



# Cálculo de emisiones de $CO_2$ para el SIN

Gerencia del Mercado de Energía  
Dirección Analítica y Desarrollo del Mercado  
Última actualización: 24 de noviembre de 2022

## Procedimiento para el cálculo de emisiones de Gases de Efecto Invernadero ( $CO_2$ , $CH_4$ , $N_2O$ )

Desde XM S.A. E.S.P. articulamos esfuerzos con el Ministerio de Minas y Energía y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) para obtener un factor unificado de emisiones de  $CO_2$  y la cuantificación de inventarios de Gases de Efecto Invernadero (GEI) producto de la generación de energía eléctrica del país en el Sistema Interconectado Nacional (SIN). Este ejercicio dio como resultado el cálculo de un factor de emisión para el sistema eléctrico colombiano más completo y que incorpora los lineamientos definidos por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), asegurando la inclusión de todas las plantas que generan energía en el SIN.

En consecuencia, el objetivo de este documento es describir el procedimiento de cálculo de emisiones de acuerdo con el tipo de plantas de generación y la información disponible para cada una de ellas.

### Cálculos de las emisiones por tipo de planta

El cálculo de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de cada una de las plantas que inyectan energía al Sistema Interconectado Nacional (SIN) dependen del tipo de fuente de generación, tecnología utilizada, combustible utilizado, y otras condiciones específicas de cada una de las centrales. En las secciones siguientes se detalla cómo se realizan los cálculos de acuerdo con la información disponible.

#### 1. Información relevante

Para la construcción del cálculo de las emisiones de GEI del SIN es necesario tener información confiable, trazable y de calidad. Entendido lo anterior, el cálculo desarrollado utiliza los factores de emisión establecidos en la Calculadora de Emisiones desarrollada por la UPME llamada FECOC<sup>1</sup>. Asimismo, tanto la información del consumo de combustible expresada en MBTU como la generación de energía eléctrica a nivel horaria expresada en kWh, se puede encontrar en Sinergox operado por XM<sup>2</sup>.

Una vez se tiene esa información, se aplican las siguientes fórmulas para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero:

$$\begin{aligned} Emisiones_{KgCO_2, Planta} &= FactorCombustible_{KgCO_2/TJ} \cdot Conversión_{TJ/MBTU} \cdot ConsumoPlanta_{MBTU} \\ Emisiones_{KgCH_4, Planta} &= FactorCombustible_{KgCH_4/TJ} \cdot Conversión_{TJ/MBTU} \cdot ConsumoPlanta_{MBTU} \\ Emisiones_{KgN_2O, Planta} &= FactorCombustible_{KgN_2O/TJ} \cdot Conversión_{TJ/MBTU} \cdot ConsumoPlanta_{MBTU} \end{aligned}$$

Los valores de Potencial de Calentamiento Global (GWP por sus siglas en inglés) empleados para reportar los resultados corresponden a los indicados en el segundo informe de evaluación del IPCC, 1995 (AR5) para un período de 100 años. A continuación, se presentan las siguientes equivalencias.

<sup>1</sup> [http://www.upme.gov.co/Calculadora\\_Emisiones/aplicacion/calculadora.html](http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/calculadora.html)

<sup>2</sup> <https://sinergox.xm.com.co/oferta/Paginas/Historicos/Historicos.aspx>

GEI	GWP – horizonte de tiempo de 100 años
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	28
N <sub>2</sub> O	265

Ahora bien, en las siguientes secciones detallamos cómo se pueden obtener las emisiones de GEI de acuerdo con la información disponible:

### 1.1. Para las plantas térmicas despachadas centralmente

Las plantas térmicas despachadas centralmente reportan el consumo de combustible de forma horaria, diferenciando la cantidad y el tipo de combustible utilizado de acuerdo con lo establecido en la regulación vigente. Utilizando esta información reportada, se pueden cuantificar las emisiones de GEI según el combustible utilizado por la planta y el conocimiento del poder calórico y el factor de emisión de ese combustible.

$$\text{EmisionesCO}_{2\text{ton}} = \text{Consumo de combustible}_{\text{MBTU}} * \text{FactorCombustible}_{\text{KgCO}_2/\text{TJ}} * \text{Conversión}_{\text{TJ}/\text{MBTU}}/1000$$

$$\text{EmisionesCH}_{4\text{ton}} = \text{Consumo de combustible}_{\text{MBTU}} * \text{FactorCombustible}_{\text{KgCH}_4/\text{TJ}} * \text{Conversión}_{\text{TJ}/\text{MBTU}}/1000$$

$$\text{EmisionesN}_2\text{O}_{\text{ton}} = \text{Consumo de combustible}_{\text{MBTU}} * \text{FactorCombustible}_{\text{KgN}_2\text{O}/\text{TJ}} * \text{Conversión}_{\text{TJ}/\text{MBTU}}/1000$$

Ahora, hay unos casos especiales en que las fórmulas anteriormente mencionadas, cuentan con un cambio debido a que cierta información no se encuentra disponible o sus plazos de reporte y resolución mínima de la información son distintas. Adicionalmente, para las plantas de generación hidráulica que cuentan con grandes embalses que producen emisiones por difusión, cuentan con una metodología de cuantificación distinta.

