

# CETENMA

Centro Tecnológico  
de la Energía y del  
Medio Ambiente

## EVALUACIÓN DE SISTEMA DE LIMPIEZA INTEGRAL DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS WASH AUTO PANEL



ABRIL 2019

Edición: Ed 1. Revisión 1. Año 2019.

Autor del Documento:

**Centro Tecnológico de la Energía y del Medio Ambiente**

Polígono Industrial Cabezo Beaza

C/ Sofía 6-13

30353 Cartagena (Murcia)

[cetenma@cetenma.es](mailto:cetenma@cetenma.es)

[www.cetenma.es](http://www.cetenma.es)

T +34 968 52 03 61

F +34 968 52 01 34

Para:

**WASH AUTO PANEL**

Dirección: Avenida de los Ángeles, 4 El Albuñón – Cartagena (Murcia).

Todos los derechos reservados.

Ninguna parte de este documento puede ser reproducida sin permiso.

En el desarrollo de este informe han participado técnicos del Centro Tecnológico de la Energía y Medio Ambiente (CETENMA).

**CETENMA**

Responsable del Proyecto:

**D. José Miguel Paredes Parra.** Ingeniero Industrial. Responsable Área de Energía.

Técnico I+D:

**D. Francisco Montalbán Verdú.** Graduado en Ingeniería Eléctrica

## Índice

1	Introducción .....	5
2	Alcance .....	5
3	Antecedentes .....	6
3.1	Impacto de la suciedad, en los módulos solares. ....	6
3.2	Sistema de limpieza integral Wash Auto Panel .....	6
3.2.1	Módulos de Control.....	8
3.2.2	Sistema de limpieza – Herramienta de limpieza.....	8
4	Metodología .....	10
4.1	Fase revisión inicial y limpieza y preacondicionamiento.....	12
4.1.1	Preacondicionamiento .....	12
4.2	Fase medida parámetros módulo FV .....	13
4.2.1	Medición característica I-V.....	13
4.2.2	Medida de resistencia de aislamiento del módulo fotovoltaico .....	15
4.2.1	Medida de reflectancia.....	16
4.3	Fase ensuciamiento y limpieza de los módulos .....	16
5	Evaluación del sistema de limpieza.....	19
5.1	Módulos fotovoltaicos de ensayo .....	19
5.2	Revisión inicial y limpieza .....	21
5.2.1	Preacondicionamiento .....	23
5.3	Fase Inicial- Caracterización de los Módulos Solares .....	23
5.3.1	Ensayo Aislamiento .....	23
5.3.2	Caracterización del módulo, curva I-V.....	24
5.3.3	Ensayo de reflectancia.....	25
5.4	Fase de ensuciamiento y limpieza .....	26
5.5	Fase de final .....	27
5.5.1	Inspección visual .....	27
5.5.2	Ensayo Aislamiento .....	27
5.5.3	Caracterización del módulo, curva I-V.....	28
5.5.4	Ensayo de reflectancia.....	29
6	Resumen y Conclusiones .....	30

Anexo A – Características fisicoquímicas del agua

Anexo B – Ensayo reflectancia

Anexo C - Ficha técnica módulos fotovoltaicos

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente informe recoge los resultados del estudio realizado por el Centro Tecnológico de la Energía y del Medio Ambiente (CETENMA) a petición de WASH AUTO PANEL, sobre los posibles efectos que a largo plazo pudieran sufrir los módulos fotovoltaicos tras ser sometidos a ciclos de limpieza con su sistema integral de limpieza de instalaciones solares fotovoltaicas.

## 2 ALCANCE

En muchas aplicaciones, las instalaciones fotovoltaicas están sometidas a ambientes polvorientos junto con condiciones de alta temperatura, especialmente en verano. Ambas perturbaciones afectan el rendimiento de los módulos fotovoltaicos reduciendo los rendimientos energéticos esperados en las instalaciones. Por lo tanto los procesos de limpieza y son cruciales para mantener la generación de energía dentro de los límites previstos, si bien, la mala ejecución de estos procesos de limpieza puede tener un efecto negativo sobre los módulos fotovoltaicos.

Wash Auto Panel es una empresa especializada en la limpieza y el mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas, en especial para para grandes huertos solares. La empresa se puso en contacto con CETENMA para realizar un estudio sobre los posibles efectos a largo plazo que pudiera tener el empleo de su sistema patentado de limpieza integral para módulos solares.

El alcance de este trabajo comprende la evaluación de dichos efectos mediante el análisis de las prestaciones de los módulos fotovoltaicos, antes y después de haber sido sometidos a un número determinado de procesos de limpieza.

## 3 ANTECEDENTES

### 3.1 Impacto de la suciedad, en los módulos solares.

El ensuciamiento es un fenómeno complejo que se produce sobre las superficies expuestas de los módulos solares fotovoltaicos. Este fenómeno consiste principalmente en la contaminación de las superficies por la deposición de partículas de polvo o suciedad.

La acumulación de polvo es muy dependiente de la meteorología, la ubicación de la instalación y de la inclinación de los módulos. La ubicación cercana a focos de polvo como pueden ser caminos sin asfaltar, campos de cultivo, canteras, etc. Unido a entre otros, una baja inclinación, favorece un mayor ensuciamiento de las instalaciones. Del mismo modo la ausencia de precipitaciones fuertes que permita la limpieza puede agravar el efecto de ensuciamiento.

Como consecuencia este fenómeno origina un deterioro significativo del rendimiento energético de las instalaciones solares fotovoltaicas al provocar pérdidas por los efectos de absorción y dispersión de la radiación incidente y la disminución de la transmitancia de los módulos.

Esta acumulación de suciedad sobre los módulos fotovoltaicos también produce la dispersión de los parámetros eléctricos del módulo, generando una disminución de la potencia efectiva de las instalaciones fotovoltaicas. Por este motivo pueden alcanzarse de forma global pérdidas que pueden oscilar entre un 2% y un 10%.

### 3.2 Sistema de limpieza integral Wash Auto Panel

El sistema de limpieza desarrollado por **Wash Auto Panel**, consiste en una serie de cepillos fabricados en Nylon colocados en línea en un carrusel que pasa sobre los módulos fotovoltaicos al mismo tiempo que un sistema de rociado pulveriza agua sobre la superficie de los módulos.



Este sistema consta de tres elementos fundamentales que se instalan sobre un tractor, siendo estos los siguientes:



- ✓ **Unidad de Control** ubicada en el interior de la cabina y es la encargada del accionamiento y manejo del resto de unidades, así como de los sistemas de seguridad.
- ✓ **Depósito agua remolcado** encargado de suministrar agua a presión controlada a la herramienta de limpieza.
- ✓ **Sistema de Limpieza o Herramienta de Limpieza:** Es el encargado de realizar la limpieza de los módulos y está compuesto por un carrusel de cepillos, un sistema de aspersión de agua y un brazo hidráulico para su movimiento.

### 3.2.1 Módulos de Control

En el interior de la cabina del tractor, se encuentran instalados los elementos de control del sistema de limpieza de módulos Wash Auto Panel.

A continuación, se muestran las imágenes de los dos módulos de control.



### 3.2.2 Sistema de limpieza – Herramienta de limpieza

La herramienta de limpieza de Wash Auto Panel está compuesto de dos partes:

1. **Carrusel de Cepillos de limpieza**
2. **Sistema de aspersión de agua**





### 3.2.2.1 Carrusel de Cepillos de limpieza

El carrusel de cepillos está compuesto de unos 28 cepillos de limpieza (el número puede variar dependiendo de la versión de la herramienta de limpieza). Estos cepillos están compuestos por filamentos de Nylon de 75 cm de longitud.

### 3.2.2.2 Sistema de Aspersión de Agua

La herramienta de limpieza de Wash Auto Panel, dispone de un sistema de rociado de agua para humedecer tanto los módulos como cepillos de la herramienta. Este sistema rocía agua en dos zonas, tal y como se ve en la imagen siguiente.

1. **Zona Laterales**, La herramienta de limpieza presenta unos bastidores a ambos lados de los cepillos donde se encuentran instalados los aspersores de agua.
2. **Zona Central**, en la zona central, entre ambas filas de cepillos, se encuentra ubicada la segunda zona de rociado.

Todas las zonas de aspersión presentan diferentes posibilidades de configuración con la finalidad de posibilitar un uso óptimo del agua rociada. Esta optimización del sistema de aspersión presenta las siguientes ventajas:

- ✓ Ahorro de agua
- ✓ Mejora del rendimiento de limpieza del sistema
- ✓ Evita ensuciamiento de zonas limpias, causado por el espray de agua que no impacta en los módulos.

## 4 METODOLOGÍA

La finalidad del presente estudio es realizar una evaluación los posibles efectos a largo plazo que pudiera tener el empleo del sistema de limpieza integral de la empresa Wash Auto Panel, sobre los módulos fotovoltaicas.

