

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



TEMA:

**IMPACTO DE LOS RECUBRIMIENTOS NANOTECNOLÓGICOS EN EL RENDIMIENTO DE LOS
PANELES FOTOVOLTAICOS**

Trabajo de grado presentado ante la Ilustre Universidad Técnica del Norte previo a la
obtención del título de Ingeniera en Mantenimiento Eléctrico

AUTOR:

Tixilima Cusin Elvis Andres

DIRECTOR:

Ing. Guerra Masson Julio Esteban.

Ibarra,2024



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003092010		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tixilima Cusin Elvis Andres		
DIRECCIÓN:	Santa Isabel-Andrade Marín-Antonio Ante		
EMAIL:	eatixilima@tn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	0968966086	TELÉFONO MÓVIL:	0991141178

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPACTO DE LOS RECUBRIMIENTOS NANOTECNOLÓGICOS EN EL RENDIMIENTO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS
AUTOR (ES):	Tixilima Cusin Elvis Andres
FECHA: DD/MM/AAAA	08/02/2024
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Electrico
ASESOR /DIRECTOR:	ING. Julio Esteban Guerra Masson Msc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 08 días del mes de febrero de 2024

EL AUTOR:



Tixilima Cusin Elvis Andres
C.I. 1003092010

CERTIFICACIÓN DIRECTOR

Ibarra, 08 de febrero del 2024

Ing. Guerra Masson Julio Esteban.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

CERTIFICA:

Que después de haber examinado el presente trabajo implementación elaborado por el estudiante Tixilima Cusin Elvis Andres, certifico que se ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de grado titulado “ **IMPACTO DE LOS RECUBRIMIENTOS NANOTECNOLÓGICOS EN EL RENDIMIENTO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS**” el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) 

Ing. Guerra Masson Julio Esteban.

C.C. 4600484832

Dedicatoria

“Puede que no sepas a dónde vas, pero siempre que abras las alas, el viento te llevará.”

Joy Bell C.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento y dedicar este trabajo de grado a mi familia, quienes han sido una fuente inagotable de apoyo y amor incondicional. En especial, agradezco a mi madre Carmita Cusin, cuyo amor y sabiduría han sido mi guía constante y mi inspiración para perseverar en el camino correcto. También a mis hermanos, quienes han sido pilares fundamentales en mi vida y han compartido conmigo momentos de alegría y de retos superados. No puedo olvidar a mi querida abuelita Ester Montalvo, quien desde mi infancia me ha inspirado a luchar por mis sueños y me ha enseñado el valor del esfuerzo y la dedicación.

A todos ellos, dedico este trabajo de tesis con todo el cariño y gratitud del mundo.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la gloriosa Universidad Técnica del Norte por brindarme la oportunidad de formarme como ingeniero y por el apoyo constante que me han brindado durante mi carrera. Estoy sumamente agradecido por el conocimiento transmitido por sus docentes, quienes me han guiado y motivado a lo largo de estos años y gracias a los cuales hoy puedo titularme como profesional.

Asimismo, quisiera agradecer de manera especial a mis compañeros y amigos de la universidad, quienes han sido una parte fundamental de mi experiencia educativa. Agradezco infinitamente su compañía, su apoyo y su ayuda en momentos difíciles, así como los momentos de alegría y diversión que hemos compartido juntos. Sin ellos, mi experiencia en la universidad no hubiera sido completa. ¡Gracias a todos!

Tabla de Contenido

Contenido

Dedicatoria	5
Agradecimiento	6
Antecedentes	16
Planteamiento del problema	17
Formulación del problema	19
Objetivos	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos	19
Justificación.....	20
Alcance.....	21
CAPITULO 1	23
1.1 Energía Fotovoltaica.....	23
1.1.1 Irradiancia.....	24
1.1.2 Efecto Fotovoltaico	24
1.1.3 Sistema fotovoltaico.....	25
Tipos de sistemas fotovoltaicos	26
Celda Fotovoltaica	28
Celda Fotovoltaica Policristalino	28

1.2	Factores que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos.....	29
1.2.1	Factores Propios del panel.....	29
	Temperatura de funcionamiento del panel solar	29
	Efecto de la reflexión y suciedad, en la superficie de los paneles solares	30
1.2.2	Factores externos al Panel.....	30
	Efecto De las variaciones climáticas.....	31
	Angulo de Inclinación de los paneles fotovoltaicos.....	31
	Sombreado en la superficie del panel solar.....	31
1.2.3	Efecto del polvo sobre la eficiencia en módulos eléctricos.	32
1.2.4	Efectos de la humedad en módulos eléctricos.....	33
1.2.5	Corrosión.....	34
1.3	Aplicaciones de la nanotecnología para sistemas fotovoltaicos.....	34
1.3.1	Nanotecnología y estructuras de recubrimiento.....	35
1.3.2	Tipos de recubrimientos nanotecnológicos.....	35
1.3.3	Recubrimientos nanotecnológicos para sistemas fotovoltaicos	36
1.3.4	Recubrimiento para polvo Nano-recubrimientos de Dióxido de Silicio.	36
1.3.5	Recubrimiento para humedad Nanoprotech.....	38
2	CAPITULO 2.....	39
2.1	Descripción del lugar de estudio	39
2.2	Metodología.....	40

2.2.1	Descripción del sistema.....	40
2.2.2	Materiales	41
2.2.3	Panel Solar.....	42
2.2.4	Inversor.....	43
2.2.5	Regulador	44
2.2.6	Arduino Uno.....	45
2.2.7	Sensor de Temperatura DHT11.....	46
2.2.8	Sensor de corriente ASC712	47
2.2.9	Sensor de voltaje FZ0430.....	48
2.2.10	Nano-recubrimientos de Dióxido de Silicio	49
2.2.11	Nanoprotech Electrónico	50
2.3	Diseño del módulo de pruebas.....	50
2.4	Diseño mecánico del módulo de pruebas	51
2.4.1	Inclinación de los paneles	51
2.5	Puesta de los recubrimientos	53
3	Capítulo 3.....	55
3.1	Panel 0	55
3.2	Panel 1	57
3.3	Panel 2	59
3.4	Datos 1-30 días	61

3.5	Dia 31 -60	62
3.6	Dia 61-90	63
	Resumen.....	64
3.7	CONCLUSIONES.....	65
3.8	RECOMENDACIONES.....	66
3.9	Anexos	74

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Configuración AC de un sistema fotovoltaico convencional.	26
Figura 2 Comparación de módulos fotovoltaicos limpio-sucio	33
Figura 3 Comparación de paneles solares con y sin recubrimiento nanotecnológico.....	37
Figura 4 Ubicación del sector la playita en Tabacundo	39
Figura 5 Diagrama de flujo de la metodología	40
Figura 6 Panel policristalino 100w	43
Figura 7 Inversor 500w	44
Figura 8 Regulador solar 12v	45
Figura 9 Arduino Uno	46
Figura 10 Sensor de Temperatura DHT11	47
Figura 11 Sensor de corriente ACS712.....	47
Figura 12 Conexión del sensor ACS712	48
Figura 13 Sensor de voltaje FZ0430	49
Figura 14 Diseño del módulo de pruebas.....	50
Figura 15 Módulo de pruebas parte electrónica.....	51
Figura 16 Ángulos de inclinación para paneles solares	52
Figura 17 Ángulo de inclinación de paneles	52
Figura 18 Puesta de paneles solares en el techo de la vivienda	53
Figura 19 Datos obtenidos del panel 0 del día 1 al día 30	55
Figura 20 Datos obtenidos del panel 0 del día 31 al día 60	56
Figura 21 Datos obtenidos del panel 0 del día 61 al día 90	57
Figura 22 Datos obtenidos del panel 1 del día 1 al día 30	58

Figura 23 datos obtenidos del panel 1 del día 31 al día 60	58
Figura 24 datos obtenidos del panel 1 del día 61 al día 90	59
Figura 25 datos obtenidos del panel 2 del día 1 al día 30	60
Figura 26 datos obtenidos del panel 2 del día 31 al día 60	60
Figura 27 datos obtenidos del panel 2 del día 61 al día 90	61
Figura 28 diferencia de potencia de salida del panel 0, panel 1, panel 2	62
Figura 29 diferencia de potencia de salida del panel 0, panel 1, panel 2 día 31 -60.....	63
Figura 30 diferencia de potencia de salida del panel 0, panel 1, panel 2 día 61 -90.....	64

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Características técnicas del panel solar	42
Tabla 2 resumen de datos obtenidos en los primeros 30 días	62
Tabla 3 resumen de datos obtenidos en los días 31-60	63
Tabla 4 resumen de datos obtenidos en los días 61-90	64

RESUMEN

Las energías renovables hoy en día han sido un apoyo para la disminución de la contaminación y evitar el avance del calentamiento global, dentro de estas, la energía solar fotovoltaica es una fuente de energía limpia y sustentable, pero tiene sus deficiencias al ser una tecnología en proceso y la nanotecnología apunta a mejorar el rendimiento de los paneles fotovoltaicos y aprovechar de mejor manera la energía solar.

En el mercado existe un sin número de recubrimientos nanotecnológicos que aseguran mejorar el rendimiento de los paneles solares, por lo tanto, el presente proyecto tiene como fin el estudio de dos recubrimientos para medir y evaluar mejoras en el rendimiento de dichos sistemas fotovoltaicos. Para lo cual se diseñó e implemento un módulo de pruebas que consiste de 3 paneles policristalinos de 1.03m de alto y 0.63m de ancho conectados a un Arduino 1 que recolectará datos de temperatura, humedad, corriente, voltaje y potencia de los 3 paneles durante 3 meses recolectando datos diarios desde las 11 de la mañana hasta las 3 de la tarde, horario que tiene una mayor radiación solar.

Se obtuvo como resultado que el panel con el nano recubrimiento para el polvo obtuvo un rendimiento mayor al primer panel de control que no tenía ningún recubrimiento y el segundo el cual contenía un recubrimiento hidrofóbico.

ABSTRACT

Renewable energies nowadays have been a support for reducing pollution and preventing the progression of global warming, and photovoltaic solar energy is a source of clean and sustainable energy. However, it has its shortcomings as it is a technology in progress, and nanotechnology aims to improve the performance of photovoltaic panels and better harness solar energy.

In the market, there are numerous nanotechnological coatings that promise to improve the performance of solar panels, for which the present project aims to study two coatings that ensure the improvement of said photovoltaic systems. To this end, a test module was designed and implemented, consisting of 3 polycrystalline panels measuring 1.03m high and 0.63m wide, which are connected to an Arduino 1 that will collect data on temperature, humidity, current, voltage, and power from the 3 panels for 3 months, and Excel will be used to study the data obtained. Throughout the 3-month data collection period, data were collected from 11 in the morning until 3 in the afternoon, which is the time of day with the highest solar radiation.

It was observed that the panel with the dust coating obtained a higher performance than the other two panels: the first one without any coating and the second one containing a hydrophobic coating.

Introducción

Antecedentes

El uso de energías renovables es cada vez más común en la actualidad, ya que se evita seguir contaminando el planeta y aportar con el calentamiento global. Las energías renovables son las que podemos obtener de una fuente natural que es interminable con la cual podemos generar electricidad, las fuentes naturales más utilizadas para generar energía son: el agua, la luz del sol, las mareas, el calor geotérmico, el viento, la biomasa. (González, 2019).

La obtención directa de electricidad a partir de la luz se conoce con el nombre de efecto fotovoltaico. La existencia de este fenómeno fue puesta de manifiesto por el físico Antoine Becquerel, en el año 1839. Para conseguirlo, se requiere un material que absorba la luz del Sol y sea capaz de transformar la energía radiante absorbida en energía eléctrica, justo lo que son capaces de hacer las células fotovoltaicas. (Jofra, 2019).

La célula solar fotovoltaica transforma la energía solar directamente en eléctrica utilizando energía fotoeléctrica. La generación fotovoltaica es precisamente la propiedad que tienen ciertos materiales para generar corriente eléctrica cuando se encuentran sometidos a radiación solar. Ocurre cuando la energía de la luz solar "libera" electrones, creando un flujo de energía eléctrica. (Romero, 2015).

El efecto de sombreado provoca pérdidas en la recolección de energía y así se reduce la potencia de salida y la eficiencia en la conversión de energía de los sistemas fotovoltaicos. Un panel solar que está bajo los efectos de sombreado recolecta energía de forma desigual, lo que conlleva a presentar fluctuaciones en la potencia entregada ocasiona daños en los componentes del sistema fotovoltaico como el inversor o las baterías. (Adriana, 2017).

Variadas son las vías para lograr una reducción de los costos de la energía fotovoltaica, una de las más prometedoras es el incremento de la eficiencia de conversión de la energía solar en eléctrica mediante el uso de la nano tecnología, celdas fotovoltaicas que permiten una mayor absorción de fotones. (Hernández, 2013).

Planteamiento del problema

Para aprovechar la luz solar, la energía renovable más común es la energía obtenida a través del uso de paneles fotovoltaicos los cuales transforman la radiación solar en electricidad, por ende, en la última década se han desarrollado investigaciones para identificar los factores que afectan el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos, con el fin de mitigar sus efectos y lograr mejoras significativas en términos de eficiencia para este tipo de sistemas, dichos factores se clasifican en propios o externos de acuerdo con su naturaleza. (González, 2019). Por ejemplo: variaciones climáticas, ángulo de inclinación y sombreado, son los factores externos más comunes que afectan al rendimiento del panel solar. (ECO GREEN ENERGY, 2021).

El efecto de sombreado es causado cuando se obstaculiza la luz que impacta sobre la superficie del panel provocando desajustes de voltaje y corriente en el sistema. Esto se debe principalmente a formaciones de sombras producidas por elementos cercanos a los paneles como árboles, polvo, estructuras o agentes externos que impide a la luz solar llegar uniformemente sobre la superficie del panel. (Adriana, 2017).

La acumulación de polvo sobre las superficies de las celdas fotovoltaicas reduce su capacidad de absorción de luz solar, por lo que cambiara el ángulo de incidencia por parte de la luz provocando que las ondas electromagnéticas se extiendan de forma irregular en la cubierta de la celda. La potencia de salida de un módulo solar limpio es al menos 5% más alta que la de

un módulo acumulado de polvo, y cuanto mayor sea la acumulación de polvo mayor será la disminución del rendimiento de salida del módulo. (ECO GREEN ENERGY, 2021).

El mundo soporta temperaturas cada vez más altas y, a medida que lo hace, atrapa más humedad en el aire, aproximadamente un 7 % más por cada centígrado de calentamiento (Climate, 2019). Mientras que el calor puede limitar la potencia de un panel, la corrosión provocada por la humedad puede causar degradación y fallos en los paneles convencionales. La humedad en el aire ataca las finas líneas de pasta metálica del anverso de una célula solar convencional. (Maxeon, 2020).

Formulación del problema

¿Como los paneles solares expuestos a condiciones de humedad y polvo mejoran su rendimiento si son sometidos a recubrimientos nanotecnológicos?

Objetivos

Objetivo General

Determinar el impacto de los recubrimientos nanotecnológicos en el rendimiento de los paneles fotovoltaicos mediante pruebas de funcionamiento para la mitigación de los efectos del polvo y humedad.

Objetivos Específicos

1. Describir la generación de energía fotovoltaica, los efectos del polvo y humedad en el rendimiento de los paneles y los recubrimientos nanotecnológicos
2. Implementar un módulo de pruebas de generación fotovoltaica con y sin recubrimiento nanotecnológico.
3. Analizar el rendimiento de paneles fotovoltaicos con y sin recubrimientos nanotecnológicos bajo condiciones de humedad y polvo.

