

**CONAMA 2024**

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE AUMENTO DEL  
RENDIMIENTO DE INSTALACIÓN  
FOTOVOLTAICA MEDIANTE LA  
APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA  
REALIZADO POR FOTOCAN



TÍTULO

---

**Autor Principal:** Pedro Luis Del Real Hernández- Siverio (FOTOCAN).

**Otros autores:** Jesús María Del Real Hernández-Siverio (FOTOCAN-DEL REAL ARQUITECTURA); Ricardo Tavío Gallo (Utopía Consultores-Grupo EVM); Justo López (Utopía Consultores Grupo - EVM); Ramón Brinquis Ivern (CANPLASTICA).Grupo Sección Mantenimiento División de Conservación y Mantenimiento Autoridad Portuaria de S.C. de Tenerife.

## ÍNDICE

1. RESUMEN
2. MEJORA DEL RENDIMIENTO DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS  
MEDIANTE LA NANOTECNOLOGÍA DE AUTOLIMPIEZA ACTIVA
  - 2.1 OBJETIVOS PRINCIPALES
3. ANTECEDES DEL PROYECTO
4. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN LA AUTORIDAD PORTUARIA DE SANTA CRUZ  
DE TENERIFE
  - 4.1. METODOLOGÍA
5. TELELECTURAS Y ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE PRODUCCIÓN DE LA  
INSTALACIÓN
6. BIBLIOGRAFIA

### 1 RESUMEN

El rendimiento de los paneles solares sufre la disminución de la eficiencia resultante de la deposición de polvo y suciedad en la superficie. El proyecto realizado por FOTOCAN empresa especializada en Nanotecnología aplicada en superficies y Utopía Consultores Grupo EVM. evaluando la mejora del rendimiento de estos registrando los datos por medio de la telelectura, analizando la evolución de producción de la instalación y comparando el inversor de actuación respecto a los otros sin modificaciones en la Autoridad Portuaria de S.C. de Tenerife

Otros beneficios: Efecto super-hidrofílico, aumento de la transparencia del vidrio solar (tratamiento anti-reflectante)obstrucción ultravioleta que mejora la resistencia a la intemperie, absorción mejorada de fotones de alto ángulo de incidencia para un mayor rendimiento solar en condiciones de luz difusa, propiedades antiestáticas y anti-suciedad para reducir la acumulación de polvo o partículas, reducción de la condensación de agua, la acción fotocatalítica elimina contaminantes transportados por el aire (NOx, SOx, COV).

Las lecturas valorando los datos obtenidos de producción de la instalación de forma periódica se realizarán con un seguimiento durante un año. Con el siguiente calendario de transferencia de los datos:

15 de julio 2024 a 15 de julio 2025.

### 2. MEJORA DEL RENDIMIENTO DE LOS PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS MEDIANTE LA NANOTECNOLOGÍA DE AUTOLIMPIEZA ACTIVA.

Aplicación mediante pulverización sobre el panel fotovoltaico nanopartículas de fotocatalíticos basado en TiO<sub>2</sub>. Las nanopartículas actúan como semiconductores y absorben fotones, lo que da como resultado la separación de electrones y huecos positivos y en última instancia, la formación de radicales oxidativos e hidroxilos superficiales debido a los óxidos que contiene. Los óxidos exhiben una mayor conductividad y cargan la superficie, evitando así que el polvo se asiente. Por lo tanto, la cantidad de radiación que ingresa a las células fotovoltaicas aumenta, lo que resulta en un aumento en la producción de energía, El esfuerzo de mantenimiento, consumo de agua y limpieza se reduce significativamente.

### 2.1 OBJETIVOS PRINCIPALES

#### **Reducir la cantidad de luz solar reflejada por los paneles solares y absorber más luz dispersa**

Reducir la cantidad de luz solar reflejada por los paneles solares mediante la reducción de la micro-rugosidad del vidrio.

#### **Evitar la acumulación de polvo**

Evitar la acumulación de polvo, hollín o suciedad. Se recomienda la aplicación con pistola de pulverización aerográfica, para garantizar la es una formulación líquida de base que se aplica mediante pulverizado en el vidrio protector de los paneles solares. Es una mezcla patentada, que se basa en nanopartículas de sílice fundido y dióxido de titanio como semiconductor fotocatalítico. Después de su aplicación, da como resultado un recubrimiento transparente sobre el vidrio, que presenta las siguientes características:

#### **Propiedades anti-reflectantes**

Propiedades anti-reflectantes que suponen un incremento de la transmisividad del vidrio (2,5-3% según test del Instituto Fraunhofer CSP). Propiedades anti-reflectantes atribuidas a la disminución de la nano / microrrugosidad del vidrio y al efecto de difracción de Fresnel.

