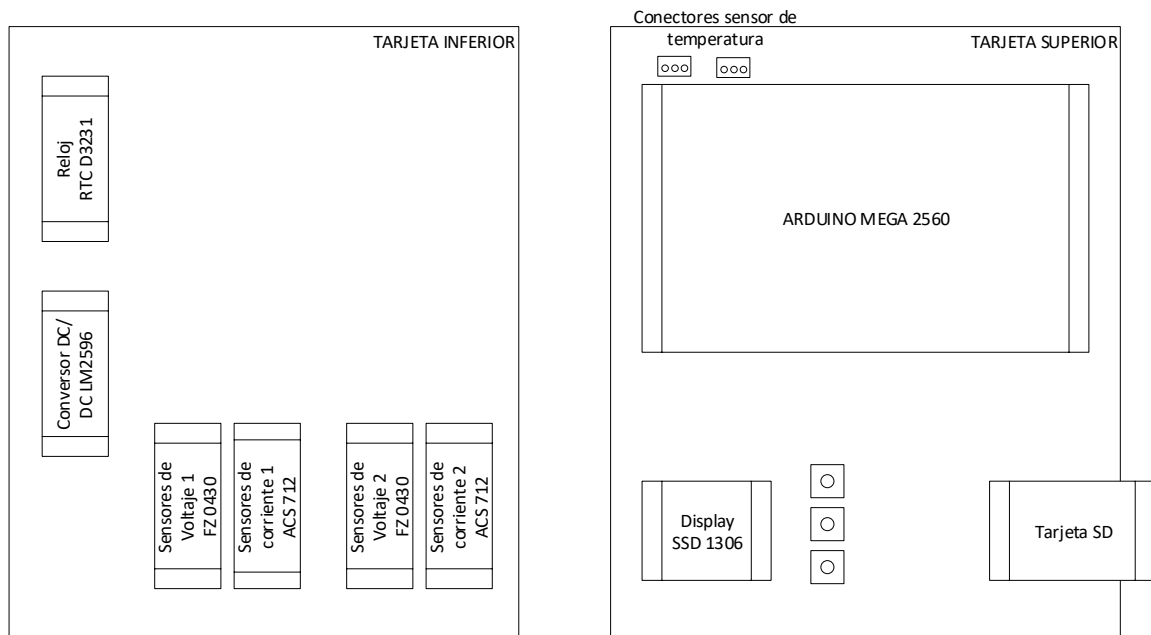


Figura 16. Diagrama de bloques de la conexión de la tarjeta de datos

Los componentes de las tarjetas de la figura 15, se describen a continuación:

- RTC D3231 (Reloj Tiempo Real)
- CONVERSION DC/DC 24Vdc/9Vdc
- Entrada Voltaje DC Paneles 1 y 2
- Sensor de voltaje panel 1
- Sensor de corriente panel 1
- Sensor de voltaje panel 2
- Sensor de corriente panel 2
- Arduino Mega 2560
- Conector sensor de temperatura panel 1
- Conector sensor de temperatura Panel 2
- Conector sensor de lux
- Display SSD 1306
- Tarjeta SD

La toma de datos de voltaje y corriente se realiza por medio del conversor análogo-digital (ADC) del Arduino MEGA, la respuesta del conversor análogo digital es de 10 bits, lo cual representa una respuesta de 0 a 1023 bits, para una

entrada de voltaje entre los 0 a 5 VDC. El sensor de voltaje para panel 1 y 2, internamente tiene un arreglo de divisor de voltaje 6:1; de esta forma, al ingresar 30 Vdc a la salida serian 5 Vdc.

El sensor de corriente (transductor campo magnético/corriente) es un ACS712, el cual entrega un voltaje nominal a la salida en referencia a la corriente que pasa por el chip del sensor (sensor efecto Hall); respuesta de 125 mVA.

Para linealizar la respuesta de los sensores, se ajustaron y referenciaron con la ayuda de multímetro Bryment DR869 y fuente de poder RIDEN RD6018, por medio de código fuente se tomaron datos y se almacenan en la memoria SD.

De forma cíclica, cada segundo, se realiza la toma de datos de los sensores para ser almacenados en los registros de memoria interna del microcontrolador, para ser visualizados en la pantalla

Se toma como base un tiempo de 10 minutos para el almacenamiento de datos en la memoria SD; al cumplir este tiempo el código toma los diferentes registros y son enviados a la tarjeta

6.3.3 Sistema de espejos auxiliares

Se construyeron dos soportes de 12 espejos cada uno, uno orientado al sol de la mañana y otro orientado al sol de la tarde, con articulación manual individual en dos sentidos para cada espejo, con el ánimo de direccionar los rayos solares hacia el panel hexagonal (panel 2) y medir la diferencia en eficiencia de esta disposición.

Adicionalmente se instaló una pirámide hexagonal de espejos en la parte superior central del panel 2 para ayudar a direccionar la radiación y medir su diferencia. Este sistema auxiliar de espejos se muestra en la figura 12



Figura 17. Sistema Auxiliar de Espejos

6.4 Descripción de los datos

Los datos fueron programados para recolectarse cada diez minutos, los equipos estuvieron instalados en dos lugares para recolectar datos, el primer lugar está ubicado en las coordenadas N: 1.071.467 E: 1.015.729 Municipio de Carmen de Carupa, vereda Salinas y el segundo lugar es la terraza de parqueaderos de la Universidad del Rosario sede claustro en Bogotá, cuyas coordenadas son N: 1.000.460, E: 1.000.535. Los datos no fueron tomados de forma continua debido a varios factores como la lluvia o desconfiguración del equipo de toma de datos que retraso este propósito.

Para conocer la incidencia sobre el panel hexagonal de la radiación solar, la toma de datos se dividió en tres fases separadas en el tiempo y usando diferentes ayudas para analizar la eficiencia de esta disposición de panel así:

Fase I. Datos tomados desde el día 28 de septiembre hasta el día 11 de octubre de 2022, para esta fase se usó el panel 1 de forma horizontal y el panel 2 de forma hexagonal sin ningún tipo de ayuda para direccionar la radiación solar como se muestra en la figura 1.

Fase II. Datos tomados desde el día 12 de octubre hasta el día 24 de octubre, en esta fase se instalaron los espejos auxiliares que direccionaron la radiación hacia el panel hexagonal (panel 2), el panel 1 no tuvo variación

Fase III. Datos tomados desde el día 25 de octubre hasta el 4 de noviembre, para esta fase se instaló en la parte superior del panel 2, seis lentes Fresnel comerciales con el ánimo de direccionar la radiación de forma vertical hacia los paneles del hexágono, en esta fase los espejos auxiliares no se instalaron..

6.5 Procesamiento de datos

Los datos procesados en todas las fases son 3.000 (Ver Anexo 2. Datos) y por fases se observan en la tabla 7 el número de datos capturados. Originalmente se instaló un sensor de luz para medir los lux de cada medición, pero el sensor presentó fallas que no hacían confiable su registro de datos, por esta razón no se tuvo en cuenta como parámetro de comparación a la toma de datos y se descartó su uso. Nótese en la tabla 8, la columna LUX con errores desde el primer día

<i>Tabla 7. NUMERO DE DATOS POR FASE DEL ESTUDIO</i>					
FASE I		FASE II		FASE III	
DIAS	14	DIAS	11	DIAS	13
DATOS	504	DATOS	2046	DATOS	450

Una muestra del registro de datos (para la data completa, Ver Anexo 2. Datos) se aprecia a continuación:

<i>Tabla 8. MUESTRA DE PRESENTACIÓN DATOS RECOLECTADOS.</i>								
FECHA AA/MM	HH:MM:SS	VOLTAJE P1	CORRIENTE P1	TEMPERATURA P1	VOLTAJE P2	CORRIENTE P2	TEMPERATURA P2	LUX
9/28/2022	13:30:00	20.5	0.6	0	4.8	0.26	0	2584
9/28/2022	14:00:00	23.7	0.65	0	8.9	0.36	0	-1
9/28/2022	14:10:00	23.2	0.63	0	7.9	0.34	0	-1
9/28/2022	14:20:00	22.9	0.63	0	6.8	0.39	0	-24402
9/28/2022	14:30:00	23.3	0.65	0	6.7	0.28	0	-25790
9/28/2022	14:40:00	17.6	0.55	21	5.9	0.28	21	-25881
9/28/2022	14:50:00	23.8	0.65	27	5.9	0.31	29	27899
9/28/2022	15:00:00	23.1	0.63	26	4.9	0.34	28	-27165
9/28/2022	15:10:00	23.5	0.6	25	5.1	0.34	28	30119
9/28/2022	15:20:00	22.4	0.65	25	4.4	0.28	27	30618
9/28/2022	15:30:00	22.4	0.63	25	4.7	0.28	27	31349
9/28/2022	15:40:00	21.2	0.6	22	4.9	0.28	25	29384
9/28/2022	15:50:00	18.5	0.57	20	4.1	0.31	24	21841
9/28/2022	16:00:00	11.3	0.39	19	2.6	0.28	22	14180

6.6 Resultados del procesamiento de datos

Los datos obtenidos son procesados en una hoja de cálculo Excel y las curvas obtenidas se establecen para cada fase, para ver la diferencia al utilizar elementos auxiliares que ayuden a direccionar la radiación solar hacia el panel 2

Los resultados muestran voltaje y corriente para cada disposición de panel, para análisis de resultados se calcula la potencia y la energía cada diez minutos (t = 0,16 h) para los dos paneles aplicando las fórmulas (3) y (4) y se adiciona las columnas de potencia y energía, como se ve en la tabla 9:

Tabla 9. MUESTRA DE PRESENTACIÓN DE DATOS PARA PROCESAMIENTO

FECHA AAA/MM/DD	HH:MM:SS	VOLTAJE P1	CORRIENTE P1	TEMPERATURA	VOLTAJE P2	CORRIENTE P2	TEMPERATURA	LUX	Mer	Dia	Año	Potencia Panel1 (W)	Potencia Panel2 (W)	Fase	Energía Panel1 (Wh)	Energía Panel2 (Wh)	Tiempo en minutos de lecturas	Tiempo en horas de lecturas
28-sep	13:30:00	20,5	0,6	0	4,8	0,26	0	2584	9	28	2022	12,30	1,25	I	2,05	0,21	-	-
28-sep	14:00:00	23,7	0,65	0	8,9	0,36	0	-1	9	28	2022	15,41	3,20	I	2,57	0,53	-	-
28-sep	14:10:00	23,2	0,63	0	7,9	0,34	0	-1	9	28	2022	14,62	2,69	I	2,44	0,45	10,00	0,17
28-sep	14:20:00	22,9	0,63	0	6,8	0,33	0	-24402	9	28	2022	14,43	2,65	I	2,40	0,44	10,00	0,17
28-sep	14:30:00	23,3	0,65	0	6,7	0,28	0	-25790	9	28	2022	15,15	1,88	I	2,52	0,31	10,00	0,17
28-sep	14:40:00	17,6	0,55	21	5,9	0,28	21	-25881	9	28	2022	9,68	1,65	I	1,61	0,28	10,00	0,17
28-sep	14:50:00	23,6	0,65	27	5,9	0,31	23	21699	9	28	2022	15,47	1,63	I	2,58	0,30	10,00	0,17
28-sep	15:00:00	23,1	0,63	26	4,9	0,34	28	-27165	9	28	2022	14,55	1,67	I	2,43	0,28	10,00	0,17
28-sep	15:10:00	23,5	0,6	25	5,1	0,34	28	30193	9	28	2022	14,10	1,73	I	2,35	0,29	10,00	0,17
28-sep	15:20:00	22,4	0,65	25	4,4	0,28	27	30618	9	28	2022	14,56	1,23	I	2,43	0,21	10,00	0,17
28-sep	15:30:00	22,4	0,63	25	4,7	0,28	27	31949	9	28	2022	14,11	1,32	I	2,35	0,22	10,00	0,17
28-sep	15:40:00	21,2	0,6	22	4,9	0,28	25	29384	9	28	2022	12,72	1,37	I	2,12	0,23	10,00	0,17
28-sep	15:50:00	18,5	0,57	20	4,1	0,31	24	21841	9	28	2022	10,55	1,27	I	1,76	0,21	10,00	0,17
28-sep	16:00:00	11,3	0,39	19	2,6	0,28	22	14180	9	28	2022	4,41	0,73	I	0,73	0,12	10,00	0,17
30-sep	14:20:00	21,1	0,49	17	4,9	0,07	18	30095	9	30	2022	10,63	0,34	I	1,77	0,06	-	-
30-sep	14:30:00	20,5	0,39	20	4,3	0,02	19	26982	9	30	2022	8,00	0,09	I	1,33	0,01	10,00	0,17
30-sep	14:40:00	21,2	0,49	21	4,7	0,15	21	29541	9	30	2022	10,39	0,71	I	1,73	0,12	10,00	0,17
30-sep	14:50:00	21,7	0,49	25	4,7	0,15	24	-32108	9	30	2022	10,63	0,71	I	1,77	0,12	10,00	0,17
30-sep	15:00:00	21,2	0,49	21	4,2	0,23	23	31692	9	30	2022	10,39	0,57	I	1,73	0,16	10,00	0,17
30-sep	15:10:00	18,4	0,52	19	3,6	0,23	22	24527	9	30	2022	9,57	0,83	I	1,59	0,14	10,00	0,17
30-sep	15:20:00	17,9	0,47	19	3,4	0,15	21	22347	9	30	2022	8,41	0,51	I	1,40	0,09	10,00	0,17
30-sep	15:30:00	11,2	0,36	17	2,3	0,23	19	16612	9	30	2022	4,03	0,53	I	0,67	0,09	10,00	0,17
30-sep	15:40:00	7,6	0,28	16	1,6	0,15	18	12348	9	30	2022	2,13	0,27	I	0,35	0,05	10,00	0,17
30-sep	15:50:00	7,9	0,26	15	1,9	0,18	17	8477	9	30	2022	2,05	0,34	I	0,34	0,06	10,00	0,17
1-oct	8:10:00	15,8	0,47	12	3,2	0,23	12	0	10	1	2022	7,43	0,74	I	1,24	0,12	-	-
1-oct	8:20:00	17,7	0,55	13	3,8	0,34	13	19194	10	1	2022	9,74	1,29	I	1,62	0,22	10,00	0,17
1-oct	8:30:00	16,3	0,49	15	3,8	0,28	15	21769	10	1	2022	8,97	1,06	I	1,45	0,18	10,00	0,17
1-oct	8:40:00	16,6	0,52	14	4,3	0,26	14	22201	10	1	2022	9,67	1,12	I	1,61	0,19	10,00	0,17
1-oct	8:50:00	17	0,52	15	3,8	0,28	15	19322	10	1	2022	8,84	1,01	I	1,47	0,17	10,00	0,17
1-oct	9:00:00	13,6	0,44	13	3	0,23	14	16445	10	1	2022	5,98	0,69	I	1,00	0,12	10,00	0,17
1-oct	9:10:00	23,6	0,6	17	7,2	0,34	15	-24768	10	1	2022	14,16	2,45	I	2,36	0,41	10,00	0,17
1-oct	9:20:00	20,5	0,55	18	4,6	0,34	18	24090	10	1	2022	11,28	1,56	I	1,88	0,26	10,00	0,17
1-oct	9:30:00	20,2	0,57	19	4,5	0,34	18	25304	10	1	2022	11,51	1,53	I	1,92	0,26	10,00	0,17
1-oct	9:40:00	23,2	0,68	17	5,1	0,29	17	-23251	10	1	2022	15,78	1,43	I	2,63	0,24	10,00	0,17
1-oct	9:50:00	24,8	0,57	18	9,8	0,34	18	-1	10	1	2022	14,14	3,33	I	2,36	0,56	10,00	0,17
1-oct	10:00:00	23,6	0,6	17	6,7	0,34	19	-22530	10	1	2022	14,16	2,28	I	2,36	0,38	10,00	0,17
1-oct	10:10:00	21,9	0,68	20	8,5	0,34	20	-29381	10	1	2022	16,25	2,63	I	2,71	0,48	10,00	0,17

