

Informe final Calibración de piranómetros

Versión uno (18/10/2019)

Colciencia-UPME-IDEAM
Contrato No. 260-2017

Complementariedad de fuentes no convencionales de energía

Entidad financiadora:



El conocimiento
es de todos

Colciencias

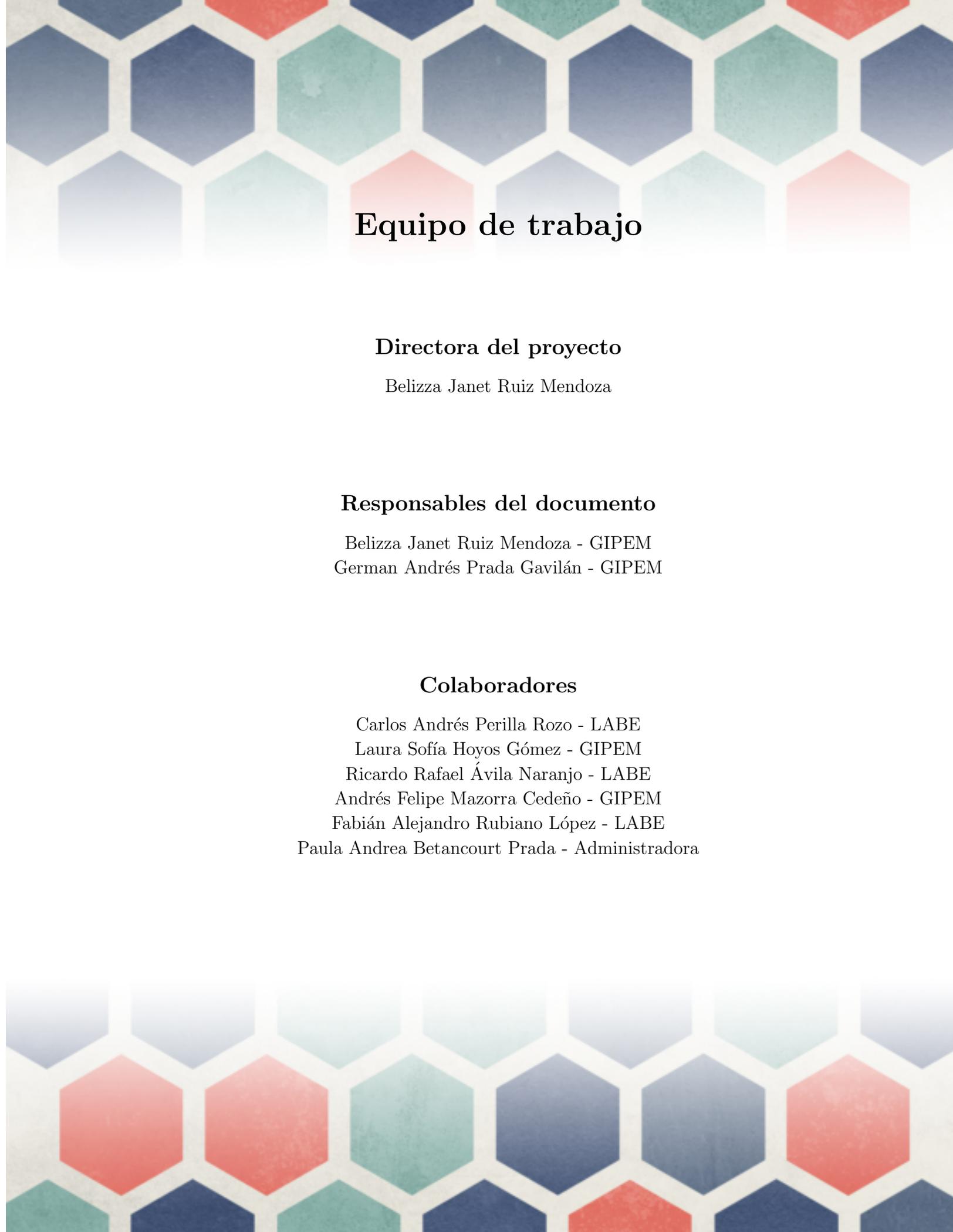
Entidades beneficiarias:



Entidad ejecutora:



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Equipo de trabajo

Directora del proyecto

Belizza Janet Ruiz Mendoza

Responsables del documento

Belizza Janet Ruiz Mendoza - GIPEM
German Andrés Prada Gavilán - GIPEM

Colaboradores

Carlos Andrés Perilla Rozo - LABE
Laura Sofía Hoyos Gómez - GIPEM
Ricardo Rafael Ávila Naranjo - LABE
Andrés Felipe Mazorra Cedeño - GIPEM
Fabián Alejandro Rubiano López - LABE
Paula Andrea Betancourt Prada - Administradora

Financiamiento

El proyecto fue financiado con dineros que administra Colciencias por una cuantía de COP 220 millones. Esta entidad abrió una convocatoria en la modalidad de invitación directa en la que participó el Grupo de Investigación en Potencia, Energía y Mercados (GIPEM) de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación. La propuesta fue seleccionada y ratificada mediante el contrato FP44842-260-2017 que inició el 11 de agosto de 2017 y finalizó el 21 de diciembre del mismo año. Durante el desarrollo del proyecto se solicitaron tres prórrogas con el fin de llevar a cabo los objetivos trazados. La primera extensión prolongó el proyecto hasta el 21 de abril de 2018, la segunda hasta el 21 de octubre de 2018 y la última hasta el 21 de marzo de 2019.

Agradecimientos

Expresamos especial agradecimiento al personal del Laboratorio de Ensayos Eléctricos (L-ABE) de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá por la calibración de los piranómetros de campo y sus contribuciones académicas que fueron útiles en la elaboración del presente documento. A la UPME por su patrocinio económico, a Colciencias y al Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Fondo Francisco José de Caldas, por habernos brindado la oportunidad de participar en la convocatoria Complementariedad de Fuentes No Convencionales de Energía en Colombia a través de su invitación directa. Al IDEAM por brindarnos los registros de las variables meteorológicas con las cuales se desarrolló el proyecto. Al profesor Emel Enrique Vega Rodríguez y a los estudiantes de maestría en Meteorología Edwin Torres Moya y Pingyun Zheng por su participación al inicio del proyecto. Por último, a los miembros del GIPEM por su valía académica en el desarrollo de este proyecto de investigación, mediante el cual ofrecemos nuevas metodologías en relación con los procesos de calibración de sensores de radiación solar global, validación de datos meteorológicos y complementariedad energética.

Contenido

Financiamiento	5
Agradecimientos	5
Lista de símbolos	iv
Abreviaturas	v
1. Introducción	1
2. Instrumentos radiométricos	3
2.1. Instrumentos radiométricos - CIMO	3
2.2. Instrumentos radiométricos - ISO 9060	4
3. Calibración de piranómetros de campo	9
3.1. Calibración de un piranómetro con un piranómetro patrón secundario - ISO 9847:1992(E)	11
3.1.1. Pasos del proceso de calibración	13
3.1.2. Procedimiento para la estimación del factor de calibración	14
3.1.3. Estimación del factor de calibración para una de las estaciones meteo- rológicas automáticas bajo el proceso de calibración	18
3.1.4. Certificado de calibración	21
3.1.5. Aplicación y corrección de los registros usando el factor de calibración	21
4. Resultados de los procesos de calibración de las EMA	23
4.1. Cenicaña	23
4.2. Corporación Autónoma de Cundinamarca	24
4.3. Universidad Nacional de Colombia	25
5. Conclusiones	27
A. Anexo - Información piranómetro patrón secundario	29
B. Anexo - Información registrada en campo de una de las EMA	31

C. Anexo - Resultados del primer paso del proceso de estimación del factor de calibración	37
D. Anexo - Resultados del tercer paso del proceso de calibración	43
E. Anexo - Ubicación de las EMA	53
F. Anexo - Certificados de calibración	55
F.1. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP10 <i>S/N</i> : 141141	56
F.2. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 187438	59
F.3. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 187437	62
F.4. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 187436	65
F.5. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 187436	68
F.6. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 187434	71
F.7. Certificado piranómetro Eppley Radiometer PSP <i>S/N</i> : 35516 <i>F</i> 3	74
F.8. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 <i>S/N</i> : 35295	77
F.9. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 <i>S/N</i> : 33887	80
F.10. Certificado piranómetro Eppley Radiometer PSP <i>S/N</i> : 35518 <i>F</i> 3	83
F.11. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 <i>S/N</i> : 34568	86
F.12. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 <i>S/N</i> : 34567	89
F.13. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 <i>S/N</i> : 34569	92
F.14. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 <i>S/N</i> : 35296	95
F.15. Certificado piranómetro Eppley Radiometer PSP <i>S/N</i> : 35514 <i>F</i> 3	98
F.16. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 <i>S/N</i> : 34566	101
F.17. Certificado piranómetro Hukseflux SR11 <i>S/N</i> : 8087	104
F.18. Certificado piranómetro Eppley Radiometer PSP <i>S/N</i> : 35512 <i>F</i> 3	107
F.19. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 <i>S/N</i> : 35861	110
F.20. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 <i>S/N</i> : 35294	113
F.21. Certificado piranómetro Eppley Radiometer PSP <i>S/N</i> : 35513 <i>F</i> 3	116
F.22. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 164622	119
F.23. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 175334	122
F.24. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 175332	125
F.25. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 175336	128
F.26. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 186605	131
F.27. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 186595	134
F.28. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 175337	137
F.29. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 175331	140
F.30. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 186600	143
F.31. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 186608	146
F.32. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 186597	149
F.33. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 186602	152

F.34. Certificado piranómetro Eppley Radiometer PSP <i>S/N</i> : 36379F3	155
F.35. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 <i>S/N</i> : 164624	158
Bibliografía	161

Lista de símbolos

Símbolo	Término	Unidad SI
E	Estimación de la radiación	Wm^{-2}
F	Factor de calibración	$Wm^{-2}/\mu V$
F_{corr}	Factor de calibración corregido por temperatura	$Wm^{-2}/\mu V$
F_R	Factor de calibración de referencia	$Wm^{-2}/\mu V$
m	Número total de series medidas	Adimensional
R_T	Respuesta a la temperatura del piranómetro de campo	$s^{\circ}C^{-1}$
s	Desviación estándar	$Wm^{-2}/\mu V$
T	Temperatura media del aire	$^{\circ}C$
T_N	Temperatura media de calibración del piranómetro de referencia	$^{\circ}C$
V_F	Voltaje medido con el piranómetro de campo	V
V_R	Voltaje medido con el piranómetro de referencia	V
α	Coefficiente de temperatura	Adimensional
γ	Altura solar	Grados
δ	Declinación	Grados
ω	Ángulo horario	Grados

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>CE</i>	Condiciones Estables
<i>CI</i>	Condiciones Inestables
<i>CIMO</i>	Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación
<i>CN</i>	Cielo Nublado
<i>DIS</i>	Estándar Internacional en Revisión
<i>EMA</i>	Estaciones Meteorológicas Automáticas
<i>GINM</i>	Grupo de Instrumentos Normalizados a Nivel Mundial
<i>GIPEM</i>	Grupo de Investigación en Potencia, Energía y Mercados
<i>IBC</i>	Instrumento Bajo Calibración
<i>IDEAM</i>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
<i>IEC</i>	Comisión Electrotécnica Internacional
<i>IPC</i>	Comparación Internacional de Pirheliómetros
<i>ISO</i>	Organización de Estándares Internacionales
<i>LABE</i>	Laboratorio de Ensayos Eléctricos
<i>OMM</i>	Organización Meteorológica Mundial
<i>PMOD – WRC</i>	Observatorio de Física y Meteorología - Centro Mundial de Radiación Solar
<i>SENAMHI</i>	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
<i>UPME</i>	Unidad de Planeación Minero Energética

1. Introducción

El objetivo de este documento consiste en mostrar los resultados del proceso de calibración de 35 sensores radiométricos que registran radiación solar global (piranómetros) y pertenecen a dos sistemas meteorológicos diferentes. La descripción del procedimiento estará soportada en los estándares internacionales y en planteamientos teóricos derivados de la experiencia del personal que realizó la calibración.

Es conveniente resaltar la importancia del proceso de calibración de los piranómetros de campo para la comunidad académica, empresarial y profesional que se desempeña en áreas donde la analítica de datos de radiación solar es fundamental y la veracidad de la información es crucial en el momento de tomar decisiones relacionadas con la planificación y la inversión.

La entidad beneficiaria de este proyecto de investigación requiere que la información tenga la mayor calidad posible para realizar análisis energéticos que sustenten la planificación a nivel nacional. Específicamente se desea saber si existe una relación de complementariedad entre la radiación solar y la velocidad del viento y cómo podría aprovecharse esta relación en los periodos de tiempo donde aparece el fenómeno de El Niño.

Por parte de la entidad ejecutora es de interés establecer un procedimiento estandarizado de calibración que pueda aplicarse en todo el territorio colombiano. Para lograrlo, se tomaron como referencias procedimentales las normativas internacional ISO/DIS (9060 de 2017), ISO (9846 de 1993) y la ISO (9847 de 1992) y los lineamientos de la Organización Mundial de Meteorología (OMM) [1].

Los certificados de calibración resultantes de este proyecto ofrecen el resultado mediante un rango de sensibilidades en función de la radiación solar, el cual podría ser aprovechado según las necesidades del propietario u operador del sensor radiométrico. Algunas entidades que administran los piranómetros son centros de investigación con fines agrícolas y el hecho de tener la sensibilidad desagregada por bandas de radiación solar les permitiría tomar decisiones más específicas en relación a las horas de sol diarias.

El documento fue estructurado en cuatro partes. La primera presenta las generalidades de los instrumentos radiométricos, la segunda detalla el procedimiento de calibración definido por el estándar internacional ISO 9847:1992, la tercera parte ofrece la descripción de los pasos

seguidos en cada una de las entidades para las cuales se realizó la calibración y termina con los anexos en los que se presentan resultados en tablas y los certificados de calibración.

2. Instrumentos radiométricos

2.1. Instrumentos radiométricos - CIMO

La Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación (CIMO) de la OMM elaboró la *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos* [9] con el fin de complementar las prácticas y los procedimientos establecidos en los reglamentos técnicos de la OMM, que sirven como directriz para los servicios meteorológicos e hidrológicos a nivel nacional en los países donde siguen estos estándares. El documento presenta las mejores prácticas, los procedimientos y las capacidades básicas de los instrumentos para que las entidades interesadas elaboren sus propios manuales y definan sus procedimientos específicos en concordancia con sus necesidades [9].

En relación a los instrumentos radiométricos, los piranómetros no son lo únicos que miden radiación solar; sin embargo, sí son los que se usan en campo debido a que sensan radiación solar global, difusa y reflejada (albedo), tres variables fundamentales para los sectores que usan la energía solar como insumo en sus cadenas productivas. En la Tabla 2-1 se presenta una síntesis de la información relativa con los instrumentos radiométricos de acuerdo a los parámetros de medición, el uso y el ángulo de visión.

Tabla 2-1.: Instrumentos radiométricos

Instrumento	Parámetro medido	Principal uso	Ángulo de visión
Pirheliómetro absoluto	Radiación solar directa	Estándar primario	$5,0 * 10^{-3}$
Pirheliómetro	Radiación solar directa	(a) Estándar secundario para calibración (b) Sistema de redes	$5,0 * 10^{-3} - 2,5 * 10^{-2}$
Pirheliómetro espectral	Radiación solar directa en bandas espectrales anchas	Sistema de redes	$5,0 * 10^{-3} - 2,5 * 10^{-2}$
Fotómetro solar	Radiación solar directa en bandas espectrales angostas	(a) Estándar (b) Sistema de redes	$1,0 * 10^{-3} - 1,0 * 10^{-2}$
Piranómetro	(a) Radiación solar global (b) Radiación solar difusa (c) Radiación solar reflejada	(a) Trabajo estándar (b) Sistema de redes	2π

Continúa en la siguiente página

Tabla 2-1 – Continuación de la tabla

Instrumento	Parámetro medido	Principal uso	Ángulo de visión
Piranómetro espectral	Radiación solar global en rangos espectrales de ancho de banda	Sistema de redes	2π
Piranómetro neto	Radiación solar global neta	(a) Trabajo estándar (b) Sistema de redes	4π
Pirgeómetro	(a) Radiación de longitud de onda hacia arriba (b) Radiación de longitud de onda hacia abajo	Sistema de redes	2π
Pirradiómetro	Radiación total	Trabajo estándar	2π
Pirradiómetro neto	Radiación total neta	Sistema de redes	2π

2.2. Instrumentos radiométricos - ISO 9060

El estándar internacional ISO 9060 presenta las características de dos instrumentos radiométricos, piranómetros y pirheliómetros, que se basan en el diseño y la calidad de fabricación. Como el objeto de estudio de este informe son los piranómetros, el documento se centrará en la clasificación de estos. Los parámetros de diseño y de fabricación permiten establecer dos categorías exclusivas: recibidores planos espectralmente y tiempo de respuesta menor a un segundo. La Tabla 2-2 muestra los instrumentos de acuerdo al primer parámetro de dicha clasificación y la Tabla 2-3 los presenta de acuerdo al segundo parámetro.

Tabla 2-2.: Clasificación de los piranómetros de acuerdo con las categorías planas espectralmente

No.	Parámetro	Clases, ancho e intervalos de aceptación de las bandas protegidas para categorías planas espectralmente		
		Estándar secundario	Primera clase	Segunda clase
a	Tiempo de repuesta: tiempo para un 95 % de respuesta	< 15 s (1 s)	< 30 s (1 s)	< 30 s (1 s)
b	Cero off-set:			
	a) respuesta neta a -200 Wm^{-2} de radiación térmica.	< 7 Wm^{-2} (2 Wm^{-2})	< 15 Wm^{-2} (2 Wm^{-2})	< 30 Wm^{-2} (3 Wm^{-2})
	b) respuesta a 5 Kh^{-1} de cambio en la temperatura ambiente	$\pm 2 \text{ Wm}^{-2}$ ($0,5 \text{ Wm}^{-2}$)	$\pm 2 \text{ Wm}^{-2}$ ($0,5 \text{ Wm}^{-2}$)	$\pm 8 \text{ Wm}^{-2}$ (1 Wm^{-2})
	c) total cero off-set incluyendo los efectos a), b) y otras fuentes	$\pm 10 \text{ Wm}^{-2}$ (2 Wm^{-2})	$\pm 21 \text{ Wm}^{-2}$ (2 Wm^{-2})	$\pm 41 \text{ Wm}^{-2}$ (3 Wm^{-2})
c1	Inestabilidad:			
	Sensibilidad de cambio en porcentaje	$\pm 0,8 \%$ (0,25 %)	$\pm 1,5 \%$ (0,25 %)	$\pm 3 \%$ (0,5 %)

Continúa en la siguiente página

Tabla 2-2 – Continuación de la tabla

No.	Clase	Estándar secundario	Primera clase	Segunda clase
c2	No linealidad: Sensibilidad de desviación en porcentaje para 500 Wm^{-2} debido al cambio de la irradiancia entre 100 Wm^{-2} y 1000 Wm^{-2}	$\pm 0,5\%$ (0,2%)	$\pm 1\%$ (0,2%)	$\pm 3\%$ (0,5%)
c3	Respuesta direccional para un haz de radiación: El rango de error causado por la incidencia normal asumiendo la sensibilidad valida para todas las direcciones cuando la medida de cualquier dirección con una incidencia angular mayor a 80° en un haz de irradiancia cuya irradiancia incidente normal es 1000 Wm^{-2}	$\pm 10 \text{ Wm}^{-2}$ (2 Wm^{-2})	$\pm 20 \text{ Wm}^{-2}$ (5 Wm^{-2})	$\pm 30 \text{ Wm}^{-2}$ (7 Wm^{-2})
c4	Selectividad espectral: Máxima desviación en porcentaje de la sensibilidad espectral en intervalos de longitud de onda dados por la media de la respuesta espectral entre $0,35 \mu\text{m}$ y $1,5 \mu\text{m}$: a) $0,35 \mu\text{m}$ a $1,5 \mu\text{m}$ b) Intervalos de $0,3 \mu\text{m}$ a $0,35 \mu\text{m}$ y de $1,5 \mu\text{m}$ a $2,6 \mu\text{m}$	$\pm 3\%$ (2%) $\pm 12\%$ (5%)	$\pm 5\%$ (2%) $\pm 20\%$ (5%)	$\pm 10\%$ (5%) $\pm 40\%$ (10%)
c5	Respuesta a la temperatura Porcentaje de desviación debido al cambio de la temperatura ambiente entre el intervalo de -10°C a 40°C relativo a la señal de 20°C	$\pm 1\%$ (0,2%)	$\pm 2\%$ (0,2%)	$\pm 4\%$ (0,5%)
c6	Respuesta del tilt: Porcentaje de desviación de la sensibilidad a 0° tilt (horizontal) debido al cambio de la inclinación de 0° a 180° con 1000 Wm^{-2} de irradiancia.	$\pm 0,5\%$ (0,2%)	$\pm 2\%$ (0,2%)	$\pm 5\%$ (0,5%)
c7	Errores en el procesamiento de la señal	$\pm 1\%$ (0,2%)	$\pm 2\%$ (0,2%)	$\pm 4\%$ (0,5%)

Tabla 2-3.: Clasificación de los piranómetros de acuerdo a las categorías por debajo de un segundo

No.	Parámetros	Clases, ancho e intervalos de aceptación de las bandas de seguridad para categorías por debajo de un segundo	
		Sub-segundo ++	Sub-segundo +
a	Tiempo de repuesta: tiempo para un 95% de respuesta	$< 0,2 \text{ s}$ (0,05 s)	$< 0,5 \text{ s}$ (0,05 s)
	Cero off-set:		
	a) respuesta neta a -200 Wm^{-2} de radiación térmica	$< 15 \text{ Wm}^{-2}$ (2 Wm^{-2})	$< 15 \text{ Wm}^{-2}$ (2 Wm^{-2})
b	b) respuesta a 5 Kh^{-1} de cambio en la temperatura ambiente	$\pm 4 \text{ Wm}^{-2}$ (0,5 Wm^{-2})	$\pm 4 \text{ Wm}^{-2}$ (0,5 Wm^{-2})

Continúa en la siguiente página

Tabla 2-3 – Continuación de la tabla

No.	Clase	Sub-segundo ++	Sub-segundo +
	c) total cero off-set incluyendo los efectos a), b) y otras fuentes	$\pm 21 Wm^{-2}$ ($2 Wm^{-2}$)	$\pm 21 Wm^{-2}$ ($2 Wm^{-2}$)
	Inestabilidad:		
c1	Sensibilidad de cambio en porcentaje	$\pm 2\%$ (0,25%)	$\pm 3\%$ (0,25%)
	No linealidad:		
c2	Sensibilidad de desviación en porcentaje para $500 Wm^{-2}$ debido al cambio de la irradiancia entre $100 Wm^{-2}$ y $1000 Wm^{-2}$	$\pm 1\%$ (0,2%)	$\pm 1\%$ (0,2%)
	Respuesta direccional para un haz de radiación:		
c3	el rango de error causado por la incidencia normal asumiendo la sensibilidad valida para todas las direcciones cuando la medida de cualquier direccion con una incidencia angular mayor a 80° en un haz de irradiancia cuya irradiancia incidente normal es $1000 Wm^{-2}$	$\pm 30 Wm^{-2}$ ($7 Wm^{-2}$)	$\pm 50 Wm^{-2}$ ($7 Wm^{-2}$)
	Selectividad espectral:		
	Máxima desviación en porcentaje de la sensibilidad espectral en intervalos de longitud de onda dados por la media de la respuesta espectral entre $0,35 \mu m$ y $1,5 \mu m$:		
	a) $0,35 \mu m$ a $1,5 \mu m$		
	b) Intervalos de $0,3 \mu m$ a $0,35 \mu m$ y de $1,5 \mu m$ a $2,6 \mu m$		
c4			
	Respuesta a la temperatura		
c5	Porcentaje de desviación debido al cambio de la temperatura ambiente entre el intervalo de $-10^\circ C$ a $40^\circ C$ relativo a la señal de $20^\circ C$	$\pm 1\%$ (0,2%)	$\pm 4\%$ (0,5%)
	Respuesta de inclinación:		
c6	Porcentaje de desviación de la sensibilidad a 0° tilt (horizontal) debido al cambio de inclinación de 0° a 180° con $1000 Wm^{-2}$ de irradiancia.	$\pm 2\%$ (0,5%)	$\pm 2\%$ (0,5%)
c7	Errores en el procesamiento de la señal	$\pm 3\%$ (0,5%)	$\pm 5\%$ (0,5%)

En las tablas anteriores se establecen nueve parámetros que están dados en intervalos de aceptación y franjas de protección. Estos se definen a continuación:

- a) *Tiempo de respuesta*: es el periodo de tiempo que tarda el instrumento para estabilizarse cuando registra una lectura exacta después de percibir cambios reales de radiación.
- b) *Compensación por cero*: es la medida de estabilidad que aparece en el punto cero por radiación térmica, por temperaturas transitorias u otros factores que influyen sobre el instrumento.
- c) *Dependencia de la respuesta por*:
 - c1) *efectos de envejecimiento*: es la medida de la estabilidad en largo plazo, asumiendo que se hicieron mantenimientos apropiados y regulares en los que se incluye la limpieza del piranómetro;
 - c2) *el nivel de radiación*: es una medida de no linealidad;
 - c3) *la dirección de la radiación*: es una medida de la desviación del comportamiento ideal del coseno y su variación azimutal;
 - c4) *la distribución espectral de la radiación*: ésta se caracteriza por la selectividad espectral del sensor;
 - c5) *la temperatura del cuerpo del radiómetro*;
 - c6) *el ángulo de inclinación de la superficie donde está instalado el sensor*; y
 - c7) *errores en el procesamiento de la señal*: que puede presentarse en la conversión de medidas analógicas a digitales.