#### **Mejor transmisión de luz en fotones**

La mejor transmisión de luz en fotones de alto ángulo de incidencia (luz difusa) se atribuye al alto índice de refracción de las partículas de dióxido de titanio. Los paneles fotovoltaicos tratados absorben mejor la luz difusa.

#### **Propiedades anti-suciedad**

Propiedades anti-suciedad, atribuidas a las propiedades semiconductoras de tipo n de las nanopartículas de dióxido de titanio. El esfuerzo de mantenimiento y limpieza se reduce significativamente.

#### **Efecto super-hidrofílico**

Efecto super-hidrofílico: No más manchas de agua ni necesidad de usar agua desionizada.

#### **Autolimpieza**

El efecto de la autolimpieza, atribuido al impacto fotocatalítico, especialmente contra los depósitos orgánicos, calima o heces de aves.

## 1. PROYECTO DE AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA REALIZADO POR FOTOCAN

---

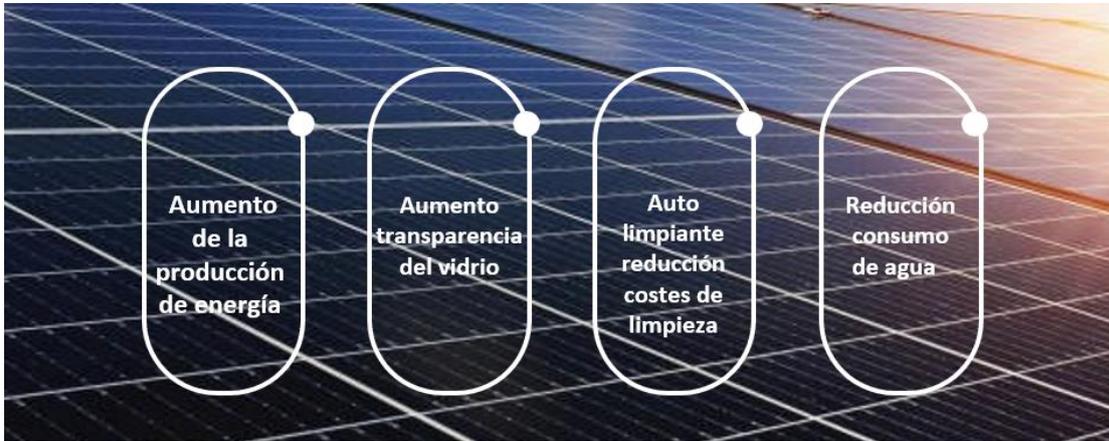


Figura 1. Formulación anti-suciedad, hidrófila, anti-reflectante para aplicación sobre vidrio solar de paneles fotovoltaicos. [1]

### 3. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Mejora del rendimiento de los paneles solares fotovoltaicos mediante la nanotecnología de autolimpieza activa, Homam Al Bakri a,\* , Wejdan Abu Elhaija a, Ali Al Zyoud b a Departamento de Ingeniería Eléctrica, Escuela de Ingeniería Rey Abdullah II de la Universidad Tecnológica Princesa Sumaya, Ammán, Jordania b Departamento de Tecnología de Energía Alternativa, Facultad de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Al Zaytoonah de Jordania, Ammán, Jordania. [2]

