

## ANALISIS DE CONFIABILIDAD DE FGT

Godoy, Yesica Romina, Axion Energy, [YGodoy@pan-energy.com](mailto:YGodoy@pan-energy.com)

### Sinopsis

La unidad de recuperación de azufre (SRU) es una de las nuevas unidades de reciente puesta en marcha de la Refinería Campana. La misma permite disminuir significativamente el impacto ambiental de las unidades de refinación, reduciendo notablemente las emisiones de NOX y SO<sub>2</sub> al medio ambiente.

La SRU es una unidad Claus con sección Sultimate, de tecnología Prosernat, que convierte el H<sub>2</sub>S de la alimentación en Azufre elemental. La carga proviene de dos plantas que forman junto con la SRU el complejo FGT (Fuel Gas Treatment). La unidad de despojamiento de aguas agrias de dos etapas (SWS: Sour water stripper) y la unidad de tratamiento de gases (GSU: Gas Scrubbers Unit). Con este nuevo complejo, las emisiones de SO<sub>x</sub> se reducen en un 98 % y la operación de los principales hornos, que utilizan fuel gas tratado, mejora significativamente. Por otro lado, la unidad SRU cuenta con un Incinerador donde el NH<sub>3</sub> proveniente de la segunda etapa de despojamiento de aguas agrias es destruido.

A fines de 2019 el FGT comenzó la puesta en marcha, quedando la SRU operativa desde febrero de 2020. Luego del arranque, durante los primeros meses de operación, la unidad presentó diferentes eventos que llevaron a paradas no planificadas, relacionadas a la etapa de aprendizaje de la organización, sin experiencia previa en este tipo de unidades.

A través del análisis detallado luego de algunos meses de operación, en un grupo multidisciplinario conjunto con personal técnico, especialista, operaciones y control de procesos, se identificaron los principales malos actores, sobre los cuales se trabajaron y se realizaron propuestas de mejora, con el objetivo de incrementar el factor de servicio de la unidad.

Desde implementación de mejoras (julio del presente año) el factor de servicio aumento significativamente.

## Introducción

En 2019 en nuestra Refinería de Campana se inició con la PEM (puesta en marcha) de la unidad FGT de tecnología Prosernat, la cual está compuesta por una subunidad de tratamiento de gases, una de despojamiento de aguas agrias, de dos etapas, (SWS) y la unidad de recuperación de azufre (SRU), en la cual se centra el análisis de confiabilidad desarrollado a continuación.

La unidad FGT aunque es una unidad satélite de refinería, tiene funciones principales, como la limpieza de los gases de consumo en hornos propios y aguas agrias de refinería pretratamiento físico /químico y biológico. Además de tener como objetivo principal disminuir las emisiones de SO<sub>2</sub> Y NO<sub>X</sub> a la atmosfera, por consiguiente, no disponer de la misma no solo tiene un gran impacto a nivel operaciones sino también medio ambientales.

La unidad SRU desde PEM paro en reiteradas ocasiones por diferentes indoles, lo que derivó la necesidad de un análisis de principales causas y el desarrollo de soluciones para aumentar la confiabilidad de la operación y aumentar el factor de servicio.

## Desarrollo

El FGT está formado por las siguientes subunidades según se describe a continuación:

- Una unidad de tratamiento de gases, formado por dos scrubbers de tratamiento de fuel gas y una unidad de regeneración de amina, la cual utiliza MDEA: N-Methyldiethanolamine.
- Una unidad de tratamiento de aguas agrias de dos etapas, donde el H<sub>2</sub>S de la primera etapa se deriva a la unidad SRU y el NH<sub>3</sub> de la segunda etapa se destruye en un incinerador dentro del misma unidad SRU.
- Unidad SRU, unidad donde confluyen los gases ricos en H<sub>2</sub>S provenientes de la regeneradora de amina (ARU) y primera etapa de despojamiento de aguas agrias para ser convertidos en azufre líquido.

