



**pvlabweb**

***Versión 1.2.0.dev10 (MC-PVLab-F20-01-2023)***

**pvlabweb Development Team**

**14 de febrero de 2023**



---

## Tabla de Contenido

---

<b>1. Licencia</b>	<b>1</b>
1.1. Creative Commons CC - BY - NC - ND . . . . .	1
<b>2. Léame</b>	<b>3</b>
<b>3. Histórico de Versiones</b>	<b>5</b>
3.1. Versión 1.2.0 . . . . .	5
3.2. Versión 1.1.0 . . . . .	7
3.3. Versión 1.0.0 . . . . .	8
<b>4. Inicio</b>	<b>9</b>
<b>5. PVLab</b>	<b>11</b>
5.1. El PVLab . . . . .	11
5.2. Quienes Somos . . . . .	12
5.3. Trayectoria . . . . .	14
<b>6. Política de Calidad</b>	<b>17</b>
6.1. Entorno Acreditado . . . . .	17
6.2. Gestión de la Calidad . . . . .	18
<b>7. Actividad</b>	<b>21</b>
7.1. Calibración . . . . .	21
7.2. Normalización . . . . .	25
7.3. Proyectos I+D . . . . .	26
<b>8. Divulgación</b>	<b>29</b>
8.1. Eventos . . . . .	29
8.2. Publicaciones . . . . .	31
8.3. Formación . . . . .	35
8.4. Noticias . . . . .	36
<b>9. Documentos</b>	<b>39</b>
9.1. Acreditación ENAC . . . . .	39
9.2. Anexo Técnico Nº 272/LC10.237 . . . . .	40
<b>10. Contacto</b>	<b>43</b>



Copyright© 2023, PVLab — Ciemat.

## 1.1 Creative Commons CC - BY - NC - ND

### Atribución/Reconocimiento - NoComercial - SinDerivados 4.0 Internacional.

Resumen de las especificaciones de la licencia:

Usted es libre de **compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.

El licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia.

#### Bajo los siguientes términos:

1. **Atribución** — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo del licenciante.
2. **NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.
3. **SinDerivadas** — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Vea el documento completo con los [términos de la licencia](#) para más información.

---

**Nota:** Esta licencia es la otorgada a los documentos incorporados al repositorio institucional del Ciemat [Documenta-CIEMAT](#).

---

---

**Nota:** El presente documento *pvlabweb versión 1.2.0* se encuentra disponible en abierto en el repositorio **Documenta - CIEMAT**.

---



El presente proyecto documental **pvlabweb** recaba los aspectos más destacados y la actividad del **Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Ciemat (PVLab)**, perteneciente a la Unidad de Energía Solar Fotovoltaica del **CIEMAT**.

**Autores:**

Este documento constituye la base de contenido del **portal web del PVLab**, elaborado por el PVLab e implementado por la **Unidad de Desarrollo de Aplicaciones y Sistemas Informáticos**.

**PVLab Development Team:** Silva J.P., Balenzategui J.L., Cuenca J., Fabero F., Mejuto E., Molero M. Unidad de Energía Solar Fotovoltaica - División de Energías Renovables (Dpto. Energía - **CIEMAT**).

**Unidad de Desarrollo de Aplicaciones y Sistemas Informáticos:** **División de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones** (**Departamento de Tecnología** - **CIEMAT**).

Madrid, 7 de Febrero de 2023.



### 3.1 Versión 1.2.0

Características de la nueva versión a implementar:

#### 3.1.1 Nombre de la versión

Versión 1.2.0 (Febrero de 2023)

#### 3.1.2 Autores

Generación del contenido: PVLab Development Team. Unidad de Energía Solar Fotovoltaica - CIEMAT.

Implementación en el [portal de grupo PVLab](#): Unidad de Desarrollo de Aplicaciones y Sistemas Informáticos - CIEMAT.

#### 3.1.3 Descripción

Tercera versión del portal web del grupo **PVLab**.

Contiene información y documentación añadida y actualizada, con el objeto de dar a conocer en mayor profundidad las actividades del grupo:

Resumen de modificaciones:

1. Actualización de las publicaciones del grupo (año 2022).
2. Actualización del Anexo Técnico (última Auditoría ENAC).
3. Nuevo apartado «FORMACIÓN» en el capítulo «DIVULGACIÓN».
4. Nuevo apartado «NOTICIAS» en el capítulo «DIVULGACIÓN».
5. Resumen de la actividad 2022 en el capítulo «NORMALIZACIÓN».

6. Otras actualizaciones (logos, eventos, etc.), correcciones y mejoras generales del contenido.

### 3.1.4 Desglose de las modificaciones respecto de la versión anterior

1. Capítulo LICENCIA (no incluido en web): añadida **nota** acerca de la disponibilidad del documento en el [Repositorio Documenta-Ciemat](#).
2. Capítulo LEAME (no incluido en web): ampliado texto y añadidas referencias.
3. Capítulo HISTÓRICO DE VERSIONES (no incluido en web): añadidas las fechas de accesibilidad de la versión anterior 1.1.0.
4. Capítulo HISTÓRICO DE VERSIONES (no incluido en web): añadido el apartado version1.2.0 con la información acerca de la nueva versión.
5. Capítulo INICIO: **nueva redacción** del contenido para la página de inicio de la web del grupo PVLab, con el objetivo de mejorar la definición y el alcance de las actividades del PVLab.
6. Capítulo INICIO: (solo en web) actualización del nuevo logo ILAC-MRA / ENAC (archivo «**LC10.237\_web.png**»).
7. Capítulo PVLab - EL PVLAB (antes «El Laboratorio»): **Nueva redacción** del contenido, detallando las actividades del PVLab.
8. Capítulo PVLAB - QUIENES SOMOS: corregida dirección de correo electrónico no válida (jose.cuenca@ciemat.es -> cuenca@ciemat.es).
9. Capítulo PVLAB - QUIENES SOMOS: actualizado el gráfico del organigrama del PVLab («**Organigram.png**»).
10. Capítulo PVLAB - TRAYECTORIA (antes «Un Poco de Historia»): ampliación y actualización de la información.
11. Capítulo ACTIVIDAD - CALIBRACIÓN: leves modificaciones, a efectos de una mejor definición de los procedimientos técnicos acreditados.
12. Capítulo ACTIVIDAD - NORMALIZACIÓN: resumen de la actividad llevada a cabo en 2022.
13. Capítulo ACTIVIDAD - PROYECTOS: resumen de participación en proyectos, y actualización/ampliación de la información relativa al proyecto DEPRISAc.
14. Capítulo POLÍTICA DE CALIDAD - ENTORNO ACREDITADO: leves modificaciones, ampliando la información.
15. Capítulo POLÍTICA DE CALIDAD - ENTORNO ACREDITADO: actualizada figura con logo («**LC10.237\_web.png**») del laboratorio acreditado.
16. Capítulo POLÍTICA DE CALIDAD - GESTIÓN DE LA CALIDAD: actualizado el diagrama de procesos del PVLab («**Processes\_01.png**»).
17. Capítulo DIVULGACIÓN - PUBLICACIONES: añadidas publicaciones del grupo correspondientes al año 2022.
18. Capítulo DIVULGACIÓN - FORMACIÓN (nuevo apartado): añadidas ponencias y seminarios realizados por miembros del PVLab.
19. Capítulo DIVULGACIÓN - NOTICIAS (nuevo apartado): añadidas las [noticias CIEMAT](#) con clave de búsqueda «**pvlab**».
20. Capítulo DOCUMENTOS: actualizado el Anexo Técnico descargable, a la versión 2 en vigor («**TechnicalAnnex\_01.png**», «**TechnicalAnnex\_02.png**»).
21. Capítulo CONTACTO: añadido el link correspondiente a [LinkedIn PVLab](#) y la dirección de e-mail del PVLab.

### 3.1.5 Accesibilidad

1. Accesible desde el [link de grupo PVLab](#) en fecha [aún no establecida].
2. Habilitada la entrada desde del portal [Ciemat \(link de grupo pvlab\)](#) en fecha [aún no establecida].
3. Accesible desde el [portal de grupo pvlab](#) en fecha [aún no establecida].

## 3.2 Versión 1.1.0

Características de la versión a implementar:

### 3.2.1 Nombre de la versión

Versión 1.1.0 (Febrero 2022)

### 3.2.2 Autores

Generación de contenido: José Pedro Silva - Unidad de Energía Solar Fotovoltaica - CIEMAT.

Implementación en el [portal de grupo PVLab](#): José Luis Piñán - Unidad de Desarrollo de Aplicaciones y Sistemas Informáticos - CIEMAT.

### 3.2.3 Descripción

Segunda versión del portal web del grupo **PVLab**. Contiene información y documentación añadida para dar a conocer en mayor profundidad las actividades del laboratorio.

### 3.2.4 Modificaciones respecto de la versión anterior

1. Disponer la información en un proyecto documental, en lugar de en un único documento, con el fin de facilitar el manejo, la usabilidad, la incorporación de nueva información, el desarrollo de nuevas versiones, la vigencia y facilidad de adaptación del proyecto ante eventuales cambios de plataforma, etc.
2. Adaptar el proyecto y archivos fuente a un esquema tipo FAIR (**F**indable, **A**ccessible, **I**nteroperable, **R**eusable).
3. Reflejar en su descripción y actividad los cambios producidos tras la obtención de la acreditación de parte de sus actividades.
4. Actualizar el apartado correspondiente a la descripción del PVLab, **El Laboratorio**.
5. Integrar el apartado **Inicio** en el proyecto documental.
6. Ampliar la información del apartado **Quiénes Somos**, mostrando adicionalmente el organigrama del laboratorio.
7. Cambiar el título del apartado *Servicios de Calibración* por *Servicios de Calibración Acreditados*.
8. Añadir el epígrafe **Publicaciones** dentro del apartado **Divulgación**.
9. Anadir el apartado **Documentos**, para disponer del Certificado de Acreditación, el Anexo Técnico y, eventualmente, de otros documentos de interés que deseen publicarse en el portal web del PVLab.
10. Añadir el apartado **Contacto**, con el contacto directo al laboratorio.
11. Añadir imágenes del laboratorio (infraestructuras, equipos) en diversos apartados con el objeto de ilustrar el contenido.

### **3.2.5 Accesibilidad**

1. Accesible desde el [link de grupo PVLab](#) en fecha (aprox.) 9 de marzo de 2022.
2. Habilitada la entrada desde del portal [Ciemat \(link de grupo pvlab\)](#) en fecha (aprox.) 9 de marzo de 2022.
3. Accesible desde el [portal de grupo pvlab](#) en fecha 8 de marzo de 2022.

## **3.3 Versión 1.0.0**

Características de la versión a actualizar:

### **3.3.1 Nombre de la versión**

Versión 1.0.0 (Junio 2021)

### **3.3.2 Autores**

Generación de contenido: José Pedro Silva - Unidad de Energía Solar Fotovoltaica - CIEMAT.

Implementación en [portal de grupo PVLab](#): José Luis Piñán - Unidad de Desarrollo de Aplicaciones y Sistemas Informáticos - CIEMAT.

### **3.3.3 Descripción**

Primera versión del portal web del grupo **pvlab**. Contiene la documentación básica para conocer las actividades del grupo.

### **3.3.4 Modificaciones respecto de la versión anterior**

Primera versión.

### **3.3.5 Accesibilidad**

1. Accesible desde el [link de grupo pvlab](#) en fecha 16/09/2021.
2. Habilitada la entrada desde del portal [Ciemat \(link de grupo pvlab\)](#) en fecha 14/09/2021.
3. Accesible desde el [portal de grupo pvlab](#) en fecha 22/06/2021.