## 1. PROYECTO DE AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA REALIZADO POR FOTOCAN

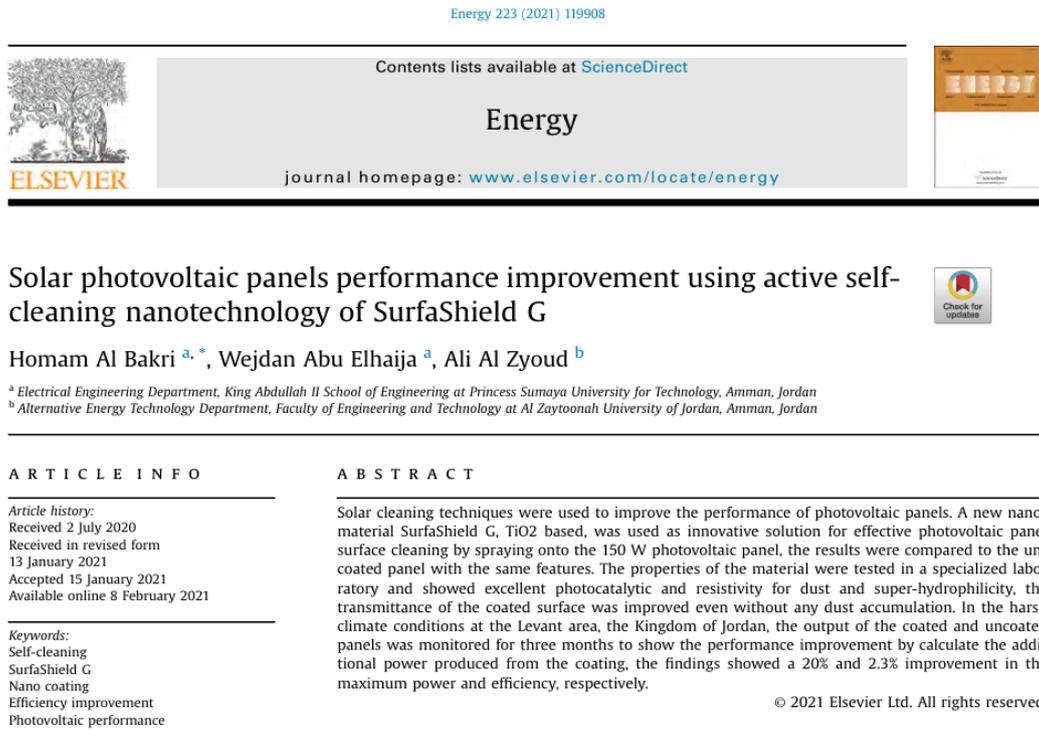


Figura 2. Publicación del proyecto en la revista científica Energy [3]

Se utilizaron técnicas de limpieza solar para mejorar el rendimiento de los paneles fotovoltaicos. Se utilizó un nuevo nano material, basado en TiO<sub>2</sub>, como solución innovadora para la limpieza efectiva de la superficie del panel fotovoltaico mediante pulverización sobre el panel fotovoltaico de 150 W, los resultados se compararon con el panel sin recubrimiento con las mismas características. Las propiedades del material se probaron en un laboratorio especializado y mostraron una excelente fotocatalítica y resistividad para el polvo y la superhidrofilicidad, la transmitancia de la superficie recubierta mejoró incluso sin acumulación de polvo. En el Reino de Jordania.

### Conclusiones

Se monitorizó la producción de los paneles revestidos y no recubiertos durante tres meses para mostrar la mejora del rendimiento mediante el cálculo de la potencia adicional producida por el revestimiento, los resultados mostraron una mejora del 20% y del 2,3% en la potencia máxima y la eficiencia, respectivamente.

### 4. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN LA AUTORIDAD PORTUARIA DE SANTA CRUZ DE TENERIFE

La Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife (en adelante APT) es una de las 28 integrantes del sistema portuario estatal y gestiona bajo su competencia, actualmente, los puertos de Santa Cruz de Tenerife, Santa Cruz de La Palma, Los Cristianos, San Sebastián de La Gomera y La Estaca.

Se ha llegado a un acuerdo para desarrollar una prueba piloto del recubrimiento fotocatalítico en las instalaciones que la APT dispone en la dársena pesquera del Puerto de Santa Cruz de Tenerife.

La prueba piloto en cuestión consiste en la aplicación de una imprimación de un recubrimiento nanotecnológico, permanente, transparente e innovador que reduce el esfuerzo de limpieza y mantenimiento del vidrio solar de los paneles fotovoltaicos (PV) o calentadores solares. La aplicación es realizada por FOTOCAN empresa especializada en proyectos de edificación sostenible y desarrollo de proyectos aplicando técnicas de nanotecnología que aumentan la producción en placas fotovoltaicas, proyectos de tecnología que ofrecen un ahorro energético y son soluciones reducción de emisiones de carbono. Se realizará un seguimiento del rendimiento de la instalación durante un año, a partir de la fecha de aplicación.

