



Mediciones



Laboratorio



Ingeniería



Diagnóstico



Asesoría

INFORME TÉCNICO

**Antecedentes de justificación a
Infracción N°5 de Res. Ex. N°1/ROL
F-085-2021 “Formula cargos que
indica a ENAP Refinerías S.A.”, de la
Superintendencia del Medio
Ambiente**

**ENAP Refinerías S.A.
Refinería Aconcagua**

27 de octubre de 2021



1. OBJETIVO

ENAP Refinerías S.A. – Refinería Aconcagua solicitó a Proterm S.A. presentar antecedentes que justifiquen la Infracción N°5 indicada en Res. Ex. N°1/ROL F-085-2021 “Formula cargos que indica a ENAP Refinerías S.A.” de la Superintendencia del Medio Ambiente¹, la cual se detalla a continuación:

E. Infracción N° 5

33. Que, el art. 19 del PPDA CQP establece que ENAP debe entregar a la SMA, en enero de cada año, un informe que dé cuenta del cumplimiento de las obligaciones establecidas en los artículos 15, 16 y 17 del Plan, respecto al año calendario anterior. Uno de los aspectos que debe considerar dicho informe es indicar el cálculo de las emisiones anuales para todas las fuentes que forman parte del establecimiento y la suma de éstas para todos los contaminantes regulados.

34. Que, tal como se detalla en la **Sección II** de la presente resolución, esta SMA pudo verificar que la nueva versión presentada de los informes anuales de los años 2019 y 2020 contiene los siguientes aspectos: “[...]El cálculo de las emisiones anuales para todas las fuentes declaradas en la metodología y que forman parte del establecimiento ERA Concón, ERA Quintero y Cogeneradora Aconcagua, y la suma de éstas para todos los contaminantes MP, NOx y SO₂ regulados. Sin embargo, las emisiones de la Chimenea Bypass del Cracking no cuentan con cuantificación aprobada por la SMA ni estimación de emisiones realizada por el titular. Por otra parte, se constata que todas las emisiones de los CEMS presentadas no fueron corregidas por la concentración de oxígeno, como se establece en artículo 17 letra a) y artículo 21 del PPDA; y que adicionalmente fue expresamente requerido en la Resolución Exenta N°1021/SMA, dicha corrección incrementaría los valores de las emisiones informadas. [...]”.

35. Que, lo anterior, afecta negativamente el cumplimiento de las metas, medidas, y objetivos del PPDA CQP toda vez que el valor de concentración del total de las emisiones de todo el establecimiento de ENAP no se encontrarían debidamente calculadas y, en consecuencia, variaría el valor de las emisiones real lo que repercute en las actividades y medidas de seguimiento asociado a dichos valores.

36. Que, en razón de lo señalado, el hallazgo referido a no haber corregido todas las emisiones de los CEMS presentadas por la concentración de oxígeno, podría revestir las características de una infracción de aquella establecida en el artículo 35 letra c) de la LO-SMA, en cuanto incumplimiento de las medidas e instrumentos previstos en los Planes de Prevención y/o de Descontaminación, normas de calidad y emisión, cuando corresponda, con una calificación preliminar de grave de conformidad a lo dispuesto en el artículo 36.2 c) de la LO-SMA, por tratarse de un hecho que afecta negativamente el cumplimiento de las metas, medidas, y objetivos del PPDA CQP.

¹ En adelante SMA.



2. ANTECEDENTES TÉCNICOS

Según el punto 34 de la Res. Ex. N°1/ROL F-085-2021 de la SMA, se constató que todas las emisiones de los CEMS presentados por ENAP Refinería S.A. no fueron corregidas por la concentración de Oxígeno.

Cabe destacar que los reportes de concentraciones de MP y Gases entregados por ENAP Refinería S.A. si fueron corregidas por Oxígeno, según lo exigido en **Artículo 17 punto a)** del PPDA para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví.