Justificación

La nanotecnología ha recibido mucha atención en los últimos años, su capacidad única de fabricar estructuras novedosas ha derivado en la creación de materiales y dispositivos con un gran potencial de aplicaciones en diferentes áreas. entre éstas destaca el sector energético en la cual se ha desarrollado recubrimientos nanotecnológicos los cuales tienen la finalidad de mejorar el rendimiento de los paneles solares. (NCYT, 2017).

Según el sitio web del proyecto (Sharc, 2022), la estructura de nanopartículas proporciona una "alta transparencia en paneles fotovoltaicos, en consecuencia, se mejora la eficiencia de generación en un 4% y es compatible con la mayoría de los materiales utilizados al momento de elaborar las celdas solares.

El proyecto está dirigido a personas que deseen adquirir paneles fotovoltaicos o que ya los hayan adquirido y busquen aumentar la vida útil de sus celdas y maximizar su rendimiento a través de la adquisición de recubrimientos nanotecnológicos.

Por esta razón, se considera importante llevar a cabo un análisis comparativo de los diferentes tipos de paneles fotovoltaicos y sus respectivos recubrimientos nanotecnológicos, con el fin de determinar si la adquisición de estos recubrimientos es una opción viable para reducir los gastos de mantenimiento de los paneles fotovoltaicos.

Alcance

Este trabajo de titulación se enfoca en el desarrollo de un módulo de pruebas que permitirá comparar paneles fotovoltaicos sometidos a recubrimientos nanotecnológicos. La investigación se llevará a cabo en la parroquia de Tabacundo, específicamente en el sector San José Alto.

En esta localidad ubicada a 3070 metros sobre el nivel del mar con una temperatura promedio de 12 °C, viento del Norte a 10km/h y humedad del 84% (Channel, 2022), tiene las condiciones necesarias para poder realizar la presente investigación, además de simular un ambiente con condiciones de humedad y polvo.

Para esta investigación se utilizará paneles policristalinos de 100 w con una dimensión de altura 1.015m, ancho 0.63 m y profundidad 0.03m, los recubrimientos nanotecnológicos que se utilizaran son: Nanoprotech Electrónico y Nano-recubrimientos de Dióxido de Silicio.

Para el análisis de resultados se procederá a medir la eficiencia de los paneles fotovoltaicos sometidos a cada recubrimiento, determinando el factor de forma y su eficiencia para su posterior comparación con los paneles que no fueron sometidos a recubrimientos nanotecnológicos.

Se elaborará un módulo de pruebas el cual estará diseñado para obtener datos de voltaje y corriente que estará conectado a un circuito que permita leer estos datos con la ayuda de un multímetro en tiempo real.

CAPITULO 1

La energía fotovoltaica y los efectos negativos del polvo y humedad en el rendimiento de los paneles solares.

En este capítulo se aborda el estudio de la energía fotovoltaica y su vinculación con los efectos adversos de la humedad y el polvo en el rendimiento de los paneles solares. Además, se examina el papel que desempeñan los recubrimientos nanotecnológicos en la mejora del rendimiento de los paneles solares, al reducir los efectos negativos de la humedad y el polvo en ellos.

1.1 Energía Fotovoltaica

En la actualidad, se observa un aumento constante en la búsqueda de fuentes de energía renovables debido a la preocupación mundial por el calentamiento global. La humanidad está enfocada en encontrar maneras de reemplazar los combustibles fósiles o mejorar la eficiencia de las energías renovables ya disponibles.

Entre los recursos más utilizados en la actualidad es el uso de la energía solar fotovoltaica el cual no es más que la transformación directa de la radiación solar en electricidad mediante el uso de sistemas o módulos fotovoltaicos. (Castelo, 2020).

La energía fotovoltaica ofrece varias ventajas sustanciales sobre las fuentes convencionales de energía. (Espinel, 2020)

- **Fiabilidad:** sin importar las condiciones extremas a las que son sometidos los sistemas fotovoltaicos han probado ser resistentes evitando fallas costosas en situaciones críticas.

- Durabilidad: la mayoría de los paneles solares tienen una garantía de más de 20 años por parte de sus fabricantes para generar energía.
- Mantenimiento: su mantenimiento es de bajo costo ya que estos sistemas generalmente solo necesitan inspecciones periódicas y mantenimiento ocasional, este valor de mantenimiento es menor a de sistemas convencionales.
- No hay costo por combustible: al no necesitar un combustible adicional para su funcionamiento ahorra recursos y reduce la contaminación sonora y la contaminación del medio ambiente.

1.1.1 Irradiancia

Es importante tener en cuenta no solo las características de las celdas solares, sino también comprender los conceptos físicos involucrados en la conversión de energía solar en eléctrica. La irradiancia es una magnitud utilizada para describir la radiación solar incidente por unidad de área y se mide en W/m^2 . En los módulos fotovoltaicos, la radiación solar incidente genera una corriente foto generada que es proporcional a la irradiancia.

En operación de cortocircuito la corriente resultante varía en proporción a la irradiancia. La radiación que entra en la atmosfera presenta pérdidas del 30% debido a la reflexión, por absorción pierde un 19%, el restante llega finalmente a las celdas solares de manera directa o difusa (Vicente, 2019)

1.1.2 Efecto Fotovoltaico

Para comprender cómo los factores ambientales y climáticos afectan la calidad de la generación de energía solar, es importante analizar las definiciones de los conceptos clave que conforman un sistema de conversión de energía solar en energía eléctrica.

La energía solar se puede transformar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico, el cual consiste en incrementar la conductividad eléctrica de un material semiconductor o dieléctrico bajo la acción de la radiación solar, debido a la generación de portadores de carga libres de electrones y huecos (Bernal, 2017)

1.1.3 Sistema fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos se componen de varios elementos, entre los que se encuentran las células solares o células fotovoltaicas, que forman la estructura de los paneles solares. Estas células convierten la radiación solar en energía eléctrica de manera directa.

La luz solar transporta energía en forma de un flujo de fotones, estos cuando tienen contacto con un tipo material bajo ciertas condiciones, provocan una corriente eléctrica. Es lo que se denomina efecto fotovoltaico. (Marin)

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. La pieza fundamental de un sistema fotovoltaico es su modulo, el cual este compuesto por celdas capaces de convertir la radiación solar en energía eléctrica. (Lamigueiro, 2013).

Los sistemas fotovoltaicos pueden ser, sistemas autónomos y sistemas interconectados a la red eléctrica. (Adriana, 2017). Los sistemas autónomos mediante el uso de una celda solar generan energía, para posteriormente ser almacenada en las baterías.

Un sistema fotovoltaico es un sistema, a auto abastecedor, ya que su mecánica se basa en aprovechar la irradiación solar para generar energía eléctrica que será suministrada a la red. (Aparicio, 2015), tal como se muestra en la figura 1.

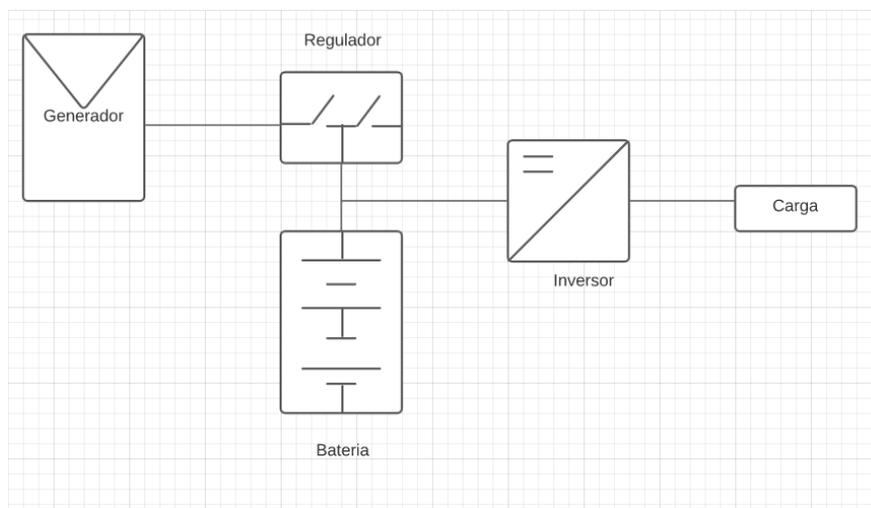


Figura 1 Configuración AC de un sistema fotovoltaico convencional.

- El generador fotovoltaico es el componente principal, el cual proporciona la tensión, corriente y voltaje necesarios para alimentar el resto del sistema.
- La batería es responsable de almacenar la energía eléctrica suministrada por el sistema, para ser utilizada posteriormente cuando la irradiación solar sea escasa.
- El regulador juega un papel importante en el sistema, ya que controla el estado de carga de la batería y adopta diversos ritmos de producción según la demanda de energía.
- El suministro o carga se refiere a la instalación que debe proporcionar la energía suficiente al sistema fotovoltaico, asegurando un funcionamiento óptimo y eficiente.

Tipos de sistemas fotovoltaicos

La tecnología solar fotovoltaica (FV) consiste en la conversión directa de la radiación del Sol en electricidad. Esta conversión se realiza a través de la célula solar, unidad básica en la que se produce el efecto fotovoltaico. (Alonso, 2018) Además se puede clasificar los sistemas fotovoltaicos en función de su conectividad y estos son sistemas autónomos o conectados a la red.

Sistemas Fotovoltaico-autónomos

Son aquellos que no se encuentran conectados con la red eléctrica, este produce energía suficiente como para satisfacer el consumo de cargas eléctricas que no están conectados a la red (Perpiñan L. O., 2019) empleando un módulo de acumulación de energía eléctrica para posterior hacer frente a los lapsos de tiempo en el que la generación de energía es inferior al consumo.

Las ventajas de usar un sistema autónomo fotovoltaico son:

- Es un sistema modular es decir que puede crecer dependiendo las necesidades del usuario.
- No contamina, ya que no genera gases peligrosos ni ruido por lo que es amigable con el medio ambiente.
- Su mantenimiento es de bajo costo aparte de que su vida útil es muy alta.

Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Son aquellos que no están aislados con la red eléctrica estos se pueden definir como un sistema de generación fotovoltaica que trabaja en paralelo con la red de la compañía Eléctrica. (Anónimo, 2020). Es decir que este tipo de sistemas son capaces de inyectar energía eléctrica a una red de distribución.

- Sector residencial, tiene un rango de potencia entre 1 y 15 kW.
- Sector comercial, con un rango de potencia que va desde 5 y 250 kW.
- Plantas centralizadas, con un rango de potencia entre 100 kW y 10 MW.

Una desventaja de estos sistemas es que se requiere de disponibilidad de espacio ya que cuanto mayor sea este espacio mayor será su rentabilidad económica.

Celda Fotovoltaica

Un material o dispositivo tiene características fotovoltaicas cuando al exponerse a la luz, la que se absorbe por el material, es capaz de transformar la energía de los fotones en energía eléctrica, con la cual se obtiene una corriente y un voltaje (Mascotte, 2015)

Una celda fotovoltaica es un dispositivo que directamente convierte la luz en energía eléctrica basado en el efecto fotovoltaico (Bernal, 2017). Las celdas fotovoltaicas en su mayoría son hechas de silicio, este tipo de celda tiene en su estructura interna una unión PN, una red conductora, un revestimiento anti reflexión y dos electrodos.

Los tipos de celdas solares más comunes hechas a base de silicio son celdas monocristalinas, celdas policristalinas y celdas amorfas (Marin). En términos de eficiencia las celdas de silicio monocristalinas son las que mejor rendimiento tienen en comparación a los otros tipos de celdas, el inconveniente con este tipo de celdas es su alto costo de fabricación, aparte de que necesitan ser montadas en una estructura que contenga un marco rígido para su protección.

Celda Fotovoltaica Policristalino

Las celdas de silicio policristalino tienen una eficiencia del 13% y un bajo costo de producción. (Bernal, 2017). Estas celdas generalmente son cortadas de un bloque de silicio consistente de un gran número de cristales.

Las celdas de silicio policristalino presentan un costo de fabricación menor a la celda monocristalino, aparte de que su fabricación es más sencilla y modular es decir que es mejor

al momento de ocupar espacio, el inconveniente es que son sensibles a impurezas (Jhonatan, 2018)

1.2 Factores que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos.

En la última década se han desarrollado investigaciones para identificar los factores que afectan el funcionamiento de los paneles solares (Adriana, 2017). Con el fin de mitigar los efectos que alteran el rendimiento de paneles solares y mejorar su eficiencia en sistemas fotovoltaicos se clasifico dichos factores en externos e internos.

1.2.1 Factores Propios del panel.

Se consideran factores propios a las condiciones que presenta la estructura interna del panel solar, las cuales con el transcurso del tiempo afectan el funcionamiento de dicho panel, los factores más comunes son sobrecalentamiento del panel y efectos de reflexión y suciedad.

En el funcionamiento de los paneles solares, factores internos pueden influir negativamente en su desempeño con el paso del tiempo. Entre estos factores se encuentran el sobrecalentamiento del panel y los efectos de reflexión y suciedad. El sobrecalentamiento puede deberse a una mala ventilación y afectar la eficiencia energética del panel, mientras que los efectos de reflexión y suciedad pueden reducir la cantidad de luz solar que llega al panel y disminuir su capacidad de generación de energía. Es importante tomar medidas de mantenimiento preventivo para minimizar estos factores y asegurar un funcionamiento óptimo del panel a largo plazo.

Temperatura de funcionamiento del panel solar

La temperatura del panel solar influye directamente en el rendimiento eléctrico de la celda ya que altera factores como la potencia de salida del módulo. Esto sucede por el aumento de tasas de recombinación, causado por el aumento de las concentraciones de portadores.

Los paneles solares absorben en promedio el 80% de la irradiación solar absorbida. (Adriana, 2017) sin embargo de todo esta irradiación absorbida una parte se convierte en electricidad y la otra parte se convierte en calor, por ende la parte que se convierte en calor aumenta la temperatura del módulo, lo que a su vez produce una mayor saturación de corriente y disminuye la eficiencia del panel solar, aparte que este calor generado constituye al deterioro de la celda solar.

Efecto de la reflexión y suciedad, en la superficie de los paneles solares

Al comparar la radiación recibida por las células solares con la radiación que recibe el interior del módulo fotovoltaico se puede observar que es menor debido a factores como la reflexión y la suciedad que se encuentra en el vidrio del panel (Abderrezek, 2017).

Las pérdidas de reflexión óptica en la interfaz de vidrio o polímero, debido a la diferencia en los índices de refracción, puede llegar hasta 8 o 9% en el espectro visible de la radiación solar. (Dubey, 2013)

Este efecto resulta indeseable para los fotones a la hora de cargar los portadores, por lo cual las modificaciones superficiales de las células solares se hacen con el fin de reducir la reflexión en la interfaz del material. (Adriana, 2017)

1.2.2 Factores externos al Panel

Estos factores alteran la eficiencia del rendimiento de los paneles solares, los aspectos más comunes suelen ser variaciones climáticas, Angulo de inclinación y sombreado, estos agentes externos deben ser considerados al momento de escoger la ubicación de instalación de un módulo fotovoltaico.

Efecto De las variaciones climáticas

Las variaciones climáticas en los sistemas fotovoltaicos hacen referencia especialmente a las condiciones de radiación solar y temperatura ambiente (Arango, 2016). Cuando una celda solar está sometido a variaciones climáticas fuertes y constantes, el sistema presenta un cambio de su punto máximo de potencia, provocando un cambio en la curva “Corriente – Tensión”.

Angulo de Inclinación de los paneles fotovoltaicos.

El ángulo de inclinación es un factor importante para considerar en la eficiencia de los paneles solares, ya que afecta la dirección de los rayos solares que inciden en la superficie del panel. La radiación solar es más efectiva cuando incide perpendicularmente sobre la celda fotovoltaica, por lo que el ángulo de inclinación óptimo dependerá de la latitud del lugar y de la estación del año.