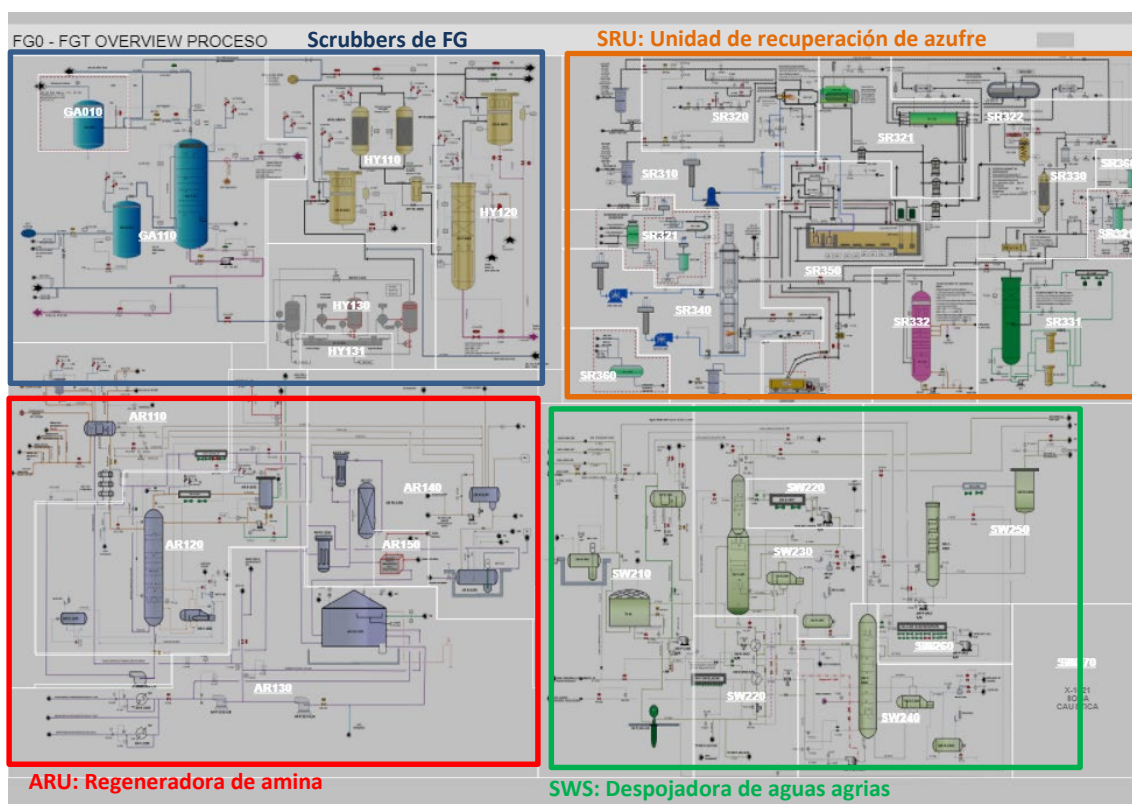
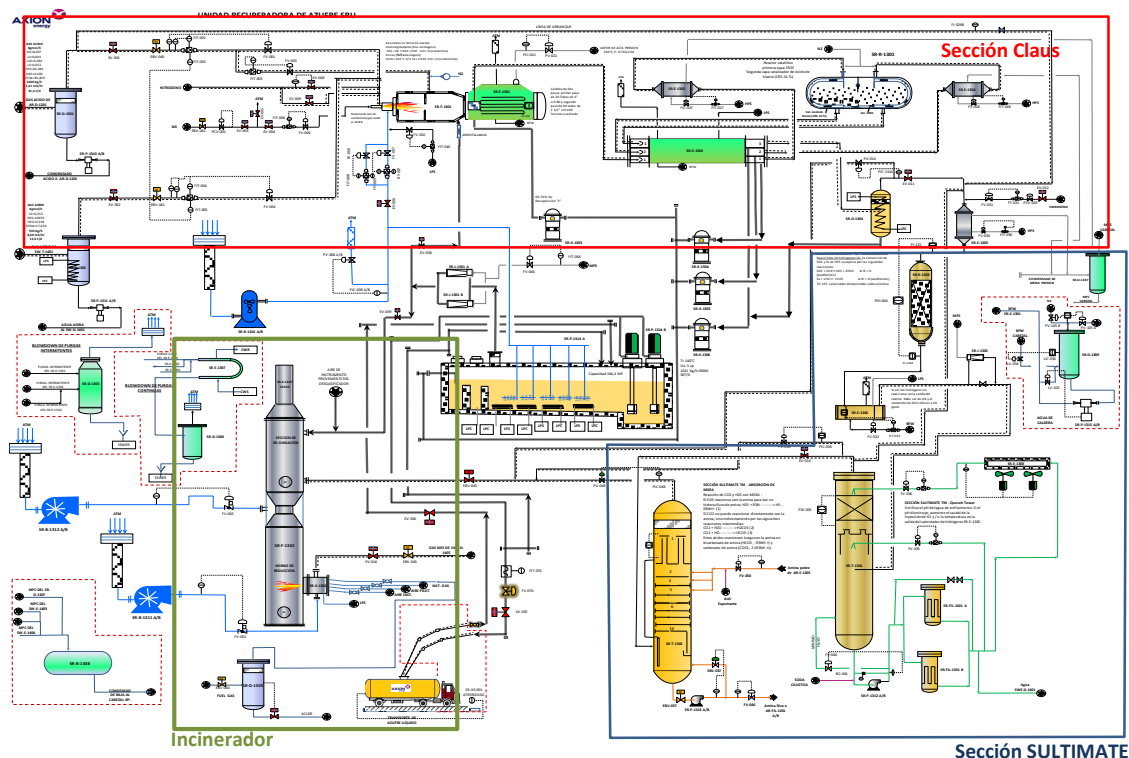