Un piranómetro pertenece a una clase en particular si cumple con todas las especificaciones de las tablas.

3. Calibración de piranómetros de campo

Antes de presentar el proceso de calibración, es conveniente definir lo qué es un piranómetro de campo. Para esto, se usará la definición del estándar internacional 9847:1992, que establece que un piranómetro de campo es aquel que reúne las especificaciones de clase secundaria o primaria que fundamentalmente son las que indican el uso en campo y la exposición continua al ambiente [6]. Los piranómetros censan radiación solar global, son frecuentemente utilizados en los sectores agropecuario, ambiental, climatológico, meteorológico y energético y de sus registros se desprende una cadena de decisiones de carácter técnico, económico y político en los sectores ya mencionados.

Desde el punto de vista técnico hay dos consideraciones que conviene resaltar. La primera es que el procedimiento de calibración de piranómetros de campo es el primer paso del proceso de validación de los datos registrados *in situ* por dicho instrumento. La metodología de validación usada en este proyecto de investigación se presenta en el informe técnico *Validación de radiación solar y velocidad y dirección de viento*. La segunda consideración es la utilidad de la información. Una vez que el piranómetro de campo ha sido calibrado, los registros derivados de él pueden compararse con otros registros obtenidos en distintos lugares de la Tierra. Esta estandarización es la que permite elaborar conclusiones en diferentes niveles, local, regional y mundial y en los distintos ámbitos de aplicación. La información que se obtiene de un instrumento calibrado es fundamental para la elaboración de estudios meteorológicos, ambientales, energéticos, agropecuarios, entre otros temas. Con esa información, las instituciones públicas y privadas toman decisiones que buscan impactar la esfera regulatoria para resolver situaciones problemáticas relacionadas con aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales.

Existen dos procedimientos de calibración, uno que se realiza en un espacio controlado, generalmente en un laboratorio, y el otro al aire libre; ambos permiten ajustar los registros del piranómetro con el fin de ofrecer información más cercana al fenómeno físico real. Lo anterior se realiza con base en la referencia mundial de radiación solar establecida por el Observatorio de Física y Meteorología (PMOD-WRC)¹ y en los estándares establecidos por la OMM.

¹Las siglas corresponden al nombre escrito en el idioma original: *Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos – World Radiation Center (PMOD-WRC)*.

La OMM estableció centros radiométricos regionales ² con el fin de ofrecer servicios de entrenamiento y capacitación en relación a los procesos de calibración de los diferentes instrumentos radiométricos y promover la comparación de sensores entre los países que conforman la región. Esta última actividad debe realizarse cada año con un grupo estandarizado de al menos tres pirheliómetros estables, que presenten una incertidumbre menor a $1 W/m^2$ respecto al Grupo de Instrumentos Normalizados a Nivel Mundial (GINM). Los centros regionales serán evaluados cada cinco años por un grupo de expertos de la CIMO de la OMM, quién verificará la trazabilidad de las mediciones de la radiación solar directa en el grupo de instrumentos del centro.

En el nivel nacional, la OMM avala a la entidad o institución que cumpla los requerimientos para convertirse en centro radiométrico nacional. El objetivo de los centros nacionales consiste en velar que se mantengan calibrados los sensores de las diferentes redes que componen el sistema nacional meteorológico de acuerdo a la referencia radiométrica mundial y estandarizar los registros que de ellos se deriven. Estos centros deben tener bajo su dirección, al menos, dos pirheliómetros de referencia nacional con una incertidumbre menor a $4 W/m^2$ respecto a los instrumentos de referencia regional o mundial. Uno de los pirheliómetros de referencia deberá ser comparado con un instrumento patrón de referencia regional cada cinco años y con ese se comparará el otro pirheliómetro de referencia nacional, como mínimo cada año, con el fin de verificar la estabilidad de los instrumentos [1].

Hasta el día de hoy, el Estado colombiano no cuenta con un centro radiométrico nacional que cumpla los requerimientos de la OMM; no obstante, sí tiene un sistema meteorológico constituido por subredes, que debe cumplir los estándares técnicos para que la información derivada de los sensores pueda ser utilizada de manera confiable por los diferentes entes interesados [8], [6], [7]. En este sentido, el Estado colombiano, a través de sus entidades, tiene dos tareas, la designación de un centro radiométrico nacional y la determinación de metodologías que indiquen el paso a paso de los procesos de calibración basados en estándares internacionales.

²En la décimo segunda Comparación Internacional de Pirheliómetros realizada en 2015 (IPC-XII) en la ciudad de Davos (Suiza), los centros regionales participantes de Suramérica fueron el Servicio Meteorológico Nacional de Argentina y la Dirección Meteorológica de Chile. El Servicio Meteorológico Nacional de Argentina comparó el pirheliómetro AHF-30112 y la Dirección Meteorológica de Chile el pirheliómetro PM06-850410 [11]. En el 2016 se incorporó el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), incrementando a tres el número centros regionales en esta área

3.1. Calibración de un piranómetro con un piranómetro patrón secundario - ISO 9847:1992(E)

Existen dos procedimientos para realizar la calibración de piranómetros. El primero, denominado tipo I, se efectúa a cielo abierto y, el segundo, denominado tipo II, se lleva a cabo en un laboratorio dotado para tal fin. Debido a que el objeto de estudio de este proyecto de investigación lo constituyen los piranómetros de campo, el procedimiento de calibración que se detallará a continuación es el de tipo I. La Figura (3-1) muestra el diagrama procedimental de las calibraciones tipo I y tipo II.

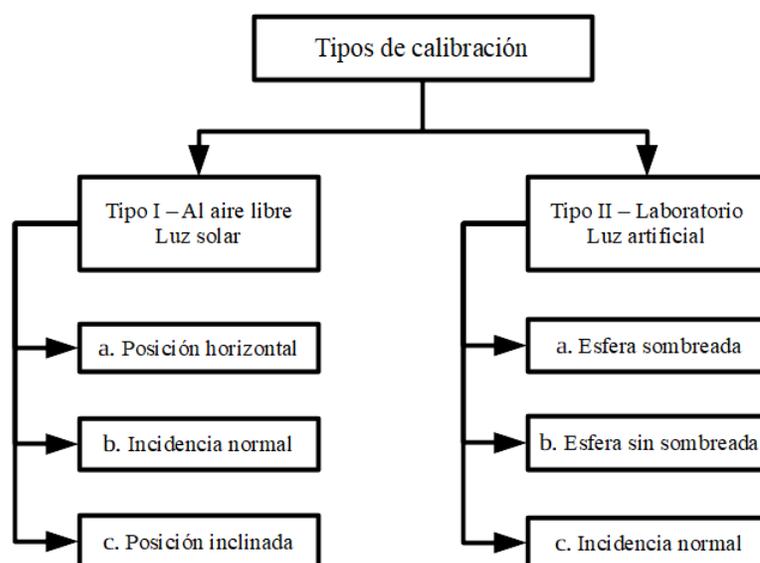


Figura 3-1.: Tipos de calibración según el estándar ISO 9847:1992

La calibración tipo I puede llevarse a cabo para tres situaciones relacionadas con el ángulo de inclinación de los piranómetros de campo y de referencia. La primera ocurre cuando ambos instrumentos se encuentran en posición horizontal, en este caso se estaría hablando de un procedimiento tipo Ia. La segunda situación se presenta cuando los instrumentos se encuentran inclinados, dando cabida al procedimiento tipo Ib. Finalmente, cuando los instrumentos se ubican sobre una estructura altazimutal, se estaría efectuando el procedimiento tipo Ic.

Las consideraciones que deben tenerse en cuenta antes de iniciar el proceso de calibración se detallan a continuación:

- a) *Selección del piranómetro de referencia:* los piranómetros están clasificados en: 1. estándar secundario, 2. primera clase y 3. segunda clase. El estándar secundario es el que presenta las mejores características que establece el estándar internacional, le sigue el piranómetro

de primera clase y luego el de segunda clase. El piranómetro de referencia debe tener una clasificación superior al piranómetro de campo y mostrar mayor estabilidad en el largo plazo. La clasificación de piranómetros se encuentra detallada en el estándar ISO 9060/2017(E), una síntesis de tal clasificación se presenta en la Tabla **2-2** y la Tabla **2-3**.

- b) *Definición de las condiciones del cielo:* el cielo ideal es aquel que se encuentra completamente despejado durante el tiempo en el que se registran los datos. Existen dos criterios mínimos en el caso de no contar con un cielo bajo condiciones ideales. El primero establece que la radiación solar directa mínima aceptable sobre una superficie horizontal, dada por el producto de la medición y el coseno del ángulo incidente, deberá ser el 80 % de la radiación solar global medida por el piranómetro. El segundo criterio consiste en que no debe haber formación de nubes a menos de 30° alrededor del Sol durante el periodo en el que se registren los datos.
- c) *Errores derivados de la orientación del instrumento, el coseno y el azimut:* es conveniente tener en cuenta que el procedimiento de calibración está influenciado por la inclinación y el azimut del instrumento; por esta razón, el estándar internacional ISO 9847:1992 permite que el eje del piranómetro de campo esté dirigido hacia el Sol, así se reduce significativamente los errores azimutales y de coseno. En el caso en el que el piranómetro de campo se encuentre fijo, el factor de calibración incluye los errores azimutales y de coseno para cada ángulo incidente. En el último caso, la calibración estará limitada por la incertidumbre en la corrección azimutal y de coseno.
- d) *Aplicabilidad del resultado de la calibración:* antes de usar los resultados derivados del proceso de calibración se debe tener presente dos consideraciones. La primera consiste en asumir una exactitud en los registros independiente de la época del año, siempre que ésta se encuentre dentro de los límites impuestos por la compensación de temperatura, desestimando los errores del coseno. La segunda consideración consiste en asumir que los métodos usados permiten determinar los efectos de la inclinación sobre la respuesta del sensor.
- e) *Corrección en los cálculos de transferencia de la calibración:* la principal ventaja de la calibración tipo I es que todos los piranómetros están relacionados a una sola referencia en condiciones reales de radiación. En este procedimiento, el piranómetro de referencia deberá estar bien caracterizado porque la información del instrumento será empleada en los cálculos de transferencia.
- f) *Objetos en el horizonte:* el horizonte deberá estar despejado; en su defecto, ningún objeto natural o artificial deberá estar por encima de un ángulo de elevación de 5° ni reflejar la luz solar sobre los equipos de calibración.

3.1.1. Pasos del proceso de calibración

1. Conexión y limpieza de los instrumentos de trabajo: una vez ajustados los piranómetros en la posición requerida, estos deben conectarse al voltímetro digital teniendo siempre presente el apantallamiento eléctrico. Posteriormente, se revisa la continuidad eléctrica de los instrumentos, la polaridad de las conexiones, la intensidad de la señal y la estabilidad de los equipos. Finalmente, se limpian los domos de los piranómetros con algún líquido destinado para ello.
2. Condiciones del cielo: el personal de campo, a través de la inspección visual, determina cuáles son las condiciones del cielo. Los criterios para emitir un juicio al respecto se presentan sucintamente en la norma ISO 9847:1992. Ésta específicamente comenta tres situaciones en las que podría encontrarse el cielo: condiciones estables (CE), condiciones inestables (CI) y cielo nublado (CN). Para cada una de ellas, el estándar internacional propone un procedimiento particular en relación a la toma de datos. A continuación se detalla cada caso:
 - a) En condiciones del cielo estable, es decir, completamente despejado, se registran al menos quince (15) series de datos en un período de tiempo entre 10 y 20 minutos, cada serie de datos debe presentar al menos veintiún (21) medidas simultáneas de voltaje instantáneo para ambos instrumentos. El proceso de captura de datos deberá llevarse a cabo durante un período de 2 a 3 días como mínimo. Si se desea tener en cuenta el impacto de las condiciones ambientales, entonces el período de tiempo deberá ser superior a 3 días. Los registros deben tomarse en horas de la mañana, durante el medio día y al final de tarde antes del crepúsculo a una altura solar superior a 20° .
 - b) En condiciones de cielo inestable, es decir, con nubes alrededor del Sol ubicadas a más de 30° respecto a éste, el cual se considera el punto de referencia, se registran lecturas simultáneas e instantáneas de voltaje para ambos instrumentos en intervalos de uno (1) a cinco (5) minutos. Las lecturas deben ser tomadas desde el amanecer hasta la puesta del Sol con una altura solar superior a 20° , por un período mínimo de cinco (5) días y hasta por dos (2) semanas. Se deben registrar como mínimo quince (15) series de veintiún (21) datos simultáneos.
 - c) En condiciones de cielo nublado se deben registrar más de cincuenta (50) lecturas simultáneas, en intervalos de una (1) hora a diferentes ángulos de elevación por un mínimo de diez (10) días, siempre y cuando la radiación global horaria media sea mayor a $100 W/m^2$, de lo contrario este procedimiento no se puede realizar hasta alcanzar las condiciones climatológicas mínimas.
3. Cálculo del factor de calibración: éste se presenta detalladamente en la sección 3.1.2.
4. Revisión de la precisión y la exactitud del factor de calibración: la precisión con la que se

determina el factor de calibración depende particularmente de las condiciones del cielo y la altura solar para latitudes cercanas a la línea del Ecuador. Para validar el factor de calibración se halla la desviación estándar con veintinueve (21) o más registros de la misma serie, que hayan sido obtenidos cerca del medio día en condiciones de radiación estable, el resultado del cálculo debe ser menor al $\pm 0,5\%$ del valor del factor de calibración del instrumento. Si la desviación estándar es mayor a dicho valor, entonces debe considerarse la calibración tipo II. La exactitud del factor de calibración depende de:

- a) La calidad de los piranómetros de referencia y de campo.
 - b) Las condiciones y características de la medición.
 - c) El uso previo de los instrumentos.
5. Emisión del certificado de calibración: la información que debe contener el certificado de calibración se encuentra en la sección 3.1.4
 6. Corrección de la base de datos usando el factor de calibración: el método de corrección usando el factor de calibración se presenta detalladamente en la sección 3.1.5.

3.1.2. Procedimiento para la estimación del factor de calibración

La estimación del factor de calibración requiere que se realicen seis procesamientos matemáticos consecutivos que se encuentran definidos en el estándar internacional ISO 9847:1992. Estos pueden aplicarse a cualquier tipo de calibración, exceptuando aquella que se hace para incidencia normal en espacios controlados (calibración tipo IIc).

En el primer procesamiento se calcula el factor de calibración de cada registro $F(ij)$ donde i corresponde a un par de medidas de voltaje y j a una serie de datos. La serie de datos contiene las medidas de los voltajes instantáneos del piranómetro de referencia y el piranómetro de campo (ver Tabla **3-1**).

$$F(ij) = \frac{V_R(ij)}{V_F(ij)} F_R \quad (3-1)$$

Donde:

$V_R(ij)$: es el voltaje medido con el piranómetro de referencia sin tener en cuenta el valor cero.

$V_F(ij)$: es el voltaje medido con el piranómetro de campo sin tener en cuenta el valor cero.

F_R : es el factor de calibración del piranómetro de referencia, dado en $Wm^{-2}/\mu V$, que ha sido ajustado de acuerdo a las condiciones típicas del sitio. Es conveniente resaltar que este

En la cuarta etapa se determina la estabilidad de cada una de las series, mediante el cálculo de la desviación estándar de $s(ij)$ alrededor de su media. La estabilidad de las condiciones de medición durante toda la calibración se representa por la desviación estándar de $s(j)$.

$$s(ij) = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n [F(ij) - \overline{F(ij)}]^2}}{kn} \quad (3-4)$$

$$s(j) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^k F(j) - \overline{F(j)}^2}}{k} \quad (3-5)$$

La quinta fase consiste en calcular el factor de calibración teniendo presente si es o no necesario realizar corrección por temperatura.

Se hace corrección por temperatura en los siguientes casos:

- a) Si durante el registro de una serie de mediciones j la temperatura T cambia marcadamente respecto al valor típico deseado T_N (por ejemplo, más de $\pm 10^\circ C$)
- b) Si la respuesta a la temperatura del piranómetro de campo es conocida y notoriamente diferente a la respuesta a la temperatura del piranómetro de referencia.

En cualquiera de los dos casos, el factor de calibración corregido por temperatura F_{corr} a la temperatura deseada T_N para una serie de mediciones se calcula así:

$$F_{corr}(j, T_N) = F(j) \frac{R_T [T(j)]}{R_T(T_N)} \quad (3-6)$$

Y para todas las series se usa la siguiente expresión:

$$F_{corr} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_{corr}(j, T_N) \quad (3-7)$$

Donde:

$T(j)$: es la temperatura media del aire durante el registro dada en grados Celsius.

T_N : es la temperatura media de calibración del piranómetro dada en grados Celsius.

$R_T [T(j)]$: es la respuesta a la temperatura del piranómetro de campo en $T(j)$.

$R_T(T_N)$: es la respuesta a la temperatura del piranómetro de campo en T_N .

m : es el número de series.

Cuando las especificaciones del piranómetro presentan el coeficiente de temperatura α , la respuesta de éste hacia esa variable puede hallarse mediante la siguiente relación:

$$R [T(j)] = \{1 + \alpha [T(j) - T_N]\} R(T_N) \quad (3-8)$$

Para determinar el factor de calibración final sin corrección de temperatura se usa la siguiente expresión:

$$F = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F(j) \quad (3-9)$$

Donde:

m : es el número total de series.

La sexta y última etapa consiste en corregir el factor de calibración cuando el procedimiento se realiza en latitudes mayores a 30°. En esos casos debe considerarse tres situaciones:

- a) Cuando existen propósitos meteorológicos especiales y de evaluación de recursos.
- b) Cuando la respuesta direccional del piranómetro de campo no es conocida (numeral c3 de la Tabla **2-2**).
- c) Cuando la respuesta direccional del piranómetro de referencia es conocida. En este caso, la referencia direccional se usa en la ecuación (3-3) para corregir el factor de calibración por el error del coseno.

El tratamiento matemático que presenta el estándar internacional para esta corrección se explica a continuación:

Graficar todos los valores $F(j)$ como una función de la elevación solar media correspondiente γ , usando la fórmula:

$$\sin \gamma = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega \quad (3-10)$$

Donde:

φ : es la latitud geográfica del punto de observación.

δ : es la declinación solar.

ω : es el ángulo horario solar en grados que puede calcularse con la siguiente expresión $\omega = (TST - 720)/4$, donde TST es el tiempo solar verdadero dado en minutos.

Nota: el ángulo horario solar es aquél que se encuentre entre el círculo horario del sol y el meridiano en el punto de observación.

3.1.3. Estimación del factor de calibración para una de las estaciones meteorológicas automáticas bajo el proceso de calibración

En este numeral se realizará la estimación del factor de calibración, de acuerdo con los pasos definidos en el apartado anterior. Esto con el fin de ejemplificar el procedimiento completo. Se usarán los datos de una de las estaciones meteorológicas automáticas que pasó por el proceso de calibración. La estación no será identificada con el fin de respetar el derecho que tiene cada entidad de conservar y usar su información bajo políticas internas.

En el Anexo B se presentan las tablas con las quince series temporales de veintiún datos cada una siguiendo los criterios definidos en el numeral b) del apartado 3.1.1. Las series contienen los valores de voltaje instantáneo de los piranómetros de referencia y de campo y sus registros fueron obtenidos teniendo en cuenta una altura solar entre 20° y 160° como lo indica el estándar ISO9847:1992.

El procesamiento matemático de los datos inicia con la estimación del factor de calibración para cada par de valores de voltaje instantáneo mediante el uso de la ecuación 3-1. Los resultados de aplicar dicha expresión se presentan desagregados de acuerdo a la agrupación por series temporales en el Anexo C.

El segundo procesamiento consiste en la estimación de los factores de calibración para cada una de las quince series de datos usando la ecuación 3-3. Los resultados de dicha estimación se presentan en la Tabla **3-2**.

Tabla 3-2.: Factor de calibración para cada una de las series

Número de serie	Factor de calibración de cada una de las series $Wm^{-2}/\mu V$
1	0,072019577
2	0,072038321
3	0,071911891
4	0,072012178
5	0,072018842
6	0,071959888
7	0,071855641
8	0,071976798
9	0,072223171
10	0,072258749
11	0,072124595
12	0,072352952
13	0,072305466
14	0,072511682

En el tercer paso se calcula la variación de cada uno de los factores de calibración de la serie que se está analizando (ver Anexo B) respecto al factor de calibración de esa serie (Tabla

3-2). El anexo D presenta la totalidad de los resultados que muestran dicha la variación. La Tabla **3-3** corresponde a los resultados para la primera serie de datos con el fin de ejemplificar los resultados.

La última columna de la Tabla **3-3** muestra la variación entre los factores de calibración que se están analizando; si ésta se encuentra entre -2% y 2% el factor de calibración de los registros voltaje instantáneo se declara válido, de lo contrario se declara inválido. Los registros derivados de una declaración inválida deberán ser retirados de la serie de datos. En el ejemplo se que muestra en la tabla todos los factores de calibración se encuentran dentro del rango; por lo tanto, son factores de calibración válidos.

