



**GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA
OPERACIÓN ESTADÍSTICA
“INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN
SUPERFICIE”**

Código: GCI-RG-
G001

Versión: 02

Fecha: 11/07/2025

Página: 1 de 17



IDEAM

**Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales**

**GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA
INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN
ESTADÍSTICA
“INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN
GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”**

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG-G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 2 de 17

1. OBJETIVO

El propósito fundamental de esta guía es el de exponer una serie de actividades y parámetros que se siguen para garantizar la calidad de los datos medidos, hasta llegar al análisis que se realizan a los promedios mensuales, anuales y multianuales de la Operación Estadística Información de la Radiación Global recibida en Superficie.

2. ALCANCE

El presente documento aplica a los Análisis de Contexto, Coherencia y Comparabilidad, asociados a la Operación Estadística Información de la Radiación Global Recibida en Superficie del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

3. ANÁLISIS DE CONTEXTO

Para realizar un adecuado análisis de los resultados obtenidos, el IDEAM, realiza una serie de análisis que involucran desde garantizar la calidad del dato medido, hasta llegar a comparar los resultados estadísticos de la siguiente manera:

- Ajuste de los datos medidos (Cambio en el datalogger)
- Fenómenos climáticos que influyen en la información
- Comparación con otras estaciones del IDEAM
- Comparación directa con Información Modelada

A continuación, se explica de manera detallada cada uno de ellos:

3.1. AJUSTE DE LOS DATOS MEDIDOS (CAMBIO EN EL DATALOGGER)

A los datos de radiación global recolectados en las estaciones, se les aplica un factor de ajuste / corrección, que resulta del proceso de calibración del sensor en la estación (es oportuno aclarar que en estas calibraciones no solo se calibra el sensor de radiación global, sino todo el sistema que incluye el cableado y la plataforma de la estación). Este proceso se realiza previo a la obtención de resultados estadísticos relacionados a la radiación global que genera el IDEAM.

El factor de ajuste es un valor numérico que debe dividir al dato medido de radiación global, para ajustarlo a un valor real, cercano al medido por el patrón utilizado en la calibración. En el “Formato Historial de Calibración de Sensores de Radiación Global Recibida en Superficie”, se presentan los valores para estos factores, siendo 1 (uno), el valor que más se acercaría al valor medido por el patrón utilizado.

Por otro lado, a gran parte de los sensores de radiación, se les realizó un cambio en el datalogger, entre el año 2016 y 2017. Este proceso trajo como resultado una mejora en la precisión y exactitud

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG-G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 3 de 17

de los datos medidos, pero afectó el factor de corrección de datos que había hasta ese momento. De acuerdo a lo anterior se garantiza que, con estos datos crudos mejorados, los resultados estadísticos que se obtengan van a ser de calidad, después de aplicarles el nuevo factor de corrección de datos y de aplicar los criterios de validación.

3.2. FENÓMENOS CLIMÁTICOS QUE INFLUYEN EN LA INFORMACIÓN

En algunos casos, para una determinada estación, el promedio anual de un año en particular, pueden presentar diferencias considerables con respecto al de otros años y al promedio anual multianual, en otras palabras, una anomalía. Lo más probable es que la anterior situación, obedezca a que en dicho año se presentó el fenómeno de El Niño o de La Niña y por lo tanto los respectivos promedios están acordes con la ocurrencia de dicho fenómeno.

Para confirmar que efectivamente, para un determinado año se presentó alguno de estos dos fenómenos, se debe consultar El Índice Niño Oceánico (ONI en inglés).

El Índice Oceánico del Niño (ONI) es el índice principal de la NOAA para rastrear la parte oceánica de ENSO, el patrón climático de El Niño-Oscilación del Sur.

El ONI es la anomalía de la temperatura promedio móvil de 3 meses (diferencia del promedio) en las aguas superficiales del Pacífico tropical centro-oriental, cerca de la línea de cambio de fecha internacional. Los trimestres con valores del índice de +0.5 o más altos indican la ocurrencia de El Niño. Los valores de -0.5 o menores indican la ocurrencia de La Niña. Para declarar la ocurrencia de alguno de estos dos fenómenos, se deben presentar cinco trimestres consecutivos con dicha condición.

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0	-1.0
2022	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8
2023	-0.7	-0.4	-0.1	0.2	0.5							

Figura 1. Cold & Warm Episodes by Season (NOAA, 2023)

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG-G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 4 de 17

Teniendo en cuenta lo anterior, para cada Estación Automática del IDEAM, el cálculo del porcentaje de anomalía en cada año, se debe hacer de la siguiente manera:

- Para cada año calcular la diferencia del promedio anual multianual con cada uno de los promedios anuales.
- El resultado anterior para cada año, se debe dividir por el valor del promedio anual multianual de la estación.
- Multiplicar por 100%, para expresar el resultado en términos de porcentaje.