Figura 1– Diagrama general de la unidad FGT

La unidad SRU cuenta con una capacidad de producción diaria de azufre líquido de 30 tn, siendo utilizada solo a un 40% de capacidad según corrida actual de crudo en refinería. La unidad está compuesta por la sección Claus, un crackeo termino en el horno y una reacción catalítica en el reactor, una sección sultimate (no operativa) y un incinerador, dedicado a lo no convertido en la unidad claus/sultimate y destruir el NH<sub>3</sub> proveniente de la segunda etapa de despojamiento de la unidad SWS. En la Figura 1 se puede observar un esquema simplificado de la unidad SRU.

Los gases ácidos provenientes de la regeneradora de amina y gas agrios de la despojadora de aguas agrias ingresan al horno reactor donde aproximadamente un tercio (1/3) del H<sub>2</sub>S en los gases de alimentación se convierte en SO<sub>2</sub> utilizando aire de combustión. Este dióxido de azufre reacciona con el H<sub>2</sub>S no convertido a una temperatura elevada según la reacción Claus. El gas de combustión del horno se enfría en el intercambiador de calor SR-E-1301 a 300 °C. A continuación, el gas de proceso pasa a través del condensador de azufre SR-E-1302 (primer paso) para condensar el azufre ya convertido en vapores de azufre. La etapa catalítica convierte el H<sub>2</sub>S restante en azufre a través de lechos de catalizador. El azufre líquido se recupera entonces en otros pasos del condensador SR-E-1302.

La conversión de azufre es aproximadamente 95% en esta etapa.



**Figura 2 – Unidad de recuperación de azufre (SRU)**

La sección Tratamiento de gases de cola, situada aguas abajo de la sección de Claus, está dedicada a aumentar la recuperación de azufre.

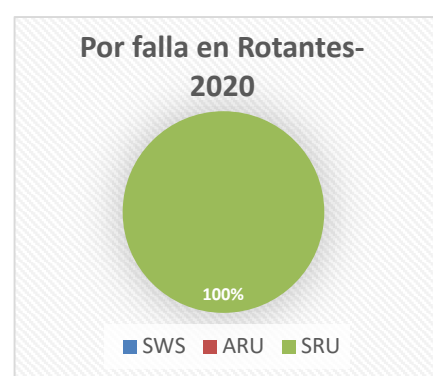
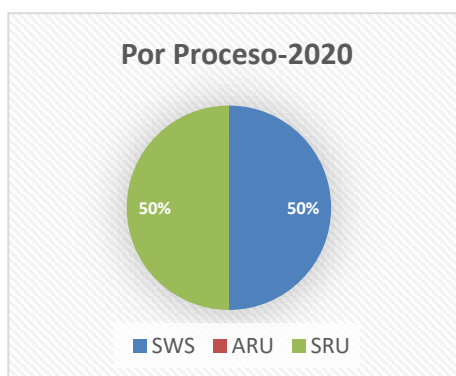
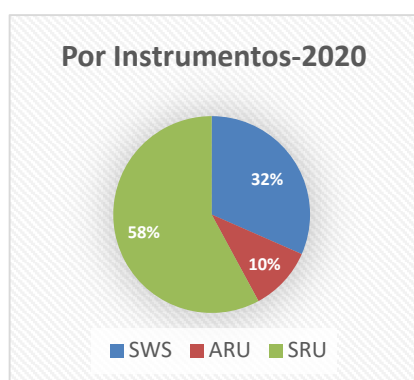
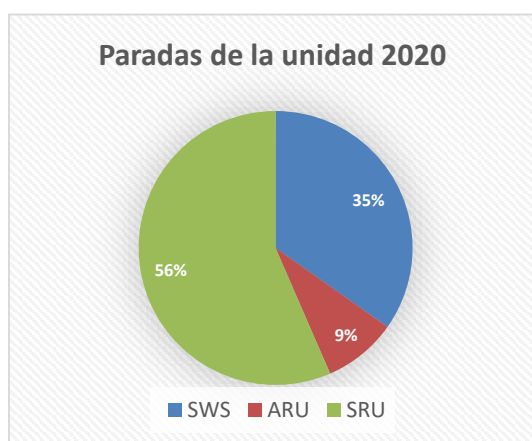
El Proceso Sultimate™ se basa en la reducción a H<sub>2</sub>S del SO<sub>2</sub> restante utilizando H<sub>2</sub> en la sección de Reducción / Disolución. El H<sub>2</sub>S se absorbe entonces en una unidad de amina, retornando como amina rica a la sección ARU Regeneración donde se despoja y luego se reinyecta en la entrada de la sección Claus con otros gases ácidos de otras unidades.