Tabla 3-3.: Variación del factor de calibración del registro de la serie 1 respecto al factor de calibración de la serie 1 que es de 0,0720

Factor de calibración de cada registro de la serie 1 $Wm^{-2}/\mu V$	Variación del factor de calibración de cada dato de la serie 1 respecto al factor de calibración de toda la serie 1
0,072248877	0,318 %
0,072178937	0,221 %
0,072115890	0,134 %
0,072039055	0,027 %
0,072087961	0,095 %
0,072144037	0,173 %
0,072095291	0,105 %
0,072039055	0,027 %
0,072081133	0,085 %
0,072101701	0,114 %
0,071987813	-0,044 %
0,071923547	-0,133 %
0,071930162	-0,124 %
0,071965046	-0,076 %
0,071971784	-0,066 %
0,072028639	0,013 %
0,071885156	-0,187 %
0,071843898	-0,244 %
0,071893652	-0,175 %
0,071915243	-0,145 %
0,071915243	-0,145 %

En los pasos cuarto y quinto se calcula la desviación estándar y la media para los 315 factores de calibración del Anexo B y los 15 factores de calibración correspondientes a las series de datos. Los resultados se presentan en la Tabla **3-4**

Tabla 3-4.: Desviación estándar y media de los factores de calibración estimados para los registros individuales y para las series

Desviación estándar de todos los factores de calibración $Wm^{-2}/\mu V$	0,000243786
Desviación estándar de los factores de calibración de las series $Wm^{-2}/\mu V$	0,000226637
Media de todos los factores de calibración $Wm^{-2}/\mu V$	0,072146691
Media de los factores de calibración de las series de datos $Wm^{-2}/\mu V$	0,0721466

La ISO9847:1992 establece que el factor de calibración es el valor obtenido de la media aritmética de los factores de calibración de las quince series de datos. Esto quiere decir que nuestro factor de calibración sería $0,0721466 \text{ Wm}^{-2}/\mu\text{V}$. Es conveniente resaltar que el inverso del factor de calibración corresponde a la sensibilidad del instrumento de medición, que para el caso de este ejemplo correspondería a $13,8606 \mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$.

El análisis gráfico de todos los factores de calibración mostró un comportamiento variable en relación a la radiación solar global. Dicho comportamiento se muestra la figura 3-2.

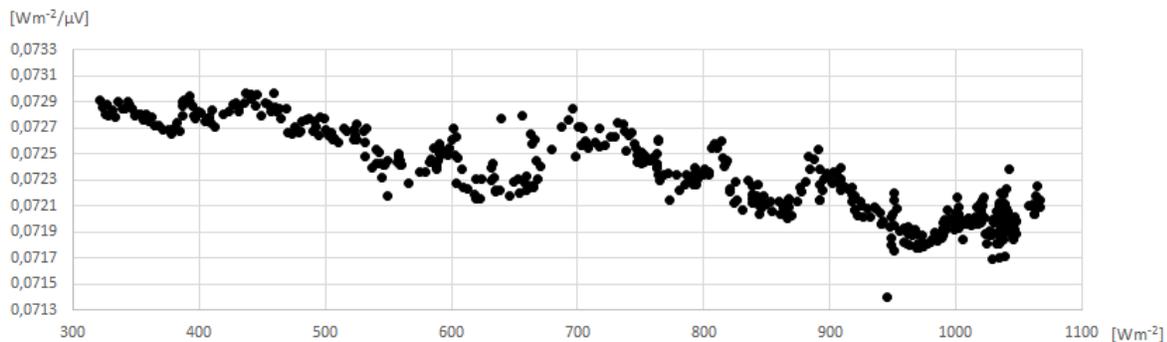


Figura 3-2.: Factores de calibración versus radiación solar global

Aunque la media aritmética es una aproximación aceptada para algunos ámbitos de aplicación. Es conveniente presentar el factor de calibración en función de la radiación solar para que el propietario del sensor sea quien determine qué valor usar.

Una vez se tiene(n) el(los) factor(es) de calibración, éste(os) debería(n) incorporarse en la programación del equipo que registra la información para entregar un valor corregido en tiempo real. De este modo, se estaría efectuando el primer paso de control de calidad de la información.

3.1.4. Certificado de calibración

El certificado de calibración debe poseer como mínimo la siguiente información:

- a) Del piranómetro de campo:
 - Marca, tipo y número de serie.
 - Posición (ángulo de inclinación, orientación azimutal y seguimiento).
 - Observaciones especiales sobre el estado del piranómetro.
- b) Del piranómetro de referencia:
 - Marca, tipo y número de serie.
 - Jerarquía de la trazabilidad (fechas, marcas y tipos de equipos).
 - Correcciones efectuadas.
- c) Del procedimiento:
 - Tipo de procedimiento (referenciar el estándar internacional ISO 9847:1992(E)).
 - Sitio (Latitud, longitud y altitud)
 - Fecha y hora de la calibración
 - Número de series de medición y lecturas únicas.
 - Rangos de los parámetros de medición (ángulo de elevación solar, irradiancia hemisférica solar, turbidez y temperatura).
- d) De los resultados de la calibración
 - Sensibilidad de los instrumentos.
 - Desviación estándar.
 - Incertidumbre absoluta (incertidumbre total).
 - Rango de validación.

3.1.5. Aplicación y corrección de los registros usando el factor de calibración

El proceso de calibración es una actividad de intercomparación entre dos instrumentos de medición, el piranómetro de campo con el piranómetro patrón secundario o piranómetro de referencia. Tal intercomparación se expresa en la ecuación lineal 3-1, en la que usa la sensibilidad del instrumento de referencia y los registros de tensión (mV) de ambos equipos en un intervalo de tiempo determinado.

El cociente entre los valores de voltaje del piranómetro de referencia y los valores de voltaje del piranómetro de campo representa la relación proporcional entre la sensibilidad que se desea estimar y la sensibilidad de referencia. Esta relación lineal se muestra en la figura 3-3. El factor de calibración se estima mediante el producto del cociente de los valores de voltaje por la sensibilidad de referencia, el resultado constituye la nueva sensibilidad del piranómetro de campo para el par de registros en cuestión.

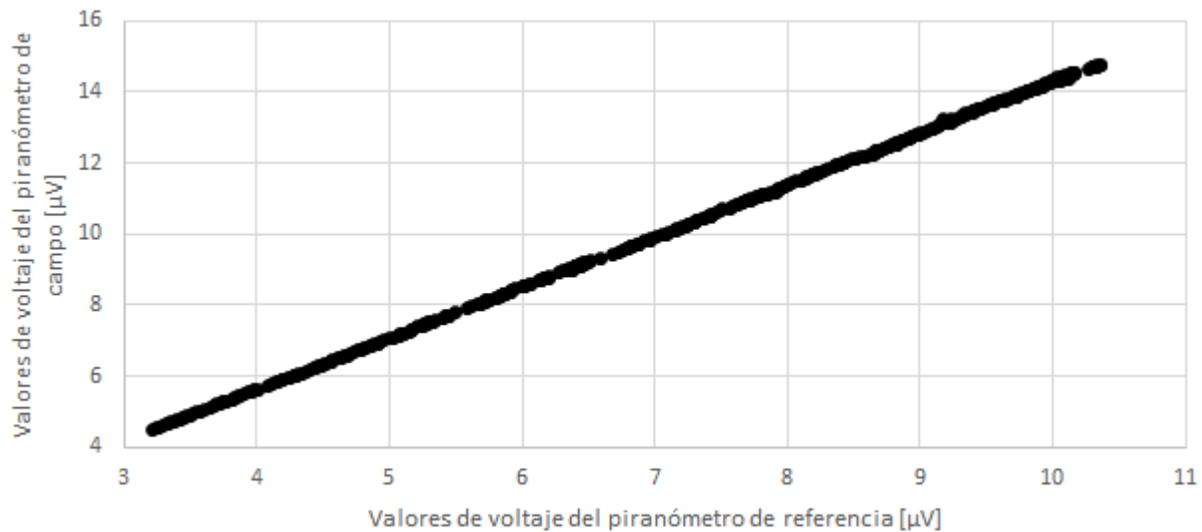


Figura 3-3.: Tensión del piranómetro de referencia versus tensión del piranómetro de campo

4. Resultados de los procesos de calibración de las EMA

4.1. Cenicaña

El proceso de calibración se realizó en dos momentos diferentes, el primero tuvo una duración de doce días y se efectuó para tres grupos. En el primero se incluyeron los piranómetros CMP3 Kipp & Zonen correspondientes a las estaciones de Melendez-186602, Santander de Quilichao-186597 y sede principal de Cenicaña-164624, del mismo modo se comparó el piranómetro Eppley PSP-36379F3 que corresponde al instrumento patrón de esta entidad. En el segundo grupo se reunieron los piranómetros CMP3 Kipp & Zonen de las estaciones Rozo-186600, Yotoco-186595, Tuluá-186608, Palmira San José-175331 y Ortigal-175337. El último grupo quedó conformado por los piranómetros CMP3 Kipp & Zonen RUT-186605, Virginia-175335, Zarzal-175336, Candelaria-175334 y Florida-164622.

En el segundo momento se calibraron cinco piranómetros CMP3 Kipp & Zonen

La tabla 4-1 sintetiza la información de los sensores, allí se verá el número de identificación y nombre de la estación en la que se encuentra instalado el piranómetro y el número de identificación del mismo.

Tabla 4-1.: Piranómetros de Cenicaña que fueron calibrados

Número de EMA	Nombre de la EMA	Número del sensor
26075140	Melendez	186602
26025160	Santander de Quilichao	186597
--	Cenicaña	164624
--	Cenicaña (Patrón)	36379F3
--	Rozo	186600
26085180	Yotoco	186595
26095380	Tuluá	186608
--	Distrito RUT	186605
--	Virginia	175332
26105260	Zarzal	175336
26065050	Candelaria	175334
--	Florida	164622

Continúa en la siguiente página

Tabla 4-1 – Continuación de la tabla

Número de EMA	Nombre de la EMA	Número del sensor
26025130	Ortigal	175337
26095370	Palmira San José	175331
--	Sin Asignación	187434
--	Sin Asignación	187435
--	Sin Asignación	187436
--	Sin Asignación	187437
--	Sin Asignación	187438

El 1° de octubre de 2018 inició el registro simultáneo de tres piranómetros de campo y un piranómetro de referencia de Cenicaña con el piranómetro patrón secundario EKO Instruments MS-80 de la Universidad Nacional de Colombia (ver Anexo A). Los cinco instrumentos fueron ubicados en una mesa niveladora y sus domos fueron limpiados para dar inicio al registro de los datos a las 12:20 p.m. Debido a las condiciones del cielo, que fueron favorables, el registro simultáneo duró hasta el 3 de octubre cuando pudieron consolidarse las quince series de datos para cada uno de los tres días. Desde el 4 hasta el 7 de octubre se obtuvieron las quince series de 21 datos para cada uno de los piranómetros del segundo grupo. El registro de datos para el tercer de grupo se llevó a cabo desde el 9 hasta el 12 de octubre. La segunda etapa del proceso de calibración se realizó entre el 4 y 8 de abril de 2019.

Las condiciones del cielo se determinaron por inspección visual por los profesionales de campo mientras los datos fueron registrados y almacenados en el equipo de adquisición de datos. En la tabla 4-1 se presentan dichas condiciones desagregadas de acuerdo a la clasificación del estándar ISO 9847:1992 en CE (cielo estable), CI (cielo inestable) y CN (cielo nublado).

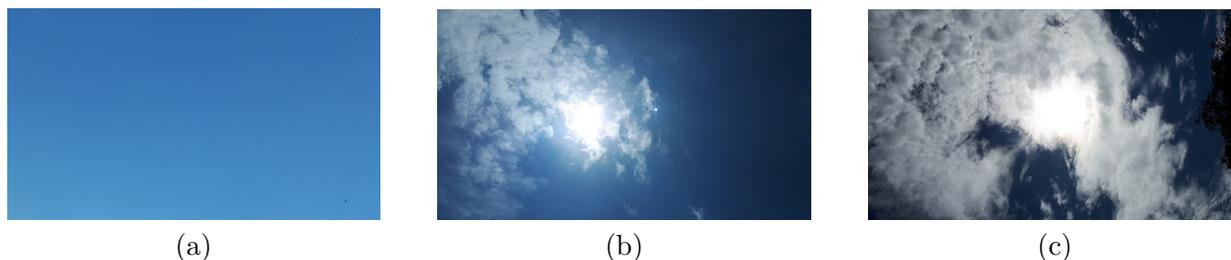


Figura 4-1.: Condiciones de cielo

4.2. Corporación Autónoma de Cundinamarca

El proceso de calibración tuvo una duración de 12 días y se realizó para dos grupos de piranómetros. En el primer grupo se incluyeron los piranómetros Eppley y Hukseflux correspondientes a las 10 primeras EMAS de la tabla 4-2 . En el segundo grupo se reunieron los

piranómetros EPPLEY RADIOMETER 8-48 y PSP de las EMA Nazareth, PTAR Tocancipa, Universidad Nueva Granada, Viani y Raquira. En la tabla 4-2 se muestra el número de identificación y el nombre de la EMA en la que está instalado el piranómetro y el número de identificación del mismo, que es asignado por la institución propietaria de los instrumentos.

Tabla 4-2.: Piranómetros de la CAR que fueron calibrados

Número de EMA	Nombre de la EMA	Número del sensor
2119517	Aguadas Claras	35513F3
2120542	Almacafé	35294
2120552	Cachipay	35861
2306519	Caparrapi	35512F3
2401502	Capellania	8087
2120543	El delirio	34566
2401707	El Triangulo	35514F3
2401536	El ható	35296
2120653	Guamal	34569
3507705	Manta	34567
2401525	Nazareth	34568
2120696	PTAR Tocancipa	35518F3
2120690	Universidad Nueva granada	33887
2120693	Viani	35295
2401538	Raquira	35516F3

4.3. Universidad Nacional de Colombia

En el proceso de calibración que se realizo desde el 1° de octubre de 2018, con duración de 12 días se hizo la calibración simultanea del piranómetro de marca Kipp & Zonen CMP 10, ubicado en la Univerisdad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

Tabla 4-3.: Piranómetro de la Universidad Nacional de Colombia que fue calibrado

Número de EMA	Nombre de la EMA	Número del sensor
--	Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá	141141

5. Conclusiones

Todo proceso de control de calidad que se desee efectuar sobre datos de radiación solar global debe siempre iniciar con la calibración de los sensores radiométricos. Validar la información registrada sin tener en cuenta el factor de calibración (sensibilidad) del instrumento implicaría propagar un error a través de los cálculos que se realicen con la dicha información.

La importancia contenida en los registros de radiación solar global exige procesos anuales de calibración de piranómetros de campo. Esta información empieza a ser estratégica para la toma de decisiones en diferentes ámbitos de la esfera productiva a nivel nacional. Los sectores energético, agropecuario y climatológico requieren información que represente los fenómenos físicos de los que tomamos parte para desarrollar nuestro día a día.

La aplicación del estándar internacional ISO9847:1992 abrió caminos para la investigación científica y aplicada en Colombia. Entender la lógica de la instrumentación y medición es un tema que ya se viene abordando en la Universidad Nacional de Colombia desde hace varios años y que requiere continuidad. Las mejoras a las normas internacionales constituyen otra línea en el que la investigación aplicada tendrá su lugar. Las metodologías que adapten condiciones climatológicas tropicales en procedimientos serían un aporte destacado para los países de la zona ecuatorial, entre otros aspectos.

El factor de calibración (sensibilidad) varía de acuerdo al nivel de radiación solar global. Por lo tanto, es conveniente presentarlo en función de bandas de radiación, para que el interesado sea quien determine el uso desagregado o tomando un solo valor derivado de la media aritmética.

A. Anexo - Información piranómetro patrón secundario

El piranómetro MS-80, fabricado por EKO Instruments, es de diseño compacto con cúpula única, basado en un detector de termopila aislado y con tecnología de difusor de cuarzo inmune a las compensaciones.



(a)



(b)

Figura A-1.: Piranómetro MS-80 fabricado por EKO Instruments [2]

Según la especificación y clasificación de instrumentos para medir la radiación solar directa y hemisférica presentada en el estándar ISO 9060:2018, este instrumento es estándar secundario, es decir, clase A que cumple con la subcategoría de respuesta rápida y espectralmente plana.

La construcción de estos piranómetros pasa por estrictos controles de calidad y evaluación de rendimiento. Los laboratorios de EKO Instruments proporciona una calibración única que cumple con los estándares internacionales definidos por ISO/IEC17025 que establece los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. La siguiente tabla presenta las principales características técnicas del piranómetro.

Tabla A-1.: Especificaciones técnicas del piranómetro patrón secundario MS-80.

Clasificación ISO 9060	Estándar secundario
Salida	Análoga (mV)
Tiempo de Respuesta al 95 %	< 0.5 Segundos
Desplazamiento cero A 200 W/m^2	< 1 W/m^2
Desplazamiento cero B 5 K/hr	$\pm 1 \text{ W/m}^2$
Cambio de inestabilidad por cada 5 años	$\pm 0.5 \%$
No linealidad a 1000 W/m^2	$\pm 0.2 \%$
Respuesta direccional a 1000 W/m^2	$\pm 10 \text{ W/m}^2$
Selectividad espectral 0.35 - $1.5 \mu\text{m}$	$\pm 3 \%$
Respuesta de inclinación en 1000 W/m^2	$\pm 0.2 \%$
Sensibilidad	Aprox. $10 \mu\text{V}$ por cada W/m^2
Impedancia	< 45000Ω
Rango de temperatura de operación	-40°C a 80°C
Rango de irradiancia	0 a 4000 W/m^2
Rango de longitud de onda	285 a 3000 nm
Longitud del cable	10 m

El piranómetro viene con cuatro certificaciones:

- Certificado de acreditación ISO/IEC 17025:2005 [10].
- Certificado de calibración ISO 17025 / ISO 9847 [3].
- Certificado de respuesta térmica ISO 9060 [4].
- Certificado de respuesta direccional ISO 9060 [5].

B. Anexo - Información registrada en campo de una de las EMA

La cantidad de información almacenada por el equipo de adquisición de datos facilitó la extracción de las series diarias para cada instrumento de medición. En las tablas **B-1**, **B-2**, **B-3**, **B-4**, **B-5**, **B-6**, **B-7** y **B-8** se reportan los datos utilizados para el cálculo del factor de calibración. Los datos usados se obtienen de los datos útiles, que son aquellos registrados cuando la altura solar se encuentra entre 20° y 160° .

Tabla B-1.: Voltaje registrado de los piranómetros de referencia y de campo (Series 1 y 2)

Medición Serie 1	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV	Medición Serie 2	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV
1	01/10/2018 12:30	10,330	14,740	22	01/10/2018 12:40	10,050	14,420
2	01/10/2018 12:30	10,320	14,740	23	01/10/2018 12:41	10,030	14,400
3	01/10/2018 12:31	10,290	14,710	24	01/10/2018 12:41	10,070	14,440
4	01/10/2018 12:31	10,300	14,740	25	01/10/2018 12:42	10,030	14,380
5	01/10/2018 12:32	10,300	14,730	26	01/10/2018 12:42	10,010	14,330
6	01/10/2018 12:32	10,350	14,790	27	01/10/2018 12:43	9,980	14,290
7	01/10/2018 12:33	10,350	14,800	28	01/10/2018 12:43	10,010	14,320
8	01/10/2018 12:33	10,300	14,740	29	01/10/2018 12:44	10,050	14,350
9	01/10/2018 12:34	10,320	14,760	30	01/10/2018 12:44	10,110	14,400
10	01/10/2018 12:34	10,260	14,670	31	01/10/2018 12:45	10,090	14,400
11	01/10/2018 12:35	10,160	14,550	32	01/10/2018 12:45	10,070	14,380
12	01/10/2018 12:35	10,130	14,520	33	01/10/2018 12:46	10,050	14,370
13	01/10/2018 12:36	10,110	14,490	34	01/10/2018 12:46	10,090	14,430
14	01/10/2018 12:36	10,080	14,440	35	01/10/2018 12:47	10,080	14,410
15	01/10/2018 12:37	10,060	14,410	36	01/10/2018 12:47	10,110	14,470
16	01/10/2018 12:37	10,040	14,370	37	01/10/2018 12:48	10,100	14,450
17	01/10/2018 12:38	10,020	14,370	38	01/10/2018 12:48	10,120	14,490
18	01/10/2018 12:38	10,070	14,450	39	01/10/2018 12:49	10,140	14,530
19	01/10/2018 12:39	10,070	14,440	40	01/10/2018 12:49	10,140	14,530
20	01/10/2018 12:39	10,080	14,450	41	01/10/2018 12:50	10,160	14,550
21	01/10/2018 12:40	10,080	14,450	42	01/10/2018 12:50	10,140	14,520

Tabla B-2.: Voltaje registrado de los piranómetros de referencia y de campo (Series 3 y 4)

Medición Serie 3	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV	Medición Serie 4	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV
43	01/10/2018 12:51	10,120	14,510	64	01/10/2018 13:01	10,060	14,400
44	01/10/2018 12:51	10,130	14,520	65	01/10/2018 13:02	10,060	14,380
45	01/10/2018 12:52	10,150	14,530	66	01/10/2018 13:02	10,030	14,340
46	01/10/2018 12:52	10,140	14,530	67	01/10/2018 13:03	10,040	14,350
47	01/10/2018 12:53	10,150	14,550	68	01/10/2018 13:03	10,040	14,360
48	01/10/2018 12:53	10,160	14,570	69	01/10/2018 13:04	10,040	14,360
49	01/10/2018 12:54	10,140	14,550	70	01/10/2018 13:04	10,030	14,340
50	01/10/2018 12:54	10,130	14,530	71	01/10/2018 13:05	9,990	14,310
51	01/10/2018 12:55	10,030	14,420	72	01/10/2018 13:05	9,980	14,310
52	01/10/2018 12:55	10,080	14,490	73	01/10/2018 13:06	9,960	14,280
53	01/10/2018 12:56	9,980	14,350	74	01/10/2018 13:06	9,970	14,300
54	01/10/2018 12:56	9,900	14,180	75	01/10/2018 13:07	9,970	14,300
55	01/10/2018 12:57	10,010	14,370	76	01/10/2018 13:07	9,940	14,270
56	01/10/2018 12:57	9,820	14,070	77	01/10/2018 13:08	9,930	14,240
57	01/10/2018 12:58	9,920	14,200	78	01/10/2018 13:08	9,910	14,190
58	01/10/2018 12:58	9,970	14,300	79	01/10/2018 13:09	9,880	14,130
59	01/10/2018 12:59	10,040	14,370	80	01/10/2018 13:09	9,870	14,140
60	01/10/2018 12:59	10,070	14,420	81	01/10/2018 13:10	9,890	14,160
61	01/10/2018 13:00	10,050	14,400	82	01/10/2018 13:10	9,910	14,170
62	01/10/2018 13:00	10,070	14,420	83	01/10/2018 13:11	9,890	14,140
63	01/10/2018 13:01	10,080	14,410	84	01/10/2018 13:11	9,900	14,150

Tabla B-3.: Voltaje registrado de los piranómetros de referencia y de campo (Series 5 y 6)