Las fórmulas aplicadas para calcular potencia y energía, son:

$$P = V \times I \text{ (corriente)} \quad (3)$$

$$E = P \times t \quad (4)$$

De otro lado las áreas de terreno ocupadas por los paneles son:

El panel 1 ocupa un área de un rectángulo y se calcula

$$A1 = B \times A$$

$$A1 = 1,32 \text{ m} \times 0,57 \text{ m}$$

$$A1 = 0,57 \text{ m}^2$$

El panel dos ocupa el área de un hexágono de apotema 30 cm y 1.8 m de perímetro

$$A2 = (\text{Perímetro} \times \text{Apotema}) / 2$$

$$A2 = (1.8 \times 0.3) / 2$$

$$A2 = 0.27 \text{ m}^2$$

Para nuestro calculo el área del panel 2 ocupa el 47.4% del área que ocupa el panel 1

6.6.1 Comparación de resultados diarios por panel en cada fase

6.6.1.1 Gráfica de voltaje por tiempo

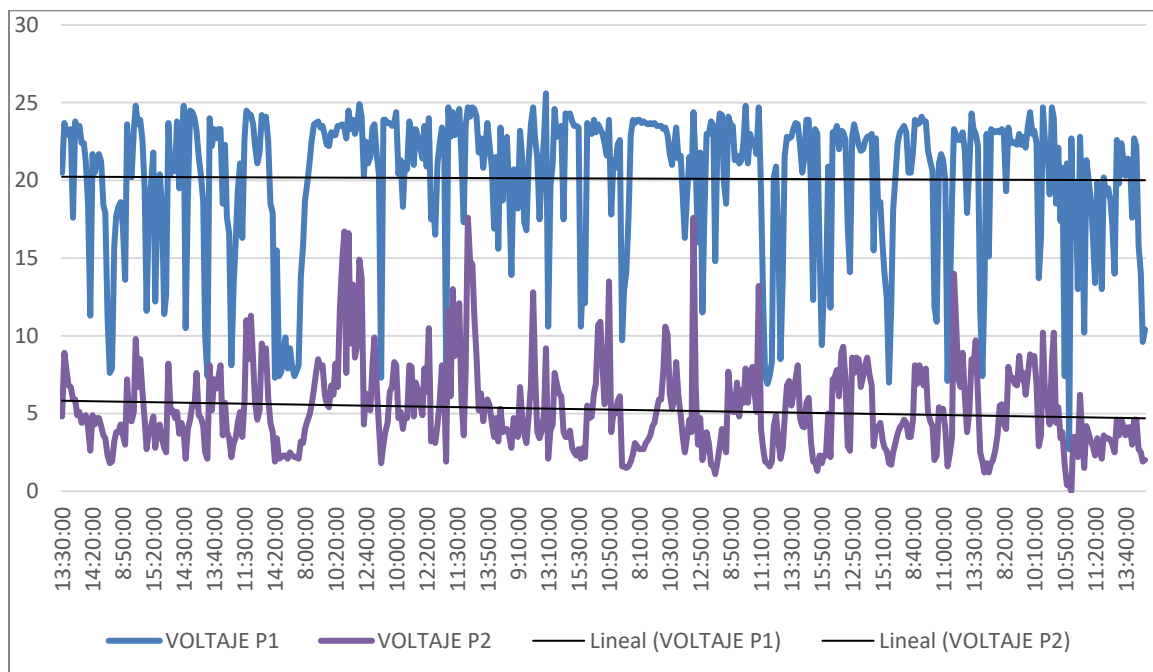


Figura 18. Lecturas de voltaje

En la figura anterior se visualizan lecturas de voltaje cada diez minutos, que para el panel uno correspondería a 20 Voltios según la tendencia lineal y para el panel 2 correspondería a 5 V, según la tendencia lineal.

Comparando las dos graficas se aprecia una diferencia de 15 V aproximadamente entre los dos arreglos

La grafica muestra las lecturas de voltaje desde las 13:30 del 28 de septiembre hasta a las 15:10 del 2 de noviembre. Sin embargo, se debe tener en cuenta que hubo periodos en donde no se tomaron lecturas por desconexión del sistema o por las noches en donde no hubo radiancia.

6.6.1.2 Gráfica de corriente por tiempo

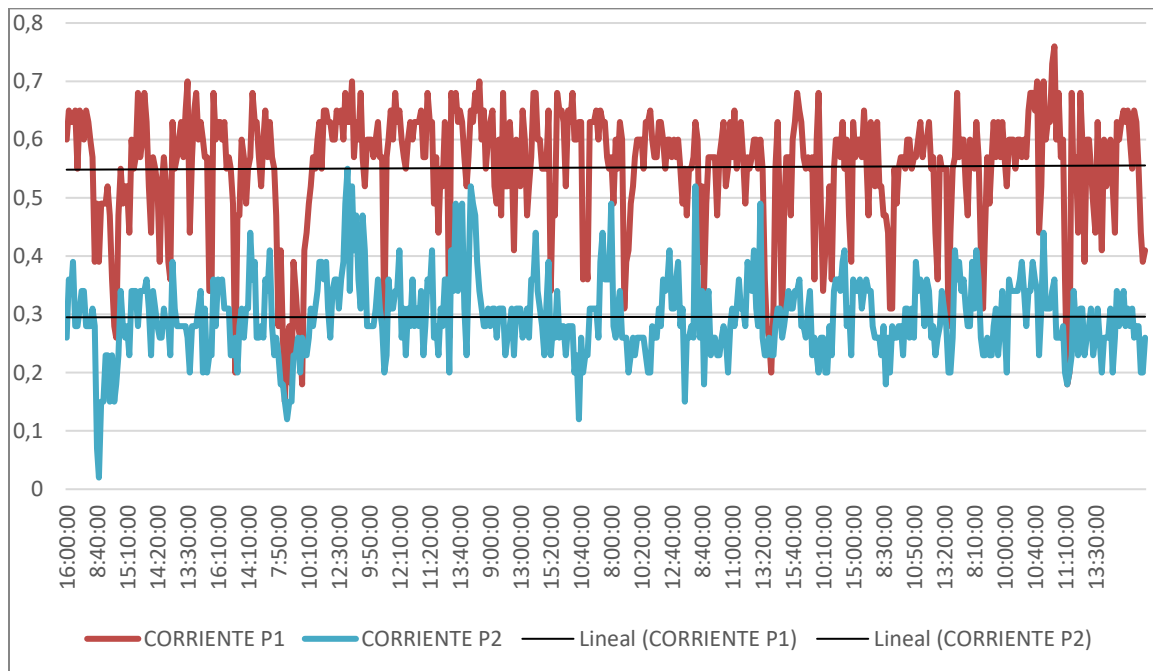


Figura 19. Lecturas de corriente

En la gráfica de corriente se observa un comportamiento similar al voltaje y en donde la diferencia entre los dos arreglos corresponde a 0.25 Amp, siendo la de mayor corriente (0.55 Amp) el arreglo del panel 1 y el de menor corriente el arreglo del panel 2 con 0.3 Amp.

La carga conectada para cada uno de los arreglos, corresponde a dos resistencias en paralelo de 30 Ω que permitirían generar hasta 0.8 Amp. A.

Similar a los resultados de voltaje, las lecturas de corriente se tomaron desde las 13:30 del 28 de septiembre hasta a las 15:10 del 2 de noviembre. Sin embargo, se debe tener en cuenta que hubo periodos en donde no se tomaron lecturas por desconexión del sistema o por las noches en donde no hubo radiancia.

6.6.1.3 Gráfica temperatura por tiempo

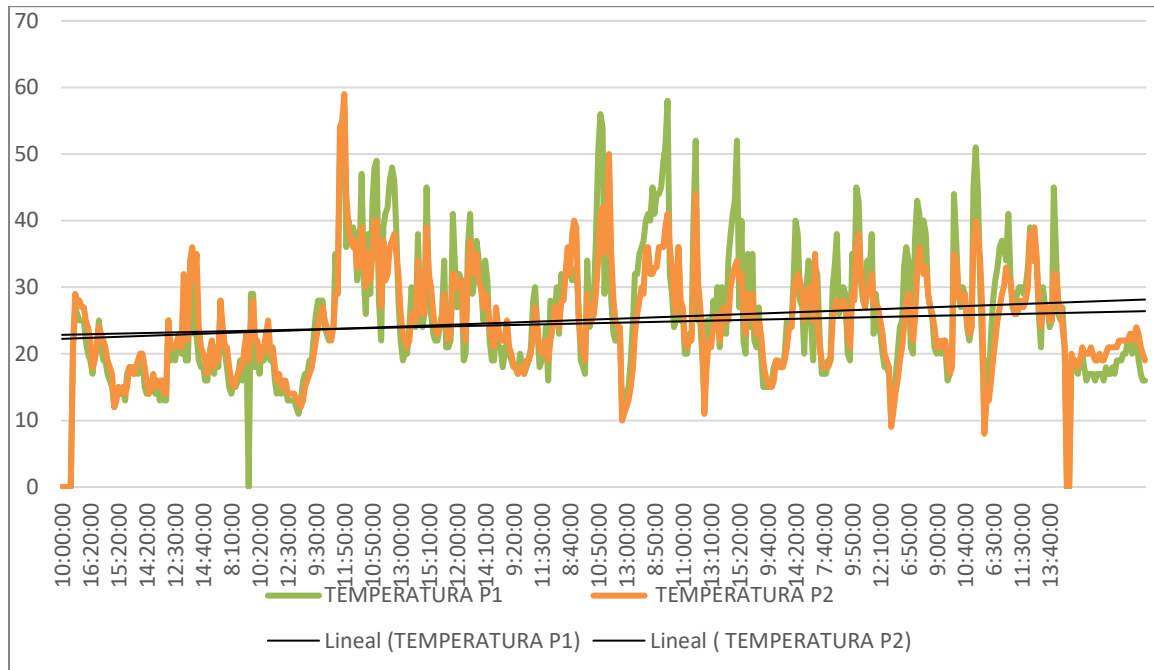


Figura 20. Lecturas de temperatura

En la figura de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), se visualiza una tendencia al aumento, entre un promedio de 22°C y 28°C , sin embargo, es de notar que las altas temperaturas generalmente coinciden con una alta generación de voltaje y corriente.

6.6.1.4 Grafica potencia instantánea

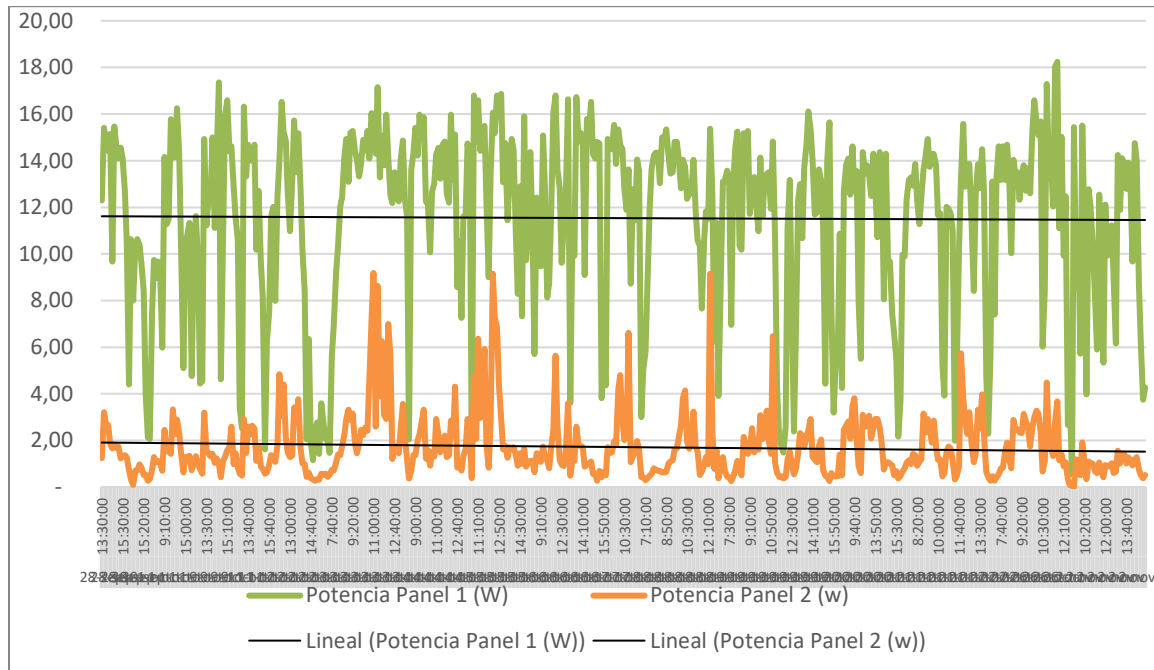


Figura 21. Potencia instantánea de arreglos

En la gráfica de potencia instantánea, para la fase 2 del arreglo 2, comprendida entre el 12 y el 24 de octubre, teniendo en cuenta que se instaló un arreglo de espejos, se aprecia un incremento en los picos de generación, enfatizados hacia el mediodía.

6.6.1.5 Grafica potencia promedio generada por tiempo

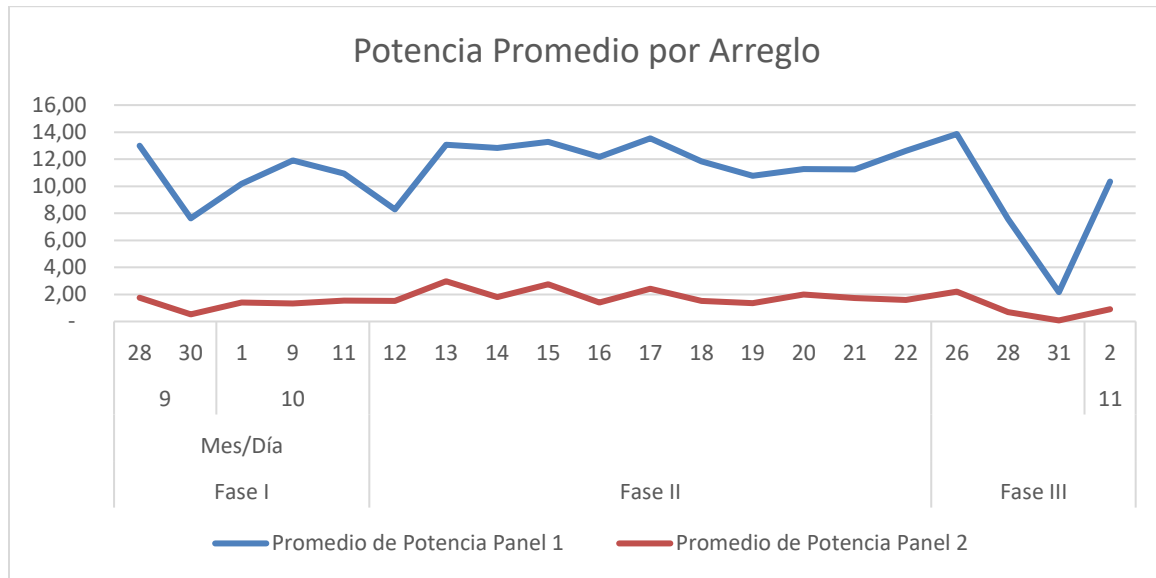


Figura 22. Potencia promedio de los dos arreglos

En la figura de potencia, el arreglo de panel 1 presenta una mayor generación, con algunos valles en los días 12 y 31 de octubre, que representan la baja radiación solar de dichos días

La potencia promedio en el arreglo 2 se comporta de manera más uniforme, siendo los valles menos atenuados que el arreglo 1.