### Operación de la unidad:

A principios del 2021 en función de lo evidenciado en el 2020 se comenzó con un análisis para comprender las principales causas de paradas de la unidad y trabajar en resolverlas y de esta manera aumentar la confiabilidad de la operación.

En las siguientes graficas se pueden observar las paradas de 2020/2021 por planta y especialidad (Instrumentos, rotantes, procesos e inspección).

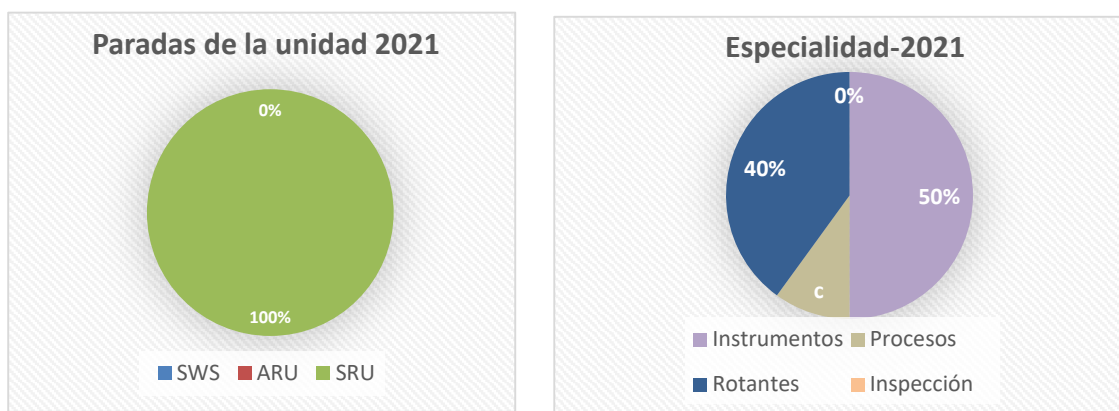
### Análisis 2020



Observaciones: Durante 2020 se resolvieron malos actores en las unidades SWS y GSU, sin paradas durante el 2021. Quedando como principal unidad a analizar la unidad de recuperación de azufre (SRU).

## Análisis 2021

En 2021 la única unidad que presentó malos actores fue la unidad SRU según se detalla a continuación.



Como se puede observar la causa principal de las paradas de la unidad SRU están asociadas a falla de instrumentos del sistema de control integrado, esta causa tiene el 50% del total de causas. Las paradas por falla en equipos rotantes (sopladores de aire principal) son la segunda causa con el 40% y las condiciones de procesos, cambio en condición operativa, son el tercero con un 10%.

En función del análisis se definieron diferentes planes de acción para el 2021, con la finalidad de mejorar la operación de la unidad:

- 1- Aumentar la confiabilidad de la unidad SRU a través de un análisis conjunto de fallas espurias de instrumentos y la matriz causa y efecto. Este trabajo se detalla a continuación.
- 2- Análisis de operación de sopladores /reemplazo por compresores de aire en paralelo. En octubre del 2021 se instalaron tres compresores portátiles de manera provisoria (mientras se da solución definitiva a los sopladores) para reemplazo de los sopladores principales de la unidad. Estos están operativos desde el 07/10/2021 sin inconvenientes.
- 3- Mejoras/Readecuación del sistema de calefacción en zonas críticas para evitar puntos fríos donde el azufre pueda solidificar y presionar el sistema.

