

N° 0328/2020

Santiago, 19 de agosto de 2020

Ref.: D.S. 105/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví.

Res. Ex. 252/2020 de la Superintendencia del Medio Ambiente, que aprueba el instructivo técnico para la conexión en línea con los sistemas de información de la Superintendencia del Medio Ambiente”.

Mat.: Propuesta técnica de conexión en línea de datos de Unidades Recuperadoras de Azufre y Planta de Cracking Catalítico de ENAP Refinería Aconcagua.

Adj.: Lo indicado.

Señor
Rubén Verdugo Castillo
Jefe División de Fiscalización
Superintendencia del Medio Ambiente
Teatinos N° 280, Piso 8

Santiago

De mi consideración,

Junto con saludar, por medio de la presente se adjunta Propuesta Técnica de Conexión de Datos para Unidades Recuperadoras de Azufre (URA) y Cracking Catalítico (FCC) de ENAP Refinería Aconcagua, en el marco de lo dispuesto en el art. 17 del D.S. 105/2018 del Ministerio del Medio Ambiente y conforme a la Res. Ex. 252/2020 de la Superintendencia del Medio Ambiente, que





aprueba el instructivo técnico para la conexión en línea con los sistemas de información de la Superintendencia del Medio Ambiente”.

Esta propuesta permite contar con datos calculados en línea para las emisiones de las Unidades Recuperadoras de Azufre y el Cracking Catalítico de Refinería con instrumentos de control de proceso existentes en dichas unidades, de carácter referencial, mientras concluye el proceso de instalación y validación del Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones - CEMS.

Para ello, se solicita a esta Superintendencia que agregue a su mapa de memoria los datos adicionales a los presentados en la propuesta de conexión en línea de los CEMS instalados en las calderas de Refinería, aprobados mediante Ord. 405 de 10 de febrero de 2020, conforme se indica en la propuesta adjunta, y realizar las pruebas necesarias para su correcta implementación.

Sin otro particular, saluda atentamente,

Cristian Núñez Riveros
Gerente Medio Ambiente ENAP





PRESENTACIÓN A LA SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE

**PROPUESTA TÉCNICA DE CONEXIÓN DATOS UNIDADES
RECUPERADORAS DE AZUFRE Y CRACKING CATALÍTICO DE ENAP
REFINERÍA ACONCAGUA**

URA1, URA2, URA3 y FCC

Agosto 2020



**PROPUESTA TÉCNICA DE CONEXIÓN DATOS DE UNIDADES RECUPERADORAS DE AZUFRE Y
CRACKING CATALÍTICO DE ENAP REFINERÍA ACONCAGUA**

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVO	4
3. PROPUESTA.....	4
4. PLAZOS E HITOS DE IMPLEMENTACIÓN	6

1. INTRODUCCIÓN

ENAP Refinerías Aconcagua, posee actualmente 5 CEMS instalados para el monitoreo de las emisiones generadas en sus calderas industriales, denominadas B210, B220, B230, B240 y U751.

Estos CEMS se encuentran generando información a la Superintendencia de Medio Ambiente (en adelante SMA) por medio de la conexión en línea, probada el día 9 de Julio de 2020.

2. OBJETIVO

El presente documento tiene por objetivo presentar a la SMA, la propuesta técnica para conectar en línea los datos calculados de emisiones para las URAs (Unidades Recuperadoras de Azufre 1, 2 y 3) y FCC (Cracking Catalítico), utilizando para ello la conexión en línea existente con la SMA.

3. PROPUESTA

La propuesta técnica de ENAP para la conexión en línea de los datos de las URA y FCC de Refinería Aconcagua a la SMA, se resume de la siguiente forma:

1. Conexión a fuente primaria de datos.

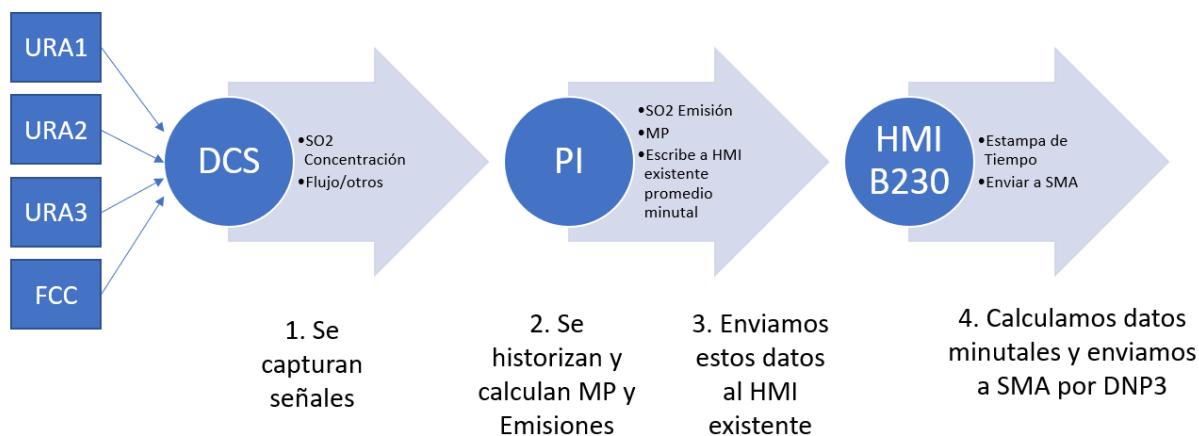
Sin perjuicio que se encuentra en implementación el proyecto para instalar y validar CEMS en las unidades URA 1, URA 2, URA 3 y FCC de acuerdo a los protocolos vigentes, estas unidades cuentan con una serie de instrumentos de medición conectados al proceso y a nuestro Sistema de Control que, en conjunto con otras variables, permiten calcular las emisiones de cada fuente mediante el uso del Software PI System. Los datos de proceso en cada unidad son traspasados, almacenados y algunos calculados en el Sistema PI, y a su vez van quedando como sistema histórico de información.