Para cada estación, se deben colocar los anteriores resultados como se presenta en la Tabla 1:

Tabla 1. Cálculo de anomalía para las Estaciones Automáticas

Mes	Enero	Febrero	...	Diciembre	Promedio	Anomalía	Error (%)
Año							
Año 1					PARGS1	PAMRGS - PARGS1	$\frac{[PAMRGS - PARGS1]}{PAMRGS} \times 100\%$
Año 2					PARGS2		
:							
Año n					PARGSn		
PMMRGS					PAMRGS		

En donde:

PARGS: Promedio Anual de la Radiación Global Medida en Superficie

PMMRGS: Promedio Mensual Multianual de la Radiación Global Medida en Superficie

PAMRGS: Promedio Anual Multianual de Radiación Global medida en Superficie

- Las anomalías pueden tomar un valor positivo y negativo, indicando de esta forma la posible influencia del Fenómeno de Niño y de La Niña, respectivamente.
- Para las estaciones automáticas se dispone información entre el año 2005 y 2020 aproximadamente. Para este periodo, las anomalías más notorias se presentaron en los años 2010 y 2011, cuando fue más fuerte el Fenómeno de La Niña, en contraste con los años 2015 y 2016 en donde el Fenómeno de El Niño se presentó con mayor intensidad.

A continuación, en la Tabla 2, se presenta un ejemplo, en donde se calcula la anomalía para la Estación Tibaitatá, ubicada en el municipio de Mosquera en Cundinamarca.

Para ilustrar el Fenómeno de la Niña y en Niño, se toman como ejemplo los años 2011 y 2015 respectivamente, teniendo en cuenta la información que se muestra en la Figura 1.

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG- G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 5 de 17

Tabla 2. Cálculo de anomalía para la Radiación Solar serie histórica para la Estación Tibaitatá (Mosquera) en Wh/m² por día

Año	Mes	Enero	Febrero	...	...	Diciembre	Promedio	Anomalía	Error (%)
2005			4774,3			5141,2	4508,5	375,2	9,1
2006		4837,8	5721,9			3803,1	4149,9	16,6	0,4
2007		4284,6	5918,7			3867,8	3721,7	-411,6	-10,0
2008		4128,9	4277,1			4361,4	3634,3	-498,9	-12,1
2009		3600,3	4016,1			4812,6	3846,9	-286,4	-6,9
2010		5082,0	4627,6			3588,6	3669,2	-464,0	-11,2
2011		4987,0	3756,0			3696,2	3598,5	= 3598,5 - 4133,2 = - 534,7	$= \frac{ 3598,5 - 4133,2 }{4133,2} \times 100 \%$ = -12,9 %
2012		4332,5	5070,3			4600,1	4376,0	242,8	5,9
2013		5138,8	4076,6			4260,5	4419,4	286,1	6,9
2014		5229,4	4885,1			4394,0	4403,8	270,5	6,5
2015		5206,2	5074,3			4636,5	4452,0	= 4452,0 - 4133,2 = 318,7	$= \frac{ 4452,0 - 4133,2 }{4133,2} \times 100 \%$ = 7,7 %
2016		5858,4	4862,9			4022,7	4506,8	373,5	9,0
2017		4662,8	5355,5			4593,0	4330,4	197,1	4,8
2018		4486,6	4817,1			4884,3	4104,7	-28,5	-0,7
2019		4388,7	4696,6			4036,8	4134,4	1,2	0,0
2020									
2021									
PMMRGS		4745,0	4828,7	...	...	4313,3	4133,2		

De acuerdo a lo anterior, para la estación analizada, se puede determinar en forma general que las anomalías negativas más altas, con respecto al valor de referencia, es decir al Promedio Anual Multianual de Radiación Global medida en Superficie (PAMRGS), indican que para ese año se presentó el Fenómeno de La Niña. Por otro lado, las anomalías positivas más altas, muestran que posiblemente se presentó el Fenómeno de El Niño. La anterior situación puede ser contrastada con la información de la Figura 1.

En estos casos, se aceptaría la información solo si se ha confirmado la información en la manera en que se explicó.

En términos porcentuales, como se puede observar en la Tabla 2, el valor de las anomalías tanto para el Fenómeno de la Niña (2011) como del Niño (2105) son de -12,9 % y 7,7 % respectivamente.

Finalmente, y de acuerdo al porcentaje de error, se puede concluir que el Fenómeno de La Niña, es el que más incidencia en la variación de los datos de radiación, con respecto a la información de referencia.

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG-G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 6 de 17

3.3. COMPARACIÓN CON OTRAS ESTACIONES DEL IDEAM

Actualmente el IDEAM posee una red de Estaciones Meteorológicas Automáticas Satelitales - EMAS, que miden la radiación global, sin embargo, para algunas de ellas se dispone del respaldo de estaciones convencionales, que tuvieron sensor de radiación global (actinógrafo) en la misma ubicación. Por lo anterior, para realizar un análisis de contexto de la información final, se deben comparar los **Promedios Mensuales Multianuales y Anuales Multianuales** para las estaciones, donde se pueden presentar las siguientes situaciones:

- Para las estaciones que tienen el respaldo, se debe comparar los promedios en mención, más exactamente el Promedio Anual Multianual de la estación automática, con respecto al de la convencional. Un indicador para aceptar la estación automática, es que el error relativo, resultante de esta comparación, se encuentre por debajo del 5%, con respecto a la convencional.
- Para las estaciones automáticas que no dispongan del anterior respaldo, se debe analizar qué tan alto o bajo es el valor de la radiación global de la estación en estudio, con respecto al de estaciones convencionales cercanas. Teniendo en cuenta factores como la ubicación, orografía y condiciones locales, tanto para las estaciones analizadas, como las de referencia, se puede confirmar que la variación de esta magnitud sea lógica.