Integrado en la Unidad de Energía Solar Fotovoltaica del Ciemat (División de Energías Renovables – Departamento de Energía), el **PVLab** realiza un importante conjunto de actividades en apoyo al sector fotovoltaico, contribuyendo con sus servicios y otros resultados de su actividad a la generación de conocimiento y al desarrollo científico y tecnológico en la materia.

Sus tareas comprenden desde la **Calibración de Sensores de Radiación Solar** y otros **Componentes de los Sistemas Fotovoltaicos** hasta la investigación aplicada en **Metrología de la Radiación Solar**, en la cual el laboratorio desarrolla una parte importante de su actividad.

Asimismo, el PVLab también busca contribuir al avance científico-tecnológico en áreas como la **Medida de Magnitudes Eléctricas**, mediante técnicas de calibración de resistencias y otros sensores utilizados en el sector fotovoltaico, así como en el **Desarrollo de Software Científico-Técnico propio** con el objeto de mantener y elevar sus **estándares técnicos** y maximizar el **retorno científico** de su actividad.

Por otro lado, el PVLab lleva a cabo una importante tarea en el ámbito de la **Normalización**. En este sentido, dirige y participa activamente, a través de algunos de sus miembros, en diversos **Comités de Normalización y Certificación** en el ámbito Nacional (UNE) e Internacional (IEC, ISO, IECRE), contribuyendo de modo esencial al desarrollo de las Normas en las áreas de **Sistemas Fotovoltaicos** y de **Metrología Solar**.

Como retorno a la sociedad, el PVLab también está implicado en **Actividades de Formación**, dirigidas a los diversos actores implicados, así como en la **Divulgación** de sus resultados en el ámbito académico, científico y tecnológico.



## 5.1 El PVLab

El Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Ciemat (**PVLab**) se encuentra integrado en la Unidad de Energía Solar Fotovoltaica (UESF) de la División de Energías Renovables, perteneciente al Departamento de Energía del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (**CIEMAT**).

El PVLab agrupa un conjunto de actividades, entre las que se encuentran los **Servicios de Calibración**, la **Investigación Aplicada** y la contribución a la **Normalización**. El laboratorio también está implicado en actividades de **Divulgación y Formación Especializada**.

El laboratorio posee una importante trayectoria en la realización de **Servicios Técnicos de Calibración**, iniciados hace casi 30 años en la UESF, por lo que ya se consideran emblemáticos en el sector fotovoltaico (FV). Ésta es una actividad central del laboratorio en apoyo de fabricantes, usuarios, ingenierías y grupos de investigación.

Actualmente, las actividades de calibración específicamente asociadas al PVLab están gestionadas al amparo de un **Sistema de Gestión de la Calidad**, y algunas de ellas ya operan en el seno de un **entorno acreditado** conforme a la Norma **UNE-EN ISO/IEC 17025: 2017: Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**.

Más allá de los *Servicios de Ensayo y Calibración*, el PVLab lleva a cabo una tenaz contribución al desarrollo normativo especializado en las áreas de los *Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica* (CTN220, antes CTN206/SC82, representando la Presidencia desde el año 2000 y diversas vocalías), así como en el *Comité Técnico ISO/TC180 (Solar Energy)*, donde participa en el ámbito de la Normativa relacionada con los sensores de irradiancia solar, que tiene por Comité Nacional espejo el *Comité Técnico CTN094*.

Por otro lado, el laboratorio desarrolla sus funciones en el ámbito de las **Energías Renovables y Ahorro Energético**, por lo que es también activo como **Grupo de Investigación Aplicada** dentro de las **Áreas Científico-Técnicas en Energía Solar Fotovoltaica**. En este sentido, su principal campo de desarrollo se encuentra en la **Radiometría Solar**, situándose a la cabeza de los avances realizados en metrología de la radiación solar.

Adicionalmente, otros campos de interés para el PVLab son la *Medida de Magnitudes Eléctricas* en el ámbito de los diversos ensayos y calibraciones realizadas para aplicaciones fotovoltaicas o el *Desarrollo de Software Científico-Técnico* aplicado al análisis de datos y a la caracterización, calibración y modelización de dispositivos y sistemas.



Figura 5.1: Vista de las instalaciones en exterior del PVLab.

Finalmente, el PVLab organiza y participa en actividades de *divulgación* y de *formación especializada*, tanto para el propio personal interno como para profesionales del sector, estudiantes de ciencias e ingenierías y otros agentes implicados, lo que completa la presencia del laboratorio en su entorno.

Por todo ello, puede afirmarse que la actividad del PVLab se plasma en un amplio conjunto de tareas que, sostenidas en el tiempo, conforman una larga trayectoria y una gran contribución al know-how existente en el ámbito de la Energía Solar.

## 5.2 Quienes Somos

Actualmente, el PVLab está compuesto por seis personas, entre doctores, licenciados/graduados e ingenieros:

**José Lorenzo Balenzategui Manzanares** ([jl.balenzategui@ciemat.es](mailto:jl.balenzategui@ciemat.es))

Responsable de las áreas de Calibración de Patrones y Calibración de Pirheliómetros.

**José Cuenca Alba** ([cuenca@ciemat.es](mailto:cuenca@ciemat.es))

Responsable del área de Magnitudes Eléctricas.

**Fernando Fabero Correas** ([fernando.fabero@ciemat.es](mailto:fernando.fabero@ciemat.es))

Jefe del PVLab.

**Eduardo Mejuto Mendieta** ([eduardo.mejuto@ciemat.es](mailto:eduardo.mejuto@ciemat.es))

Responsable del área de Calibración de Piranómetros.

**María Molero García** ([María.Molero@ciemat.es](mailto:María.Molero@ciemat.es))

Técnico de las áreas de Calibración de Patrones y Calibración de Pirheliómetros.



Figura 5.2: Integrantes del PVLab.

José Pedro Silva Montero ([josepedro.silva@ciemat.es](mailto:josepedro.silva@ciemat.es))

Responsable de Calidad.

La ubicación y estructura interna del PVLab, a partir de la Dirección del Departamento de Energía, se muestra en la siguiente figura:

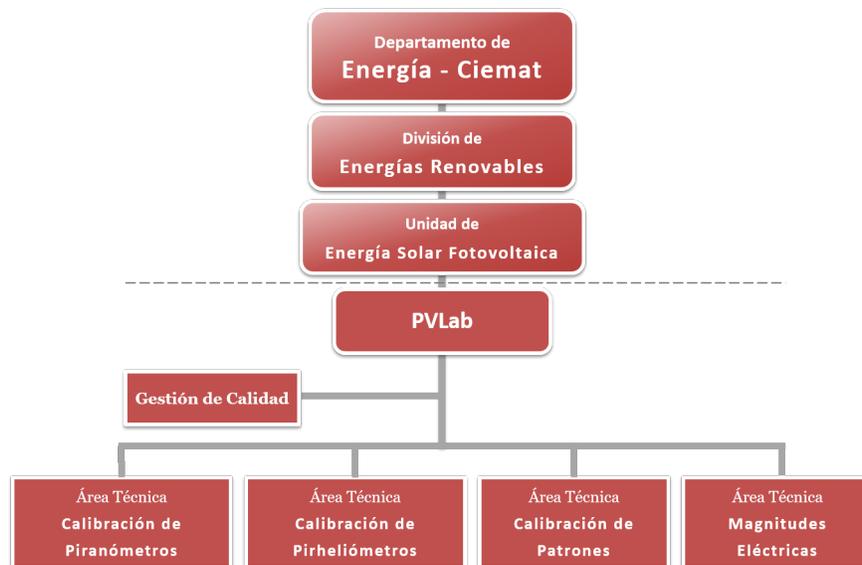


Figura 5.3: Ubicación jerárquica y organigrama interno del PVLab.

## 5.3 Trayectoria

La **Unidad de Energía Solar Fotovoltaica del Ciemat (UESF-CIEMAT)**, unidad que integra el PVLab, viene desarrollando su actividad en I+D en células, módulos, componentes y sistemas FV desde 1986. Sus principales áreas de actuación son la reducción de costes, el aumento de rendimiento y la fiabilidad de todos los componentes de los sistemas FV, el desarrollo de nuevos conceptos para la generación de electricidad, utilizando el Sol como fuente de energía primaria, y el apoyo a los actores implicados en la implementación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.

En total, la UESF-CIEMAT cuenta con un registro de más de 5.500 **Informes Técnicos de Ensayo y Calibración** realizados para más de 300 actores del mercado fotovoltaico. Entre dichas actividades, se encuentra la calibración de sensores de irradiancia solar (*piranómetros*, *pirheliómetros*, *células fotovoltaicas* y *fotodiodos*), la calibración y el ensayo de *células fotovoltaicas* y *módulos fotovoltaicos*, así como la calibración de otros componentes del balance de sistema (otros sensores, inversores, etc.) o la evaluación de grandes plantas e instalaciones fotovoltaicas.

Dentro de la Unidad de Energía Solar Fotovoltaica, el Laboratorio de Componentes y Sistemas Fotovoltaicos (*LabDER*, posteriormente *PVLabDER*) ha agrupado tradicionalmente el testigo de los Servicios Técnicos de Ensayo y Calibración realizados para entidades externas. Bajo esta organización común, aún constan en la Red de Laboratorios e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid los laboratorios específicos:

1. **Laboratorio de Calibración de Instrumentos de Medida de la Radiación Solar (Nº 140)**, donde se realiza, bajo luz solar natural, la calibración de piranómetros y pirheliómetros según ISO 9847 e ISO 9059 (que, actualmente, forman parte de la actividad acreditada del PVLab), así como la calibración de la corriente de cortocircuito de células fotovoltaicas y fotodiodos. Este laboratorio cuenta con varias plataformas en exterior, ajustables, así como seguidores solares para la medida de la radiación solar directa.
2. **Laboratorio de Calibración de Módulos Fotovoltaicos (Nº 145)**, donde se calibran los parámetros eléctricos de módulos fotovoltaicos ( $I_{sc}$ ,  $V_{oc}$ ,  $P_{max}$ , FF) y los coeficientes de temperatura mediante la medida de su curva

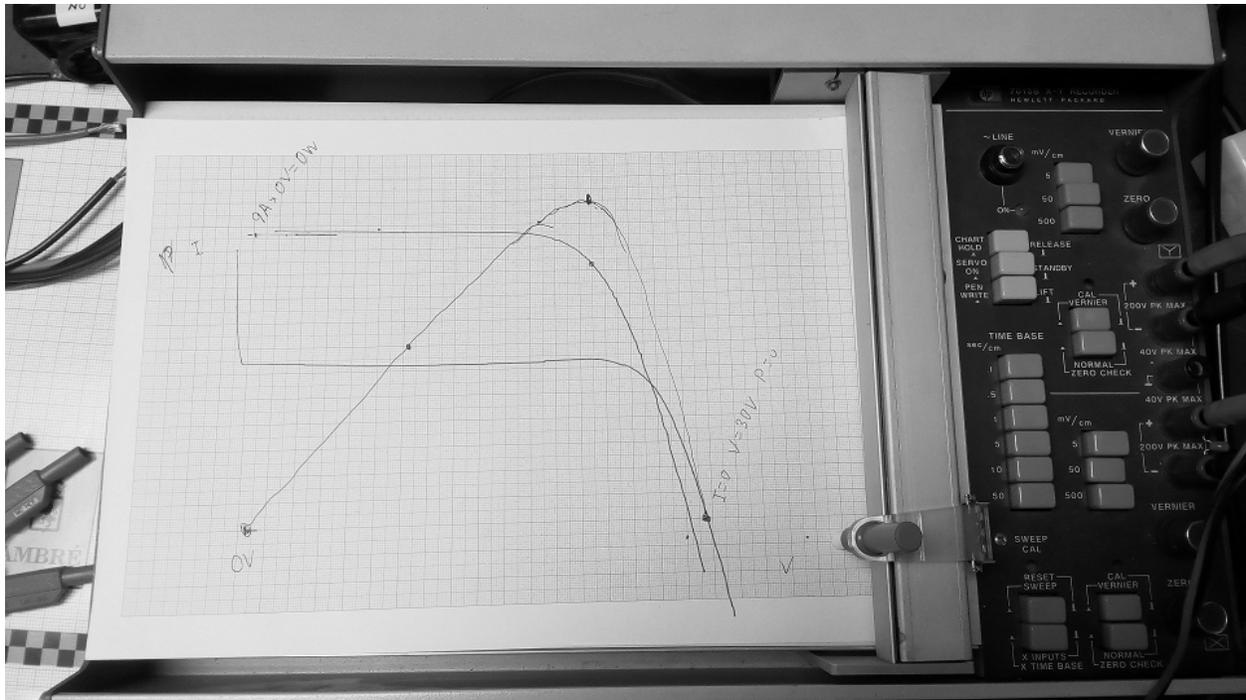


Figura 5.4: Antiguo trazador de curvas características intensidad-tensión de módulos fotovoltaicos.

característica Intensidad – Tensión, tanto en Condiciones Estándar de Medida (STC) como en diferentes rangos de irradiancia y temperatura de célula. Este laboratorio cuenta con instalaciones para realizar calibraciones tanto en exterior (calibraciones a «Sol real») como en interior, utilizando para ello simuladores solares de gran área.