En esta grafica se discriminan las fases descritas en el capítulo “6.3 Descripción de los datos” y en donde para la fase 2 se puede visualizar un ligero incremento en la generación, al parecer como consecuencia del emplazamiento del arreglo de espejos.

6.6.1.6 Grafica potencia máxima



Figura 23. Potencia máxima arreglo 2

En la curva de potencia máxima se aprecia que las curvas de cada fase, presentan similitud respecto a su comportamiento horario, siendo en la fase II en donde se obtiene una mayor respuesta, acentuada al medio día, en donde normalmente se espera que los sistemas fotovoltaicos generen la mayor energía, dado el pico de radiación que se tiene en estas horas

6.6.1.7 Grafica potencia por tiempo

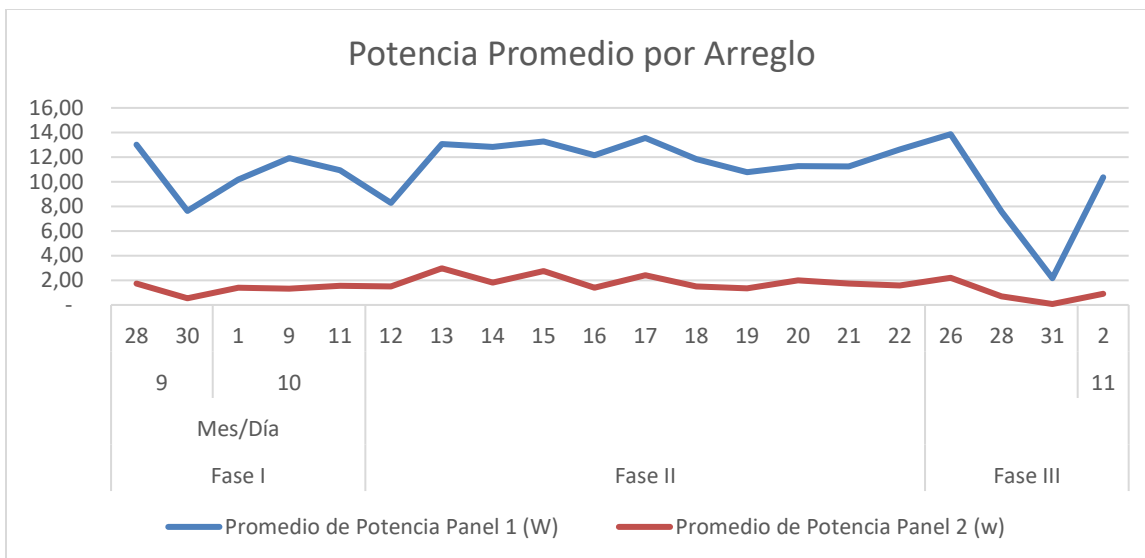


Figura 24. Potencia diaria por arreglo

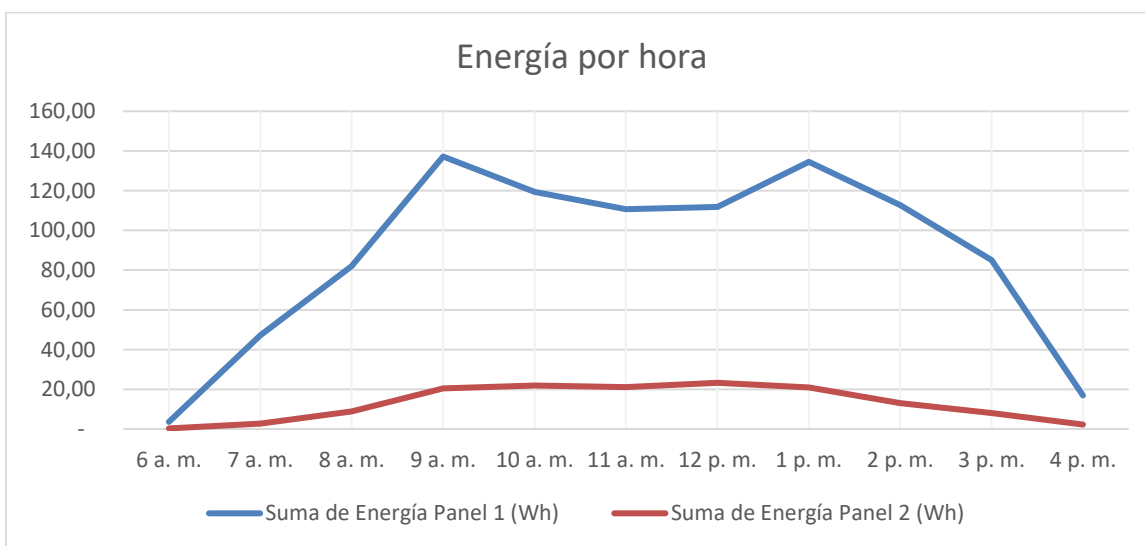


Figura 25. Energía producida según la hora

6.6.2 Comparación de resultados con total de datos por fases

En la siguiente tabla se observa la generación de energía en Wh por fase de estudio con todos los datos obtenidos a lo largo de la toma de datos. La fase II presenta un porcentaje más alto con el 15.82% de generación de energía del panel 2 comparado con el panel 1, y la variación más alta se presentó en la fase III con un 11.41% de generación de energía alcanzado por el panel 1 respecto del panel 2

<i>Tabla 10. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ACUMULADOS POR FASES</i>						
FASE	PANEL 1	PANEL 2	UNIDAD	PERIODO MEDICION	Variación P2/P1 - Por Arreglo	eEnergía obtenida en el arreglo 2 con respecto al 1
I	152,31	19,14	Wh	Sep 28 a Oct 11	12,6%	12,6%
II	708,39	112,13	Wh	Oct 12 a Oct 22	15,8%	15,8%
III	100,58	11,48	Wh	Oct 26 a Nov 2	11,4%	11,4%
Total	961,28	142,75	Wh	Sep 28 a Nov 2	14,9%	14,9%

6.6.2.1 Participación de resultados respecto al total de datos al día

En la siguiente tabla se comparan los datos obtenidos por fase, sobre la generación diaria obtenida, igualmente se compara la participación por fase en la energía total

Tabla 11. PORCENTAJE DE PARTICIPACION POR FASE						
Variación Por Fase Respecto al Total	PARTICIPACION DE ENERGIA TOTAL POR FASE		Días	PROMEDIO DIA		Observación
	PANEL 1	PANEL 2		PANEL 1	PANEL 2	
I	15,8%	13,4%	5	3,2%	2,7%	
II	73,7%	78,5%	11	6,7%	7,1%	Fase con mayor aporte de energía promedio por día en los dos arreglos
III	10,5%	8,0%	4	2,6%	2,0%	
Total	100,0%	100,0%				

En la tabla se visualiza que la mayor participación de energía es en la fase II, aun por día en donde diariamente el arreglo de la fase II es el de mayor aporte

6.6.2.2 Comparación de resultados por metro cuadrado

La siguiente comparación muestra la cantidad de energía por día y por hora, según la fase y el arreglo

Tabla 12. ENERGIA ENTREGADA POR METRO CUADRADO (Wh - día)						
FASE	PANEL 1 (Wh - día)	PANEL 2 (Wh - día)	CANTIDAD DE HORAS CON LECTURA	PANEL 1 (Wh)	PANEL 2 (Wh)	Observación
I	30,46	3,83	12,67	12,02	1,51	
II	64,40	10,19	57,17	12,39	1,96	
III	25,15	2,87	8,50	11,83	1,35	
Total	120,01	16,89	78,33	12,27	1,82	
Área del Arreglo (m2)	0,57	0,27		0,57	0,27	
Wh / m2	210,54	62,56		21,53	6,75	
m2/Wh	0,00	0,02		0,05	0,15	

El propósito de este proyecto de grado es comparar la generación de energía de cada disposición de paneles con el área ocupada por cada uno de estos. En la siguiente tabla se comparará energía generada por metro cuadrado ocupado de terreno así:

Tabla 13. ENERGIA ENTREGADA POR METRO CUADRADO - POR ARREGLO			
ENERGIA ENTREGADA POR METRO CUADRADO - POR ARREGLO (%)			
FASE	PANEL 1 (Wh/m2)	PANEL 2 (Wh/m2)	COMPARACION POR ARREGLO
I	21,10	5,60	27%
II	21,74	7,26	33%
III	20,76	5,00	24%
Total	21,53	6,75	31%

El mejor resultado se presenta en la fase II, en donde el arreglo 2 alcanza en el mejor caso el 33% de la energía producida, comparando ambos paneles.

6.6.3 Comparación de resultados diarios con máximos reportados

En la siguiente tabla se observa la generación de potencia y energía en Wh por fase de estudio, teniendo en cuenta los valores máximos reportados para cada diez minutos para un día. Se observa un aumento en los porcentajes cuando recibe más radiación directa que se refleja en mayores valores reportados

Tabla 14. COMPARACIÓN DE VALORES MÁXIMA ENERGIA (Wh). DIA TIPO			
FASE	MAX. ENERGIA PANEL 1 (Wh)	MAX. ENERGIA PANEL 2 (Wh)	VARIACION
I	2,89	0,56	19%
II	2,86	1,53	54%
III	3,04	0,75	25%

Y la comparación de generación de potencia y energía por área ocupada se observa en la siguiente tabla

Tabla 15. COMPARACION DE VALORES MAXIMA ENERGIA POR M2 (Wh/m2)			
FASE	MAX. ENERGIA PANEL 1 (Wh/m2)	MAX. ENERGIA PANEL 2 (Wh/m2)	VARIACION
I	5,08	2,06	41%
II	5,01	5,67	113%
III	5,33	2,77	52%

Los resultados evaluados en la tabla anterior son la sumatoria de los datos máximos obtenidos cada diez minutos de toma de datos, durante el día, que coinciden con las máximas temperaturas tomadas, lo que se puede inferir que en esos datos se tenía más sol directo sobre los paneles 1 y 2, lo que beneficia directamente la reflexión cuando se usan espejos. El dato a destacar aquí es que el panel 2 genera 113% del panel 1 al comparar datos de máxima potencia.

6.7 Discusión sobre los resultados

La toma de datos se hizo desde el 28 de septiembre hasta el 4 de noviembre, periodo con alta nubosidad y lluvias constantes (ver figura 26), no se presentó radiación directa, que es la que se requiere cuando se trabaja con espejos que reflejen la radiación. En este periodo, la nubosidad de los días estuvo por encima del 45% y los periodos definidos como mayormente nublados superaron el 80%

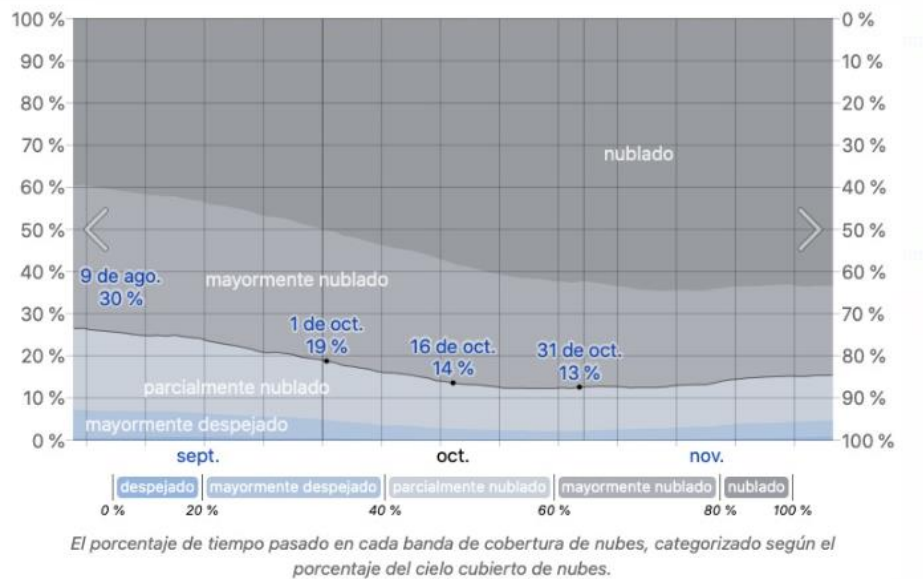


Figura 26. Nubosidad en periodo de captura de datos, fuente es.weatherpark.com

La energía generada por metro cuadrado por el panel 2, corresponde al 31% (ver tabla 13) de la generada por el panel 1 con la disposición propuesta, con estas condiciones climáticas y teniendo en cuenta todos los datos registrados en la base de datos. Si se analizan solo los mayores datos por cada diez minutos durante un día de máximos, se concluye que el porcentaje sube a 113%, lo que indicaría que al incrementar la incidencia en el arreglo 2, de tal manera que supere el 50% de la energía del arreglo 1, se obtendría una mayor eficiencia en el arreglo 2, teniendo en cuenta el área del terreno.

Con respecto a los objetivos planteados, la radiación incidente sobre el arreglo de paneles, permitió la generación de energía (ver tabla 13) entre 21.53 Wh/m² (en el arreglo 1) y de 6.75 Wh/m² (en el arreglo 2), resultados que, para el caso del análisis con todos los datos, es una base para continuar con simulaciones y determinar si con disposiciones diferentes, la relación de energía de arreglo 2 versus arreglo 1 se incrementa.

Si bien el arreglo 2 reduce el área que abarca un panel emplazado horizontalmente, los niveles de energía en esta simulación, resultan menores, encontrándose una oportunidad en los datos máximos, en donde con ayuda de espejos en una hora específica y con máxima radiación, el arreglo 2, supera al arreglo 1 (ver tabla 15)

Capítulo 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La disposición propuesta de los paneles verticales formando un hexágono, rodeados de un segundo hexágono de espejos, está diseñada para radiación directa que es la que permite hacer reflexión de los rayos solares. Se pretende con esta disposición ahorrar espacio de terreno, comparada con la disposición plana, para aplicar en situaciones que no dispongan de mucha área y que con mejoras al sistema propuesto sean aplicables a ciudades o islas pobladas que quieran aprovechar el recurso sol para su generación eléctrica.

Los datos recolectados y su análisis muestran al sistema hexagonal propuesto con una eficiencia por debajo de la instalación tradicional de paneles solares, sin embargo, si se tiene en cuenta los mismos datos registrados en este proyecto y se instala dos paneles horizontales, estos ocuparán dos áreas, mientras que otro panel dispuesto sobre el panel vertical ocupará la misma área de este. En este supuesto, la generación por área, beneficia a la disposición hexagonal.

El sistema de recolección de datos se recomienda hacerse en una sola tarjeta, para evitar accidentes de desconexión de las dos tarjetas, como sucedió en dos ocasiones durante el periodo de toma de datos.

Las lentes Fresnel instaladas pretendían redireccionar la radiación de forma vertical sobre el interior del hexágono, pero las condiciones climáticas no permitieron ver el sol directamente, lo que dificultó la toma de datos de la fase III y consideramos que sirvieron de membrana que aisló los escasos rayos solares, de ahí los menores datos registrados.