También teniendo solo información de las Estaciones Meteorológicas Automáticas Satelitales - EMAS, se pueden hacer análisis de la siguiente forma:

- Mediante los promedios mensuales de la radiación global acumulada diaria, se puede verificar que tan alejados o no están dichos resultados, respecto a los valores correspondientes a otros años y a los promedios mensuales multianuales en la misma.
- A través de las tablas de los promedios horarios mensuales multianuales de la radiación global, se permite hacer un análisis del comportamiento de la radiación global en las primeras horas de Sol en el día (de 5 a 7 a.m.) y hacia las últimas horas (de 5 a 7 p.m.), para ver la influencia del verano e invierno, principalmente del hemisferio norte (aunque en las estaciones más al sur del país se debe realizar el análisis con la influencia del verano e invierno del hemisferio sur) en la intensidad de la radiación a esas horas. También se determina en la tabla de los promedios horarios mensuales multianuales, para cada estación, el máximo valor horario de la radiación global durante el día y la hora de ocurrencia, en cada uno de los meses del año.

Las anteriores comparaciones se pueden realizar con estaciones de otras entidades, sin embargo, es necesario confirmar que estas se encuentren previamente calibradas.

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG-G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 7 de 17

3.4. COMPARACIÓN DIRECTA CON INFORMACIÓN MODELADA

3.4.1. Contextualización

Para contrastar los resultados obtenidos, con los esperados, se hace la comparación de la variable de radiación global, con la que tiene mayor relación, la cual es el brillo solar (Horas de Sol al Día - HSD)

En la literatura existen varios modelos empíricos utilizados para determinar la radiación solar global, los cuales se expresan como función empírica de parámetros, como las horas de Sol o la nubosidad, y parámetros meteorológicos. No obstante, los modelos estadísticos de radiación solar, durante muchos años, han sido una gran alternativa ante la falta de equipos especializados para medir este fenómeno; uno de los modelos iniciales es el de regresión de Ångström - Prescott (1924). Este modelo se basa en la relación entre la variable de radiación global y la de brillo solar.

De manera específica, el IDEAM, aplica el modelo de Ångström – Prescott de primer grado a los Promedios Mensuales Multianuales de los Acumulados Mensuales de Brillo Solar a una serie de estaciones, para así obtener los Promedios Mensual Multianuales de Radiación Global correspondientes. En el formato de los Promedios Mensuales y Anuales Multianuales para todas las Estaciones, se registra la información de Radiación Global obtenida de diversas fuentes, entre las cuales se encuentra también la proveniente de información modelada.

En diferentes trabajos, como el Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia (IDEAM, 2017), y a través de convenios financiados con entidades externas como la UPME, se han elaborado mapas del potencial solar, en donde se incluye información procedente de medición directa y la obtenida a partir de modelación de datos de brillo solar.

3.4.2. Comparación directa

Los promedios mensuales y anuales multianuales de cada estación de radiación global medida en superficie, se comparan con los promedios mensuales y anuales multianuales de radiación global que se obtienen de modelar los datos de brillo solar, medidos en esa misma estación meteorológica.

Cuando no existan valores para la variable de brillo solar, en la misma estación meteorológica, se toma la información de la estación más cercana, siempre y cuando se encuentre circunscripto en el mismo municipio y que además posea características similares de la zona, de donde se hace la medición de la radiación global.

Una vez generadas las salidas mencionadas, estas deben ser analizadas para su posterior aprobación y por ende el de las series de tiempo con que fueron calculadas.

Con los promedios mensuales y anuales multianuales de las estaciones modeladas, se procede a calcular el Error Relativo. La forma de cálculo es la siguiente:

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG-G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 8 de 17

$$\%Error = \frac{|PAMRGS - PAMRGSM|}{PAMRGS} \times 100\%$$

En donde:

PAMRGS: Promedio Anual Multianual de Radiación Global medida en Superficie

PAMRGSM: Promedio Anual Multianual de Radiación Global medida en Superficie Modelada

Para fácilmente hacer la comparación, se dispone de la Tabla 3, en donde para una estación meteorológica determinada, se tienen los Promedios Mensuales Multianuales y el Promedio Anual Multianual de Radiación Global medida en Superficie, que son obtenidos tanto de la medición automática como de la modelación.

Tabla 3. Comparación entre Estaciones Automáticas y Modeladas

	Enero	Febrero	Marzo	...	Diciembre	Promedio
Automática						PAMRGS
Modelada						PAMRGSM
Error (%)						Error %

De acuerdo a la literatura, se considera que un dato aceptable, cuyo porcentaje de error este debajo del 5%, con respecto a un valor teórico.

Es necesario resaltar que los datos originales de Radiación Global, son sometidos a un proceso de ajuste, la cual está determinada por un proceso previo de calibración del sensor que mide esta variable. Por esta razón, de entrada, los resultados estadísticos asociados a estos datos, se caracterizan por su precisión y exactitud, la cual es confirmada a través de la comparación con el brillo solar que se acaba de explicar.