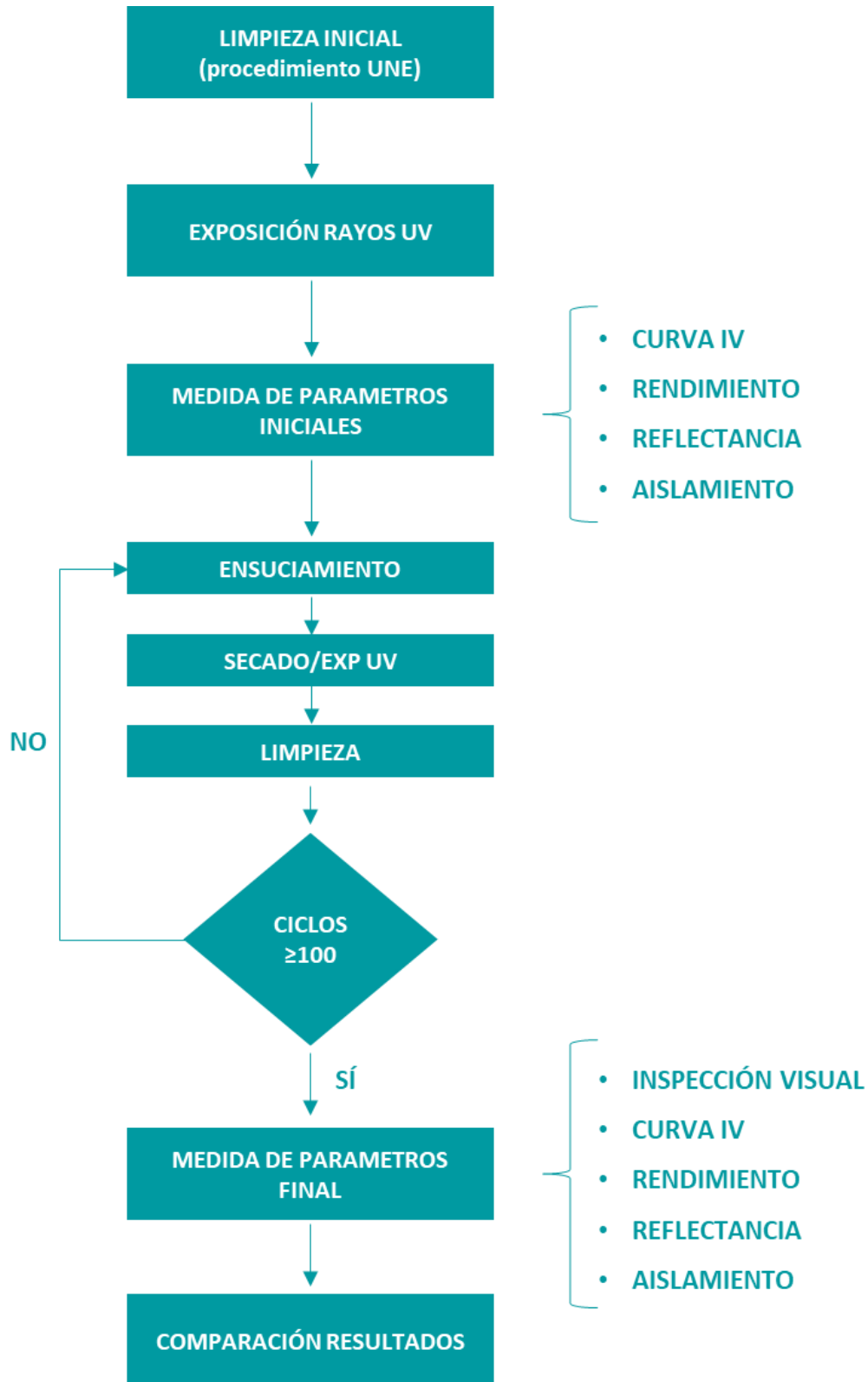
El impacto de los dispositivos de limpieza en los módulos fotovoltaicos se prueba realizando una prueba de operación acelerada, con el objetivo de simular un número definido de años de funcionamiento del dispositivo en un sistema fotovoltaico específico.

Para ello se ha diseñado un procedimiento de ensuciamiento y limpieza acelerado que permite reproducir el efecto del empleo del sistema durante un número definido de ciclos durante la vida de la instalación, evaluando las prestaciones de los módulos fotovoltaicos antes y después del mismo.

La metodología de ensayo propuesta en el presente apartado se ha fundamentado en las siguientes normas:

- Normas para caracterización de módulos solares:
  - IEC 60904-1. Dispositivos fotovoltaicos. Parte 1: Medida de la característica intensidad-tensión de los módulos fotovoltaicos.
  - UNE 61215:1995- Módulos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
  - ISO 9050:2003 - Vidrio para la construcción - Determinación de la transmitancia de luz, la transmitancia solar directa, la transmitancia de energía solar total, la transmitancia ultravioleta y los factores de vidriado relacionados
- Normas para simular el proceso de ensuciamiento de los módulos:
  - UNE-EN 1096-2:2012 – Vidrio para edificación. Parte 2- Requisitos y métodos de ensayo para las capas de las clases A, B y S.
  - UNE-EN 1096-5: 2016 – Vidrio para Edificación- Método de ensayo y clasificación para las prestaciones de autolimpieza de las superficies con vidrio de capa

Los ensayos a realizar sobre los módulos fotovoltaicos sometidos al estudio, se han dividido en varias fases, según el siguiente diagrama:



## 4.1 Fase revisión inicial y limpieza y preacondicionamiento

Esta primera fase se realiza sobre 3 módulos solares nuevos, facilitados por Wash Auto Panel a CETENMA.

En un primer lugar se realiza una limpieza de los módulos con agua osmotizada y paños de microfibra, para eliminar la suciedad superficial de los módulos.

En segundo lugar, cada módulo es cuidadosamente inspeccionado bajo una iluminación de no menos de 1000 lux para verificar los cambios causados por el procedimiento de limpieza.

Esta inspección se realiza empleando una lupa de aumento con luz integrada, de forma que permita la detección e identificación de todos los posibles defectos en los módulos sometidos a ensayo entre los que podemos encontrar

- Superficies externas rotas, con grietas, curvas, desalineadas o rasgadas
- Células rotas
- Células agrietadas
- Interconexiones o uniones defectuosas
- Células en contacto unas con otras o con el marco soporte
- Defectos de adhesión
- Burbujas o delaminación que formen un formen una trayectoria continua entre cualquier parte del circuito eléctrico y el borde del módulo
- Superficies pegajosas de material plástico
- Terminales defectuosos, partes eléctricas activas expuestas
- Cualesquiera otras condiciones que puedan afectar al funcionamiento

### 4.1.1 Preacondicionamiento

El objetivo de este paso es preparar y acondicionar el módulo antes de la medida de la curva IV. Al realizar el ensayo al exterior, se debe estabilizar la potencia máxima mediante una exposición inicial, de 5 a 5,5 kWh/m<sup>2</sup>.

Esta exposición se realiza instalando el módulo a ensayar en el banco de pruebas exterior de CETENMA registrando la energía recibida por el mismo hasta alcanzar los valores mínimos definidos.

## 4.2 Fase medida parámetros módulo FV

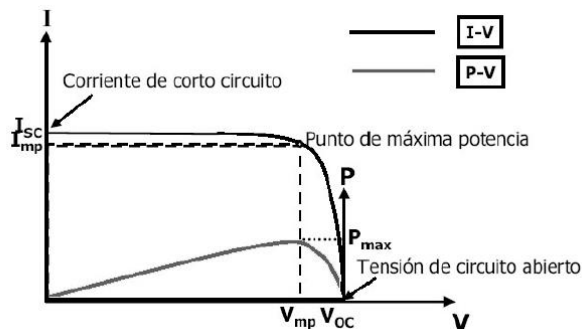
El objetivo de esta fase es la de realizar una caracterización completa del comportamiento de los módulos fotovoltaicos antes y después de ser sometidos a los procesos de ensuciamiento y limpieza mediante el sistema integral de Wash Auto Panel.

Esta caracterización se realiza mediante la medida de la resistencia de aislamiento y la medida de la característica eléctrica I-V bajo luz natural.

### 4.2.1 Medición característica I-V

Una vez se acondiciona el módulo instalado, se puede determinar la característica eléctrica I-V bajo luz natural.

La caracterización eléctrica de un módulo fotovoltaico consiste en la descripción gráfica del conjunto de valores intensidad-tensión (característica I-V) que pueden darse en el módulo bajo cualquier situación de carga, así como la variación de dicha característica con la irradiancia y la temperatura de las células. La curva I-V permite cuantificar los siguientes parámetros característicos:



- Potencia máxima, también denominada potencia nominal o potencia pico.
- Tensión máxima, tensión en el punto de máxima potencia.
- Intensidad máxima, intensidad en el punto de máxima potencia.
- Tensión a circuito abierto.
- Intensidad de cortocircuito.



Esta medida se ha realizado en el laboratorio solar de CETENMA, empleado el trazador de curvas PVPM 1000C40 (Photovoltaik Engineering) junto con el uso de una placa de placa de referencia, instalada en el mismo plano, de la misma tecnología que el módulo fotovoltaico y sondas de temperaturas para medir las temperaturas tanto del módulo a ensayo como de la placa de referencia del equipo de medida

Las medidas se han realizado durante varios días, en un intervalo de 2 horas, centrado en el mediodía solar

Los valores registrados mediante el equipamiento empleado, se han corregido a condiciones estándar de media (CEM) para poder compararlos con los datos del fabricante de los módulos.

El proceso de corrección de la Curva I-V en función de la irradiancia y la temperatura es el siguiente:

### **Corrección de la Curva I-V en función de la Irradiancia y Temperatura**

Cuando la medida de la característica I-V se realiza con iluminación natural (**método externo**), la mayoría de las veces el módulo no se encuentra bajo CEM. Por ello el ensayo se lleva a cabo bajo condiciones cercanas a CEM, cumpliendo unos requisitos mínimos y los puntos de recogida de la curva I-V son matemáticamente traducidos a las condiciones normalizadas.

Las siguientes ecuaciones muestran la corrección de  $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$  y todos los pares de intensidad y tensión entre los puntos de corto circuito y circuito abierto.

La corrección de  $I_{sc}$  para CEM se realiza siguiendo la ecuación:

$$I_{sc (CEM)} = I_{sc (MEDIDO)} \times (G_{CEM} / G)$$

Donde:

$I_{sc (CEM)}$ : Intensidad de cortocircuito del módulo en CEM (A).

$G_{CEM}$ : Irradiancia en CEM (1000 W/m<sup>2</sup>).

$G$ : Irradiancia medida en la superficie del módulo estudiado (W/m<sup>2</sup>).

$I_{sc (MEDIDO)}$ : Intensidad de cortocircuito medida en el módulo instalado (A).

La corrección de  $V_{oc}$  para CEM se realiza siguiendo la ecuación:

$$V_{oc (CEM)} = V_{oc (MEDIDO)} + (\beta \times (T_{CEM} - T_{Placa}))$$

Donde:

$V_{oc (CEM)}$ : Tensión de circuito abierto del módulo en CEM (V).

$V_{oc (MEDIDO)}$ : Tensión de circuito abierto medida en el módulo instalado (V).

$\beta$ : Coeficiente de temperatura en tensión, dado por el fabricante (-mV/°C).

Una vez determinados los valores de V a I normalizados se calcula la potencia del modulo bajo valores CEM, comparándose este valor con la potencia nominal CEM, del módulo fotovoltaico.

#### 4.2.2 Medida de resistencia de aislamiento del módulo fotovoltaico

Este ensayo tiene como propósito verificar si el módulo fotovoltaico está lo suficientemente aislado eléctricamente, con este propósito se determina la rigidez dieléctrica y se mide la resistencia de aislación.

Básicamente el ensayo consiste en aplicar tensión eléctrica entre el marco y el circuito eléctrico del módulo y verificar que no se produzcan descargas o discontinuidad dieléctrica.

El objetivo de este ensayo es determinar si el módulo está o no suficientemente bien aislado entre los conductores y el marco. Para realizarlo se empleará el equipo comprobador multifunciones de instalaciones eléctricas, marca: Chauvin Arnoux, modelo C.A 6116.