En consecuencia, una inclinación adecuada puede aumentar la cantidad de energía generada, mientras que una inclinación inadecuada puede disminuir la eficiencia del sistema. Por lo tanto, es importante considerar la inclinación óptima para obtener la máxima cantidad de energía solar y aumentar el rendimiento del sistema fotovoltaico.

Este ángulo está afectado por factores como la latitud, las características de la radiación solar y el periodo de utilización. (Adriana, 2017).

Sombreado en la superficie del panel solar.

El efecto de sombreado es causado cuando se obstaculiza la luz que impacta sobre la superficie del panel provocando desajustes de voltaje y corriente en el sistema. (Bernal, 2017) Esto se debe Principalmente a formaciones de sombras producidas por elementos cercanos a

los paneles como árboles, polvo, humedad, estructuras o agentes externos que impide a la luz solar llegar uniformemente sobre la superficie del panel (Adriana, 2017). El efecto de sombreado provoca pérdidas en la recolección de energía y así se reduce la potencia de salida y la eficiencia en la conversión de energía de los sistemas fotovoltaicos (Manna, 2014).

Un módulo solar que está bajo condiciones de sombreado recolecta energía de forma no uniforme, lo que representa que existirá fluctuaciones en la potencia entregada por lo cual se ocasiona daños en los elementos del sistema fotovoltaico como el inversor o las baterías.

1.2.3 Efecto del polvo sobre la eficiencia en módulos eléctricos.

El polvo es un factor que afecta la eficiencia de las celdas fotovoltaicas, ya que, al acumularse en la cubierta, impide la llegada directa de la radiación solar a las fotoceldas, existen estudios como el de (Vicente, 2019) que afirman que se pierde hasta un 4.7% de eficiencia en la potencia de salida.

Las características que tienen la corriente-voltaje de módulos limpios y sucios a diferentes niveles de acumulación de polvo han mostrado una reducción en la corriente de corto circuito en los módulos, (Carrillo, 2012) encontró una reducción de hasta un 17% en la potencia en paneles solares debido a acumulaciones exageradas de polvo.

En un estudio echo en el desierto de Thar en la India el cual es uno de los desiertos más polvorientos del mundo se obtuvo que: en el área de un vidrio de 30cm x30cm se dejó un módulo fotovoltaico a 0°, 45° y 90° y para un ciclo de limpieza de 24 horas se obtuvo que su rendimiento disminuyo en 4.26% para los 0°, 15.88% para los 45° y para los 90° se obtuvo una pérdida de hasta 17.96% en su potencia de salida. (Carrillo, 2012). Como se muestra en la figura2.

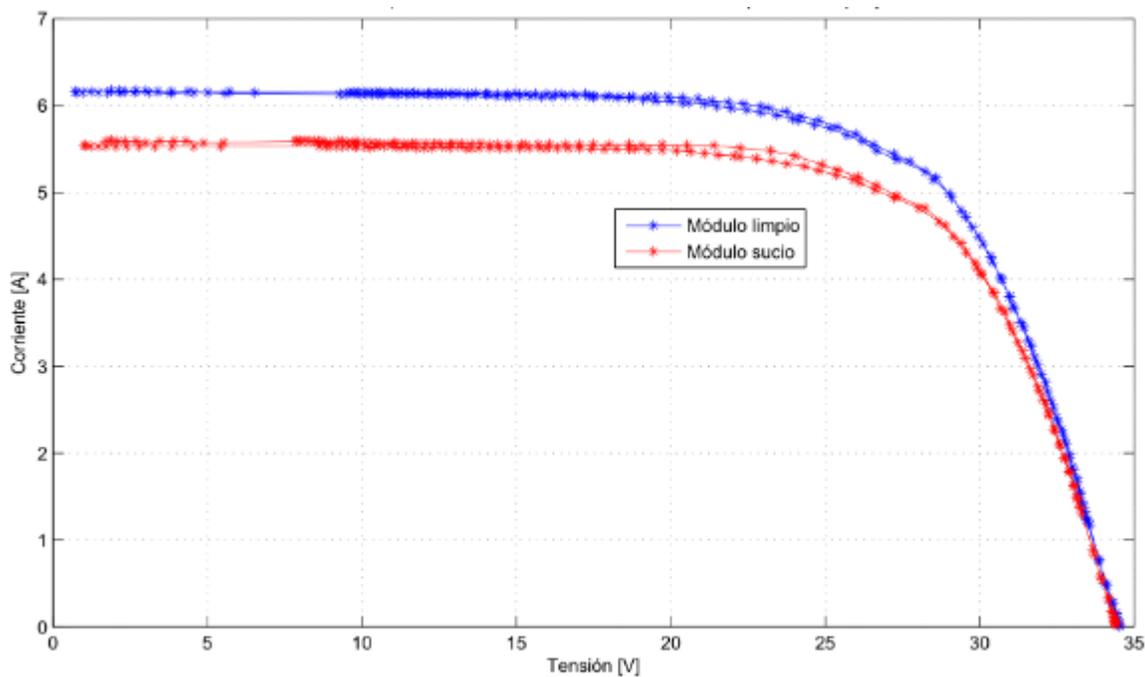


Figura 2 Comparación de módulos fotovoltaicos limpio-sucio

Fuente: (Soto, 2018)

Es por eso que es necesario evitar que el vidrio del panel solar se ensucie con polvo, ya que su disminución de eficiencia es muy notable por la obstrucción de luz que genera en la celda solar, aparte de que al provocar sombra genera manchas en la superficie del panel lo que provoca que este no absorba de forma uniforme la radiación de la luz solar lo que desencadena fallos en el sistema fotovoltaico.

1.2.4 Efectos de la humedad en módulos eléctricos

La principal complicación que genera la humedad en los paneles solares es la corrosión interna la cual es provocada por la humedad externa la cual penetra en las celdas solares y genera su oxidación, esta oxidación genera manchas oscuras en el interior del panel lo que provoca una mala eficiencia del módulo solar. (NCYT, 2017).

La acumulación de líquido en la superficie de la Eida solar genera el efecto de sombreado parcial el cual al igual que el polvo disminuye la eficiencia de la energía producida, aparte de que el agua o humedad degrada el material de la estructura del panel solar.

1.2.5 Corrosión

La corrosión es un fenómeno natural que consiste en la destrucción de un metal, por reacción electroquímica, por parte del medio ambiente en el que se encuentra. Se relaciona con la entrada de agua (humedad). (Reguera, 2015)

La retención de humedad genera que dentro del módulo fotovoltaico incremente la conductividad de la electricidad lo que puede causar corrientes de fuga, a parte que la corrosión afecta a la adhesión entre las celdas y los bordes de la estructura provocando de laminación lo que favorece al ingreso de más humedad.

1.3 Aplicaciones de la nanotecnología para sistemas fotovoltaicos.

Es una tecnología que se dedica al diseño y manipulación de la materia a nivel de átomos o moléculas, con fines industriales o médicos, entre otros.

Cuando se manipula la materia a la escala tan minúscula de átomos y moléculas, demuestra fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por lo tanto, científicos utilizan la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos con propiedades únicas. (Sharc, 2022)

La nanotecnología no solo se basa en agentes externos también tienen mucha relevancia en componentes internos, ya que una de las aplicaciones más notables de la nanotecnología es la creación de células solares formadas por alerones metálicos con estructuras y también células

multi-union ya que se ha observado que varias capas unidas generan una mayor eficiencia. (Moledo, 2019)

Pero el propósito de esta investigación se basará en los recubrimientos nanotecnológicos para sistemas fotovoltaicos que mejoren la eficiencia y vida útil del panel solar y como este material realiza dicho proceso.

1.3.1 Nanotecnología y estructuras de recubrimiento

De forma general, la nanotecnología se puede definir como la manipulación de materiales a través del control de la materia a nano escala. El interés del tamaño nanométrico radica en que se trata de la escala en la que se pueden observar y manipular los efectos cuánticos de la materia. Estos efectos dependen del tamaño de las partículas con las que se trabaja, a la vez que tienen una influencia muy notable en las propiedades observables a escala macroscópica. Por tanto, la manipulación de las nanopartículas permite alterar los efectos cuánticos pertinentes para obtener materiales con las propiedades deseadas, lo cual abre un amplio abanico de posibilidades para cambiar y

1.3.2 Tipos de recubrimientos nanotecnológicos

Un sistema fotovoltaico requiere usar vidrios o espejos como parte de su funcionamiento, es necesario que estos espejos y vidrios se encuentren limpios para mantener las propiedades de la superficie en condiciones óptimas para no afectar la eficiencia del módulo o sistema fotovoltaico. Debido a su operación al aire libre y condiciones como lluvia, polvo y viento, las propiedades ópticas pueden deteriorarse significativamente, lo que disminuye la eficiencia. (Jiménez)

1.3.3 Recubrimientos nanotecnológicos para sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos, capaces de extraer energía limpia y sostenible de la luz solar, acumulan suciedad y partículas de polvo, agua y arena. Este fenómeno supone una reducción de la energía lumínica que llega a las celdas fotovoltaicas y, según algunos estudios, disminuye la producción de energía hasta un 50 %. Por lo tanto, es esencial que estas celdas se mantengan limpias. Sin embargo, el proceso rutinario de limpieza y mantenimiento puede tener un coste bastante alto y suponer un gasto de agua innecesario. (Cordis, 2018).

Para lo cual el aporte de la nanotecnología en estos últimos años ha ayudado a mitigar efectos que disminuyen la eficiencia de un sistema fotovoltaico, estos se centran en disminuir pérdidas de potencia mediante la limpieza del panel para una mejor absorción de radiación solar o también internamente para aumentar la vida útil del sistema fotovoltaico.

1.3.4 Recubrimiento para polvo Nano-recubrimientos de Dióxido de Silicio.

Es una cobertura invisible basada en dióxido de titanio nanoestructurado, que aplicada sobre una superficie de cristal le proporciona una extraordinaria propiedad: absorbe la luz circundante (ultravioleta) y la transforma en energía química que descompone cualquier contaminante que contacta con la superficie del cristal. Por tanto, la superficie tratada se convierte en "auto limpiante" sin afectar a la transparencia del substrato e incluso aumentando su transparencia ya que las nanopartículas reducen la micro rugosidad que refleja la luz en el cristal. (G., 2018)

Ventajas

- Autolimpieza
- Anti-empañamiento

- Purifica el aire
- Incrementa la transparencia
- Aumenta la eficiencia de sistemas fotovoltaicos
- Reduce la frecuencia de mantenimiento
- Tecnología de limpieza amigable al ambiente

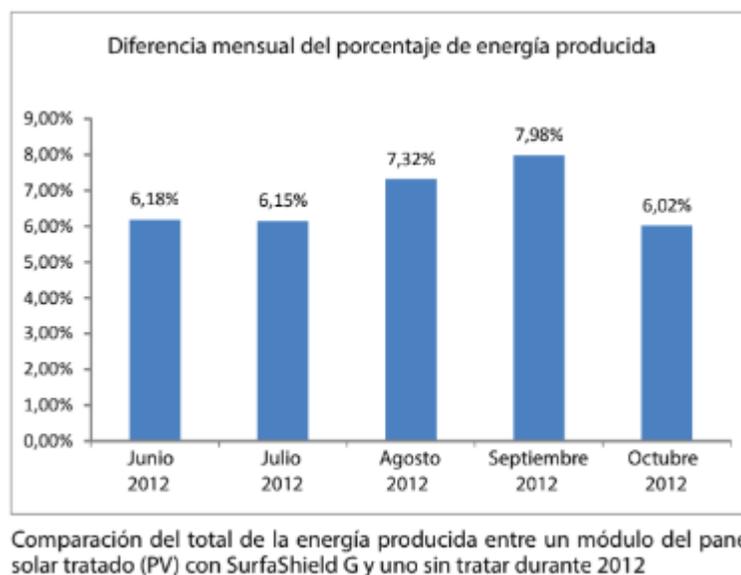


Figura 3 Comparación de paneles solares con y sin recubrimiento nanotecnológico

Fuente: (G., 2018)

La aplicación de Nano-recubrimientos de Dióxido de Silicio no solo previene la acumulación de polvo en la superficie del panel solar, sino que también protege el panel contra la corrosión y los daños causados por los rayos UV, lo que mejora la eficiencia y la vida útil del panel solar.

1.3.5 Recubrimiento para humedad Nanoprotech

Nanoprotech es un recubrimiento para la protección contra la humedad que puede ser aplicado en paneles solares y otros dispositivos electrónicos. Este recubrimiento se compone de nanopartículas que forman una película protectora sobre la superficie del dispositivo y penetran en los poros más profundos del material, creando una barrera impermeable contra la humedad y otros agentes corrosivos. (Nanoprotech, 2022)

El uso de Nanoprotech en paneles solares puede mejorar significativamente su rendimiento y durabilidad al prevenir la formación de condensación y la acumulación de humedad en las superficies de los paneles y en las conexiones eléctricas. Esto puede reducir la degradación de los componentes del sistema fotovoltaico y prevenir cortocircuitos y otros problemas relacionados con la humedad.

Además de la protección contra la humedad, Nanoprotech también ofrece propiedades aislantes, lo que puede mejorar la eficiencia del sistema fotovoltaico al reducir las pérdidas de energía por calentamiento y aumentar la resistencia a las descargas eléctricas. (Nanoprotech, 2022)

Nanoprotech es una solución efectiva para la protección contra la humedad en paneles solares y otros dispositivos electrónicos. Su uso puede mejorar el rendimiento y la durabilidad del sistema fotovoltaico, reducir la degradación de los componentes y prevenir problemas relacionados con la humedad.

2 CAPITULO 2

Implementación de un módulo de energía fotovoltaica con y sin nano recubrimientos

En el presente capítulo se realizará a cabo un estudio sobre el lugar de la investigación, los materiales empleados y la metodología utilizada para obtener los datos, así como el enfoque empleado para la comparación de los mismos y determinar la eficiencia de los recubrimientos.

2.1 Descripción del lugar de estudio

El estudio de un análisis de rendimiento de paneles solares sometidos a nano recubrimientos se realizó en el sector la playita ubicada en Tabacundo, dicha dirección exacta se puede apreciar en la figura 3. El cantón Pedro Moncayo, el cual tiene una altura medía 3070 metros sobre el nivel del mar y un clima promedio de 12 grados centígrados. (Topographic-map, 2021)

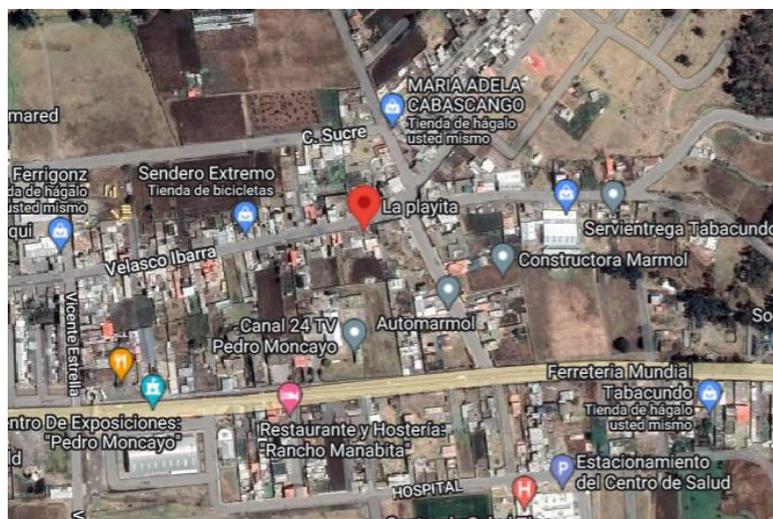


Figura 4 Ubicación del sector la playita en Tabacundo

Fuente: (Maps, 2023)

Tabacundo además tiene una condición de viento del Norte a 10km/h y humedad del 84% (Channel, 2022), los cuales generan características necesarias para poder realizar la presente investigación, además de simular un ambiente con condiciones de humedad y polvo.

