

Protocolo 5. Capacidad Efectiva Neta de Parques Eólicos

Universidad de los Andes - Consejo Nacional de Operación (CNO)

Rv.5

24 de junio de 2020

1. Definición Capacidad Efectiva Neta (CEN)

De acuerdo con la resolución CREG 116 de 1996 [1], la adición realizada a la misma en la resolución CREG 074 de 1999 [2] y las modificaciones subsecuentes CREG 059 de 1999 [3], CREG 081 del 2000 [4] y CREG 074 de 2002 [5], la Capacidad Efectiva Neta - CEN está definida como la: *“Máxima capacidad de potencia neta (expresada en valor entero en MW) que puede suministrar una planta y/o unidad de generación en condiciones normales de operación medida en la frontera comercial. Se calcula como la capacidad nominal menos el consumo propio de la planta y/o unidad de generación.”*

1.1. Plantas nuevas

1.1.1. Con información medida en sitio

En línea con lo establecido en la resolución CREG 071 de 2006 [6] y en el acuerdo CNO 512 de 2010 [7], la capacidad efectiva neta (CEN) para plantas eólicas que no hayan entrado en operación será el **mínimo entre la capacidad declarada en el contrato de conexión (Pot_{CC}) y el valor en potencia equivalente a 0.01 % PSS¹ (Pot_{CEN})**, establecido a partir de la curva de excedencia de generación teórica para los últimos 10 años en resolución horaria, ecuación 1.

$$CEN = \min(Pot_{CEN}, Pot_{CC}) \quad (1)$$

Metodología de cálculo

Para la definición proporcionada y entendiendo “condiciones normales” como la correcta operación de la planta y la operación de la red de transmisión sin restricciones, se calcula la potencia máxima entregada por la planta a partir de la generación histórica calculada como parte del procedimiento de cálculo de energía en firme, ENFICC.

Como se ha comentado en los anteriores protocolos, la reconstrucción histórica por un periodo igual o superior a 10 años busca establecer el comportamiento típico del recurso y la generación de un proyecto, asociado a las características climáticas específicas de la zona (ver Protocolo 4).

¹0.01 % PSS, corresponde al valor asociado al 0.01 % de Probabilidad de Ser Superado calculado a partir de la curva de excedencia de generación de la planta. Esta se ubicará cercana a la máxima potencia de generación histórica reportada durante el periodo de análisis.

La disponibilidad de información y el modelo de parque utilizado por cada uno de los agentes², permite además, establecer razonablemente la generación máxima entregada por la planta durante el periodo de análisis requerido. La generación máxima puede ser establecida como el cuantil 99.99 %, equivalente al valor 0.01 %PSS, de la curva de excedencia elaborada a partir de la generación histórica en resolución horaria y según la ecuación 2.

Es importante recordar que la Resolución CREG 167 de 2017 establece que los valores para el cálculo de la energía en firme deben ser expresados en MWh/día a partir del promedio mensual de generación obtenido según el modelo de parque. Para el cálculo de la CEN se establece el uso del modelo de generación, esta vez en resolución horaria, para calcular la energía generada durante los 10 años de información. En consecuencia, la serie deberá contener 87600 datos horarios, si no se incluyen días bisiestos, o superior si se incluyen. A partir de esta serie de datos se tomará el valor correspondiente al 0.01 % PSS.

Para facilitar el cálculo de la CEN el aplicativo desarrollado en esta serie de protocolos permite descargar la generación del parque en resolución horaria para los 10 años de información reconstruida, según imagen 1. Sin embargo, esta opción no restringe el uso de otros modelos de parque comerciales, únicamente exige aportar la serie de datos de generación en resolución horaria por el periodo de referencia.

El procedimiento matemático consiste en calcular a partir de la serie de generación en (MWh) para los últimos 10 años de información el valor con un 0.01 % PSS. Sobre este valor numérico se calcula la capacidad en unidades de potencia enteras según la ecuación 2. Adicionalmente, se debe comparar el valor obtenido contra la capacidad reportada en el contrato de conexión (Pot_{CC}) y seleccionar el menor de estos según la ecuación 1.

$$Pot_{CEN} = \frac{0.01 \% PSS(MWh)}{1h} \quad (2)$$

A manera de ejemplo, se presentarán los resultados obtenidos para el parque de prueba con el que se evaluó el desempeño del protocolo 2, modelo de parque y función de conversión. El parque está localizado al norte de la Guajira, con una capacidad instalada de 117.5 MW.