Mediante el empleo de este equipo y se determinará la resistencia de aislamiento del módulo, así como también si la media sobrepasa el umbral mínimo de resistencia, la cual debe ser siempre superior a 60MΩ

Este ensayo se realizará tanto en la fase inicial como en la fase post-limpieza, comparándose los resultados, para comprobar si durante el proceso de limpieza se producen modificaciones de este parámetro.

#### 4.2.1 Medida de reflectancia

Un sistema fotovoltaico es una gran superficie de vidrio y metal orientada en una única dirección. Estos como cualquier otro objeto o material, refleja parte de la energía que recibe del sol. Aun así, estos módulos fotovoltaicos están especialmente diseñados para absorber la luz solar en lugar de reflejarla.

En la bibliografía consultada, se emplea la medida de la reflexión inicial y final del módulo como parámetro característico de los daños producidos por abrasión del sistema de limpieza.

Por este motivo se realizará la determinación de la reflectancia solar de vidrio fotovoltaico del módulo a ensayo, según la norma ISO 9050:2003. Este ensayo será realizado por un el laboratorio acreditado externo a CETENMA.

El laboratorio seleccionado es TECNALIA RESEARCH & INNOVATION (Acreditación nº: 4/LE024) al que se le envían las muestras antes y después de someter el módulo a los procesos de ensuciamiento y limpieza con el sistema de limpieza integral de Wash Auto Panel.

Los resultados de estos ensayos se recogen en el Anexo B del presente documento.

#### 4.3 Fase ensuciamiento y limpieza de los módulos

Con la finalidad de simular el proceso de ensuciamiento natural de los módulos solares para proceder, posteriormente, a realizar la limpieza de la misma empleando el sistema de limpieza objeto del análisis. Para ello se empleará como fundamentación y guía de ensayos la norma UNE-EN 1096-5:2017.

En primer lugar se ha diseñado y desarrollado un banco de ensayos, que permita ensayar el sistema de limpieza por la empresa sobre un módulo fotovoltaico en condiciones similares a las reales.



Junto con el bastidor se ha diseñado también el conjunto de medios auxiliares necesarios para provocar el ensuciamiento de la superficie de ensayo, siguiendo los parámetros marcados por la norma UNE-EN 1096-5:2017.

El ensuciamiento de la superficie a estudio, se ha realizado rociando de una mezcla normalizada de impurezas. Esta mezcla se ha realizado tal y como viene marcado en el apartado 9 de dicha norma. Habiendo sido necesario realizar la mezcla de tres tipos distintos de disoluciones, concretamente:

- Solución de ácido esteárico
- Solución de ácido adípico
- Solución de compuestos sólidos.

Esta disolución esta compuesta de los siguientes componentes solubles:

- Nitrato de cobre trihidratado
- Nitrato de zinc hexahidratado
- Nitrato de calcio tetrahidratado
- Cloruro de sodio
- Sulfato de potasio
- Sulfato de sodio

Además de contener también componen NO solubles:

- Caolín
- Sulfato de calcio dihidratado

La mezcla de estas tres soluciones se realiza siguiendo las indicaciones del apartado 9.5. de la norma. Debiendo mantenerse entre condiciones normalizadas de laboratorio durante todo el proceso, es decir entre 20 y 23°C. Siendo el tiempo máximo de conservación de esta mezcla es de 120 horas.

- **Fase de Ensuciamiento**

Para realizar la aspersion, es necesario introducir la mezcla en un calderín presurizado a 2 bares, habiéndose realizado antes de empezar la aspersion una vigorosa mezcla mediante el agitador mecánico, existente en el recipiente a presión.

La aspersion se realizará mediante una boquilla de rociado operada por un técnico, el cual la mantiene una distancia mínima entre la boquilla y la superficie de ensayo de 300mm. Esta boquilla es de cono completo y presenta un amplio ángulo de rociado (120°), tal y como dicta la norma en su apartado 6.3.

Una vez rociada la superficie a estudio de los módulos fotovoltaicos, se deja secar completamente la superficie de estos.

- **Fase de Limpieza.**

Una vez secada la superficie de contacto, se sitúa en paralelo con el bastidor de ensayos el sistema de limpieza integral y se procede a realizar la limpieza de los módulos instalados en dicho bastidor, finalizando de este modo esta fase de ensayo.

La fase de limpieza se realiza empleando agua de la red de suministro sin ningún tratamiento adicional. En el anexo A del presente documento se recogen las características fisicoquímicas del agua.



## 5 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE LIMPIEZA

### 5.1 Módulos fotovoltaicos de ensayo

La empresa Wash Auto Panel, facilitó tres módulos fotovoltaicos para la realización de la presente evacuación sobre el sistema de limpieza integral. Los módulos facilitados fueron los siguientes:

<i>DATOS DE REFERENCIA</i>	
<b>Tipo</b>	Módulo fotovoltaico de silicio monocristalino
<b>Fabricante</b>	Hyundai Heavy Industries
<b>Modelo</b>	HiS-250-RF-FEHF
<b>Nº Serie de las muestras</b>	NS: 1703147-2K-S250RF-0423 NS: 1703147-2K-S250RF-0424 NS: 1703147-2K-S250RF-0425
<i>Características Físicas</i>	
<b>Dimensiones del módulo</b>	998mm x 1.480mm x 35mm
<b>Peso</b>	15,4 kg
<b>Cubierta Frontal</b>	Recubrimiento antirreflectante de vidrio templado con bajo contenido de hierro, 2,8 mm
<b>Cubierta Trasera</b>	Recubrimiento resistente al agua
<b>Encapsulante</b>	EVA
<b>Celulas Solares</b>	54 celulas en matriz 6x9, con tecnología PERL (celulas Hyundai, fabricadas en Corea del Sur)
<b>Marco</b>	Aluminio anodizado

<b>Características Eléctricas (CEM 25°C, 1000W/m<sup>2</sup>)</b>	
Potencia máxima, P <sub>máx</sub>	250 W
Intensidad de máxima potencia, I <sub>máx</sub>	8.8 A
Tensión de máxima potencia, V <sub>máx</sub>	28,5 V
Intensidad de cortocircuito, I <sub>sc</sub>	9,4 A
Tensión de circuito abierto, V <sub>oc</sub>	34,6 V
Coeficiente de temperatura en intensidad (α)	0,032 %/K
Coeficiente de temperatura en tensión (β)	- 0,33 %/K
Coeficiente de temperatura en potencia (γ)	-0,45 %/K
Eficiencia del módulo	16,9 %

Tabla 1 – Datos técnicos completos de los módulos Fotovoltaicos - -

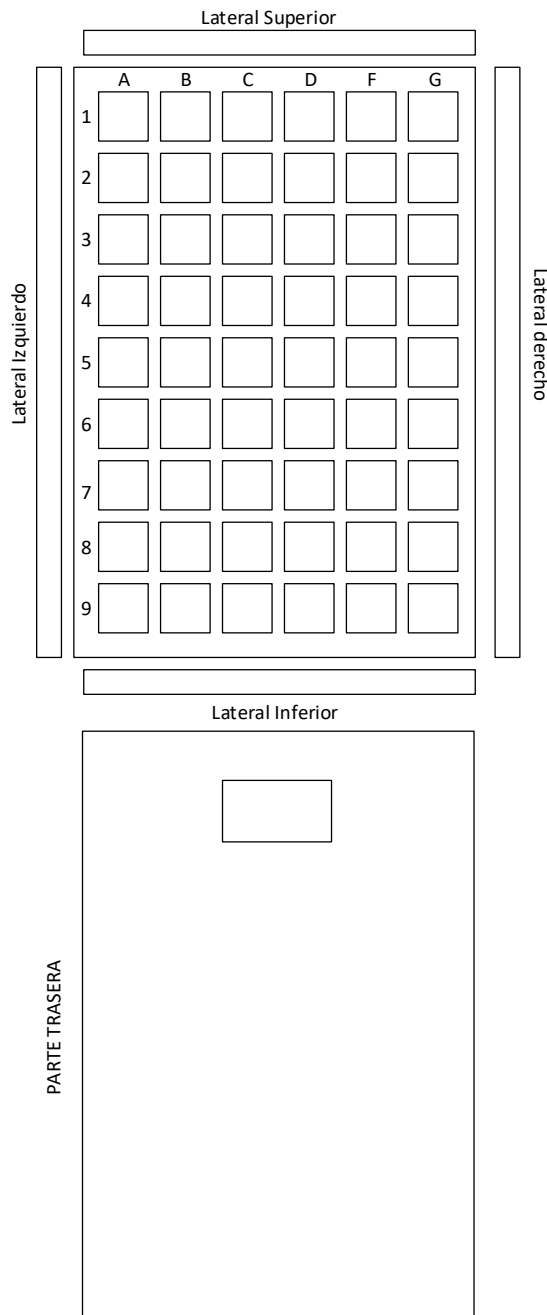


En el anexo C se adjunta la ficha técnica de los módulos fotovoltaicos.

## 5.2 Revisión inicial y limpieza

En primer lugar se realizó una revisión y limpieza inicial de los tres módulos, con la finalidad de determinar su estado inicial e identificar posibles defectos.

Para llegar a cabo esta medición, se ha empleado un esquema del módulo que permita identificar la ubicación de los posibles defectos encontrados.



