

# Protocolo para la Aplicación de la Metodología de Ajuste de las Series de Datos para Plantas Solares Fotovoltaicas

Julio 11, 2023

## **Autores:**

María Alejandra Vargas Torres.

Camilo Andrés Sedano Quiroz, M.Sc.

Nelson Andrés Salazar Peña, M.Sc.

Oscar David Salamanca Gómez, M.Sc.

Andrés Leonardo González Mancera, Ph.D.

| <b>Revisión<br/>Revisión</b> | <b>Fecha<br/>Fecha</b> | <b>Descripción<br/>Descripción</b>                                                           |
|------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0                            | 2023-06-09             |                                                                                              |
| 1                            | 2023-07-11             | Se revisó de acuerdo a los comentarios públicos y acuerdos al interior del grupo de trabajo. |

## **1. Objetivo**

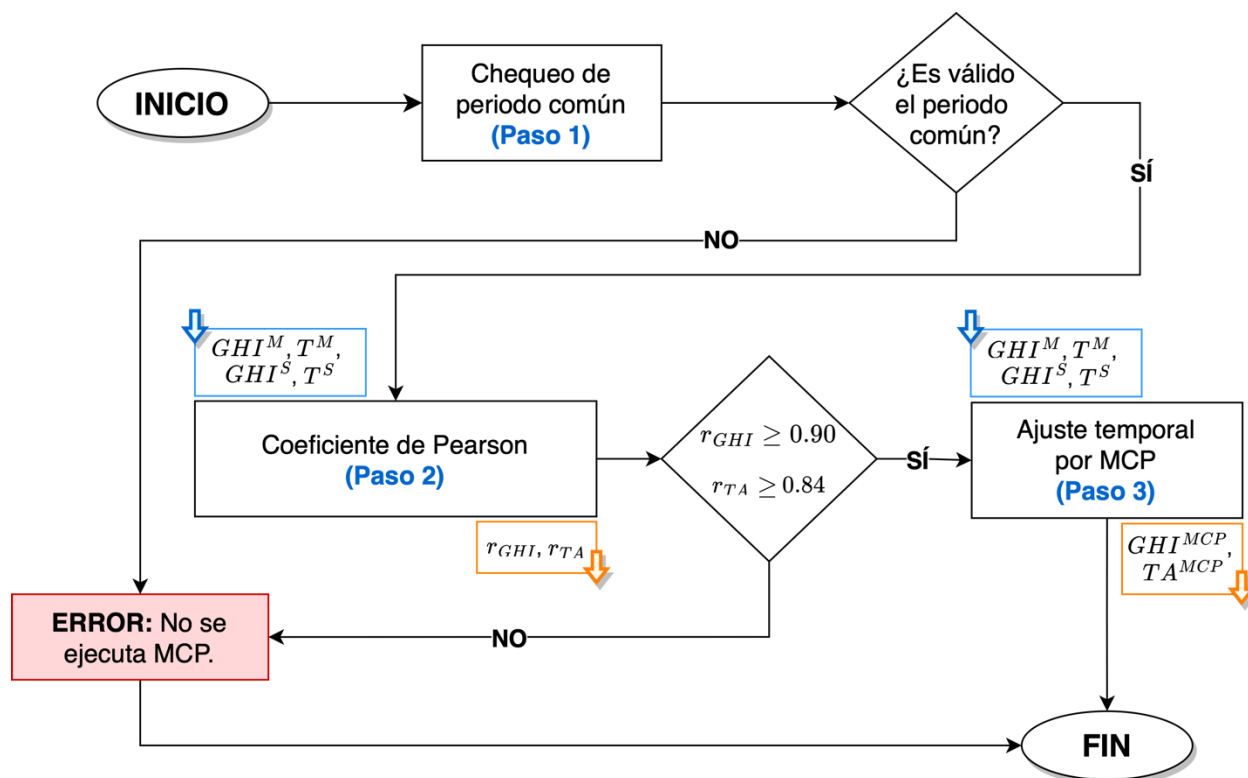
El presente protocolo define la metodología para la reconstrucción de las series de datos de irradiancia global horizontal y temperatura ambiente para plantas solares fotovoltaicas conforme con lo establecido en Numeral 4 del Artículo 3 de la Resolución CREG 101 007 de 2023.