A futuro, se sugiere repetir el ejercicio en periodo de verano para analizar nuevas mediciones, se repetirán las tres fases y se adicionará una cuarta con la instalación de un domo de SOLATUBE instalado en la parte superior del hexágono, encargado de direccionar los rayos solares de forma vertical sobre el interior del hexágono.

Una variación que se haría al sistema es abrir los espejos hexagonales en la parte superior para mejorar la captación de los rayos directos del sol, es decir que no queden verticales si no inclinados hacia afuera.

Los espejos auxiliares representan una mejora para la recolección de los datos, se debe instalar de forma tal que permitan una reflexión más vertical sobre el hexágono.

Bibliografía

- Abhiram, B., Vighneswar, P., Anjali, B., & Ramprabhakhar, J. (2018). Efficient photovoltaic solar panel with mirror actuation. *Paper*. India.
- Agrawal, M., Chhajed, P., & Chowdhury, A. (2022). *Performance analysis of photovoltaic module with reflector: optimizing orientation with different tilt scenarios*. ScienceDirect.
- Al Asfar, J., Sakhrieh, A., Al-Nayfeh, W., & Ghandoor, A. (s.f.). *Performance of solar modules integrated with reflector*. International journal of power electronics and drive systems.
- Arboleda G., J. A. (2008). *Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín, Colombia.
- Atersa Grupo Elecnor. (23 de 03 de 2022). Catalogo Optimum - Nueva Gama. *Modulo Solar Mono PERC A-xxxM GS (380/385/390/395/400)*. Madrid, España.
- Baccoli, R., Kumar, A., Mastino, C., Ghiani, E., & Gatto, G. (2021). *Enhancing energy production in a PV collector – Reflector system supervised by an optimization model experimental analysis and validation*. ScienceDirect.
- Benkaddour, A., Boulaich, H., & Aroudam, E. (2021). *Comparative study of electricity production by photovoltaic panels with mirror for different inclinations*. Zarga: Academy.edu.
- Bermúdez Figueroa, C. (2017). *Evaluación del incremento de radiación captada por un sistema de concentración en V para la ciudad de Bogotá*. Bogotá: Tesis de Maestría. Universidad Libre.
- Bharathiraja, B., Sudharsanaa, T., & Bharghavi, A. (2016). Biohydrogen and Biogas—An overview on feedstocks and enhancement process. *Fuel*, 185, págs. 810-828.
- Csereklyei, Z., Songze, Q., & Ancey, T. (s.f.). The effect of wind and solar power generation on wholesale electricity prices in Australia. *Energy Policy*, 131, págs. 358-369.
- Dinesh, R., Gourav, K., & Atma Ram, G. (2018). *Increasing the output power and efficiency of solar panel by using concentrator photovoltaic (CPV) and low-cost solar tracker*. IEEE.
- E4e. (16 de Febrero de 2022). *www.e4e-soluciones.com*. Obtenido de ¿Cuáles son las mejores marcas de paneles solares en 2022? Estos son los más comprados: <https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/mejores-marcas-paneles-solares-2022>
- EL PILÓN. (29 de Octubre de 2021). ‘La Loma’, el parque solar más grande de Colombia se construye en el Cesar. *EL PILÓN*. Obtenido de <https://elpilon.com.co/la-loma-el-parque-solar-mas-grande-de-colombia-se-construye-en-el-cesar/>

- Grupo JAB. (s.f.). *Historia de las células solares y su evolución tecnológica*. Obtenido de <https://www.grupojab.es/historia-de-las-celulas-solares-y-su-evolucion-tecnologica/#>
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. (Octubre de 2015). *ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR, ULTRAVIOLETA Y OZONO DE COLOMBIA*. Recuperado el 25 de Diciembre de 2022, de *DISTRIBUCIÓN GLOBAL DE LA IRRADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL* : <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- Jing, T., & Miyamoto, T. (2019). *Numerical and experimental analysis of power generation characteristic in beam direction control of optical wireless power transmission with mirror*. IEEE.
- Malik, P., & Shyam, S. (2020). *Performance enhancement of multi-crystalline silicon photovoltaic modules using mirror reflector under wester Himalayan climatic conditions*. ScienceDirect.
- Mengual, V. (2022). <https://blog.solarnub.com/paneles-solares-mas-eficientes-2022>. Obtenido de <https://blog.solarnub.com/paneles-solaresmas-eficientes2022/#:~:text=Debido%20a%20los%20avances%20en,los%20paneles%20de%20tama%C3%B1o%20est%C3%A1ndar>.
- Oprea, R., Istrate, M., & Machidon, D. (2018). *Efficiency analysis of solar radiation concentration technique for a Low Concentration photovoltaic system*. IEEE.
- Prashant, M., & Chandel, S. S. (2020). *Performance enhancement of multi-crystalline silicon photovoltaic modules using mirror reflector under western Himalayan climatic Conditions*.
- PVinsights. (25 de Diciembre de 2022). *PVinsights. Grid the World*. Obtenido de PVinsights. Grid the World/Solar PV Module Weekly Spot Priece: <http://pvinsights.com/index.php>
- Sancho Today, J. A., & Toalongo Paidá, P. C. (2021). *Análisis de la producción de energía fotovoltaica mediante el uso de espejos en configuración dinámica*. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica Salesiana.
- SUNPOWER. (Septiembre de 2020). *SUNPOWER/PERFORMANCE. PERFORMANCE 3 COM. 420 - 405 W*.
- UPME. (2019). *PLAN ENERGETICO NACIONAL 2020 - 2050. Documento de consulta*. Bogotá.
- Wells, D. N. (2009). *Improved boost mirror for low – concentration photovoltaic solar power system*.

APÉNDICE

Se adjunta en el apéndice el resumen de la consulta de documentos y sus conclusiones, la tabla de datos obtenida, el código de programación del ARDUINO, fichas técnicas de componentes utilizados y esquema constructivo de estructura.

ANEXO 1. Consulta de Documentos

Autor(es)	Año	Titulo	Procedimiento	Resultados y Conclusiones
Bermúdez, Carlos	2017	Evaluación del incremento de radiación captada por un sistema de concentración en V para la ciudad de Bogotá DC	El investigador rodea el panel solar con espejos en los cuatro extremos formando un ángulo que no genere sombra al panel y realiza mediciones	Experimentalmente se obtuvo un promedio de 4,4 kWh y teóricamente de 3,45 kWh, lo cual indica que experimentalmente aporta un 27% de ganancia solar. Los resultados demuestran que la ganancia solar depende del ángulo de inclinación del sistema, las áreas de reflexión involucradas en la superficie plana, el ángulo de incidencia solar.
Sancho, Jaime; Toalongo, Paulo	2021	Análisis de la producción de energía fotovoltaica mediante el uso de espejos en configuración dinámica	mejorar la producción del panel solar mediante el uso de hojas reflectantes o espejos, movidos por dos motores a lo largo del día solar para aumentar la incidencia de los rayos solares sobre el panel y comparándolo con un panel similar sin montaje.	Al finalizar el experimento se obtuvo un total de energía acumulada de 10,148 kWh con espejos sobre un 9,712 kWh del panel sin espejos en porcentaje se obtuvo 4,48% más producción de energía
Jing, T; Miyamoto, T,	2019	Numerical and experimental analysis of power generation characteristic in bean	Se investigó el análisis numérico y experimental de la eficiencia de generación de energía del sistema de transmisión óptica inalámbrica de energía	Se propuso un novedoso sistema OWPT con espejo y se demostró que el sistema propuesto puede ampliar eficazmente el rango de aplicación del sistema OWPT y aumenta

		direction control of optical wireless power transmission with mirror	(OWPT) con espejo en una habitación	la flexibilidad de carga efectiva en la sala
Oprea, R; Istrate, M; Machidon, D.	2018	Efficiency analysis of solar radiation concentration technique for a Low Concentration photovoltaic system	Desarrollaron un prototipo de sistema fotovoltaico de baja concentración (LCPV) que utilizan para determinaciones experimentales	Los resultados muestran que para el actual prototipo del sistema LCPV los mejores rendimientos se registran en un valor pequeño de 7,5o de ángulo de inclinación. El Uso de 4 espejos mejora ligeramente el rendimiento
Dinesh, R; Gourav, K; Atma Ram, G.	2018	Increasing the output power and efficiency of solar panel by using concentrator photovoltaic (CPV) and low-cost solar tracker	Ofrecen una solución económica y eficiente mediante el uso de espejos de bajo coste, lentes concentradores de enfoque de la luz y un sistema de seguimiento solar.	Dado que la eficiencia tiene una relación directa con el flujo solar, es cierto que la corriente de salida es directamente proporcional a la eficiencia el panel solar.
Abhiram, B; Vighneswar, P; Anjali, B; Ramprabhakhar, J	2018	Efficient photovoltaic solar panel with mirror actuation	Diseño y construcción del Sistema de seguimiento solar con un espejo utilizando un microprocesador ATmega168 programado por Arduino. El espejo que refleja más irradiación se utiliza para maximizar la eficiencia.	Investigación hecha en 11 días con las siguientes conclusiones: A las 09:00 sin espejo 6,378W – con espejo 7,38 W. porcentaje 15,71% A las 11:00. Sin espejo 7,09 W – con espejo 7,88 W. porcentaje 11,14% A las 14:00. Sin espejo 6,46. W – con espejo 7,29 W. porcentaje 12,84% A las 16:00 sin espejo 6,12 W – con espejo 7,26 W. porcentaje 18,62%

Baccoli, R; Kumar, A; Fratolillo, A; Mastino, C; Ghiani, E; Gatto, G.	2021	Enhancing energy production in a PV collector – Reflector system supervised by an optimization model experimental analysis and validation	Se evalúa experimentalmente la mejora de la captación de energía solar de un colector acoplado a un reflector de fondo plano de refuerzo	Se comparan los rendimientos de una disposición fotovoltaica aumentada y de un panel fotovoltaico convencional. Esta investigación exploratoria revela valores experimentales del factor de mejora en el rango de 6% al 17,8%
Agrawal, M; Chjajed, P; Chowdhury, A	2022	Performance analysis of photovoltaic module with reflector: optimizing orientation with different tilt scenarios (Paper)	En este estudio se determina una técnica eficaz para mejorar artificialmente el rendimiento solar fotovoltaico mediante la integración del reflector plano de acero inoxidable comercial.	La ganancia de energía anual se estima en 18,35% que mejora hasta un 34,16% con la dimensión del reflector para la ubicación de Jaipur (26oN). El estudio sugiere que el ajuste de la inclinación dos veces al año es suficiente para una mejora contable de la ganancia, reduciendo la complejidad de una planta fotovoltaica operativa.
Malik, P; Shyam, S.	2020	Performance enhancement of multi-crystalline silicon photovoltaic modules using mirror reflector under wester Himalayan climatic conditions (Paper)	Comparación y evaluación de un montaje de espejos sobre un módulo solar en condiciones climáticas del himalaya.	La mejora media de la potencia del sistema fotovoltaico – reflector es de 10% a 19,84% en verano y de 10% a 13,23% en invierno. El presente estudio es relevante para que las plantas fotovoltaicas mejoren la eficiencia del uso del suelo y reduzcan el coste de la generación de energía en cualquier lugar del mundo.

Al Asfar, J; Sakhrieh, A; Al- Nayfeh, W; Ghandoor, A.		Performance of solar modules integrated with reflector. (Paper)	Este estudio investiga experimentalmente el rendimiento en los sistemas de seguimiento solar bidimensional con reflector en la universidad de hachemita en Zarga en febrero y marzo.	Se comprobó que el módulo fotovoltaico modificado con reflector de espejo generaba el mayor valor de potencia. El modulo modificado sugerido en este estudio produjo un 5% más de potencia fotovoltaica que los sistemas de seguimiento solar bidimensional sin reflector y produjo un 12,5% más de potencia fotovoltaica que el módulo solar fijo.
Benkaddour, A; Boulaich, H; Aroudam , E.	2021	Comparative study of electricity production by photovoltaic panels with mirror for different inclinations. (Paper)	presenta un análisis de un sistema formado por un colector fotovoltaico complementado con dos reflectores para obtener más energía eléctrica.	Los resultados numéricos muestran que con el uso de espejos reflectivos se gana más energía eléctrica y se mejora la eficiencia eléctrica del panel, por otro lado se encontró que la alta temperatura de las células tiene un impacto negativo en su eficiencia.
Wells, D.	2009	Improved boost for low concentration photovoltaic solar power system (paper)	propone un nuevo tipo de espejo solar de refuerzo con buenas características de bloqueo de los rayos UV, manteniendo al mismo tiempo una alta reflectividad en el visible y en el IR lo que da lugar a una elevada producción eléctrica.	

CONCLUSIONES DE LA CONSULTA DE DOCUMENTOS

- Se estudiaron doce documentos de diferentes editores y estudios realizados en diferentes países y todos concluyen que el uso de elementos reflectantes que aumenten la irradiación sobre el panel solar, mejora la eficiencia de este.

- Se observa en los estudios que el montaje de espejos para mejorar la eficiencia, se hace de dos formas diferentes: una con seguimiento (dinámica) y otra fija (estática). Los autores para el desarrollo del proyecto propuesto implementaran dispositivos estáticos de reflexión solar sobre la distribución de paneles, con el propósito de comprobar su efectividad.
- Una mayor eficiencia de los paneles solares utilizando cualquier método, debe tender a optimizar el área utilizada, haciendo que los parques solares se diseñen en espacios más pequeños
- Una vez corroborado el aumento de la eficiencia del panel con dispositivos de reflexión, los autores ven viable cumplir los objetivos propuestos originalmente

ANEXO 2. Datos.