Medición Serie 5	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV	Medición Serie 6	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV
85	01/10/2018 13:12	9,900	14,150	106	01/10/2018 13:22	9,720	13,900
86	01/10/2018 13:12	9,900	14,160	107	01/10/2018 13:23	9,710	13,900
87	01/10/2018 13:13	9,910	14,160	108	01/10/2018 13:23	9,690	13,880
88	01/10/2018 13:13	9,920	14,170	109	01/10/2018 13:24	9,700	13,880
89	01/10/2018 13:14	9,900	14,160	110	01/10/2018 13:24	9,700	13,890
90	01/10/2018 13:14	9,890	14,150	111	01/10/2018 13:25	9,710	13,870
91	01/10/2018 13:15	9,850	14,110	112	01/10/2018 13:25	9,660	13,830
92	01/10/2018 13:15	9,850	14,100	113	01/10/2018 13:26	9,640	13,810
93	01/10/2018 13:16	9,860	14,100	114	01/10/2018 13:26	9,640	13,790
94	01/10/2018 13:16	9,810	14,050	115	01/10/2018 13:27	9,600	13,750
95	01/10/2018 13:17	9,810	14,050	116	01/10/2018 13:27	9,610	13,770
96	01/10/2018 13:17	9,800	14,030	117	01/10/2018 13:28	9,600	13,770
97	01/10/2018 13:18	9,800	14,030	118	01/10/2018 13:28	9,620	13,790
98	01/10/2018 13:18	9,780	14,010	119	01/10/2018 13:29	9,600	13,760
99	01/10/2018 13:19	9,750	13,990	120	01/10/2018 13:29	9,610	13,760
100	01/10/2018 13:19	9,730	13,940	121	01/10/2018 13:30	9,590	13,760
101	01/10/2018 13:20	9,720	13,930	122	01/10/2018 13:30	9,560	13,720
102	01/10/2018 13:20	9,720	13,910	123	01/10/2018 13:31	9,550	13,700
103	01/10/2018 13:21	9,730	13,930	124	01/10/2018 13:31	9,560	13,710
104	01/10/2018 13:21	9,720	13,920	125	01/10/2018 13:32	9,540	13,680
105	01/10/2018 13:22	9,690	13,890	126	01/10/2018 13:32	9,520	13,660

Tabla B-4.: Voltaje registrado de los piranómetros de referencia y de campo (Series 7 y 8)

Medición Serie 7	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV	Medición Serie 8	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV
127	01/10/2018 13:33	9,510	13,650	148	01/10/2018 13:43	9,230	13,260
128	01/10/2018 13:33	9,480	13,610	149	01/10/2018 13:44	9,220	13,210
129	01/10/2018 13:34	9,450	13,570	150	01/10/2018 13:44	9,200	13,200
130	01/10/2018 13:34	9,440	13,540	151	01/10/2018 13:45	9,250	13,230
131	01/10/2018 13:35	9,440	13,550	152	01/10/2018 13:45	9,230	13,190
132	01/10/2018 13:35	9,420	13,530	153	01/10/2018 13:46	9,210	13,180
133	01/10/2018 13:36	9,410	13,510	154	01/10/2018 13:46	9,230	13,180
134	01/10/2018 13:36	9,400	13,500	155	01/10/2018 13:47	9,200	13,170
135	01/10/2018 13:37	9,400	13,480	156	01/10/2018 13:47	9,190	13,170
136	01/10/2018 13:37	9,400	13,480	157	01/10/2018 13:48	9,200	13,210
137	01/10/2018 13:38	9,390	13,460	158	01/10/2018 13:48	9,170	13,240
138	01/10/2018 13:38	9,380	13,450	159	01/10/2018 13:49	9,140	13,090
139	01/10/2018 13:39	9,370	13,440	160	01/10/2018 13:49	9,130	13,080
140	01/10/2018 13:39	9,340	13,410	161	01/10/2018 13:50	9,130	13,080
141	01/10/2018 13:40	9,330	13,370	162	01/10/2018 13:50	9,120	13,050
142	01/10/2018 13:40	9,330	13,380	163	01/10/2018 13:51	9,090	13,000
143	01/10/2018 13:41	9,320	13,380	164	01/10/2018 13:51	9,070	12,970
144	01/10/2018 13:41	9,300	13,350	165	01/10/2018 13:52	9,040	12,940
145	01/10/2018 13:42	9,320	13,360	166	01/10/2018 13:52	9,020	12,900
146	01/10/2018 13:42	9,300	13,330	167	01/10/2018 13:53	8,990	12,870
147	01/10/2018 13:43	9,270	13,290	168	01/10/2018 13:53	8,980	12,840

Tabla B-5.: Voltaje registrado de los piranómetros de referencia y de campo (Series 9 y 10)

Medición Serie 9	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV	Medición Serie 10	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV
169	01/10/2018 13:54	8,970	12,820	190	01/10/2018 14:04	8,750	12,480
170	01/10/2018 13:54	8,950	12,810	191	01/10/2018 14:05	8,720	12,430
171	01/10/2018 13:55	8,920	12,760	192	01/10/2018 14:05	8,710	12,410
172	01/10/2018 13:55	8,920	12,760	193	01/10/2018 14:06	8,690	12,390
173	01/10/2018 13:56	8,920	12,740	194	01/10/2018 14:06	8,680	12,390
174	01/10/2018 13:56	8,900	12,710	195	01/10/2018 14:07	8,650	12,360
175	01/10/2018 13:57	8,910	12,730	196	01/10/2018 14:07	8,650	12,360
176	01/10/2018 13:57	8,900	12,720	197	01/10/2018 14:08	8,650	12,340
177	01/10/2018 13:58	8,900	12,700	198	01/10/2018 14:08	8,650	12,320
178	01/10/2018 13:58	8,870	12,660	199	01/10/2018 14:09	8,640	12,280
179	01/10/2018 13:59	8,850	12,630	200	01/10/2018 14:09	8,610	12,250
180	01/10/2018 13:59	8,850	12,630	201	01/10/2018 14:10	8,580	12,220
181	01/10/2018 14:00	8,820	12,590	202	01/10/2018 14:10	8,570	12,190
182	01/10/2018 14:00	8,820	12,580	203	01/10/2018 14:11	8,540	12,180
183	01/10/2018 14:01	8,810	12,570	204	01/10/2018 14:11	8,510	12,150
184	01/10/2018 14:01	8,810	12,560	205	01/10/2018 14:12	8,500	12,130
185	01/10/2018 14:02	8,820	12,560	206	01/10/2018 14:12	8,480	12,120
186	01/10/2018 14:02	8,800	12,550	207	01/10/2018 14:13	8,440	12,080
187	01/10/2018 14:03	8,790	12,530	208	01/10/2018 14:13	8,410	12,040
188	01/10/2018 14:03	8,780	12,510	209	01/10/2018 14:14	8,420	12,040
189	01/10/2018 14:04	8,760	12,480	210	01/10/2018 14:14	8,410	12,020

Tabla B-6.: Voltaje registrado de los piranómetros de referencia y de campo (Series 11 y 12)

Medición Serie 11	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV	Medición Serie 12	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV
211	01/10/2018 14:15	8,420	12,030	232	01/10/2018 14:25	8,130	11,600
212	01/10/2018 14:15	8,410	12,020	233	01/10/2018 14:26	8,100	11,550
213	01/10/2018 14:16	8,380	11,990	234	01/10/2018 14:26	8,060	11,530
214	01/10/2018 14:16	8,370	11,970	235	01/10/2018 14:27	8,020	11,460
215	01/10/2018 14:17	8,380	11,980	236	01/10/2018 14:27	7,990	11,420
216	01/10/2018 14:17	8,350	11,950	237	01/10/2018 14:28	8,000	11,410
217	01/10/2018 14:18	8,340	11,920	238	01/10/2018 14:28	7,964	11,370
218	01/10/2018 14:18	8,290	11,860	239	01/10/2018 14:29	7,959	11,360
219	01/10/2018 14:19	8,270	11,820	240	01/10/2018 14:29	7,941	11,300
220	01/10/2018 14:19	8,240	11,780	241	01/10/2018 14:30	7,925	11,280
221	01/10/2018 14:20	8,220	11,740	242	01/10/2018 14:30	7,915	11,270
222	01/10/2018 14:20	8,210	11,740	243	01/10/2018 14:31	7,908	11,250
223	01/10/2018 14:21	8,190	11,720	244	01/10/2018 14:31	7,901	11,220
224	01/10/2018 14:21	8,200	11,720	245	01/10/2018 14:32	7,860	11,170
225	01/10/2018 14:22	8,190	11,710	246	01/10/2018 14:32	7,843	11,140
226	01/10/2018 14:22	8,180	11,670	247	01/10/2018 14:33	7,818	11,110
227	01/10/2018 14:23	8,170	11,670	248	01/10/2018 14:33	7,796	11,110
228	01/10/2018 14:23	8,160	11,660	249	01/10/2018 14:34	7,798	11,110
229	01/10/2018 14:24	8,130	11,620	250	01/10/2018 14:34	7,791	11,100
230	01/10/2018 14:24	8,130	11,610	251	01/10/2018 14:35	7,772	11,070
231	01/10/2018 14:25	8,140	11,630	252	01/10/2018 14:35	7,764	11,060

Tabla B-7.: Voltaje registrado de los piranómetros de referencia y de campo (Series 13 y 14)

Medición Serie 13	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV	Medición Serie 14	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV
253	01/10/2018 14:36	7,761	11,060	274	01/10/2018 14:46	7,402	10,540
254	01/10/2018 14:36	7,741	11,030	275	01/10/2018 14:47	7,405	10,540
255	01/10/2018 14:37	7,715	11,000	276	01/10/2018 14:47	7,398	10,520
256	01/10/2018 14:37	7,697	10,980	277	01/10/2018 14:48	7,402	10,540
257	01/10/2018 14:38	7,704	10,990	278	01/10/2018 14:48	7,416	10,530
258	01/10/2018 14:38	7,705	10,980	279	01/10/2018 14:49	7,408	10,520
259	01/10/2018 14:39	7,688	10,960	280	01/10/2018 14:49	7,367	10,480
260	01/10/2018 14:39	7,692	10,960	281	01/10/2018 14:50	7,344	10,450
261	01/10/2018 14:40	7,696	10,960	282	01/10/2018 14:50	7,308	10,400
262	01/10/2018 14:40	7,683	10,960	283	01/10/2018 14:51	7,306	10,390
263	01/10/2018 14:41	7,650	10,910	284	01/10/2018 14:51	7,285	10,370
264	01/10/2018 14:41	7,650	10,910	285	01/10/2018 14:52	7,287	10,360
265	01/10/2018 14:42	7,627	10,870	286	01/10/2018 14:52	7,292	10,370
266	01/10/2018 14:42	7,612	10,860	287	01/10/2018 14:53	7,251	10,320
267	01/10/2018 14:43	7,573	10,810	288	01/10/2018 14:53	7,241	10,290
268	01/10/2018 14:43	7,557	10,770	289	01/10/2018 14:54	7,250	10,310
269	01/10/2018 14:44	7,502	10,720	290	01/10/2018 14:54	7,223	10,260
270	01/10/2018 14:44	7,488	10,670	291	01/10/2018 14:55	7,203	10,220
271	01/10/2018 14:45	7,452	10,620	292	01/10/2018 14:55	7,187	10,200
272	01/10/2018 14:45	7,420	10,580	293	01/10/2018 14:56	7,161	10,180
273	01/10/2018 14:46	7,417	10,570	294	01/10/2018 14:56	7,155	10,150

Tabla B-8.: Voltaje registrado de los piranómetros de referencia y de campo (Serie 15)

Medición Serie 15	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	PR mV	PC mV
295	01/10/2018 14:57	7,139	10,120
296	01/10/2018 14:57	7,098	10,060
297	01/10/2018 14:58	7,073	10,040
298	01/10/2018 14:58	7,045	10,000
299	01/10/2018 14:59	7,004	9,950
300	01/10/2018 14:59	6,953	9,880
301	01/10/2018 15:00	6,960	9,870
302	01/10/2018 15:00	6,921	9,830
303	01/10/2018 15:01	6,868	9,760
304	01/10/2018 15:01	6,864	9,750
305	01/10/2018 15:02	6,852	9,730
306	01/10/2018 15:02	6,799	9,640
307	01/10/2018 15:03	6,813	9,660
308	01/10/2018 15:03	6,814	9,680
309	01/10/2018 15:04	6,826	9,680
310	01/10/2018 15:04	6,778	9,640
311	01/10/2018 15:05	6,748	9,550
312	01/10/2018 15:05	6,726	9,530
313	01/10/2018 15:06	6,672	9,460
314	01/10/2018 15:06	6,586	9,360
315	01/10/2018 15:07	6,392	9,110

C. Anexo - Resultados del primer paso del proceso de estimación del factor de calibración

Los resultados que se presentan en las tablas **C-1**, **C-2**, **C-3**, **C-4**, **C-5**, **C-6**, **C-7** y **C-8** continuación corresponden a las estimaciones del factor de calibración para cada par de valores de voltaje instantáneo correspondientes a los piranómetros de referencia y de campo. La ecuación 3-1 fue la que se usó para realizar esta estimación.

Tabla C-1.: Factor de calibración (Series 1 y 2)

Medición Serie 1	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Sensibilidad $\mu V/Wm^{-2}$	Medición Serie 2	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	$\mu V/Wm^{-2}$
1	01/10/2018 12:31	0,072248877	13,841045499	22	01/10/2018 12:40	0,071850380	13,917810945
2	01/10/2018 12:32	0,072178937	13,854457364	23	01/10/2018 12:41	0,071806987	13,92621336
3	01/10/2018 12:32	0,072115890	13,866569485	24	01/10/2018 12:41	0,071893652	13,909433962
4	01/10/2018 12:33	0,072039055	13,881359223	25	01/10/2018 12:42	0,071906858	13,906879362
5	01/10/2018 12:33	0,072087961	13,871941748	26	01/10/2018 12:42	0,072013870	13,886213786
6	01/10/2018 12:34	0,072144037	13,861159420	27	01/10/2018 12:43	0,071999019	13,889078156
7	01/10/2018 12:34	0,072095291	13,870531401	28	01/10/2018 12:43	0,072064159	13,876523477
8	01/10/2018 12:35	0,072039055	13,881359223	29	01/10/2018 12:44	0,072200869	13,850248756
9	01/10/2018 12:35	0,072081133	13,873255814	30	01/10/2018 12:44	0,072379725	13,816023739
10	01/10/2018 12:36	0,072101701	13,869298246	31	01/10/2018 12:45	0,072236541	13,843409316
11	01/10/2018 12:36	0,071987813	13,891240157	32	01/10/2018 12:45	0,072193625	13,851638530
12	01/10/2018 12:37	0,071923547	13,903652517	33	01/10/2018 12:46	0,072100381	13,869552239
13	01/10/2018 12:37	0,071930162	13,902373887	34	01/10/2018 12:46	0,072086361	13,872249752
14	01/10/2018 12:38	0,071965046	13,895634921	35	01/10/2018 12:47	0,072114869	13,866765873
15	01/10/2018 12:38	0,071971784	13,894333996	36	01/10/2018 12:47	0,072029581	13,883184965
16	01/10/2018 12:39	0,072028639	13,883366534	37	01/10/2018 12:48	0,072057932	13,877722772
17	01/10/2018 12:39	0,071885156	13,911077844	38	01/10/2018 12:48	0,072001309	13,888636364
18	01/10/2018 12:40	0,071843898	13,919066534	39	01/10/2018 12:49	0,071944998	13,899506903
19	01/10/2018 15:06	0,071893652	13,909433962	40	01/10/2018 12:49	0,071944998	13,899506903
20	01/10/2018 15:06	0,071915243	13,905257937	41	01/10/2018 12:50	0,071987813	13,891240157
21	01/10/2018 15:07	0,071915243	13,905257937	42	01/10/2018 12:50	0,071994547	13,889940828

Tabla C-2.: Factor de calibración (Series 3 y 4)

Medición Serie 3	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Sensibilidad $\mu V/Wm^{-2}$	Medición Serie 4	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	$\mu V/Wm^{-2}$
43	10/1/2018 12:51	0,071902065	13,90780632	64	10/1/2018 13:01	0,072021764	13,88469185
44	10/1/2018 12:51	0,071923547	13,90365252	65	10/1/2018 13:02	0,072121933	13,86540755
45	10/1/2018 12:52	0,072015950	13,88581281	66	10/1/2018 13:02	0,072107435	13,86819541
46	10/1/2018 12:52	0,071944998	13,89950690	67	10/1/2018 13:03	0,072129028	13,86404382
47	10/1/2018 12:53	0,071916959	13,90492611	68	10/1/2018 13:03	0,072078798	13,87370518
48	10/1/2018 12:53	0,071888997	13,91033465	69	10/1/2018 13:04	0,072078798	13,87370518
49	10/1/2018 12:54	0,071846105	13,91863905	70	10/1/2018 13:04	0,072107435	13,86819541
50	10/1/2018 12:54	0,071874047	13,91322804	71	10/1/2018 13:05	0,071970434	13,89459459
51	10/1/2018 12:55	0,071707394	13,94556331	72	10/1/2018 13:05	0,071898391	13,90851703
52	10/1/2018 12:55	0,071716719	13,94375000	73	10/1/2018 13:06	0,071905051	13,90722892
53	10/1/2018 12:56	0,071697978	13,94739479	74	10/1/2018 13:06	0,071876577	13,91273821
54	10/1/2018 12:56	0,071975921	13,89353535	75	10/1/2018 13:07	0,071876577	13,91273821
55	10/1/2018 12:57	0,071813414	13,92497502	76	10/1/2018 13:07	0,071810951	13,92545272
56	10/1/2018 12:57	0,071952462	13,89806517	77	10/1/2018 13:08	0,071889841	13,91017119
57	10/1/2018 12:58	0,072019747	13,88508065	78	10/1/2018 13:08	0,071997850	13,88930373
58	10/1/2018 12:58	0,071876577	13,91273821	79	10/1/2018 13:09	0,072084692	13,87257085
59	10/1/2018 12:59	0,072028639	13,88336653	80	10/1/2018 13:09	0,071960804	13,89645390
60	10/1/2018 12:59	0,071993365	13,89016882	81	10/1/2018 13:10	0,072004776	13,88796764
61	10/1/2018 13:00	0,071950172	13,89850746	82	10/1/2018 13:10	0,072099470	13,86972755
62	10/1/2018 13:00	0,071993365	13,89016882	83	10/1/2018 13:11	0,072106622	13,86835187
63	10/1/2018 13:01	0,072114869	13,86676587	84	10/1/2018 13:11	0,072128520	13,86414141

Tabla C-3.: Factor de calibración (Series 5 y 6)

Medición Serie 5	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Sensibilidad $\mu V/Wm^{-2}$	Medición Serie 6	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	$\mu V/Wm^{-2}$
85	10/1/2018 13:12	0.072128520	13.86414141	106	10/1/2018 13:22	0.072090781	13.871399177
86	10/1/2018 13:12	0.072077582	13.87393939	107	10/1/2018 13:23	0.072016614	13.88568486
87	10/1/2018 13:13	0.072150387	13.85993946	108	10/1/2018 13:23	0.071971835	13.89432405
88	10/1/2018 13:13	0.072172224	13.85574597	109	10/1/2018 13:24	0.072046110	13.88000000
89	10/1/2018 13:14	0.072077582	13.87393939	110	10/1/2018 13:24	0.071994240	13.89000000
90	10/1/2018 13:14	0.072055663	13.87815976	111	10/1/2018 13:25	0.072172381	13.85571576
91	10/1/2018 13:15	0.071967677	13.89512690	112	10/1/2018 13:25	0.072008408	13.88726708
92	10/1/2018 13:15	0.072018718	13.88527919	113	10/1/2018 13:26	0.071963391	13.89595436
93	10/1/2018 13:16	0.072091833	13.87119675	114	10/1/2018 13:26	0.072067762	13.87582988
94	10/1/2018 13:16	0.071981509	13.89245668	115	10/1/2018 13:27	0.071977507	13.89322917
95	10/1/2018 13:17	0.071981509	13.89245668	116	10/1/2018 13:27	0.071947832	13.89895942
96	10/1/2018 13:17	0.072010640	13.88683673	117	10/1/2018 13:28	0.071872965	13.91343750
97	10/1/2018 13:18	0.072010640	13.88683673	118	10/1/2018 13:28	0.071918243	13.90467775
98	10/1/2018 13:18	0.071966269	13.89539877	119	10/1/2018 13:29	0.071925198	13.90333333
99	10/1/2018 13:19	0.07184808	13.91825641	120	10/1/2018 13:29	0.072000120	13.88886576
100	10/1/2018 13:19	0.071957875	13.89701953	121	10/1/2018 13:30	0.071850276	13.91783107
101	10/1/2018 13:20	0.071935524	13.90133745	122	10/1/2018 13:30	0.071834330	13.92092050
102	10/1/2018 13:20	0.072038954	13.88137860	123	10/1/2018 13:31	0.071863948	13.91518325
103	10/1/2018 13:21	0.072009532	13.88705036	124	10/1/2018 13:31	0.071886726	13.91077406
104	10/1/2018 13:21	0.071987202	13.89135802	125	10/1/2018 13:32	0.071893652	13.90943396
105	10/1/2018 13:22	0.071920020	13.90433437	126	10/1/2018 13:32	0.071847972	13.91827731

Tabla C-4.: Factor de calibración (Series 7 y 8)

Medición Serie 7	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Sensibilidad $\mu V/Wm^{-2}$	Medición Serie 8	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	$\mu V/Wm^{-2}$
127	10/1/2018 13:33	0.071825082	13.92271293	148	10/1/2018 13:43	0.071760663	13.93521127
128	10/1/2018 13:33	0.071808934	13.92584388	149	10/1/2018 13:44	0.071954236	13.89772234
129	10/1/2018 13:34	0.071792690	13.92899471	150	10/1/2018 13:44	0.071852546	13.91739130
130	10/1/2018 13:34	0.071875619	13.91292373	151	10/1/2018 13:45	0.072079233	13.87362162
131	10/1/2018 13:35	0.071822574	13.92319915	152	10/1/2018 13:45	0.072141501	13.86164680
132	10/1/2018 13:35	0.071776350	13.93216561	153	10/1/2018 13:46	0.072039798	13.88121607
133	10/1/2018 13:36	0.071806299	13.92635494	154	10/1/2018 13:46	0.072196236	13.85113759
134	10/1/2018 13:36	0.071783123	13.93085106	155	10/1/2018 13:47	0.072016219	13.88576087
135	10/1/2018 13:37	0.071889626	13.91021277	156	10/1/2018 13:47	0.071937941	13.90087051
136	10/1/2018 13:37	0.071889626	13.91021277	157	10/1/2018 13:48	0.071798154	13.92793478
137	10/1/2018 13:38	0.071919854	13.90436635	158	10/1/2018 13:48	0.071401875	14.00523446
138	10/1/2018 13:38	0.071896677	13.90884861	159	10/1/2018 13:49	0.071983808	13.89201313
139	10/1/2018 13:39	0.071873466	13.91334045	160	10/1/2018 13:49	0.071960024	13.89660460
140	10/1/2018 13:39	0.071803624	13.92687366	161	10/1/2018 13:50	0.071960024	13.89660460
141	10/1/2018 13:40	0.071941337	13.90021436	162	10/1/2018 13:50	0.072046451	13.87993421
142	10/1/2018 13:40	0.071887569	13.91061093	163	10/1/2018 13:51	0.072085646	13.87238724
143	10/1/2018 13:41	0.071810519	13.92553648	164	10/1/2018 13:51	0.072093411	13.87089305
144	10/1/2018 13:41	0.071817445	13.92419355	165	10/1/2018 13:52	0.072021543	13.88473451
145	10/1/2018 13:42	0.071918020	13.90472103	166	10/1/2018 13:52	0.072085032	13.87250554
146	10/1/2018 13:42	0.071925198	13.90333333	167	10/1/2018 13:53	0.072012752	13.88642937
147	10/1/2018 13:43	0.071908962	13.90647249	168	10/1/2018 13:53	0.072100716	13.86948775

Tabla C-5.: Factor de calibración (Series 9 y 10)