Para el caso utilizado como ejemplo, figura 2, el valor 0.01 % PSS corresponde a 112 MWh que a su vez representa una potencia de 112 MW, (ver ecuación 3)

$$CEN = \frac{111.89MWh}{1h} = 111.89(MW) \approx 112(MW) \quad (3)$$

1.1.2. Sin información medida en sitio

Para plantas nuevas sin información, la capacidad efectiva neta CEN se tomará como el **mínimo entre la potencia reportada en el contrato de conexión (Pot_{CC}) y la potencia nominal del proyecto descontada por el máximo consumo propio de las plantas que hayan reportado información (Pot_{Nk})**, según la ecuación 4 ³. El parámetro de penalización

²La correcta estimación de la energía generada a partir de un modelo de parque, ya sea comercial o el desarrollado en el Protocolo 2, deberá ser avalada por un dictaminador técnico aceptado por el CNO

³Esta definición será revisada y evaluada por el regulador en el momento en que se cuente con mayor información.

Cálculo de la Energía Firme en Plantas Eólicas

ENFICC - Energía Eólica Introducción y Guía de Uso Carga y Visualización de Datos: Mediciones en Sitio Carga y Visualización de Datos: Parque, Turbinas y Fuelle

Paso 1: Densidad en Sitio y Corrección de Curvas de Potencia y Empuje por Densidad

Paso 2: Cálculo de Cortante del Viento

Paso 3: Extrapolación Temporal de Velocidad y Dirección (MCP)

Paso 4: Ejecución de Modelo de Parque

Paso 5: Cálculo de Energía Generada Mensual

En este paso se calcula la Energía Generada por Turbina en MWh en frecuencia de 1 hora. **RECUERDE:** Si ya ejecutó el Paso 4 en una ocasión anterior y ya posee información de generación horaria, puede descargarla directamente desde el botón.

Subir Archivo Requerido para la Ejecución de este Paso

Calcular Energía Generada del Parque Eólico

Descargar Energía Horaria Generada por Cada Turbina en MWh

Descargar Información: Cálculo CEN para Plantas Nuevas en MWh

Descargar Energía Mensual Generada por el Parque en MWh/día

Figura 1: Información de generación horaria, aplicable al cálculo de Capacidad Efectiva Neta (CEN).

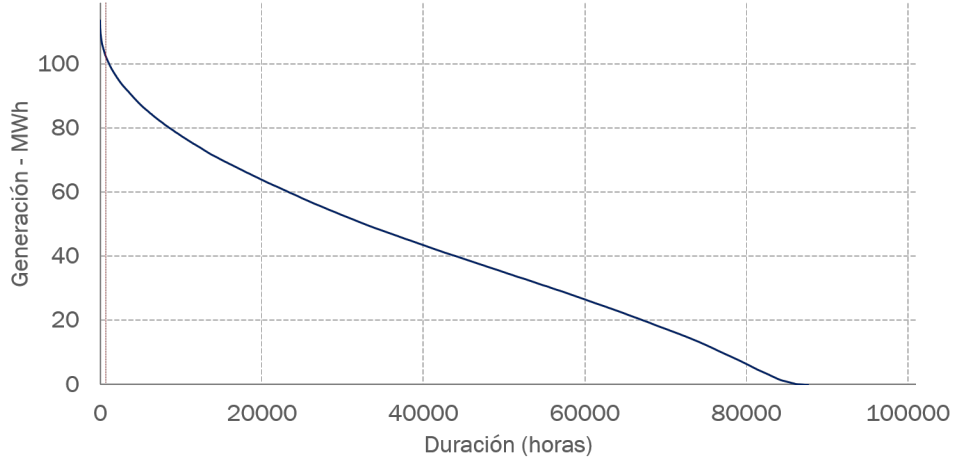


Figura 2: Curva de excedencia para el parque base de validación, Protocolo 2. *Duración hace referencia al número de horas que cierto nivel de generación es excedido durante la ventana de tiempo considerada, en este caso 10 años.*

asociado al autoconsumo máximo será calculado por el CNO (Consejo Nacional de Operaciones) según las ecuaciones 6 y 7.

$$CEN = \min(Pot_{CC}, Pot_{Nk}) \quad (4)$$

Metodología de cálculo

En la ecuación 4, el término Pot_{Nk} hace referencia a la potencia nominal de la planta, afectada por un porcentaje de consumo propio k_p . Dicho parámetro será calculado por el CNO según la ecuación 5, como la mínima relación entre la CEN y la Pot_N de las plantas que hayan reportado su CEN con base en datos medidos.