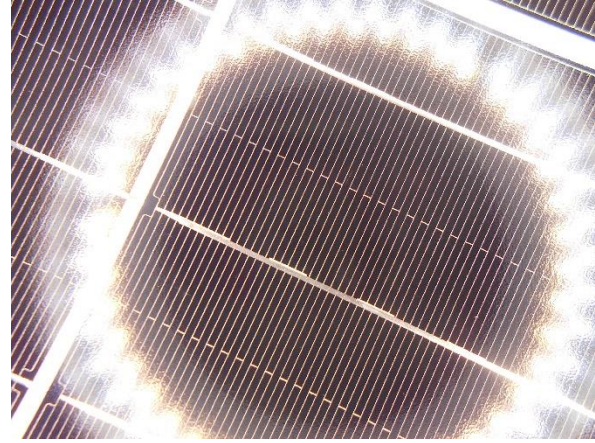
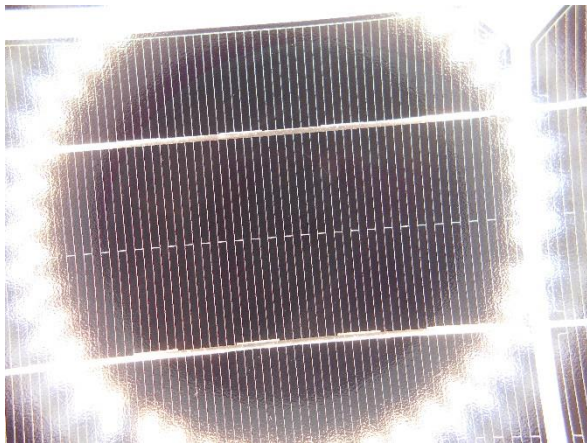
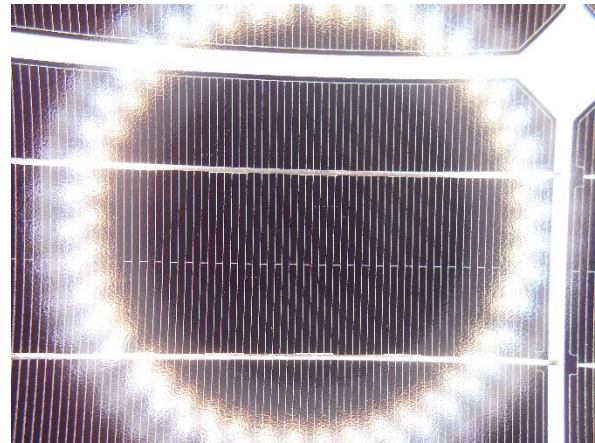
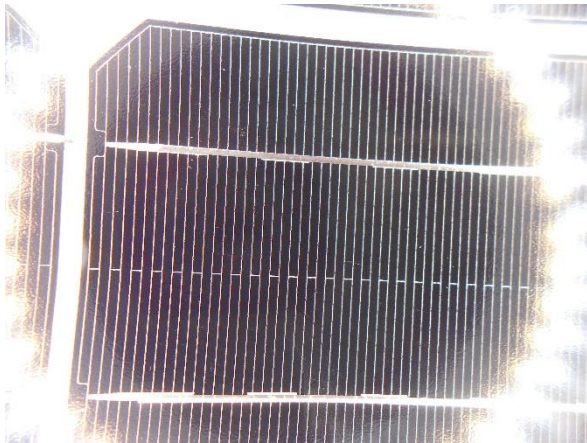
Seguidamente se muestra el resultado de la inspección inicial:



- [Módulo 1703147-2K-S250RF-0423](#)

En la inspección realizada a este módulo se han apreciado algunos defectos leves, siendo estos los siguientes:

DEFECTO	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	8G	Pequeños puntos en células
2	8D	Pequeños puntos en células
3	8C	Pequeños puntos en células
4	6F	Pequeño arañazo en cristal frontal



- [Módulo 1703147-2K-S250RF-0424](#)

En la inspección realizada a este módulo no se encontró ningún defecto.

- [Módulo 1703147-2K-S250RF-0425](#)

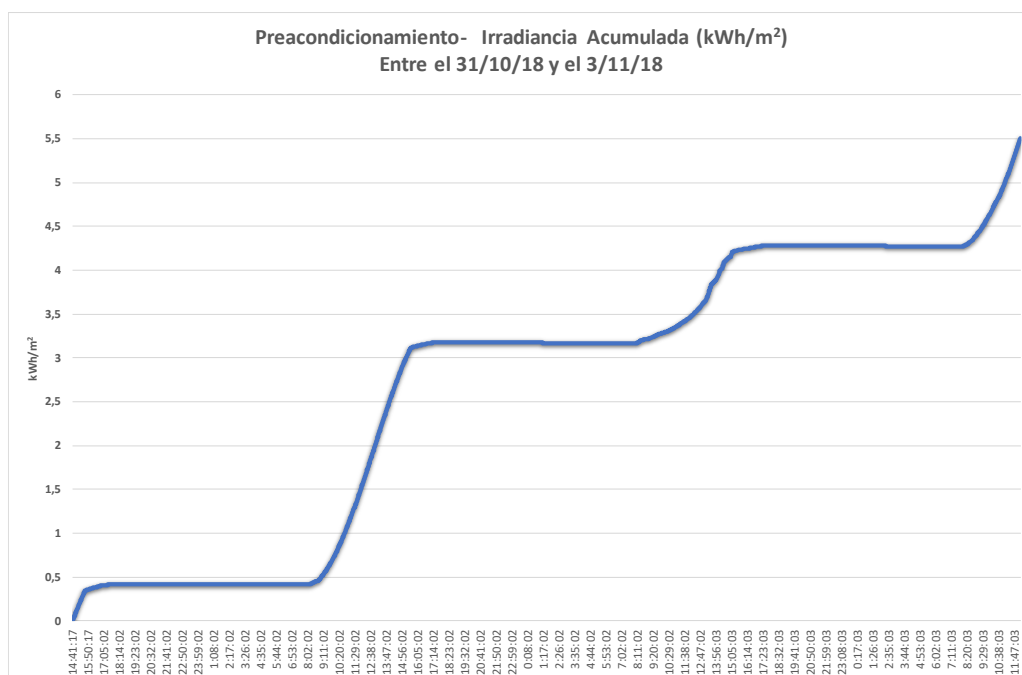
En la inspección realizada a este módulo no se encontró ningún defecto

Se considera que todas las muestras **CUMPLEN** con los requerimientos de ensayo y **NO** presentan defectos visuales importantes:

Después de que todos los módulos superarán la fase de inspección inicial, se ha seleccionado para la realización de los ensayos el módulo “1703147-2K-S250RF-0425”

### 5.2.1 Preacondicionamiento

Entre los días 31 de octubre y el 3 de noviembre de 2018, se realizó el preacondicionamiento del módulo a ensayo, hasta alcanzar una exposición de 5,5kWh/m<sup>2</sup>.



## 5.3 Fase Inicial- Caracterización de los Módulos Solares

Después de que todos los módulos superarán la fase de inspección inicial, se ha seleccionado para la realización de los ensayos el módulo “1703147-2K-S250RF-0425”

### 5.3.1 Ensayo Aislamiento

Siguiendo los parámetros de la norma UNE 61215:1995, en la cual se indica que la resistencia de aislamiento del módulo, sobrepasa el umbral mínimo de resistencia de 60MΩ.

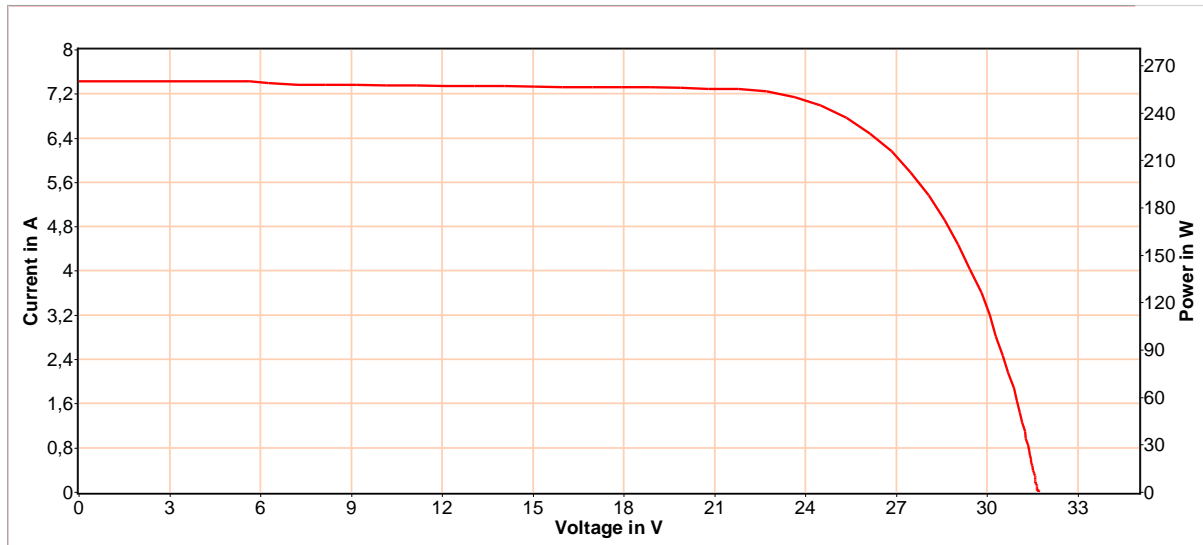
Para este ensayo se realizó el día 6 de noviembre, empleando el equipo marca Chauvin Arnoux, modelo C.A 6116. Danto como resultado una medida de resistencia superior a los 1.000MΩ.



### 5.3.2 Caracterización del módulo, curva I-V

La curva I-V ha sido obtenida bajo condiciones reales próximas, a las Condiciones Estándar de Medida (CEM: 25° C, 1000 W/m<sup>2</sup>). Los valores medidos en la unidad de ensayo de módulos fotovoltaicos son corregidos en dichas CEM

Para este ensayo se realizaron varias series de mediciones el día 19 de diciembre de 2019, con cielo despejado, bajo una irradiancia mínima de 800W/m<sup>2</sup>



Las tablas siguientes exponen los parámetros principales de los módulos facilitados y los obtenidos durante los ensayos realizados, tras normalizar la curva I-V a CEM, respectivamente.

PARÁMETROS	
Potencia máxima, $P_{m\acute{a}x}$ (W)	250
Intensidad de máxima potencia, $I_{m\acute{a}x}$ (A)	8,8
Tensión de máxima potencia, $V_{m\acute{a}x}$ (V)	28,5
Intensidad de cortocircuito, $I_{sc}$ (A)	9,4
Tensión de circuito abierto, $V_{oc}$ (V)	34,6

Tabla 2.- Datos técnicos en CEM-

Datos eléctricos de los módulos fotovoltaicos obtenidos tras la exposición a luz natural, en las instalaciones de CETENMA.

Serie	I <sub>sc</sub> (A)	U <sub>oc</sub> (V)	I <sub>mp</sub> (A)	U <sub>pmax</sub> (V)	P <sub>pk</sub> (W)
12:27:10	9,17	33,56	8,54	26,66	227,67
12:27:46	9,19	33,42	8,57	26,70	228,75
12:31:32	9,21	33,54	8,56	26,54	227,10
12:37:56	9,26	33,57	8,58	26,43	226,76
12:41:26	9,09	33,56	8,41	26,52	223,06
<b>PROMEDIO</b>	<b>9,19</b>	<b>33,53</b>	<b>8,53</b>	<b>26,57</b>	<b>226,67</b>

Tabla 3- Datos corregidos a CEM de las series de I-V en fase inicial.

### 5.3.3 Ensayo de reflectancia

Una vez finalizada la caracterización eléctrica, el modulo fotovoltaico es desmontado y enviado a un laboratorio acreditado para DETERMINACIÓN DE LA REFLECTANCIA LUMINOSA Y SOLAR SEGÚN ISO 9050:2003.