Además, en letra **c) y d)** de dicho artículo, se indica que para determinar la emisión de MP, SO₂ y NO_x se debe considerar la concentración de cada parámetro en mg/m³N (Condición Normalizada a 25°C y 1 atm) y el Caudal de Salida en Nm³/h (Condición Normalizada a 25°C y 1 atm), ambos en la misma base Normalizada sin corrección por Oxígeno. Se adjunta extracto de artículo 17 del PPDA:

El sistema de monitoreo continuo deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Las concentraciones medidas deben corregirse por oxígeno (O₂) en base seca al 3% y condiciones normales (N) correspondientes a 25°C y 1 atm.
- b) En el SRA, el sistema de monitoreo continuo de caudal y concentración de SO₂ deberá implementarse en la chimenea común de evacuación de efluentes, o bien, en cada unidad de recuperación, en caso que existan chimeneas independientes.
- c) El azufre emitido a la atmósfera, desde cada unidad de recuperación de azufre, se deberá determinar mediante balance de masa, utilizando el promedio diario de concentración en mg/m³N y el caudal de salida en Nm³/h.
- d) El azufre, material particulado y óxidos de nitrógeno emitidos a la atmósfera, desde el Cracking Catalítico, se deberá determinar mediante la concentración horaria en mg/m³N y el caudal de gases de salida en m³N/h.
- e) Los datos que se obtengan del monitoreo continuo establecido en la tabla 11, deberán estar en línea con los sistemas de información de la Superintendencia del Medio Ambiente y con la Seremi del Medio Ambiente.
- f) En tanto no se encuentren instalados los sistemas de monitoreo continuo en el SRA y el Cracking Catalítico, el caudal y las emisiones de concentración de MP, SO₂ y NO_x serán determinados mediante factores de emisión considerando la emisión media en la fuente, determinada a través de una muestreo isocinético semestral, horas efectivas de la medición, carga durante la medición, tiempo de medición, carga total del día de la medición y nivel de actividad anual, de acuerdo a la metodología utilizada en la Declaración de Emisiones Atmosféricas realizada conforme al D.S. N°138, de 2005, del Ministerio de Salud.
- g) ENAP Refinerías Aconcagua deberá informar a la Superintendencia del Medio Ambiente, con al menos 30 días de anticipación, la fecha prevista para la puesta en marcha de los sistemas de monitoreo continuo previsto en la tabla anterior y los sistemas de control de emisiones para cumplir los límites de emisión del artículo 15.



Como regla general, para obtener el producto de dos términos se debe considerar que estén expresados en la misma base. De esta forma, el resultado obtenido será consistente en las unidades de medida correspondiente.

Según las indicaciones del Método CH-2 “DETERMINACION DE LA VELOCIDAD Y DE EL FLUJO VOLUMETRICO EN GASES DE CHIMENEA” del Libro de Metodologías Aprobadas del Instituto de Salud Pública de Chile (ISP), el Caudal de Gases (m^3N/h) Corregido a Condiciones Estándar (o Normalizado)², se obtiene según la siguiente expresión:

Ecuación 2-10 de Método CH-2:

$$Q_{sd} = 3.600 (1 - B_{ws}) V_s A \frac{T_{std}}{T_{s(prom)}} \frac{P_s}{P_{std}}$$

De igual forma, para obtener la concentración Normalizada de Material Particulado (mg/m^3N), se debe seguir las indicaciones del Método CH-5 “Determinación de Material Particulado proveniente de Fuentes Estacionarias”, según la siguiente expresión:

Ecuación 5-6 de Método CH-5:

$$C_s = (0.001g / mg) (m_n / V_{m(std)})$$

De esta forma, la **emisión horaria expresada en (kg/h)**, se obtiene del producto entre el Caudal de Gases Normalizado y la Concentración de Material Particulado Normalizado según la siguiente expresión:

Ecuación cálculo de emisión:

$$Emisión (kg/h) = C_s (mg/m^3N) \times Q_{sd} (m^3N/h) 10^{-6}$$

² m^3N : Volumen Normalizado a 25°C, 1 atm y en Base Seca.



Si se considera la Concentración ($\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$) corregida por Oxígeno para calcular la emisión, se debe considerar el Caudal de Gases ($\text{m}^3\text{N}/\text{h}$) corregido por Oxígeno en el producto de estos dos parámetros para que las unidades sean consistentes. La corrección por O_2 se aplica al volumen (m^3) de la Concentración y Caudal de Gases, por lo que la corrección por Oxígeno no altera el resultado de emisión (se simplifica la corrección por O_2) al estar el volumen en el numerador en el caso de la Concentración y en el denominador para el caso del Caudal de Gases.