$$Pot_{Nk} = n \times P_N \times k_p \quad (5)$$

Dónde:

Pot_{Nk} , es la potencia de la planta descontando un valor de consumo propio

n , es el número de turbinas de la planta

P_N , es la potencia nominal de cada turbina

k_p , es el valor mínimo del coeficiente k_i calculado para las plantas registradas con información medida en sitio, según las ecuaciones 6 y 7.

$$k_p = \min(k_1, k_2, \dots, k_i, \dots, k_N) \quad (6)$$

$$k_i = \left(\frac{CEN_i}{Pot_{N,i}} \right) \quad (7)$$

Donde:

k_i , representa la relación entre la CEN y la Pot_N de la planta i . El auto consumo de la planta i es entonces equivalente a $1 - k_i$

CEN_i , corresponde a la capacidad efectiva neta de la planta i

$Pot_{N,i}$, es la potencia nominal de la planta i . Es decir, la capacidad de cada aerogenerador multiplicada por el número de aerogeneradores que componen la planta i

N , es la cantidad de plantas que hayan registrado CEN calculada a partir de información medida en sitio para la fecha en la que se realiza el cálculo.

Ejemplo práctico

Con la intención de hacer evidente la relación entre el máximo autoconsumo y el mínimo valor del parámetro k_i , se presenta a continuación un ejemplo hipotético.

Se consideran tres plantas con igual capacidad instalada $Pot_N = 100MW$, estas reportaron su CEN a partir de cálculos con información medida en sitio como: $CEN_1 = 92MW$, $CEN_2 = 90MW$ y $CEN_3 = 85MW$. En este caso particular la planta 1 tiene el menor porcentaje de autoconsumo (8%), mientras que la planta 3 tiene el mayor porcentaje de autoconsumo (15%). Sin embargo, al calcular la relación presentada en la ecuación 7, la planta 1 tendrá el valor máximo y la planta 3 el valor mínimo.

De esta forma, el procedimiento de cálculo del valor k_p con el que será afectada una cuarta planta sin información en sitio será:

1. Cálculo del k_i para cada una de las plantas con información medida en sitio, según ecuación 7

$$k_1 = \frac{92MW}{100MW} = 0.92$$

$$k_2 = \frac{90MW}{100MW} = 0.90$$

$$k_3 = \frac{85MW}{100MW} = 0.85$$

2. Definir el vector de valores k

$$k = [0.92, 0.90, 0.85]$$

3. Establecer k_p como el mínimo valor del vector k_i , según ecuación 6

$$k_p = \min(k) = \min([0.92, 0.90, 0.85])$$

$$k_p = 0.85$$

4. Calcular la CEN de una cuarta planta sin información, en este caso se asume una capacidad instalada $Pot_N = 150MW$

$$CEN_4 = k_p \times Pot_{N,4} = 0.85 \times 150MW$$

$$CEN_4 = 127.5MW$$

1.2. Plantas en operación

Para plantas en operación la CEN será como máximo la capacidad reportada en el contrato de conexión siempre y cuando esta haya sido igualada o superada en los registros de la frontera comercial, al menos una vez, de acuerdo con los valores reportados en el Sistema de Intercambios Comerciales (SIC). El periodo de verificación será cada 5 años a partir de la entrada en operación de la planta. En el caso en el que la planta no haya superado el valor reportado como CEN, se modificará este parámetro por el registro más alto medido en su frontera comercial para el periodo de 5 años de validación. Se tomará en cuenta la información del Sistema de Intercambios Comerciales (SIC).

Cuando 2 o más plantas de generación compartan activos de conexión, la capacidad efectiva neta se medirá para la planta en la frontera comercial individual, como lo establece la Resolución CREG 200 de 2019.

Referencias

- [1] CREG, “Resolución 116 de 1996,” Bogotá, 1996.
- [2] —, “Resolución 074 de 1999,” Bogotá, 1999.
- [3] —, “Resolución 059 de 1999,” Bogotá, 1999.
- [4] —, “Resolución 081 de 2000,” Bogotá, 2000.
- [5] —, “Resolución CREG 074 de 2002,” Bogotá, 2002.
- [6] —, “Resolución 071 de 2006,” Bogotá, 2006.
- [7] CNO, “Acuerdo 512 de 2010,” Bogotá, 2010.