Actualmente el PI también recibe los datos de los CEMS de calderas instalados en Refinería Aconcagua, siendo estos enviados a la SMA a través de la conexión en línea establecida conforme los protocolos vigentes. De esta forma, por esta misma vía es posible realizar el envío de los datos de emisión calculados de las URAs y FCC.

En la siguiente imagen se observa el proceso de los datos.

- 1- Se obtienen los datos relevantes de las variables necesarias para el cálculo de emisión de cada fuente en el DCS (sistema de control).
- 2- Los datos obtenidos se historizan en PI y se realizan los cálculos según metodología de estimación de emisiones, adjuntas en Anexo. En este paso se calcula el promedio minutal.

- 3- Los datos son escritos desde el PI hacia uno de los HMI de CEMS de la caldera B-230, ya conectado con la SMA, utilizándolo como “PIVOTE”.
- 4- Los datos se reenvían a la SMA en un mapa de memoria extendido.



2. Marca de Tiempo.

Con respecto a la Marca de Tiempo, se debe considerar que el equipo que recibe los datos tendrá la hora sincronizada con la Hora Oficial de Chile para asegurar que los datos minutales sean generados de forma correcta, sin filtro alguno. Esta marca de tiempo se genera en el HMI.

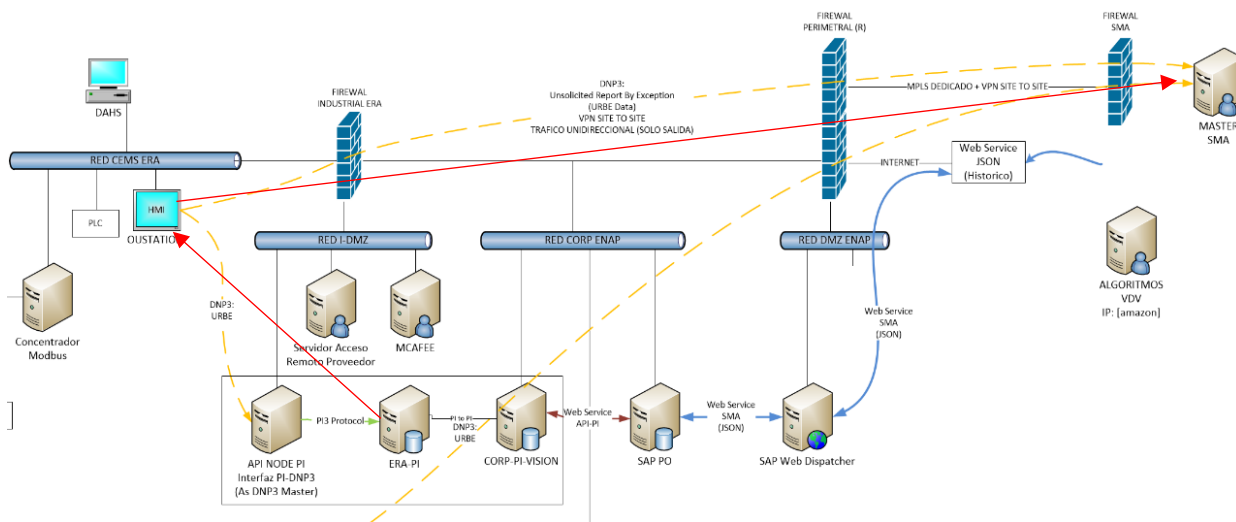
3. Frecuencia de Envío.

Como se mencionó anteriormente, se realizará el cálculo minatural en el PI con los datos que se obtengan en una frecuencia menor al minuto, para luego realizar el envío minuto a minuto con el protocolo DNP3 las 24 horas del día.

4. Disponibilidad de Datos históricos.

Para los datos históricos se propone utilizar la PI Web API que es una interfaz RESTfull del PI System, sistema que utiliza ENAP como repositorio de datos históricos, el cual tendrá los datos de URAs y FCC en la medida que se vayan generando (soporta los 18 meses requeridos). Dado lo anterior, la SMA podrá acceder por demanda consumiendo el web service según lo solicitado. Cabe señalar que los datos del PLC se deberán enviar al PI Server, para ello se instalará una interfaz DNP3 – PI, propietaria de Osisoft fabricante de PI System, que recibirá el mismo dato vía DNP3 que se enviará a la SMA y se almacenará en PI para estar disponible para las consultas en demanda que necesite la SMA.

La Figura 1, muestra el diagrama de conexión, donde se destaca la utilización del HMI existente “Caldera B230” que es donde se centralizará la conexión de estos nuevos datos hacia la SMA. Por otro lado, también se muestra la conexión de la API Rest de PI System para que sea utilizada por la SMA. Aquí, la interfaz DNP3 – PI System tiene un rol importante de enviar los datos al PI Server para que estén disponibles para la consulta del dato histórico de la SMA vía la DMZ.



5. Equipamiento Comprometido

- Sistema de Control (Existente): Fuente primaria de los datos URAs y FCC
- PI System (Existente): Fuente secundaria de los datos. Se realizan los cálculos de las emisiones.
- HMI B230 (Existente), equipo del CEMS de caldera que recibirá los datos de las URA y FCC y los enviará a la SMA, funcionando como “PIVOTE”.

6. PLAZOS E HITOS DE IMPLEMENTACIÓN

Para lograr la conexión se requiere que la SMA agregue a su mapa de memoria los datos adicionales de la propuesta y realizar las pruebas necesarias para verificar que llegue de forma correcta.