La ingeniería encargada de realizar este estudio es Utopía Consultores, del Grupo EVM. Esta marca del grupo está especializada en la Ingeniería de Descarbonización, con un amplio bagaje en proyectos y estudios de eficiencia energética, energías renovables o gestión de recursos hídricos, entre otros.

Este proyecto ha contado con la colaboración técnica, al acceso a sus instalaciones y el apoyo logístico del Grupo Sección Mantenimiento División de Conservación y Mantenimiento Autoridad Portuaria de S.C. de Tenerife.

#### 4.1. METODOLOGÍA

Para conocer el efecto realista de aplicar la imprimación fotocatalítica sobre placas fotovoltaicas, se ha procedido a realizar una comparativa sobre una instalación real.

Dicha instalación está situada en la dársena pesquera del puerto de Santa Cruz de Tenerife, y se trata de una instalación de autoconsumo sobre cubierta inclinada. Esta instalación está conformada por tres bloques de placas controladas por un inversor cada una. El bloque 3 cuenta con un total de 104 placas, mientras que los bloques 1 y 2 tienen 77 placas cada uno.

# CONAMA 2024

## 1. PROYECTO DE AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA REALIZADO POR FOTOCAN

---

Ya que los inversores 1 y 2 controlan el mismo número de módulos fotovoltaicos, el emplazamiento es el mismo y las especificaciones de las placas son iguales, se realizará una comparativa entre estos dos bloques.

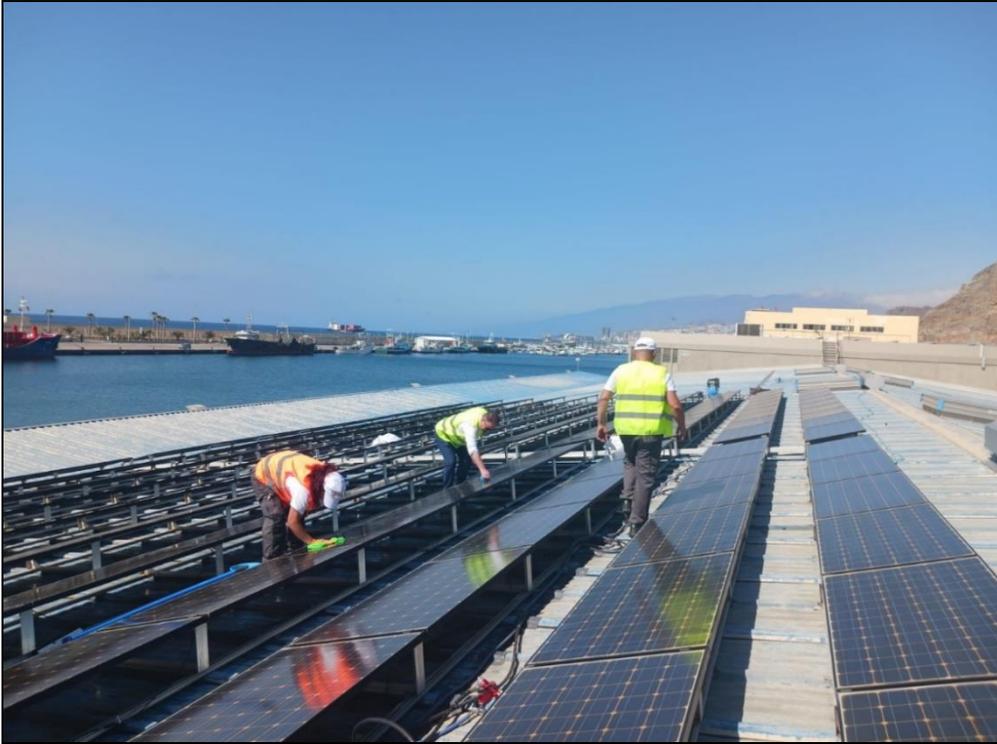
La imprimación se aplicará sobre el bloque dos tras una limpieza en profundidad de todos los módulos de ambos bloques, para que el efecto de la suciedad acumulada no afecte a los resultados.



Figura 3. Vista satelital de la instalación objeto de estudio.