2.2 Metodología

En esta sección se presenta la metodología que se empleó para determinar si es factible el uso de nano recubrimientos en paneles solares para mejorar su eficiencia al momento de generar energía eléctrica, y los pasos que se atravesó para cumplir este objetivo esta detallada en la fig. 5.

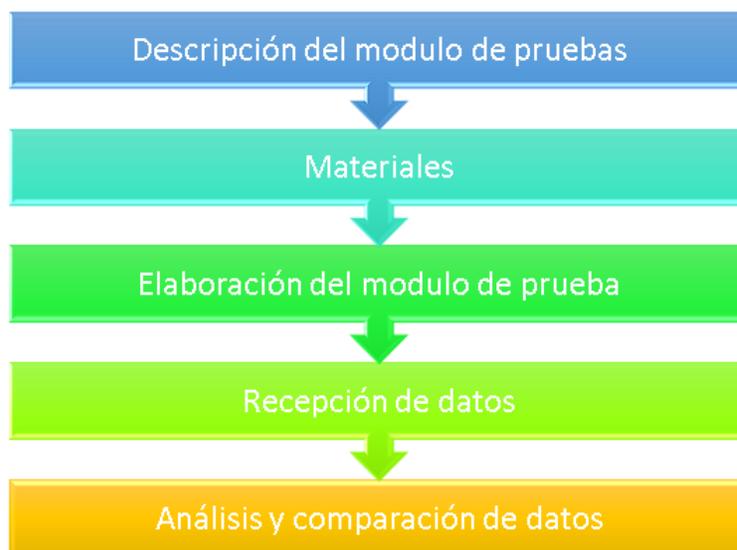


Figura 5 diagrama de flujo de la metodología

2.2.1 Descripción del sistema

Para evaluar la efectividad de los nano recubrimientos se procedió a la implementación de un módulo de pruebas, el cual consiste en 3 paneles solares de 100w de potencia los cuales estarán conectados a sus respectivos reguladores e inversores respectivamente, y con la conexión a una pantalla led se visualiza el valor de la potencia de salida de los paneles solares.

Dos de los tres paneles estarán sometidos a recubrimientos, el panel número uno estará recubierto por un líquido para evitar la corrosión y la humedad, el segundo panel será sometido a un recubrimiento de autolimpieza contra el polvo y el tercer panel no está sometido a ningún recubrimiento.

Con la ayuda del Arduino uno, un sensor de temperatura y humedad, se receptorá información de potencia de salida de los paneles solares además de obtener datos tales como la hora y condiciones climáticas, con la información obtenida mediante este circuito se procederá a realizar una tabla para posterior realizar su análisis.

2.2.2 Materiales

Para la presente implementación se utilizó los siguientes materiales.

- Panel solar
- Inversor
- Regulador
- Arduino uno
- Sensor de temperatura DHT11
- Sensor de corriente ASC712
- Sensor de voltaje FZ0430
- Nano-recubrimientos de Dióxido de Silicio
- Nanoprotech Electrónico

2.2.3 Panel Solar

El panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía solar para generar electricidad o calor (AutoSolar, 2020). El panel solar que se utilizara para la presente investigación tiene las siguientes características técnicas.

Características Técnicas	
Tipo	Policristalino
Potencia máxima	100w
Eficiencia	14.5 %
Corriente de potencia máxima	5.62 A
Voltaje de potencia máxima	17.8 VDC
Max. Serie de fusible	10 Amp
Grado de protección	IP65
Rango de temperatura	-40°C A 85°C
Peso	7.6 kg
Celda (cantidad/material/ barras colectoras)	72/silicio multicristalino/ 4y 5
Dimensiones(altura*ancho*profundidad)	1030mm/670mm/35mm

Tabla 1 Características técnicas del panel solar

Se utilizo paneles policristalinos porque tienen una mejor eficiencia en costo y espacio a diferencia de los paneles monocristalinos, aparte que las compañías que se encargan de la construcción de plantas de recolección de energía solar utilizan en su mayoría paneles solares de 100w ya que producen una cantidad significativa de energía para cargar baterías. (Philips, 2021) en la figura 6 se puede apreciar los paneles solares utilizados en el módulo de pruebas.



Figura 6 Panel policristalino 100w

2.2.4 Inversor

EL inversor es un dispositivo que se utiliza en sistemas de energía solar para convertir la corriente continua (CC) producida por los paneles solares en corriente alterna (CA) que es compatible con el suministro de energía eléctrica para hogares y empresas. (eTesla, 2023) La función principal del inversor es convertir la energía solar en una forma que es utilizable para los consumidores y la red eléctrica.

Los inversores también se encargan de controlar la carga de baterías y monitorear la energía para maximizar la producción de energía solar. (AutoSolar, 2020). Para este estudio se utilizó un inversor de 100w como muestra la figura 7.

En general, los inversores son componentes clave de los sistemas de energía renovable y son fundamentales para hacer la energía solar utilizable. Y como el panel que se está empleando tiene una potencia máxima de 100w, se aplica la siguiente fórmula para estimar la potencia del inversor.

Potencia del inversor = Potencia del panel solar / (Factor de potencia del inversor * Eficiencia del inversor).

$$P = 111,11w$$

También se debe tomar en cuenta que, como regla general, que el tamaño del inversor debe ser similar a la potencia máxima del sistema de paneles solares, en este caso un inversor de 100w o 150w son óptimos para el sistema



Figura 7 Inversor 500w

Fuente: (eTesla, 2023)

2.2.5 Regulador

El regulador es un dispositivo o circuito que se utiliza para mantener una magnitud eléctrica o electrónica constante, como el voltaje, la corriente o la frecuencia. En el contexto de la energía solar, un regulador o regulador de carga solar es un dispositivo que se utiliza para controlar el flujo de energía entre los paneles solares y las baterías. (ENER CITY, 2020)

Su función principal es proteger las baterías de un exceso de carga o descarga, lo que puede dañarlas y reducir su vida útil. El regulador de carga solar también puede ayudar a optimizar la

eficiencia del sistema solar al asegurarse de que los paneles solares estén operando a su nivel máximo de rendimiento. (EATON, 2021)

Como el panel tiene una potencia de 100w, un voltaje máximo de 17 VDC y una corriente máxima de 6A es recomendable que el regulador sea de al menos 10A. como el que se muestra en la figura 8.



Figura 8 Regulador solar 12v

Fuente: (EATON, 2021)

2.2.6 Arduino Uno

El microcontrolador ATmega328P es la base del Arduino UNO representada en la figura 9, que cuenta con diversos elementos que lo hacen una herramienta útil en proyectos electrónicos. Entre sus características se incluyen 14 pines de entrada/salida digital (con 6 de ellos también funcionando con PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16 MHz, un conector USB, un enchufe Jack de alimentación, conectores ICSP y un botón de reinicio preinstalado. Gracias a estas características, el microcontrolador puede operar con facilidad simplemente al conectarlo a través del puerto USB o utilizar un transformador AC-DC (Arduino, 2022).

Una de sus características por las que utilizamos este Arduino es que debido a sus entradas y salidas analógicas facilita el trabajo al momento de su programación y adicional a eso cuenta con pines de propósito general.



Figura 9 Arduino Uno

Fuente: (Arduino, 2022)

2.2.7 Sensor de Temperatura DHT11

En la figura 10 se aprecia un sensor DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso (PROGRAMAFACIL, 2022), que se utiliza en proyectos de electrónica y en particular de Arduino. Este sensor integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir la temperatura circundante (NAYLAMP, 2021), y muestra los resultados a través de una señal digital que se puede leer utilizando una placa Arduino u otro microcontrolador.

La precisión del sensor es de ± 2 °C de temperatura y ± 5 % de humedad relativa. (Picino, 2020) El sensor DHT11 es un componente electrónico utilizado en proyectos de automatización de sistemas, control climático, monitoreo ambiental, etc.

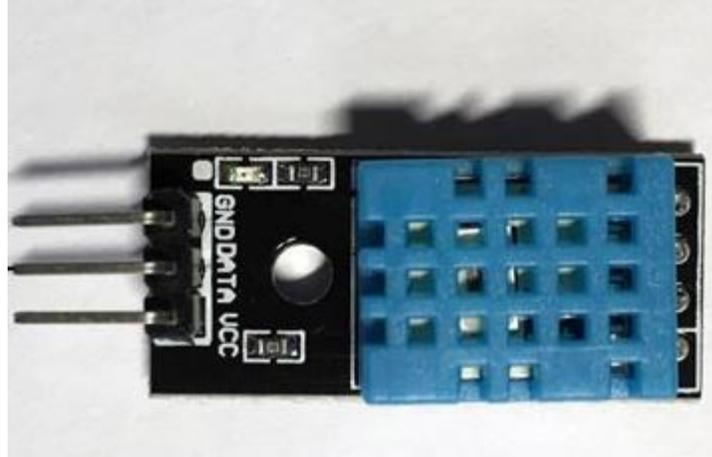


Figura 10 Sensor de Temperatura DHT11

Fuente: (NAYLAMP, 2021)

2.2.8 Sensor de corriente ACS712

El Sensor de corriente ACS712 como se muestra en la figura 11, es un dispositivo electrónico que se utiliza para medir la corriente que pasa por un conductor. Está basado en el efecto Hall y puede proporcionar mediciones precisas de corriente tanto en corriente directa (DC) como en corriente alterna (AC). El ACS712 se compone de un conductor de cobre que se coloca en serie con el circuito que se quiere medir y produce una salida de voltaje que es proporcional a la corriente que fluye por él. (NAYLAMP, 2021)

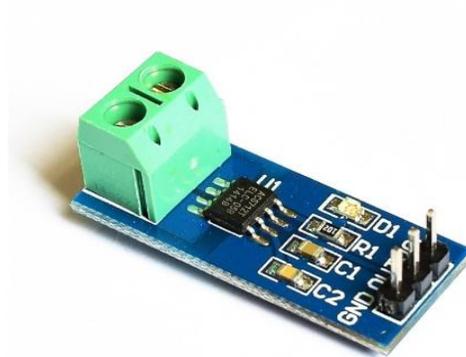


Figura 11 Sensor de corriente ACS712

Fuente (NAYLAMP, 2021)

Para su conexión es importante colocar el sensor en serie con el conductor que se desea medir, y para las conexiones en el módulo se debe guiar por los nombres de los respectivos pines, en la bornera debe conectarse la línea de la cual se desea tomar su medida, así como se muestra en la figura 12.



Figura 12 Conexión del sensor Acs712

Fuente (Arduino, 2022)

2.2.9 Sensor de voltaje FZ0430

El Sensor de Voltaje FZ0430 es un dispositivo electrónico que funciona como un divisor de tensión y que permite medir tensiones de hasta 25V en corriente continua (DC). Es un módulo que puede ser utilizado con el microcontrolador Arduino y otros sistemas electrónicos para la medición de voltajes en diferentes aplicaciones.

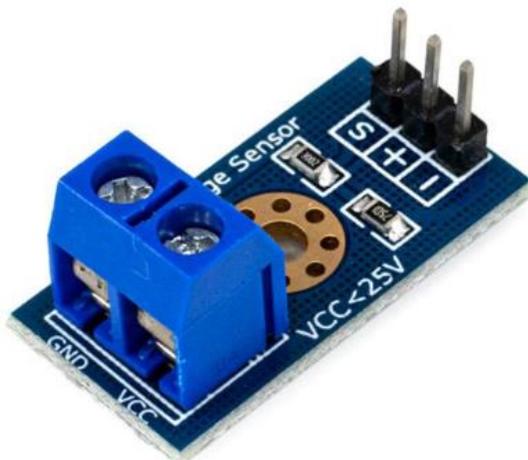


Figura 13 Sensor de voltaje FZ0430

Fuente (Picuino, 2020)

2.2.10 Nano-recubrimientos de Dióxido de Silicio

Este nano recubrimiento es considerado superior a otros recubrimientos debido a su tecnología nanotecnológica innovadora que crea una "capa inteligente" sobre la superficie aplicada que no solo protege eficazmente contra la suciedad, manchas y polvo, sino que también mejora la eficiencia energética del material sobre el que se aplica. Además, su efecto de autolimpieza es mucho más duradero que otros recubrimientos debido a que no se degrada con la luz solar u otras exposiciones ambientales y sigue siendo efectivo durante un período de tiempo mucho más largo.

Dióxido de Silicio es resistente a los rayos UV, a altas temperaturas y a la abrasión. Todos estos factores hacen que el Dióxido de Silicio sea una excelente opción para proteger y mejorar la eficiencia de una amplia variedad de superficies. (NanoPhos, 2019)

2.2.11 Nanoprotech Electrónico

Es un producto químico desarrollado por Nanoprotech que funciona como un anticorrosivo para proteger equipos electrónicos y eléctricos de la humedad y otros efectos ambientales agresivos. (Nanoprotech, 2022) Este producto brinda una protección al agua, al vapor y al óxido.

2.3 Diseño del módulo de pruebas.

Para evaluar la efectividad de los nano recubrimientos, se implementó un módulo de pruebas que consta de tres paneles solares de 100 W de potencia, cada uno conectado a sus respectivos reguladores e inversores. El valor de la potencia de salida de los paneles solares se visualiza en una pantalla LED, en la figura 14 se puede apreciar el primer boceto inicial para el diseño del módulo de pruebas.

Se utilizó un Arduino Uno y un sensor de temperatura y humedad para receptor información de la potencia de salida de los paneles solares, así como datos como la hora y las condiciones climáticas. Con la información obtenida, se creó una tabla para su posterior análisis.

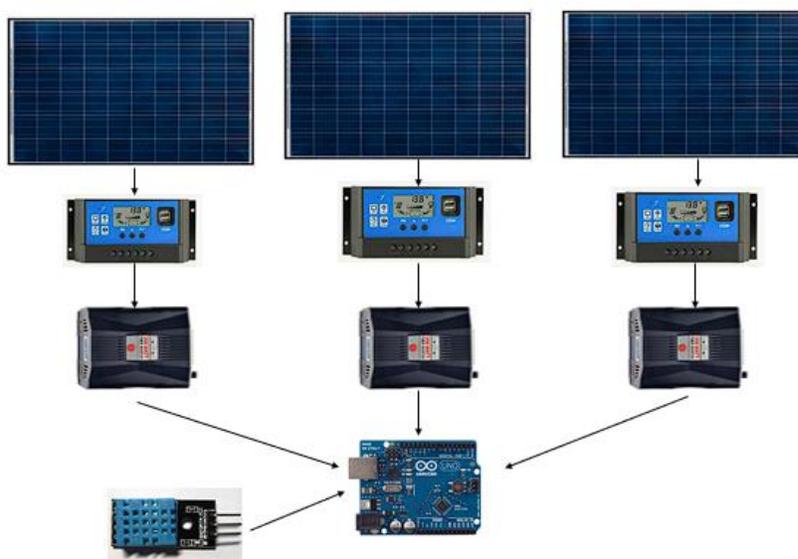


Figura 14 Diseño del módulo de pruebas

Para el diseño electrónico final se optó por utilizar 2 reguladores ya que cada regulador consta de 2 entradas para los paneles solares y se descartó utilizar 3 reguladores ahorrando presupuesto a su vez se utilizó un sensor de corriente ASC712 y un sensor de voltaje FZ0430 para cada panel solar, para controlar la carga se utilizó un inversor de 100w y por ultimo cuando el Arduino no esté conectado al programa se almacenara los datos en una tarjeta de memoria en la figura15 se aprecia el módulo electrónico terminado.