## **2. Ámbito de aplicación**

Plantas de generación solar fotovoltaica que van a participar en algún mecanismo de asignación de obligaciones del cargo por confiabilidad de que trata la Resolución CREG 071 de 2006 (o aquellas que la modifiquen, adicionen o sustituyan), a plantas solares fotovoltaicas que apliquen procedimientos relacionados con asignación de obligaciones del cargo por confiabilidad, y a plantas solares fotovoltaicas que tengan Obligaciones de Energía Firme (OEF) previamente asignadas a la expedición de la presente resolución.

## **3. Metodología de reconstrucción de las series de datos de irradiancia global horizontal y temperatura ambiente**

Para la reconstrucción de las series de datos de irradiancia global horizontal (GHI, por sus siglas en inglés) y temperatura ambiente (TA), dichas series de datos deben haber sido adquiridas conforme con lo dispuesto en el Acuerdo CNO 1724 de 2023 o aquel que lo modifique o sustituya y el Acuerdo CNO 1725 de 2023 o aquel que lo modifique o sustituya.



**Figura 1.** Diagrama de flujo de la metodología MCP. Los superíndices *M* y *S* corresponden a las series de datos de medición en sitio y fuente secundaria, respectivamente.

### 3.1. Corroboración de aplicabilidad

#### 3.1.1. Chequeo de periodo común

El punto de partida para la metodología de reconstrucción histórica de las series de datos de GHI y TA son:

1. Información de referencia de largo plazo ( $\geq 10$  años); típicamente corresponde a la serie de datos de la fuente secundaria (*S*). **Dicha fuente secundaria debe ser la suministrada por la entidad reconocida y no puede ser modificada ni ajustada previo a la aplicación de este protocolo.**
2. Información de corto plazo medida adecuadamente en la ubicación objetivo por al menos ( $\geq$ ) 1 año consecutivo; típicamente corresponde a la serie de datos de medición en sitio (*M*).

A partir de las series de datos de medición en sitio (*M*) y fuente secundaria (*S*), se debe verificar que:

1. Existe un periodo común entre la serie de datos de medición en sitio y la serie de datos de la fuente secundaria (las dos series de datos a una misma altura).

2. El periodo común es mínimo ( $\geq$ ) de 1 año.

**Si alguno de los dos ítems previos no se cumple, no se continúa con la metodología MCP.**

### **3.1.2. Coeficiente de Pearson**

El nivel de correlación es cuantificado con el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) a partir de las series de datos de medición en sitio y fuente secundaria durante el periodo común (mínimo un año en resolución horaria).

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2(y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Donde el subíndice  $i$  corresponde a cada valor en la serie de datos,  $x$  corresponde a la información de la serie de datos de medición en sitio y  $y$  corresponde a la información de la serie de datos de la fuente secundaria.

El límite inferior aceptado del parámetro  $r$  es 0.9 para series de datos de irradiancia global horizontal (i.e.,  $r_{GHI} \geq 0.9$ ) y 0.84 para series de datos de temperatura ambiente (i.e.,  $r_{TA} \geq 0.84$ ), de acuerdo a lo establecido en el Numeral 3 del Artículo 3 de la Resolución CREG 101 007 de 2023. De esta manera se garantiza que la fuente secundaria captura las condiciones meteorológicas en tierra.

## **3.2. Procedimiento de reconstrucción histórica con metodología MCP**

El modelo relación de varianzas para la aplicación de la metodología MCP utiliza una relación entre la varianza de ambas series de datos (i.e., fuente secundaria y medición en sitio) con lo que es posible realizar un ajuste lineal que mantiene la varianza de la serie de datos de medición en sitio. Adicionalmente, es necesario corregir las horas en las que la GHI no está presente, ajustando los datos a cero.

Una vez se establece el ajuste lineal por el modelo de relación de varianzas es posible reconstruir la serie de datos de medición en sitio para el periodo de largo plazo requerido (i.e.,  $\geq 10$  años).

La reconstrucción temporal de la serie de datos de GHI se realiza mediante la Ecuación 2.

$$GHI_i^{MCP} = \left( \overline{GHI}^M - \frac{\sigma_{GHI}^M}{\sigma_{GHI}^S} \cdot \overline{GHI}^S \right) + \left( \frac{\sigma_{GHI}^M}{\sigma_{GHI}^S} \cdot GHI_i^S \right) \quad (2)$$

Donde:

- **$\overline{GHI}^M$** : Variable que almacena el promedio de la irradiancia global horizontal de la serie de datos de medición en sitio.
- **$\sigma_{GHI}^M$** : Variable que almacena la desviación estándar muestral de la irradiancia global horizontal de la serie de datos de medición en sitio.
- **$\overline{GHI}^S$** : Variable que almacena el promedio de la irradiancia global horizontal de la serie de datos de la fuente secundaria únicamente para el periodo común.
- **$\sigma_{GHI}^S$** : Variable que almacena la desviación estándar muestral de la irradiancia global horizontal de la serie de datos de la fuente secundaria únicamente para el periodo común.
- **$GHI_i^S$** : Irradiancia global horizontal de la serie de datos de la fuente secundaria para la estampa temporal  $i$ .