7. MAPA DE MEMORIA EXTENDIDO

Sobre el HMI Existente (Caldera B230) y conectado que funcionará como PIVOTE de los datos a transmitir asociados a las URAs y FCC, se extenderá su mapa de memoria. Cabe indicar que esta extensión no afecta ni altera los datos que actualmente transmite asociados al CEMS de su respectiva caldera. Las variables que se incluirán en esta extensión se indican a continuación (en rojo):

Data Object	Index Object	Parametro	Units	Description	Datatype	Tag PI
32	0	NOx	Ppm	Concentración NOx promedio minutil	Float32	B230.NOX.minVarMed
32	1	NOx.stat		Estado NOx minutil	Float32	B230.NOX.minVarStatus
32	2	SO2	Ppm	Concentración SO2 promedio minutil	Float32	B230.SO2.minVarMed
32	3	SO2.stat		Estado SO2 minutil	Float32	B230.SO2.minVarStatus
32	4	CO	Ppm	Concentración CO promedio minutil	Float32	B230.CO2.minVarMed
32	5	CO.stat		Estado CO minutil	Float32	B230.CO2.minVarStatus
32	6	CO2	%	Porcentaje CO2 promedio minutil	Float32	B230.CO.minVarMed
32	7	CO2.stat		Estado CO2 minutil	Float32	B230.CO.minVarStatus
32	8	O2	%	Porcentaje O2 promedio minutil	Float32	B230.O2.minVarMed
32	9	O2.stat		Estado O2 minutil	Float32	B230.O2.minVarStatus
32	10	dP	inWC	Diferencia Presión promedio minutil	Float32	B230.dP.minVarMed
32	11	dP.stat		Estado DP minutil	Float32	B230.dP.minVarStatus
32	12	P	Mbar	Presión promedio minutil	Float32	B230.P.minVarMed
32	13	P.stat		Estado Presión	Float32	B230.P.minVarStatus
32	14	T	°F	Temperatura promedio minutil	Float32	B230.T.minVarMed
32	15	T.stat		Estado Temperatura	Float32	B230.T.minVarStatus
32	16	MP	%	Material Particulado promedio minutil	Float32	B230.MP.minVarMed
32	17	MP.stat		Estado Material Particulado minutil	Float32	B230.MP.minVarStatus
32	18	F	m3/h	Flujo gases chimenea base humeda promedio minutil	Float32	B230.F.minVarMed
32	19	F.stat		Estado Flujo minutil	Float32	B230.F.minVarStatus
32	20	SO2URA1	%	Concentración SO2 Tail Gas URA-1	Float32	AI_1107B.PV
32	21	SO2URA1.stat		Estado Concentración SO2 Tail Gas URA-1	Float32	AI_1107B.PV.VarStatus
32	22	ESO2URA1	kg/min	Emisión SO2 URA-1	Float32	URA1_StackSO2.CV
32	23	ESO2URA1.stat		Estado Emisión SO2 URA-1	Float32	URA1_StackSO2.CV.VarStatus
32	24	SO2URA2	%Vol.	Concentración SO2 Stack URA-2	Float32	AI16508.PV
32	25	SO2URA2.stat		Estado Concentración SO2 Stack URA-2	Float32	AI16508.PV.VarStatus
32	26	ESO2URA2	kg/min	Emisión SO2 URA2	Float32	URA2_StackSO2.CV
32	27	ESO2URA2.stat		Estado Emisión SO2 URA2	Float32	URA2_StackSO2.CV.VarStatus
32	28	SO2URA3	%Vol	Concentración SO2 Stack URA-3	Float32	AI_35008.PV
32	29	SO2URA3.stat		Estado Concentración SO2 Stack URA-3	Float32	AI_35008.PV.VarStatus
32	30	ESO2URA3	kg/min	Emisión SO2 URA3	Float32	URA3_StackSO2.CV
32	31	ESO2URA3.stat		Estado Emisión SO2 URA3	Float32	URA3_StackSO2.CV.VarStatus
32	32	ESO2FCC	kg/min	Emisión SO2 Cracking	Float32	EmissionSO2FCC.CV
32	33	ESO2FCC.stat		Estado Emisión SO2 Cracking	Float32	EmissionSO2FCC.CV.VarStatus
32	34	EMPFCC	kg/min	Material Particulado Cracking	Float32	MP_CRACKING.CV
32	35	EMPFCC.stat		Estado Material Particulado Cracking	Float32	MP_CRACKING.CV.VarStatus
32	36	SO2FCC	ppm	SO2 A SALIDA GASES B755	Float32	AI_7702B.PV
32	37	SO2FCC.Stat		Estado SO2 A SALIDA GASES B755	Float32	AI_7702B.CV.VarStatus

**CÁLCULO DE EMISIONES EN LÍNEA DE
URAS Y FCCU DE
ENAP REFINERÍA ACONCAGUA**



RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe tiene por objetivo presentar a la Superintendencia del Medio Ambiente una nueva metodología de cálculo de emisiones para las Unidades Recuperadoras de Azufre (URA) y Cracking Catalítico de ENAP Refinería Aconcagua.

Esta metodología se basa en cálculos de emisiones realizados a partir de datos operacionales recogidos a través de instrumentación, los cuales son transmitidos a los sistemas de control de Refinería, y recogidos en el software PI System, permitiendo obtener información en tiempo real. Esta metodología de cálculo ha sido construida en PI Asset Framework (AF)¹ permitiendo determinar en forma continua, y su visualización en PI System, las emisiones de SO₂ y Material Particulado de la Unidad de Cracking Catalítico; además de la emisión de SO₂ de las Unidades Recuperadoras de Azufre URA 1, URA 2 y URA 3.

El valor de las emisiones de SO₂ en línea considera la concentración de SO₂ minuto a minuto, obtenido en base a la instrumentación de las Unidades de Proceso, y el cálculo del flujo de gases de combustión² en base al balance de masa en línea de las unidades. Intervienen en este cálculo 51 instrumentos, entre los cuales se encuentran analizadores de concentración de gases y flujómetros de proceso.

Como resultado de lo anterior, es posible determinar las variables de emisión, tanto en concentración como en masa por unidad de tiempo (kg/min), las cuales se actualizan en tiempo real a través del PI System. Las variables de emisión se presentan en la siguiente tabla:

¹ PI Asset Framework (PI AF): Módulo de PI System que permite integrar y analizar datos de múltiples fuentes en tiempo real.

² Los flujos de gases de combustión se encuentran normalizados a 25°C y 1 atm.