Medición Serie 9	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Sensibilidad $\mu V/Wm^{-2}$	Medición Serie 10	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	$\mu V/Wm^{-2}$
169	10/1/2018 13:54	0.072132782	13.86332219	190	10/1/2018 14:04	0.072280597	13.83497143
170	10/1/2018 13:54	0.072028135	13.88346369	191	10/1/2018 14:05	0.072322532	13.82694954
171	10/1/2018 13:55	0.072067996	13.87578475	192	10/1/2018 14:05	0.072356015	13.82055109
172	10/1/2018 13:55	0.072067996	13.87578475	193	10/1/2018 14:06	0.072306399	13.83003452
173	10/1/2018 13:56	0.072181133	13.85403587	194	10/1/2018 14:06	0.072223193	13.84596774
174	10/1/2018 13:56	0.072189282	13.85247191	195	10/1/2018 14:07	0.072148267	13.86034682
175	10/1/2018 13:57	0.072156850	13.85869809	196	10/1/2018 14:07	0.072148267	13.86034682
176	10/1/2018 13:57	0.072132529	13.86337079	197	10/1/2018 14:08	0.072265201	13.83791908
177	10/1/2018 13:58	0.072246124	13.84157303	198	10/1/2018 14:08	0.072382514	13.81549133
178	10/1/2018 13:58	0.072230094	13.84464487	199	10/1/2018 14:09	0.072534336	13.78657407
179	10/1/2018 13:59	0.072238411	13.84305085	200	10/1/2018 14:09	0.072459499	13.80081301
180	10/1/2018 13:59	0.072238411	13.84305085	201	10/1/2018 14:10	0.072384295	13.81515152
181	10/1/2018 14:00	0.072222268	13.84614512	202	10/1/2018 14:10	0.072477863	13.79731622
182	10/1/2018 14:00	0.072279678	13.83514739	203	10/1/2018 14:11	0.072283446	13.83442623
183	10/1/2018 14:01	0.072255165	13.83984109	204	10/1/2018 14:11	0.072207373	13.84900118
184	10/1/2018 14:01	0.072312693	13.82883087	205	10/1/2018 14:12	0.072241439	13.84247059
185	10/1/2018 14:02	0.072394773	13.81315193	206	10/1/2018 14:12	0.072130924	13.86367925
186	10/1/2018 14:02	0.072288167	13.83352273	207	10/1/2018 14:13	0.072028402	13.88341232
187	10/1/2018 14:03	0.072321274	13.82718999	208	10/1/2018 14:13	0.072010823	13.88680143
188	10/1/2018 14:03	0.072354488	13.82084282	209	10/1/2018 14:14	0.072096448	13.87030879
189	10/1/2018 14:04	0.072363204	13.81917808	210	10/1/2018 14:14	0.072130641	13.86373365

Tabla C-6.: Factor de calibración (Series 11 y 12)

Medición Serie 11	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Sensibilidad $\mu V/Wm^{-2}$	Medición Serie 12	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	$\mu V/Wm^{-2}$
211	10/1/2018 14:15	0.072156379	13.85878860	232	10/1/2018 14:25	0.072253822	13.8400984
212	10/1/2018 14:15	0.072130641	13.86373365	233	10/1/2018 14:26	0.072298835	13.83148148
213	10/1/2018 14:16	0.072053171	13.87863962	234	10/1/2018 14:26	0.072066595	13.87605459
214	10/1/2018 14:16	0.072087435	13.87204301	235	10/1/2018 14:27	0.072146957	13.86059850
215	10/1/2018 14:17	0.072113316	13.86706444	236	10/1/2018 14:27	0.072128839	13.86408010
216	10/1/2018 14:17	0.072035543	13.88203593	237	10/1/2018 14:28	0.072282407	13.83462500
217	10/1/2018 14:18	0.072130354	13.86378897	238	10/1/2018 14:28	0.072210284	13.84844299
218	10/1/2018 14:18	0.072060639	13.87720145	239	10/1/2018 14:29	0.072228474	13.84495540
219	10/1/2018 14:19	0.072130061	13.86384522	240	10/1/2018 14:29	0.072447769	13.80304748
220	10/1/2018 14:19	0.072112439	13.86723301	241	10/1/2018 14:30	0.072429992	13.80643533
221	10/1/2018 14:20	0.072182511	13.85377129	242	10/1/2018 14:30	0.072402785	13.81162350
222	10/1/2018 14:20	0.072094698	13.87064555	243	10/1/2018 14:31	0.072467354	13.79931715
223	10/1/2018 14:21	0.072041800	13.88083028	244	10/1/2018 14:31	0.072596799	13.77471206
224	10/1/2018 14:21	0.072129763	13.86390244	245	10/1/2018 14:32	0.072543355	13.78486005
225	10/1/2018 14:22	0.072103322	13.86898657	246	10/1/2018 14:32	0.072581391	13.77763611
226	10/1/2018 14:22	0.072262122	13.83850856	247	10/1/2018 14:33	0.072545399	13.78447173
227	10/1/2018 14:23	0.072173782	13.85544676	248	10/1/2018 14:33	0.072341255	13.82337096
228	10/1/2018 14:23	0.072147265	13.86053922	249	10/1/2018 14:34	0.072359813	13.81982560
229	10/1/2018 14:24	0.072129460	13.86396064	250	10/1/2018 14:34	0.072359989	13.81979207
230	10/1/2018 14:24	0.072191587	13.85202952	251	10/1/2018 14:35	0.072379143	13.81613484
231	10/1/2018 14:25	0.072156084	13.85884521	252	10/1/2018 14:35	0.072370015	13.81787738

Tabla C-7.: Factor de calibración (Series 13 y 14)

Medición Serie 13	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Sensibilidad $\mu V/Wm^{-2}$	Medición Serie 14	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Sensibilidad $\mu V/Wm^{-2}$
253	10/1/2018 14:36	0.072342052	13.82321866	274	10/1/2018 14:46	0.072399695	13.81221292
254	10/1/2018 14:36	0.072351880	13.82134091	275	10/1/2018 14:47	0.072429038	13.80661715
255	10/1/2018 14:37	0.072305530	13.83020091	276	10/1/2018 14:47	0.072498138	13.79345769
256	10/1/2018 14:37	0.072268229	13.83733922	277	10/1/2018 14:48	0.072399695	13.81221292
257	10/1/2018 14:38	0.072268135	13.83735722	278	10/1/2018 14:48	0.072605516	13.77305825
258	10/1/2018 14:38	0.072343342	13.82297210	279	10/1/2018 14:49	0.072596135	13.77483801
259	10/1/2018 14:39	0.072315449	13.82830385	280	10/1/2018 14:49	0.072469898	13.79883263
260	10/1/2018 14:39	0.072353074	13.82111284	281	10/1/2018 14:50	0.072451043	13.80242375
261	10/1/2018 14:40	0.072390699	13.81392931	282	10/1/2018 14:50	0.072442506	13.80405036
262	10/1/2018 14:40	0.072268417	13.83730314	283	10/1/2018 14:51	0.072492385	13.79455242
263	10/1/2018 14:41	0.072287790	13.83359477	284	10/1/2018 14:51	0.072423426	13.80768703
264	10/1/2018 14:41	0.072287790	13.83359477	285	10/1/2018 14:52	0.072513235	13.79058598
265	10/1/2018 14:42	0.072335663	13.82443949	286	10/1/2018 14:52	0.072493016	13.79443225
266	10/1/2018 14:42	0.072259877	13.83893852	287	10/1/2018 14:53	0.072434668	13.80554406
267	10/1/2018 14:43	0.072222169	13.84616400	288	10/1/2018 14:53	0.072545660	13.78442204
268	10/1/2018 14:43	0.072337248	13.82413656	289	10/1/2018 14:54	0.072494925	13.79406897
269	10/1/2018 14:44	0.072145715	13.86083711	290	10/1/2018 14:54	0.072576918	13.77848539
270	10/1/2018 14:44	0.072348525	13.82198184	291	10/1/2018 14:55	0.072659229	13.76287658
271	10/1/2018 14:45	0.072339682	13.82367150	292	10/1/2018 14:55	0.072639984	13.76652289
272	10/1/2018 14:45	0.072301366	13.83099730	293	10/1/2018 14:56	0.072519393	13.78941489
273	10/1/2018 14:46	0.072340509	13.82351355	294	10/1/2018 14:56	0.072672795	13.76030748

Tabla C-8.: Factor de calibración (Series 15)

Medición Serie 15	Fecha y Hora DD/MM/AAAA HH:MM	(Referencia/IBM)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Sensibilidad $\mu V/Wm^{-2}$
295	10/1/2018 14:57	0.072725235	13.75038521
296	10/1/2018 14:57	0.072738825	13.74781629
297	10/1/2018 14:58	0.072627018	13.76898063
298	10/1/2018 14:58	0.072628866	13.76863023
299	10/1/2018 14:59	0.072569031	13.77998287
300	10/1/2018 14:59	0.072551025	13.78340285
301	10/1/2018 15:00	0.072697647	13.75560345
302	10/1/2018 15:00	0.072584451	13.77705534
303	10/1/2018 15:01	0.072545209	13.78450786
304	10/1/2018 15:01	0.072577320	13.77840909
305	10/1/2018 15:02	0.072599358	13.77422650
306	10/1/2018 15:02	0.072710356	13.75319900
307	10/1/2018 15:03	0.072709227	13.75341259
308	10/1/2018 15:03	0.072569652	13.77986498
309	10/1/2018 15:04	0.072697453	13.75564020
310	10/1/2018 15:04	0.072485777	13.79580997
311	10/1/2018 15:05	0.072845037	13.72777119
312	10/1/2018 15:05	0.072759923	13.74382991
313	10/1/2018 15:06	0.072709836	13.75329736
314	10/1/2018 15:06	0.072539431	13.78560583
315	10/1/2018 15:07	0.072334695	13.82462453

D. Anexo - Resultados del tercer paso del proceso de calibración

En las siguientes tablas **D-1, D-2, D-3, D-4, D-5, D-6, D-7, D-9, D-10, D-11, D-12, D-13, D-14** y **D-15** se presenta la variación del factor de calibración de cada par de registros respecto al factor de calibración de la serie.

Tabla D-1.: Variación del factor de calibración (Serie 1 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
1	10/1/2018 12:30	0.072248877	0.072019577	0.0031838670	Válido
2	10/1/2018 12:30	0.072178937		0.0022127300	Válido
3	10/1/2018 12:31	0.072115890		0.0013373210	Válido
4	10/1/2018 12:31	0.072039055		0.0002704570	Válido
5	10/1/2018 12:32	0.072087961		0.0009495280	Válido
6	10/1/2018 12:32	0.072144037		0.0017281470	Válido
7	10/1/2018 12:33	0.072095291		0.0010513040	Válido
8	10/1/2018 12:33	0.072039055		0.0002704570	Válido
9	10/1/2018 12:34	0.072081133		0.0008547180	Válido
10	10/1/2018 12:34	0.072101701		0.0011403100	Válido
11	10/1/2018 12:35	0.071987813		-0.000441042	Válido
12	10/1/2018 12:35	0.071923547		-0.001333389	Válido
13	10/1/2018 12:36	0.071930162		-0.001241540	Válido
14	10/1/2018 12:36	0.071965046		-0.000757172	Válido
15	10/1/2018 12:37	0.071971784		-0.000663613	Válido
16	10/1/2018 12:37	0.072028639		0.0001258350	Válido
17	10/1/2018 12:38	0.071885156		-0.001866448	Válido
18	10/1/2018 12:38	0.071843898		-0.002439315	Válido
19	10/1/2018 12:39	0.071893652		-0.001748484	Válido
20	10/1/2018 12:39	0.071915243		-0.001448689	Válido
21	10/1/2018 12:40	0.071915243		-0.001448689	Válido

Tabla D-2.: Variación del factor de calibración (Serie 2 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
22	10/1/2018 12:40	0.071850380	0.072038321	-0.002608903	Válido
23	10/1/2018 12:41	0.071806987		-0.003211252	Válido
24	10/1/2018 12:41	0.071893652		-0.002008222	Válido
25	10/1/2018 12:42	0.071906858		-0.001824898	Válido
26	10/1/2018 12:42	0.072013870		-0.000339405	Válido
27	10/1/2018 12:43	0.071999019		-0.000545567	Válido
28	10/1/2018 12:43	0.072064159		0.0003586820	Válido
29	10/1/2018 12:44	0.072200869		0.0022564200	Válido
30	10/1/2018 12:44	0.072379725		0.0047392070	Válido
31	10/1/2018 12:45	0.072236541		0.0027515920	Válido
32	10/1/2018 12:45	0.072193625		0.0021558610	Válido
33	10/1/2018 12:46	0.072100381		0.0008614910	Válido
34	10/1/2018 12:46	0.072086361		0.0006668690	Válido
35	10/1/2018 12:47	0.072114869		0.0010626020	Válido
36	10/1/2018 12:47	0.072029581		-0.000121315	Válido
37	10/1/2018 12:48	0.072057932		0.0002722320	Válido
38	10/1/2018 12:48	0.072001309		-0.000513775	Válido
39	10/1/2018 12:49	0.071944998		-0.001295454	Válido
40	10/1/2018 12:49	0.071944998		-0.001295454	Válido
41	10/1/2018 12:50	0.071987813		-0.000701120	Válido
42	10/1/2018 12:50	0.071994547		-0.000607641	Válido

Tabla D-3.: Variación del factor de calibración (Serie 3 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
43	10/1/2018 12:51	0.071902065	0.071911891	-0.000136635	Válido
44	10/1/2018 12:51	0.071923547		0.000162081	Válido
45	10/1/2018 12:52	0.072015950		0.001447033	Válido
46	10/1/2018 12:52	0.071944998		0.000460385	Válido
47	10/1/2018 12:53	0.071916959		7.04733E-05	Válido
48	10/1/2018 12:53	0.071888997		-0.00031837	Válido
49	10/1/2018 12:54	0.071846105		-0.00091482	Válido
50	10/1/2018 12:54	0.071874047		-0.00052626	Válido
51	10/1/2018 12:55	0.071707394		-0.00284372	Válido
52	10/1/2018 12:55	0.071716719		-0.00271405	Válido
53	10/1/2018 12:56	0.071697978		-0.00297466	Válido
54	10/1/2018 12:56	0.071975921		0.000890391	Válido
55	10/1/2018 12:57	0.071813414		-0.00136941	Válido
56	10/1/2018 12:57	0.071952462		0.000564169	Válido
57	10/1/2018 12:58	0.072019747		0.001499839	Válido
58	10/1/2018 12:58	0.071876577		-0.00049107	Válido
59	10/1/2018 12:59	0.072028639		0.001623490	Válido
60	10/1/2018 12:59	0.071993365		0.001132975	Válido
61	10/1/2018 13:00	0.071950172		0.000532328	Válido
62	10/1/2018 13:00	0.071993365		0.001132975	Válido
63	10/1/2018 13:01	0.072114869		0.002822588	Válido

Tabla D-4.: Variación del factor de calibración (Serie 4 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
64	10/1/2018 13:01	0.072021764	0.072012178	0.000133122	Válido
65	10/1/2018 13:02	0.072121933		0.001524128	Válido
66	10/1/2018 13:02	0.072107435		0.001322796	Válido
67	10/1/2018 13:03	0.072129028		0.001622642	Válido
68	10/1/2018 13:03	0.072078798		0.000925133	Válido
69	10/1/2018 13:04	0.072078798		0.000925133	Válido
70	10/1/2018 13:04	0.072107435		0.001322796	Válido
71	10/1/2018 13:05	0.071970434		-0.000579678	Válido
72	10/1/2018 13:05	0.071898391		-0.001580098	Válido
73	10/1/2018 13:06	0.071905051		-0.001487623	Válido
74	10/1/2018 13:06	0.071876577		-0.001883023	Válido
75	10/1/2018 13:07	0.071876577		-0.001883023	Válido
76	10/1/2018 13:07	0.071810951		-0.002794344	Válido
77	10/1/2018 13:08	0.071889841		-0.001698828	Válido
78	10/1/2018 13:08	0.071997850		-0.000198968	Válido
79	10/1/2018 13:09	0.072084692		0.0010069770	Válido
80	10/1/2018 13:09	0.071960804		-0.000713397	Válido
81	10/1/2018 13:10	0.072004776		-0.000102782	Válido
82	10/1/2018 13:10	0.072099470		0.001212184	Válido
83	10/1/2018 13:11	0.072106622		0.001311500	Válido
84	10/1/2018 13:11	0.072128520		0.001615592	Válido

Tabla D-5.: Variación del factor de calibración (Serie 5 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
85	10/1/2018 13:12	0.07212852	0.072018842	0.001522913	Válido
86	10/1/2018 13:12	0.072077582		0.000815622	Válido
87	10/1/2018 13:13	0.072150387		0.001826547	Válido
88	10/1/2018 13:13	0.072172224		0.002129753	Válido
89	10/1/2018 13:14	0.072077582		0.000815622	Válido
90	10/1/2018 13:14	0.072055663		0.000511273	Válido
91	10/1/2018 13:15	0.071967677		-0.000710437	Válido
92	10/1/2018 13:15	0.072018718		-1.72107E-06	Válido
93	10/1/2018 13:16	0.072091833		0.0010135060	Válido
94	10/1/2018 13:16	0.071981509		-0.000518367	Válido
95	10/1/2018 13:17	0.071981509		-0.000518367	Válido
96	10/1/2018 13:17	0.072010640		-0.000113881	Válido
97	10/1/2018 13:18	0.072010640		-0.000113881	Válido
98	10/1/2018 13:18	0.071966269		-0.000729989	Válido
99	10/1/2018 13:19	0.071848080		-0.002371067	Válido
100	10/1/2018 13:19	0.071957875		-0.000846530	Válido
101	10/1/2018 13:20	0.071935524		-0.001156878	Válido
102	10/1/2018 13:20	0.072038954		0.0002792730	Válido
103	10/1/2018 13:21	0.072009532		-0.000129262	Válido
104	10/1/2018 13:21	0.071987202		-0.000439319	Válido
105	10/1/2018 13:22	0.071920020		-0.001372167	Válido

Tabla D-6.: Variación del factor de calibración (Serie 6 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
106	10/1/2018 13:22	0.072090781	0.071959888	0.001818973	Válido
107	10/1/2018 13:23	0.072016614		0.000788295	Válido
108	10/1/2018 13:23	0.071971835		0.000166027	Válido
109	10/1/2018 13:24	0.072046110		0.001198190	Válido
110	10/1/2018 13:24	0.071994240		0.000477385	Válido
111	10/1/2018 13:25	0.072172381		0.002952942	Válido
112	10/1/2018 13:25	0.072008408		0.000674272	Válido
113	10/1/2018 13:26	0.071963391		4.86850E-05	Válido
114	10/1/2018 13:26	0.072067762		0.001499082	Válido
115	10/1/2018 13:27	0.071977507		0.000244847	Válido
116	10/1/2018 13:27	0.071947832		-0.000167533	Válido
117	10/1/2018 13:28	0.071872965		-0.001207942	Válido
118	10/1/2018 13:28	0.071918243		-0.000578717	Válido
119	10/1/2018 13:29	0.071925198		-0.000482075	Válido
120	10/1/2018 13:29	0.072000120		0.000559089	Válido
121	10/1/2018 13:30	0.071850276		-0.00152324	Válido
122	10/1/2018 13:30	0.071834330		-0.001744829	Válido
123	10/1/2018 13:31	0.071863948		-0.001333246	Válido
124	10/1/2018 13:31	0.071886726		-0.001016707	Válido
125	10/1/2018 13:32	0.071893652		-0.000920460	Válido
126	10/1/2018 13:32	0.071847972		-0.001555252	Válido

Tabla D-7.: Variación del factor de calibración (Serie 7 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
127	10/1/2018 13:33	0.071825082	0.071855641	-0.00042528	Válido
128	10/1/2018 13:33	0.071808934		-0.000650015	Válido
129	10/1/2018 13:34	0.071792690		-0.000876074	Válido
130	10/1/2018 13:34	0.071875619		0.000278026	Válido
131	10/1/2018 13:35	0.071822574		-0.000460187	Válido
132	10/1/2018 13:35	0.071776350		-0.00110347	Válido
133	10/1/2018 13:36	0.071806299		-0.000686688	Válido
134	10/1/2018 13:36	0.071783123		-0.001009212	Válido
135	10/1/2018 13:37	0.071889626		0.000472970	Válido
136	10/1/2018 13:37	0.071889626		0.000472970	Válido
137	10/1/2018 13:38	0.071919854		0.000893642	Válido
138	10/1/2018 13:38	0.071896677		0.000571094	Válido
139	10/1/2018 13:39	0.071873466		0.000248066	Válido
140	10/1/2018 13:39	0.071803624		-0.000723909	Válido
141	10/1/2018 13:40	0.071941337		0.001192609	Válido
142	10/1/2018 13:40	0.071887569		0.000444333	Válido
143	10/1/2018 13:41	0.071810519		-0.000627954	Válido
144	10/1/2018 13:41	0.071817445		-0.000531569	Válido
145	10/1/2018 13:42	0.071918020		0.000868111	Válido
146	10/1/2018 13:42	0.071925198		0.000968008	Válido
147	10/1/2018 13:43	0.071908962		0.000742056	Válido

Tabla D-8.: Variación del factor de calibración (Serie 8 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
148	10/1/2018 13:43	0.071760663	0.071976798	-0.003002847	Válido
149	10/1/2018 13:44	0.071954236		-0.00031346	Válido
150	10/1/2018 13:44	0.071852546		-0.001726282	Válido
151	10/1/2018 13:45	0.072079233		0.001423157	Válido
152	10/1/2018 13:45	0.072141501		0.002288268	Válido
153	10/1/2018 13:46	0.072039798		0.000875276	Válido
154	10/1/2018 13:46	0.072196236		0.003048729	Válido
155	10/1/2018 13:47	0.072016219		0.00054769	Válido
156	10/1/2018 13:47	0.071937941		-0.000539862	Válido
157	10/1/2018 13:48	0.071798154		-0.002481977	Válido
158	10/1/2018 13:48	0.071401875		-0.00798762	Válido
159	10/1/2018 13:49	0.071983808		9.73823E-05	Válido
160	10/1/2018 13:49	0.071960024		-0.000233052	Válido
161	10/1/2018 13:50	0.071960024		-0.000233052	Válido
162	10/1/2018 13:50	0.072046451		0.00096771	Válido
163	10/1/2018 13:51	0.072085646		0.001512265	Válido
164	10/1/2018 13:51	0.072093411		0.001620149	Válido
165	10/1/2018 13:52	0.072021543		0.00062165	Válido
166	10/1/2018 13:52	0.072085032		0.001503724	Válido
167	10/1/2018 13:53	0.072012752		0.000499524	Válido
168	10/1/2018 13:53	0.072100716		0.001721636	Válido

Tabla D-9.: Variación del factor de calibración (Serie 9 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
169	10/1/2018 13:54	0.072132782	0.072223171	-0.001251521	Válido
170	10/1/2018 13:54	0.072028135		-0.00270046	Válido
171	10/1/2018 13:55	0.072067996		-0.002148549	Válido
172	10/1/2018 13:55	0.072067996		-0.002148549	Válido
173	10/1/2018 13:56	0.072181133		-0.000582063	Válido
174	10/1/2018 13:56	0.072189282		-0.000469228	Válido
175	10/1/2018 13:57	0.072156850		-0.000918279	Válido
176	10/1/2018 13:57	0.072132529		-0.001255022	Válido
177	10/1/2018 13:58	0.072246124		0.000317804	Válido
178	10/1/2018 13:58	0.072230094		9.58548E-05	Válido
179	10/1/2018 13:59	0.072238411		0.000211016	Válido
180	10/1/2018 13:59	0.072238411		0.000211016	Válido
181	10/1/2018 14:00	0.072222268		-1.25074E-05	Válido
182	10/1/2018 14:00	0.072279678		0.000782395	Válido
183	10/1/2018 14:01	0.072255165		0.000442986	Válido
184	10/1/2018 14:01	0.072312693		0.001239517	Válido
185	10/1/2018 14:02	0.072394773		0.002375998	Válido
186	10/1/2018 14:02	0.072288167		0.000899931	Válido
187	10/1/2018 14:03	0.072321274		0.001358335	Válido
188	10/1/2018 14:03	0.072354488		0.001818205	Válido
189	10/1/2018 14:04	0.072363204		0.00193889	Válido