3. **Laboratorio de Calibración de Células Solares Fotovoltaicas (Nº 261)**, donde se realiza la calibración de células solares fotovoltaicas (curva característica intensidad-tensión, coeficientes de temperatura, respuesta espectral), así como otro tipo de ensayos (termografía, electroluminiscencia, LBIC). Como en el caso de los módulos FV, este laboratorio tiene la capacidad de medida y calibración de células FV tanto en condiciones de exterior (medidas a «Sol real») como en interior, mediante el uso de simuladores solares para células FV.

A finales del año 2015, la Unidad de Energía Solar Fotovoltaica del CIEMAT puso en marcha un **proceso de acreditación del PVLab**, seleccionando un primer grupo de actividades de calibración para su próxima acreditación. Actualmente, el PVLab ya integra dicho grupo de actividades de calibración en un Sistema Unificado de Gestión de la Calidad (SGC), operando bajo las prescripciones de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025: 2017.

Finalmente, en mayo de 2021, el PVLab se sometió a una auditoría externa realizada por ENAC, donde se evaluó tanto la eficacia de su Sistema de Gestión de la Calidad como su competencia técnica en diversos Procedimientos de Calibración en las áreas de Radiometría y de Magnitudes Eléctricas. El PVLab obtuvo su condición de **Laboratorio Acreditado por ENAC** (ver la relación de [Procedimientos Acreditados](#)), por resolución de su Comisión de Acreditación de fecha 29 de octubre de 2021 (ENAC 272/LC10.237), la cual se mantiene a fecha actual.



### 6.1 Entorno Acreditado

El PVLab ha obtenido la acreditación por parte de ENAC en varias actividades de calibración en el **Área de Óptica** (en los campos de medida *Irradiancia Solar Global: Responsividad e Irradiancia Solar Directa: Responsividad*), donde se lleva a cabo la calibración de diferentes sensores de radiación solar como **pirheliómetros**, utilizados para la medida de la radiación solar directa, y **piranómetros**, utilizados en la medida de la radiación solar global y difusa.

En este área, el PVLab dispone de un nivel de experiencia, conocimientos y recursos que lo sitúan entre los laboratorios mejor reconocidos a nivel mundial en su campo, y participa de modo regular en las intercomparaciones al más alto nivel metrológico, como la **International Pyrheliometer Comparison (IPC)**, en el **PMOD-WRC** en Davos (Suiza) donde se comparan sus equipos con los del *World Standard Group* o *WSG*, que constituyen la Referencia Radiométrica Mundial (*WRR*), obteniendo así la trazabilidad primaria a dicha escala, así como al Sistema Internacional de Unidades (*SI*).

Adicionalmente, el PVLab ha logrado la acreditación de parte de su tradicional actividad en el **Área de Electricidad CC y Baja Frecuencia** (en el campo de medida *Resistencia CC*), en particular la calibración de diferentes resistencias de precisión (shunts) de corriente continua en los rangos entre 1 y 50 miliohmios y entre 0,5 y 500 ohmios. Dichas resistencias, en el ámbito de los ensayos y calibraciones de dispositivos y componentes fotovoltaicos, son utilizadas principalmente en la actividad de medida de la radiación solar, tanto conjuntamente con sensores termoelectrónicos con salida en corriente (resistencias para la medida de lazos de corriente) como en otros dispositivos (resistencias acopladas a células y módulos fotovoltaicos) diseñados y/o calibrados para la medida de la irradiancia solar.

Por otro lado, la existencia de Acuerdos Multilaterales de Reconocimiento (MRA) que ENAC ha firmado en el seno de las organizaciones internacionales EA (European Cooperation for Accreditation) e ILAC (International Cooperation for Accreditation), facilitan el reconocimiento internacional de los certificados emitidos por entidades acreditadas por ENAC. A este efecto, el uso de la marca internacional ILAC-MRA es utilizada en combinación con la marca del organismo nacional de acreditación.

El PVLab tiene la expectativa de incorporar progresivamente nuevos Procedimientos Técnicos, dentro de su campo de actuación, en los que ya cuenta con una gran experiencia, ampliando su oferta de actividades acreditadas, como por ejemplo la calibración de células y módulos fotovoltaicos, o bien la de otros sensores y sondas de uso en el sector.



Figura 6.1: Marca internacional combinada ENAC/ILAC-MRA y número de laboratorio acreditado.

## 6.2 Gestión de la Calidad

El PVLab ha asumido el compromiso con la Calidad del Ciemat, implementando un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) conforme a los requisitos de la norma **UNE-EN ISO/IEC 17025: 2017**, creando así un marco de calidad reconocido nacional e internacionalmente. Dicho sistema tiene como objetivo garantizar la existencia de sistemáticas para un correcto funcionamiento, así como una implementación eficaz de las mismas. De este modo, se han diseñado e implantado procesos operativos, estratégicos y de apoyo, mediante los cuales el laboratorio acredita su competencia técnica y desarrolla sus actividades en un entorno activo de gestión y mejora permanente de la calidad.

Como resultado de nuestro sistema de calidad, emitimos certificados de calibración con sello ENAC para sensores que están al amparo de nuestro alcance de acreditación.

Entre dichas sistemáticas dirigidas a garantizar la coherencia interna y la mejora continua se encuentran:

1. La definición de la estructura, el entorno, los puestos y las responsabilidades en el laboratorio, para cada una de las sistemáticas declaradas, así como su *Política de Calidad*. La acreditación de la capacitación de su personal y su autorización para las funciones que realiza, así como su compromiso con la confidencialidad.
2. Planes de formación inicial, diseñada para los miembros de nueva incorporación en un área determinada, y de formación continua, promoviendo la renovación de los conocimientos.
3. La **sistemática de las actividades de calibración** recogidas en los correspondientes Procedimientos Técnicos de Calibración, Procedimientos Específicos, Anexos, registros, manuales, etc., así como los programas de intercomparaciones y de actividades de aseguramiento de la calidad. La gestión de los equipos propios del SGC, planes de calibración, verificación y mantenimiento, así como la gestión y custodia de los ítems a calibrar,
4. La descripción y relación entre sí de los **procesos** en base a los cuales se estructura y organiza el laboratorio, la gestión de la documentación interna y externa, la sistemática de comunicación interna, así como la declaración, revisión y seguimiento de objetivos anuales e inter-anuales,

5. El **análisis y la gestión de los riesgos** que afectan a la planificación, gestión técnica o gestión económica del laboratorio; análisis de las debilidades y amenazas que condicionan el entorno del laboratorio, así como de sus fortalezas y oportunidades (diagrama DAFO), la gestión de no conformidades, trabajos de calibración no conformes, acciones correctivas, acciones preventivas y acciones de mejora, así como la gestión del cambio,
6. La **gestión de ofertas, servicios y contratos** a realizar por el laboratorio, la comunicación con el cliente y la gestión de la información de retorno, quejas, sugerencias, etc. Por otro lado, la gestión de compras, recepción cuantitativa y cualitativa de equipos, así como el análisis de los proveedores y de sus sistemas de calidad reconocidos,

Además de ello, el laboratorio se somete a los preceptivos procesos de **auditorías internas y externas**, así como las revisiones anuales por la dirección del centro.

De acuerdo con todo ello, el laboratorio establece como compromiso básico de su Política de Calidad ofrecer un servicio técnico acorde con las buenas prácticas profesionales y orientado hacia el cumplimiento de los requisitos de sus clientes, para lo cual declara su **firme compromiso con la imparcialidad y la confidencialidad**.



Figura 6.2: Diagrama simplificado de procesos.



### 7.1 Calibración

Entre las actividades que realiza el laboratorio se encuentra proporcionar Servicios Técnicos de Calibración en diversas áreas técnicas, orientados a dar respuesta a peticiones tanto internas como externas.

Entre las primeras se encuadran las peticiones dentro de la misma unidad, como por ejemplo calibraciones internas de sensores y otros dispositivos para su uso prescrito en los Procedimientos Técnicos de Calibración, o bien para dar cumplimiento a los preceptivos ejercicios de intercomparación entre diferentes laboratorios, así como otras actividades de aseguramiento de la calidad. Por otro lado, diversas unidades científicas del centro requieren ocasionalmente de los servicios de calibración del laboratorio, principalmente para certificar la calidad de sus mediciones en el ámbito de proyectos I+D o bien asegurar la buena operación de sensores en instalaciones propias o pertenecientes a distintos consorcios y redes de medida.

No obstante lo anterior, los Servicios Externos ocupan el grueso de la actividad de calibración del laboratorio. De este modo, a través de ellos se certifican sensores y dispositivos para que fabricantes, usuarios finales, ingenierías y consultorías, operadores de plantas generadoras, departamentos de múltiples universidades, grupos especializados de centros de investigación, etc., todos ellos relacionados directa o indirectamente con la Energía Solar y con el sector fotovoltaico, puedan asegurar la correcta trazabilidad de sus medidas.

De este modo, el PVLab mantiene una actividad sostenida y creciente desde hace años, habiendo generado durante el año 2022, como ejemplo, un total de 589 certificados e informes de medida y calibración, entre actividades bajo acreditación y las aún no acreditadas. A este respecto, la Oficina de Transferencia de Tecnología del Ciemat trabaja junto con los laboratorios centralizando la gestión de solicitudes, ofertas y pedidos, según un procedimiento general para todo el centro. Las comunicaciones y los registros de cada servicio se almacenan y transmiten internamente por medio de un Sistema Integrado para la Gestión de Servicios (SIGS).

Actualmente, el PVLab presta Servicios de Calibración en las siguientes áreas, bajo el amparo de la acreditación ENAC:

1. **Calibración en Exterior de un Piranómetro por Comparación con un Piranómetro de Referencia** (Procedimiento Técnico PT-PVLab-02, basado en ISO 9847).
2. **Calibración en Exterior de un Pirheliómetro por Comparación con un Pirheliómetro de Referencia** (Procedimiento Técnico PT-PVLab-03, basado en ISO 9059).



Figura 7.1: Pirheliómetros para la medida de la irradiancia solar directa.