Ecuación para corregir Concentración y Caudal de Gases al 3% de O_2

$$\text{Emisión (kg/h)} = C_s (\text{mg}/\text{m}^3\text{N}) \times \cancel{(21-3)} / \cancel{(21-\text{O}_{2 \text{ medido}})} \times Q_{sd} (\text{m}^3\text{N}/\text{h}) \times \cancel{(21-\text{O}_{2 \text{ medido}})} / \cancel{(21-3)} 10^{-6}$$



Por otra parte, y afirmando la ecuación de cálculo de emisión presentada anteriormente, en el punto 7.4 de la Res. Ex. N°1743 “Aprueba Protocolo para Validación, Aseguramiento y Control de Calidad de CEMS” de la Superintendencia del Medio Ambiente, se presenta las ecuaciones 62 y 63 para el cálculo de la emisión horaria y diaria respectivamente:

7.4. DETERMINACIÓN DE EMISIONES EN MASA

En los casos de requerirlo, se define el siguiente procedimiento para determinar flujos de emisión, utilizando los datos recolectados por el Sistema de Monitoreo Continuo.

El valor de concentración, que en el caso de los gases se obtiene en unidades de ppm, se debe convertir a la unidad de mg/Nm³, la que se obtendrá mediante el producto entre los ppm medidos y el factor correspondiente al parámetro señalado en la Tabla 6. Obtenido el valor horario de la concentración en masa y el valor del flujo de gases horarios en base seca, se debe determinar el valor de emisión horaria mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 62

$$Emisión (kg/h) = \frac{Concentración (mg/m^3 N) * Caudal (m^3 N/h)}{1000000}$$

Donde el caudal está en base seca y normalizado a 25°C y una atmósfera de presión.
Calculando la emisión diaria de la siguiente forma:

Ecuación 63

$$Emisión diaria (kg/día) = \sum_{hora=1}^{hora=24} Emisión horaria (kg/h)$$

En el Protocolo de Validación se confirma que para determinar emisión en masa de un parámetro, se debe considerar la concentración de cada parámetro en mg/m³N (Condición Normalizada a 25°C y 1 atm) y el Caudal de Salida en m³N/h (Condición Normalizada a 25°C y 1 atm), ambos en la misma base Normalizada sin corrección por Oxígeno.



Finalmente, en Anexo N°1 “Instructivo para la cuantificación de emisiones con CEMS y Métodos Alternativos” de la Res. Ex. N°55 “Aprueba instructivo para el monitoreo, reporte y verificación de las emisiones de fuentes fijas afectas al impuesto del artículo 8° de la Ley N°20.780”, se indica expresamente en punto 6.2.1 que la condición Normalizada “N” corresponde a 25°C y 1 atm. El valor deberá ser en base seca y sin corrección por O₂.

6.2. PARAMETROS ADICIONALES A MEDIR

Para efectos de calcular el impuesto verde, se deben obtener las emisiones gravadas en unidades de “toneladas/año” (ton/año), luego se requiere medir algunos parámetros adicionales que permitan llevar los valores de concentración obtenidos del CEMS (ppm) a las unidades anteriormente señaladas.

Para lo anterior, el establecimiento deberá cuantificar en forma complementaria parámetros adicionales, como flujo, humedad, y otras variables auxiliares.

6.2.1. Flujo

Para utilizar las concentraciones medidas, el establecimiento deberá medir el parámetro flujo a partir de un CEMS debidamente validado y con resolución vigente ante la SMA, a fin de obtener la emisión horaria. Los valores obtenidos por este CEMS deberán ser normalizadas² en unidades “Nm³/h”.

² El valor normalizado “N” corresponde a 25°C y 1 atm. El valor deberá ser en base seca y sin corrección por O₂.

En el mismo Anexo N°1 de la Res. Ex. N°55 se indica en el punto 6.4 que la metodología de cálculo de la emisión anual, tal como se indicó en todos los argumentos anteriores, es el producto de la Concentración (mg/m³N) y el Caudal de Gases (m³N/h) en Condición Normalizada a 25°C y 1 atm para cada parámetro de interés, sin corrección por Oxígeno para que exista consistencia en las unidades de medida.

A continuación se presenta especificación de Normalización de la concentración de MP y Gases por Temperatura y Presión, la que no se debe corregir por O₂ para obtener los kg/h de cada parámetro.