Tabla 1: Variables de emisión para cada fuente de emisión

Fuente de Emisión	N°	Variable	Unidad	Tag asociado en PI System
<u>URA 1</u>	1	Concentración SO2	%Vol	AI_1107B.PV
	2	Emisión SO2	kg/min	URA1_StackSO2.CV
<u>URA 2</u>	3	Concentración SO2	%Vol.	AI16508.PV
	4	Emisión SO2	kg/min	URA2_StackSO2.CV
<u>URA 3</u>	5	Concentración SO2	%Vol	AI_35008.PV
	6	Emisión SO2	kg/min	URA3_StackSO2.CV
<u>Cracking Catalítico (FCC)</u>	7	Concentración SO2	ppm	AI_7702B.PV
	8	Emisión SO2	kg/min	EmissionSO2FCC.CV
	9	Emisión MP	kg/min	MP_CRACKING.CV

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO	1
TABLA DE CONTENIDOS	3
1. EMISIONES DE CRACKING CATALÍTICO	4
2. EMISIONES DE UNIDADES DE RECUPERACIÓN DE AZUFRE	8
3. ANEXO	15

1. EMISIONES DE CRACKING CATALÍTICO

Las emisiones de MP de la unidad de Cracking Catalítico (FCC) se calculan a partir del uso del factor de emisión de MP para dicha unidad y su nivel de carga, mientras que la emisión de SO₂ se calcula a partir de la concentración de SO₂ medida en chimenea por un analizador de gases, y el flujo resultante del balance a lo largo del proceso.

Ambas variables se actualizan en tiempo real, permitiendo su visualización en PI System mediante los TAG que se presentan a continuación:

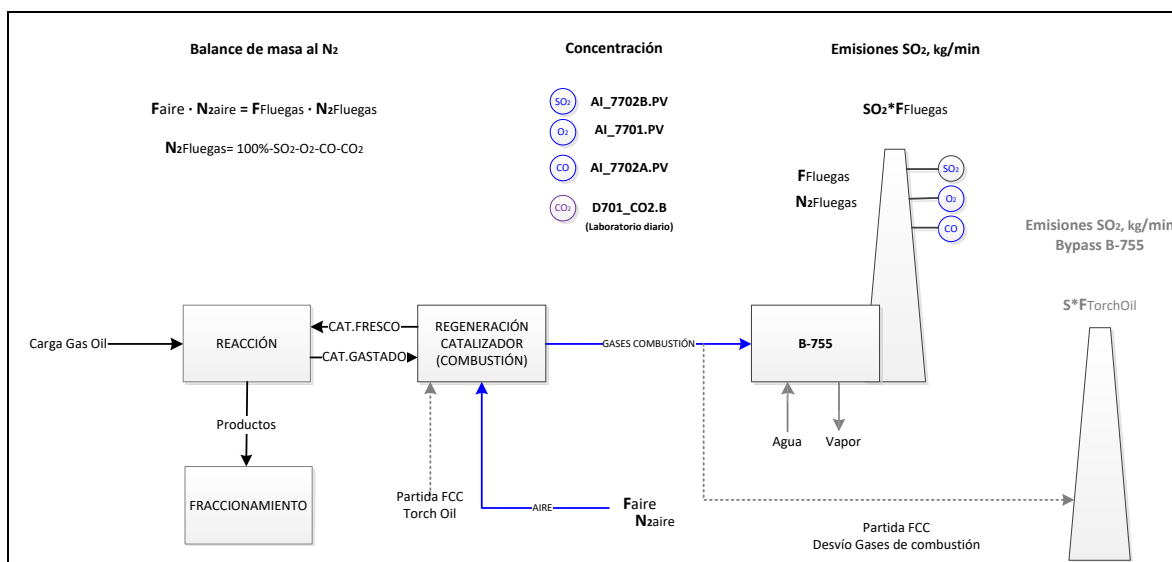
Tabla 2: TAG para la visualización en línea de las emisiones de FCC

Variable	TAG PI	Unidad
Emisión de SO ₂	EmisionSO2FCC.CV	kg/min
Emisión de Material Particulado	MP_Cracking.CV	kg/min

1.1. CÁLCULO DE EMISIONES DE SO₂

El SO₂ es parte de los gases de combustión (Flue gas) que se emiten a través de la chimenea B-755 correspondiente a la Unidad Cracking Catalítico (FCC). El Flue gas se cuantifica por balance de masa de nitrógeno (N₂) de la siguiente manera:

Figura 1: Diagrama cálculo Emisión SO₂ FCC.



*Para el caso de operación con chimenea Bypass, ver Anexo.

Las fórmulas de cálculo que participan de la determinación de la emisión de SO₂ son las siguientes:

$$EMISIÓN\ SO_2 = FLUJO\ (FLUE\ GAS) \cdot CONCENTRACIÓN\ SO_2 \quad (0)$$

$$EmisiónSO_2FCC.CV = Flujo_{fluegas}.CV \cdot \frac{AI_{7702B}.PV(\%)}{100} \cdot p_{SO_2} \cdot K1 \quad (1)$$

$$Flujo_{fluegas}.CV = \frac{Flujo_{aireBlower}.CV \cdot N2_{aire}}{N2_{Fluegas}.CV} \quad (2)$$

$$Flujo_{aireBlower}.CV = (FI_{7016}_COM.CV + FI_{7703}_COM.CV) \quad (3)$$

$$N2_Fluegas.CV = 100 - D701CO2.B - AI7701.PV - \frac{AI7702A.PV + AI7702B.PV}{10000} \quad (4)$$

Donde:

Tabla 3: Variables en línea para el cálculo SO2 FCC.