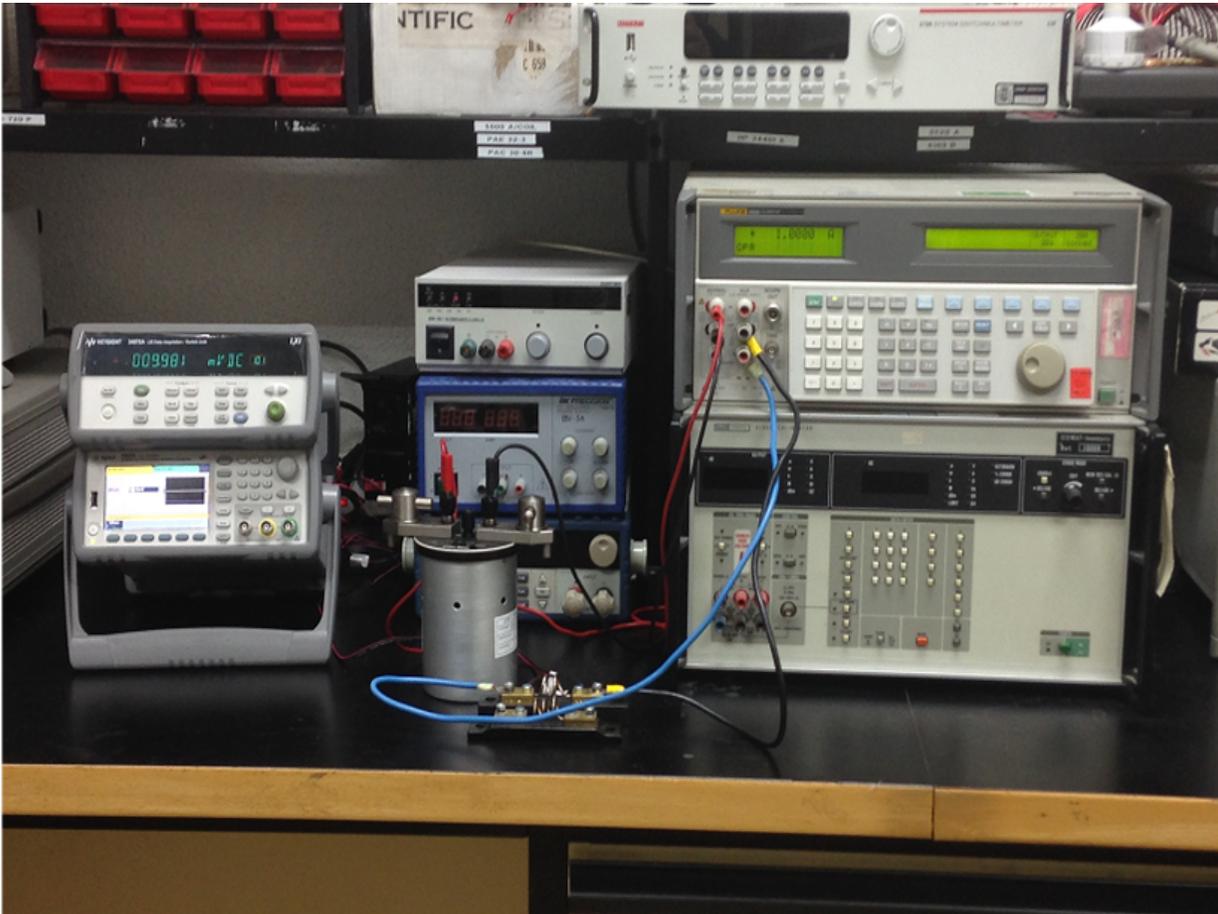


Figura 7.2: Montaje para la calibración de shunts de medida de corriente continua.



Figura 7.3: Piranómetros para la medida de la irradiancia solar global.

3. **Outdoor Calibration of Class A Pyrheliometers by Comparison to Class AA Reference Pyrheliometers** (Procedimiento Técnico PT-PVLab-07, basado en ISO 9059).
4. **Calibración de Resistencias para la Medida de Intensidad de Corriente Continua (Shunts)** (Procedimiento Técnico PT-PVLab-04, basado en CEM EL-006).
5. **Calibración de Resistencias para la Medida de Intensidad en Lazos de Corriente** (Procedimiento Técnico PT-PVLab-09, basado en CEM EL-006).

Adicionalmente, el PVLab se encuentra desarrollando otros procedimientos para la disseminación completa de la escala de irradiancia solar.

## 7.2 Normalización

### 7.2.1 Participación en Comités

El PVLab participa activamente en los siguientes Comités de Normalización:

1. **CTN220:** Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica. Constituye el Comité Nacional espejo de los comités IEC/TC 82 y CLC/TC 82 - «Solar Photovoltaic Energy Systems» («Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica»). Ejerce la presidencia y varias vocalías, contribuyendo activamente en las actividades de normalización en el sector fotovoltaico, así como a la edición de normas UNE, y participando en los grupos de trabajo internacionales **IEC/TC82/WG2** y **CLC/TC82/WG1**.
2. **CTN094:** Energía Solar Térmica. Constituye el Comité Nacional espejo del ISO/TC180 Energía Solar, donde el PVLab se encuentra implicado en la elaboración y revisión de normas referentes a la metrología solar, así como sensores de radiación solar y su calibración.

Adicionalmente, el PVLab participa como laboratorio de ensayo en el *IEC System for Certification to Standards relating to Equipment for use in Renewable Energy Applications (IECRE)*.

### 7.2.2 Actividad Reciente

#### RESUMEN DE ACTIVIDAD 2022

##### CTN220: Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica

Elaboración/revisión/adendas/aprobación de Normas:

IEC TS 60904-1-2 ED.2 - Photovoltaic devices - Part 1-2: Measurement of current-voltage characteristics of bifacial photovoltaic (PV) devices. IEC 60904-2 ED.4 - Photovoltaic devices – Part 2: Requirements for photovoltaic reference devices. IEC 60904-5/AMD1 ED2 - Amendment 1 – Photovoltaic devices – Part 5: Determination of the equivalent cell temperature (ECT) of photovoltaic (PV) devices by the open-circuit voltage method.

IEC 61215-1:2021 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval - Part 1: Test requirements, edition 2.0. IEC 61215-1-1: 2021 - Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval - Part 1-1: Special requirements for testing of crystalline silicon photovoltaic (PV) modules, edition 2.0. IEC 61215-1-2/AMD1 ED2 - Amendment 1 – Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval – Part 1-2: Special requirements for testing of thin-film Cadmium Telluride (CdTe) based photovoltaic (PV) modules. IEC 61215-1-3/AMD1 ED2 - Amendment 1 – Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval – Part 1-3: Special requirements for testing of thin-film amorphous silicon based photovoltaic (PV) modules. IEC 61215-1-4/AMD1 ED2 - Amendment 1 – Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval – Part 1-4: Special requirements for testing of thin-film Cu(In,Ga)(S,Se)<sub>2</sub> based photovoltaic (PV) modules. IEC 61215-2:2021 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval - Part 2: Test procedures, edition 2.0.

IEC 61853-1: Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating - Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating edition 1.0. IEC 61853-3: Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating - Part 3: Energy rating of PV modules Edition 1.0. IEC 61853-4: Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating - Part 4: Standard reference climatic profiles. IEC 62759-1 ED.2 - Photovoltaic (PV) modules – Transportation testing – Part 1: Transportation and shipping of module package units. IEC 62788-7-3: Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules – Part 7-3: Accelerated stress tests – Methods of abrasion of PV module external surfaces Edition 1.0.

IEC TS 62788-6-3 ED1 - Measurement procedures for materials used in photovoltaic modules – Part 6-3: Adhesion testing of interfaces within PV modules. IEC TS 62915 ED2 - Photovoltaic (PV) modules – Type approval, design and safety qualification – Retesting.

IEC TS 63126 Ed 1.0, Guidelines for qualifying PV modules, components and materials for operation at high temperatures. IEC TS 63202-3 ED.1 - Photovoltaic cells - Part 3: Measurement of current-voltage characteristics of bifacial photovoltaic cells. IEC TS 63202-4 ED1 - Photovoltaic cells – Part 4: Measurement of light and elevated temperature induced degradation of crystalline silicon photovoltaic cells. IEC TS 63209-2 ED1 - Extended-stress testing of photovoltaic modules – Part 2: Component materials and packaging. IEC TS 63342 ED1 - Light and elevated temperature induced degradation (LeTID) test for c-Si Photovoltaic (PV) modules: Detection. IEC TS 63397 ED.1 - Guidelines for qualifying PV modules for increased hail resistance.

Aquí puedes ver una [Infografía de una Planta Fotovoltaica](#) y normas asociadas, publicada por UNE, con la colaboración de F. Fabero (PVLab).

**IEC/TC82/WG2** Varias reuniones.

**ISO/TC180/SC1 (a través del Comité Nacional UNE/CTN094)**

Elaboración de Normas:

ISO 9845-1:2022 - Solar energy — Reference solar spectral irradiance at the ground at different receiving conditions — Part 1: Direct normal and hemispherical solar irradiance for air mass 1,5. [Published, Stage: 60 (Publication)]. ISO 9847:2023 - Solar energy — Calibration of pyranometers by comparison to a reference pyranometer. [Recently Published, Stage: 60 (Publication)]. ISO/AWI 9059 - Solar energy — Calibration of pyrhemometers by comparison to a reference pyrhemometer. [Under Development, Stage: 20 (Preparatory)]. ISO/AWI 9846 - Solar energy — Calibration of a pyranometer using a pyrhemometer. [Under Development, Stage: 20 (Preparatory)].

**IECRE - System for Certification to Standards relating to Equipment for use in Renewable Energy Application**  
Varias reuniones - Participación como Laboratorio de Ensayo.

## 7.3 Proyectos I+D

### 7.3.1 Trayectoria

Los miembros del PVLab tienen una larga trayectoria de investigación, liderando y participando tanto en proyectos internos como financiados mediante convocatorias públicas, relacionados con la evaluación y mejora de la eficiencia de los sistemas de energías renovables en general, y especialmente en el ámbito de la energía solar fotovoltaica.

Entre estos últimos se encuentran:

**InVivo nEXTh:** *In Vivo Solar Technologies OM: EXperimenTAl Design in Hasrh climate and acceptance contexts.* 01/12/2015 - 30/11/2019.

**OMEGA-CM** (Com. Madrid - Fondos estructurales de la Unión Europea – P2013/MAE-2835): *Medidas de Calidad y No Intrusivas para la Evaluación y Optimización Energética de Edificios Existentes con Elementos Constructivos Avanzados.* U.R.J.C-CIEMAT. Duración: 01/ene/2014 - 31/dic/2017.

**CONFIANZA-FV** (P.N. I+D, ENE2012-38632-C02-01): *Mejora de la Confianza del Mercado Fotovoltaico: Ensayos Acelerados de Módulos FV para Predecir su Tiempo de Vida y Garantizar la Fiabilidad de los Sistemas a Largo Plazo*. CIEMAT. Duración: 01/feb/2013 - 31/ene/2016 (prolongado sept./2016).

**EVADIFOT** (P.N. I+D, ENE2009-14771-C02-02): *Nuevo procedimiento de evaluación de inversores, degradación prematura de módulos e integración en una nueva herramienta de diagnóstico de centrales fotovoltaicas conectadas a la red*. FOTOWATIO-CIEMAT. Duración: 1/ene/2009 – 31/dic/2012.

