

Bogotá, 25 de noviembre de 2016

Doctor
GERMAN CASTRO FERREIRA
Director
COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS – CREG
Bogotá

Asunto: Respuesta a comunicación CREG con número de radicado S-2016-008951 del 31 de octubre de 2016

Respetado doctor Castro:

El Consejo Nacional de Operación en ejercicio de las funciones de la Ley 143 de 1994, de manera atenta da respuesta a la siguiente solicitud:

“En la actualidad la CREG vienen (SIC) analizando la propuesta remitida por CON para ajustar la metodología para el cálculo de la ENFICC de plantas de generación eólicas contenida en la Resolución CREG 061 de 2015.

En lo que respecta al nivel de agregación de las series de velocidad de viento (pág. 2), la propuesta del CNO señala:

“No se aceptará una correlación menor de 0,7 entre la información medida en la estación y la información secundaria utilizada para generación de la serie mensual de vientos”

Al respecto, les solicitamos nos informen las justificaciones y análisis que soportan la definición del anterior límite.”

RESPUESTA:

Cabe destacar que la frase mencionada se encuentra en el contexto completo de la propuesta que hizo el CNO a la CREG, como se ve a continuación:

"b. Nivel de agregación de las series de velocidad de viento: Para la obtención de la serie de velocidades de viento mensuales extrapolados a 10 años, se propone que dentro de los estudios de potencial eólico y producción energética asociada al parque eólico, se defina el mejor nivel o grado de agregación, teniendo en cuenta la información de la(s) estación(es) en el área del proyecto así como las fuentes de información disponibles reconocidas en el mercado eólico (MERRA, NCEP, Reanálisis, etc), en caso de ser necesarias. No se aceptará una correlación menor de 0,7 entre la información medida en la estación y la información secundaria utilizada para generación de la serie mensual de vientos."

En primer lugar, consideramos necesario precisar el término "correlación" usado en la comunicación del CNO así: el parámetro de referencia para medir la "correlación" es el coeficiente de determinación (r^2) y no el coeficiente de correlación (r) como podría interpretarse.

Al recomendar que no se aceptará una correlación menor de 0.7 entre la información medida en la estación y la información secundaria utilizada para generación de la serie mensual de vientos, se está hablando del Coeficiente de Determinación (r^2), definido como el cuadrado del Coeficiente de Correlación (Coeficiente de Pearson).

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2} \sqrt{\sum y^2}}$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2}} \quad (13.3)$$

La expresión 13.3 (o equivalentes) se conoce como el *coeficiente de correlación lineal producto momentos de Pearson*.

Ilustración 1: Coeficiente de Correlación o Pearson (r)

El coeficiente de determinación de 0.70 (r^2) propuesto por el CNO, que equivale a un coeficiente de correlación (r) de 0.84, está calificado como una "correlación fuerte" entre dos variables. El r^2 mínimo de 0.70 propuesto se basa en el conocimiento que se tiene

de los mínimos aceptables utilizados por la industria eólica para el manejo de este tipo de datos.

Tabla 13.6 Correlación lineal entre dos variables

Valores de r	Tipo y grado de correlación
-1	Negativa perfecta
$-1 < r \leq -0.8$	Negativa fuerte
$-0.8 < r < -0.5$	Negativa moderada
$-0.5 \leq r < 0$	Negativa débil
0	No existe
$0 < r \leq 0.5$	Positiva débil
$0.5 < r < 0.8$	Positiva moderada
$0.8 \leq r < 1$	Positiva fuerte
1	Positiva perfecta

Ilustración 2: Grado de Correlación entre 2 variables según su coeficiente de correlación (r)

Fuentes Ilustración 1 y 2: http://www.mcgraw-hill.com.mx/pye01e/cap13/13analisis_de_correlacion_y_regresion.pdf

Ponemos a consideración de la CREG el ejercicio basado en realizar la prueba de significancia, que consiste en evaluar la significancia del coeficiente de correlación, para lo que se consideraron diferentes longitudes de serie y valores de r y r^2 . Se encontró por ejemplo que cuando se tienen 12 datos (valores mínimos requeridos para un año de muestras) y un r^2 de 0.70, para los tres niveles de significancia analizados (0.05, 0.01 y 0.001) se acepta la hipótesis de que las variables están correlacionadas. También se puede observar que para el coeficiente de determinación sugerido por el CNO ($r^2 \geq 0.70$) se estaría aceptando la correlación entre las variables para todos los tamaños muestrales analizados y los niveles de significancia.

r^2	0.98	0.90	0.81	0.72	0.64	0.50	0.40	0.30	0.25	0.20	0.16	0.12	0.09	0.05	0.01	0.001	0.98	0.90	0.81	0.72	0.64	0.50	0.40	0.30	0.25	0.20	0.16	0.12	0.09	0.05	0.01	0.001
n/r	-0.99	-0.95	-0.90	-0.85	-0.80	-0.55	-0.50	-0.45	-0.40	-0.35	-0.30	-0.25	-0.20	-0.15	-0.10	-0.05	-0.99	-0.95	-0.90	-0.85	-0.80	-0.55	-0.50	-0.45	-0.40	-0.35	-0.30	-0.25	-0.20	-0.15	-0.10	-0.05
12	-22.19	-9.62	-6.53	-5.10	-4.22	-2.08	-1.83	-1.59	-1.38	-1.18	-0.99	-0.83	-0.69	-0.57	-0.46	-0.36	-22.19	-9.62	-6.53	-5.10	-4.22	-2.08	-1.83	-1.59	-1.38	-1.18	-0.99	-0.83	-0.69	-0.57	-0.46	-0.36
12	Si Hay	Si Hay	Si Hay	Si Hay	Si Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	Si Hay	Si Hay	Si Hay	Si Hay	Si Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay	No Hay

Ilustración 3: Prueba de significancia del coeficiente de correlación

Cabe destacar que en todo caso el valor que se propone de 0.7 para el r^2 , es el mínimo aceptable, si bien al evaluar las diferentes estaciones de referencia disponibles para poder extrapolar a 10 años se considerará cuál de ellas ofrece una mejor correlación, asociada al nivel de agregación correspondiente. En la industria eólica para extrapolar las series de viento medidas se suele hacer un análisis de correlación, donde se consideran todas las opciones disponibles y validas de estaciones de referencia para llegar al mejor resultado posible.

En todo caso, el objetivo siempre es conseguir la mejor correlación, determinación y grado de agregación posible que permita la menor incertidumbre asociada a la estimación de generación.

En la propuesta del CNO a la CREG, el dictaminador técnico debe verificar y conceptuar sobre la metodología empleada para el cálculo de la ENFICC, incluyendo el grado de determinación (r^2) para extrapolar la series de viento, lo que permitirá tener una revisión y garantías a la CREG de que se está utilizando en cualquier caso la mejor opción para llegar al valor más preciso de la ENFICC.

Se debe destacar que la función del Dictaminador Técnico es fundamental para garantizar que se ha utilizado el mejor procedimiento posible para llegar siempre a la mejor extrapolación y metodología, al ser un consultor independiente y con amplia experiencia para dar las máximas garantías al valor de ENFICC estimado.

Quedamos pendientes de cualquier aclaración adicional que se requiera.

Cordial saludo,



Alberto Olarte Aguirre
Secretario Técnico