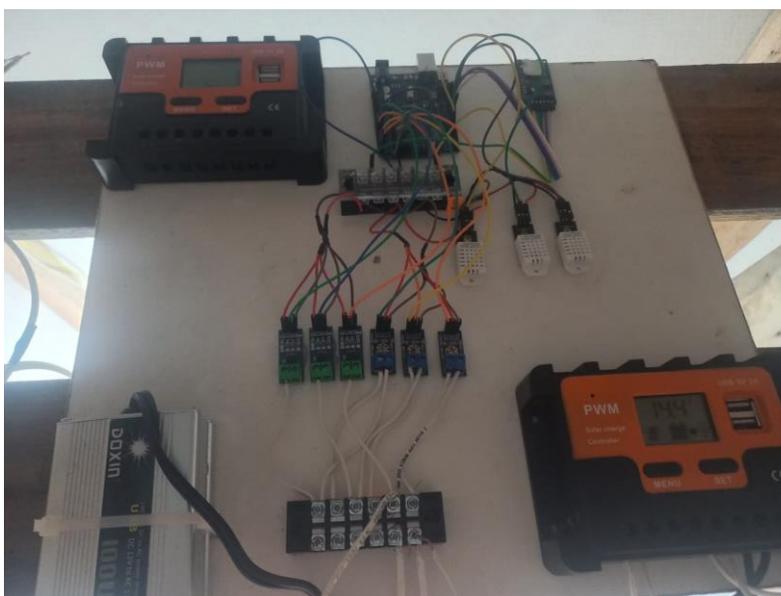


Figura 15 Módulo de pruebas parte electrónica

2.4 Diseño mecánico del módulo de pruebas

2.4.1 Inclinación de los paneles

Ecuador al estar situado en la mitad del mundo pertenece a los dos hemisferios, hemisferio norte y hemisferio sur, y para la presentación del presente proyecto ubicaremos los paneles con orientación hacia el sur. (Selectra, 2020) en la figura 16 se aprecia los ángulos de inclinación y orientación que generalmente se usan al momento de instalar paneles solares.

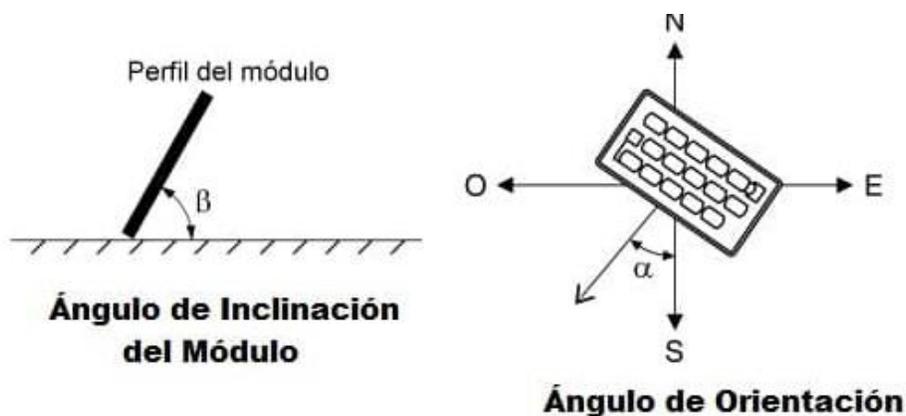


Figura 16 Ángulos de inclinación para paneles solares

Fuente (Selectra, 2020)

Según IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) LA INCLINACION de los paneles solares depende de las estaciones del año y su grado de inclinación tiene la siguiente formula. (Area Tecnologica., 2018), en la figura 17 se aprecia la inclinación optima según IDEA.



Figura 17 ángulo de inclinación de paneles

Fuente: (Area Tecnologica., 2018)

Con la ayuda de un nivel y un graduador se instaló los paneles solares a un ángulo de 36° con dirección al sur por la ubicación geográfica de donde se realizó el proyecto en la figura 18 se aprecia los paneles solares instalados en el techo del domicilio.



Figura 18 puesta de paneles solares en el techo de la vivienda

2.5 Puesta de los recubrimientos

La forma correcta de aplicar Nano-recubrimientos de Dióxido de Silicio en los paneles solares puede variar dependiendo de la superficie (G., 2018), la temperatura, la humedad y otros factores. Aunque generalmente, se recomienda lo siguiente:

- Limpiar bien la superficie: Antes de aplicar Nano-recubrimientos de Dióxido de Silicio, asegurarse de que la superficie esté limpia, seca y libre de polvo y suciedad.
- Agitar bien el producto: Agitar la botella de Nano-recubrimientos de Dióxido de Silicio durante al menos 30 segundos antes de aplicarlo.
- Aplicar el producto: Rociar Nano-recubrimientos de Dióxido de Silicio uniformemente sobre la superficie a una distancia de unos 20-30 centímetros, cubrir toda la superficie, incluidos los bordes y las esquinas.

- Dejar que el producto se asiente: Dejar que Nano-recubrimientos de Dióxido de Silicio se asiente en la superficie durante al menos 30 minutos antes de manipularla de nuevo.

Es importante tener en cuenta que la temperatura ideal para aplicar el producto es de alrededor de 20-25 grados Celsius, con una humedad relativa del 70%. Además, es recomendable usar guantes y gafas de protección mientras trabajas con cualquier producto químico.

Para aplicar Super Anticor Nanoprotech puede variar según el tipo de superficie o equipo que estés protegiendo, pero en general se recomienda lo siguiente:

- Limpiar la superficie: Asegúrate de que la superficie esté limpia, seca y libre de polvo y suciedad antes de aplicar el producto.
- Agita bien el producto: Agita la botella de Super Anticor Nanoprotech antes de usar para asegurarte de que sus componentes estén bien mezclados.
- Aplica el producto: Rocía Super Anticor Nanoprotech uniformemente sobre la superficie a una distancia de 20-30 centímetros, cubriendo toda la superficie con una capa uniforme.
- Deja que el producto se asiente: Deja que el producto se asiente en la superficie durante algunos minutos para permitir que se adhiera adecuadamente.

Es importante seguir las instrucciones de uso específicas del fabricante para obtener los mejores resultados y protección. Además, siempre es recomendable usar guantes y gafas protectoras durante la aplicación y manejo de cualquier producto químico.

3 Capítulo 3

Análisis de resultado

En el presente capítulo se procede a realizar su análisis comparativo del panel 0, el panel 1 y el panel 2 de los datos obtenidos en 90 días, en el cual se revisará los datos obtenidos individualmente y luego se los comparará a los tres paneles juntos.

3.1 Panel 0

Se denomina panel 0 al panel que no está sometido a ningún recubrimiento, este panel se encuentra ubicado a la derecha del módulo de pruebas, en total se recolectaron 2160 datos distribuidos durante 90 días cada 10 minutos desde las 11 de la mañana hasta las 3 de la tarde ya que estas horas se registran la radiación más alta del día.

En los primeros 30 días se observó que la potencia del panel es directamente proporcional a la temperatura si la temperatura sube la potencia aumenta en este rango de días se obtuvo una media de temperatura de 19.77°C y una media de 1.76W , como se aprecia en la figura 19.

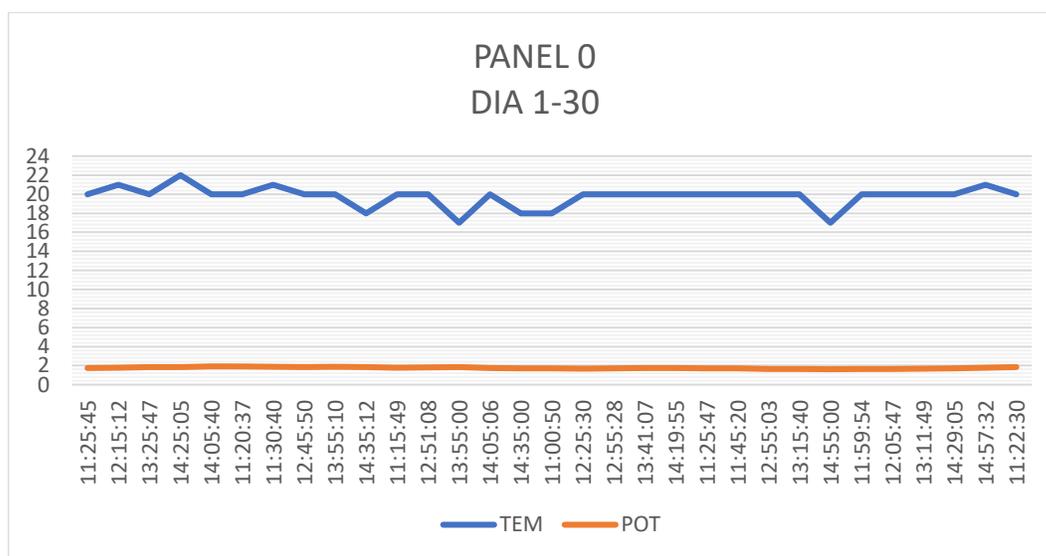


Figura 19 datos obtenidos del panel 0 del día 1 al día 30

Posterior a los días 31 al 60 se observó una similitud a los primeros días ya que no se observa un cambio brusco en las líneas de datos, manteniendo una temperatura media de 19.5°C y una potencia de salida de 1.74W. como se muestra en la figura 20.

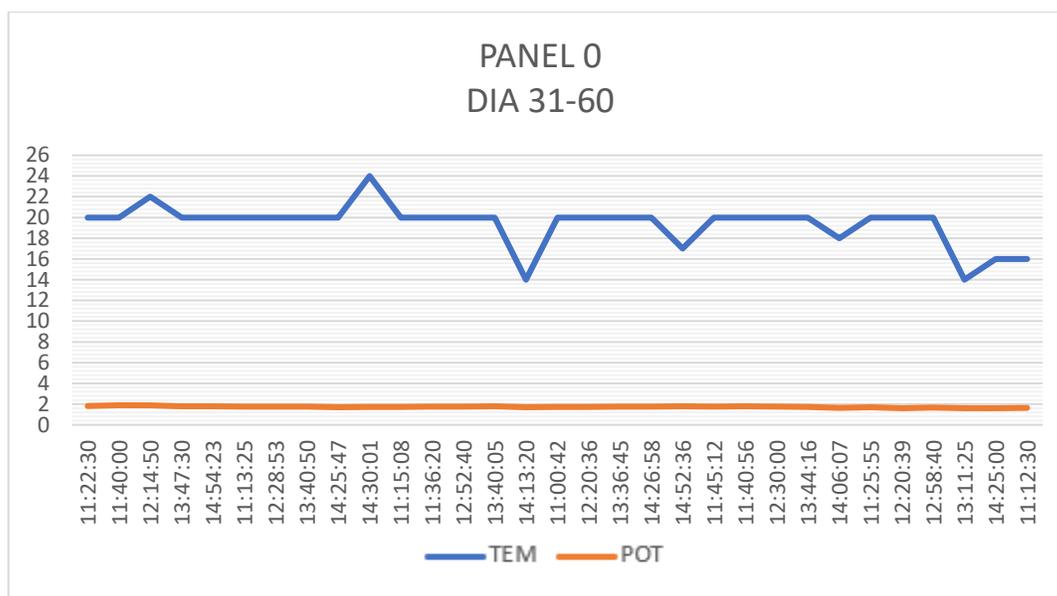


Figura 20 datos obtenidos del panel 0 del día 31 al día 60

Para los últimos 30 días se observó que el panel 0 al no estar sometido a ningún recubrimiento no tiene cambio significativo en la entrega de potencia del panel ya que teniendo una temperatura media de 18.39°C se obtuvo una potencia de salida de 1.77W tal cual se registró en la figura 21.

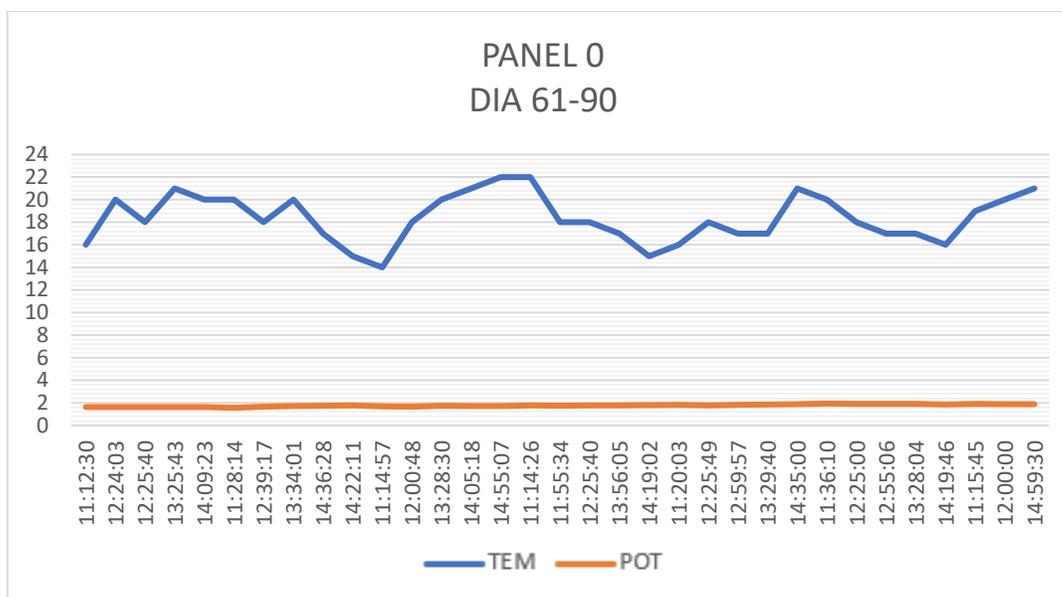


Figura 21 adatos obtenidos del panel Odel día 61 al día 90

3.2 Panel 1

En el panel 1 el cual se encuentra ubicado en la mitad del módulo de pruebas fue sometido al recubrimiento hidrofóbico Super Anticor Nanoprotech que al igual que el panel 0 se recolectaron 2160 datos distribuidos durante 90 días cada 10 minutos desde las 11 de la mañana hasta las 3 de la tarde, obteniendo que en los primeros 30 días a una temperatura de 19.77°C se obtuvo una salida de potencia de 1.76W como se observa en la figura 22, cabe recalcar que en el transcurso de estos días no existió la presencia de lluvia.

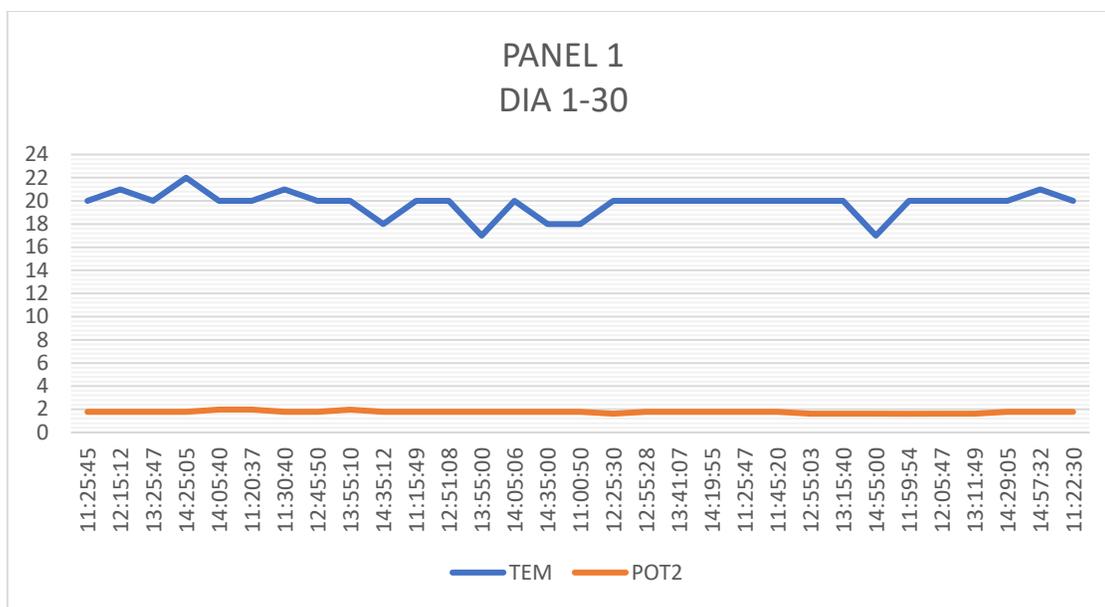


Figura 22 datos obtenidos del panel 1 del día 1 al día 30

En los posteriores días se observó que la potencia de salida del panel 0 y panel 1 tienen datos muy similares esto debido a que no existe presencia de lluvias obteniendo una potencia de 1.75W. con una temperatura media de 19.5°C. cómo se pudo registrar en la figura 23.