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG-G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 9 de 17

4. ANÁLISIS DE COHERENCIA

Para garantizar la coherencia interna de la variable de la Radiación Global, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

4.1. CONSISTENCIA INTERNA DE LAS VARIABLES

Para verificar si efectivamente hay consistencia de la información obtenida de la estación automática, se compara su respectivo promedio anual multianual con el obtenido de la estación convencional. De esta forma, se verifica que, a pesar que estos resultados provienen de dos metodologías diferentes de medición, los resultados son consistentes. Dicha información se encuentra en el formato de los Promedios Mensuales y Anuales Multianuales para todas las Estaciones. Cabe aclarar, que las estaciones automáticas a las cuales se les cambiaron los Dataloggers, desde el año 2016, por unos de mejor calidad, generan información de radiación global mucho más confiable, después de validar y aplicar el factor de corrección de datos, que la generada por estaciones convencionales en la misma ubicación.

4.2. ACTUALIZACION DE LAS SERIES DE TIEMPO

Se dispone de un archivo en donde cada valor de radiación global, está asociado a una fecha, además del código respectivo de la estación.

Para actualizar las series de tiempo, se tiene en cuenta la fecha hasta donde están las series de tiempo validadas y cargadas en la plataforma DHIME, para que, a partir de ese momento, se empiece a migrar la última información disponible. Para garantizar que la nueva información que está siendo empalmada se haga de manera correcta, la plataforma DHIME cuenta con una serie de condiciones, como por ejemplo, el no cargar sobre información ya migrada, así que, si en este caso se requiere actualizar información de periodos anteriores, se debe hacer conforme a las instrucciones del Manual de Usuario de dicho sistema.

Por otro lado, es de tener en cuenta que algunas estaciones están sujetas a un cambio de factor de ajuste, por lo que el historial de dichos valores, así como la fecha de aplicación se registran en el **Formato Historial de Calibración Sensores de Radiación Global Recibida en Superficie**.

4.3. CRITERIOS DE VALIDACIÓN PARA LOS DATOS DE RADIACIÓN GLOBAL

Los criterios de validación para datos de radiación global, son una compilación de reglas y/o condiciones que deben cumplir todos los datos de radiación global, ya sean para su posterior difusión y entrega a los usuarios o para la generación de resultados estadísticos adicionales a partir de estos.

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG-G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 10 de 17

Teniendo en cuenta desde aspectos básicos sobre ciencia de datos, conceptos teóricos de radiación global y meteorología, acompañados de la revisión de información de radiación global en las estaciones de entidades como el IDEAM (automáticas, convencionales y SUTRON), CAR, Cenicaña, Cenicafe, IPSE y FEDEARROZ, se lograron establecer los siguientes criterios para validar la información:

Aspectos generales

- El principal objetivo de validar los datos de radiación global de cualquier tipo de sensor y sin importar la escala temporal en la cual se genera la información (cada dos, 10 o 30 minutos, horaria o diaria), es la de obtener el comportamiento promedio mensual de la radiación global acumulada diaria, que es lo que finalmente se plasma en los mapas de los atlas. Adicionalmente, si la información lo permite, se puede generar el promedio horario mensual de la radiación global a lo largo del año.
- Antes de empezar con el procedimiento de validación, se debe tener en cuenta que cualquiera de los criterios que se presentan a continuación, no tendrán mucha aplicación si la estación no ha sido calibrada previamente con un patrón secundario, que haya sido calibrado con un pirheliómetro de Cavidad Absoluta de primer orden de precisión, con certificación de la WRR, dada por el Centro Mundial de Radiación Solar de Davos Suiza.

Criterios de validación iniciales

Los siguientes criterios están enfocados a la depuración preliminar de los datos provenientes de estaciones automáticas y que son descargados directamente del software HYDRAS 3, con el fin de corregir algunas falencias y/o errores típicos, debidos a problemas relacionados con la medición, transmisión y el reporte de datos. Una vez realizado este proceso, las series de tiempo quedan listas para la aplicación del factor de ajuste.

- Cuando se tiene una hora sin valor de radiación, no tener en cuenta dicha hora, ni rellenar la celda con ceros o introducir valores que puedan afectar los promedios horarios o la radiación global acumulada diaria. Debido a lo anterior, esa fila se debe eliminar.
- Tratar de llevar todos los datos originales a nivel horario. Si los datos se generan cada 10 minutos, promediar los seis datos de la hora para obtener uno solo.
- Se ha observado, en la mayoría de las estaciones, principalmente durante el periodo 2005 – 2016 (fecha en la que se empezaron a cambiar los dataloggers), que la información de radiación global en horas de la noche, presenta valores en el rango de $-100 \text{ W}^*\text{h}/\text{m}^2$ a $100 \text{ W}^*\text{h}/\text{m}^2$, los cuales debieran de estar cercanos a cero debido a la ausencia de radiación solar. Por lo anterior, el valor más representativo de este desajuste se debe sumar o restar a los valores horarios de radiación del día respectivo. Como el valor de desajuste horario puede variar permanentemente, para un día en particular, se debe restar el valor de desajuste que más se repita en la noche (ejemplo, si en el reporte horario entre la 01:00 y 06:00 a.m. de la mañana y entre las 07:00 y 12:00 p.m. del día analizado, el valor de desajuste que más se repite es $35 \text{ W}^*\text{h}/\text{m}^2$, se debe restar el valor de 35 a todos los datos horarios de ese día en particular). De igual forma, en los casos cuando el desajuste sea menor a cero (negativo), se debe sumar el valor negativo que más se repita, a todos los datos horarios de ese día en particular. Lo anterior se debe realizar diariamente ya que el valor de desajuste puede variar

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG-G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 11 de 17

de un día a otro, buscando que se obtengan datos lo más cercanos a cero en el ajuste, durante la noche.