FECHA AA/MM/DD	HH:MM:SS	VOLTAJE F	CORRIENT	TEMPERA	VOLTAJE F	CORRIENT	TEMPERA	LUX
28-sep	13:30:00	20,5	0,6	0	4,8	0,26	0	2584
28-sep	14:00:00	23,7	0,65	0	8,9	0,36	0	-1
28-sep	14:10:00	23,2	0,63	0	7,9	0,34	0	-1
28-sep	14:20:00	22,9	0,63	0	6,8	0,39	0	-24402
28-sep	14:30:00	23,3	0,65	0	6,7	0,28	0	-25790
28-sep	14:40:00	17,6	0,55	21	5,9	0,28	21	-25881
28-sep	14:50:00	23,8	0,65	27	5,9	0,31	29	27899
28-sep	15:00:00	23,1	0,63	26	4,9	0,34	28	-27165
28-sep	15:10:00	23,5	0,6	25	5,1	0,34	28	30119
28-sep	15:20:00	22,4	0,65	25	4,4	0,28	27	30618
28-sep	15:30:00	22,4	0,63	25	4,7	0,28	27	31349
28-sep	15:40:00	21,2	0,6	22	4,9	0,28	25	29384
28-sep	15:50:00	18,5	0,57	20	4,1	0,31	24	21841
28-sep	16:00:00	11,3	0,39	19	2,6	0,28	22	14180
30-sep	14:20:00	21,7	0,49	17	4,9	0,07	18	30095
30-sep	14:30:00	20,5	0,39	20	4,3	0,02	19	26962
30-sep	14:40:00	21,2	0,49	21	4,7	0,15	21	29541
30-sep	14:50:00	21,7	0,49	25	4,7	0,15	24	-32108
30-sep	15:00:00	21,2	0,49	21	4,2	0,23	23	31092
30-sep	15:10:00	18,4	0,52	19	3,6	0,23	22	24527
30-sep	15:20:00	17,9	0,47	19	3,4	0,15	21	22347
30-sep	15:30:00	11,2	0,36	17	2,3	0,23	19	15612
30-sep	15:40:00	7,6	0,28	16	1,8	0,15	18	12348
30-sep	15:50:00	7,9	0,26	15	1,9	0,18	17	8477
1-oct	8:10:00	15,8	0,47	12	3,2	0,23	12	0
1-oct	8:20:00	17,7	0,55	13	3,8	0,34	13	19134
1-oct	8:30:00	18,3	0,49	15	3,8	0,28	15	21769
1-oct	8:40:00	18,6	0,52	14	4,3	0,26	14	22201
1-oct	8:50:00	17	0,52	15	3,6	0,28	15	19322
1-oct	9:00:00	13,6	0,44	13	3	0,23	14	16145
1-oct	9:10:00	23,6	0,6	17	7,2	0,34	15	-24768
1-oct	9:20:00	20,5	0,55	18	4,6	0,34	18	24090
1-oct	9:30:00	20,2	0,57	18	4,5	0,34	18	25304
1-oct	9:40:00	23,2	0,68	17	5,1	0,28	17	-29231
1-oct	9:50:00	24,8	0,57	18	9,8	0,34	18	-1
1-oct	10:00:00	23,6	0,6	17	6,7	0,34	19	-22530
1-oct	10:10:00	23,9	0,68	20	8,5	0,34	20	-29381
1-oct	10:20:00	22,6	0,63	19	6,4	0,36	20	-31040
1-oct	10:30:00	19,4	0,52	15	4,6	0,31	18	23002
1-oct	10:40:00	11,6	0,44	14	2,7	0,23	16	15249
1-oct	15:00:00	18	0,57	14	3,8	0,34	14	22166
1-oct	15:10:00	19,8	0,55	15	4,2	0,31	15	23414
1-oct	15:20:00	21,8	0,52	16	4,8	0,28	17	27988
1-oct	15:30:00	12,2	0,39	14	2,8	0,26	15	13875
1-oct	15:40:00	18,5	0,52	16	3,8	0,26	16	21559
1-oct	15:50:00	20,4	0,57	13	4,3	0,31	15	25594

1-oct	16:00:00	18,4	0,52	16	3,4	0,28	16	20367
1-oct	16:10:00	11,4	0,39	13	2,8	0,28	14	14575
1-oct	16:20:00	12,6	0,36	13	2,5	0,23	14	15223
9-oct	13:20:00	23,7	0,63	25	8,2	0,39	25	0
9-oct	13:30:00	20,4	0,55	19	5,1	0,31	21	0
9-oct	13:40:00	21,5	0,57	20	5,2	0,28	21	0
9-oct	13:50:00	20,6	0,6	19	4,7	0,28	21	0
9-oct	14:00:00	23,8	0,63	21	5,1	0,28	22	0
9-oct	14:10:00	19,5	0,57	22	3,7	0,28	23	0
9-oct	14:20:00	21,8	0,65	20	4,4	0,28	21	0
9-oct	14:30:00	24,8	0,7	26	3,8	0,26	32	0
9-oct	14:40:00	10,5	0,44	19	2,1	0,2	25	0
9-oct	14:50:00	18,9	0,57	19	4	0,28	22	0
9-oct	15:00:00	24,5	0,65	30	4,6	0,28	34	0
9-oct	15:10:00	24,4	0,68	33	5,6	0,28	36	0
9-oct	15:20:00	24	0,6	23	5,5	0,31	31	0
9-oct	15:30:00	23,2	0,63	23	7,6	0,34	35	0
9-oct	15:40:00	21,5	0,6	19	4,9	0,2	24	0
9-oct	15:50:00	20,3	0,57	18	4,7	0,31	21	0
9-oct	16:00:00	18,6	0,57	18	4,2	0,2	20	0
9-oct	16:10:00	10	0,34	16	2,5	0,23	19	0
9-oct	16:20:00	7,4	0,34	16	2,1	0,23	17	0
11-oct	13:20:00	24	0,68	20	8,1	0,36	20	0
11-oct	13:30:00	22,2	0,6	22	5,2	0,28	22	0
11-oct	13:40:00	23,3	0,63	17	7,2	0,36	18	0
11-oct	13:50:00	22,7	0,63	21	6,6	0,34	21	0
11-oct	14:00:00	23,3	0,6	18	7,3	0,36	19	0
11-oct	14:10:00	23,3	0,63	28	8,1	0,31	28	0
11-oct	14:20:00	18,5	0,55	21	3,6	0,31	24	0
11-oct	14:30:00	22,3	0,57	20	5,7	0,31	21	0
11-oct	14:40:00	17,6	0,55	18	3,8	0,23	21	0
11-oct	14:50:00	16,6	0,49	15	3,4	0,23	18	0
11-oct	15:00:00	8,1	0,2	14	2,2	0,26	16	0
11-oct	15:30:00	13,3	0,47	16	3,1	0,2	15	0
11-oct	15:40:00	15,9	0,47	15	3,4	0,28	16	0
11-oct	15:50:00	19,3	0,6	16	4,4	0,31	17	0
11-oct	16:00:00	21,1	0,57	19	5,1	0,26	18	0
11-oct	16:10:00	16,3	0,49	16	3,5	0,31	18	0
12-oct	11:30:00	22,7	0,55	20	5,8	0,31	21	0
12-oct	11:40:00	24,5	0,57	21	11	0,44	23	0
12-oct	12:20:00	24,3	0,68	0	8,5	0,36	19	0
12-oct	12:30:00	24,2	0,63	29	11,3	0,39	25	0
12-oct	12:40:00	23,6	0,63	29	8,3	0,26	28	0
12-oct	12:50:00	22,2	0,57	18	5,7	0,26	22	0
12-oct	13:00:00	21,1	0,52	21	4,6	0,28	22	0
12-oct	13:10:00	21,8	0,6	17	5,2	0,26	19	0

12-oct	13:20:00	24,2	0,65	21	9,5	0,36	20	0
12-oct	13:30:00	23,7	0,57	19	8,1	0,34	21	0
12-oct	13:40:00	24,1	0,63	22	9,2	0,41	23	0
12-oct	13:50:00	22,5	0,57	23	6	0,28	25	0
12-oct	14:00:00	18,5	0,55	19	4,4	0,23	20	0
12-oct	14:10:00	17,9	0,47	20	3,8	0,26	21	0
12-oct	14:20:00	7,3	0,28	16	1,9	0,23	18	0
12-oct	14:30:00	15,5	0,41	14	3,4	0,18	16	0
12-oct	14:40:00	7,4	0,26	16	2,1	0,18	17	0
12-oct	14:50:00	7,7	0,15	14	2,2	0,15	15	0
12-oct	15:00:00	9,2	0,26	15	2,3	0,12	16	0
12-oct	15:10:00	9,9	0,28	15	2,3	0,15	16	0
12-oct	15:20:00	7,9	0,18	13	2,1	0,15	14	0
12-oct	16:10:00	9,2	0,39	13	2,5	0,23	14	0
12-oct	16:20:00	8	0,34	13	2,3	0,23	14	0
12-oct	16:30:00	7,4	0,28	13	2,2	0,26	14	0
12-oct	16:40:00	7,7	0,26	12	2,2	0,2	13	0
12-oct	16:50:00	8,1	0,18	11	2,1	0,26	13	0
13-oct	7:40:00	13,8	0,41	13	3,2	0,23	12	0
13-oct	7:50:00	15,8	0,44	16	3,1	0,23	13	0
13-oct	8:00:00	18,7	0,49	17	4	0,26	15	0
13-oct	8:10:00	19,8	0,52	17	4,5	0,31	16	0
13-oct	8:20:00	21,1	0,57	19	4,9	0,28	17	0
13-oct	8:30:00	22,6	0,55	19	5,6	0,31	18	0
13-oct	8:40:00	23,6	0,6	23	6,6	0,34	20	0
13-oct	8:50:00	23,7	0,63	26	7,5	0,39	22	0
13-oct	9:00:00	23,8	0,55	28	8,5	0,39	24	0
13-oct	9:10:00	23,4	0,65	28	8	0,36	26	0
13-oct	9:20:00	23,5	0,65	28	8,1	0,39	27	0
13-oct	9:30:00	22,9	0,63	24	6,2	0,31	25	0
13-oct	9:40:00	22,3	0,63	23	5,6	0,26	24	0
13-oct	9:50:00	22,2	0,6	22	5,4	0,34	23	0
13-oct	10:00:00	23,1	0,6	23	6,8	0,36	22	0
13-oct	10:10:00	22,9	0,65	24	6,2	0,36	24	0
13-oct	10:20:00	22,9	0,63	35	8,2	0,31	29	0
13-oct	10:30:00	23,5	0,65	29	6,7	0,36	29	0
13-oct	10:40:00	23,5	0,6	49	11,7	0,39	54	0
13-oct	10:50:00	23,6	0,68	50	14,7	0,49	55	0
13-oct	11:00:00	23,4	0,63	57	16,7	0,55	59	0
13-oct	11:10:00	22,7	0,63	36	7,6	0,34	44	0
13-oct	11:20:00	24,5	0,7	40	16,6	0,52	39	0
13-oct	11:30:00	23,3	0,57	37	9,5	0,41	37	0
13-oct	11:40:00	23,9	0,63	39	13,3	0,47	36	0
13-oct	11:50:00	23	0,6	38	8,6	0,36	37	0
13-oct	12:00:00	23,5	0,68	31	9,4	0,31	33	0
13-oct	12:10:00	24,9	0,57	34	14,9	0,47	33	0

13-oct	12:20:00	24,1	0,52	47	13,7	0,41	39	0
13-oct	12:30:00	20,3	0,6	31	4,3	0,28	35	0
13-oct	12:40:00	22,5	0,6	26	6,3	0,28	30	0
13-oct	12:50:00	21,1	0,6	38	5,4	0,28	35	0
13-oct	13:00:00	21,5	0,57	29	5,2	0,28	31	0
13-oct	13:10:00	23,4	0,6	43	8,1	0,31	35	0
13-oct	13:20:00	23,6	0,63	48	9,9	0,36	40	0
13-oct	13:30:00	21,7	0,57	49	6,8	0,31	40	0
13-oct	13:40:00	20,4	0,57	28	4,2	0,28	32	0
13-oct	13:50:00	7,3	0,28	22	1,8	0,2	27	0
14-oct	8:40:00	23,9	0,57	39	3	0,23	37	0
14-oct	8:50:00	23,9	0,6	41	3,8	0,36	31	0
14-oct	9:00:00	23,7	0,65	42	4,4	0,31	32	0
14-oct	9:20:00	23,7	0,6	46	6,4	0,31	36	0
14-oct	9:30:00	23,5	0,68	48	6,7	0,34	37	0
14-oct	9:50:00	23,7	0,63	46	8,3	0,34	38	0
14-oct	10:00:00	24,4	0,65	39	8,1	0,41	35	0
14-oct	10:10:00	20,4	0,6	28	4,7	0,26	32	0
14-oct	10:20:00	21,3	0,57	22	5,1	0,31	26	0
14-oct	10:30:00	18,3	0,55	19	4	0,23	23	0
14-oct	10:40:00	21,1	0,6	20	4,8	0,31	22	0
14-oct	10:50:00	20,7	0,63	20	4,7	0,28	21	0
14-oct	11:00:00	23,8	0,6	24	8,1	0,36	22	0
14-oct	11:10:00	23,1	0,63	30	8	0,28	26	0
14-oct	11:20:00	21	0,63	26	4,8	0,31	26	0
14-oct	11:30:00	23,3	0,63	24	7	0,28	25	0
14-oct	11:40:00	22,8	0,65	38	6,5	0,34	34	0
14-oct	11:50:00	22,1	0,57	26	5,6	0,23	29	0
14-oct	12:00:00	21,4	0,57	24	4,9	0,28	26	0
14-oct	12:10:00	23,5	0,68	26	7,9	0,36	26	0
14-oct	12:20:00	20,9	0,63	45	6,4	0,34	39	0
14-oct	12:30:00	24	0,63	30	10,5	0,41	32	0
14-oct	12:40:00	17,5	0,49	26	3,2	0,26	30	0
14-oct	12:50:00	18,5	0,57	23	3,6	0,28	26	0
14-oct	13:00:00	16,5	0,44	22	3,1	0,23	24	0
14-oct	13:10:00	21,1	0,55	22	4,3	0,31	23	0
14-oct	13:20:00	22,4	0,52	24	5,8	0,28	24	0
14-oct	13:30:00	23,4	0,63	26	8,1	0,36	25	0
14-oct	13:40:00	22,8	0,6	34	6,4	0,36	29	0
14-oct	13:50:00	7,6	0,26	21	1,9	0,2	25	0
15-oct	10:50:00	24,7	0,68	21	11,6	0,41	22	0
15-oct	11:00:00	22,8	0,65	22	6,1	0,34	23	0
15-oct	11:10:00	24,4	0,68	41	13	0,49	32	0
15-oct	11:20:00	22,9	0,63	34	8,7	0,34	32	0
15-oct	11:30:00	23,5	0,65	27	9,1	0,36	30	0
15-oct	11:40:00	24,6	0,63	32	12,1	0,49	31	0

15-oct	11:50:00	21,5	0,57	31	5,9	0,31	31	0
15-oct	12:00:00	17,3	0,52	19	3,6	0,23	24	0
15-oct	12:10:00	23,5	0,57	20	7,7	0,36	22	0
15-oct	12:20:00	24,7	0,65	36	17,6	0,52	32	0
15-oct	12:30:00	24,1	0,63	41	14,8	0,49	37	0
15-oct	12:40:00	24,7	0,68	29	14,6	0,47	34	0
15-oct	12:50:00	24,6	0,65	31	11,3	0,39	32	0
15-oct	13:00:00	24,1	0,7	37	8,7	0,34	35	0
15-oct	13:10:00	21,8	0,6	34	5,2	0,31	31	0
15-oct	13:20:00	22,7	0,65	31	6,3	0,28	30	0
15-oct	13:30:00	20,8	0,55	25	4,5	0,28	27	0
15-oct	13:40:00	22	0,6	34	5,5	0,31	29	0
15-oct	13:50:00	23,7	0,63	31	5,9	0,28	28	0
15-oct	14:00:00	22,2	0,65	22	5,5	0,31	24	0
15-oct	14:10:00	20,8	0,52	19	4,4	0,31	22	0
15-oct	14:20:00	16,9	0,49	19	3,5	0,26	21	0
15-oct	14:30:00	21,5	0,6	26	4,7	0,31	27	0
15-oct	14:40:00	15,6	0,47	21	3,2	0,31	24	0
15-oct	14:50:00	23,4	0,68	21	5,3	0,31	22	0
15-oct	15:00:00	18,7	0,52	18	3,8	0,23	22	0
15-oct	15:10:00	22	0,52	20	4	0,26	22	0
15-oct	15:20:00	22,8	0,63	22	4	0,28	25	0
15-oct	15:30:00	19,2	0,57	20	3,6	0,31	21	0
15-oct	15:40:00	13,9	0,41	19	2,8	0,23	20	0
16-oct	8:50:00	20,7	0,6	18	4,7	0,31	18	0
16-oct	9:00:00	20,7	0,55	18	4,3	0,31	18	0
16-oct	9:10:00	18,2	0,52	17	3,5	0,31	17	0
16-oct	9:20:00	23,2	0,65	20	6,7	0,26	18	0
16-oct	9:30:00	21,3	0,6	18	4,7	0,28	18	0
16-oct	9:40:00	17,3	0,47	17	3,7	0,31	17	0
16-oct	11:30:00	16,8	0,52	18	3,1	0,26	19	0
16-oct	11:40:00	21,3	0,57	19	4,9	0,36	19	0
16-oct	11:50:00	23,6	0,68	21	6,8	0,36	20	0
16-oct	12:00:00	24,7	0,68	28	12,8	0,44	23	0
16-oct	12:10:00	22,7	0,6	30	7,6	0,34	27	0
16-oct	12:20:00	21,4	0,6	24	3,8	0,31	24	0
16-oct	12:30:00	17,5	0,55	18	3,4	0,28	21	0
16-oct	12:40:00	20,7	0,55	19	3,9	0,23	20	0
16-oct	12:50:00	22,7	0,55	20	5	0,31	20	0
16-oct	13:00:00	25,6	0,65	24	9,2	0,39	22	0
16-oct	13:10:00	10,6	0,34	16	2,1	0,23	19	0
16-oct	13:20:00	19,6	0,52	28	3,9	0,28	22	0
16-oct	13:30:00	21,1	0,47	27	4,3	0,26	24	0
16-oct	13:40:00	24,6	0,68	26	7,6	0,34	27	0
16-oct	13:50:00	22,8	0,65	30	6,9	0,26	27	0
16-oct	14:00:00	23,4	0,65	23	6,3	0,28	24	0