Punto 6.4 Res. Ex. N°55 de la SMA

Para el caso de los CEMS de gases, el valor en “ppm” se deberá normalizar multiplicándolo por el factor de conversión respectivo de cada parámetro que se detalla en la Tabla 1, mientras que para los CEMS de MP se podrán utilizar los valores brutos que entrega el equipo para luego normalizarlos en base a los valores de Presión y Temperatura de salida de los gases de chimenea.

$$C_{i,j}[\text{mg/Nm}^3] = C_{i,j}[\text{ppm}] * FC_i$$



Se adjunta punto 6.4 “Metodología de cálculo de la emisión anual” descrita en Res. Ex. N°55 de la SMA:

6.4. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LA EMISION ANUAL

La emisión horaria para cada uno de los parámetros cuantificados mediante el uso de Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones, se obtendrá mediante el siguiente procedimiento:

Para el caso del CO₂, se deberá transformar el valor medido como % a ppm antes de proceder con los cálculos. Para ello, se deberá dividir el % de CO₂ obtenido por el valor que corresponde a 1 ppm (1 ppm = 0.0001%), mediante la siguiente relación:

$$C_{CO_2,j}[ppm] = C_{CO_2,j}[\%] * 10.000$$

Para el caso de los CEMS de gases, el valor en "ppm" se deberá normalizar multiplicándolo por el factor de conversión respectivo de cada parámetro que se detalla en la Tabla 1, mientras que para los CEMS de MP se podrán utilizar los valores brutos que entrega el equipo para luego normalizarlos en base a los valores de Presión y Temperatura de salida de los gases de chimenea.

$$C_{i,j}[mg/Nm^3] = C_{i,j}[ppm] * FC_i$$

Donde:

C_{i,j}: Concentración promedio del gas i en la hora j

FC_i: factor de conversión parámetro i

Tabla 1: Factores de Conversión de ppm a mg/Nm³

Parámetro	Factor ^d
SO ₂	2,617
NO _x	1,881
CO ₂	1,803

En caso de utilizar un CEMS que mida en base húmeda, se deberá corregir la concentración para obtener su equivalente en base seca:

$$C_{i,j}[mg/Nm^3]_{seca} = \frac{C_{i,j}[mg/Nm^3]_{humeda}}{(1 - Bws)}$$

Donde, Bws corresponde al Porcentaje de humedad.



Una vez obtenida la concentración promedio horaria en base seca para cada parámetro en unidades normalizadas, la emisión horaria se determinará mediante la siguiente relación:

$$E_{i,j}[\text{mg/h}] = C_{i,j}[\text{mg/Nm}^3]_{\text{seca}} * F_j[\text{Nm}^3/\text{h}]_{\text{seca}}$$

Donde:

³ U otra metodología EPA o de la UE

⁴ El factor de conversión de ppm a mg/Nm³, corresponde al valor de densidad del contaminante en valores normalizados (25°C y 1 atm)

6

Superintendencia del Medio Ambiente – Gobierno de Chile
Teatinos 280, piso 7, 8 y 9, Santiago / contacto.sma@sma.gob.cl / www.sma.gob.cl



$E_{i,j}$: Emisión parámetro i en hora j

F_j : Flujo de gases en hora j

Cabe señalar que el flujo de gases utilizado en la relación anterior debe ser normalizado a unidades de "Nm³/h" (también a 25°C y 1 atm) y en base seca. El valor de flujo en "Nm³/h", deberá ser obtenido a partir del valor promedio horario en unidades de "m³/h".

Para obtener la emisión anual en mg/año, se deberán sumar todas los "mg/h" que fueron obtenidos durante las horas de operación de la fuente en el año a evaluar:

$$E_i[\text{mg/año}] = \sum_{j=1}^{8760} E_{i,j}[\text{mg/h}]$$

Finalmente, la emisión anual debe ser trasformada a unidades de toneladas/año:

$$E_{i,j}[\text{ton/año}] = \frac{E_{i,j}[\text{mg/año}]}{1.000.000.000}$$

Considerando todas las horas donde el consumo de combustible y la generación eléctrica (o un parámetro operacional equivalente), sean distintos de cero.



3. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los argumentos técnicos expuestos anteriormente, se concluye que para calcular la emisión en kg/h del parámetro en estudio, se debe considerar el producto de la Concentración ($\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$) y el Caudal de Gases ($\text{m}^3\text{N}/\text{h}$), ambos Normalizados a 25°C y 101 kPa, en base seca y sin corrección por Oxígeno.

Mauricio Mera Araya
Ingeniero Civil Mecánico
Gerente de Mediciones
Proterm S.A.

Fernando Castillo Seguel
Ingeniero (E) Mecánico
Jefe de Proyectos
Proterm S.A.