La determinación de la reflectancia entre 280 y 2.500 nm se ha llevado a cabo mediante un espectrofotómetro Spectrometer Lambda 900 UV/VIS/NIR de Perkin-Elmer con una esfera integradora de 150 mm de diámetro y patrón blanco.

El método utilizado tiene las siguientes características:

- Intervalo de longitud de onda: 5 nm
- Velocidad de barrido: 284,6 nm/min
- Slit UV/VIS:1
- Ganancia del detector NIR:4

Para la caracterización previa de la superficie se han realizado seis medidas de reflectancia del panel calculando a partir de las mismas la reflectancia directa de la energía solar y la reflectancia luminosa, de acuerdo con la norma ISO 9050:2003.

Los resultados obtenidos en este ensayo son los siguientes:

	Reflectancia luminosa (%)	Reflexión directa de la energía solar (%)
Inicial	1,9 ± 0,2	3,4 ± 0,2

El informe completo emitido de este ensayo se recoge en el Anexo B.

## 5.4 Fase de ensuciamiento y limpieza

En febrero de 2019, en las instalaciones de Wash Auto Panel en El Albuñón (Cartagena), se realizaron los ciclos de ensuciamiento, secado y limpieza del módulo solar objeto de las pruebas, para evaluar el sistema de limpieza integral de esta empresa.

Para ello, se empleó el banco de ensayos desarrollado y descrito en apartados anteriores. Además desde CETENMA se preparó la mezcla de disoluciones a emplear para el ensuciamiento, de acuerdo con lo marcado por la NORMA UNE -EN 1096-5:2017. También descrita en la metodología.

La mezcla de disoluciones fue rociada sobre este módulo, empleando para ello un recipiente a presión y una pistola con un cono completo de amplio ángulo de rociado.



*Ilustración 1- Ciclo Ensuciamiento*

Este ensayo consistió en la repetición de 100 ciclos de: Ensuciamiento - Secado – Limpieza con el sistema integral Wash Auto Panel, empleando para la limpieza agua de la red de suministro sin ningún tratamiento adicional. En el anexo A del presente documento se recogen las características fisicoquímicas del agua de red.

Tras la realización de estos 100 ciclos, el módulo con número de serie 1703147-2K-S250RF-0425, fue embalado y transportado hacia las instalaciones de CETENMA, para ser sometido al ciclo de ensayos para comprobar si mantiene las mismas características que antes de ser sometido a estos ciclos de limpieza.

## 5.5 Fase de final

El módulo 1703147-2K-S250RF-0425, tras ser sometido a los ciclos de limpieza, es sometido a los mismos ensayos que los realizados de la fase inicial para comprobar si el módulo ha sufrido algún daño físico o presenta alguna variación en sus propiedades.

### 5.5.1 Inspección visual

El día 7 de febrero de 2019, se realizó la inspección visual al módulo fotovoltaico en las instalaciones de CETENMA, no encontrándose ningún defecto en el mismo.



### 5.5.2 Ensayo Aislamiento

Siguiendo los parámetros de la norma UNE 61215:1995-, en la cual se indica que la resistencia de aislamiento del módulo, sobrepasa el umbral mínimo de resistencia de 60M $\Omega$ .

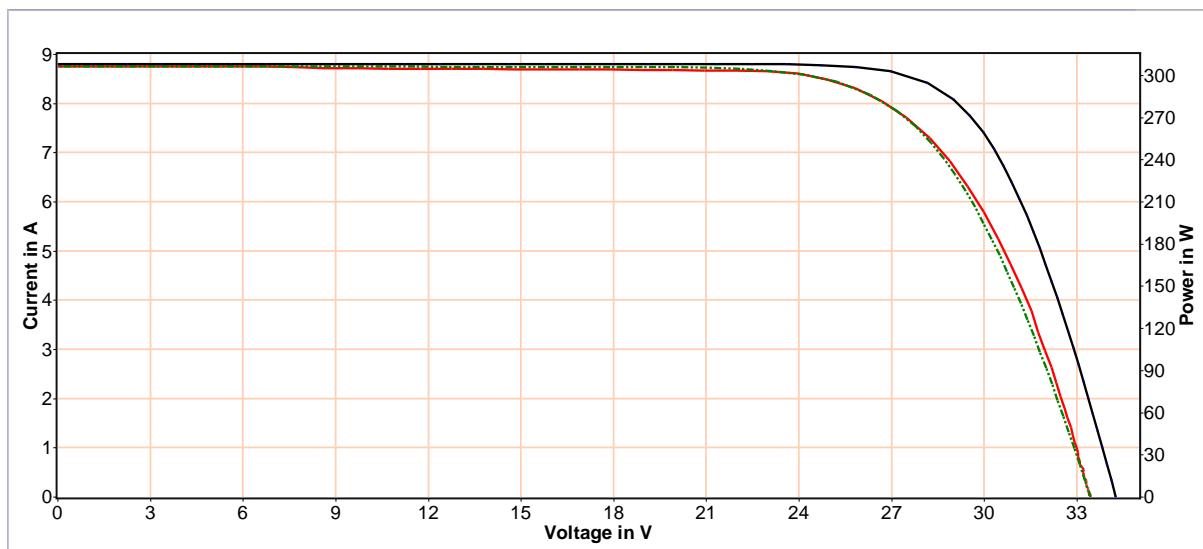
Para este ensayo se realizó empleando el equipo marca Chauvin Arnoux, modelo C.A 6116, dando como resultado una medida de resistencia superior a los 1.000M $\Omega$ .

### 5.5.3 Caracterización del módulo, curva I-V

Al igual que en la fase inicial, se han obtenido varias series de curvas I-V del módulo a estudio con la finalidad de observar si ha habido alguna variación de sus características eléctricas tras ser sometido al proceso de limpieza.

Las curvas I-V han sido obtenidas bajo condiciones reales próximas a las Condiciones Estándar de Medida (CEM: 25° C, 1000 W/m<sup>2</sup>) corrigiendo posteriormente los valores medidos a CEM

Para este ensayo se realizaron varias series de mediciones el día 13 de febrero de 2019, con cielo despejado, bajo una irradiancia mínima de 800W/m<sup>2</sup>



Las tablas siguientes exponen los parámetros principales de los módulos facilitados y los obtenidos durante los ensayos realizados, tras normalizar la curva I-V a CEM, respectivamente.

PARÁMETRO	
Potencia máxima, $P_{m\acute{a}x}$ (W)	250
Intensidad de máxima potencia, $I_{m\acute{a}x}$ (A)	8,8
Tensión de máxima potencia, $V_{m\acute{a}x}$ (V)	28,5
Intensidad de cortocircuito, $I_{sc}$ (A)	9,4
Tensión de circuito abierto, $V_{oc}$ (V)	34,6

Tabla 4.- Datos técnicos en CEM-

Datos eléctricos de los módulos fotovoltaicos obtenidos tras la exposición a luz natural, en las instalaciones de CETENMA.

Serie	I <sub>sc</sub> (A)	U <sub>oc</sub> (V)	I <sub>mp</sub> (A)	U <sub>pmax</sub> (V)	P <sub>pk</sub> (W)
PROMEDIO	9,27	33,58	8,61	26,31	226,62

Tabla 5- Datos promedio corregidos a CEM de las series de I-V en fase comprobación

#### 5.5.4 Ensayo de reflectancia

Al igual que en la fase inicial, una vez finalizada los ensayos de caracterización eléctrica, el módulo fotovoltaico es enviado al laboratorio para la determinación de la reflectancia con el mismo método que el ensayo inicial.

Los resultados obtenidos en este ensayo son los siguientes:

	Reflectancia luminosa (%)	Reflexión directa de la energía solar (%)
Final	3.4 ± 0,2	6 ± 0,2

Los resultados de estos ensayos se recogen en el Anexo B del presente documento.



## 6 RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el presente informe se han recogido los resultados del ciclo de ensayos desarrollado para evaluar si el empleo del sistema de limpieza integral de Wash Auto Panel sobre módulos fotovoltaicos. Este ciclo de ensayos se ha realizado completo sobre 1 de los tres módulos facilitados por el contratante, en concreto, se ha empleado como módulo fotovoltaico de referencia el que presenta el número de serie 1703147-2K-S250RF-0425.

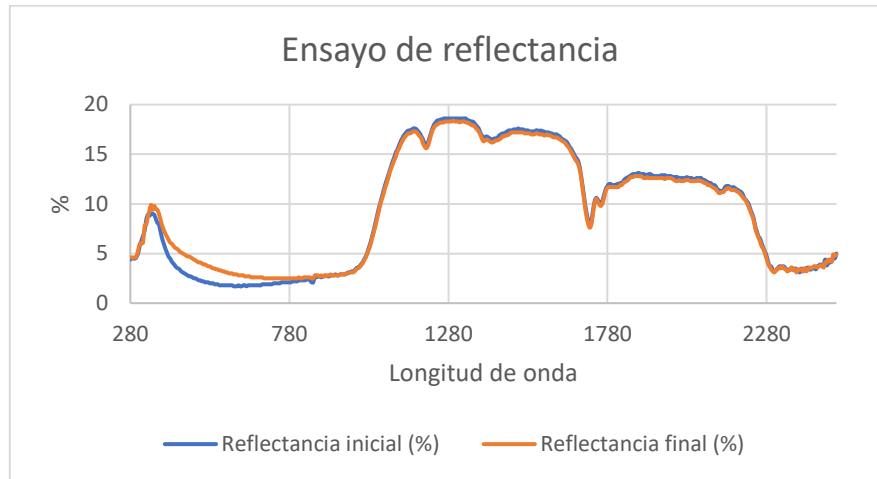
Antes de ser sometido este a los ciclos de limpieza, el módulo de referencia fue sometido a un estudio previo de caracterización de sus parámetros tanto eléctricos, como físicos siendo estos ensayos repetidos tras someter el módulo a 100 ciclos de ensuciamiento seco y limpieza.

A continuación, se resumen los resultados obtenidos:

- Inspección visual: no se ha detectado ningún defecto superficial ni antes ni después de la aplicación de los ciclos de limpieza.
- Resistencia de Aislamiento inicial: en ambos ensayos el módulo cumple con los límites marcados
- Medida Característica I-V: A continuación se muestran los parámetros característicos medidos de la curva I-V corregidos a CEM antes y después de ser sometido el módulo a los ciclos de ensayos.