**INNDISOL** (P.N. de colaboración público - privada, Subpr. Innpacto IPT-420000-2010-6): *Innovación en Dispositivos Fotovoltaicos e Integración Arquitectónica Solar*. ONYX SOLAR-G.MONDRAGÓN-U.Cat.-U.Barcelona-C.LASER-CIEMAT. Duración: 01/ene/2010 – 31/dic/2013.

**CALENER** (P.N. I+D, ENE2008-05098/ALT): *Herramientas para el Cálculo de la Producción de Energía de los Módulos Fotovoltaicos*. CIEMAT. Duración: 01/ene/2009 - 31/dic/2011.

**PV-PERFORMANCE** (UE-FP6 – Contrato no. 019718 (SES)): *A science base on PV performance for increased market transparency and customer confidence*. IP (Ciemat): J. Fernando Fabero. 01/2006 - 12/2009.

**FOTORED** (OCI – CIEMAT. Proyecto PIE n. 052030-01): *Límites y competitividad de la penetración de la energía solar fotovoltaica en la red eléctrica*. 09/1998 - 05/2001.

**PV-MOBI** (DGXII-UE. Programa JOULE. Contrato n. JOR3-CT97-0182): *PV Modules Optimised for Building Integration*. IP (Ciemat): J.L.Balenzategui.02/1998 - 10/2000.

**QUALIBAT** (DGXII-UE. Programa JOULE. Contrato n.JOR3-CT97-0161): *Investigation for a Quicker Assessment of Lifetime and Other Characteristics of Batteries*. 06/1997 - 12/1999.

, etc.

### 7.3.2 El proyecto DEPRISAcR

Recientemente, sus miembros han dirigido y participado el proyecto **DEPRISAcR**: *Desarrollo de Patrones Primarios de Irradiancia Solar basados en Radiómetros de Cavidad* (CGL2017-87299-P) cuyo Investigador Principal fue el miembro del PVLab, Dr. J.L. Balenzategui. Dicho proyecto, finalizado el 30/sept/2021, se llevó a cabo en colaboración con el *Centro de Metrología y Calibración* del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).

El proyecto DEPRISAcR trató sobre la medida de la radiación solar con alta precisión y baja incertidumbre. Esta medida es fundamental en el contexto energético, climatológico y medioambiental actual y, precisamente por ello, este proyecto profundizó en diversos aspectos metrológicos para su estimación correcta y fiable.

El instrumento que se utiliza como referencia, con el máximo nivel metrológico para medir la radiación solar, es el **radiómetro absoluto de cavidad (ACR)**, que trabaja bajo el principio de sustitución eléctrica. Su trazabilidad actual al SI se obtiene por comparación contra la referencia mundial WRR (del inglés «*World Radiometric Reference*»), realizada por un grupo de patrones, el *Word Standard Group* o WSG, mantenido por el **PMOD-WRC** (Davos, Suiza). A partir de este tipo de instrumentos primarios, se disemina la escala de irradiancia a patrones y sensores de trabajo en todo tipo de instalaciones solares, en laboratorios y fabricantes.

El proyecto tuvo dos objetivos principales:

1. Caracterizar un ACR ya disponible por calibración de todos sus componentes, obteniendo su incertidumbre de medida propia y estableciendo una escala (dual) para la calibración de pirheliómetros y piranómetros con trazabilidad al SI.
2. Investigar en formas de reducir la incertidumbre de medida de los ACR mediante el ensayo y simulación en diversos fenómenos en que se basa su funcionamiento (incorporando un cuerpo negro a la entrada del ACR, probando distintas configuraciones del sistema óptico de entrada, realizando simulaciones de distintas configuraciones de la cavidad y los elementos calefactores, probando y diseñando nuevos circuitos electrónicos de control y medida, y probando sistemas de refrigeración activos que permitan tener un punto de referencia con temperatura estable).

El proyecto apostó por tanto por una doble vertiente: por un lado, la diseminación de la escala de irradiancia en todo el tejido científico, técnico e industrial a nivel nacional en el ámbito de la energía solar basándose en radiómetros de cavidad comerciales; por otro, en el desarrollo de nuevos instrumentos que permitan mejorar su precisión y fiabilidad para afrontar los retos que en materia de evaluación y producción energética, de cambio climático y preservación del medio ambiente se exigen progresivamente desde diversos ámbitos.

**Impacto de los resultados:**

El proyecto DEPRISAc permitió la caracterización completa de dos tipos diferentes de radiómetros absolutos de cavidad (ACRs), acorde a los principios metroológicos fundamentales. Asimismo, se empleó un uso novedoso de funciones modelo de medida de los radiómetros como medio de identificación de variables de entrada, con el fin de establecer el peso relativo de cada parámetro en el cómputo de la incertidumbre final.

Dicha caracterización hizo posible determinar la indertidumbre de medida de los radiómetros (en torno al 0.4 % actualmente, para factores de cobertura  $k=1$ ) y establecer la trazabilidad de las medidas de irradiancia solar tanto a la referencia WRR como al SI, identificando mejoras técnicas necesarias para una mayor reducción de la incertidumbre.

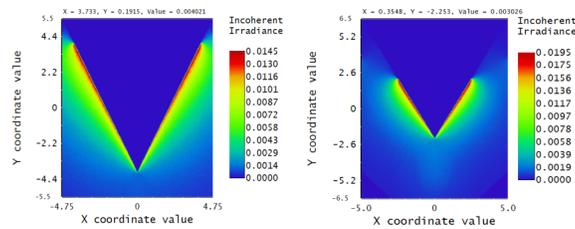


Figura 7.4: Simulación con Zemax Optics Studio de la distribución de la irradiancia recibida en las cavidades de los radiómetros absolutos: AHF (izquierda); PMO6 (derecha).

Asimismo, se desarrollaron procedimientos para la diseminación de la escala de irradiancia mediante la determinación de la responsividad de pirheliómetros con incertidumbres del 1.1 % ( $k=2$ ) y de piranómetros con 1.5 % ( $k=2$ ).

Actualmente, el PVLab trabaja en propuestas adicionales relacionadas con la Metrología Avanzada de la Irradiancia Solar Terrestre como Variable Climática Esencial.

### 8.1 Eventos

#### Próximos eventos:

#### 8.1.1 National Pyrheliometer Comparison (NPC-2023)

Como cada año, en otoño de 2023 se celebrará la *National Pyrheliometer Comparison (NPC-2023)*, en las instalaciones del *National Renewable Energy Laboratory* (NREL. Golden - Colorado - USA). En esta ocasión, el PVLab tiene prevista su participación con varios pirheliómetros y radiómetros de cavidad absoluta (ACRs), como un ejercicio de Intercomparación «intermedio» entre dos eventos IPCs («*International Pyrheliometer Comparison*») consecutivos.

Link: <https://aim.nrel.gov/npc.html>

Fecha aproximada de publicación del evento: Marzo 2023.

#### Eventos pasados:

#### 8.1.2 VII Congreso Español de Metrología

Durante los días 27, 28 y 29 de septiembre de 2022 se celebró en el Centro de Congresos y Exposiciones «Lienzo Norte» de Ávila el séptimo Congreso Español de Metrología, organizado por el Centro Español de Metrología (CEM). El PVLab participó en el mismo con tres comunicaciones (ver apartado [publicaciones](#)), dando cuenta de sus avances en el ámbito de la metrología en irradiancia solar.

Link: <https://www.congresodemetrologia.cem.es>

Fecha aproximada de publicación del evento: octubre 2021

### 8.1.3 XVIII Congreso Ibérico (XIV Iberoamericano) de Energía Solar

Del 20 al 23 de Junio de 2022 tuvo lugar el XVIII Congreso Ibérico y XIV Congreso Iberoamericano de Energía Solar, CIES 2022, donde se celebró el 40 aniversario del primer Congreso Ibérico de Energía Solar. El PVLab participó con una comunicación (ver apartado [publicaciones](#)) sobre la caracterización de radiómetros de cavidad para la medida de la irradiancia solar.

Link: <http://www.cies-congreso.org/67569/detail/xviii-congresso-iberico-e-o-xiv-congresso-ibero-americano-de-energia-solar.html>

Fecha aproximada de publicación del evento: febrero 2022.

### 8.1.4 13th WMO International Pyrheliometer Comparisons IPC-XIII

El PVLab – CIEMAT participó en la última Comparación Internacional de Pirheliómetros (IPC-XIII) que tuvo lugar entre el 27 de septiembre y el 15 de octubre de 2021 en el Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos / World Radiation Center (PMOD-WRC) en Davos Dorf, Suiza. Dicha edición de este importante evento de periodicidad quinquenal, inicialmente prevista en 2020, tuvo que ser aplazada a causa de la situación de pandemia. El este evento, el Dr. José Lorenzo Balenzategui presentó la comunicación titulada «*On the characterization of an AHF cavity radiometer and its traceability to WRR/SI*» (ver [publicaciones](#)).

La *International Pyrheliometer Comparison* es un evento de la máxima importancia para el laboratorio, puesto que, a partir de las medidas de la irradiancia solar allí realizadas con los Radiómetros de Cavidad Absoluta del PVLab, se obtiene el factor de corrección de cada equipo a la Referencia Radiométrica Mundial o *World Radiometric Reference* (WRR), esto es, la trazabilidad directa a la WRR, que el PVLab se encarga de preservar, mantener y disseminar en sus calibraciones.

Es preciso anotar que la WRR ha sido durante décadas y sigue siendo, a fecha actual, la escala primaria mayormente aceptada y por tanto la de uso generalizado. Actualmente existe un esfuerzo internacional que procura su confluencia con el Sistema Internacional (SI), siendo la diferencia detectada de aproximadamente 0,3 %.

Fecha de publicación del evento: Abril de 2021.

Link: <https://www.pmodwrc.ch/en/IPC-XIII/>

### 8.1.5 Intercomparación ENAC organizada por el SPI – INTA

El PVLab – CIEMAT participó en la Intercomparación ENAC 2019/02EL de la magnitud Resistencia Eléctrica, organizada por el *Servicio Proveedor de Intercomparaciones del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial* (SPI-INTA) a través del Laboratorio de Electricidad del Centro de Metrología y Calibración del INTA. El presente evento, aunque acumulando varios retrasos a causa de la situación creada por la pandemia, se desarrolló progresivamente, y los “Patrones viajeros” llegaron al PVLab- CIEMAT durante el mes de octubre de 2021.

Fecha de publicación del evento: Junio de 2019.

Link: <https://inta.es/METROLOGIA/es/actividades/proveedor-de-intercomparaciones/ano-2019/>

## 8.2 Publicaciones

2022

J.L.Balenzategui, J. de Lucas, J. Cuenca, A. González-Leiton, M. Molero, F. Fabero, J. P. Silva, E. Mejuto, R. Muñoz, A. Arce, E. Prieto. Characterization of absolute cavity radiometers for traceability to SI of solar irradiance. 2022 Meas. Sci. Technol. 33 115009. <https://dx.doi.org/10.1088/1361-6501/ac849d>.

J.L.Balenzategui, M. Molero, J. P. Silva, F. Fabero, J. Cuenca, E. Mejuto, J. De Lucas. Uncertainty in the Calibration Transfer of Solar Irradiance Scale: From Absolute Cavity Radiometers to Standard Pyrheliometers. Solar 2022, 2(2), 158-185. ; <https://doi.org/10.3390/solar2020010>.

J.L.Balenzategui, J. De Lucas, M. Molero, F. Fabero, J. Cuenca, A. M. González-Leiton, J. P. Silva, E. Mejuto. Caracterización de Radiómetros de Cavidad para la Medida de la Irradiancia Solar con Trazabilidad al WRR/SI. VII Congreso Español de Metrología (CEM). Ávila, España (2022). [https://congresodemetrologia.cem.es/documentos/PP\\_S1-2-R12-OP.pdf](https://congresodemetrologia.cem.es/documentos/PP_S1-2-R12-OP.pdf).