Variable	Unidades	Tipo	TAG PI
Emisión SO2 FCCU	Kg/min	Cálculo	EmisionSO2FCC.CV
Flue gas FCCU	Nm3/d	Cálculo	Flujofluegas.CV
Aire compensado FCCU	Nm3/d	Cálculo	FlujoAireBlower.CV
N2 Flue gas FCCU	%vol	Cálculo	N2_Fluegas.CV
Aire compensado a Regenerador	Nm3/d	Cálculo	FI_7016_COM.CV
Aire compensado a Regenerador	Nm3/d	Cálculo	FI_7703_COM.CV
Concentración CO B-755	ppm vol	Instrumento	AI7702A.PV
Concentración SO2 B-755	ppm vol	Instrumento	AI_7702B.PV
Concentración O2 B-755	%vol	Instrumento	AI7701.PV
Concentración CO2 B-755	%mol	Análisis Lab.	D701CO2.B

Tabla 4: Datos para cálculo SO2 FCC

Variables		Valor	Unidad
Componencial N2 en el aire	N2 aire	79,1	%vol
Densidad SO2	ρSO2	0,002617	ton/Nm ³
Conversión a kg/min	K1	1000/(60*24)	

1.2. EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO FCC

En el caso de las emisiones de MP, estas son cuantificadas de acuerdo al factor de emisión determinado en el monitoreo isocinético de la fuente, y su nivel de actividad (carga de unidad), el cual se actualiza en tiempo real en el PI System según la Ecuación (6):

$$\text{EMISIÓN MP FCC} = \text{FACTOR DE EMISIÓN} \cdot \text{NIVEL DE ACTIVIDAD} \quad (5)$$

$$\text{MP_CRACKING.CV} = \text{FACTOR_MP_FCC.M} \cdot \text{FC_7702B.PV} \cdot \text{K2} \quad (6)$$

Donde:

Tabla 5: Variables en línea para el cálculo de MP de FCC

Variable	Unidades	Tipo	TAG PI
Emisión MP FCC	kg/min	Cálculo	MP_CRACKING.CV
Factor Emisión isocinético	kg/Sm ³	Ingreso Manual	FACTOR_MP_FCC.M
Carga a FCC	Sm ³ /d	Instrumento	FC_7702B.PV

Tabla 6: Datos para cálculo MP FCC.

Variables		Valor	Unidad
Conversión a kg/min	K2	1/(60*24)	

2. EMISIONES DE UNIDADES DE RECUPERACIÓN DE AZUFRE

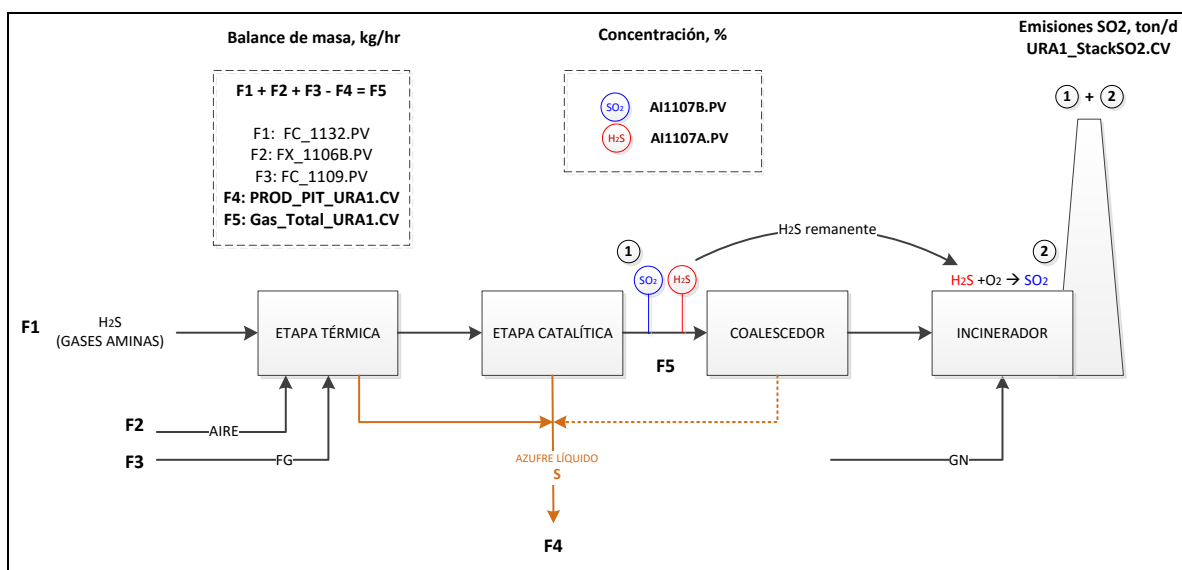
ENAP Refinería Aconcagua cuenta con tres Unidades de Recuperación de Azufre (URA), cada una con un horno de post combustión (Incinerador) en el cual se incineran los gases de cola de este proceso.

Utilizando la instrumentación del proceso existente, se establece un balance de masa para calcular el flujo de los gases de cola de cada unidad, y posteriormente la emisión, a partir de los analizadores de gases instalados en cada una.

2.1 EMISIONES DE SO₂ EN URA 1

La determinación del cálculo de las emisiones de SO₂ en URA 1 considera las mediciones del analizador de gases de H₂S y SO₂, disponible aguas arriba del Incinerador de la Unidad. Debido a la ubicación de este analizador, este sólo considera la emisión de SO₂ generada en la etapa catalítica del proceso (la cual se registra en el punto AI_1107B.PV), por lo que se debe considerar adicionalmente el SO₂ que se genera en el Incinerador por la combustión del H₂S remanente de la etapa catalítica (el cual se registra en el punto AI_7701A.pv). Según lo indicado en la Figura 2, los cálculos para la emisión de SO₂ son los siguientes:

Figura 2: Valores en línea para cálculo SO₂ URA 1



Las fórmulas de cálculo que participan de la determinación de la emisión de SO₂ son las siguientes:

$$\text{EMISION SO}_2 \text{ URA1} = \text{EM.SO}_2 \text{ CATALITICO} + \text{EM.INCINERACION H}_2\text{S} \quad (7)$$

$$\text{URA1_StackSO}_2.\text{CV} = \text{SO}_2\text{Catalítico} + \text{SO}_2\text{Incinerador} \quad (8)$$

$$\text{SO}_2\text{Catalítico} = \text{Gas_Total_URA1.CV} * \text{AI_1107B.PV} * \frac{\text{PM}_{\text{SO}_2}}{\text{PM}_{\text{EM.1}}} * K3 \quad (9)$$

$$\text{SO}_2\text{Incinerador} = \text{Gas_Total_URA1.CV} * \text{AI_1107A.PV} * \frac{\text{PM}_{\text{SO}_2}}{\text{PM}_{\text{EM.1}}} * K3 \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{GAS_TOTAL_URA1.CV} = & (\text{FC_1132.PV} * \rho_{\text{GA}} + \text{FX_1106B.PV} * \rho_{\text{Aire}}) * K4 + \\ & + \text{FC_1109.PV} * \rho_{\text{FG}} * K5 - \text{PROD_PIT_URA1.CV} * K4 \end{aligned} \quad (10)$$

Tabla 7: Valores en línea para cálculo SO₂ FCC

Variable	Unidades	Tipo	TAG PI
Emisión SO ₂ URA 1	Kg/min	Cálculo	URA1_StackSO ₂ .CV
Fujo de Gases de cola	Kg/hr	Cálculo	Gas_Total_URA1.CV
Concentración H ₂ S URA 1	%vol	Instrumento	AI_1107A.PV
Concentración SO ₂ URA 1	%vol	Instrumento	AI_1107B.PV
Gases de Amina	Mm ³ /h	Instrumento	FC_1132.PV
Totalizador Aire	Mm ³ /h	Instrumento	FX_1106B.PV
Gas Natural a combustor	M ³ /d	Instrumento	FC_1109.PV
Producción S URA 1	ton/d	Cálculo	PROD_PIT_URA1.CV

Tabla 8: Datos para cálculo SO₂ URA 1

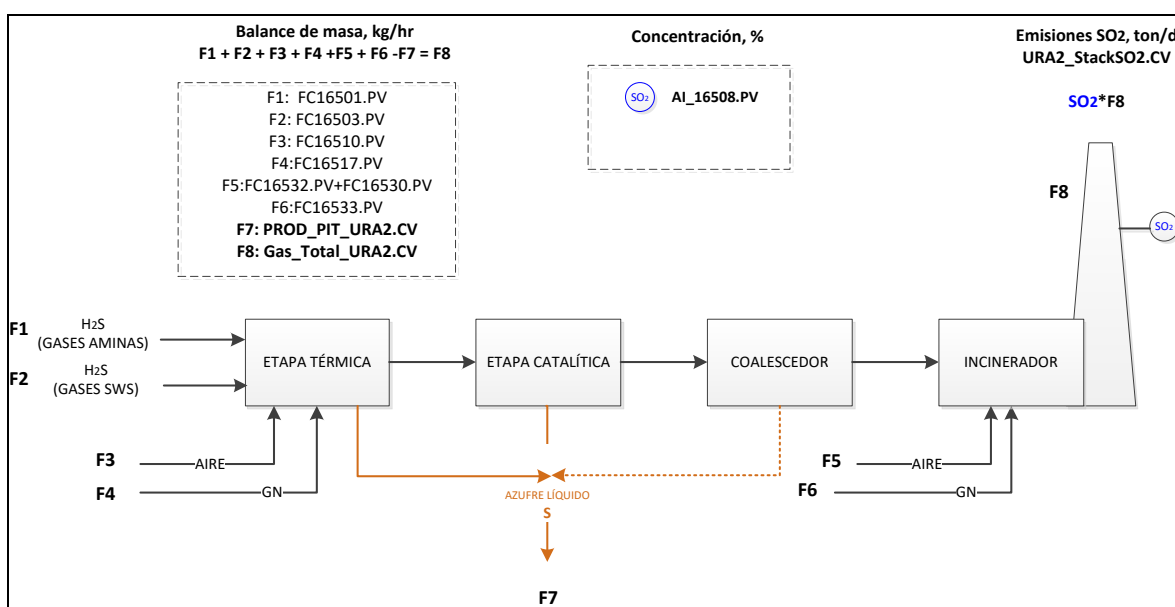
Variable		Valor	Unidad
Peso molecular SO ₂	PM _{SO₂}	64	g/mol
Peso molecular gas de cola ³	PM _{Em.1}	24,8	g/mol
Densidad gases de Aminas	ρ _{GA}	2,334	kg/m ³
Densidad del Aire	ρ _{Aire}	1,22	kg/m ³
Densidad del Fuel Gas	ρ _{FG}	0,8	kg/m ³
Conversión a kg/min	K3	1/60	
Conversión a kg/min	K4	1000/24	
Conversión a kg/min	K5	1/24	

³ Obtenido del último Test Run realizado en la Unidad

2.2 EMISIONES DE SO₂ EN URA 2

A diferencia de la URA 1, el analizador de SO₂ de la URA 2 se encuentra instalado aguas abajo del Incinerador, totalizando el SO₂ producto de la combustión. Por lo anterior, la medición continua de la emisión es a través del analizador AI16508 y el flujo de gas instantáneo, calculado por balance de materia de las corrientes de alimentación y azufre producido, según el siguiente esquema (ver Figura 3) y cálculos:

Figura 3: Valores en línea para cálculo SO₂ URA



Las fórmulas de cálculo que participan de la determinación de la emisión de SO₂ son las siguientes:

$$\text{EMISIÓN SO}_2 \text{ URA 2} = \text{FLUJO DE GASES} * \text{CONCENTRACIÓN DE SO}_2 \quad (11)$$

$$\text{URA2_StackSO2.CV} = \text{GAS_TOTAL_URA2.CV} * \text{AI16508.PV} * \frac{\text{PM}_{\text{SO}_2}}{\text{PM}_{\text{Em.2}}} * \frac{1}{100} \quad (12)$$

$$\text{GAS_TOTAL_URA2.CV} = \text{FC16501.PV} + \text{FC16503.PV} + F_{\text{AIRE}} + F_{\text{GN}} - \text{PROD_PIT_URA2.CV} * K4 \quad (13)$$