La reconstrucción temporal de la serie de datos de TA se realiza mediante la Ecuación 3.

$$TA_i^{MCP} = \left( \overline{TA}^M - \frac{\sigma_{TA}^M}{\sigma_{TA}^S} \cdot \overline{TA}^S \right) + \left( \frac{\sigma_{TA}^M}{\sigma_{TA}^S} \cdot TA_i^S \right) \quad (3)$$

Donde:

- **$\overline{TA}^M$** : Variable que almacena el promedio de la temperatura ambiente de la serie de datos de medición en sitio.
- **$\sigma_{TA}^M$** : Variable que almacena la desviación estándar muestral de la temperatura ambiente de la serie de datos de medición en sitio.
- **$\overline{TA}^S$** : Variable que almacena el promedio de la temperatura ambiente de la serie de datos de la fuente secundaria únicamente para el periodo común.
- **$\sigma_{TA}^S$** : Variable que almacena la desviación estándar muestral de la temperatura ambiente de la serie de datos de la fuente secundaria únicamente para el periodo común.
- **$TA_i^S$** : Temperatura ambiente de la serie de datos de la fuente secundaria para la estampa temporal  $i$ .

La desviación estándar muestral se calcula con la Ecuación 4, siendo  $x$  la serie de datos,  $\bar{x}$  el promedio de la serie de datos y  $n$  la cantidad de datos que componen dicha serie.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4)$$

### 3.3. Reporte de reconstrucción temporal histórica

La reconstrucción temporal histórica de las series de datos de GHI y TA ( $\geq 10$  años en resolución horaria) debe ser incluida en el Formato 24.1 del Artículo 19 de la Resolución CREG 101 007 de 2023. Para los períodos de tiempo en los que se cuenta con datos medidos en sitio, éstos deben ser reportados en lugar de los datos de la serie reconstruida.

**Tabla 1.** Reconstrucción temporal histórica de irradiancia global horizontal ( $GHI^{MCP}$ ) y temperatura ambiente ( $TA^{MCP}$ ) para 10 años en resolución horaria.

| Año       | Mes | Día | Hora | $GHI^{MCP}$<br>(kW/m <sup>2</sup> ) | $TA^{MCP}$<br>(°C) |
|-----------|-----|-----|------|-------------------------------------|--------------------|
| 20XX – 10 | 12  | 1   | 0    |                                     |                    |
| 20XX – 10 | 12  | 1   | 1    |                                     |                    |
| 20XX – 10 | 12  | 1   | 2    |                                     |                    |
| ⋮         | ⋮   | ⋮   | ⋮    | ⋮                                   | ⋮                  |
| 20XX – 10 | 12  | 1   | 23   |                                     |                    |
| 20XX – 10 | 12  | 2   | 0    |                                     |                    |
| 20XX – 10 | 12  | 2   | 1    |                                     |                    |
| 20XX – 10 | 12  | 2   | 2    |                                     |                    |
| ⋮         | ⋮   | ⋮   | ⋮    | ⋮                                   | ⋮                  |
| 20XX – 10 | 12  | 2   | 23   |                                     |                    |
| ⋮         | ⋮   | ⋮   | ⋮    | ⋮                                   | ⋮                  |
| 20XX – 10 | 12  | 31  | 0    |                                     |                    |
| 20XX – 10 | 12  | 31  | 1    |                                     |                    |
| 20XX – 10 | 12  | 31  | 2    |                                     |                    |
| ⋮         | ⋮   | ⋮   | ⋮    | ⋮                                   | ⋮                  |
| 20XX – 10 | 12  | 31  | 23   |                                     |                    |
| ⋮         | ⋮   | ⋮   | ⋮    | ⋮                                   | ⋮                  |
| 20XX      | 11  | 30  | 0    |                                     |                    |
| 20XX      | 11  | 30  | 1    |                                     |                    |
| 20XX      | 11  | 30  | 2    |                                     |                    |
| ⋮         | ⋮   | ⋮   | ⋮    | ⋮                                   | ⋮                  |
| 20XX      | 11  | 30  | 23   |                                     |                    |