J.De Lucas, J.L.Balenzategui, F.Conde, M.Sanz, D.Escribano. Ensayos Ópticos y Climáticos en Radiómetros Absolutos de Cavidad como Patrones de Irradiancia Solar. VII Congreso Español de Metrología (CEM). Ávila, España (2022). [https://congresodemetrologia.cem.es/documentos/A4\\_SP2-R46-P.pdf](https://congresodemetrologia.cem.es/documentos/A4_SP2-R46-P.pdf).

F.Fabero, J. L. Balenzategui, J. Cuenca, E. Mejuto, M. Molero, J. P. Silva. Metrología en Irradiancia Solar. Instrumentación, Calibración y Trazabilidad. VII Congreso Español de Metrología (CEM). Ávila, España (2022). <https://congresodemetrologia.cem.es/documentos/T-S7-2-R29-OR.pdf>.

J.L.Balenzategui, J. de Lucas, M. C. Romero, A. Manzanares, M. Molero, J. Cuenca, F. Fabero, J. P. Silva, E. Mejuto. Caracterización Óptica de Radiómetros de Cavidad para la Mejora de la Trazabilidad de la Irradiancia Solar al SI. XVIII Congreso Ibérico y XIV Congreso Iberoamericano de Energía Solar (CIES 2022). Disponible en: <https://owncloud.uib.es/index.php/s/tmkYMiGqZPeR8AT>.

2021

N.Riedel-Lyngskær, A.A. Santamaría Lancia, F.Plag, I.Kröger, M.R. Vogt, C. Schinke, R.S. Davidsen, M. Amdemeskel, M.J. Jansen, P. Manshanden, L.H. Slooff, A.J. Carr, M. Bliss, T. Betts, M.E. Mayo, I.P. Jauregui, J.L. Balenzategui, R. Roldan, G. Bellenda, M. Caccivio, U. Kräling, F. Neuberger, D. Zirzow, J. Crimmins, C. Robinson, B. King, W. Teasdale, C. Kedir, J. Watts, R. Desharnais, P.B. Poulsen, M.L. Jakobsen, G.A. dos Reis Benatto. “Interlaboratory comparison of angular-dependent photovoltaic device measurements: Results and impact on energy rating”. Progress in Photovoltaics – Research and Applications (2021) Vol.29, pp.315–333.

Morales-Aragonés, J.I.; Alonso-García, M.d.C.; Gallardo-Saavedra, S.; Alonso-Gómez, V.; Balenzategui, J.L.; Redondo-Plaza, A.; Hernández-Callejo, L. “Online Distributed Measurement of Dark I-V Curves in Photovoltaic Plants”. Applied Sciences 2021, Vol.11, 1924.

J.L. Balenzategui, J. De Lucas, J. Cuenca, M. Molero, M.C. Romero, J. Fabero, J.P. Silva, E. Mejuto, F.J. Ibañez. “On the characterization of an AHF cavity radiometer and its traceability to WRR/SI”. IPC-XIII / FRC-V / IPgC-III Symposium (Davos, octubre 2021). <https://community.wmo.int/activity-areas/imop/publications-and-iom-reports/ipc-xiii-proceedings>.

2020

J.L.Balenzategui; J. de Lucas; J. Cuenca; M. Molero; F. Fabero; E. Mejuto; J.P. Silva; A. González-Leitón; F. Conde; P. Hernández: “Caracterización de radiómetros absolutos de cavidad como patrones primarios de irradiancia solar”. XVII Congreso Ibérico y XIII Congreso Iberoamericano de Energía Solar. Laboratorio Nacional de Energía e Geología (LNEG) Portugal, 2020.Nov-2020. <http://hdl.handle.net/10400.9/3449>.

J.L.Balenzategui; M. Molero; J. Cuenca; F. Fabero; E. Mejuto; J.P. Silva; J. de Lucas: “Efecto de la temperatura de operación en la calibración de pirheliómetros según ISO 9059”. XVII Congreso Ibérico y XIII Congreso Iberoamericano de Energía Solar. Laboratorio Nacional de Energía e Geología (LNEG) Portugal, 2020. Nov-2020. <http://hdl.handle.net/10400.9/3450>.

Salis E, Gerber A, Andreasen JW, [...] Balanzategui JL (25/30) [...] Lauer mann I: “A European proficiency test on thin-film tandem photovoltaic devices”. *Prog. Photov. Res. Appl.* 2020; 28: 1258–1276.

2019

J.L.Balanzategui, F.Fabero, J.P.Silva, 2019, “Solar Radiation Measurement and Solar Radiometers”, in J. Polo et al. (eds.), “Solar Resources Mapping” (Springer) 15-69, ISBN: 978-3-319-97484-2 [DOI: 10.1007/978-3-319-97484-2\_2].

J.P.Silva, J.L. Balanzategui, L. Martín-Pomares, S. Wilbert, J. Polo-Martínez: “Quality Assurance in Solar Radiation Measurements”, in *Solar Resources Mapping – Fundamentals and Applications*. ISBN/ISSN: 978-3-319-97483-5. DOI: 10.1007/978-3-319-97484-2. Springer Nature Switzerland, 2019.

J.Polo, L.Martín-Pomares, C.A. Gueymard, J.L. Balanzategui, F. Fabero, J.P. Silva, 2019, “Fundamentals: Quantities, Definitions, and Units”, in J. Polo et al. (eds.), “Solar Resources Mapping” (Springer) ISBN: 978-3-319-97484-2 [DOI: 10.1007/978-3-319-97484-2\_1].

J.L.Balanzategui, J. De Lucas, A.M. Glez-Leiton, J.P. Silva, J. Cuenca, E. Mejuto, P. Hernández, T. Vicente: “Development of Solar Irradiance Primary Standards based on Absolute Cavity Radiometers”. *Tempmeko & TempBeijing & MMC* 2019.

J.P.Silva: “Temperatura de Operación de Módulos Fotovoltaicos”. Colección Documentos Ciemat. Madrid, (España): CIEMAT, 2019. Disponible en Internet en: <<https://cpage.mpr.gob.es/>>. ISBN 978-84-7834-826-8. Depósito legal: M-39913-2019.

Ernesto Miguel Solís Alemán; Juan de la Casa Higuera; J.P. Silva; Irene Romero Fiances; Gustavo Nofuentes Garrido: “A study on the degradation rates and the linearity of the performance decline of various thin film technologies”. *Solar Energy*. 188, pp. 813 - 824. Elsevier, 29/06/2019. DOI: 10.1016/j.solener.2019.06.067.

J.De Lucas, J.L.Balanzategui. “Medida de emisividad espectral para aplicaciones en optróica, en el ámbito Aeroespacial y Defensa». VII Congreso Nacional de i+d en Defensa y Seguridad DESEI+D 2019, San Fernando (Cádiz), 19-21 Noviembre 2019, p.203-210. <https://publicaciones.defensa.gob.es/vii-congreso-nacional-de-i-d-en-defensa-y-seguridad-desei-d-2019-libros-pdf.html>.

2018

E.Mejuto; M. Alonso; J. Cuenca; J.P. Silva; J.L. Balanzategui; F. Fabero; F. Chenlo: “Validación de calibración de piranómetros en interior conforme a ISO 9847 para monitorización de centrales fotovoltaicas. Comparación experimental en interior con exterior”. *Actas del XVI Congreso Ibérico y XII Congreso Iberoamericano de Energía Solar*. –, pp. 875 - 882. España. Asociación Española de Energía Solar, 2018.

N.Martín-Chivelet, J. C. Gutiérrez, M.A. Abella, F. Chenlo, J. Cuenca: “Building Retrofit with Photovoltaics: Construction and Performance of a BIPV Ventilated Façade”. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en11071719>. Julio 2018.

2017

J.Polo, M.Alonso-Abella, J.A.Ruiz-Arias, J.L.Balanzategui, 2017, “Worldwide analysis of spectral factors for seven photovoltaic technologies”. *Solar Energy*, Vol. 142: 194-203.

2016

J.Polo; M.C. Alonso; J.P. Silva; M. Alonso Abella: “Modelling the performance of rooftop photovoltaic systems under urban mediterranean outdoor conditions”. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. 8 - 013502 (2016), pp. 1 - 10. AIP Publishing LLC, 25/02/2016.

S.Pinilla, J.L.Balanzategui, E.Elizalde, C.Morant, 2016, “Carbon nanotube net as a conductive and transparent film for solar energy conversion”. *International Journal of Nanotechnology*, Vol.13: 189-199.

2015

Eduardo Forniés; J.P. Silva: “Cell-to-module losses in standard crystalline PV modules – An Industrial Approach”. *Photovoltaics International*. 29 - 1, pp. 91 - 100. 09/2015.

2014

M.Alonso; F. Chenlo; F. Fabero; M.A. Ariza; E. Mejuto: “Measurement of Irradiance Sensors for “PR” Calculation in PV Plants”. 29th Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. –, pp. 3452 - 3455. Europa.WIP Renewable Energies, 2014.

J.P.Silva; B. Asenjo Zamorano; N. Vela: “Proyecto Inndisol. Caracterización de módulos fotovoltaicos de diversas tecnologías”. Era Solar. 182 - 1, pp.42 - 47. 09/2014.

E.Forniés, J.L.Balenzategui, M.C.Alonso-García, J.P.Silva, 2014, “Method for Rsh determination and comparison with standard methods”. Solar Energy, Vol. 109: 189-199.

Miguel Torres Ramírez; Gustavo Nofuentes Garrido; J.P. Silva: “Study on analytical modelling approaches to the performance of thin film PV modules in sunny inland climates”. Energy. 73 (2014) - 1, pp. 731 - 740. Elsevier, 14/08/2014.

M.A.Munoz-Garcia, A.Melado-Herreros, J.L.Balenzategui, et al., 2014, “Low-cost irradiance sensors for irradiation assessments inside tree canopies”, Solar Energy, Vol. 103:143-153.

M.Pravettoni; R. Galleano; G. Jungst; J.L. Balenzategui; S. Bartocci; J.A. Bogeat Sanchez-Piqueras; F. Fabero; R. Fucci; J. Gadermaier; T. Gomez Rodriguez; K. Hoogendijk; C. Lanconelli; M. Marzoli; A. Minuto; M Rennhofer; A. Serrano-Pérez; W. Zaaiman. “Results of the Fourth International Spectral Measurement Intercomparison of a Steady-state AM0 Solar Simulator”. 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion. 2014

2013

J.Cuenca, M.C. Alonso, F. Chenlo. “Comportamiento de las células de los módulos fotovoltaicos en operación inversa”. Revista Era Solar, Volumen 175, pp. 32-37. Julio 2013.

2012

J.L.Balenzategui, J.Cuenca, I.Rodríguez-Outón, F.Chenlo, 2012, “Intercomparison and Validation of Solar Cell I-V Characteristic Measurement Procedures” Proceedings of the 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference & Exhibition (Frankfurt, Germany) pp.1471-1476.

P.Arce, J.L. Balenzategui, J.M.Barcala, et al., 2012, “Effects of prolonged illumination with white light on the photo-response of carbon-doped hydrogenated amorphous silicon photo-detectors”, Nuclear Instruments & Methods in Physics Research A , Vol. 693: 253-260.

J.D.Santos, J.L.Balenzategui, J. Cárabe, JJ. Gandía, 2012, “Analysis of the effect of the p-i interface quality on the performance of a-Si:H solar cells by using variable intensity monochromatic light”, Proceedings of the 27th European Photovoltaic Solar Energy Conference & Exhibition (Frankfurt, Germany) pp. 2738-3742.