Tabla D-10.: Variación del factor de calibración (Serie 10 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
190	10/1/2018 14:04	0.072280597	0.072258749	0.000302359	Válido
191	10/1/2018 14:05	0.072322532		0.000882697	Válido
192	10/1/2018 14:05	0.072356015		0.001346073	Válido
193	10/1/2018 14:06	0.072306399		0.000659437	Válido
194	10/1/2018 14:06	0.072223193		-0.00049207	Válido
195	10/1/2018 14:07	0.072148267		-0.001528985	Válido
196	10/1/2018 14:07	0.072148267		-0.001528985	Válido
197	10/1/2018 14:08	0.072265201		8.92822E-05	Válido
198	10/1/2018 14:08	0.072382514		0.001712804	Válido
199	10/1/2018 14:09	0.072534336		0.00381389	Válido
200	10/1/2018 14:09	0.072459499		0.002778209	Válido
201	10/1/2018 14:10	0.072384295		0.001737443	Válido
202	10/1/2018 14:10	0.072477863		0.003032353	Válido
203	10/1/2018 14:11	0.072283446		0.00034178	Válido
204	10/1/2018 14:11	0.072207373		-0.000710999	Válido
205	10/1/2018 14:12	0.072241439		-0.000239555	Válido
206	10/1/2018 14:12	0.072130924		-0.001768989	Válido
207	10/1/2018 14:13	0.072028402		-0.003187816	Válido
208	10/1/2018 14:13	0.072010823		-0.00343109	Válido
209	10/1/2018 14:14	0.072096448		-0.00224611	Válido
210	10/1/2018 14:14	0.072130641		-0.001772906	Válido

Tabla D-11.: Variación del factor de calibración (Serie 11 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
211	10/1/2018 14:15	0.072156379	0.072124595	0.00044068	Válido
212	10/1/2018 14:15	0.072130641		8.38329E-05	Válido
213	10/1/2018 14:16	0.072053171		-0.000990279	Válido
214	10/1/2018 14:16	0.072087435		-0.000515218	Válido
215	10/1/2018 14:17	0.072113316		-0.000156381	Válido
216	10/1/2018 14:17	0.072035543		-0.001234692	Válido
217	10/1/2018 14:18	0.072130354		7.98424E-05	Válido
218	10/1/2018 14:18	0.072060639		-0.000886747	Válido
219	10/1/2018 14:19	0.072130061		7.57844E-05	Válido
220	10/1/2018 14:19	0.072112439		-0.000168536	Válido
221	10/1/2018 14:20	0.072182511		0.000803001	Válido
222	10/1/2018 14:20	0.072094698		-0.00041452	Válido
223	10/1/2018 14:21	0.072041800		-0.001147942	Válido
224	10/1/2018 14:21	0.072129763		7.16572E-05	Válido
225	10/1/2018 14:22	0.072103322		-0.000294952	Válido
226	10/1/2018 14:22	0.072262122		0.001906804	Válido
227	10/1/2018 14:23	0.072173782		0.00068198	Válido
228	10/1/2018 14:23	0.072147265		0.000314322	Válido
229	10/1/2018 14:24	0.072129460		6.74589E-05	Válido
230	10/1/2018 14:24	0.072191587		0.000928843	Válido
231	10/1/2018 14:25	0.072156084		0.000436593	Válido

Tabla D-12.: Variación del factor de calibración (Serie 12 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
232	10/1/2018 14:25	0.072253822	0.072352952	-0.001370091	Válido
233	10/1/2018 14:26	0.072298835		-0.000747951	Válido
234	10/1/2018 14:26	0.072066595		-0.003957781	Válido
235	10/1/2018 14:27	0.072146957		-0.002847085	Válido
236	10/1/2018 14:27	0.072128839		-0.003097493	Válido
237	10/1/2018 14:28	0.072282407		-0.000975002	Válido
238	10/1/2018 14:28	0.072210284		-0.001971831	Válido
239	10/1/2018 14:29	0.072228474		-0.001720424	Válido
240	10/1/2018 14:29	0.072447769		0.001310488	Válido
241	10/1/2018 14:30	0.072429992		0.001064784	Válido
242	10/1/2018 14:30	0.072402785		0.000688746	Válido
243	10/1/2018 14:31	0.072467354		0.001581169	Válido
244	10/1/2018 14:31	0.072596799		0.003370244	Válido
245	10/1/2018 14:32	0.072543355		0.002631594	Válido
246	10/1/2018 14:32	0.072581391		0.003157298	Válido
247	10/1/2018 14:33	0.072545399		0.002659839	Válido
248	10/1/2018 14:33	0.072341255		-0.000161665	Válido
249	10/1/2018 14:34	0.072359813		9.48355E-05	Válido
250	10/1/2018 14:34	0.072359989		9.72619E-05	Válido
251	10/1/2018 14:35	0.072379143		0.000361994	Válido
252	10/1/2018 14:35	0.072370015		0.000235841	Válido

Tabla D-13.: Variación del factor de calibración (Serie 13 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
253	10/1/2018 14:36	0.072342052	0.072305466	0.000505991	Válido
254	10/1/2018 14:36	0.072351880		0.000641918	Válido
255	10/1/2018 14:37	0.072305530		8.80517E-07	Válido
256	10/1/2018 14:37	0.072268229		-0.000514993	Válido
257	10/1/2018 14:38	0.072268135		-0.000516293	Válido
258	10/1/2018 14:38	0.072343342		0.000523837	Válido
259	10/1/2018 14:39	0.072315449		0.000138067	Válido
260	10/1/2018 14:39	0.072353074		0.00065843	Válido
261	10/1/2018 14:40	0.072390699		0.001178794	Válido
262	10/1/2018 14:40	0.072268417		-0.000512387	Válido
263	10/1/2018 14:41	0.072287790		-0.000244455	Válido
264	10/1/2018 14:41	0.072287790		-0.000244455	Válido
265	10/1/2018 14:42	0.072335663		0.000417637	Válido
266	10/1/2018 14:42	0.072259877		-0.000630499	Válido
267	10/1/2018 14:43	0.072222169		-0.00115201	Válido
268	10/1/2018 14:43	0.072337248		0.000439559	Válido
269	10/1/2018 14:44	0.072145715		-0.002209392	Válido
270	10/1/2018 14:44	0.072348525		0.000595519	Válido
271	10/1/2018 14:45	0.072339682		0.000473216	Válido
272	10/1/2018 14:45	0.072301366		-5.67001E-05	Válido
273	10/1/2018 14:46	0.072340509		0.000484648	Válido

Tabla D-14.: Variación del factor de calibración (Serie 14 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
274	10/1/2018 14:46	0.072399695	0.072511682	-0.001544396	Válido
275	10/1/2018 14:47	0.072429038		-0.001139726	Válido
276	10/1/2018 14:47	0.072498138		-0.000186777	Válido
277	10/1/2018 14:48	0.072399695		-0.001544396	Válido
278	10/1/2018 14:48	0.072605516		0.001294058	Válido
279	10/1/2018 14:49	0.072596135		0.001164688	Válido
280	10/1/2018 14:49	0.072469898		-0.000576225	Válido
281	10/1/2018 14:50	0.072451043		-0.000836255	Válido
282	10/1/2018 14:50	0.072442506		-0.000953992	Válido
283	10/1/2018 14:51	0.072492385		-0.000266122	Válido
284	10/1/2018 14:51	0.072423426		-0.001217121	Válido
285	10/1/2018 14:52	0.072513235		2.14219E-05	Válido
286	10/1/2018 14:52	0.072493016		-0.000257412	Válido
287	10/1/2018 14:53	0.072434668		-0.001062085	Válido
288	10/1/2018 14:53	0.072545660		0.000468598	Válido
289	10/1/2018 14:54	0.072494925		-0.000231083	Válido
290	10/1/2018 14:54	0.072576918		0.000899664	Válido
291	10/1/2018 14:55	0.072659229		0.002034808	Válido
292	10/1/2018 14:55	0.072639984		0.001769402	Válido
293	10/1/2018 14:56	0.072519393		0.00010635	Válido
294	10/1/2018 14:56	0.072672795		0.002221892	Válido

Tabla D-15.: Variación del factor de calibración (Serie 15 de 15)

Medición	Fecha y Hora AAAA/MM/DD HH:MM	(Referencia/IBC)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	(ReferenciaSerie/IBCSerie)* F_R $Wm^{-2}/\mu V$	Variación %	Etiqueta
295	10/1/2018 14:57	0.072725235	0.072629699	0.001315395	Válido
296	10/1/2018 14:57	0.072738825		0.001502501	Válido
297	10/1/2018 14:58	0.072627018		-3.69118E-05	Válido
298	10/1/2018 14:58	0.072628866		-1.14638E-05	Válido
299	10/1/2018 14:59	0.072569031		-0.000835304	Válido
300	10/1/2018 14:59	0.072551025		-0.00108322	Válido
301	10/1/2018 15:00	0.072697647		0.000935542	Válido
302	10/1/2018 15:00	0.072584451		-0.000622988	Válido
303	10/1/2018 15:01	0.072545209		-0.001163296	Válido
304	10/1/2018 15:01	0.072577320		-0.000721179	Válido
305	10/1/2018 15:02	0.072599358		-0.000417745	Válido
306	10/1/2018 15:02	0.072710356		0.001110534	Válido
307	10/1/2018 15:03	0.072709227		0.001094986	Válido
308	10/1/2018 15:03	0.072569652		-0.000826756	Válido
309	10/1/2018 15:04	0.072697453		0.000932868	Válido
310	10/1/2018 15:04	0.072485777		-0.001981586	Válido
311	10/1/2018 15:05	0.072845037		0.002964881	Válido
312	10/1/2018 15:05	0.072759923		0.001792985	Válido
313	10/1/2018 15:06	0.072709836		0.001103374	Válido
314	10/1/2018 15:06	0.072539431		-0.00124285	Válido
315	10/1/2018 15:07	0.072334695		-0.004061748	Válido

E. Anexo - Ubicación de las EMA

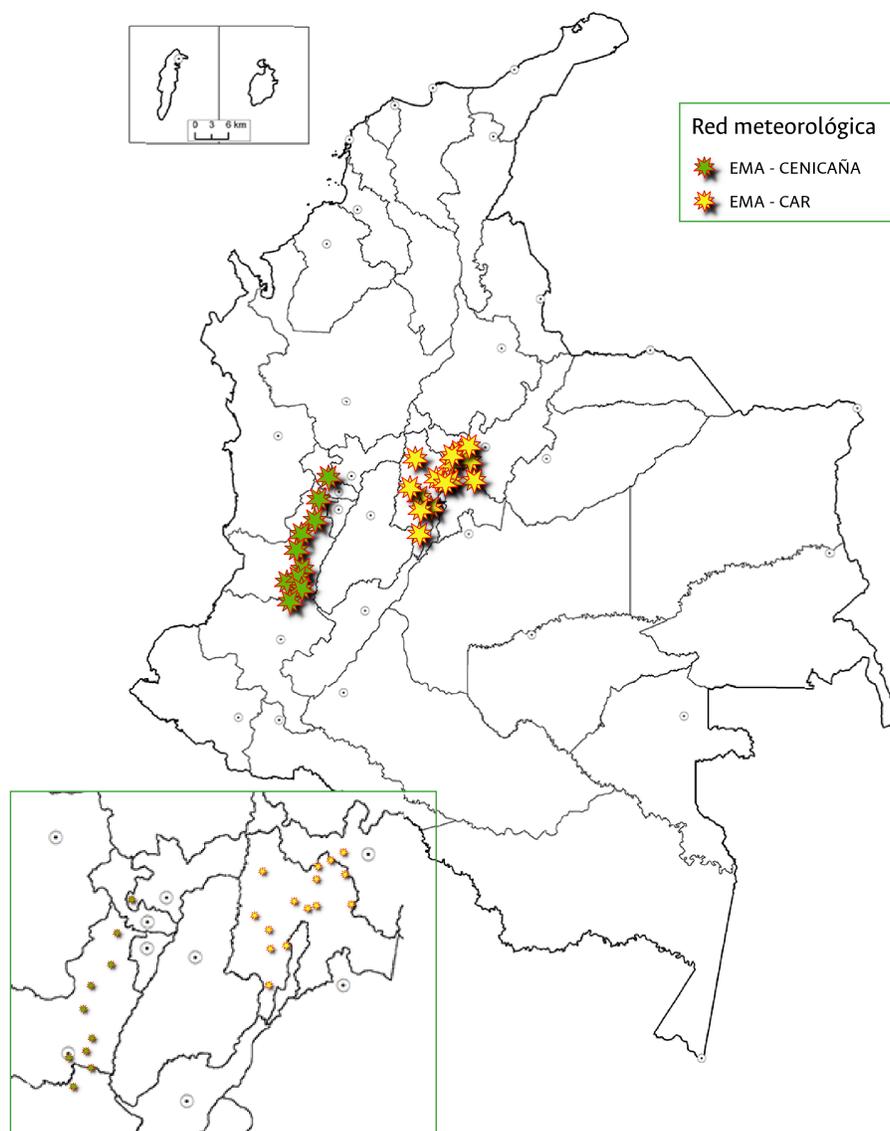


Figura E-1.: Ubicación geográfica de las estaciones automáticas calibradas

F. Anexo - Certificados de calibración

F.1. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP10 S/N : 141141

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7996 2019-02-18 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado: Número de serie:	Piranómetro Kipp & Zonen CMP 10 141141		
Fecha de Calibración:	2018-10-01 a 2018-10-03		

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos
---	---	--

LABE05CC7996

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llantén			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICAÑA Valle del cauca			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2333		
Periodo de medición: 2018-10-01 a 2018-10-03				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(21,4 - 36,6) °C	
Fecha de recepción	2018-10-01			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411, Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7996

2019-02-18 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	U _%	-----
250 a 350	8,55	0,14	1,64	1,97
350 a 450	8,60	0,11	1,29	1,97
450 a 550	8,61	0,095	1,10	1,96
550 a 650	8,66	0,080	0,92	1,96
650 a 750	8,66	0,077	0,88	1,96
750 a 850	8,67	0,071	0,82	1,96
850 a 950	8,68	0,068	0,78	1,97
950 a 1050	8,68	0,057	0,65	1,97
1050 a 1150	8,70	0,057	0,65	1,97

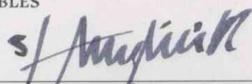
* EBC: Equipo bajo calibración.

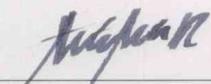
Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

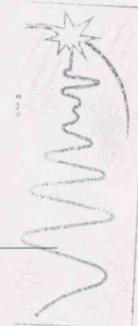
5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNANDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia



El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

FIN DEL CERTIFICADO

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411, Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.2. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 187438

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7990	Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	
2019-04-15 V1.1	Facultad de Ingeniería	
Página 1 de 3		Sede Bogotá

Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	 LABE
	Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803	
	NIT: 899.999.063 - 3	

Instrumento calibrado:	Piranómetro KIPP & ZONNEN CMP 3
Número de serie:	187438
Fecha de Calibración:	2019-04-04 a 2019-04-08

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento **LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1**. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo **ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer**.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición** y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE	Patrimonio de todos los colombianos
Formato: LABE01R21 V1.6	Carrera 30 No. 45 - 03	
Emisión de formato: 2018-01-30	Edificio 411. Oficina 102C	
	Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	

LABE05CC7990

2019-04-15 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Supervisor	Ing. Fabián Rubiano López		
Presentes	Representante del cliente: Isaías Llantén.		
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICAÑA Valle del cauca		
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2332	
Periodo de medición: 2019-04-04 a 2019-04-08			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final 16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(17,9 -30,4) °C
Fecha de recepción	2019-04-04		

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7990

2019-04-15 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m2	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	%	-----
300	14,03	0,11	0,78	1,97
400	14,04	0,10	0,74	1,97
500	14,02	0,11	0,75	1,97
600	14,15	0,11	0,75	1,97
700	14,15	0,11	0,75	1,97
800	14,10	0,10	0,72	1,97
900	14,09	0,10	0,70	1,97
1000	14,15	0,093	0,65	1,97
1100	14,16	0,093	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

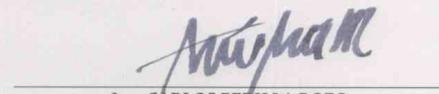
Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. FABIÁN RUBIANO LÓPEZ
 SUPERVISIÓN
 Ingeniero de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" LABE Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio de todos los colombianos

F.3. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 187437

<p>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7989 2019-04-15 V1.1 Página 1 de 3</p>	<p>Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá</p>	 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA</p>
<p>Ciente:</p>	<p>GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3</p>	 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS LABE</p>
<p>Instrumento calibrado:</p>	<p>Piranómetro KIPP & ZONNEN CMP 3</p>	
<p>Número de serie:</p>	<p>187437</p>	
<p>Fecha de Calibración:</p>	<p>2019-04-04 a 2019-04-08</p>	

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento **LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1**. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo **ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer**.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición** y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

<p>Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30</p>	<p>Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co</p>	<p>Patrimonio de todos los colombianos</p>
--	--	---

LABE05CC7989

2019-04-15 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Supervisor	Ing. Fabián Rubiano López		
Presentes	Representante del cliente: Isaías Llantén.		
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICAÑA Valle del cauca		
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2331	
Periodo de medición: 2019-04-04 a 2019-04-08			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final 16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(17,9 -30,4) °C
Fecha de recepción	2019-04-04		

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411, Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7989

2019-04-15 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
		$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	%	
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	%	-----
300	14,51	0,11	0,77	1,97
400	14,53	0,11	0,74	1,97
500	14,49	0,11	0,75	1,97
600	14,53	0,11	0,74	1,97
700	14,57	0,11	0,74	1,97
800	14,61	0,11	0,72	1,97
900	14,57	0,10	0,70	1,97
1000	14,57	0,10	0,65	1,97
1100	14,58	0,095	0,65	1,97

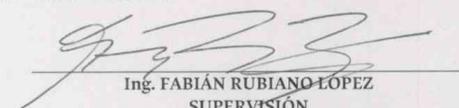
* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

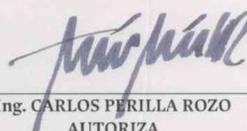
5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES



Ing. FABIÁN RUBIANO LOPEZ
SUPERVISIÓN
Ingeniero de Pruebas - LABE
Universidad Nacional de Colombia



Ing. CARLOS PERILLA ROZO
AUTORIZA
Jefe Técnico de Metrología - LABE
Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

FIN DEL CERTIFICADO

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411, Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(c)

F.4. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 187436

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7988 2019-04-15 V1.1 Página 1 de 3		
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá		
Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3	
Instrumento calibrado:	Piranómetro KIPP & ZONNEN CMP 3	
Número de serie:	187436	
Fecha de Calibración:	2019-04-04 a 2019-04-08	
		
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>		
<p>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:</p>		
<p>ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO</p>		
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos

LABE05CC7988

2019-04-15 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Supervisor	Ing. Fabián Rubiano López		
Presentes	Representante del cliente: Isaías Llantén.		
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca		
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2330	
Periodo de medición: 2019-04-04 a 2019-04-08			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final 16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(17,9 -30,4) °C
Fecha de recepción	2019-04-04		

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co
Patrimonio de todos los colombianos

(b)

LABE05CC7988
 2019-04-15 V1.1
 Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ⁻²	μV/W·m ⁻²	%	-----
300	15,22	0,12	0,77	1,97
400	15,22	0,11	0,73	1,97
500	15,17	0,11	0,74	1,97
600	15,23	0,11	0,74	1,97
700	15,27	0,11	0,73	1,97
800	15,25	0,11	0,72	1,97
900	15,21	0,11	0,70	1,97
1000	15,22	0,10	0,65	1,97
1100	15,21	0,099	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

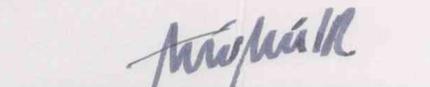
Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. FABIÁN RUBIANO LÓPEZ
 SUPERVISIÓN
 Ingeniero de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZA
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

FIN DEL CERTIFICADO

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "Fabio Chaparro" LABE

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411, Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.5. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 187436

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7987 2019-04-15 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado: Número de serie:	Piranómetro KIPP & ZONNEN CMP 3 187435		
Fecha de Calibración:	2019-04-04 a 2019-04-08		

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento **LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1**. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo **ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer**.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición** y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos
---	--	--

LABE05CC7987

2019-04-15 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Supervisor	Ing. Fabián Rubiano López			
Presentes	Representante del cliente: Isaías Llantén.			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2329		
Periodo de medición: 2019-04-04 a 2019-04-08				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(17,9 -30,4) °C	
Fecha de recepción	2019-04-04			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411, Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7987

2019-04-15 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
		$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	%	
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	%	-----
300	14,13	0,11	0,78	1,97
400	14,13	0,10	0,74	1,97
500	14,10	0,11	0,75	1,97
600	14,21	0,11	0,75	1,97
700	14,24	0,11	0,74	1,97
800	14,18	0,10	0,72	1,97
900	14,18	0,10	0,70	1,97
1000	14,20	0,093	0,65	1,97
1100	14,19	0,093	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

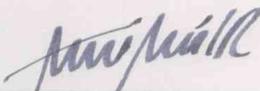
Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. FABIÁN RUBIANO LÓPEZ
 SUPERVISIÓN
 Ingeniero de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

FIN DEL CERTIFICADO

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411, Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.6. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 187434

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7986 2019-04-15 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado:	Piranómetro KIPP & ZONNEN CMP 3		
Número de serie:	187434		
Fecha de Calibración:	2019-04-04 a 2019-04-08		

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 *Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer*.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo *Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición* y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos labe_fibog@unal.edu.co
---	---	--

LABE05CC7986

2019-04-15 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Supervisor	Ing. Fabián Rubiano López			
Presentes	Representante del cliente: Isaías Llantén.			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICAÑA Valle del cauca			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2328		
Periodo de medición: 2019-04-04 a 2019-04-08				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura			(17,9 -30,4) °C
Fecha de recepción	2019-04-04			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(b)

LABE05CC7986
 2019-04-15 V1.1
 Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ⁻²	μV/W·m ⁻²	%	-----
300	13,88	0,11	0,78	1,97
400	13,91	0,10	0,74	1,97
500	13,89	0,10	0,74	1,97
600	13,95	0,10	0,74	1,97
700	14,04	0,10	0,74	1,97
800	13,98	0,10	0,72	1,97
900	13,93	0,10	0,70	1,97
1000	13,94	0,091	0,65	1,97
1100	13,93	0,091	0,65	1,97

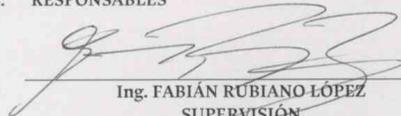
* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

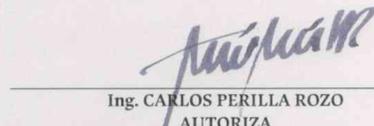
5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES



Ing. FABIÁN RUBIANO LÓPEZ
 SUPERVISIÓN
 Ingeniero de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia



Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

FIN DEL CERTIFICADO

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "Fabio Chaparro" LABE Universidad Nacional de Colombia

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio de todos los colombianos

F.7. Certificado piranómetro Eppley Radiometer PSP S/N : 35516F3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7978 2019-03-19 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 – 3		
Instrumento calibrado: Número de serie:	Piranómetro EPPLEY RADIOMETER PSP 35516F3		
Fecha de Calibración:	2019-02-05 a 2019-02-22		

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento **LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1**. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo **ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer**.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S : Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición** y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411, Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos
---	--	--

LABE05CC7978

2019-03-19 V1.1

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Página 2 de 3

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Carlos Iván Castellanos			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
	Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2234	
	Periodo de medición: 2019-02-05 a 2019-02-22			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(18,0 - 43,0) °C	
Fecha de recepción	2019-01-25			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(b)

LABE05CC7978

2019-03-19 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
		$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	%	
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	%	-----
300	6,81	0,056	0,82	1,96
400	6,86	0,053	0,78	1,97
500	6,89	0,053	0,76	1,97
600	6,89	0,052	0,76	1,97
700	6,97	0,054	0,77	1,97
800	6,98	0,052	0,75	1,97
900	7,02	0,050	0,72	1,97
1000	7,07	0,046	0,65	1,97
1100	7,12	0,047	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES

Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
SUPERVISIÓN
Ingeniera de Pruebas - LABE
Universidad Nacional de Colombia

Ing. CARLOS PERILLA ROZO
AUTORIZA
Jefe Técnico de Metrología - LABE
Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(c)

F.8. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 S/N : 35295

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7977 2019-03-19 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado: Número de serie:	Piranómetro EPPLEY RADIOMETER 8-48 35295		
Fecha de Calibración:	2019-02-05 a 2019-02-22		

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento **LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1**. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo **ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer**.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición** y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos
---	---	--

LABE05CC7977

2019-03-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Carlos Iván Castellanos			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
	Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2233	
	Periodo de medición: 2019-02-05 a 2019-02-22			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(18,0 - 43,0) °C	
Fecha de recepción	2019-01-25			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7977
 2019-03-19 V1.1
 Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

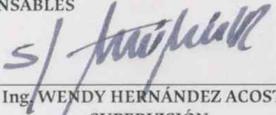
Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m2	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	%	-----
300	8,01	0,063	0,78	1,97
400	7,99	0,060	0,75	1,97
500	7,99	0,059	0,74	1,97
600	7,94	0,059	0,74	1,97
700	7,97	0,060	0,76	1,97
800	7,98	0,059	0,74	1,97
900	7,85	0,056	0,71	1,97
1000	7,78	0,051	0,65	1,97
1100	7,70	0,050	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.
 Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia



El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.9. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 S/N : 33887

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7976 2019-03-19 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado: Piranómetro EPPLEY RADIOMETER 8-48 Número de serie: 33887	Fecha de Calibración: 2019-02-05 a 2019-02-22		

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos
---	--	--

LABE05CC7976

2019-03-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Carlos Iván Castellanos			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
	Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2232	
	Periodo de medición: 2019-02-05 a 2019-02-22			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(18,0 - 43,0) °C	
Fecha de recepción	2019-01-25			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411, Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(b)

LBE05CC7976

2019-03-19 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
		$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	%	
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	%	-----
300	10,39	0,076	0,73	1,97
400	10,38	0,074	0,71	1,97
500	10,36	0,074	0,71	1,97
600	10,28	0,073	0,71	1,97
700	10,31	0,074	0,72	1,97
800	10,24	0,072	0,71	1,97
900	10,20	0,070	0,69	1,97
1000	10,18	0,067	0,65	1,97
1100	10,16	0,066	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES

Wendy Hernández Acosta
 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LBE
 Universidad Nacional de Colombia

Carlos Peñilla Roza
 Ing. CARLOS PEÑILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LBE
 Universidad Nacional de Colombia



El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LBE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LBE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LBE.

————— FIN DEL CERTIFICADO —————

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LBE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LBE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.10. Certificado piranómetro Eppley Radiometer PSP S/N : 35518F3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7975 2019-03-19 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado: Número de serie:	Piranómetro EPPLEY RADIOMETER PSP 35518F3		
Fecha de Calibración:	2019-02-05 a 2019-02-22		
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>			
<p>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:</p>			
<p>ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO</p>			
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30		Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	
		Patrimonio de todos los colombianos	

LABE05CC7975

2019-03-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Carlos Iván Castellanos			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2231		
Periodo de medición: 2019-02-05 a 2019-02-22				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(18,0 - 43,0) °C	
Fecha de recepción	2019-01-25			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(b)

LABE05CC7975
 2019-03-19 V1.1
 Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
		$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	%	
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	%	-----
300	6,68	0,056	0,84	1,96
400	6,71	0,052	0,78	1,97
500	6,74	0,052	0,77	1,97
600	6,75	0,052	0,77	1,97
700	6,81	0,053	0,78	1,97
800	6,81	0,051	0,75	1,97
900	6,85	0,049	0,72	1,97
1000	6,86	0,045	0,65	1,97
1100	6,86	0,045	0,65	1,97

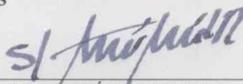
* EBC: Equipo bajo calibración.

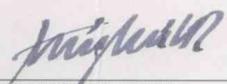
Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

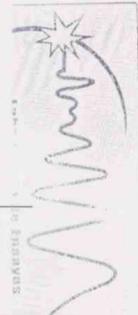
5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia



El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

FIN DEL CERTIFICADO

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.11. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 S/N : 34568

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7974 2019-03-19 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado: Número de serie:	Piranómetro EPPLEY RADIOMETER 8-48 34568		
Fecha de Calibración:	2019-02-05 a 2019-02-22		
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>			
<p>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:</p>			
<p>ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO</p>			
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411, Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co		Patrimonio de todos los colombianos

(a)

LBE05CC7974

2019-03-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LBE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Carlos Iván Castellanos			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
	Cotización: LBE01C13639		Referencia LBE: CAL2230	
	Periodo de medición: 2019-02-05 a 2019-02-22			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(18,0 - 43,0) °C	
Fecha de recepción	2019-01-25			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LBE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LBE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7974

2019-03-19 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
		$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	%	
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	%	-----
300	8,14	0,064	0,78	1,97
400	8,13	0,061	0,75	1,97
500	8,09	0,060	0,74	1,97
600	8,05	0,060	0,74	1,97
700	8,04	0,061	0,76	1,97
800	7,98	0,059	0,74	1,97
900	7,93	0,056	0,71	1,97
1000	7,89	0,052	0,65	1,97
1100	7,85	0,051	0,65	1,97

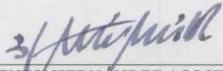
* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

FIN DEL CERTIFICADO

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.12. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 S/N : 34567

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LABE05CC7892
 2019-02-19 V1.1
 Página 1 de 3

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
 Facultad de Ingeniería
 Sede Bogotá

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

Ciente: GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
 Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803
 NIT: 899.999.063 - 3

 **LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS LABE**

Instrumento calibrado: Piranómetro EPPLEY RADIOMETER 8-48
Número de serie: 34567
Fecha de Calibración: 2018-10-26 a 2018-11-13

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 *Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer*.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S : Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo *Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición* y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411, Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio de todos los colombianos

LABE05CC7892

2019-02-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Yokogawa MW100	91R336360	LABE05CC7484	2018-08-31

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Miguel Rodríguez			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
	Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2155	
Periodo de medición: 2018-10-26 a 2018-11-13				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(15,0 - 36,0) °C	
Fecha de recepción	2018-10-18			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7892

2019-02-19 V1.1

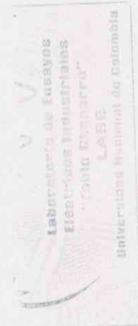
Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ⁻²	μV/W·m ⁻²	U ₉₅	-----
250 a 350	9,41	0,069	0,73	1,97
350 a 450	9,38	0,068	0,72	1,97
450 a 550	9,35	0,068	0,73	1,97
550 a 650	9,33	0,069	0,74	1,97
650 a 750	9,30	0,073	0,78	1,97
750 a 850	9,32	0,070	0,75	1,97
850 a 950	9,33	0,071	0,76	1,97
950 a 1050	9,28	0,061	0,65	1,97
1050 a 1150	9,35	0,061	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia



5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNANDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.13. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 S/N : 34569

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7891 2019-02-19 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado: Número de serie:	Piranómetro EPPLEY RADIOMETER 8-48 34569		
Fecha de Calibración:	2018-10-26 a 2018-11-13		
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>			
<p>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:</p>			
<p>ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO</p>			
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co		Patrimonio de todos los colombianos

(a)

LABE05CC7891

2019-02-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Miguel Rodríguez			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2154		
Periodo de medición: 2018-10-26 a 2018-11-13				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(15,0 - 36,0) °C	
Fecha de recepción	2018-10-18			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(b)

LABE05CC7891

2019-02-19 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	U_g	-----
250 a 350	9,61	0,070	0,73	1,97
350 a 450	9,63	0,069	0,71	1,97
450 a 550	9,63	0,069	0,72	1,97
550 a 650	9,61	0,071	0,73	1,97
650 a 750	9,58	0,073	0,77	1,97
750 a 850	9,55	0,070	0,74	1,97
850 a 950	9,50	0,072	0,76	1,97
950 a 1050	9,50	0,062	0,65	1,97
1050 a 1150	9,55	0,062	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

————— FIN DEL CERTIFICADO —————

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411, Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.14. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 S/N : 35296

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LABE05CC7890
 2019-02-19 V1.1
 Página 1 de 3

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
 Facultad de Ingeniería
 Sede Bogotá

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

Cliente: GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
 Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803
 NIT: 899.999.063 - 3

 **LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS LABE**

Instrumento calibrado: Piranómetro EPPLEY RADIOMETER 8-48
Número de serie: 35296
Fecha de Calibración: 2018-10-26 a 2018-11-13

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio de todos los colombianos

LABE05CC7890

2019-02-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Yokogawa MW100	91R336360	LABE05CC7484	2018-08-31

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Miguel Rodríguez			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2153		
Periodo de medición: 2018-10-26 a 2018-11-13				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(15,0 - 36,0) °C	
Fecha de recepción	2018-10-18			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(b)

LABE05CC7890
 2019-02-19 V1.1
 Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
		$\mu V/W \cdot m^{-2}$	U_{95}	
W/m ²	$\mu V/W \cdot m^{-2}$	$\mu V/W \cdot m^{-2}$	U_{95}	-----
250 a 350	7,86	0,060	0,77	1,97
350 a 450	7,84	0,058	0,75	1,97
450 a 550	7,82	0,059	0,76	1,97
550 a 650	7,77	0,060	0,78	1,97
650 a 750	7,72	0,064	0,83	1,96
750 a 850	7,64	0,060	0,79	1,97
850 a 950	7,66	0,063	0,82	1,96
950 a 1050	7,64	0,050	0,65	1,97
1050 a 1150	7,63	0,050	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia



5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

FIN DEL CERTIFICADO

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.15. Certificado piranómetro Eppley Radiometer PSP S/N : 35514F3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7889 2019-02-19 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado: Número de serie:	Piranómetro EPPLEY RADIOMETER PSP 35514F3		
Fecha de Calibración:	2018-10-26 a 2018-11-13		
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>			
<p>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:</p>			
<p>ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO</p>			
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co		Patrimonio de todos los colombianos

LABE05CC7889

2019-02-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Miguel Rodríguez			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2152		
Periodo de medición: 2018-10-26 a 2018-11-13				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(15,0 – 36,0) °C	
Fecha de recepción	2018-10-18			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(b)

LABE05CC7889

2019-02-19 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	U_g	-----
250 a 350	7,32	0,057	0,78	1,97
350 a 450	7,37	0,055	0,75	1,97
450 a 550	7,38	0,056	0,75	1,97
550 a 650	7,41	0,057	0,76	1,97
650 a 750	7,40	0,060	0,81	1,96
750 a 850	7,43	0,057	0,77	1,97
850 a 950	7,45	0,059	0,79	1,97
950 a 1050	7,47	0,049	0,65	1,97
1050 a 1150	7,49	0,049	0,65	1,97

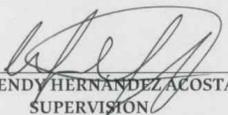
* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISOR
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

FIN DEL CERTIFICADO

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.16. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 S/N : 34566

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7888		
2019-02-19 V1.1 Página 1 de 3		
		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá
Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (G) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3	
Instrumento calibrado:	Piranómetro EPPLEY RADIOMETER 8-48	
Número de serie:	34566	
Fecha de Calibración:	2018-10-26 a 2018-11-13	
		
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - L.ABE.</p>		
1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN		
<p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.</p>		
<p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p>		
<p>La sensibilidad fue calculada como:</p>		
$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$		
<p>Donde:</p>		
<ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia 		
<p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:</p>		
ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO		
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - L.ABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos

LABE05CC7888

2019-02-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Miguel Rodríguez			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2151		
Periodo de medición: 2018-10-26 a 2018-11-13				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(15,0 - 36,0) °C	
Fecha de recepción	2018-10-18			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(b)

LABE05CC7888

2019-02-19 V1.1

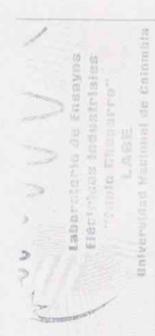
Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ⁻²	μV/W·m ⁻²	U ₉₅	-----
250 a 350	9,29	0,068	0,73	1,97
350 a 450	9,28	0,067	0,72	1,97
450 a 550	9,26	0,067	0,72	1,97
550 a 650	9,24	0,068	0,74	1,97
650 a 750	9,22	0,071	0,76	1,97
750 a 850	9,18	0,068	0,74	1,97
850 a 950	9,10	0,070	0,76	1,97
950 a 1050	9,15	0,060	0,65	1,97
1050 a 1150	9,19	0,060	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia



5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - L.A.B.E
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - L.A.B.E
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para **GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. L.A.B.E no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. L.A.B.E no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de L.A.B.E.

————— FIN DEL CERTIFICADO —————

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - L.A.B.E
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.17. Certificado piranómetro Hukseflux SR11 S/N : 8087

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7887 2019-02-19 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado: Número de serie:	Piranómetro Hukseflux SR11 8087		
Fecha de Calibración:	2018-10-26 a 2018-11-13		
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>			
<h3>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</h3> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:</p>			
ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO			
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co		Patrimonio de todos los colombianos

LBE05CC7887

2019-02-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Yokogawa MW100	91R336360	LBE05CC7484	2018-08-31

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Miguel Rodríguez			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
	Cotización: LBE01C13639		Referencia LBE: CAL2150	
	Periodo de medición: 2018-10-26 a 2018-11-13			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(15,0 - 36,0) °C	
Fecha de recepción	2018-10-18			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LBE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LBE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7887

2019-02-19 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	U%	-----
250 a 350	12,33	0,086	0,70	1,97
350 a 450	12,29	0,085	0,69	1,97
450 a 550	12,26	0,086	0,70	1,97
550 a 650	12,24	0,087	0,71	1,97
650 a 750	12,29	0,090	0,73	1,97
750 a 850	12,20	0,087	0,71	1,97
850 a 950	12,16	0,088	0,73	1,97
950 a 1050	12,20	0,080	0,65	1,97
1050 a 1150	12,22	0,080	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

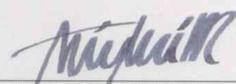
Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para **GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.18. Certificado piranómetro Eppley Radiometer PSP S/N : 35512F3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7886		
2019-02-19 V1.1 Página 1 de 3		
		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá
Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3	
Instrumento calibrado:	Piranómetro EPPLEY RADIOMETER PSP	
Número de serie:	35512F3	
Fecha de Calibración:	2018-10-26 a 2018-11-13	
		
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>		
<p>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 <i>Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer</i>.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo <i>Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición</i> y se expresa porcentualmente así:</p>		
ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO		
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30		Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co
		Patrimonio de todos los colombianos

LABE05CC7886
2019-02-19 V1.1
Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Miguel Rodríguez			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
	Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2149	
Periodo de medición: 2018-10-26 a 2018-11-13				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(15,0 - 36,0) °C	
Fecha de recepción	2018-10-18			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7886

2019-02-19 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m2	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	U_{95}	-----
250 a 350	6,90	0,055	0,79	1,97
350 a 450	6,95	0,053	0,76	1,97
450 a 550	6,98	0,053	0,76	1,97
550 a 650	6,99	0,054	0,77	1,97
650 a 750	6,99	0,057	0,81	1,96
750 a 850	7,01	0,054	0,78	1,97
850 a 950	7,03	0,056	0,79	1,97
950 a 1050	7,09	0,046	0,65	1,97
1050 a 1150	7,12	0,047	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en este informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.19. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 S/N : 35861

<p>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7885 2019-02-19 V1.1 Página 1 de 3</p>	<p>Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá</p>	 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA</p>
<p>Ciente:</p>	<p>GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3</p>	
<p>Instrumento calibrado:</p>	<p>Piranómetro EPPLEY RADIOMETER 8-48</p>	
<p>Número de serie:</p>	<p>35861</p>	
<p>Fecha de Calibración:</p>	<p>2018-10-26 a 2018-11-13</p>	

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento **LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1**. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo **ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer**.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición** y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

<p>Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30</p>	<p>Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co</p>	<p>Patrimonio de todos los colombianos</p>
--	--	--

LABE05CC7885

2019-02-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Yokogawa MW100	91R336360	LABE05CC7484	2018-08-31

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Miguel Rodríguez			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
	Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2148	
Periodo de medición: 2018-10-26 a 2018-11-13				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(15,0 - 36,0) °C	
Fecha de recepción	2018-10-18			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411, Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(b)

LABE05CC7885

2019-02-19 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ⁻²	μV/W·m ⁻²	U _k	-----
250 a 350	9,39	0,069	0,73	1,97
350 a 450	9,35	0,067	0,72	1,97
450 a 550	9,29	0,068	0,73	1,97
550 a 650	9,26	0,069	0,74	1,97
650 a 750	9,22	0,072	0,78	1,97
750 a 850	9,22	0,069	0,75	1,97
850 a 950	9,23	0,071	0,77	1,97
950 a 1050	9,17	0,060	0,65	1,97
1050 a 1150	9,11	0,060	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para **GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.20. Certificado piranómetro Eppley Radiometer 8 - 48 S/N : 35294

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7884		
2019-02-19 V1.1 Página 1 de 3		
		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá
Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3	
Instrumento calibrado:	Piranómetro EPPLEY RADIOMETER 8-48	
Número de serie:	35294	
Fecha de Calibración:	2018-10-26 a 2018-11-13	
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>		
<p>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 <i>Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer</i>.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo <i>Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición</i> y se expresa porcentualmente así:</p>		
ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO		
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos

(a)

LABE05CC7884

2019-02-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Yokogawa MW100	91R336360	LABE05CC7484	2018-08-31

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Miguel Rodríguez			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
	Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2147	
Periodo de medición: 2018-10-26 a 2018-11-13				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(15,0 - 36,0) °C	
Fecha de recepción	2018-10-18			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio de todos los colombianos

(b)

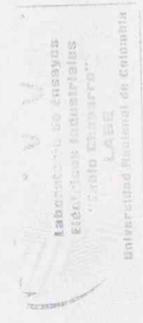
LABE05CC7884
 2019-02-19 V1.1
 Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ⁻²	μV/W·m ⁻²	U _%	-----
250 a 350	9,44	0,069	0,73	1,97
350 a 450	9,42	0,068	0,72	1,97
450 a 550	9,40	0,069	0,73	1,97
550 a 650	9,38	0,070	0,74	1,97
650 a 750	9,36	0,073	0,78	1,97
750 a 850	9,29	0,070	0,75	1,97
850 a 950	9,27	0,071	0,77	1,97
950 a 1050	9,24	0,060	0,65	1,97
1050 a 1150	9,25	0,060	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia



5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para **GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

————— **FIN DEL CERTIFICADO** —————

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.21. Certificado piranómetro Eppley Radiometer PSP S/N : 35513F3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7883 2019-02-19 V1.1 Página 1 de 3		
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá		
Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3	
Instrumento calibrado:	Piranómetro EPPLEY RADIOMETER PSP	
Número de serie:	35513F3	
Fecha de Calibración:	2018-10-26 a 2018-11-13	
		
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>		
<p>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:</p>		
<p>ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO</p>		
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos

LBE05CC7883

2019-02-19 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LBE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Miguel Rodríguez			
Lugar	Lat: 4.639204° Lng: -74.082915° LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS Bogotá			
	Cotización: LBE01C13639		Referencia LBE: CAL2146	
	Periodo de medición: 2018-10-26 a 2018-11-13			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(15,0 - 36,0) °C	
Fecha de recepción	2018-10-18			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LBE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LBE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7883

2019-02-19 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$U_{\%}$	-----
250 a 350	7,51	0,058	0,77	1,97
350 a 450	7,57	0,056	0,74	1,97
450 a 550	7,59	0,057	0,75	1,97
550 a 650	7,62	0,057	0,75	1,97
650 a 750	7,64	0,060	0,79	1,97
750 a 850	7,65	0,058	0,76	1,97
850 a 950	7,67	0,059	0,77	1,97
950 a 1050	7,71	0,050	0,65	1,97
1050 a 1150	7,72	0,051	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDA HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

————— FIN DEL CERTIFICADO —————

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.22. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 164622

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7882		
2019-02-18 V1.1 Página 1 de 3		
		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá
Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3	
Instrumento calibrado:	Piranómetro Kipp & Zonen CMP3	
Número de serie:	164622	
Fecha de Calibración:	2018-10-08 a 2018-10-12	
		
Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.		
1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN		
La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 <i>Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer</i> .		
Se registraron datos de irradiancia solar durante 5 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.		
La sensibilidad fue calculada como:		
$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$		
Donde:		
<ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia 		
La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo <i>Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición</i> y se expresa porcentualmente así:		
ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO		
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30		Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co
		Patrimonio de todos los colombianos

LABE05CC7882

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Ávila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llantén			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca			
	Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2145	
Periodo de medición: 2018-10-08 a 2018-10-12				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura (18,6 - 32,3) °C			
Fecha de recepción	2018-10-08			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7882

2019-02-18 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ⁻²	μV/W·m ⁻²	U _k	-----
250 a 350	11,90	0,13	1,05	1,97
350 a 450	11,85	0,10	0,85	1,97
450 a 550	11,83	0,09	0,77	1,97
550 a 650	11,88	0,09	0,76	1,97
650 a 750	11,90	0,09	0,78	1,97
750 a 850	11,89	0,09	0,78	1,97
850 a 950	11,89	0,09	0,76	1,97
950 a 1050	11,86	0,078	0,65	1,97
1050 a 1150	11,86	0,078	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia



5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para **GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

—FIN DEL CERTIFICADO—

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.23. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 175334

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7881 2019-02-18 V1.1 Página 1 de 3		
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá		

Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3	 LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS LABE
Instrumento calibrado:	Piranómetro Kipp & Zonen CMP3	
Número de serie:	175334	

Fecha de Calibración: 2018-10-08 a 2018-10-12

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento **LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1**. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo **ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer**.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 5 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición** y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos
---	--	--

LBE05CC7881

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LBE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López		
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta		
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizta Ruiz, Isaías Llantén		
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca		
Cotización: LBE01C13639		Referencia LBE: CAL2144	
Periodo de medición: 2018-10-08 a 2018-10-12			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final 16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(18,6 - 32,3) °C
Fecha de recepción	2018-10-08		

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LBE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LBE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7881