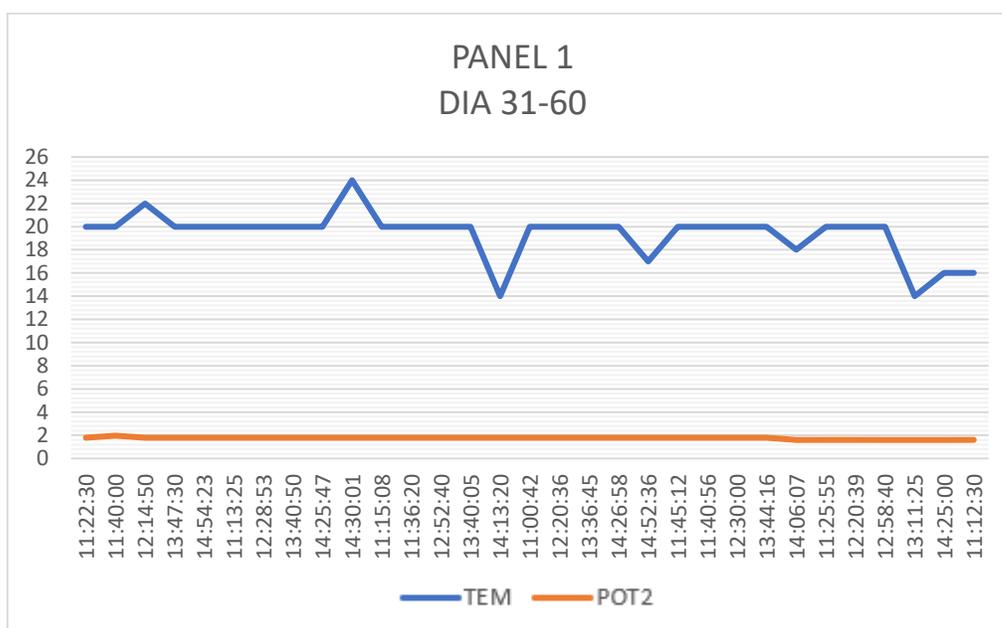


Figura 23 datos obtenidos del panel 1 del día 31 al día 60

En los últimos 30 días los datos obtenidos continuaron siendo similares al panel 0 teniendo en cuenta que en el transcurso de los 90 días solo existieron 5 días con lluvia y en el transcurso de estos últimos 30 días se obtuvo una temperatura media de 18.39°C y una potencia de salida de 1.77W lo cual se puede apreciar en la figura 24.

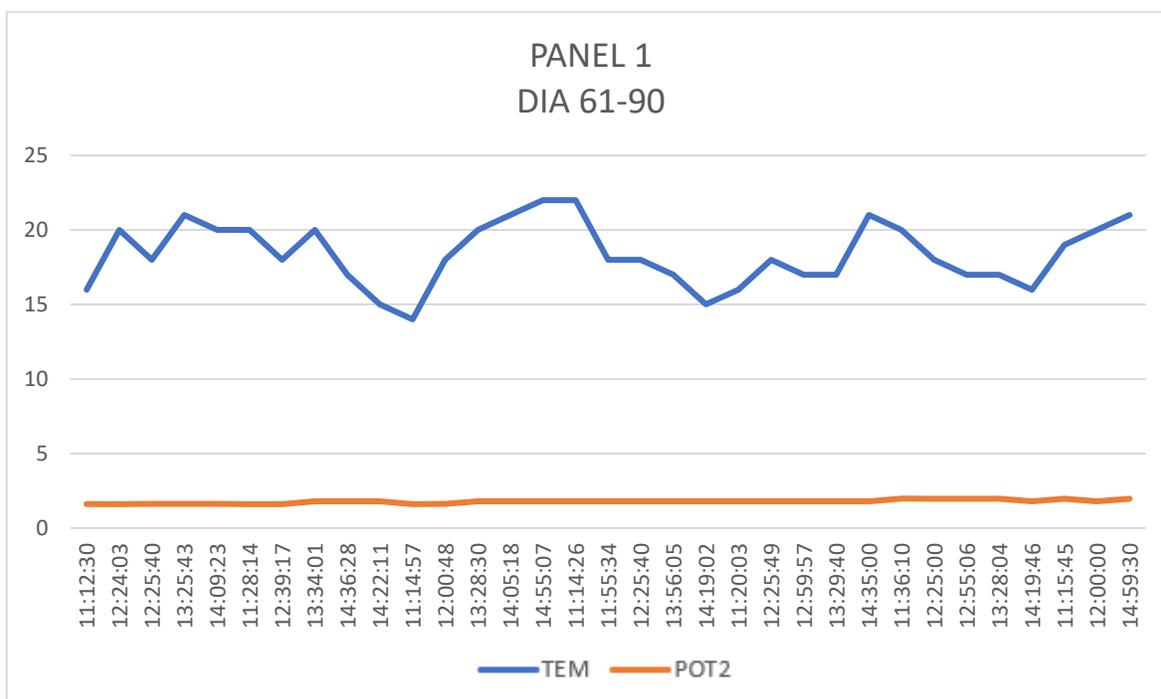


Figura 24 datos obtenidos del panel 1 del día 61 al día 90

3.3 Panel 2

Se denomina panel 2 al panel ubicado en la izquierda del módulo de pruebas el cual esta recubierto por el nano recubrimiento SurfaShield G, del panel 2 al igual que los demás paneles se obtuvo recolectaron 2160 datos distribuidos durante 90 días cada 10 minutos desde las 11 de la mañana hasta las 3 de la tarde y en los primeros 30 días a una temperatura media de 19.77°C se obtuvo una salida de potencia de 1.97W en la figura 25 se aprecia estos valores.

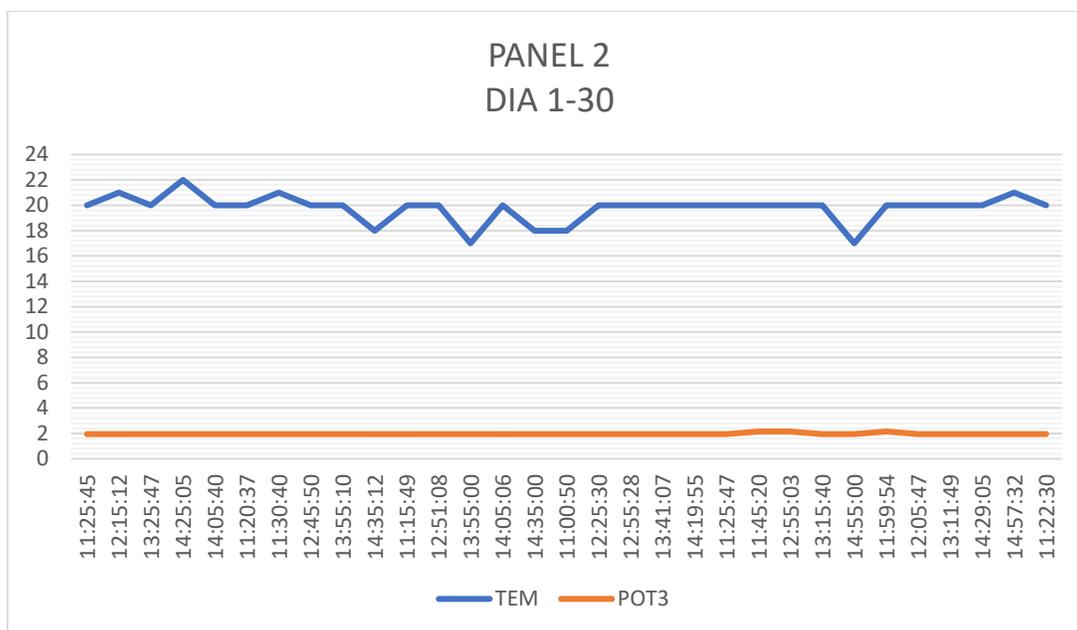


Figura 25 datos obtenidos del panel 2 del día 1 al día 30

En esta situación ya existe una ligera diferencia entre el panel 0 y panel 1 ya que la potencia del panel 2 es mayor y en los posteriores 30 días se obtuvo que a una temperatura media de 19.5°C se obtuvo una potencia de salida de 19.3W , como se observa en la figura 26.

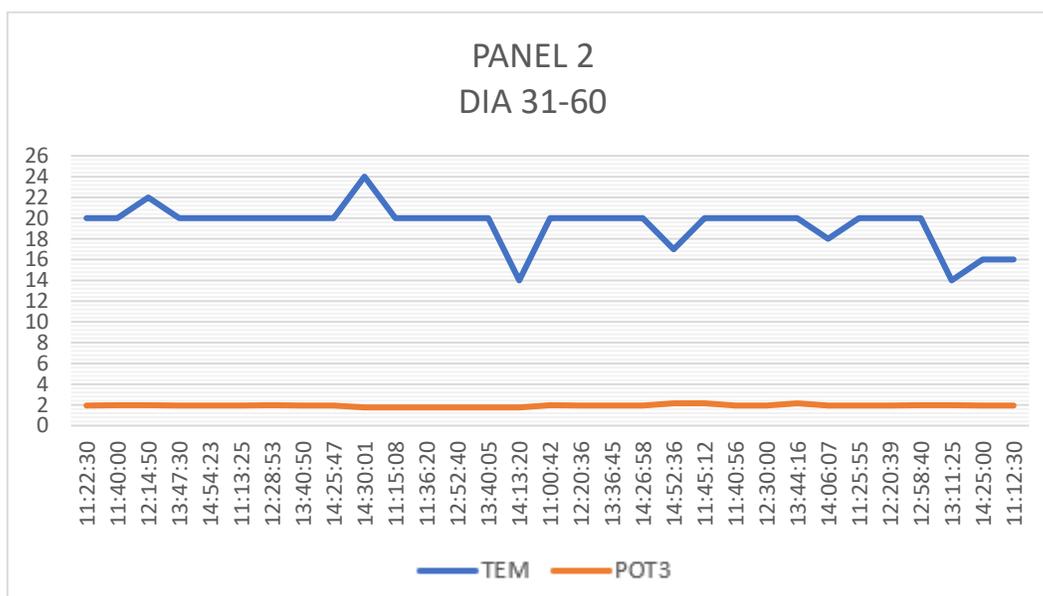


Figura 26 datos obtenidos del panel 2 del día 31 al día 60

Para los últimos 30 días se pudo apreciar que la potencia obtenida de los paneles se mantiene constante y las propiedades del nanorecubrimiento no ha sido afectadas en este lapso de tiempo, en la figura 27 se observa que a una temperatura media de 18.39°C se obtuvo una potencia de salida de 1.92W .

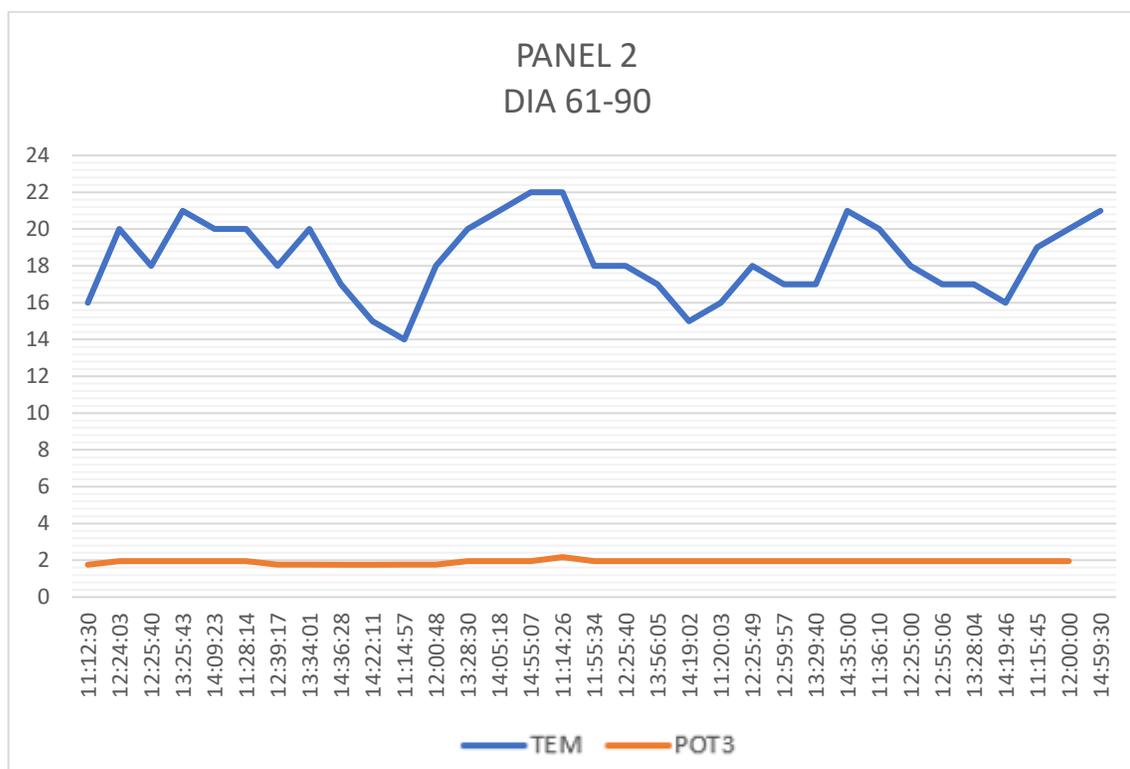


Figura 27 datos obtenidos del panel 2 del día 61 al día 90

3.4 Datos 1-30 días

En los primeros 30 días se pudo apreciar que desde el inicio el panel 2 tenía un mejor rendimiento que los demás ya que en la mayoría de los datos obtenidos la potencia del panel 2 se encuentra por encima de los 1.9W y la potencia del panel 0 y panel 1 tienen datos similares, en la tabla 2 se observa la potencia mínima máxima y media de los paneles en estos 30 días.

DIA 1-30			
	PANEL 0(W)	PANEL 1(W)	PANEL 2(W)
MIN	1,62	1,61	1,95
MAX	1,92	1,97	2,15
MEDIANA	1.76	1.76	1.97

Tabla 2 resumen de datos obtenidos en los primeros 30 días

En la figura 28 se observa las líneas que representa la potencia de salida de los paneles en la que se aprecia que la potencia del panel 2 se mantuvo por encima de los demás paneles en la mayoría de los 30 días.