Serie	I <sub>sc</sub> (A)	U <sub>oc</sub> (V)	I <sub>mp</sub> (A)	U <sub>pmax</sub> (V)	P <sub>pk</sub> (W)
Después	9,27	33,58	8,61	26,31	226,62
Antes	9,19	33,53	8,53	26,57	226,67
<b>Diferencia</b>	<b>-0,87%</b>	<b>-0,15%</b>	<b>-0,94%</b>	<b>0,98%</b>	<b>0,02%</b>

- Reflectancia  
 En la siguiente gráfica se comparan los resultados obtenidos de ensayos de reflectancia del módulo antes y después de ser sometido a los ciclos de limpieza:



Reflexión directa de la energía solar (%)	
Inicial	5,3 ± 0,2
Final	6,0 ± 0,2
<b>Variación</b>	<b>+13.21%</b>

Como puede apreciarse los resultados tanto de la caracterización inicial y final realizados sobre el módulo de referencia, son similares no habiéndose detectado deterioro ni en las características físicas (arañazos, roturas, etc.), ni eléctricas después de haber sido sometido este a los ciclos de ensuciamiento y limpieza.

Aunque si se aprecia, como era de esperar, una pérdida de recubrimiento antirreflectante pero dentro de los parámetros esperables y encontrados como aceptables en la bibliografía.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ferretti, Nicoletta & Sönmez, Aylin & Schneider, Felix & Litzemberger, Bernd & Janke, Stefan & Weber, Thomas & Berghold, Juliane & Grunow, Paul. (2015). REFLECTANCE MEASUREMENTS FOR TESTING THE EFFECT OF MODULE CLEANING ON THE GLASS SURFACE.

**CETENMA**

Centro Tecnológico  
de la Energía y del  
Medio Ambiente

**Centro Tecnológico de la Energía y del Medio Ambiente 2019®**

Polígono Industrial Cabezo Beaza

C/ Sofía 6-13

30353 Cartagena (Murcia)

[cetenma@cetenma.es](mailto:cetenma@cetenma.es)

[www.cetenma.es](http://www.cetenma.es)

# Anexo A

PARÁMETRO	P(01)	P(02)	P(03)	Especificación (*)
Aluminio	28	52	48	200 µgr/l
Boro	0.2	0.5	0.5	1.0 mg/l
Hierro	36	14	6	200 µgr/l
Cloro Libre Residual	1.0	1.0	0.9	1.0 mg/l
Cloro Combinado Residual	0.1	0.1	0.1	2.0 mg/l
Conductividad	491	700	694	2500 µS/cm a 20 °C
Temperatura	19.1	20.4	21.2	(n.a.) °C
pH	8.5	8.4	8.3	6.5 - 9.5 UPH
Turbidez	0	0	0	5 NTU
Cloruro	64	110	108	250 mg/l
Fluoruro	<0.3	<0.3	<0.3	1.5 mg/l
Bicarbonatos	186.0	105.0	111.0	(n.a.) mg/l
Carbonatos	<3.0	<3.0	<3.0	(n.a.) mg/l
Nitrato	4	1	1	50 mg/l
Calcio	40.0	48.0	48.0	(n.a.) mg/l
Sulfato	29	120	118	500 mg/l
Sodio	33	66	65	200 mg/l
Indice Langelier	0.5	0.3	0.3	(n.a.) --
Oxidabilidad	0.7	<0.5	<0.5	5.0 mg O <sub>2</sub> /l
Bromodichlorometano	3	<5	3	(n.a.) µgr/l
Bromoformo	8	31	23	(n.a.) µgr/l
Cloroformo	3	<5	1	(n.a.) µgr/l
Dibromoclorometano	5	16	12	(n.a.) µgr/l
Trihalometanos	20	47	40	100 µgr/l
Recuento de Colonias	1	1	<1	100 UFC en 1 ml
Dureza	16.6	21.1	20.8	(n.a.) °F
Magnesio	16.0	22.0	21.0	(n.a.) mg/l

(\*) Referencia conforme a legislación vigente  
(n.a.): no aplica especificación

**LOCALIDADES SEGÚN PROCEDENCIA: P(nn)**

- (01) Azohía, Galifa, Isla Plana, Perin flores, Perin Chorrillos, El Portus, Los Puertos, Tallante, Torre Nicolás Pérez, Rincón de Tallante, Los Puertos, Díaz, Canteras, Molinos Marfagones, Cuesta Blanca, La Magdalena, San Isidro, El Palmero, La Corona, San Ginés, El Mojón.
- (02) El Bohio, La Guía, Santa Ana, Ventorrillos, Los Piñuelas, Bda. Santiago, Miranda, La Aljorra, El Albuñón, Pozo Estrecho, Pozo Los Palos, Los Dolores, Lo Baturro, La Baña, El Plan, Tentegorra, Barrio de la Concepción, Los Barreros, Barrio Peral, Bda. Cuatro Santos, Los Mateos, Media Legua, Los Patojos, Santa Lucía, Vereda S. Félix, Vista Alegre, S. Antón, Escombreras, Lo Campano, Los Garcías, Torreciega, Alumbres, Los Belones, El Llano, Mar de Cristal, Los Urrutias, Los Camachos, Los Beatos, El Estrecho de S. Ginés, La Manga Club de Golf, Villas Caravaning, Playa Honda, La Manga, El Algar, La Vaguada, Cabo de Palos y Playa Paraiso.
- (03) Bda. S. Ginés, Bda. Virgen de la Caridad, P.I. Cabezo Beaza, La Aparecida, Los Balanzas, La Puebla, Fuente Amarga, La Palma, Los Salazares



PARÁMETRO	P(01)	P(02)	P(03)	Especificación (*)
-----------	-------	-------	-------	--------------------

**RESTO DE PARÁMETROS QUE SE ANALIZAN HABITUALMENTE Y NO SE DETECTA PRESENCIA:**

- Físico-Químicos: Acrilamida, Amonio, Cianuro, Epiclorhidrina, Microcistina, Nitritos, PVC.
- Microbiológicos: Bacterias Coliformes, Clostridium Perfringens, Enterococo, Escherichia Coli, Legionella.
- Metales: Antimonio, Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio.
- Compuestos orgánicos volátiles, BTEXs, HPA: 1,2-Dicloroetano, Benceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo (g,h,i) perileno, Benzo (k)fluoranteno, Indeno(1,2,3,-c,d)pireno, Suma HPA, Tetracloroetano, Tetracloroetano + Tricloroetano, Tricloroetano.
- Plaguicidas: a-HCH, Aldrín, Ametrina, Atrazina, b-HCH, d-HCH, Diazinon, Dieldrín, Endosulfán I, Endosulfán II, Endosulfán Sulfato, Endrín, Endrín Cetona, Etion, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Lindano, Metil-paration, Metoxicloro, p,p'-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDT, Paration, Prometrina, Propazina, Simazina, Terbutilazina, Terbutrina, Total de Plaguicidas, Trietazina.
- Radioactividad: Actividad Alfa Total, Actividad Beta Total, Tritio, Dosis Indicativa Total.

**Análisis realizados por INTERLAB. Laboratorio acreditado por ENAC conforme a la Norma ISO 17025.**

PARÁMETRO	P(01)	P(02)	P(03)	Especificación (*)
Aluminio	28	39	44	200 µgr/l
Boro	<0.2	0.4	0.4	1.0 mg/l
Hierro	36	8	6	200 µgr/l
Cloro Libre Residual	0.9	0.9	0.7	1.0 mg/l
Cloro Combinado Residual	0.1	0.1	0.1	2.0 mg/l
Conductividad	767	776	763	2500 µS/cm a 20 °C
Temperatura	19.1	18.0	14.8	(n.a.) °C
pH	8.6	8.3	8.2	6.5 - 9.5 UPH
Turbidez	1	1	1	5 NTU
Cloruro	64	103	102	250 mg/l
Fluoruro	<0.3	<0.3	<0.3	1.5 mg/l
Bicarbonatos	186.0	107.0	113.0	(n.a.) mg/l
Carbonatos	<3.0	<3.0	<3.0	(n.a.) mg/l
Nitrato	4	1	1	50 mg/l
Calcio	40.0	49.0	49.0	(n.a.) mg/l
Sulfato	29	131	133	500 mg/l
Sodio	33	62	58	200 mg/l
Indice Langelier	0.5	-0.2	0.1	(n.a.) --
Oxidabilidad	0.7	<0.5	<0.5	5.0 mg O2/l
Bromodichlorometano	<5	3	15	(n.a.) µgr/l
Bromoformo	11	26	1	(n.a.) µgr/l
Cloroformo	<5	1	30	(n.a.) µgr/l
Dibromoclorometano	5	13	4	(n.a.) µgr/l
Trihalometanos	<20	42	50	100 µgr/l
Recuento de Colonias	1	5	<1	100 UFC en 1 ml
Dureza	16.6	21.2	21.2	(n.a.) °F
Magnesio	16.0	22.0	22.0	(n.a.) mg/l

(\*) Referencia conforme a legislación vigente  
(n.a.): no aplica especificación

**LOCALIDADES SEGÚN PROCEDENCIA: P(nn)**

- (01) Azohía, Galifa, Isla Plana, Perin flores, Perin Chorrillos, El Portus, Los Puertos, Tallante, Torre Nicolás Pérez, Rincón de Tallante, Los Puertos, Díaz, Canteras, Molinos Marfagones, Cuesta Blanca, La Magdalena, San Isidro, El Palmero, La Corona, San Ginés, El Mojón.
- (02) El Bohio, La Guía, Santa Ana, Ventorrillos, Los Piñuelas, Bda. Santiago, Miranda, La Aljorra, El Albuñón, Pozo Estrecho, Pozo Los Palos, Los Dolores, Lo Baturro, La Baña, El Plan, Tentegorra, Barrio de la Concepción, Los Barreros, Barrio Peral, Bda. Cuatro Santos, Los Mateos, Media Legua, Los Patojos, Santa Lucía, Vereda S. Félix, Vista Alegre, S. Antón, Escombreras, Lo Campano, Los Garcías, Torreciega, Alumbres, Los Belones, El Llano, Mar de Cristal, Los Urrutias, Los Camachos, Los Beatos, El Estrecho de S. Ginés, La Manga Club de Golf, Villas Caravaning, Playa Honda, La Manga, El Algar, La Vaguada, Cabo de Palos y Playa Paraiso.
- (03) Bda. S. Ginés, Bda. Virgen de la Caridad, P.I. Cabezo Beaza, La Aparecida, Los Balanzas, La Puebla, Fuente Amarga, La Palma, Los Salazares

PARÁMETRO	P(01)	P(02)	P(03)	Especificación (*)
-----------	-------	-------	-------	--------------------

**RESTO DE PARÁMETROS QUE SE ANALIZAN HABITUALMENTE Y NO SE DETECTA PRESENCIA:**

- Físico-Químicos: Acrilamida, Amonio, Cianuro, Epiclorhidrina, Microcistina, Nitritos, PVC.
- Microbiológicos: Bacterias Coliformes, Clostridium Perfringens, Enterococo, Escherichia Coli, Legionella.
- Metales: Antimonio, Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio.
- Compuestos orgánicos volátiles, BTEXs, HPA: 1,2-Dicloroetano, Benceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo (g,h,i) perileno, Benzo (k)fluoranteno, Indeno(1,2,3,-c,d)pireno, Suma HPA, Tetracloroetano, Tetracloroetano + Tricloroetano, Tricloroetano.
- Plaguicidas: a-HCH, Aldrín, Ametrina, Atrazina, b-HCH, d-HCH, Diazinon, Dieldrín, Endosulfán I, Endosulfán II, Endosulfán Sulfato, Endrín, Endrín Cetona, Etion, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Lindano, Metil-paration, Metoxicloro, p,p'-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDT, Paration, Prometrina, Propazina, Simazina, Terbutilazina, Terbutrina, Total de Plaguicidas, Trietazina.
- Radioactividad: Actividad Alfa Total, Actividad Beta Total, Tritio, Dosis Indicativa Total.