### 1.2. Plantas que no reportan consumo de combustible

Existen otras plantas de generación en el SIN que no están obligadas a reportar consumo de combustible, como autogeneradores térmicos o plantas de generación no despachadas centralmente, de las cuales se tiene la información de energía generada, pero no se cuenta con la información del consumo de combustible. Para este tipo de plantas, se presentan dos casos: Plantas que reportan el *Heat Rate* y plantas que no reportan el *Heat Rate*.

#### 1.2.1. Plantas con Heat Rate reportado y que no reportan consumo de combustible

Para las plantas que reportan su generación de energía eléctrica, el tipo de combustible, el *Heat Rate HR* pero no su consumo de combustible, se puede emplear el valor de la eficiencia (o HR) de la tecnología utilizada para la conversión de energía medida en ( $\text{MBTU}/\text{MWH}$ ), y calcular la energía calórica en MBTU utilizada por la planta de la siguiente manera:

$$\text{Consumo de Combustible}_{\text{MBTU}} = \text{Generación}_{\text{MWH}} \cdot \text{HeatRate}_{(\text{MBTU}/\text{MWH})}$$

Luego de obtener el consumo de combustible, podemos aplicar las ecuaciones descritas en la sección 1.1 de este documento. La información sobre las plantas que reportan sólo la generación y su *Heat Rate* se pueden consultar en la página de XM<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> <http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/generacion.aspx?q=capacidad>

### 1.2.2. Plantas sin Heat Rate ni combustible reportado

Para las plantas que solamente tienen datos de energía generada, se estima una eficiencia teórica de acuerdo con lo descrito por la herramienta de la CMNUCC para el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) *“Tool to calculate the emission factor for an electricity system”*<sup>4</sup>: Las eficiencias propuestas por este documento están asociadas con las que se encuentran publicadas en la Resolución CREG 005 de 2010, que sirven de punto de partida para estimar *un Heat Rate* aproximado de acuerdo con el combustible declarado por defecto, de esta forma se tendrá que:

$$HeatRate_{teorico} = 3.412/EficienciaTeorica$$

Una vez se tiene el *Heat Rate*, de la planta y la energía generada, es posible aplicar las ecuaciones de la sección 1.2.1 para obtener el consumo de combustible y continuar aplicando las ecuaciones de la sección 1.1.

### 1.3. Emisiones de los embalses

Para cuantificar las emisiones de los embalses, se tienen en cuenta los valores emisión de metano debido a la descomposición de la biomasa inundada durante los 10 primeros años de operación del embalse. A estas, se les conoce como emisiones por ebullición y burbujas. Desde este punto de vista, solamente se toman en cuenta los valores para los embalses con fecha de operación menor o igual a 10 años.

Para cuantificar las emisiones se debe tener el área del espejo del embalse, y en este caso se hace una simplificación en función del volumen diario reportado por cada embalse con base en la información que se presenta en la siguiente tabla:

---

<sup>4</sup> <https://cdm.unfccc.int/Reference/tools/index.html>

Embalse	Área total [Ha]	factorEmisionCO2 [kg CO2 ha-1 dia-1]	factorEmisionCH4 [kg CH4 ha-1 dia-1]
AMANI	1200	39.1	0.295
PLAYAS	737	44.9	0.63
PORCE II	985	8.1	0.15
PORCE III	446	8.1	0.15
RIOGRANDE2	1215	8.1	0.15
BETANIA	7400	39.1	0.295
EL QUIMBO	6905	44.9	0.63
GUAVIO	1344	8.1	0.15

Tabla 1. Factor de Emisión estimado para los embalses

Las ecuaciones utilizadas por embalse son:

$$Emisiones (tonCO_2) = Ebullición_{CO_2} \cdot \sum_{i=1}^{días\ del\ año} (\bar{ÁreaEspejo}_{100\%} \cdot Volumen_{Reportado}) / 1000$$

$$Emisiones (tonCH_4) = Ebullición_{CH_4} \cdot \sum_{i=1}^{días\ del\ año} (\bar{ÁreaEspejo}_{100\%} \cdot Volumen_{Reportado}) / 1000$$

Nota: Los valores reportados en la Tabla 4 fueron suministrados por el IDEAM de acuerdo con investigaciones previas realizadas por ellos.

#### 1.4. Emisiones totales

Las emisiones totales son la sumatoria de las emisiones producidas por las plantas despachadas centralmente, los cogeneradores, plantas no despachadas centralmente con o sin *Heat Rate* reportado, y las emisiones de los embalses producto de la difusión.

$$\begin{aligned}
 Emisiones_{tCO_2(eq)} = & \\
 & Emisiones_{tCO_2(eq), DespachadasCentralmente} \\
 & + Emisiones_{tCO_2(eq), Cogeneradores} \\
 & + Emisiones_{tCO_2(eq), HeatRate} \\
 & + Emisiones_{tCO_2(eq), HeatRateTeorico} \\
 & + Emisiones_{tCO_2(eq), Embalses}
 \end{aligned}$$