- Confirmar que no se presenten datos de radiación global negativos, a cualquier hora del día, al hacer el anterior ajuste. Si esto ocurre se debe sumar el valor correspondiente para que el dato de radiación quede en cero.
- Corregir las horas que no correspondan a la hora exacta. Por ejemplo, si aparece un dato de radiación en una hora diferente (ej: 8:05), se debe ajustar para que quede en la hora exacta (8:00) con su correspondiente valor de radiación.
- En forma similar si se están trabajando datos cada dos minutos y aparece una hora diferente con segundos (ej: 08:02:05), se debe ajustar para que quede sola la hora exacta (8:02:00) y solo una vez con su correspondiente valor de radiación.
- En algunos casos, para ciertas entidades, no hay correspondencia entre el valor de la radiación con la hora (por ejemplo, el dato horario entre las 6:00 y las 6:59, es muy alto y corresponde mejor a lo que ocurre entre las 7:00 y las 7:59; en este caso el dato de radiación está adelantado una hora), posiblemente por mala configuración del sistema que recibe los datos del sensor. En esta situación se debe ajustar la hora verdadera con el dato correspondiente.
- Eliminar datos en periodos de tiempo que presenten interrupciones o que no son continuos y lógicos, puesto que pueden venir de algún problema en el sensor o en la transmisión de los datos y muy probablemente no serían confiables. Se aconseja eliminar los datos que presenten este problema hasta que la serie vuelva a ser uniforme y lógica.
- Para cada hora debe existir un único valor de radiación, por lo cual, se deben eliminar horas que estén repetidas. Además, si existe más de un dato para una misma hora con diferentes órdenes de magnitud, se debe verificar cuál es el valor más acertado según el momento del día y lo ocurrido en la hora precedente y posterior.

Criterios de validación finales

Los siguientes criterios están relacionados al ajuste final de los datos, después de la aplicación de los anteriores criterios y del factor de ajuste respectivo, teniendo en cuenta los valores que puede tomar la variable desde el punto de vista teórico. Finalmente, los criterios que se presentan a continuación, tienen como objeto confirmar o descartar definitivamente algunos datos obtenidos.

- Ajustar cada dato de radiación global (dosminutal, horario o diario) aplicando el factor de ajuste respectivo específico para el sensor de radiación. Lo anterior se realiza dividiendo el dato por el factor.
- Eliminar datos horarios extremos por encima de $1100 \text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ (y de $1200 \text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ para datos dosminutales) solo después de realizar los anteriores ajustes. Este valor se tomó como el límite superior para todas las estaciones, determinándolo como el promedio para los máximos valores de radiación entre las estaciones analizadas que presentaban la mejor continuidad y calidad en cuanto a los datos y posteriores resultados. También para definir ese valor, se tomó en cuenta lo establecido por la WRR referente a la constante solar, la cual tiene un valor aproximado de: $I_0=1.367 \text{ W}/\text{m}^2$.

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG- G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 12 de 17

- A continuación, se definen valores máximos de radiación para cada hora del día, que sirven como referencia para el análisis de los datos:

- Entre las 06:00 a.m. y 07:00 a.m. no pueden dar valores mayores a $100 \text{ W}^*\text{h}/\text{m}^2$.
- Entre las 07:00 a.m. y 08:00 a.m. no pueden dar valores mayores a $200 \text{ W}^*\text{h}/\text{m}^2$.
- Entre las 08:00 a.m. y 09:00 a.m. no pueden dar valores mayores a $600 \text{ W}^*\text{h}/\text{m}^2$.
- Entre las 09:00 a.m. y 10:00 a.m. no pueden dar valores mayores a $750 \text{ W}^*\text{h}/\text{m}^2$.
- Entre las 10:00 a.m. y 02:00 p.m. no pueden dar valores mayores a $1100 \text{ W}^*\text{h}/\text{m}^2$.
- Entre las 02:00 p.m. y 03:00 p.m. no pueden dar valores mayores a $750 \text{ W}^*\text{h}/\text{m}^2$.
- Entre las 03:00 p.m. y 04:00 p.m. no pueden dar valores mayores a $500 \text{ W}^*\text{h}/\text{m}^2$.
- Entre las 04:00 p.m. y 05:00 p.m. no pueden dar valores mayores a $300 \text{ W}^*\text{h}/\text{m}^2$.
- Entre las 05:00 p.m. y 06:00 p.m. no pueden dar valores mayores a $100 \text{ W}^*\text{h}/\text{m}^2$.

Cabe anotar que los anteriores intervalos ayudan a tener un orden de magnitud y una referencia, pero hay que tener en cuenta algunas estaciones como casos especiales, cuyos valores pueden diferir a las demás, debido a que dichas estaciones pueden estar influenciadas por factores como la ubicación, aspectos geográficos, etc.