**Análisis realizados por INTERLAB. Laboratorio acreditado por ENAC conforme a la Norma ISO 17025.**

PARÁMETRO	P(01)	P(02)	P(03)	Especificación (*)
Aluminio	37	51	44	200 µgr/l
Boro	0.2	<0.2	<0.2	1.0 mg/l
Hierro	29	8	6	200 µgr/l
Cloro Libre Residual	0.8	1.0	0.9	1.0 mg/l
Cloro Combinado Residual	0.1	0.1	0.1	2.0 mg/l
Conductividad	447	850	849	2500 µS/cm a 20 °C
Temperatura	20.3	19.0	14.8	(n.a.) °C
pH	8.6	8.4	8.5	6.5 - 9.5 UPH
Turbidez	1	0	0	5 NTU
Cloruro	65	103	102	250 mg/l
Fluoruro	<0.3	<0.3	<0.3	1.5 mg/l
Bicarbonatos	190.0	135.0	113.0	(n.a.) mg/l
Carbonatos	<3.0	<3.0	<3.0	(n.a.) mg/l
Nitrato	4	2	1	50 mg/l
Calcio	40.0	64.0	49.0	(n.a.) mg/l
Sulfato	27	175	133	500 mg/l
Sodio	36	61	58	200 mg/l
Indice Langelier	0.5	0.5	0.1	(n.a.) --
Oxidabilidad	<0.5	<0.5	<0.5	5.0 mg O2/l
Bromodichlorometano	4	6	15	(n.a.) µgr/l
Bromoformo	9	31	1	(n.a.) µgr/l
Cloroformo	3	<5	30	(n.a.) µgr/l
Dibromoclorometano	7	24	4	(n.a.) µgr/l
Trihalometanos	24	61	50	100 µgr/l
Recuento de Colonias	0	1	<1	100 UFC en 1 ml
Dureza	16.7	28.1	21.2	(n.a.) °F
Magnesio	16.0	30.0	22.0	(n.a.) mg/l

(\*) Referencia conforme a legislación vigente  
(n.a.): no aplica especificación

**LOCALIDADES SEGÚN PROCEDENCIA: P(nn)**

- (01) Azohía, Galifa, Isla Plana, Perin flores, Perin Chorrillos, El Portus, Los Puertos, Tallante, Torre Nicolás Pérez, Rincón de Tallante, Los Puertos, Díaz, Canteras, Molinos Marfagones, Cuesta Blanca, La Magdalena, San Isidro, El Palmero, La Corona, San Ginés, El Mojón.
- (02) El Bohio, La Guía, Santa Ana, Ventorrillos, Los Piñuelas, Bda. Santiago, Miranda, La Aljorra, El Albujión, Pozo Estrecho, Pozo Los Palos, Los Dolores, Lo Baturro, La Baña, El Plan, Tentegorra, Barrio de la Concepción, Los Barreros, Barrio Peral, Bda. Cuatro Santos, Los Mateos, Media Legua, Los Patojos, Santa Lucía, Vereda S. Félix, Vista Alegre, S. Antón, Escombreras, Lo Campano, Los Garcías, Torreciega, Alumbres, Los Belones, El Llano, Mar de Cristal, Los Urrutias, Los Camachos, Los Beatos, El Estrecho de S. Ginés, La Manga Club de Golf, Villas Caravaning, Playa Honda, La Manga, El Algar, La Vaguada, Cabo de Palos y Playa Paraiso.
- (03) Bda. S. Ginés, Bda. Virgen de la Caridad, P.I. Cabezo Beaza, La Aparecida, Los Balanzas, La Puebla, Fuente Amarga, La Palma, Los Salazares

PARÁMETRO	P(01)	P(02)	P(03)	Especificación (*)
-----------	-------	-------	-------	--------------------

**RESTO DE PARÁMETROS QUE SE ANALIZAN HABITUALMENTE Y NO SE DETECTA PRESENCIA:**

- Físico-Químicos: Acrilamida, Amonio, Cianuro, Epiclorhidrina, Microcistina, Nitritos, PVC.
- Microbiológicos: Bacterias Coliformes, Clostridium Perfringens, Enterococo, Escherichia Coli, Legionella.
- Metales: Antimonio, Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo, Selenio.
- Compuestos orgánicos volátiles, BTEXs, HPA: 1,2-Dicloroetano, Benceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo (g,h,i) perileno, Benzo (k)fluoranteno, Indeno(1,2,3,-c,d)pireno, Suma HPA, Tetracloroetano, Tetracloroetano + Tricloroetano, Tricloroetano.
- Plaguicidas: a-HCH, Aldrín, Ametrina, Atrazina, b-HCH, d-HCH, Diazinon, Dieldrín, Endosulfán I, Endosulfán II, Endosulfán Sulfato, Endrín, Endrín Cetona, Etion, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Lindano, Metil-paration, Metoxicloro, p,p'-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDT, Paration, Prometrina, Propazina, Simazina, Terbutilazina, Terbutrina, Total de Plaguicidas, Trietazina.
- Radioactividad: Actividad Alfa Total, Actividad Beta Total, Tritio, Dosis Indicativa Total.

**Análisis realizados por INTERLAB. Laboratorio acreditado por ENAC conforme a la Norma ISO 17025.**



# Anexo B



**Nº INFORME 076618**

<b>CLIENTE</b>	CENTRO TECNOLÓGICO DE LA ENERGÍA Y DEL MEDIO AMBIENTE (CETENMA)
<b>PERSONA DE CONTACTO</b>	JOSÉ MIGUEL PAREDES
<b>DIRECCIÓN</b>	P.I. CABEZO BEAZA C/ SOFÍA 6-13 30353 CARTAGENA (MURCIA)
<b>OBJETO</b>	DETERMINACIÓN DE LA REFLECTANCIA LUMINOSA Y SOLAR SEGÚN ISO 9050:2003
<b>MUESTRA ENSAYADA</b>	PANEL FOTOVOLTAICO REF.: «MODULO SOLAR HYUNDAI HIS 250RF S/N 170317-2k-S250RH-0425»
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	08.01.2019
<b>FECHAS DE ENSAYO</b>	28.01.2019 – 09.04.2019
<b>FECHA DE EMISIÓN</b>	16.04.2019

Susana Santamaría  
Responsable Técnico  
Industry-Lab Services

\* Los resultados del presente informe conciernen, única y exclusivamente al material ensayado.

\* Este informe no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de FUNDACIÓN TECNALIA R&I, excepto cuando lo sea de forma íntegra.

## CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS

El día 8 de enero de 2019 se recibió en TECNALIA, procedente de la empresa CENTRO TECNOLÓGICO DE LA ENERGÍA Y DEL MEDIO AMBIENTE (CETENMA), un panel fotovoltaico completo de dimensiones (1000 x 1480) mm, referenciado como:

«**MODULO SOLAR HYUNDAI HIS 250RF S/N 170317-2k-S250RH-0425**»

El panel fotovoltaico se envió al cliente para realizar un ataque en su superficie y se recibió de nuevo el día 13 de marzo de 2019.

## ENSAYO SOLICITADO

El ensayo solicitado es la **determinación de la reflectancia luminosa y solar** antes y tras el ataque según **ISO 9050:2003** «*Glass in building -- Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors*».

## ENSAYO REALIZADO

La determinación de la reflectancia entre 280 y 2.500 nm se ha llevado a cabo mediante un espectrofotómetro Spectrometer Lambda 900 UV/VIS/NIR de Perkin-Elmer con una esfera integradora de 150 mm de diámetro y patrón blanco.

El método utilizado tiene las siguientes características:

- Intervalo de longitud de onda: 5 nm
- Velocidad de barrido: 284,6 nm/min
- Slit UV/VIS:1
- Ganancia del detector NIR:4

Antes del ataque a la superficie se han realizado seis medidas de reflectancia del panel fotovoltaico y tras el ataque se han realizado otras seis medidas de reflectancia.

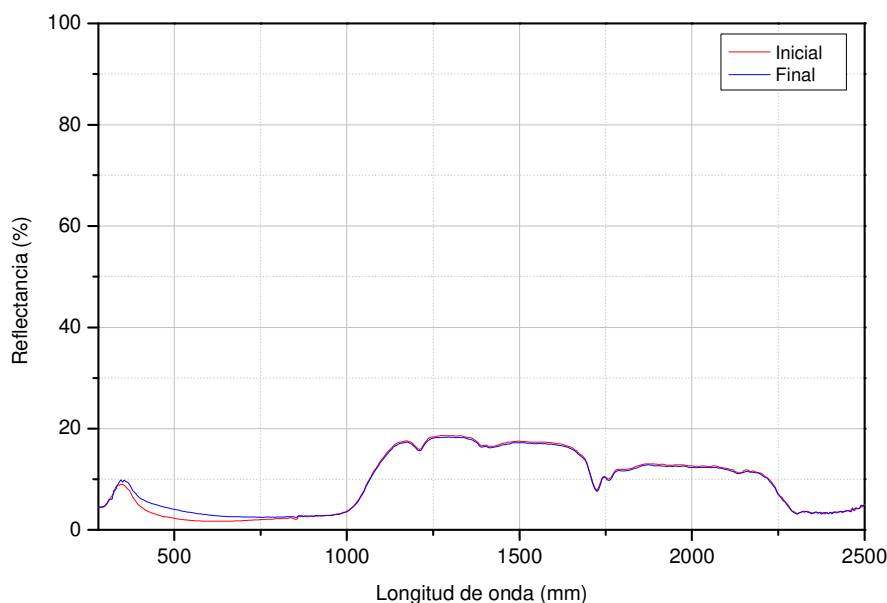
A partir de las medidas de reflectancia, se han calculado la **reflectancia directa de la energía solar** y la **reflectancia luminosa** del panel antes y después del ataque, de acuerdo con la norma ISO 9050:2003.