M.C.Alonso García; J.P. Silva; L. Pérez; F. Chenlo;P.J. Débora; E. Maderuelo; E. Mejuto; M. Angulo; J. Martín; V.Salas. “A comparative Analysis of PV modules efficiency from five different cell technology arrays: Experimental Results within the Calener Project”. 27th EU-PVSEC Conference and Exhibition (Frankfurt, Alemania). Sept-2012. ISBN 3-936338-28-0. DOI: 10.4229/27thEUPVSEC2012-4BV.2.19.

J.P.Silva; M.C. Alonso García; F. Chenlo; E. Maderuelo; E. Mejuto. “Temperature-Dependence of Small Grid Connected Inverters: a Simplified Model for Dynamic Environments”. 27th EU-PVSEC Conference and Exhibition (Frankfurt, Alemania). Sept-2012. ISBN 3-936338-28-0. DOI: 10.4229/27thEUPVSEC2012-4BV.4.33

J.Cuenca; M. C. Alonso-García; F. Chenlo; B. Asenjo: “Caracterización de curvas I-V de asociaciones de células fotovoltaicas en operación inversa”. XV Congreso Ibérico y X Congreso Iberoamericano de Energía Solar (Vigo, Galicia, España). Junio-2012.

J.P.Silva; B. Asenjo; N. Vela; F. Chenlo: “Caracterización de módulos Fotovoltaicos de diversas tecnologías en el marco del proyecto Inndisol”. XV Congreso Ibérico y X Congreso Iberoamericano de Energía Solar (Vigo, Galicia, España). Junio – 2012.

I.Rodríguez-Outón; J.L.Balenzategui; F.Fabero; F.Chenlo: “Development of Optical Collimators for Accurate Calibration of Reference Solar Cells”. 27th Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. –, pp. 3700 - 3704. Europa.WIP Renewable Energies, 2012.

N.Martín Chivelet; F. Chenlo; E. Mejuto: “Validating an angular of incidence losses model with different PV technologies and soiling conditions”. Proceedings of the 26th European Photovoltaic Solar Energy Conference (Frankfort, Alemania). Septiembre 2012. Pp. 3436-3438. ISBN 3-936338-28-0.

2011

N.Vela; M.C. Alonso-García; F. Fabero; N. Martín; F. Chenlo: “Issues when Comparing Indoors and Outdoors I-V Curve Measurements of New Technology Photovoltaic (PV) Modules”. 26th Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. –, pp. 3434 - 3437. Europa.WIP Renewable Energies, 2011.

V.Salas; P.J. Débora; F. Fabero; M. Alonso-Abella; E. Olías; F. Chenlo; N. Vela: “Long-Term Performance Degradation of Various Technology of Photovoltaic Modules”. 26th Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. –, pp. 3529 - 3532. Europa.WIP Renewable Energies, 2011

J.Cuenca, F. Chenlo: “Utilización de supercondensadores en aplicaciones fotovoltaicas”. Revista Era Solar, Volumen 164, pp. 48-52. Septiembre / octubre 2011.

N.Martín-Chivelet, F. Chenlo, M.C. Alonso, M.A. Ariza, E. Mejuto, A. Nositschka, D. Neumann, M.O. Prast, P. Mazón: “Surface soiling measurement in PV modules under real operation”. Proceedings of the 26th European PVSEC. Pp. 3597-3599. ISBN 3-936338-27-2.

2010

J.P.Silva; G. Nofuentes; J.V. Muñoz. “Spectral Reflectance Patterns of Photovoltaic Modules and Their Thermal Effects”. Journal of Solar Energy Engineering. 132 (2010) - 041016, pp. 1- 13. ASME, 14/10/2010.

I.Rodríguez-Outón; J.L. Balenzategui; F. Fabero; F. Chenlo: “Characterization of Light Sources with Absolute Cavity Radiometers for Indoor Reference Solar Cells Calibration Methods”. 25th Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. –, pp. 549 - 553. Europa.WIP Renewable Energies, 2010.

D.Stellbogen; H.-D. Mohring; A. Jagomägi; E. Möttus; G. Friesen; D. Dominé; F. Fabero; T. Betts; R. Gottschalg; T. Zdanowicz; M. Prorok; W. Herrmann; J.L. Martin; A.G. de Montgareuil; J. Mertens; D. Faiman. “Comparative Outdoor Characterisation of PV Modules Across Europe”. 25th Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. –, pp. 3774 - 3778. Europa.WIP Renewable Energies, 2010.

H.-D.Mohring; D. Stellbogen; A. Jagomägi; E. Möttus; T. Betts; R. Gottschalg; T. Zdanowicz; M. Prorok; G. Friesen; D. Dominé; A. Guérin de Montgareuil; F. Fabero; D. Faiman; W. Herrmann. “Energy Delivery of PV Devices – Implementation of Best Practices for Outdoor Characterisation and Testing”. 25th Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. pp. 4322 - 4325. WIP Renewable Energies, 2010.

W.Herrmann; S. Zamini; F. Fabero; T. Betts; N. Van Der Borg; K. Kiefer; G. Friesen; H. Müllejans; H.-D. Mohring; M.A. Vázquez; D. Fraile Montoro: “PV Module Output Power Characterisation in Test Laboratories and in the PV Industry - Results of the European PERFORMANCE Project”. 25th Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. pp. 3879 - 3883. WIP Renewable Energies, 2010.

S.Dittmann; G. Friesen; S. Williams; T. Betts; R. Gottschalg; H.G. Beyer; A. Guérin de Montgareuil; N. Van Der Borg; A.R. Burgers; T. Huld; B. Müller; C. Reise; J. Kurnik; M. Topic; T. Zdanowicz; F. Fabero: “Results of the 3rd Modelling Round Robin within the European Project “PERFORMANCE” – Comparison of Module Energy Rating Methods”. 25th Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. –, pp. 4333 - 4338. Europa.WIP Renewable Energies, 2010.

D.Dominé; A. Jagomägi; A. Guérin de Montgareuil; G. Friesen; E. Möttus; H.-D. Mohring; D. Stellbogen; T. Betts; R. Gottschalg; T. Zdanowicz; M. Prorok; F. Fabero; D. Faiman; W. Herrmann. “Uncertainties of PV Module - Long-Term Outdoor Testing”. 25th Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition. pp. 4172 - 4178. WIP Renewable Energies, 2010.

## 8.3 Formación

Seminarios:

### 8.3.1 Diseño de Software en el Ámbito de las Actividades de I+D

En este seminario, perteneciente al Plan de Formación Continua del PVLab (año 2022) se presentaron los objetivos y fundamentos de parte de las actividades de generación de software en el Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Ciemat (PVLab). Asimismo, se revisaron algunos recursos básicos para la generación de software, bajo un entorno de trabajo Python.

Link: <http://documenta.ciemat.es/handle/123456789/1718>

Autor/es: José Pedro Silva Montero

Lugar y Fecha: Ciemat, febrero 2022.

Descripción: El objetivo del presente seminario es presentar los fundamentos de la actividad Desarrollo de Software Científico - Técnico en el grupo PVLab-Ciemat. Por un lado, se trata de desarrollar y poner a disposición del laboratorio una capacidad tecnológica que contribuya de un modo tangible a la mejora de sus Procedimientos Técnicos y Proyectos I+D. Por otro, iniciar una Línea de Investigación en exploración, desarrollo y aplicación de herramientas avanzadas de software en el ámbito de la actividad realizada. Adicionalmente, se analizan algunos recursos básicos en relación con la generación de software.

### 8.3.2 Requisitos de Uso y Calibración de Sensores de Radiación Solar en Instalaciones Fotovoltaicas según IEC 61724-1

En las siguientes presentaciones se describen los requisitos de uso y calibración de sensores de radiación solar prescritos por la Norma IEC 61724-1, -2 Y -3.

Link: <http://documenta.ciemat.es/handle/123456789/1756>

Autor/es: José Pedro Silva Montero

Lugar y Fecha: Ciemat, 21 de noviembre de 2019

Descripción: En la primera de las presentaciones se describen los requisitos referentes a la monitorización y el análisis de instalaciones fotovoltaicas según la Norma IEC 61724-1 (definiciones, clasificación de los sistemas, variables a medir, tipo y precisión de sensores, instalación y requisitos de recalibración y mantenimiento). La segunda de las presentaciones hace referencia al método de Evaluación de la Capacidad (IEC 61724-2) el método de Evaluación de la Energía (IEC 61724-3).

### 8.3.3 Meteorological Technology World Expo

En este seminario, perteneciente al Plan de Formación Continua del PVLab (año 2019) se presentaron las principales novedades del evento «Meteorological Technology World Expo 2019», especialmente sensores de irradiancia solar y otros dispositivos de interés para la metrología solar.

Link: <http://documenta.ciemat.es/handle/123456789/1736>

Autor/es: María Molero García

Lugar y Fecha: Ciemat, Junio 2019

**Ponencias**

### 8.3.4 IPC-XIII/FRC-V/IPgC-III Symposium Presentations, Recordings, and Proceedings

The *XIII International Pyrheliometer Comparison - V Filter Radiometer Comparison - III International Pyrgeometer Comparison* (IPC-XIII/FRC-V/IPgC-III) Symposium presentations, recordings, and proceedings are now available on WMO's site. Contiene la **Ponencia oral** *On the Characterization of an AHF cavity radiometer and its traceability to WRR/SI* a cargo del Dr. José L. Balenzategui (PVLab-Ciemat), organizada en el marco de la XIII-IPC.

Link: <https://community.wmo.int/activity-areas/imop/publications-and-iom-reports/ipc-xiii-proceedings>

Lugar y Fecha: Physikalisches-Meteorologisches Observatorium Davos/World Radiation Centre (PMOD/WRC), Switzerland. 27 Sept. - 15 Oct. 2021.

Descripción de la Ponencia(Ingles):

In a complementary way to the comparison to WSG to get traceability to WRR (and consequently, to SI), a solar-type cavity radiometer can also be characterized, determining the deviations of the instrument from the ideal realization of the principle of electrical substitution and obtaining its total measurement uncertainty. This work summarizes different techniques and procedures applied for the characterization of an Eppley AHF radiometer. The approach for characterization is based on the analysis of the measurement model function of the instrument. Some results obtained from calibration and testing (voltmeter, area of the precision aperture, resistance of the leads, non equivalence factor), and from numerical simulation (effective absorptance, scattering) are presented. According to these results, current value of standard uncertainty for this instrument is about 0.28 % but it is expected that further improvements in the equipment and tests can reduce this figure below 0.1 % (1000 ppm) in the near future.

### 8.3.5 Aspectos Térmicos de la Energía Solar Fotovoltaica: Influencia en la Eficiencia de los Módulos Fotovoltaicos

En esta conferencia, organizada en el marco del Programa de Doctorado «Ingeniería Mecánica y Eficiencia Energética» de la Universidad de Málaga, se describieron aspectos concernientes al balance térmico en módulos fotovoltaicos, así como en el modo en que éstos influyen en su rendimiento de conversión eléctrica.

Link: <http://documenta.ciemat.es/handle/123456789/1720>

Autor/es: José Pedro Silva Montero

Lugar y Fecha: Salón de Grados B, Escuela de Ingenierías (Universidad de Málaga), 13 de abril de 2015.

## 8.4 Noticias

### 8.4.1 El Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del CIEMAT presenta su portal web

Durante este mes de marzo de 2022, el Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica CIEMAT (PVLab), dependiente de la Unidad de Energía Solar Fotovoltaica (División de Energías Renovables, Departamento de Energía) presenta su nuevo portal web «[pvlab.ciemat.es](http://pvlab.ciemat.es)» actualizando así un importante punto directo de conexión entre el CIEMAT y la sociedad.