- Verificar cuando la radiación acumulada diaria (suma de la radiación horaria entre las 5am y las 7pm) sea menor de $1000 \text{ Wh}/\text{m}^2$ y cuando sobrepase los $8000 \text{ Wh}/\text{m}^2$. En este caso se debe realizar un análisis subjetivo por parte del curador de la variable, para confirmar que se dieron las condiciones ambientales necesarias para que se den dichos valores extremos de radiación global.
- Si hay valores de radiación extremos en algún periodo del día en comparación al mismo periodo para otros días, se deben confirmar con los datos dosminutales (en las estaciones donde se tenga esta información). Los valores de radiación solo deben ser descartados si hay cambios bruscos en cuanto al orden de magnitud y no haya forma de corroborarlos.
- Si hay pocos días con información de radiación global en el mes (menos de veinte días), en principio ese mes no se debe tener en cuenta en la obtención de los promedios del mes respectivo, por otra parte, si el promedio de un mes que tiene menos de 20 (veinte) días con información, es coherente con promedios para ese mismo mes de otros años, es aceptable dejarlo.
- Una forma de verificar que los resultados obtenidos son coherentes, es hacer una comparación del comportamiento de la variable de radiación global con la de brillo solar y precipitación. Para el anterior análisis, se sugiere que se haga con promedios mensuales multianuales de las variables mencionadas, esperando para la radiación global un comportamiento directo con el brillo solar y generalmente inverso con la precipitación. Lo anterior ayuda a determinar la existencia de errores en la validación de los datos y/o el correcto funcionamiento del sensor.
- Finalmente, se debe conocer muy bien el entorno donde está ubicada la estación para poder justificar el comportamiento mensual de la radiación global y las posibles diferencias con los comportamientos del brillo solar y la precipitación, ya que los sensores pueden estar influenciados por la ubicación de la estación (en zona de pendiente, plana, urbana, rural, entre otras), el clima (por ejemplo, si las lluvias se presentan en horas de la noche), los obstáculos alrededor, el tipo de plataforma colectora de datos de la estación, etc.

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG-G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 13 de 17

5. ANALISIS DE COMPARABILIDAD

5.1. COMPARABILIDAD CON OTRAS OPERACIONES ESTADÍSTICAS

La Operación Estadística de Radiación Global se compara con la información de Brillo Solar, cuya Operación Estadística se encuentra desarrollada en la Operación Estadística de Variables Meteorológicas (IDEAM, 2019a).

A manera de ilustración, en la Figura 3, se muestra la comparación gráfica de los promedios mensuales multianuales radiación global entre los años 2005 y 2022 y los promedios mensuales multianuales del acumulado mensual de brillo solar entre los años 1978 y 2016, para la Estación Zetaquirá, perteneciente al departamento de Cundinamarca:

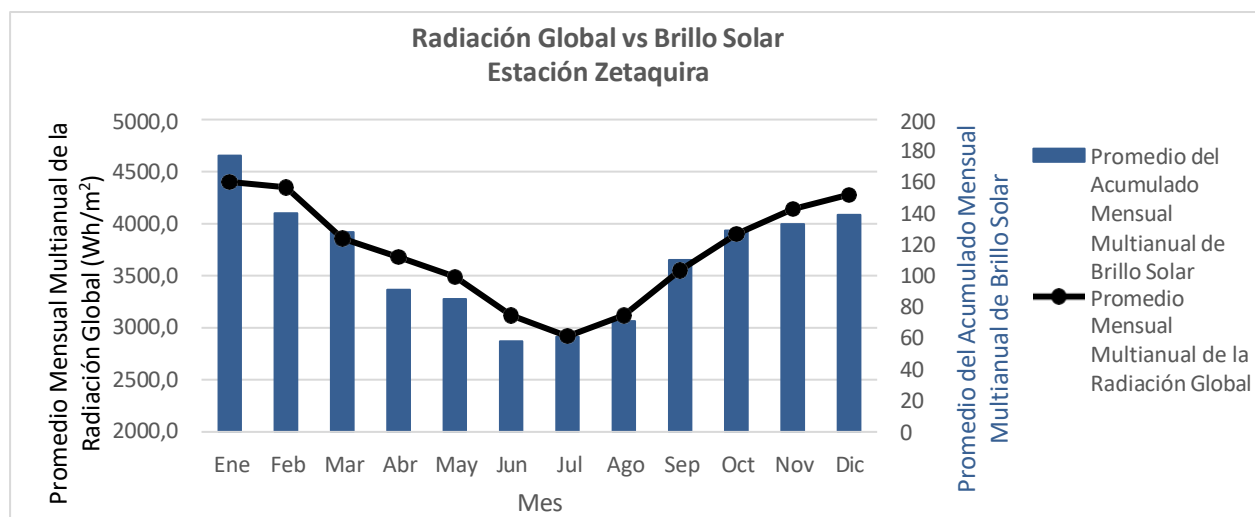


Figura 3. Comparación Radiación Global Vs. Brillo solar para la estación de Zetaquirá

El anterior análisis se realiza para todas las estaciones, en los archivos, en donde se hace la validación y el ajuste de los valores de radiación global con el respectivo factor de corrección de datos.