16-oct	14:10:00	23,5	0,63	32	6,1	0,28	28	0
16-oct	14:20:00	17,5	0,52	29	3,8	0,23	28	0
16-oct	14:30:00	24,3	0,65	32	3,5	0,28	32	0
16-oct	14:40:00	24,2	0,63	32	3,5	0,28	36	0
16-oct	14:50:00	24,3	0,68	32	3,9	0,28	32	0
16-oct	15:00:00	23,8	0,6	31	2,8	0,2	38	0
16-oct	15:10:00	23,5	0,6	32	2,5	0,23	40	0
16-oct	15:20:00	23,5	0,63	33	2,3	0,12	39	0
16-oct	15:30:00	23,4	0,63	27	2,7	0,26	25	0
16-oct	15:40:00	10,6	0,36	19	2,1	0,2	22	0
16-oct	15:50:00	13,9	0,41	18	2,8	0,23	20	0
16-oct	16:00:00	12,1	0,36	17	2,2	0,23	19	0
17-oct	9:10:00	23,7	0,63	34	5,5	0,31	29	0
17-oct	9:20:00	23,2	0,63	24	4,7	0,31	26	0
17-oct	9:30:00	23	0,63	26	4,8	0,31	25	0
17-oct	9:40:00	23,9	0,65	29	6,3	0,31	26	0
17-oct	9:50:00	23,1	0,6	37	6,9	0,26	29	0
17-oct	10:00:00	23,6	0,65	50	10,7	0,39	34	0
17-oct	10:10:00	23,3	0,63	56	10,9	0,44	41	0
17-oct	10:20:00	23	0,63	54	8	0,36	42	0
17-oct	10:30:00	22,4	0,57	29	5,6	0,36	35	0
17-oct	10:40:00	21,6	0,55	39	6,2	0,36	40	0
17-oct	10:50:00	23,9	0,57	48	13,5	0,49	50	0
17-oct	11:00:00	17,8	0,49	28	3,8	0,28	35	0
17-oct	11:10:00	21,3	0,6	23	5,1	0,26	28	0
17-oct	11:20:00	20,8	0,55	22	5	0,31	25	0
17-oct	11:30:00	22,3	0,63	22	5,8	0,34	24	0
17-oct	11:40:00	22,6	0,6	24	6,1	0,26	24	0
18-oct	6:50:00	9,7	0,31	11	1,6	0,26	10	0
18-oct	7:00:00	12,9	0,39	12	1,6	0,26	11	0
18-oct	7:10:00	14,1	0,41	14	1,5	0,2	12	0
18-oct	7:20:00	17,6	0,49	15	1,6	0,23	13	0
18-oct	7:30:00	22,9	0,52	19	1,9	0,26	15	0
18-oct	7:40:00	23,9	0,57	25	2,4	0,23	18	0
18-oct	7:50:00	23,7	0,6	32	3,1	0,26	23	0
18-oct	8:00:00	23,9	0,6	32	2,9	0,26	26	0
18-oct	8:10:00	23,9	0,6	35	2,7	0,26	28	0
18-oct	8:20:00	23,7	0,55	36	2,7	0,26	30	0
18-oct	8:30:00	23,8	0,63	37	2,7	0,23	29	0
18-oct	8:40:00	23,7	0,63	40	3,1	0,2	36	0
18-oct	8:50:00	23,6	0,65	41	3,3	0,2	36	0
18-oct	9:00:00	23,7	0,6	40	3,6	0,28	32	0
18-oct	9:10:00	23,6	0,57	45	4,2	0,26	32	0
18-oct	9:20:00	23,7	0,57	41	4,4	0,26	33	0
18-oct	9:30:00	23,5	0,63	44	5,2	0,31	33	0
18-oct	9:40:00	23,5	0,63	44	5,9	0,28	36	0

18-oct	9:50:00	23,5	0,6	45	5,9	0,36	36	0
18-oct	10:00:00	23,3	0,55	49	7,8	0,34	36	0
18-oct	10:10:00	23,4	0,6	51	10,6	0,36	39	0
18-oct	10:20:00	22,9	0,6	58	10,1	0,41	41	0
18-oct	10:30:00	21,7	0,57	32	6,3	0,31	36	0
18-oct	10:40:00	21	0,6	29	5,3	0,31	33	0
18-oct	10:50:00	22,1	0,57	24	5,8	0,36	28	0
18-oct	11:00:00	23,4	0,6	25	8,3	0,39	26	0
18-oct	11:10:00	21,4	0,55	36	6,1	0,28	36	0
18-oct	11:20:00	21,6	0,49	25	4,9	0,31	28	0
18-oct	11:30:00	18,8	0,55	26	3,4	0,15	27	0
18-oct	11:40:00	16,3	0,47	20	2,5	0,26	22	0
18-oct	11:50:00	19,1	0,55	20	3,5	0,26	21	0
18-oct	12:00:00	21,5	0,55	23	4,6	0,28	22	0
18-oct	12:10:00	20,2	0,57	23	3,8	0,26	22	0
18-oct	12:20:00	24,4	0,63	40	17,6	0,52	31	0
18-oct	12:30:00	20,9	0,6	52	6,7	0,36	44	0
18-oct	12:40:00	16	0,39	25	3	0,26	31	0
18-oct	12:50:00	21,8	0,52	25	4,7	0,34	27	0
18-oct	13:00:00	11,5	0,34	19	2	0,18	23	0
19-oct	6:50:00	17,7	0,49	13	2,7	0,31	11	0
19-oct	7:00:00	23	0,57	25	3,8	0,34	18	0
19-oct	7:10:00	23	0,57	25	3,1	0,23	22	0
19-oct	7:20:00	23,8	0,57	22	1,7	0,26	21	0
19-oct	7:30:00	23,5	0,57	28	1,6	0,26	24	0
19-oct	7:40:00	14,8	0,47	24	1,1	0,23	25	0
19-oct	7:50:00	22,8	0,57	30	1,9	0,23	26	0
19-oct	8:00:00	24,3	0,6	21	2,9	0,26	22	0
19-oct	8:10:00	24,2	0,63	30	4	0,28	24	0
19-oct	8:20:00	19,9	0,52	28	3,1	0,26	27	0
19-oct	8:30:00	18,5	0,55	23	2,5	0,2	26	0
19-oct	8:40:00	24,1	0,63	34	7,7	0,28	25	0
19-oct	8:50:00	23,6	0,57	38	5,9	0,31	30	0
19-oct	9:00:00	23,5	0,65	41	5,1	0,28	32	0
19-oct	9:10:00	21,3	0,55	43	5,1	0,31	33	0
19-oct	9:20:00	21,6	0,6	52	7	0,36	34	0
19-oct	9:30:00	21,1	0,63	27	4,8	0,31	31	0
19-oct	9:40:00	21,3	0,57	40	6,5	0,31	32	0
19-oct	9:50:00	22,4	0,49	22	5,7	0,28	27	0
19-oct	10:00:00	24,8	0,57	20	7,9	0,39	23	0
19-oct	10:10:00	21,1	0,55	35	5,7	0,36	29	0
19-oct	10:20:00	23	0,57	24	7,2	0,34	26	0
19-oct	10:30:00	22,4	0,6	35	8	0,41	29	0
19-oct	10:40:00	22,5	0,6	22	6,6	0,31	25	0
19-oct	10:50:00	21,7	0,55	21	5,1	0,28	23	0
19-oct	11:00:00	24,7	0,6	27	13,2	0,49	25	0

19-oct	11:10:00	19,4	0,55	20	4	0,26	23	0
19-oct	11:20:00	12	0,36	15	2,7	0,23	19	0
19-oct	11:30:00	7,4	0,28	15	1,9	0,23	17	0
19-oct	11:40:00	6,9	0,26	15	1,8	0,26	16	0
19-oct	11:50:00	7,4	0,2	15	1,6	0,23	15	0
19-oct	12:00:00	8,3	0,31	16	1,9	0,23	15	0
19-oct	12:10:00	20,2	0,55	18	4,2	0,28	16	0
19-oct	12:20:00	20,9	0,63	19	4,9	0,31	19	0
19-oct	12:30:00	16,5	0,47	18	3,3	0,31	19	0
19-oct	12:40:00	8,5	0,28	18	2,1	0,26	18	0
19-oct	12:50:00	13,8	0,47	18	2,8	0,28	18	0
19-oct	13:00:00	21,6	0,57	20	4,7	0,31	19	0
19-oct	13:10:00	22,8	0,57	25	6,8	0,34	21	0
19-oct	13:20:00	22,7	0,47	24	7,1	0,31	24	0
19-oct	13:30:00	22,8	0,6	24	5,5	0,31	24	0
19-oct	13:40:00	23,3	0,63	30	6,2	0,34	28	0
19-oct	13:50:00	23,7	0,68	40	7,2	0,34	31	0
19-oct	14:00:00	23,6	0,65	38	8,1	0,36	32	0
19-oct	14:10:00	22,3	0,63	28	4,7	0,28	31	0
19-oct	14:20:00	20,5	0,57	27	4,2	0,28	29	0
19-oct	14:30:00	21,4	0,55	20	4,1	0,26	25	0
19-oct	14:40:00	23,9	0,57	30	5,7	0,31	28	0
19-oct	14:50:00	23,9	0,55	34	6	0,34	30	0
19-oct	15:00:00	19,7	0,57	25	3,2	0,23	30	0
19-oct	15:10:00	12,3	0,36	19	1,9	0,26	25	0
19-oct	15:20:00	23,3	0,6	33	1,9	0,23	35	0
19-oct	15:30:00	23	0,68	32	1,3	0,2	25	0
19-oct	15:40:00	15,6	0,49	23	2,3	0,26	21	0
19-oct	15:50:00	9,4	0,34	17	1,8	0,26	19	0
19-oct	16:00:00	12,6	0,41	17	2,3	0,2	18	0
19-oct	16:10:00	12,9	0,44	17	2,3	0,2	18	0
19-oct	16:20:00	20,9	0,52	19	5	0,28	18	0
19-oct	16:30:00	11,8	0,36	19	2,2	0,23	19	0
20-oct	8:50:00	23,1	0,55	30	7,2	0,34	25	0
20-oct	9:00:00	23	0,6	33	7,3	0,36	27	0
20-oct	9:10:00	23,5	0,6	38	7,8	0,36	28	0
20-oct	9:20:00	22	0,57	26	6,1	0,34	27	0
20-oct	9:30:00	23,2	0,63	28	8,9	0,39	27	0
20-oct	9:40:00	23,1	0,55	30	9,3	0,41	28	0
20-oct	9:50:00	22,6	0,6	29	7,2	0,28	27	0
20-oct	10:00:00	17	0,47	20	2,9	0,31	23	0
20-oct	10:10:00	14,1	0,39	19	2,6	0,23	21	0
20-oct	12:50:00	22,8	0,63	35	8,6	0,36	29	0
20-oct	13:00:00	23,6	0,57	28	7,6	0,34	28	0
20-oct	13:10:00	23	0,6	45	8,6	0,34	36	0
20-oct	13:20:00	22,3	0,6	43	8,5	0,36	38	0

20-oct	13:30:00	21,9	0,57	31	6,7	0,31	33	0
20-oct	13:40:00	22	0,65	28	7,4	0,34	29	0
20-oct	13:50:00	22,5	0,57	27	8,1	0,36	27	0
20-oct	14:00:00	22,8	0,47	34	8,6	0,34	29	0
20-oct	14:10:00	22,8	0,63	32	7,5	0,34	30	0
20-oct	14:20:00	23	0,6	38	6,8	0,28	32	0
20-oct	14:30:00	15,5	0,52	23	2,9	0,26	28	0
20-oct	14:40:00	22,7	0,63	29	4,1	0,26	27	0
20-oct	14:50:00	18,3	0,52	25	4,1	0,26	27	0
20-oct	15:00:00	18,6	0,52	23	4,4	0,23	25	0
20-oct	15:10:00	15,8	0,47	20	3,3	0,28	23	0
20-oct	15:20:00	14	0,47	18	2,8	0,18	20	0
20-oct	15:30:00	12,4	0,44	18	2,6	0,26	19	0
20-oct	15:40:00	7	0,31	17	1,8	0,2	18	0
21-oct	7:00:00	12	0,31	10	1,7	0,28	9	0
21-oct	7:10:00	18,1	0,55	13	2,5	0,26	11	0
21-oct	7:20:00	20,2	0,49	16	3,1	0,26	14	0
21-oct	7:30:00	22,4	0,55	20	3,7	0,28	16	0
21-oct	7:40:00	23,1	0,57	24	4,1	0,28	19	0
21-oct	7:50:00	23,3	0,57	25	4,3	0,23	21	0
21-oct	8:00:00	23,5	0,55	33	4,6	0,31	24	0
21-oct	8:10:00	23,1	0,6	36	4,4	0,31	28	0
21-oct	8:20:00	20,5	0,6	34	3,5	0,26	29	0
21-oct	8:30:00	20,5	0,55	21	3,5	0,31	25	0
21-oct	8:40:00	21,8	0,57	20	4,6	0,26	22	0
21-oct	8:50:00	23,9	0,57	37	8,1	0,39	25	0
21-oct	9:00:00	23,6	0,6	43	6,9	0,34	32	0
21-oct	9:10:00	23,7	0,63	41	8,1	0,36	36	0
21-oct	9:20:00	24,1	0,57	34	7,4	0,34	33	0
21-oct	9:30:00	23,8	0,6	40	6,8	0,28	32	0
21-oct	9:40:00	23,8	0,6	38	7,9	0,36	33	0
21-oct	9:50:00	21,9	0,63	29	5,1	0,34	29	0
21-oct	10:00:00	21,2	0,55	27	4,5	0,26	27	0
21-oct	10:10:00	20,6	0,57	25	4,2	0,28	26	0
21-oct	10:20:00	11,9	0,44	21	2	0,23	24	0
21-oct	10:30:00	10,9	0,36	20	2,3	0,26	21	0
21-oct	10:40:00	21,1	0,57	21	5,4	0,28	22	0
21-oct	10:50:00	21,7	0,55	20	5,1	0,34	21	0
21-oct	11:00:00	21,3	0,55	22	5,3	0,31	22	0
21-oct	11:10:00	20	0,55	21	4	0,28	22	0
21-oct	11:20:00	7,1	0,28	16	1,6	0,2	19	0
21-oct	11:30:00	12,2	0,44	17	2,4	0,2	17	0
21-oct	11:40:00	18,8	0,55	19	3,5	0,26	18	0
21-oct	12:00:00	23,3	0,57	44	14	0,41	35	0
21-oct	12:10:00	22,9	0,68	37	10,7	0,36	34	0
21-oct	12:20:00	22,6	0,57	29	7,2	0,39	29	0