$$F_{\text{AIRE}} = \text{FC16510.PV} + \text{FC16538.PV} + \text{FC16532.PV} + \text{FC16525.PV} + \text{FC16530.PV} \quad (14)$$

$$F_{GN} = FC16517.PV + FC16533.PV \quad (15)$$

Tabla 9: Datos para cálculo SO₂ URA 2

Variable	Unidades	Tipo	TAG PI
Emisión SO ₂ URA 2	Kg/min	Cálculo	URA2_StackSO2.CV
Gases de cola URA 2	Kg/h	Cálculo	Gas_Total_URA2.CV
Concentración SO ₂ URA 2	%vol	Instrumento	AI16508.PV
Gases de Amina URA 2	Kg/h	Instrumento	FC16501.PV
Gases de SWS URA 2	Kg/h	Instrumento	FC16503.PV
Aire combustor URA 2	Kg/h	Instrumento	FC16510.PV
Aire incinerador URA 2	Kg/h	Instrumento	FC16538.PV
Aire desgasificador URA 2	Kg/h	Instrumento	FC16532.PV
Aire Primario URA 2	Kg/h	Instrumento	FC16525.PV
Aire Oxidación URA 2	Kg/h	Instrumento	FC16530.PV
Gas Natural combustor URA 2	Kg/h	Instrumento	FC16517.PV
Gas Natural combustor URA2	Kg/h	Instrumento	FC16533.PV
Producción S URA 2	t/d	Cálculo	PROD_PIT_URA2.CV

Tabla 10: Datos para cálculo SO₂ URA 2

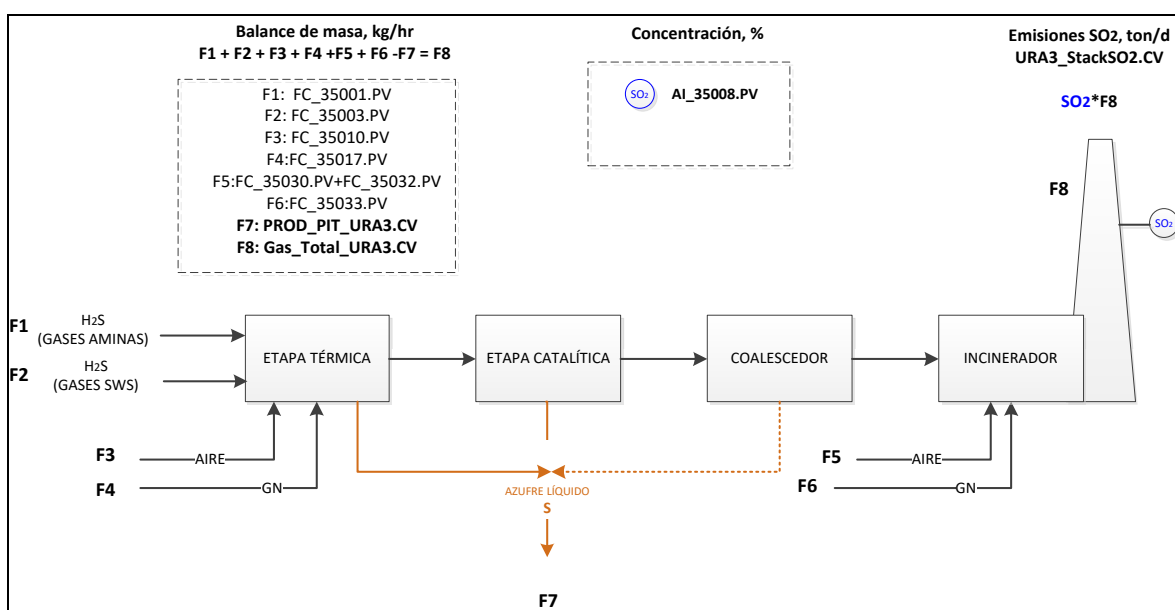
Variable		Valor	Unidad
Peso Molecular SO ₂	PM _{SO₂}	64	g/mol
Peso Molecular gases Stack ⁴	PM _{Em.2}	26,7	g/mol
Conversión a kg/min	K4	1000/24	

⁴ Obtenido de la última medición isocinética en URA 2

2.3 EMISIONES DE SO₂ EN URA 3

Al igual que en la Unidad URA 2, la estimación de las emisiones de SO₂ en la unidad de la URA 3 es a través del valor en línea del analizador AI35008 y el flujo de gas instantáneo, calculado por balance de materia de las corrientes de alimentación y azufre producido, según el siguiente esquema (ver Figura 4) y cálculos:

Figura 4: Valores en línea para cálculo SO₂ URA 3



Las fórmulas de cálculo que participan de la determinación de la emisión de SO₂ son las siguientes:

$$\text{EMISIÓN SO}_2 \text{ URA3} = \text{FLUJO DE GASES} * \text{CONCENTRACIÓN DE SO}_2 \quad (16)$$

$$\text{URA3_StackSO2.CV} = \text{GAS_TOTAL_URA3.CV} * \text{AI_35008.PV} * \frac{\text{PM}_{\text{SO}_2}}{\text{PM}_{\text{Em.3}}} * K6 \quad (17)$$

$$\text{GAS_TOTAL_URA3.CV} = \text{FC_35001.PV} + \text{FC_35003.PV} + F_{\text{AIRE}} + F_{\text{GN}} - \text{PROD_PIT_URA3.CV} * K4 \quad (18)$$

$$F_{\text{AIRE}} = \text{FC_35010.PV} + \text{FC_35038.PV} + \text{FC_35032.PV} + \text{FC_35025.PV} + \text{FC_35030.PV} \quad (19)$$

$$F_{GN} = FC_{35017}.PV + FC_{35033}.PV$$

(20)