De acuerdo a lo anterior, para verificar la relación directa de estas variables con base a la información que el IDEAM trabaja, se propone una regresión lineal en donde se consideran el Promedio Mensual Multianual de Radiación Global con su correspondiente Promedio del Acumulado Mensual Multianual de Brillo Solar, para un grupo de ocho (8) estaciones, en donde se espera que el coeficiente de correlación sea cercano a uno.

En la Figura 4, finalmente se muestra la regresión lineal de estas dos variables, así como el correspondiente coeficiente de determinación (R^2):

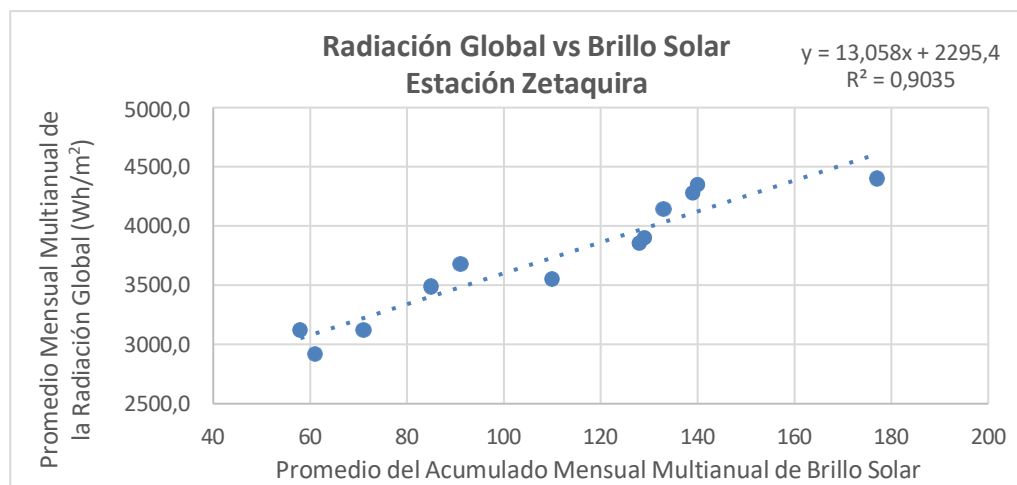


Figura 4. Regresión Lineal Radiación Global Vs. Brillo solar para la estación de Zetaquira

En el caso en que una estación en la que se mida la radiación global, no disponga de información de brillo solar, esta última se toma de la estación meteorológica más cercana.

En la Tabla 4, a manera de ejemplo, se presentan algunas estaciones tomadas para realizar dicha regresión, junto con los correspondientes coeficientes de determinación (R^2) y correlación (R).

Tabla 4. Coeficientes de determinación (R^2) y correlación (R)

Estación	Municipio	Departamento	R^2	R
Zetaquira	Zetaquira	Cundinamarca	0,9035	0,9505
Apto. Olaya Herrera	Medellín	Antioquia	0,7578	0,8705
Apto. El Dorado	Bogotá D.C.	Cundinamarca	0,8573	0,9259
San Vicente del Caguán	San Vicente del Caguán	Caquetá	0,7569	0,8700
Unipamplona	Pamplona	Norte de Santander	0,8091	0,8995
La Palomera	Puerto López	Meta	0,8702	0,9328
Arrayanales	Popayán	Cauca	0,6568	0,8104
Tunguavita	Tunguavita	Boyacá	0,9144	0,9562

5.2. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Antes de la publicación de los principales indicadores que se generan de la radiación global, se realizara una reunión con expertos para socialización de resultados en donde se les consulte entre otras cosas, si están de acuerdo o no con la información que se publicara en julio de cada año, así como conocer sus necesidades y expectativas en relación a la variable.

De dichas reuniones quedaran actas de trabajo firmadas.

De acuerdo a lo anterior, se considerarán como expertos entre otros, entidades o compañías, que desarrollen planes, programas y proyectos en el sector minero energético, campo dentro del cual

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG-G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 15 de 17

se encuentran los relacionados a la energía solar fotovoltaica, la cual a su vez corresponde a una Fuente No Convencional de Energía (FNCE).

El soporte de las anteriores reuniones, quedan registradas en Actas de trabajo y listas de asistencias (E-SGI-F002: ACTA DE REUNIÓN/AYUDA MEMORIA).