21-oct	12:30:00	22,6	0,6	27	6,7	0,34	28	0
21-oct	12:40:00	23,1	0,6	30	8,9	0,36	28	0
21-oct	12:50:00	21,9	0,52	29	6,1	0,31	29	0
21-oct	13:00:00	17,9	0,47	24	3,8	0,28	25	0
21-oct	13:10:00	20,9	0,6	22	5,1	0,28	23	0
21-oct	13:20:00	24,3	0,57	24	8,5	0,39	24	0
21-oct	13:30:00	23,3	0,55	45	8,1	0,31	36	0
21-oct	13:40:00	23	0,63	51	9,7	0,41	40	0
21-oct	13:50:00	22,2	0,57	44	6,1	0,36	38	0
21-oct	14:00:00	11,7	0,41	30	2,5	0,26	34	0
21-oct	14:10:00	7,4	0,31	20	1,9	0,23	26	0
22-oct	6:50:00	12,7	0,44	9	1,2	0,23	8	0
22-oct	7:00:00	23	0,57	19	1,8	0,26	13	0
22-oct	7:10:00	15,1	0,49	16	1,2	0,23	13	0
22-oct	7:20:00	23,3	0,57	23	1,8	0,23	16	0
22-oct	7:30:00	23,2	0,63	28	2	0,28	19	0
22-oct	7:40:00	23,1	0,57	31	2,6	0,31	22	0
22-oct	7:50:00	23,2	0,63	33	3,6	0,23	25	0
22-oct	8:00:00	23,1	0,57	36	5,5	0,28	27	0
22-oct	8:10:00	23,3	0,63	37	5,6	0,34	29	0
22-oct	8:20:00	23	0,57	36	4,3	0,28	30	0
22-oct	8:30:00	19,3	0,52	34	4	0,2	33	0
22-oct	8:40:00	23,4	0,6	41	8	0,36	31	0
22-oct	8:50:00	22,4	0,6	31	7,3	0,34	31	0
22-oct	9:00:00	22,5	0,6	27	7,3	0,34	28	0
22-oct	9:10:00	22,4	0,55	26	6,9	0,34	26	0
22-oct	9:20:00	22,3	0,6	29	6,8	0,34	26	0
22-oct	9:30:00	23	0,6	30	8,7	0,36	27	0
22-oct	9:40:00	22,3	0,57	30	7,2	0,39	28	0
22-oct	9:50:00	22,8	0,6	29	7,6	0,34	27	0
22-oct	10:00:00	22,1	0,57	30	6,2	0,28	28	0
26-oct	9:40:00	23,5	0,65	33	7,5	0,34	30	21968
26-oct	9:50:00	24,4	0,68	39	8,8	0,34	38	-1
26-oct	10:00:00	23	0,68	34	8,4	0,39	34	-29127
26-oct	10:10:00	23,2	0,65	34	8,7	0,36	39	-31062
26-oct	10:20:00	22,4	0,7	34	6,9	0,34	35	-23819
26-oct	10:30:00	13,7	0,44	26	2,9	0,23	28	14607
26-oct	10:40:00	16,3	0,52	21	3,6	0,31	24	19839
26-oct	10:50:00	24,7	0,7	30	10,2	0,44	27	-1
26-oct	11:00:00	22,3	0,6	27	5,9	0,31	27	-25400
26-oct	11:10:00	22,2	0,63	27	5,5	0,31	27	-31220
26-oct	11:20:00	19,1	0,63	24	4,3	0,31	25	24189
26-oct	11:30:00	24,7	0,73	25	8,3	0,34	25	-1
26-oct	11:40:00	24	0,76	45	10,2	0,36	32	-1
26-oct	11:50:00	18,5	0,6	35	4,4	0,26	32	24881
26-oct	12:00:00	22,1	0,68	26	5,4	0,26	28	-29663

26-oct	12:10:00	17,4	0,57	25	3,4	0,26	27	21125
28-oct	10:40:00	20,8	0,6	27	3,8	0,28	24	0
28-oct	10:50:00	7,4	0,36	21	1,7	0,2	21	0
31-oct	6:20:00	21,1	0,18	0	0,4	0,18	0	0
31-oct	6:30:00	2,7	0,2	0	0,4	0,2	0	0
2-nov	9:30:00	22,7	0,68	19	0	0,23	20	0
2-nov	9:40:00	16,4	0,52	18	3,5	0,34	19	0
2-nov	9:50:00	19,8	0,57	18	3,5	0,28	19	0
2-nov	10:00:00	13	0,44	17	2,2	0,23	18	0
2-nov	10:10:00	22,8	0,68	19	6,2	0,31	19	0
2-nov	10:20:00	18,3	0,6	20	3,5	0,31	21	0
2-nov	10:30:00	10,2	0,39	18	1,5	0,23	20	0
2-nov	10:40:00	21,3	0,6	16	4,2	0,26	20	0
2-nov	10:50:00	20	0,6	17	3,7	0,28	20	0
2-nov	11:00:00	18,7	0,55	17	3,2	0,31	21	0
2-nov	11:10:00	16,5	0,49	17	2,9	0,23	20	0
2-nov	11:20:00	13,4	0,44	16	2,3	0,26	19	0
2-nov	11:30:00	19,9	0,63	17	3,4	0,31	19	0
2-nov	11:40:00	18,5	0,52	17	2,7	0,26	20	0
2-nov	11:50:00	13	0,41	17	2,1	0,2	19	0
2-nov	12:00:00	20,2	0,6	16	3,6	0,26	19	0
2-nov	12:10:00	19,1	0,52	18	3,4	0,26	20	0
2-nov	12:20:00	19,5	0,57	17	3,4	0,26	21	0
2-nov	12:30:00	18,7	0,6	17	3,3	0,31	21	0
2-nov	12:40:00	17,1	0,52	18	3	0,2	21	0
2-nov	12:50:00	14	0,44	17	2,5	0,26	21	0
2-nov	13:00:00	22,6	0,63	19	4,6	0,34	21	0
2-nov	13:10:00	19,8	0,6	19	3,6	0,28	22	0
2-nov	13:20:00	22,4	0,63	19	4,6	0,31	22	0
2-nov	13:30:00	21,4	0,65	20	4,2	0,34	22	0
2-nov	13:40:00	20,3	0,63	20	3,6	0,28	22	0
2-nov	13:50:00	21,4	0,65	22	4,1	0,31	22	0
2-nov	14:00:00	21,2	0,6	22	4,1	0,28	23	0
2-nov	14:10:00	17,6	0,55	20	3	0,31	23	0
2-nov	14:20:00	22,7	0,65	22	4,6	0,26	22	0
2-nov	14:30:00	22,2	0,63	23	4,6	0,28	24	0
2-nov	14:40:00	15,8	0,55	19	2,7	0,28	23	0
2-nov	14:50:00	14	0,44	17	2,5	0,2	21	0
2-nov	15:00:00	9,6	0,39	16	1,9	0,2	20	0
2-nov	15:10:00	10,4	0,41	16	2	0,26	19	0

ANEXO 3. Código Fuente Arduino Comentado

Código Fuente Arduino Comentado <pre> /* SD card datalogger This example shows how to log data from three analog sensors to an SD card using the SD library. The circuit: analog sensors on analog ins 0, 1, and 2 SD card attached to SPI bus as follows: ** MOSI - pin 11 ** MISO - pin 12 ** CLK - pin 13 ** CS - pin 4 (for MKRZero SD: SDCARD_SS_PIN) created 24 Nov 2010 modified 9 Apr 2012 by Tom Igoe This example code is in the public domain. */ #include <EEPROM.h> //libreria memoria interna #include <Wire.h> //libreria para manejo protocolo IIC #include <Adafruit_GFX.h> //libreria manejo del display #include <Adafruit_SSD1306.h> //libreria de graficos #include <SPI.h> //libreria de manejo de datos para la tarjeta SD #include <SD.h> //Libreria para manejo de tarjeta SD #include <DS3231.h> //libreria de manejo de datos del reloj </pre>	<pre> File dataFile = SD.open("datalog.CSV", FILE_WRITE); // if the file is available, write to it: if (dataFile) { dataFile.println(dataString); dataFile.close(); // print to the serial port too: } // if the file isn't open, pop up an error: else { Serial.println("error opening datalog.txt"); } Serial.println(dataString); } //----- //--- refresco ----- //----- void visualiza_datos (){ String dataString = ""; dataString += String(year); dataString += "/"; dataString += String(mes); dataString += "/"; dataString += String(dia); dataString += ","; dataString += String(horas); dataString += ":"; dataString += String(minutos); dataString += ":"; dataString += String(segundos); dataString += ","; </pre>
--	---

<pre> #include <Digital_Light_TSL2561.h> // libreria de manejo sensor de luz #include "DHT.h" //Libreria para manejo sensor de temperatura #define HT1 2 // Manejo de datos para sensor de temeperatura 1 #define HT2 3 // Manejo de datos para sensor de temeperatura 2 // TIPO DE SENSOR A UTILIZAR #define DHTTYPE DHT11 // DHT 11 DHT dht1 (HT1, DHTTYPE); //Indica el pin con el que trabajamos y el tipo de sensor 1 DHT dht2 (HT2, DHTTYPE); //Indica el pin con el que trabajamos y el tipo de sensor 2 RTCLib myRTC; #define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display ancho #define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display alto #define SCREEN_ADDRESS 0x3C ///< See datasheet for Address; 0x3D for 128x64, 0x3C for 128x32 Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire); const int chipSelect = 53; // cracion de variables globales float V_PANEL1=0; float C_PANEL1=0; int T_PANEL1=0; float V_PANEL2=0; float C_PANEL2=0; int T_PANEL2=0; int LUX=0; </pre>	<pre> dataString += String(V_PANEL1/10,1); dataString += ","; dataString += String(C_PANEL1,2); dataString += ","; dataString += String(T_PANEL1); dataString += ","; dataString += String(V_PANEL2/10,1); dataString += ","; dataString += String(C_PANEL2,2); dataString += ","; dataString += String(T_PANEL2); dataString += ","; dataString += String(LUX); Serial.println(dataString); } //----- //--- refresco ----- //----- void refresco(){ display.clearDisplay(); display.setTextSize(1); // Normal 1:1 pixel scale display.setTextColor(SSD1306_WHI TE); // Draw white text display.setCursor(10,0); display.print("PANEL 1 "); display.setCursor(60,0); display.print("PANEL 2 "); display.setTextSize(1); // Normal 1:1 pixel scale </pre>
---	--

<pre> int dia=0; int mes=0; int year=0; int horas=0; int minutos=0; int segundos=0; float Sensibilidad=0.185; //valor de sensibilidad del conversor de corriente //----- //--- lectura sensores ----- //----- void lectura_analogica(){ Serial.println("analogo0"); T_PANEL1 = dht1.readTemperature(); //Guarda la lectura de la temperatura en la variable float temperatura 1 T_PANEL2 = dht2.readTemperature(); //Guarda la lectura de la temperatura en la variable float temperatura 2 Serial.println("analogo1"); // LUX=TSL2561.readVisibleLux(); Serial.println("analogo2"); V_PANEL1=map(analogRead(A0),0,10 23,0,295); float voltajeSensor= analogRead(A1)*(5.0 / 1023.0); //lectura del sensor C_PANEL1=(voltajeSensor- 2.46)/Sensibilidad; //Ecuación para obtener la corriente V_PANEL2=map(analogRead(A2),0,10 23,0,295); </pre>	<pre> display.setCursor(100,20); display.print("VDC"); display.setCursor(100,30); display.print("A"); display.setCursor(100,40); display.print("C"); display.setCursor(100,50); display.print("LUX"); display.setCursor(10,20); display.print((V_PANEL1/10),1); display.setCursor(10,30); display.print(C_PANEL1,1); display.setCursor(10,40); display.print(T_PANEL1); display.setCursor(60,20); display.print((V_PANEL2/10),1); display.setCursor(60,30); display.print(C_PANEL2,1); display.setCursor(60,40); display.print(T_PANEL2); display.setCursor(40,50); display.print(LUX); display.display(); } //----- //--- SETUP ----- //----- void setup() { // Open serial communications and wait for port to open: Wire.begin(); Serial.begin(9600); while (!Serial) { ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only } } </pre>
--	---

<pre> voltajeSensor= analogRead(A3)*(5.0 / 1023.0); //lectura del sensor C_PANEL2=(voltajeSensor- 2.46)/Sensibilidad; //Ecuación para obtener la corriente Serial.println("analogo3"); } //----- //--- lectura reloj ----- //----- void lectura_reloj(){ DateTime now = myRTC.now(); //lectura de datos del RTC year=now.year(); //guarda valor de año mes=now.month(); //Guarda valor de mes dia=now.day(); //Guarda valor de día horas=now.hour(); //Guarda valor de horas minutos=now.minute(); //Guarda valor de minutos segundos=now.second(); //Guarda valor de segundos } //----- //--- guarda informacion en la SD ----- //----- void guarda_SD(){ String dataString = ""; dataString += String(year); dataString += "/"; dataString += String(mes); dataString += "/"; </pre>	<pre> TSL2561.init(); //inicializa el sensor de LUX // SSD1306_SWITCHCAPVCC = generate display voltage from 3.3V internally if(!display.begin(SSD1306_SWITCH CAPVCC, SCREEN_ADDRESS)) { Serial.println(F("SSD1306 allocation failed")); for(;;); // Don't proceed, loop forever } dht1.begin(); //Iniciamos el sensor dht2.begin(); refresco(); Serial.print("Initializing SD card..."); // see if the card is present and can be initialized: if (!SD.begin(chipSelect)) { Serial.println("Card failed, or not present"); // don't do anything more: while (1); } Serial.println("card initialized."); File dataFile = SD.open("datalog.CSV", FILE_WRITE); String dataString = "FECHA AA/MM/DD,HH:MM:SS,VOLTAJE P1,CORRIENTE P1,TEMPERATURA P1,VOLTAJE P2,CORRIENTE P2, TEMPERATURA P2,LUX"; dataFile.println(dataString); dataFile.close(); </pre>
--	---

<pre> dataString += String(dia); dataString += ","; dataString += String(horas); dataString += ":"; dataString += String(minutos); dataString += ":"; dataString += String(segundos); dataString += ","; dataString += String(V_PANEL1/10,1); dataString += ","; dataString += String(C_PANEL1,2); dataString += ","; dataString += String(T_PANEL1); dataString += ","; dataString += String(V_PANEL2/10,1); dataString += ","; dataString += String(C_PANEL2,2); dataString += ","; dataString += String(T_PANEL2); dataString += ","; dataString += String(LUX); </pre>	<pre> delay(1000); Serial.println(dataString); } void reloj_minutos(){ } //----- //--- ciclo ----- //----- void loop() { lectura_analog(); //lectura de datos de sensores visualiza_datos(); refresco(); //imprime informacion en LCD lectura_reloj(); //lectura de reloj delay(900); //temporizador de 1 segundo if (segundos==0 && (minutos==0 minutos==10 minutos==20 minutos==30 minutos==40 minutos==50)) { guarda_SD(); //guarda la informacion en la SD } } </pre>
--	--