2019-02-18 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	U _%	-----
250 a 350	14,66	0,14	0,95	1,97
350 a 450	14,64	0,11	0,78	1,97
450 a 550	14,57	0,11	0,73	1,97
550 a 650	14,71	0,11	0,72	1,97
650 a 750	14,70	0,11	0,73	1,97
750 a 850	14,63	0,11	0,73	1,97
850 a 950	14,66	0,11	0,72	1,97
950 a 1050	14,67	0,096	0,65	1,97
1050 a 1150	14,69	0,096	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para **GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

————— FIN DEL CERTIFICADO —————

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.24. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 175332

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7880		
2019-02-18 V1.1 Página 1 de 3		
		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá
Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3	
		
Instrumento calibrado:	Piranómetro Kipp & Zonen CMP3	
Número de serie:	175332	
Fecha de Calibración:	2018-10-08 a 2018-10-12	
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>		
<p>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 5 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:</p>		
ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO		
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30		Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co
		Patrimonio de todos los colombianos

(a)

LABE05CC7880

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Ávila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llantén			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2143		
Periodo de medición: 2018-10-08 a 2018-10-12				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(18,6 - 32,3) °C	
Fecha de recepción	2018-10-08			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7880
 2019-02-18 V1.1
 Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ⁻²	μV/W·m ⁻²	U _%	-----
250 a 350	13,86	0,13	0,97	1,97
350 a 450	13,85	0,11	0,80	1,97
450 a 550	13,78	0,10	0,74	1,97
550 a 650	13,91	0,10	0,73	1,97
650 a 750	13,92	0,10	0,74	1,97
750 a 850	13,83	0,10	0,74	1,97
850 a 950	13,88	0,10	0,73	1,97
950 a 1050	13,86	0,091	0,65	1,97
1050 a 1150	13,86	0,091	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia



5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.25. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 175336

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7879 2019-02-18 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado: Número de serie:	Piranómetro Kipp & Zonen CMP3 175336		
Fecha de Calibración:	2018-10-08 a 2018-10-12		
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>			
<p>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 5 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:</p>			
<p>ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO</p>			
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co		Patrimonio de todos los colombianos

(a)

LBE05CC7879

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LBE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llantén			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca			
Cotización: LBE01C13639		Referencia LBE: CAL2142		
Periodo de medición: 2018-10-08 a 2018-10-12				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(18,6 - 32,3) °C	
Fecha de recepción	2018-10-08			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LBE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LBE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7879

2019-02-18 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ⁻²	μV/W·m ⁻²	U _g	-----
250 a 350	14,55	0,14	0,95	1,97
350 a 450	14,53	0,11	0,79	1,97
450 a 550	14,50	0,11	0,73	1,97
550 a 650	14,56	0,11	0,72	1,97
650 a 750	14,57	0,11	0,74	1,97
750 a 850	14,55	0,11	0,74	1,97
850 a 950	14,56	0,11	0,72	1,97
950 a 1050	14,53	0,095	0,65	1,97
1050 a 1150	14,52	0,095	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.26. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 186605

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7878 2019-02-18 V1.1 Página 1 de 3		
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá		

Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3	 LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS LABE
Instrumento calibrado:	Piranómetro Kipp & Zonen CMP3	
Número de serie:	186605	

Fecha de Calibración: 2018-10-08 a 2018-10-12

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 *Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer*.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 5 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo *Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición* y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos
---	--	--

LABE05CC7878

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llantén			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca			
	Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2141	
	Periodo de medición: 2018-10-08 a 2018-10-12			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(18,6 - 32,3) °C	
Fecha de recepción	2018-10-08			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7878
 2019-02-18 V1.1
 Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ⁻²	μV/W·m ⁻²	U _%	-----
250 a 350	14,45	0,14	0,95	1,97
350 a 450	14,39	0,11	0,79	1,97
450 a 550	14,37	0,11	0,74	1,97
550 a 650	14,43	0,10	0,73	1,97
650 a 750	14,45	0,11	0,74	1,97
750 a 850	14,43	0,11	0,74	1,97
850 a 950	14,41	0,10	0,72	1,97
950 a 1050	14,37	0,094	0,65	1,97
1050 a 1150	14,36	0,094	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

-----FIN DEL CERTIFICADO-----



ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.27. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 186595

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7877 2019-02-18 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado: Número de serie:	Piranómetro Kipp & Zonen CMP3 186595		
Fecha de Calibración:	2018-10-04 a 2018-10-08		
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>			
1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN			
<p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.</p>			
<p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 5 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p>			
<p>La sensibilidad fue calculada como:</p>			
$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$			
<p>Donde:</p>			
<ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia 			
<p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:</p>			
<hr/> ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO <hr/>			
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co		Patrimonio de todos los colombianos

LABE05CC7877

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llantén			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2124		
Periodo de medición: 2018-10-04 a 2018-10-08				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(20,0 - 33,2) °C	
Fecha de recepción	2018-10-04			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7877

2019-02-18 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	U_{95}	----
250 a 350	12,28	0,13	1,08	1,97
350 a 450	12,26	0,10	0,82	1,97
450 a 550	12,26	0,09	0,77	1,97
550 a 650	12,30	0,10	0,79	1,97
650 a 750	12,33	0,10	0,79	1,97
750 a 850	12,37	0,10	0,77	1,97
850 a 950	12,39	0,09	0,75	1,97
950 a 1050	12,40	0,081	0,65	1,97
1050 a 1150	12,36	0,081	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.28. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 175337

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LABE05CC7876
 2019-02-18 V1.1
 Página 1 de 3

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
 Facultad de Ingeniería
 Sede Bogotá

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

Cliente: GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
 Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803
 NIT: 899.999.063 - 3

 **LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS LABE**

Instrumento calibrado: Piranómetro Kipp & Zonen CMP3
Número de serie: 175337

Fecha de Calibración: 2018-10-04 a 2018-10-08

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 *Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer*.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 5 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo *Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición* y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio de todos los colombianos

LABE05CC7876

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llantén			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca			
	Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2123	
Periodo de medición: 2018-10-04 a 2018-10-08				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(20,0 - 33,2) °C	
Fecha de recepción	2018-10-04			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7876
 2019-02-18 V1.1
 Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ²	μV/W·m ²	U _%	-----
250 a 350	14,04	0,13	0,91	1,97
350 a 450	13,99	0,11	0,78	1,97
450 a 550	13,98	0,10	0,75	1,97
550 a 650	14,01	0,11	0,76	1,97
650 a 750	14,10	0,11	0,75	1,97
750 a 850	14,14	0,10	0,74	1,97
850 a 950	14,18	0,10	0,72	1,97
950 a 1050	14,22	0,093	0,65	1,97
1050 a 1150	14,21	0,093	0,65	1,97

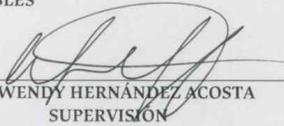
* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.29. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 175331

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LABE05CC7875
 2019-02-18 V1.1
 Página 1 de 3

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
 Facultad de Ingeniería
 Sede Bogotá

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

Ciente: GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
 Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803
 NIT: 899.999.063 - 3

 **LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS LABE**

Instrumento calibrado: Piranómetro Kipp & Zonen CMP3
Número de serie: 175331

Fecha de Calibración: 2018-10-04 a 2018-10-08

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 *Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer*.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 5 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio de todos los colombianos

LABE05CC7875

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llantén			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2122		
Periodo de medición: 2018-10-04 a 2018-10-08				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(20,0 - 33,2) °C	
Fecha de recepción	2018-10-04			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(b)

LABE05CC7875

2019-02-18 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ²	μV/W·m ²	U ₉₅	----
250 a 350	11,81	0,12	1,02	1,97
350 a 450	11,76	0,10	0,82	1,97
450 a 550	11,78	0,09	0,78	1,97
550 a 650	11,80	0,09	0,80	1,97
650 a 750	11,86	0,09	0,79	1,97
750 a 850	11,88	0,09	0,77	1,97
850 a 950	11,91	0,09	0,75	1,97
950 a 1050	11,96	0,078	0,65	1,97
1050 a 1150	11,95	0,078	0,65	1,97

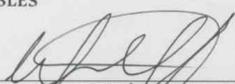
* EBC: Equipo bajo calibración.

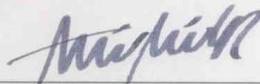
Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.30. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 186600

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7874	Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	
2019-02-18 V1.1 Página 1 de 3	Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	

Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3	 LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS LABE
Instrumento calibrado:	Piranómetro Kipp & Zonen CMP3	
Número de serie:	186600	

Fecha de Calibración: 2018-10-04 a 2018-10-08

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 *Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer*.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 5 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo *Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición* y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE	Patrimonio de todos los colombianos 
Formato: LABE01R21 V1.6	Carrera 30 No. 45 - 03	
Emisión de formato: 2018-01-30	Edificio 411. Oficina 102C	
	Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	

LABE05CC7874

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llantén			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca			
	Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2121	
	Periodo de medición: 2018-10-04 a 2018-10-08			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(20,0 - 33,2) °C	
Fecha de recepción	2018-10-04			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(b)

LABE05CC7874

2019-02-18 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ²	μV/W·m ²	U _k	-----
250 a 350	12,68	0,12	0,95	1,97
350 a 450	12,72	0,10	0,80	1,97
450 a 550	12,73	0,10	0,76	1,97
550 a 650	12,76	0,10	0,78	1,97
650 a 750	12,77	0,10	0,77	1,97
750 a 850	12,81	0,10	0,76	1,97
850 a 950	12,74	0,09	0,74	1,97
950 a 1050	12,68	0,083	0,65	1,97
1050 a 1150	12,63	0,083	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

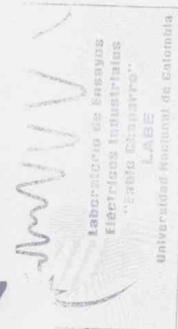
5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia



El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

-----FIN DEL CERTIFICADO-----

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.31. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 186608

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LABE05CC7873
 2019-02-18 V1.1
 Página 1 de 3

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
 Facultad de Ingeniería
 Sede Bogotá

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

Ciente: GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
 Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803
 NIT: 899.999.063 - 3

 **LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS LABE**

Instrumento calibrado: Piranómetro Kipp & Zonen CMP3
Número de serie: 186608
Fecha de Calibración: 2018-10-04 a 2018-10-08

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 *Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer*.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 5 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio de todos los colombianos

LBE05CC7873

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LBE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llantén			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca			
	Cotización: LBE01C13639		Referencia LBE: CAL2120	
	Periodo de medición: 2018-10-04 a 2018-10-08			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(20,0 - 33,2) °C	
Fecha de recepción	2018-10-04			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "K" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LBE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LBE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7873

2019-02-18 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ²	μV/W·m ²	U _s	-----
250 a 350	14,65	0,13	0,90	1,97
350 a 450	14,71	0,11	0,77	1,97
450 a 550	14,74	0,11	0,74	1,97
550 a 650	14,79	0,11	0,75	1,97
650 a 750	14,79	0,11	0,75	1,97
750 a 850	14,85	0,11	0,73	1,97
850 a 950	14,76	0,11	0,72	1,97
950 a 1050	14,68	0,096	0,65	1,97
1050 a 1150	14,60	0,095	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

— FIN DEL CERTIFICADO —

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.32. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 186597

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7872	Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica	
2019-02-18 V1.1	Facultad de Ingeniería	
Página 1 de 3		Sede Bogotá

Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	 LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS LABE
	Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803	
	NIT: 899.999.063 - 3	

Instrumento calibrado:	Piranómetro Kipp & Zonen CMP3
Número de serie:	186597
Fecha de Calibración:	2018-10-01 a 2018-10-03

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento **LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1**. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo **ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer**.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición** y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE	Patrimonio de todos los colombianos
Formato: LABE01R21 V1.6	Carrera 30 No. 45 - 03	
Emisión de formato: 2018-01-30	Edificio 411. Oficina 102C	
	Bogotá, Colombia	
	labe_fibog@unal.edu.co	

LABE05CC7872

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llantén			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca			
	Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2116	
Periodo de medición: 2018-10-01 a 2018-10-03				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura (21,4 - 36,6) °C			
Fecha de recepción	2018-10-01			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7872
 2019-02-18 V1.1
 Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m2	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	U_k	-----
250 a 350	11,14	0,14	1,24	1,97
350 a 450	11,17	0,12	1,09	1,97
450 a 550	11,18	0,11	0,95	1,97
550 a 650	11,24	0,093	0,83	1,97
650 a 750	11,27	0,090	0,80	1,97
750 a 850	11,27	0,086	0,76	1,97
850 a 950	11,25	0,083	0,73	1,97
950 a 1050	11,24	0,073	0,65	1,97
1050 a 1150	11,24	0,074	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia



5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

----- FIN DEL CERTIFICADO -----

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

F.33. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 186602

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LABE05CC7871 2019-02-18 V1.1 Página 1 de 3		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Ciente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3		
Instrumento calibrado: Número de serie:	Piranómetro Kipp & Zonen CMP3 186602		
Fecha de Calibración:	2018-10-01 a 2018-10-03		
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>			
<p>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición y se expresa porcentualmente así:</p>			
<p>ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO</p>			
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co		Patrimonio de todos los colombianos

LABE05CC7871

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llantén			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICAÑA Valle del cauca			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2115		
Periodo de medición: 2018-10-01 a 2018-10-03				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(21,4 - 36,6) °C	
Fecha de recepción	2018-10-01			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo a lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411, Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LBE05CC7871

2019-02-18 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	U_{95}	----
250 a 350	13,04	0,14	1,10	1,98
350 a 450	13,01	0,13	0,99	1,98
450 a 550	13,10	0,12	0,88	1,97
550 a 650	13,20	0,10	0,78	1,97
650 a 750	13,19	0,10	0,76	1,97
750 a 850	13,19	0,10	0,73	1,97
850 a 950	13,21	0,094	0,71	1,97
950 a 1050	13,17	0,086	0,65	1,97
1050 a 1150	13,24	0,087	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LBE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LBE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LBE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LBE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LBE.

FIN DEL CERTIFICADO

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LBE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LBE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.34. Certificado piranómetro Eppley Radiometer PSP S/N : 36379F3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LABE05CC7870
 2019-02-18 V1.1
 Página 1 de 3

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
 Facultad de Ingeniería
 Sede Bogotá

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

Ciente: GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
 Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803
 NIT: 899.999.063 - 3

 **LABORATORIO DE ENSAYOS ELÉCTRICOS LABE**

Instrumento calibrado: Piranómetro EPPLEY RADIOMETER PSP
Número de serie: 36379F3

Fecha de Calibración: 2018-10-01 a 2018-10-03

Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.

1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 *Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer*.

Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.

La sensibilidad fue calculada como:

$$S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$$

Donde:

- S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración)
- V_{EBC} : Tensión leída por el EBC
- S_{REF} : Sensibilidad del Equipo de Referencia
- V_{REF} : Tensión leída por el Equipo de Referencia

La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo *Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición* y se expresa porcentualmente así:

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio de todos los colombianos

LABE05CC7870

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LABE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López			
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta			
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llanten			
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICANA Valle del cauca			
Cotización: LABE01C13639		Referencia LABE: CAL2114		
Periodo de medición: 2018-10-01 a 2018-10-03				
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final	16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(21,4 - 36,6) °C	
Fecha de recepción	2018-10-01			

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(b)

LABE05CC7870
 2019-02-18 V1.1
 Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	μV/W·m ⁻²	μV/W·m ⁻²	U%	----
250 a 350	7,74	0,15	1,89	1,96
350 a 450	7,68	0,12	1,57	1,96
450 a 550	7,70	0,091	1,18	1,96
550 a 650	7,75	0,076	0,98	1,96
650 a 750	7,77	0,071	0,92	1,96
750 a 850	7,81	0,067	0,86	1,96
850 a 950	7,83	0,063	0,81	1,97
950 a 1050	7,84	0,051	0,65	1,97
1050 a 1150	7,85	0,051	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

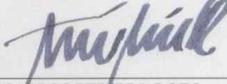
Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiancia

5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PERILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

FIN DEL CERTIFICADO

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411. Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

F.35. Certificado piranómetro Kipp & Zonen CMP3 S/N : 164624

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
LABE05CC7869		
2019-02-18 V1.1 Página 1 de 3		
		Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Facultad de Ingeniería Sede Bogotá
Cliente:	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA Sede Manizales; Teléfono: (6) 887 9300 Ext. 55803 NIT: 899.999.063 - 3	
		
Instrumento calibrado:	Piranómetro Kipp & Zonen CMP3	
Número de serie:	164624	
Fecha de Calibración:	2018-10-01 a 2018-10-03	
<p>Este Certificado solo se puede reproducir totalmente con la debida autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO" - LABE.</p>		
<p>1. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó según el procedimiento descrito en el documento LABE05M04 A2 "PROTOCOLO PARA CALIBRACIÓN DE PIRANOMETROS EN CAMPO" V1.1. El procedimiento fue desarrollado siguiendo las recomendaciones e indicaciones del documento normativo ISO 9847: 1992 <i>Solar Energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer</i>.</p> <p>Se registraron datos de irradiancia solar durante 3 días en la posición de uso del piranómetro, en este caso plano horizontal. El piranómetro de referencia se ubicó en un plano horizontal de las mismas características junto al piranómetro a calibrar.</p> <p>La sensibilidad fue calculada como:</p> $S = \frac{V_{EBC} * S_{REF}}{V_{REF}}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • S: Sensibilidad del EBC (Equipo Bajo Calibración) • V_{EBC}: Tensión leída por el EBC • S_{REF}: Sensibilidad del Equipo de Referencia • V_{REF}: Tensión leída por el Equipo de Referencia <p>La incertidumbre se estimó siguiendo el documento normativo <i>Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición</i> y se expresa porcentualmente así:</p>		
<hr/> ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO <hr/>		
Elaboró: SGC Formato: LABE01R21 V1.6 Emisión de formato: 2018-01-30	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE Carrera 30 No. 45 - 03 Edificio 411. Oficina 102C Bogotá, Colombia labe_fibog@unal.edu.co	Patrimonio de todos los colombianos

LBE05CC7869

2019-02-18 V1.1

Página 2 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

$$U_{\%} = \frac{U}{S} * 100\%$$

Donde:

- U : Incertidumbre Expandida de la medición
- $U_{\%}$: Incertidumbre Expandida de la medición expresada en porcentaje.

2. EQUIPOS USADOS EN LA CALIBRACIÓN

ÍTEM	EQUIPO	N/S	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA
1	Piranómetro EKO Instruments MS-80	S18003080	S18003080-EX18-085	2018-05-10
2	Datalogger Campbell Scientific CR300	10062	LBE05CC7563	2018-09-26

Tabla 1. Equipos usados en la Calibración

3. INFORMACIÓN ADICIONAL

Encargado	Ing. Fabián Rubiano López		
Supervisor	Ing. Wendy Hernández Acosta		
Presentes	Ing. Rafael Avila, Representante del cliente: Belizza Ruiz, Isaías Llanten		
Lugar	Lat: 3.360071° Lng: -76.300801° CENICAÑA Valle del cauca		
Cotización: LBE01C13639		Referencia LBE: CAL2113	
Periodo de medición: 2018-10-01 a 2018-10-03			
Hora de la prueba	Inicial	07:15	Final 16:30
Condiciones ambientales	Temperatura		(21,4 - 36,6) °C
Fecha de recepción	2018-10-01		

Tabla 2. Información adicional de la Calibración

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. Lo anterior de acuerdo con lo dispuesto en el documento normativo **Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones GUM, JCGM 100:2008. 1ra edición (Apartado 7.2.4.)**

Los resultados de la calibración aparecen consignados en la tabla 3.

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LBE01R21 V1.6
Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LBE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

(b)

LABE05CC7869

2019-02-18 V1.1

Página 3 de 3

Sede Bogotá | Facultad de Ingeniería | Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Sensibilidad				
Banda	Sensibilidad EBC*	Incertidumbre expandida		Factor de cobertura k
W/m ²	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	$\mu\text{V}/\text{W}\cdot\text{m}^2$	U_{95}	----
250 a 350	13,80	0,15	1,08	1,98
350 a 450	13,83	0,13	0,98	1,98
450 a 550	13,86	0,12	0,88	1,97
550 a 650	13,91	0,11	0,78	1,97
650 a 750	13,91	0,11	0,76	1,97
750 a 850	13,91	0,10	0,73	1,97
850 a 950	13,90	0,10	0,71	1,97
950 a 1050	13,90	0,091	0,65	1,97
1050 a 1150	13,89	0,091	0,65	1,97

* EBC: Equipo bajo calibración.

Tabla 3. Calibración de la función de medición de irradiación

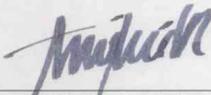


5. OBSERVACIONES

- La calibración se realizó en la posición de uso horizontal.

6. RESPONSABLES


 Ing. WENDY HERNÁNDEZ ACOSTA
 SUPERVISIÓN
 Ingeniera de Pruebas - LABE
 Universidad Nacional de Colombia


 Ing. CARLOS PÉRRILLA ROZO
 AUTORIZA
 Jefe Técnico de Metrología - LABE
 Universidad Nacional de Colombia

El Laboratorio de Metrología Eléctrica del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales "FABIO CHAPARRO", preparó este Certificado para **GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN POTENCIA, ENERGÍA Y MERCADOS - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**. El Laboratorio de Metrología Eléctrica NO DA NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, EN CUANTO A LOS RESULTADOS QUE SE OBTENDRÁN POR ALGUNA PERSONA O ENTIDAD A PARTIR DEL USO DEL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO. LABE no da ninguna garantía expresa o implícita de la comerciabilidad o de la aptitud para un propósito determinado de ninguno de los productos mencionados en este informe. LABE no conserva muestras testigo, por lo tanto, solo garantiza los resultados sobre la muestra o elemento ensayado y en las condiciones ambientales y de montaje señaladas en éste informe. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización de LABE.

————— FIN DEL CERTIFICADO —————

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
 Formato: LABE01R21 V1.6
 Emisión de formato: 2018-01-30

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LABE
 Carrera 30 No. 45 - 03
 Edificio 411, Oficina 102C
 Bogotá, Colombia
 labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
 de todos
 los colombianos

(c)

Bibliografía

- [1] CIMO. *Instruments and Methods of Observation - World, Regional and National Radiation Centres*
- [2] EKO INSTRUMENTS CO., Ltd. *PRODUCTOS: Piranómetro MS - 80*
- [3] EKO INSTRUMENTS CO., Ltd. *Calibration certificate*. Calibration date: May 10, 2018
- [4] EKO INSTRUMENTS CO., Ltd. *Temperature Response Measurement Test Report ISO 9060*. Measurement Date: April 1, 2018
- [5] EKO INSTRUMENTS CO., Ltd. *Directional Response Measurement Report*. Measurement Date: April 19, 2018
- [6] ISO. *ISO 9847:1992(E) Solar energy - Calibration of field pyranometers by comparison to a reference pyranometer*. PDF. 1992
- [7] ISO. *ISO 9846:1993(E) Solar energy - Calibration of a pyranometer using a pyrhelio-meter*. PDF. 1993
- [8] ISO. *ISO/DIS 9060:2017(E) Solar energy - Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation*. PDF. 2017
- [9] OMM: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation No.8 / Meteorological Organization World. Geneva 2, Switzerland : Chairperson, Publications Board, 2014 Updated in 2017. – Informe de Investigación. Eighth ed.
- [10] PERRY JOHNSON LABORATORY ACCREDITATION, INC. *Certificate of accreditation*. Initial Accreditation: May 8, 2013 - Expiration Date: July 31, 2019
- [11] WRC, PMOD. *Physikalisch Meteorologisches Observatorium Davos / World Radiation Center*. 1907