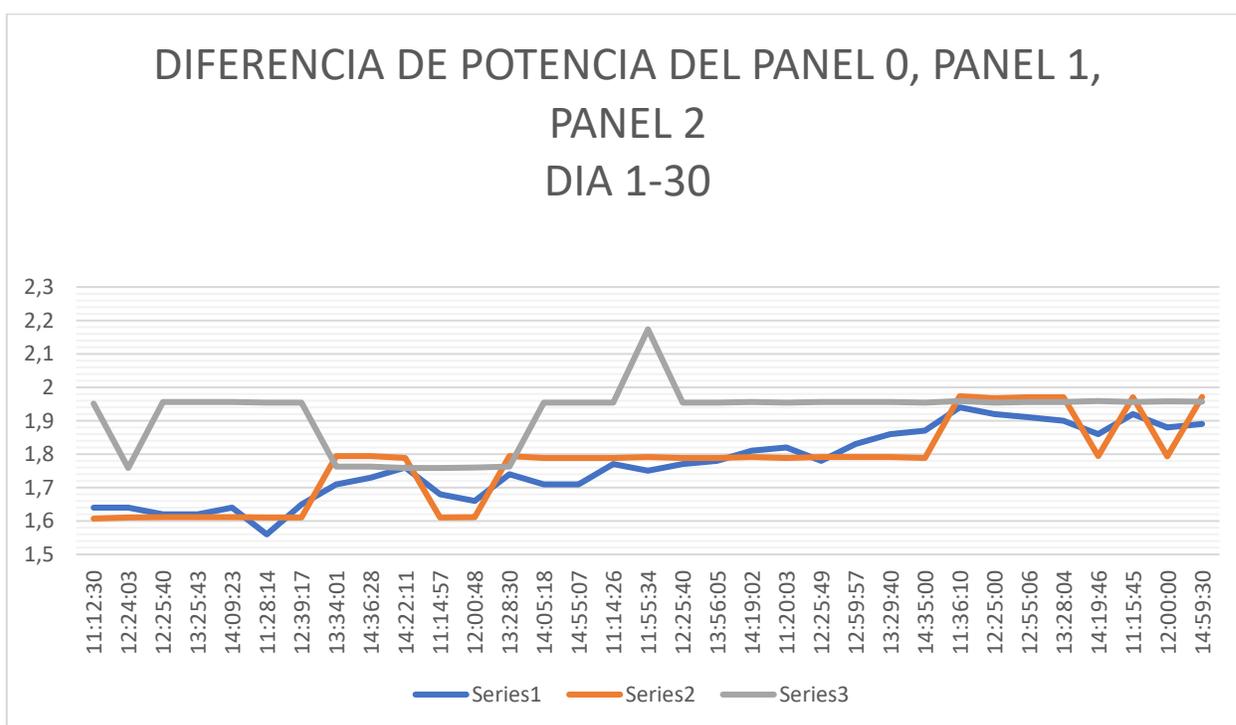


Figura 28 diferencia de potencia de salida del panel 0, panel 1, panel 2

3.5 Dia 31 -60

Al apreciar las gráficas del módulo de pruebas en los días 31-60 se observa que la potencia del panel 0 con la del panel 1 siguen siendo similares y no varían mucho a diferencia del panel

2 el cual se sigue manteniendo por encima de los demás paneles. Obteniendo los siguientes datos en la tabla 3.

DIA 31-60			
	PANEL 0(W)	PANEL 1(W)	PANEL 2(W)
MIN	1,6	1,61	1,76
MAX	1,89	1,97	2,15
MEDIANA	1.76	1.76	1.97

Tabla 3 resumen de datos obtenidos en los días 31-60

Para los días 31-60 se mantiene la diferencia de potencia con respecto al panel 2 en comparación al panel 0 y panel 1 como se aprecia en la figura 29.

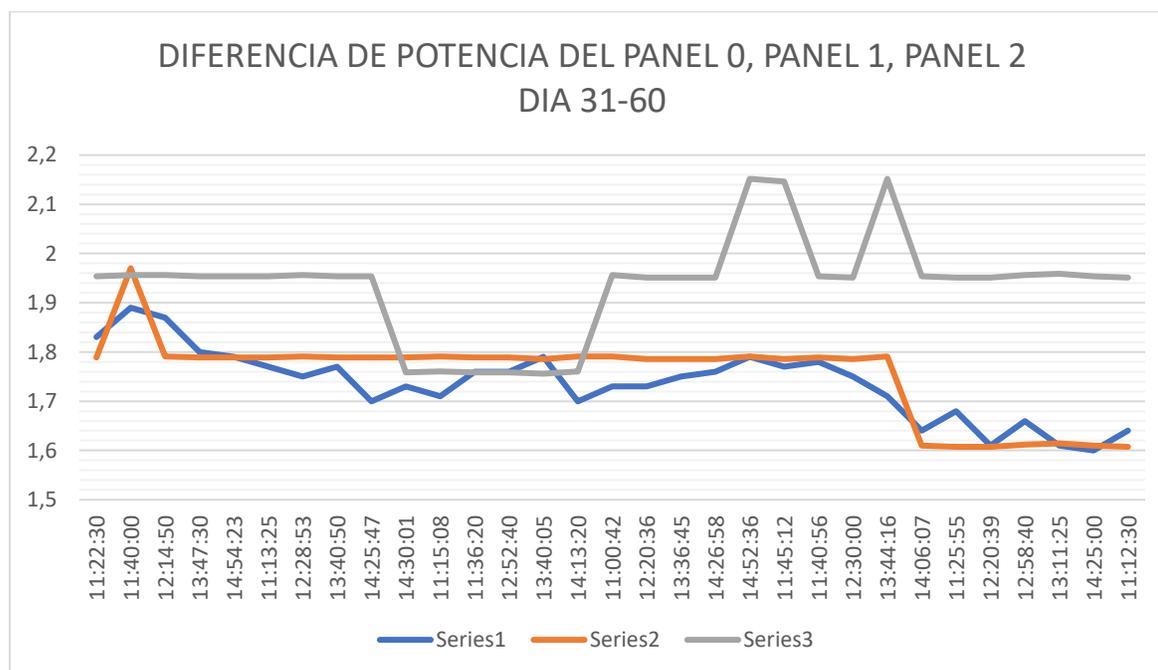


Figura 29 diferencia de potencia de salida del panel 0, panel 1, panel 2 día 31 -60

3.6 Dia 61-90

Para los últimos días se puede apreciar que el recubrimiento aplicado en el panel 2 no causo un impacto significativo con respecto al panel que no está sometido a ningún recubrimiento ya que comparten datos similares, a diferencia del panel 2 el cual, si muestra una diferencia ya que

su potencia fue mayor a de los dos paneles restantes manteniéndose estable en todo el proceso, tal cual se registra en la tabla 4 y en la figura 30.

DIA 61-90			
	PANEL 0(W)	PANEL 1(W)	PANEL 2(W)
MIN	1,56	1,61	1,76
MAX	1,94	1,97	2,17
MEDIANA	1.76	1.76	1.97

Tabla 4 resumen de datos obtenidos en los días 61-90

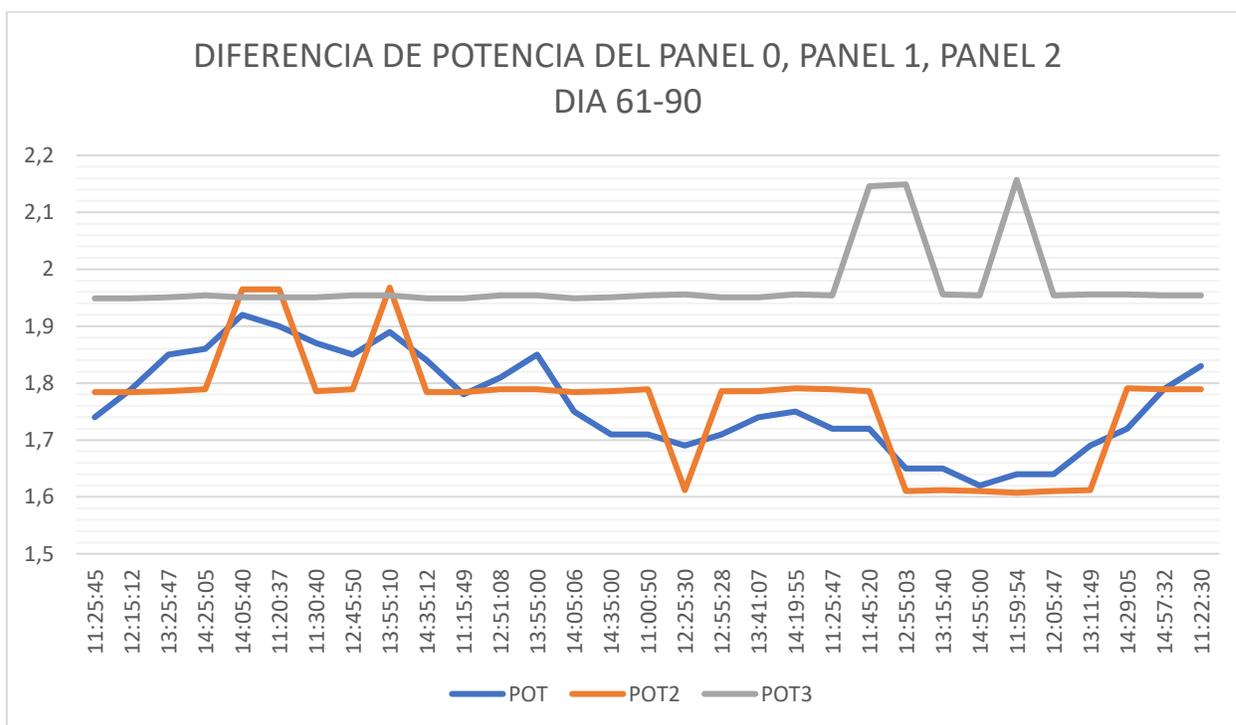


Figura 30 diferencia de potencia de salida del panel 0, panel 1, panel 2 día 61 -90

Resumen.

A lo largo de 90 días se recolecto datos de un módulo de pruebas el cual tenía 3 paneles solares policristalinos de 1.03m de largo y 0.63m de ancho los cuales uno no estuvo recubierto por ningún liquido el segundo panel estaba recubierto por Super Anticor Nanoprotech el cual

es un nano recubrimiento hidrofóbico y el tercer panel estaba sometido al nano recubrimiento Dióxido de Silicio el cual ayuda al rendimiento de los paneles al contacto con el polvo.

Debido a que Excel solo puede retener 250 datos en serie para realizar un gráfico se procedió a dividir el estudio en 30 días obteniendo datos de temperatura, humedad, corriente del panel, voltaje del panel y potencia de salida del panel esto para todo el módulo.

El panel 2 tuvo un mejor rendimiento a lo largo de los 90 días de estudio obteniendo una media de 0.2W mayor con respecto a los demás paneles incluso en días en los cuales existió presencia de lluvia se tomó encuentra que a lo largo del estudio solo se registró 5 días con presencia de lluvia lo cual afecto el rendimiento del segundo panel y por ende tiene resultados similares a los del panel 0.

3.7 CONCLUSIONES

- Los sistemas fotovoltaicos permiten obtener energía eléctrica a través de un proceso químico en las celdas solares transformando energía térmica en energía solar, obteniendo energía de manera limpia y sin contaminar a diferencia de otras formas convencionales de recolección de energía, pero estos sistemas no son completamente eficientes y la nanotecnología es una buena opción para mejorar el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos.
- El diseño del módulo de pruebas para la recolección de datos necesito un diseño electrónico para el proceso de lectura de datos como temperatura, humedad corriente voltaje y fecha aparte el diseño mecánico para una correcta instalación de los paneles solares y aprovechar de manera eficiente la radiación solar.

- Con los datos obtenidos de un proceso de 90 días se obtuvo que el nano recubrimiento de Dióxido de Silicio logro mejorar el rendimiento de los paneles solares en un 6.85 % ya que la potencia obtenida es mayor al resto de los paneles.

3.8 RECOMENDACIONES

- Se recomienda una recolección de datos en un periodo de tiempo donde exista una mayor afluencia de lluvias para tener una mejor percepción de la utilidad del recubrimiento hidrofóbico ya que para la presente investigación existió 5 días de lluvia.
- Realizar un estudio con los diferentes tipos de paneles solares como el monocristalino para determinar si el recubrimiento es eficiente en los demás tipos de paneles, adicional realizar el estudio en un lugar donde la radiación solar sea mayor.
- Diseñar un módulo de pruebas que involucre una carga para los paneles de forma individual y ver si existe una variación en la potencia obtenida de los paneles.

BIBLIOGRAFÍA

- Abderrezek, M. (2017). *Estudio experimental del efecto del polvo en el rendimiento energético de los paneles fotovoltaicos*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/312267990_Experimental_study_of_the_dust_effect_on_photovoltaic_panels'_energy_yield
- Adriana, C. J. (2017). *Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones*. Bogota. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4196/cepedajuan2017.pdf?sequence=1#:~:text=Los%20efectos%20del%20nivel%20de,de%20energ%C3%ADa%20de%20un%20panel.>
- Alonso, M. (2018). *Sistemas Fotovoltaicos*. Madrid: Ciemat. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38373658/SISTEMAS_FOTOVOLTAICOS-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1644326249&Signature=BOedDAgTZn32NzAJsiDpDDGRj5Sd0QMgJ6mBIraOlp4WozPMnVJ2ssMFG~ufaOitKOvBkFrRIssdWAW6X1YtnnkK2ZssfX4cpHZTjHsMu~Zdz5eVXWbSoGc17ZwRRMBpuCpXs
- Anónimo. (2020). *Instalaciones solares fotovoltaicas puestas a red*. Obtenido de *Sistemas fotovoltaicos conectados a red*: https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/ISF/ISF05/es_IEA_ISF05_Contenidos/website_2_sistemas_fotovoltaicos_conectados_a_red.html

- Aparicio, M. P. (2015). *Energía Solar Fotovoltaica*. Barcelona: Marcocomba S.A.
- Arango, F. P. (2016). *Análisis de dos metodologías para operar un sistema solar fotovoltaico en el punto de máxima transferencia de potencia*. Obtenido de <https://studylib.es/doc/4746888/trabajo-de-grado-ingenieria-electrica>
- Arduino. (2022). *Arduino*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/reference/en/>
- AutoSolar. (2020). *AutoSolar.com*. Obtenido de <https://autosolar.es/energia-solar/que-es-un-panel-solar>
- BBVA. (2021). *BBVA*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-los-paneles-solares-como-funcionan-y-cual-es-su-futuro/>
- Bernal, R. M. (2017). *Estimación de la eficiencia de un sistema de energía eléctrica basado en paneles solares considerando variables ambientales en la ciudad de Bogotá*. Bogotá: Universidad Santo Tomaz.
- Carrillo, J. I. (2012). *Efecto del polvo sobre la eficiencia eléctrica de módulos fotovoltaicos de silicio*. Mexico: Universidad de Sonora.
- Castelo, D. (2020). Que es la energía fotovoltaica. *APPA Renovables*. Obtenido de www.appa.es
- Channel, W. (2022). Obtenido de <https://weather.com/weather/today/l/0.04,-78.21?par=google>
- Climate, S. (2019). *Climate Change impacts explained in real time*. Obtenido de <https://www.climatesignals.org/climate-signals/atmospheric-moisture-increase#more>
- Cordis. (2018). *Sin polvo ni suciedad: la solución de la nanotecnología para los sistemas fotovoltaicos*. Obtenido de <https://cordis.europa.eu/article/id/124363-no-more-dirt-and-dust-nanotechnology-solution-for-photovoltaic-systems/es>

- Dubey, S. (2013). *Eficiencia fotovoltaica dependiente de la temperatura y su efecto en la producción fotovoltaica en el mundo*. Creative Commons. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213000829?via%3Dihub>
- EATON. (2021). Obtenido de <https://www.eaton.com/ar/es-mx/products/medium-voltage-power-distribution-control-systems/voltage-regulators/voltage-regulators--fundamentals-of-voltage-regulators.html>
- ECO GREEN ENERGY. (14 de Septiembre de 2021). Obtenido de <https://www.eco-greenenergy.com/es/que-factores-afectan-la-eficiencia-del-sistema-fotovoltaico-solar/>
- ENER CITY. (2020). Obtenido de Energía Limpia: <https://energitysa.com/blog/regulador-de-carga-solar-2/>
- Espinel, M. (2020). Manal de diseño e instalación Fotovoltaica. *SOLAR ENERGY INTERNATIONAL*.
- eTesla. (2023). *eTesla paneles solares*. Obtenido de <https://etesla.mx/que-es-un-inversor-de-corriente-y-que-hace/>
- G., S. (2018). fFicha de Producto. Obtenido de <https://cdn.website-editor.net/0374fb17409b483dbdad10d48ddf7ae5/files/uploaded/SurfaShield%2520G.pdf>
- González, G. M. (2019). Inversores inteligentes en sistemas de energía solar fotovoltaica. *Universitarios Potosinos*, 48.
- Hernández, L. (2013). Nanotecnología para la energía fotovoltaica. *Revista Mexicana de Física*, 10.