ANEXO 4. Fichas técnicas de componentes utilizados

1. Paneles plegables de 100W.

CARACTERISTICAS TECNICAS PANELES SOLARES	
Marca	TOP SOLAR Solarfairy 100
Mode	TOPSFY – 100
Peak Power	100W
Open Circuit Voltage	25.9V
DC-19V output (Max)	19V/4.5 A
DC-14 V output (Max)	14.4 V/4 A
USB-A output	5V/3 A,9V/2.5 A,12V/2 A (Support QC3.0)
USB-C output	5V/3A, 9V/2.5A, 12V/2A (support QC3.0/PD3.0)
Dimensions (unfolded)	1320x570x19 mm (51.97x22.44x0.75 in)
Dimensions (folded)	285x200x70 mm (11.22x7.87x2.76 in)
Weight	2.4 kg (5.29lb)

2. Un (1) Arduino Mega 2560

CARACTERISTICAS MICROCONTROLADOR ARDUINO MEGA 2560	
Microcontrolador	Atmega 2560
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada recomendado	7 – 12 V
Voltaje de entrada mínimo y máximo	6 – 20 V
Pines de Entrada Salida Digital	54
Pines de entrada analógica	16
Corriente CC por pin E/S	20 mA
Corriente CC pin de 3.5 V	50 mA
Memoria flash	256 KB
SRAM	8KB
EEPROM	4 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz
Longitud	101.52 mm
Ancho	53.3 mm
Peso	37 g

3. Sensores de corriente ACS 712

https://moviltronics.com/tienda/sensor-ac712-20a/

Configuración (6) WhatsApp paratec.xm.com.co/... Publicación de la CIP Lens Patent Search... Lens Scholarly

Moviltronics INICIO PRODUCTOS POR CATEGORÍA BATERÍAS ELECTRÓNICA SISTEMAS SOLARES

Características

- señal analógica de bajo ruido
- El ancho de banda del dispositivo se establece a través del nuevo pin FILTER
- Tiempo de subida de salida de 5 μ s en respuesta a la corriente de entrada escalonada
- Ancho de banda de 80 kHz
- Error de salida total 1,5% en TA = 25 ° C
- Resistencia del conductor interno de 1,2 m Ω
- 2,1 kVRMS de voltaje mínimo de aislamiento de los pines del chip
- Sensibilidad de salida: 100 mV / A
- Voltaje de salida proporcional a las corrientes AC o DC
- Voltaje de compensación de salida extremadamente estable
- Histéresis magnética: casi nula
- Salida radiométrica de la tensión de alimentación
- Sensor lineal de efecto hall de bajo offset.
- Salida: variación Proporcional de 0V a 5V
- Capacidad de sobrevivir a picos de corriente de hasta 5 veces la corriente nominal de operación.
- Las terminales del elemento conductor se encuentran aisladas eléctricamente (Hasta 2.1KV).
- Voltaje de operación: 4.5V ~ 5.5V
- Dimensiones PCB: 31 (mm) x14 (mm)
- Ancho de banda 80 kHz

[Sensor de Corriente ACS712 20A - Moviltronics](https://moviltronics.com/tienda/sensor-ac712-20a/)

Fuente: <https://moviltronics.com/tienda/sensor-ac712-20a/>

4. Sensores de Voltaje FZ 0430

SENSOR DE VOLTAJE FZ0430 CON ARDUINO
Publicado por Victor Arrieta en 25 de enero, 2019



El módulo sensor de voltaje FZ0430 es un módulo bastante simple, el cual consiste en un divisor de tensión conformado por dos resistores uno de 75K y uno de 30K, con el cual podremos ser capaces de reducir el voltaje medido en una razón de 0.2 y por lo tanto seremos capaces de medir una tensión máxima de 25 V con procesador de 5V y 16.5 V con un procesador de 3.3V.

Debido a su forma de funcionamiento, con este módulo sólo podemos medir tensión DC, para medir AC tendríamos que primero rectificar la tensión. El módulo cuenta con 2 bornes donde se debe conectar la tensión a medir, los cuales tienen polaridad, así mismo cuenta con 3 pines, los cuales son:

- + = Referencia positiva de 3.3 a 5V
- = Referencia negativa
- S = Señal

A continuación mostramos un ejemplo donde utilizamos el sensor de voltaje para medir la tensión en una carga y la desplegamos en el monitor serial del Arduino.

[Sensor de Voltaje FZ0430 con Arduino – Arca Electrónica \(arcaelectronica.com\).](https://www.electrocomponentes.es/otros-sensores/833-sensor-voltaje-fz0430-25v-dc-5v-modulo-detector-tension-pcb.html)

Fuente: <https://www.electrocomponentes.es/otros-sensores/833-sensor-voltaje-fz0430-25v-dc-5v-modulo-detector-tension-pcb.html>

5. Sensores de temperatura DTH 11

Características técnicas del DHT11

Como siempre recomiendo, es aconsejable dirigirse a la hoja de características técnicas para ver cómo funciona el sensor DHT11. Puedes ver toda la información en [esta hoja](#), o en esta [otra hoja de características técnicas](#).

En las dos encontrarás prácticamente la misma información. A continuación te hago un resumen de lo más importante.

MODELO	DHT11
Alimentación	de 3,5 V a 5 V
Consumo	2,5 mA
Señal de salida	Digital
Temperatura	
Rango	de 0°C a 50°C
Precisión	a 25°C $\pm 2^\circ\text{C}$
Resolución	1°C (8-bit)
Humedad	
Rango	de 20% RH a 90% RH
Precisión	entre 0°C y 50°C $\pm 5\%$ RH
Resolución	1% RH

Fuente: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-dht11-temperatura-humedad-arduino>

6. Un (1) pantalla de visualización de datos

La pantalla SSD1306 es un OLED controlado por el controlador de microchip SSD1306, que actúa como un puente entre la matriz de pantalla y el microcontrolador. Debido a la luz natural de los LED orgánicos en la matriz, las pantallas SSD1306 son brillantes y tienen un amplio ángulo de visión. Estas pequeñas pantallas son similares a las monocrómicas utilizadas en los viejos teléfonos celulares. A pesar del tamaño, estas pantallas son muy funcionales y capaces de mostrar imágenes complejas. La accesibilidad de este modelo lo convierte en el más popular en el mundo Arduino y la electrónica de hobby.

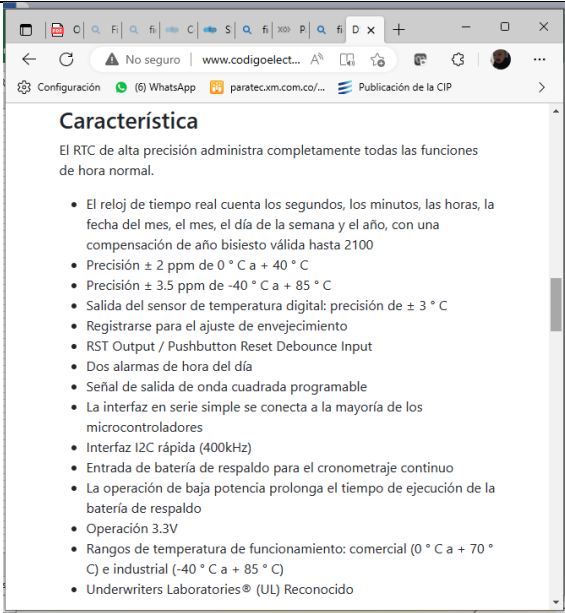
Las pantallas de conexión de las placas pertenecen a la familia SSD1306 y pueden tener los siguientes parámetros:

- Resolución de pantalla:
 - 0,91" (128x32 píxeles);
 - 0,96" (128x64 píxeles);
- Colores de visualización (modo de color):
 - Monocromo, blanco y negro;
 - Dos colores. Los OLED pueden tener diferentes colores, por ejemplo, una parte de la pantalla es blanco / negro y la otra es negro / amarillo;
- Interfaces:
 - Interfaz SPI (software de hardware);
 - Interfaz I²C;



Fuente: <https://xod.io/docs/guide/ssd1306-display/>

7. RTC D3231 (Reloj Tiempo Real)

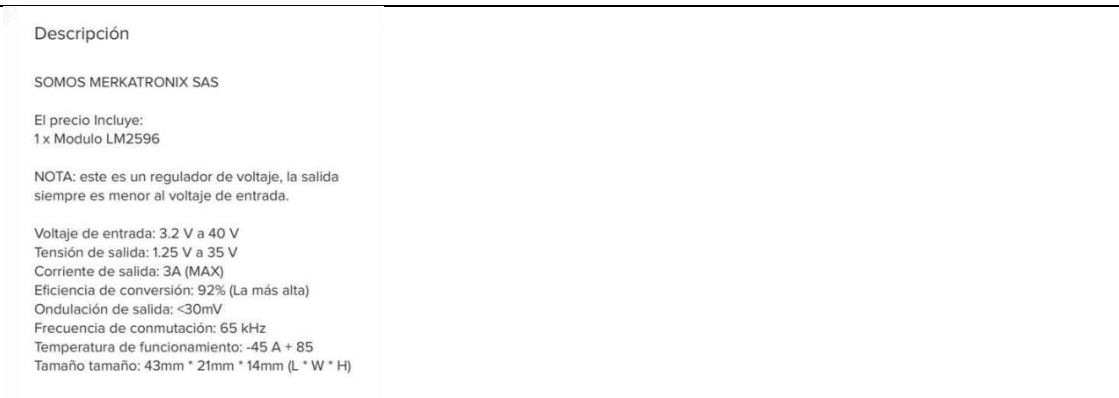


The screenshot shows a web browser displaying the DS3231 datasheet from the website www.codigoelect.... The page title is "Característica" (Characteristics). The text describes the RTC as a high-precision real-time clock that manages all normal time functions. It lists various features and specifications:

- El reloj de tiempo real cuenta los segundos, los minutos, las horas, la fecha del mes, el mes, el día de la semana y el año, con una compensación de año bisiesto válida hasta 2100
- Precisión ± 2 ppm de 0°C a $+40^{\circ}\text{C}$
- Precisión ± 3.5 ppm de -40°C a $+85^{\circ}\text{C}$
- Salida del sensor de temperatura digital: precisión de $\pm 3^{\circ}\text{C}$
- Registrarse para el ajuste de envejecimiento
- RST Output / Pushbutton Reset Debounce Input
- Dos alarmas de hora del día
- Señal de salida de onda cuadrada programable
- La interfaz en serie simple se conecta a la mayoría de los microcontroladores
- Interfaz I2C rápida (400kHz)
- Entrada de batería de respaldo para el cronometraje continuo
- La operación de baja potencia prolonga el tiempo de ejecución de la batería de respaldo
- Operación 3.3V
- Rangos de temperatura de funcionamiento: comercial (0°C a $+70^{\circ}\text{C}$) e industrial (-40°C a $+85^{\circ}\text{C}$)
- Underwriters Laboratories® (UL) Reconocido

Below the screenshot, there is a link to the [DS3231 datasheet | CodigoElectronica](#) and the source: www.codigoelectronica.com/blog/ds3231-datasheet.

8. CONVERTOR DC/DC 24Vdc/9Vdc



The screenshot shows a product description for the SOMOS MERKATRONIX SAS DC/DC converter. The title is "Descripción". The text describes the product as a voltage regulator module (LM2596) and lists its specifications:

SOMOS MERKATRONIX SAS

El precio Incluye:
1 x Módulo LM2596

NOTA: este es un regulador de voltaje, la salida siempre es menor al voltaje de entrada.

Voltaje de entrada: 3.2 V a 40 V
Tensión de salida: 1.25 V a 35 V
Corriente de salida: 3A (MAX)
Eficiencia de conversión: 92% (La más alta)
Ondulación de salida: <30mV
Frecuencia de conmutación: 65 kHz
Temperatura de funcionamiento: -45°C a $+85^{\circ}\text{C}$
Tamaño tamaño: 43mm * 21mm * 14mm (L * W * H)

Below the screenshot, there is the source: **Fuente: Somos Merkatronix SAS**.

9. Display SSD 1306

DESCRIPCIÓN	
INFO	Las pantallas OLED se destacan por su gran contraste y mínimo consumo de energía, esto es debido a que cada píxel genera su luz y no necesita de retroiluminación (Backlight) como las LCD, lo que hace que su consumo de energía sea mucho menor y aumente su contraste. El Display OLED 0.91" I2C SSD1306 posee una resolución de 128x32 píxeles, permitiendo controlar cada píxel individualmente y mostrar tanto texto como gráficos. El display posee interfaz de comunicación de tipo I2C. Diseñado para trabajar a 5V directamente gracias a su regulador de voltaje en placa y puede trabajar con voltajes de 3.3V a 5V en necesidad de conversión. Cabezas tener en cuenta que las pines I2C son efectivas para cada modelo de Arduino, por lo que debemos revisar el Pinout de nuestro Arduino para saber cuáles son sus pines I2C, por ejemplo en Arduino Uno son las pines 4 (SDA) y 5 (SCL). Para manejar la pantalla OLED es necesario utilizar un microcontrolador con el módulo I2C de RAM, este módulo cumple la función de buffer para el display. El driver de la pantalla es el SSD1306, con una librería lista para usarse en Arduino. La librería permite mostrar texto, mapas de bits, gráficos, imágenes, etc. y puede, a pesar de usar el módulo I2C de RAM, el funcionamiento es muy rápido y el código es fácilmente portable a distintas plataformas de microcomputación.
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	- Voltage de operación: 3V ~ 5.0V DC - Driver: SSD1306 - Interfaz: I2C - Resolución: 128x32 píxeles - Monocolor: píxeles blancos (fondo negro) - Ángulo de visión: 160° - Área visible (diagonal): 22.4x8.8 mm - Consumo de energía ultra bajo: 0.3mA (cuando están encendidas todas las píxeles) - Temperatura de trabajo: 0°C ~ +70°C - Dimensiones: 38x12x2.8 mm - Peso: 4 gramos
APLICACIONES	- Smartwatch (Mini) (integrable) - Equipos médicos - Equipos industriales - Equipos de Audio
LINKS	- GitHub: SSD1306 - GitHub: OLEDDisplay - Interfaz de comunicación I2C - Librería Arduino para SSD1306

[Display Oled 0.91" I2C 128*32 SSD1306 Blanco \(naylampmechatronics.com\)](https://naylampmechatronics.com/oled/391-display-oled-i2c-091-12832-ssd1306-blanco.html)

Fuentes: <https://naylampmechatronics.com/oled/391-display-oled-i2c-091-12832-ssd1306-blanco.html>

10. Tarjeta SD

Especificaciones técnicas: Voltaje: 4,5 V ~ 5,5 V CC. Corriente: 0,2 ~ 200 mA. Interfaz de comunicación: SPI estándar Nivel de voltaje de interfaz: 3.3V o 5V Tipo de tarjeta aplicable: tarjeta micro SD (menos de 2G), tarjeta micro SDHC (menos de 32G) Interfaz de control: (GND, 3V3, MISO, MOSI, CLK, CS), GND a tierra, 3V3 es la fuente de alimentación, MISO, MOSI, CLK para el bus SPI, CS es el pin de señal de selección de chip Conector de tarjeta micro SD: cubierta de la bomba automática, inserción fácil de la tarjeta Tamaño: 1.890 in x 1.220 in. Ref: OKY3002-1
Micro SD Módulo para Arduino - (roostech.co) Fuente: https://roostech.co/arduino/micro-sd-modulo-para-arduino/

ANEXO 5. Esquema constructivo de estructura

Se muestran las etapas de construcción de la estructura hexagonal