Tabla 11: Datos para cálculo SO2 URA 3

Variable	Unidades	Tipo	TAG PI
Emisión SO2 URA 3	Kg/min	Cálculo	URA3_StackSO2.CV
Gases de cola URA 3	Kg/h	Cálculo	Gas_Total_URA3.CV
Concentración SO2 URA 3	%vol	Instrumento	AI_35008.PV
Gases de Amina URA 3	Kg/h	Instrumento	FC_35001.PV
Gases de SWS URA 3	Kg/h	Instrumento	FC_35003.PV
Aire combustor URA 3	Kg/h	Instrumento	FC_35010.PV
Aire incinerador URA 3	Kg/h	Instrumento	FC_35038.PV
Aire desgasificador URA 3	Kg/h	Instrumento	FC_35032.PV
Aire Primario URA 3	Kg/h	Instrumento	FC_35025.PV
Aire Oxidación URA 3	Kg/h	Instrumento	FC_35030.PV
Fuel Gas combustor URA 3	Kg/h	Instrumento	FC_35017.PV
Fuel Gas combustor URA3	Kg/h	Instrumento	FC_35033.PV
Producción S URA 3	t/d	Cálculo	PROD_PIT_URA3.CV

Tabla 12: Datos para cálculo SO2 URA 3

Variable		Valor	Unidad
Peso Molecular SO2	PM _{SO2}	64	g/mol
Peso Molecular gases Stack ⁵	PM _{Em.3}	26,61	g/mol
Conversión a kg/min	K4	1/100	
Conversión a kg/min	K5	1000/24	

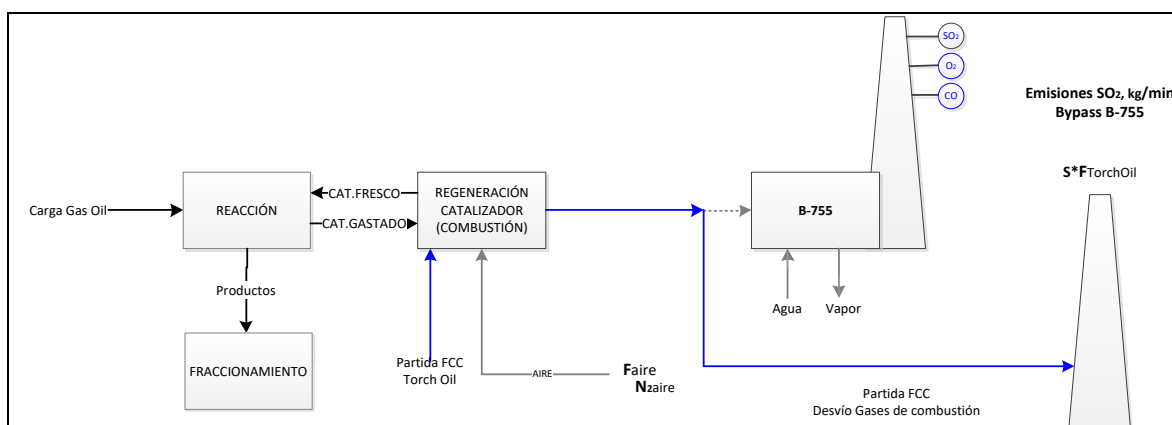
⁵ Obtenido de última medición Isocinética en URA 3

3. ANEXO

CÁLCULO DE EMISIONES DE SO₂ FCC (BYPASS CHIMENEA)

Los analizadores involucrados para el cálculo de la emisión del FCC se encuentran instalados en la chimenea del recuperador de calor B-755. Existen 2 escenarios en que los gases de combustión no pasan por la chimenea B-755, y se desvían hacia otra chimenea. En ambos casos, el analizador de SO₂ deja de registrar datos:

Figura 5: Valores en línea para cálculo SO₂ de FCC modo Bypass.



- Baja demanda de vapor de Refinería. La disminución de la producción de vapor en las calderas de Suministros, dificulta la modulación de la operación. Por lo anterior se sacan de servicio los generadores de vapor de las Unidades de proceso, como la B-755. Ante este escenario, se considera el último valor registrado del analizador AI_7702B.
- Durante la partida del FCC, el equipo B-755 queda en by-pass hasta que el proceso genere la energía suficiente para su funcionamiento. Mientras FCC no alcance el escalón mínimo de carga de 2800 m³/d, la Unidad opera con una recirculación de 1500 m³/d, la cual no genera emisiones de SO₂, y una inyección de Torch Oil (gas oil de coker) vaporizado para alcanzar las

temperaturas de operación. La emisión generada por la combustión del azufre contenido en el Torch oil, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{EMISIÓN SO}_2 \text{ FCC} = \text{CARGA TORCH OIL} * \text{CONC. S EN TORCH OIL} \quad (21)$$

$$\text{EMISIONSO}_2\text{FCC.CV} = \text{FI}_{7068}.\text{PV} \cdot \frac{141,5}{\text{P3010API.B} + 131,5} \cdot \frac{\text{P3010AZU.B}}{100} \cdot \frac{\text{PM}_{\text{SO}_2}}{\text{PM}_\text{S}} \cdot \text{K2} \quad (22)$$

Tabla 13: Valores en línea para cálculo SO₂ FCC

Variable	Unidades	Tipo	TAG PI
Emisión SO ₂ FCC	Kg/min	Cálculo	EmissionSO ₂ FCC.CV
Carga Torch Oil Partida	m ³ /d	Instrumento	FI_7068.PV
API Torch Oil	°API	Análisis Lab.	P3010_API.B
Azufre Torch oil	%	Análisis Lab.	P3010_AZU.B

Tabla 14: Datos para cálculo SO₂ FCC

Variable		Valor	Unidad
Peso Molecular SO ₂	PM _{SO₂}	64	g/mol
Peso Molecular azufre	PM _S	32	g/mol
Conversión kg/min	K2	1/60*24	

Tabla 15: Resumen Cálculos emisión SO₂ de FCC según Operación de la Unidad

Modo FCC	FC_7206.PV	Modo B-755	Ecuación Cálculo
Op.Normal	>=1500 m ³ /d	Op.Normal	(1)
Op.Normal	>=1500 m ³ /d	Bypass	(1) con último AI_7702B.PV
Partida	<1500 m ³ /d	Bypass	(22)