Link: <https://www.ciemat.es/cargarAplicacionNoticias.do?texto=pvlab&idArea=0&identificador=2411>

Fecha: 25/03/2022

#### **8.4.2 El PVLab obtiene la acreditación ENAC**

El Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Ciemat, PVLab, perteneciente a la Unidad de Energía Solar Fotovoltaica (Div. de Energías Renovables – Dpto. de Energía) ha obtenido la acreditación ENAC de sus actividades de calibración en radiometría solar y magnitudes eléctricas. De este modo, quedan formalmente reconocidas tanto la correcta implantación y eficacia de su Sistema de Gestión de Calidad, según las directrices de la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025, como su competencia técnica para la realización de los trabajos de calibración en dichas áreas.

Link: <https://www.ciemat.es/cargarAplicacionNoticias.do?texto=pvlab&idArea=0&identificador=2379>

Fecha: 07/12/2021

#### **8.4.3 Reunión entre el CIEMAT y el CEM para estudiar vías de colaboración en el campo de la radiación solar**

A finales de enero un equipo de investigación de la Unidad de Energía Solar Fotovoltaica y de la Unidad de Gestión de Calidad del CIEMAT acudió a la sede del Centro Español de Metrología (CEM) y mantuvo una reunión de trabajo con el Director de este organismo y con el Director de la División de Magnitudes Mecánicas e Ingeniería del mismo. El objeto de la reunión fue explicar la importancia de la medida de la magnitud Irradiancia Solar, tanto en sistemas energéticos como estrictamente meteorológicos, y su estado actual en cuanto a trazabilidad al Sistema Internacional de Unidades. Como resultado de la reunión se acordó mantener posteriores contactos con el fin de establecer vías de colaboración entre el CIEMAT y el CEM en esta área.

Link: <https://www.ciemat.es/cargarAplicacionNoticias.do?texto=pvlab&idArea=0&identificador=1969>

Fecha: 30/04/2020

#### **8.4.4 El CIEMAT toma parte en la Intercomparación de pirheliómetros absolutos NPC-2018 en el NREL (USA)**

Del 24 de septiembre al 5 de octubre de 2018 se celebró la Intercomparación de Pirheliómetros absolutos de cavidad (ACR, del inglés: absolute cavity radiometers) organizada anualmente por el Solar Radiation Research Laboratory (SRRL) de los Laboratorios Nacionales de Energías Renovables de EE UU (NREL, National Renewable Energy Laboratories). El Dr. José Lorenzo Balenzategui Manzanares, de la Unidad de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energía del CIEMAT, participó en la misma con un radiómetro absoluto, un Eppley AHF, que es referencia primaria en la magnitud de irradiancia solar del PVLab, el Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica integrado en la misma Unidad.

Link: <https://www.ciemat.es/cargarAplicacionNoticias.do?texto=pvlab&idArea=0&identificador=1651>

Fecha: 26/10/2018



## 9.1 Acreditación ENAC

Certificado de Acreditación.

**Acreditación**

  
**Entidad Nacional de Acreditación**

Otorga la presente / Grants this

**ACREDITACIÓN**  
**272/LC10.237**

a

**CENTRO DE INVESTIGACIONES  
ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y  
TECNOLÓGICAS (CIEMAT)**  
**Unidad de Energía Solar Fotovoltaica.**  
**División de Energías Renovables.**  
**Departamento de Energía**

Según criterios recogidos en la norma UNE-EN ISO/IEC 17025, para las actividades de CALIBRACIÓN definidas en el ANEXO TÉCNICO nº 272/LC10.237.  
According to the criteria in the standard UNE-EN ISO/IEC 17025 for the Calibrations activities defined in the Technical Annex No 272/LC10.237.

Fecha de entrada en vigor / Coming into effect: 29/10/2021

  
D. José Manuel Prieto Barrio  
Presidente

La acreditación mantiene su vigencia hasta notificación en contra. Este documento no tiene validez sin su correspondiente anexo técnico. La presente acreditación y su anexo técnico están sujetos a modificaciones, suspensiones temporales y retirada. Su vigencia puede confirmarse en [www.enac.es](http://www.enac.es).  
The accreditation maintains its validity unless otherwise stated. The present accreditation is not valid without its corresponding technical annex. This accreditation and its technical annex could be reduced, temporarily suspended and withdrawn. The state of validity of it can be confirmed at [www.enac.es](http://www.enac.es).

ENAC es firmante de los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo establecidos en el seno de la European co-operation for Accreditation (EA) y de las organizaciones internacionales de organismos de acreditación, ILAC e IAF ([www.enac.es](http://www.enac.es))  
ENAC is signatory of the Multilateral Recognition Agreements established by the European co-operation for Accreditation (EA) and the international organizations of accreditation bodies, ILAC and IAF ([www.enac.es](http://www.enac.es))

Ref.: CLC/13178 Fecha de emisión 29/10/2021

Código Validación Electrónica: U2y7n74434u6R7C47h  
La vigencia de la acreditación y del presente certificado puede confirmarse en <https://www.enac.es/web/enac/validacion-electronica> o haciendo clic aquí

## 9.2 Anexo Técnico Nº 272/LC10.237

Anexo Técnico.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS (CIEMAT)**  
**Unidad de Energía Solar Fotovoltaica. División de Energías Renovables.**  
**Departamento de Energía**

Dirección/Address: Avda. Complutense, 40; 28040 Madrid  
 Norma de referencia/Reference Standard: UNE-EN ISO/IEC 17025:2017  
 Acreditación/Accreditation nº: 272/LC10.237  
 Actividad/Activity: Calibraciones / Calibrations  
 Fecha de entrada en vigor/Coming into effect: 29/10/2021

**ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN**  
**SCHEDULE OF ACCREDITATION**  
 (Rev. / Ed. 2 fecha / date 07/10/2022)

Instalaciones donde se llevan a cabo las actividades cubiertas por esta acreditación / Facilities where the activities covered by this accreditation are carried out:

	Código / Code
Laboratorio permanente: Avda. Complutense, 40, 28040 Madrid	A

Calibraciones en las siguientes áreas/Calibrations in the following areas:

Electricidad CC y Baja Frecuencia (DC and Low Frequency Electricity) ..... 1  
 Óptica (Optics) ..... 2

**Electricidad CC y Baja Frecuencia (DC and Low Frequency Electricity)**

CAMPO DE MEDIDA Range	INCERTIDUMBRE (*) Uncertainty (*)	NORMA/ PROCEDIMIENTO Standard/ Procedure	INSTRUMENTOS A CALIBRAR Instruments	CÓDIGO Code
<b>Resistencia C.C.</b> DC Resistance				
1 mΩ ≤ R ≤ 50 mΩ	1,0 · 10 <sup>-3</sup> · R	Procedimientos internos PT-PVLab-04 PT-PVLab-09 basados en CEM EL-006	Shunts de intensidad continua Resistencias	A
0,5 Ω ≤ R ≤ 500 Ω	1,0 · 10 <sup>-3</sup> · R			

ENAC is signatory of the Multilateral Recognition Agreements established by the European and International organizations of Accreditation Bodies EA, ILAC and IAF. For more information <https://www.enac.es>  
 Accreditation will remain valid until notification to the contrary. This accreditation is subject to modifications, temporary suspensions and withdrawal. Its validity can be confirmed at <https://www.enac.es>

ENAC es firmante de los Acuerdos de Reconocimiento Múltiple establecidos en el seno de la European co-operation for Accreditation (EA) y de las organizaciones internacionales de acreditación, ILAC e IAF (www.enac.es)  
 Código Validez/Electrónico: 06102279AC776d59647  
 La acreditación mantiene su vigencia hasta notificación en contra. La presente acreditación está sujeta a modificaciones, suspensiones temporales y retirada. Su vigencia puede confirmarse en <https://www.enac.es/web/enac/validacion-electronica> o haciendo clic aquí

Óptica (Optics)				
CAMPO DE MEDIDA Range	INCERTIDUMBRE (*) Uncertainty (*)	NORMA/ PROCEDIMIENTO Standard/ Procedure	INSTRUMENTOS A CALIBRAR Instruments	CÓDIGO Code
<b>IRRADIANCIA SOLAR GLOBAL: RESPONSABILIDAD (R)</b> <i>Global solar irradiance: Responsibility (R)</i>				
Irradiancia/ Irradiance $0 \text{ W/m}^2 \leq R \leq 1400 \text{ W/m}^2$ Radiación espectral/ Spectral radiation 300 nm a 3000 nm	$1,5 \cdot 10^{-2} \cdot R$	Procedimiento interno PT-PVLab-02 basado en ISO 9847, excepto apartados 5.2.2.2, 5.2.2.3, 5.2.4.3, 5.3 y 5.4.3	Piranómetros	A
<b>IRRADIANCIA SOLAR DIRECTA: RESPONSABILIDAD (R)</b> <i>Direct Solar Irradiance: Responsibility (R)</i>				
Irradiancia/ Irradiance $700 \text{ W/m}^2 \leq R \leq 1100 \text{ W/m}^2$ Radiación espectral/ Spectral radiation 300 nm a 3000 nm	$1,0 \cdot 10^{-2} \cdot R$	Procedimiento interno PT-PVLab-03 basado en ISO 9059	Pirheliómetros	A
Irradiancia/ Irradiance $700 \text{ W/m}^2 \leq R \leq 1100 \text{ W/m}^2$ Radiación espectral/ Spectral radiation 300 nm a 3000 nm	$0,38 \cdot 10^{-2} \cdot R$	Procedimiento interno PT-PVLab-07 basado en ISO 9059	Pirheliómetros Clase A	A

R: Responsividad (en algunos campos se conoce como Sensibilidad)

(\*) Menor incertidumbre de medida que el laboratorio puede proporcionar a sus clientes, expresada como incertidumbre expandida para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.

(\*) The smallest uncertainty of measurement the laboratory can provide to its customers, expressed as the expanded uncertainty having a coverage probability of approximately 95%.

Un método interno se considera que está basado en métodos normalizados cuando su validez y su adecuación al uso se han demostrado por referencia a dicho método normalizado y en ningún caso implica que ENAC considere que ambos métodos sean equivalentes. Para más información recomendamos consultar el Anexo I al CGA-ENAC-LEC

An In-house method is considered to be based on standardized methods when its validity and suitability for use have been demonstrated by reference to said standardized method and in no case implies that ENAC considers that both methods are equivalent. For more information, we recommend consulting Annex I to the CGA-ENAC-LEC.

Accreditation will remain valid until notification to the contrary. This accreditation is subject to modifications, temporary suspensions and withdrawal. Its validity can be confirmed at [www.enac.es](https://www.enac.es)

Código Validación Electrónica: I0670227RaC7Ra659847

La acreditación mantiene su vigencia hasta notificación en contra. La presente acreditación está sujeta a modificaciones, suspensiones temporales y retirada. Su vigencia puede confirmarse en <https://www.enac.es/web/enac/validacion-electronica> o haciendo clic aquí

También puede consultarse la versión vigente en el siguiente enlace al portal de ENAC: [Anexo Técnico](#).

# CAPÍTULO 10

---

## Contacto

---

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)

Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Ciemat (PVLab - Ciemat) - Edificio 42.

Avd. Complutense, 40. 28040, Madrid (España)

Fernando Fabero Correas (Jefe del PVLab):

E-mail: [fernando.fabero@ciemat.es](mailto:fernando.fabero@ciemat.es)

Teléfono: (+34) 91 346 67 45

También puedes dirigir tus comentarios, sugerencias, quejas, etc. a nuestro e-mail.

Síguenos también en LinkedIn: [PVLab en LinkedIn](#).