## 1. PROYECTO DE AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA REALIZADO POR FOTOCAN

---



**Figura 4. Proceso de limpieza manual de las placas fotovoltaicas.**

La actuación se llevó a cabo la mañana del día 4 de julio de 2024. Tras proceder a la limpieza de cada placa, se aplicaron dos capas de imprimación según las indicaciones del fabricante, es decir, una capa en sentido longitudinal y otra transversal. La aplicación se realiza mediante pistola pulverizadora.



**Figura 5. Proceso de imprimación mediante pistola pulverizadora por técnicos especializados de FOTOCAN.**

# CONAMA 2024

## 1. PROYECTO DE AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA REALIZADO POR FOTOCAN

---

Una vez la aplicación ha sido realizada, se procederá a realizar un estudio de la producción de ambos bloques a lo largo de un año. La descarga de los datos de producción se tiene que hacer de manera manual in situ, por lo que se propone un calendario de descargas al equipo técnico de la APT para analizar la evolución de la instalación. Este calendario es:

- 15 de julio 2024
- 1 de agosto 2024
- 1 de septiembre 2024
- 1 de noviembre 2024
- 1 de enero 2025
- 1 de marzo 2025
- 1 de mayo 2025
- 1 de julio 2025

## 4.2. METODOLOGÍA

Los datos almacenados muestran lecturas puntuales de potencia de producción (para cada inversor) con una periodicidad de 15 minutos, variando cada día la hora de la primera y última lectura en función de las horas de luz reales.

A partir de este dato de lectura y el número de muestras tomadas al día podemos calcular la energía media producida al día en cada bloque de módulos fotovoltaicos.

$$E_{media} = P_{media} \cdot T$$

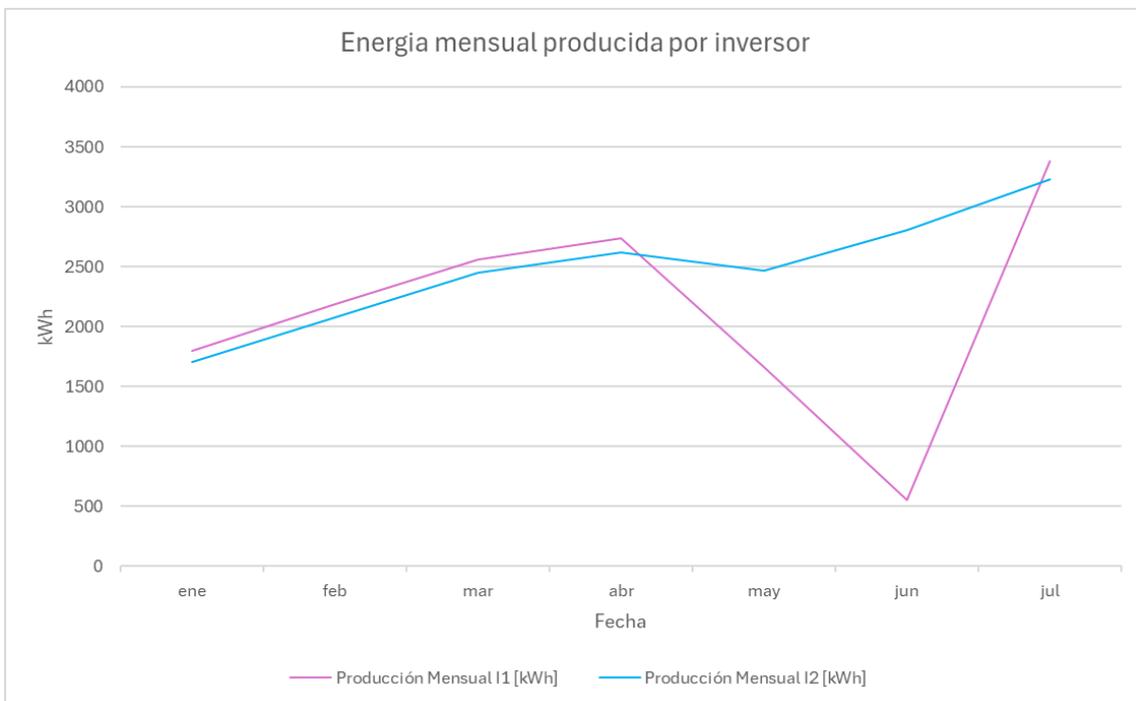
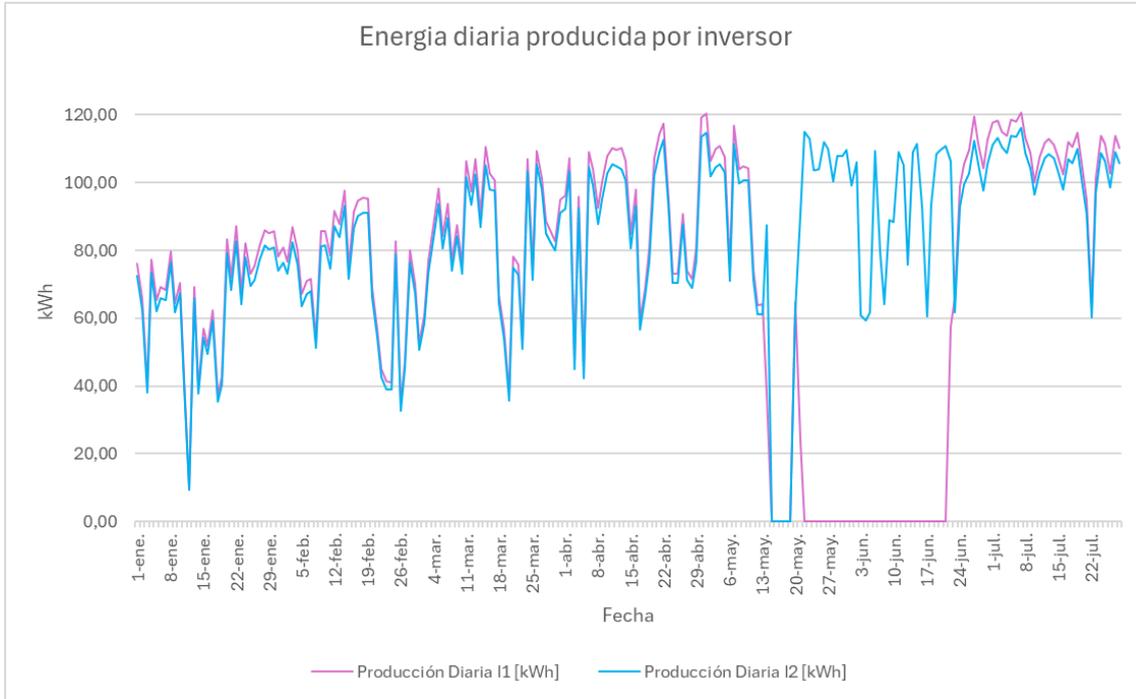
Donde:

- $E_{media}$  = Energía media producida al día [kWh]
- $P_{media}$  = Potencia media de producción diaria [kW]
- $T$  = horas de producción [h] =  $N \cdot 4$
- $N$  = número de lecturas al día (cuatro lecturas a la hora).

# CONAMA 2024

## 1. PROYECTO DE AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA REALIZADO POR FOTOCAN

Las lecturas obtenidas a partir del día 4 de enero de 2024 muestran los siguientes valores de energía producida:



Se puede apreciar una perturbación significativa en la producción en los meses de mayo y junio. Durante el periodo de tiempo comprendido entre el 18 y el 23 de mayo, ninguno de los inversores recogió lectura alguna de producción.

# CONAMA 2024

## 1. PROYECTO DE AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA REALIZADO POR FOTOCAN

La misma se restauró el día 23 de mayo, volviendo a los valores de producción normal. Sin embargo, el inversor 1 deja de producir a las 13:00 h y no vuelve a producir hasta el 25 de junio a las 13:45 h.

Se compara la producción de energía media diaria entre Inversor 1 e Inversor 2:

$$Dif_E = \left(1 - \frac{E_{Inv 2}}{E_{Inv 1}}\right) \cdot 100$$

Obteniendo los siguientes resultados:



En esta gráfica se pueden observar tres periodos de tiempo diferenciados:

- **1º Periodo:** Desde el 4 de enero hasta el 18 de mayo; periodo de tiempo de funcionamiento normal de las placas previo a la interrupción del servicio normal.
- **2º Periodo:** Desde el 26 de junio hasta el 3 de julio; periodo de tiempo que abarca desde la vuelta a la producción regular hasta la fecha de imprimación del compuesto de prueba.
- **3º Periodo:** Desde el 5 de julio hasta la última fecha de medida; a partir de esta fecha, se debería empezar a plasmar el efecto del compuesto.