Jhonatan, G. R. (2018). *La energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/10312>

Jiménez, D. L. (s.f.). *Recubrimientos autolimpiables de alto desempeño para superficies fotovoltaicas*. Mexico: 2020.

Jofra, M. (2019). *Energía renovables para todos*. (F. d. madrid, Editor) Obtenido de http://www.instalacionesindustriales.es/documentos/divrenovables/cuaderno_FOTOVOLTAICA.pdf

Lamigueiro, O. P. (2013). *Energía Solar Fotovoltaica*. España: Creative Commons. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Oscar-Perpignan-Lamigueiro/publication/249012821_Energia_Solar_Fotovoltaica/links/02e7e51e80783f1d9f000000/Energia-Solar-Fotovoltaica.pdf

Manna, D. L. (2014). *Reconfigurable electrical interconnection strategies for photovoltaic arrays: A review*. Elsevier. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114000926>

Maps, G. (2023). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/La+Playita/@0.0467563,-78.2121329,704m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x8e2a0bc029d73ec7:0x5649c1d8c1b2d7c1!8m2!3d0.0477219!4d-78.2094185!16s%2Fg%2F11fkf5rzh6>

Marin, C. E. (s.f.). *La Energía Solar Fotovoltaica en España*. Universidad de Murcia. Obtenido de <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/1443/espejomarin.pdf?sequence=1>

Mascotte, E. H. (2015). *Estudio de las características de una celda fotovoltaica para el uso eficiente de la energía solar*. Obtenido de https://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/868/pdf_129

Maxeon. (2020). *SUNPOWER*. Obtenido de FROM MAXEON SOLAR TECHNOLOGIES: <https://sunpower.maxeon.com/es/blog/solar-that-thrives-in-humidity>

Moledo, F. J. (2019). *La nanotecnología en las energías renovables: análisis de aplicaciones desarrolladas, reducción de costes y derechos de propiedad industrial*. Madrid.

NanoPhos. (2019). Obtenido de <https://nanophos.com/>

Nanoprotech. (2022). Distribuidor exclusivo nanoprotech. Obtenido de <https://nanoprotechmx.com/>

NAYLAMP. (2021). Obtenido de MEGATRONICS: <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/57-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht11.html>

NCYT. (19 de Enero de 2017). *Amazings* . Obtenido de Noticias de la ciencia y tecnología: <https://noticiadelaciencia.com/art/22682/gran-aumento-de-eficiencia-en-paneles-solares-gracias-a-la-nanotecnologia>

Perpiñan, L. O. (2019). *Sistemas Fotovoltaicos Autònomos*. Obtenido de https://oscarperpinan.github.io/esf/SFA_Componentes.pdf

Perpiñan, O. (2013). *Energía Solar Fotovoltaica*. España: Creative Commons.

Philips. (2021). Obtenido de Iluminacion Solar: <https://www.assets.signify.com/is/content/Signify/Assets/philips-lighting/mexico/20210817-solar-lighting-catalog.pdf>

Picuíno. (2020). Obtenido de <https://www.picuíno.com/es/control-sensor-dht11.html>

PROGRAMAFACIL. (2022). Obtenido de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-dht11-temperatura-humedad-arduino/>

Rayssa. (2019). Obtenido de Expertos en energía solar: <https://www.rayssa.cl/como-funcionan-las-baterias-solares-en-el-sistema-fotovoltaico/>

Reguera, F. J. (2015). *Anàlisis de la degradaciòn de mòdulos fotovoltaicos.* Obtenido de https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/3524/0675_Reguera.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Romero, J. (2015). *Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador.* Barcelona.

Sharc, S. (2022). *Solar Sharc el futuro de la proteccion fotovoltaica.* Obtenido de <https://solarsharc.com/#intro>

SolarPlak. (2020). Obtenido de <https://solarplak.es/energia/que-es-el-factor-de-potencia/#:~:text=El%20factor%20de%20potencia%20de%20un%20inversor%20fotovoltaico%20es%2C%20al,valor%20m%C3%A1ximo%20es%20de%201.>

Soto, E. (2018). *Phineal.* Obtenido de El polvo enemigo silencioso de la energía solar: <https://www.phineal.com/el-polvo-enemigo-silencioso-de-la-energia-solar/>

Sun Fields. (2020). Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/autoconsumo/funcionamiento-inversor-fotovoltaico/>

Topographic-map. (2021). *Topographic-map.com.* Obtenido de <https://es-ec.topographic-map.com/map-nd83l/Tabacundo/>

Vicente, P. d. (2019). *Shading position effects on photovoltaic panel output power*. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/2050-7038.12163>

3.9 Anexos

```

DTHVARIOS | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Select Board

DTHVARIOS.ino
1  #include <DHT.h> // importa la Librerias DHT
2  #include <DHT_U.h>
3
4  int SENSOR1 = 5,SENSOR2=6,SENSOR3=7; // pin DATA de DHT22 a pin digital 2
5  int TEMP1,TEMP2,TEMP3;
6  int HUM1,HUM2,HUM3;
7  float voltaje=0,v1=0,v2=0,v3=0, vpanel1=0,vpanel2=0,vpanel3=0,sensibilidad=0.185,I1=0,I2=0,I3=0,coefi=0.01;
8  float I1f=I1,I2f=I2,I3f=I3;
9  float potencia1=0,potencia2=0,potencia3=0;
10 DHT dht1(SENSOR1, DHT22); // creacion del objeto, cambiar segundo parametro
11 DHT dht2(SENSOR2, DHT22);
12 DHT dht3(SENSOR3, DHT22);
13 void setup(){
14     Serial.begin(9600); // inicializacion de monitor serial
15     dht1.begin();
16     dht2.begin();
17     dht3.begin(); // inicializacion de sensor
18 }
19
20 void loop(){
21     //LECTURA DE VOLTAJES DE PANEL///
22     vpanel1 = (float)25*analogRead(A3)/1023;
23     vpanel2 = (float)25*analogRead(A4)/1023;
24     vpanel3 = (float)25*analogRead(A5)/1023;
25     //CALCULO DE CORRIETE
26     v1=analogRead(A0)*(5.00/1023);
27
28     v2=analogRead(A1)*(5.00/1023);
29     v3=analogRead(A2)*(5.00/1023);
30

```

```

DTHVARIOS | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Select Board

DTHVARIOS.ino
30
31 I1= (v1-2.5)/sensibilidad;
32 I1f= coefi*I1+(1.0-coefi)*I1f; // filtro
33
34 I2= (v2-2.5)/sensibilidad;
35 I2f= coefi*I2+(1.0-coefi)*I2f; // filtro
36
37 I3= (v3-2.5)/sensibilidad;
38 I3f= coefi*I3+(1.0-coefi)*I3f; // filtro
39
40 //CALCULO POTENCIA
41 potencia1=vpanel1*I1f;
42 potencia2=vpanel2*I2f;
43 potencia3=vpanel3*I3f;
44 // LECTURAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD
45 TEMP1 = dht1.readTemperature(); // obtencion de valor de temperatura
46 HUM1 = dht1.readHumidity(); // obtencion de valor de humedad
47 TEMP2 = dht2.readTemperature(); // obtencion de valor de temperatura
48 HUM2 = dht2.readHumidity(); // obtencion de valor de humedad
49 TEMP3 = dht3.readTemperature(); // obtencion de valor de temperatura
50 HUM3 = dht3.readHumidity(); // obtencion de valor de humedad

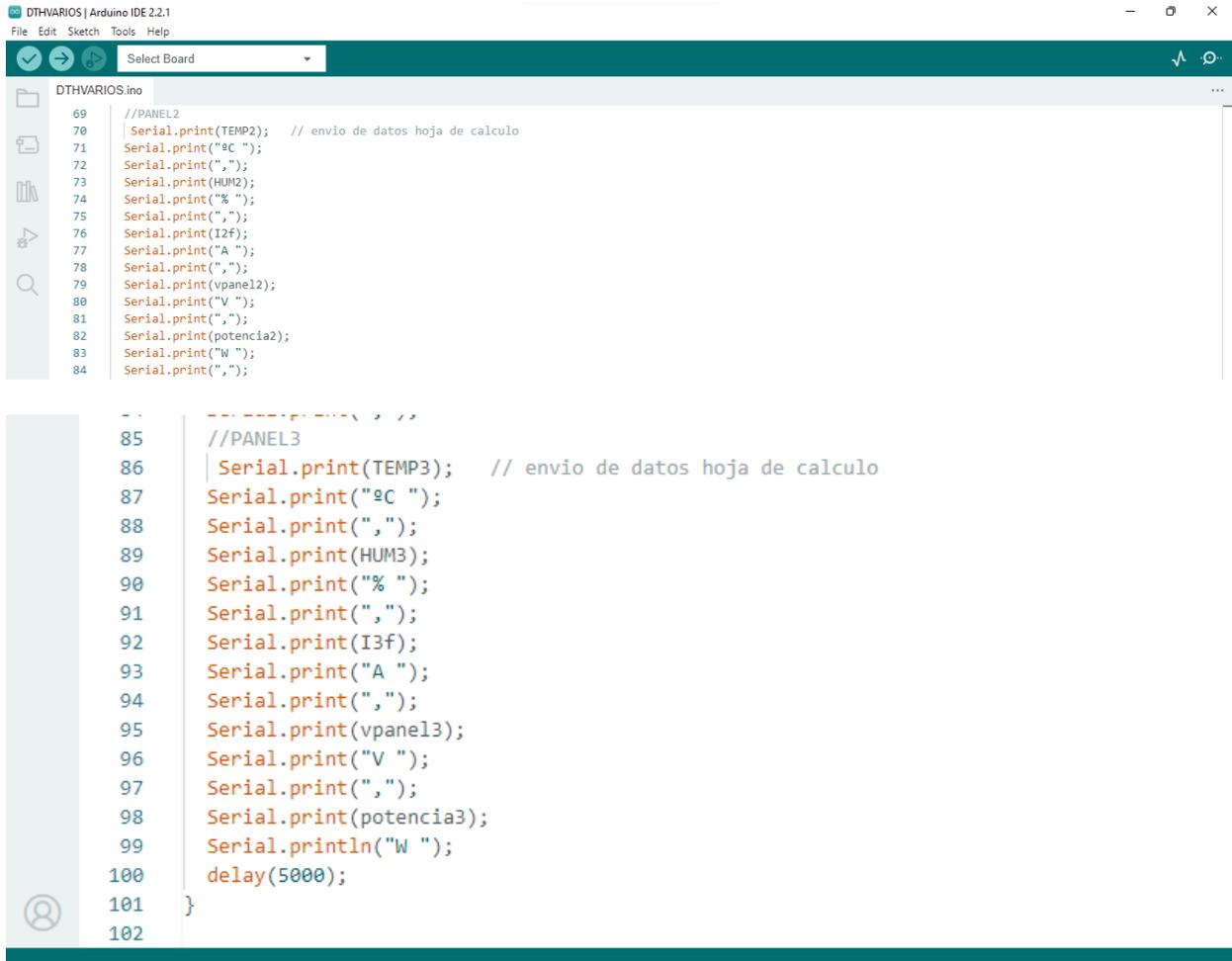
```

```

DTHVARIOS | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Select Board

DTHVARIOS.ino
51
52 //IMPRESION DE DATOS PUERTO SERIAL Y EXCEL
53 //PANEL1
54 Serial.print(TEMP1); // envio de datos hoja de calculo
55 Serial.print("°C ");
56 Serial.print(",");
57 Serial.print(HUM1);
58 Serial.print("% ");
59 Serial.print(",");
60 Serial.print(I1f);
61 Serial.print("A ");
62 Serial.print(",");
63 Serial.print(vpanel1);
64 Serial.print("V ");
65 Serial.print(",");
66 Serial.print(potencia1);
67 Serial.print("W ");
68 Serial.print(",");

```



```
DTHVARIOS | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Select Board

DTHVARIOS.ino
69 //PANEL2
70 | Serial.print(TEMP2); // envio de datos hoja de calculo
71 Serial.print("9C ");
72 Serial.print(",");
73 Serial.print(HUM2);
74 Serial.print("% ");
75 Serial.print(",");
76 Serial.print(I2f);
77 Serial.print("A ");
78 Serial.print(",");
79 Serial.print(vpanel2);
80 Serial.print("V ");
81 Serial.print(",");
82 Serial.print(potencia2);
83 Serial.print("W ");
84 Serial.print(",");

...
85 //PANEL3
86 | Serial.print(TEMP3); // envio de datos hoja de calculo
87 Serial.print("9C ");
88 Serial.print(",");
89 Serial.print(HUM3);
90 Serial.print("% ");
91 Serial.print(",");
92 Serial.print(I3f);
93 Serial.print("A ");
94 Serial.print(",");
95 Serial.print(vpanel3);
96 Serial.print("V ");
97 Serial.print(",");
98 Serial.print(potencia3);
99 Serial.println("W ");
100 delay(5000);
101 }
102
```

Ilustración 1 código en Arduino del módulo de pruebas

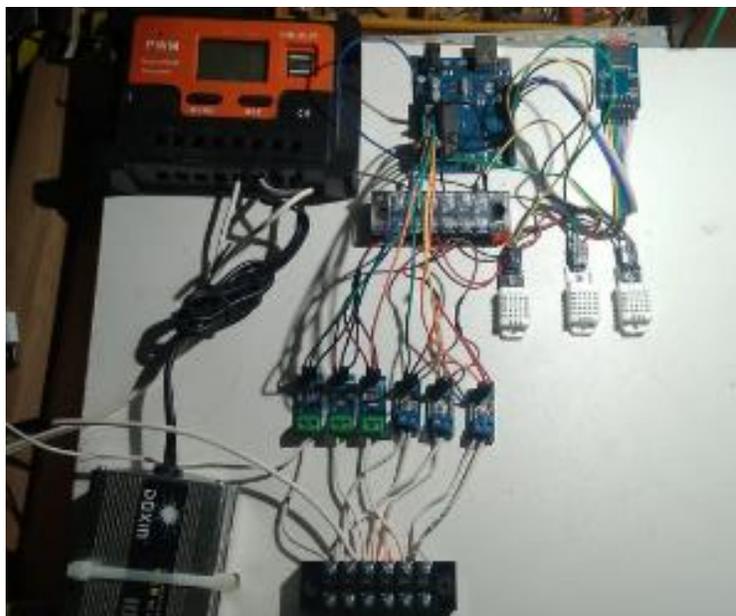


Ilustración 2 módulo de pruebas en su etapa inicial



Ilustración 3 instalación de paneles solares en el techo de la vivienda



Ilustración 4 limpieza del panel para aplicar su recubrimiento



Ilustración 5 panel de la izquierda con recubrimiento hidrofóbico y panel de la derecha con nanorecubrimiento para el polvo