## RESULTADOS

A continuación se detallan los resultados de la reflectancia luminosa y solar del panel fotovoltaico referenciado como «**MODULO SOLAR HYUNDAI HIS 250RF S/N 170317-2k-S250RH-0425**» antes y tras el ataque.

	Inicial	Final
Reflectancia luminosa (%)	<b>1,9 ± 0,2</b>	<b>3,4 ± 0,2</b>
Reflexión directa de la energía solar (%)	<b>5,3 ± 0,2</b>	<b>6,0 ± 0,2</b>

La gráfica siguiente muestra los datos espectrales de reflectancia medidos:



### DECLARACIÓN DE INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Nota: Valor de incertidumbre expresado tras el símbolo  $\pm$ .

# Anexo C





# Hyundai Solar Module

Hyundai Heavy Industries was founded in 1972 and is a Fortune 500 company. The company employs more than 48,000 people, and has a global leading 7 business divisions with sales of 51.3 Billion USD in 2013. As one of our core businesses of the company, Hyundai Heavy Industries is committed to develop and invest heavily in the field of renewable energy.

Hyundai Solar is the largest and the longest standing PV cell and module manufacturer in South Korea. We have 600 MW of module production capacity and provide high-quality solar PV products to more than 3,000 customers worldwide. We strive to achieve one of the most efficient PV modules by establishing an R&D laboratory and investing more than 20 Million USD on innovative technologies.

## PERL RF-Series

### Mono-crystalline Type

HiS-S245RF | HiS-S250RF | HiS-S255RF

### Mechanical Characteristics

Dimensions	998 mm (39.29")(W) × 1,480 mm (58.27")(L) × 35 mm (1.38")(H)
Weight	Approx. 15.4 kg (34.0 lbs)
Solar cells	54 cells in series (6 × 9 matrix) with PERL technology (Hyundai cell, Made in Korea)
Output cables	4 mm <sup>2</sup> (12AWG) cables with polarized weatherproof connectors, IEC certified (UL listed), Length 1.0 m (39.4")
Junction box	IP68, weatherproof, IEC certified (UL listed)
Bypass diodes	3 bypass diodes to prevent power decrease by partial shade
Construction	Front : Anti-reflective coating low-iron tempered glass, 2.8 mm (0.11") Encapsulant : EVA    Back Sheet : Weatherproof film
Frame	Clear anodized aluminum alloy type 6063 (Black color)

### High Quality

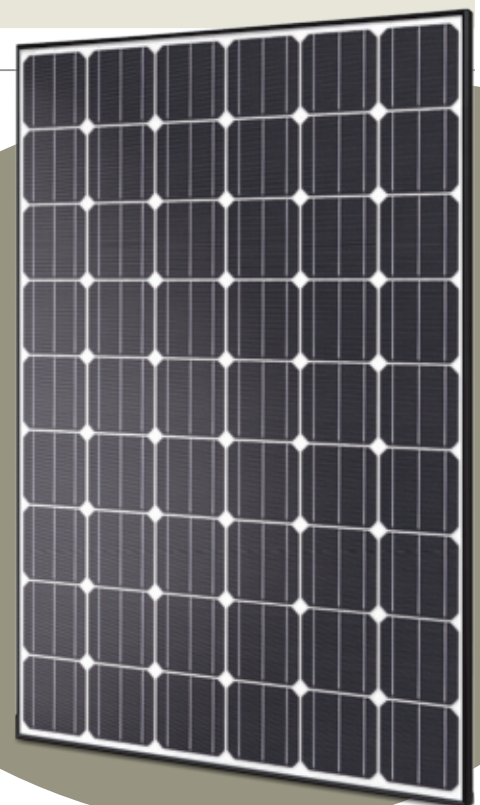
- IEC 61215 (Ed.2) and IEC 61730 by VDE
- UL listed (UL 1703), Class C Fire Rating
- Output power tolerance +3/-0 %
- ISO 9001:2009, ISO 14001:2009 Certified and ISO 50001:2011 Certified
- OHSAS 18001:2007 Certified
- Advanced Mechanical Test (8,000 Pa) Passed (IEC) / Mechanical Load Test (40 lbs/ft<sup>2</sup>) Passed (UL)
- Ammonia Corrosion Resistance Test Passed
- IEC 61701 (Salt Mist Corrosion Test) Passed

### Limited Warranty

- 10 years for product defect
- 10 years for 90 % of warranted min. power
- 25 years for 80 % of warranted min. power

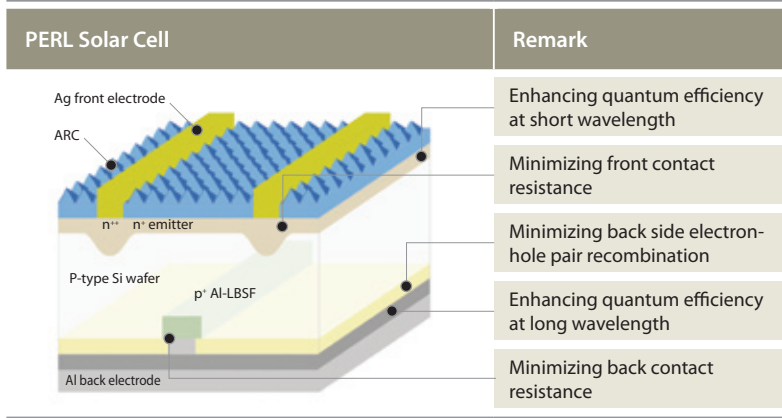
#### ※ Important Notice on Warranty

The warranties apply only to the PV modules with Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.'s logo (shown below) and product serial number on it.



**HYUNDAI**  
HEAVY INDUSTRIES CO.,LTD.

# PERL : Passivated Emitter, Rear Locally-Diffused Cell



## | Higher Cell Efficiency |

Conventional Selective-Emitter Cell : Max. 19.3 %  
 → PERL Cell : Max. 20.4 %

## | Higher Module Output |

245 W, 250 W, 255 W

## | Lower Temperature Coefficient |

Lower output loss at higher temperature

## | Affordable Price |

Premium mono-crystalline technology with affordable price

## Electrical Characteristics

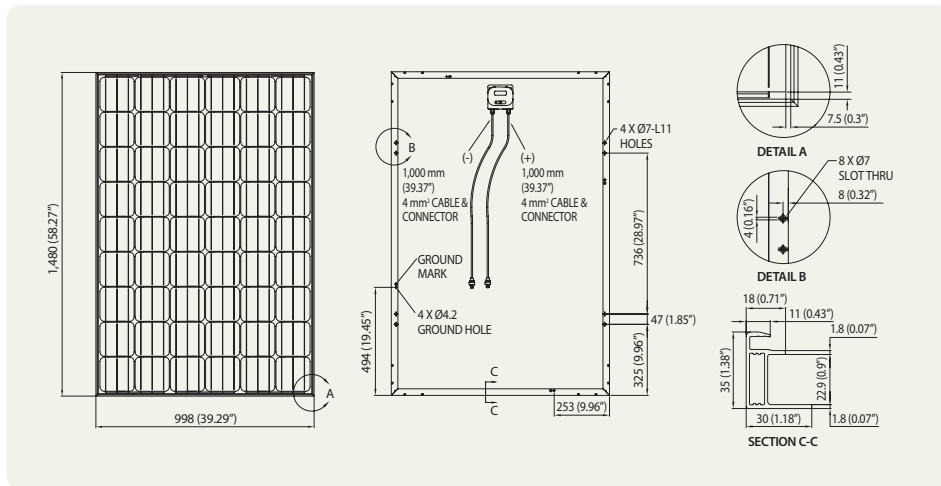
### | Mono-crystalline Type |

		HiS-□□□RF		
		245	250	255
Nominal output (Pmpp)	W	245	250	255
Voltage at Pmax (Vmpp)	V	28.3	28.5	28.6
Current at Pmax (Impp)	A	8.6	8.8	8.9
Open circuit voltage (Voc)	V	34.5	34.6	34.7
Short circuit current (Isc)	A	9.2	9.4	9.5
Output tolerance	%	+3/-0		
No. of cells & connections	pcs	54 in series		
Cell type	-	6" Mono-crystalline silicon with PERL technology (Hyundai cell, Made in Korea)		
Module efficiency	%	16.6	16.9	17.2
Temperature coefficient of Pmpp	%/K	-0.45	-0.45	-0.45
Temperature coefficient of Voc	%/K	-0.33	-0.33	-0.33
Temperature coefficient of Isc	%/K	0.032	0.032	0.032

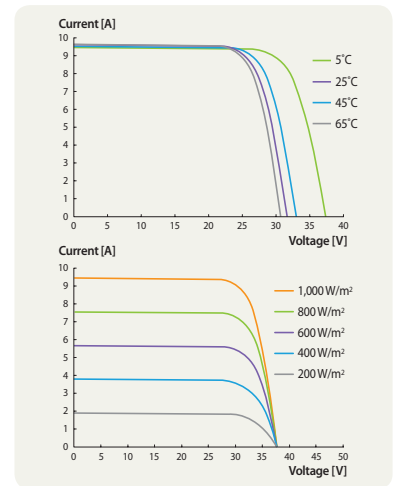
※All data at STC (Standard Test Conditions). Above data may be changed without prior notice.

### | Module Diagram |

(unit : mm, inch)



### | I-V Curves |



### | Installation Safety Guide |

- Only qualified personnel should install or perform maintenance.
- Be aware of dangerous high DC voltage.
- Do not damage or scratch the rear surface of the module.
- Do not handle or install modules when they are wet.

Nominal Operating Cell Temperature	46°C ± 2
Operating Temperature	-40 - 85°C
Maximum System Voltage	DC 1,000 V (IEC) DC 600 V (UL)
Maximum Reverse Current	15 A

[ Printed Date : August 2014 ]



**Sales & Marketing**  
 2<sup>nd</sup> Fl., Hyundai Bldg., 75, Yulgok-ro, Jongno-gu, Seoul 110-793, Korea  
 Tel : +82-2-746-8406, 4671, 7635, 8525 Fax : +82-2-746-7675

**HYUNDAI**  
 HEAVY INDUSTRIES CO.,LTD.