6. DOCUMENTOS RELACIONADOS

- Guía N.º 8 de la OMM: Este documento presenta recomendaciones para establecer el sistema de capacitación relacionado a la instalación, mantenimiento e inclusive calibración de los sensores que miden la radiación global con piranómetros. Esta Guía tiene por objeto: *“presentar las mejores prácticas, los procedimientos y las capacidades básicas de los instrumentos y sistemas a fin de ayudar a los Servicios Meteorológicos y a otros usuarios interesados que operan sistemas de observación a elaborar sus manuales y procedimientos”* (OMM, 2017, p. vii). Específicamente se solicita la revisión del Capítulo 1 y 7 de dicha guía, en donde se abordan las generalidades y la medición de la variable.
- Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia: documento de carácter técnico que incluye tanto aspectos relacionados con la explicación de los instrumentos de medición empleados, así como la metodología general para la calibración de los piranómetros, criterios de validación de los datos, presentación de resultados y mapas, normatividad relacionada, entre otros aspectos.
- Metodología de la Operación Estadística Información de la Radiación Global Recibida en Superficie: el presente documento muestra el proceso general para obtener información confiable de radiación solar global, desde la toma del dato, hasta la publicación de los resultados estadísticos finales, especificando todas las gestiones que se realizan, como también los recursos humanos y tecnológicos ligados a cada fase.
- Normas ISO: Compendio de normas enfocadas a la medición de la radiación global y la calibración de los piranómetros en campo, las cuales se especifican en el numeral 1.2.1.7 (Estándares estadísticos utilizados). Estas normas están enfocadas hacia el profesional que se vincule para realizar las calibraciones, pues para su contratación debe demostrar conocimiento y experiencia de trabajo en las mismas.
- Guía para la operación y mantenimiento de Estaciones Meteorológicas Convencionales (IDEAM, 2021a): contiene en un lenguaje claro las normas y procedimientos necesarios para realizar las actividades antes, durante y después de las visitas de inspección a las estaciones meteorológicas. Dentro de cada rutina se involucran todas las actividades inherentes a la consecución del objetivo fundamental en el manejo de la red de estaciones: su óptima operación y mantenimiento.

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG- G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 16 de 17

7. BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- DANE, (2013). *Plan de Mejoramiento variables meteorológicas* - IDEAM. Bogotá.
- DANE, (2020a), *Plan Estadístico Nacional, Actualización 2020-2022 (versión 2), Anexo B*, Bogotá, D.C.
- DANE, (2020b), *Lineamientos para el proceso estadístico en el Sistema Estadístico Nacional, Actualización 2020-2022 (versión 2)*, Bogotá, D.C.
- IDEAM, (2018). *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia*. Bogotá, D.C.
- IDEAM, (2019a). *Guía metodológica de la operación estadística variables meteorológicas*. Bogotá, D.C.
- IDEAM, (2019b). *Manual de Usuario Proyecto DHIME*. Bogotá, D.C.
- IDEAM, (2019c). *Manual de Usuario Consulta y Descarga de datos hidrometeorológicos*. Bogotá, D.C.
- IDEAM (2020a). *Diccionario Meteorológico* (agosto 2019). Recuperado desde: <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorol%C3%B3gico.pdf/6a90e554-6607-43cf-8845-9eb34eb0af8e>
- IDEAM, (2020b). *Acerca de la Entidad*. Recuperado desde: <http://www.ideam.gov.co/web/entidad/acerca-entidad>
- IDEAM, (2021a). *Guía para la operación y mantenimiento de las estaciones meteorológicas convencionales*. Bogotá, D.C.
- ISO 9059 (1990a). *Solar Energy – Calibration of Field Pyrheliometers by Comparison to a Reference Pyrheliometer*. Ginebra.
- ISO/TR 9901 (1990b). *Solar Energy – Field Pyranometers – Recommended Practice for Use*. Ginebra.
- ISO 9847 (1992). *Solar Energy – Calibration of Field Pyranometers by Comparison to a Reference Pyranometer*. Ginebra.
- ISO 9846 (1993). *Solar Energy – Calibration of a Pyranometer Using a Pyrheliometer*. Ginebra.
- ISO 9060, (2018). *Solar Energy – Specification and Classification of Instruments for Measuring Hemispherical Solar and Direct Solar Radiation*. Ginebra.
- Mudelsee, M. (2010). *Climate time series analysis*. Nueva York: Springer.
- NOAA, (2023). *Cold & Warm Episodes by Season*. Recuperado desde: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- OCDE, (2020). *Glossary of Statistical Terms*. Recuperado desde: <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=4622>
- OMM, (1989). *Cálculo de las normales estándares mensuales y anuales para un período de 30 años* (WMO/TD-No. 341). Ginebra.
- OMM, (1998). *Baseline Surface Radiation Network (BSRN): Operations Manual* (WMO/TD-No. 879). Ginebra. Recuperado desde: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=8885; <https://www.kippzonen.com/Download/418/BSRN-Operations-Manual-WCRP>.
- OMM, (2010). *Guía del Sistema Mundial de Observación* (OMM N° 488), Genève, Suiza.
- OMM, (2017). *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos* (OMM N.º 8), Genève, Suiza.

	GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EN LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “INFORMACIÓN DE LA RADIACIÓN GLOBAL RECIBIDA EN SUPERFICIE”	Código: GCI-RG-G001
		Versión: 02
		Fecha: 11/07/2025
		Página: 17 de 17

8. HISTORIAL DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Descripción
01	10/11/2022	Creación del documento
02	11/07/2025	Se actualiza el Formato de acuerdo con el memorando enviado por la OAP memorando 20251100097283 lineamientos para la actualización documental en el marco de la implementación del aplicativo suite visión. Pasa de M-GCI-G005 a GCI-RG-G001.

ELABORÓ:  Henry Oswaldo Benavides Ballesteros Profesional Especializado del Grupo de Climatología y Agrometeorología Subdirección de Meteorología	REVISÓ:  Helmer Alexis Guzmán López Coordinador del Grupo de Climatología y Agrometeorología Subdirección de Meteorología	APROBÓ:  Hugo Armando Saavedra Umba Subdirector de Meteorología Subdirección de Meteorología
---	--	--