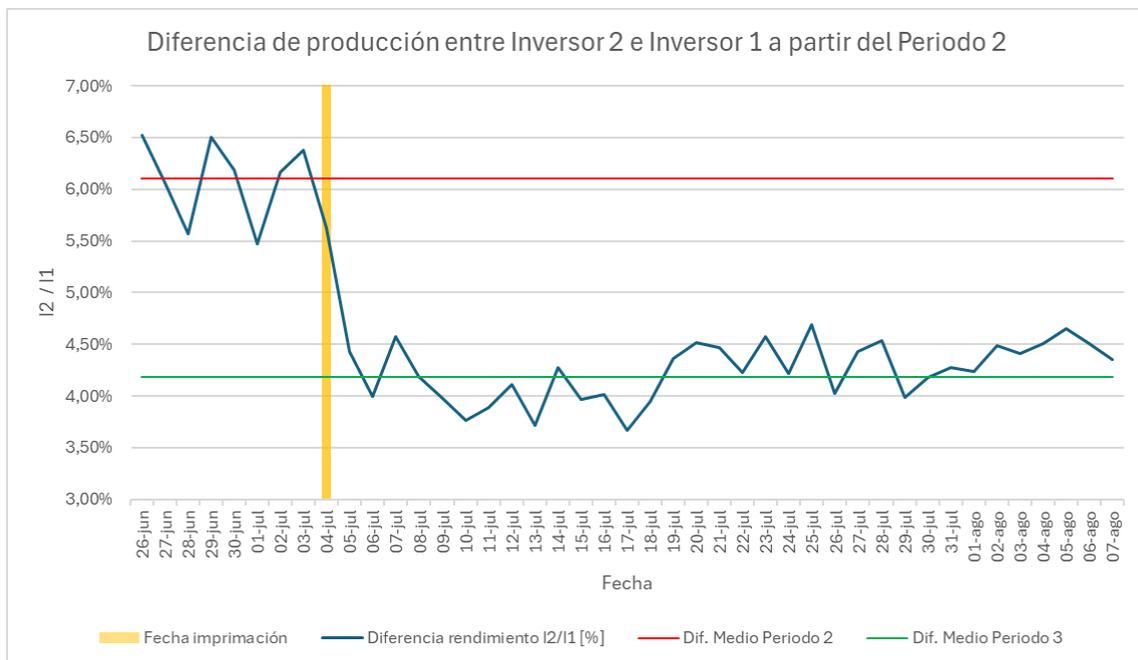
Dado que la instalación parece haber incrementado su productividad a partir del segundo periodo 2, se hace relevante ver la diferencia de producción entre inversor 1 y 2 durante los tres periodos expuestos. Los resultados obtenidos son:

- Durante el primer periodo, el Inversor 1 ha producido, de media, un **4,48 %** más de energía que el inversor 2.
- Durante el segundo periodo, el Inversor 1 ha producido, de media, un **6,11 %** más de energía que el inversor 2.
- Durante el tercer periodo, el Inversor 1 ha producido, de media, un **4,24 %** más de energía que el inversor 2.

### 4.3. CONCLUSIONES

El resultado buscado en todo este análisis es la mejora de rendimiento medio entre el antes y el después de la imprimación, por lo que se debe comparar el tercer periodo con el primero y el segundo.

No obstante, se considera de mayor relevancia la comparación con el segundo periodo por dos motivos: los tres bloques de placas han sido puestas a punto tras su parada y las lecturas entre ambos periodos no han sufrido ninguna interrupción.



Tomando esta referencia, se puede concluir que, la imprimación aplicada sobre las placas del segundo bloque, han conseguido mejorar un 1,87 % la productividad de las mismas en comparación el Inversor 1 desde la aplicación el 4 de julio de 2024 al registro del 7 de agosto.

# CONAMA 2024

1. PROYECTO DE AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA  
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA REALIZADO POR FOTOCAN

---

## BIBLIOGRAFIA

[1] FOTOCAN.

[2] Nanophos.

[3] Energy revista internacional y multidisciplinaria en ingeniería e investigación energética. Publicado por Elsevier, bajo el título de "Mejora del rendimiento de los paneles solares fotovoltaicos utilizando la nanotecnología autolimpiante activa de SurfaShield G", SurfaShield® G, impulsado por NanoPhos.