Acciones sobre la principal causa de parada de la unidad, “falla de instrumentos/valores de corte”:

- Análisis de matriz causa efecto unidad SRU:

La unidad dispone de dos cortes automáticos (IS: Interlock System) que paran por completo la unidad, el IS-301 y el IS-302. Ambos tienen un conjunto de iniciadores asociados a instrumentos varios (presión, temperatura, discrepancias, detector de llama, entre otros los cuales se detalla debajo). Para el estudio se arrancó con los instrumentos que se presentaban como malos actores, por fallas recurrentes sin cambios operativos asociados o fallas reiteradas sin causas aparentes.

Por otro lado, se verificó que todas las redes marks sobre la última revisión de la matriz C&E, realizados por el proveedor durante la puesta en marcha, estuvieran implementados. Además, en conjunto con nuestro equipo de especialistas, se tuvieron en cuenta las buenas prácticas de este tipo de unidades en otras refinerías del mundo.

En el siguiente cuadro se detallan los iniciadores de los dos principales Trips.

| TRIP   |               | Descripción                                                              |
|--------|---------------|--------------------------------------------------------------------------|
| IS-301 |               | <b>Parada total de unidad SRU</b>                                        |
|        | Botón en sala | Operador de sala de control                                              |
|        | Panel local   | Operador de campo.                                                       |
|        | SR-F-1302     | Muy alta temperatura en zona de reducción                                |
|        | SR-F-1302     | Muy alta temperatura en zona re-oxidacion.                               |
|        | SR-X-1302     | Muy bajo caudal de aire de combustión.                                   |
|        | SR-X-1302     | Muy bajo caudal de aire de re-oxidacion.                                 |
|        | SR-X-1302     | Muy baja presión en suministro de Fuel Gas                               |
|        | SR-X-1302     | Muy alta presión en suministro de Fuel Gas                               |
|        | SR-D-1303     | Muy alto nivel de líquido en SR-D-1303                                   |
|        | SR-F-1302     | Muy baja presión de aire de instrumento.                                 |
| IS-302 |               | <b>Parada total de sección Claus</b>                                     |
|        | IS-301        | IS-301, Parada del incinerador                                           |
|        | Botón en sala | Operador de sala de control                                              |
|        | Panel local   | Operador de campo.                                                       |
|        | SR-X-1301     | Muy baja detección de llama en quemador principal.                       |
|        |               | SR-PSLL-012-Muy baja presión de suministro de gas natural en colector.   |
|        |               | SR- PSHH -012-Muy alta presión de suministro de gas natural en colector. |
|        |               | SR-PSHH-015-Muy alta presión de suministro de gas natural al quemador.   |
|        | SR-X-1301     | Muy alta presión de aire de combustión.                                  |
|        | SR-F-1301     | Muy alta temperatura en cámara.                                          |
|        | SR-X-1301     | Muy bajo caudal de aire principal.                                       |
|        | SR-X-1301     | SR-FSLL-002 -Muy bajo caudal de gas ácido.                               |
|        | SR-X-1301     | SR-FSLL-005 -Muy bajo caudal de gas agrio.                               |
|        | SR-E-1301     | SR-LSLL-010 -Muy bajo nivel en caldera de alta presión.                  |
|        | SR-B-1310     | Discrepancia en motor de sopladores.                                     |
|        | SR-F-1301     | Detectores de llama, no detectan llama.                                  |
|        |               | Discrepancia en válvulas varias.                                         |

Del análisis se determinó que se resolvería un 80% de los casos de paradas por trips de la unidad trabajando sobre los listados a continuación:

1. Delay en Parada total de sección Claus (trip IS-302) de 15 min al activarse Parada total del Incinerador (IS-301)→ Nos permite pasar a una quema estequiométrica, el retiro de cargas sin parar la unidad de forma instantánea (condición de stand-by). Evitaría en gran medida problemas de obstrucción.  
Obs. Esta falla representó un 42 % de las paradas del SRU por falla en instrumentos.
2. Retiró del corte por muy baja presión de gas de suministro en colector (SR-PSLL-012) → quedando solo como permisivo en casos de arranque/barrido de la unidad.  
La unidad en operación normal opera solo con cargas ácida y agria, sin necesidad de gas natural (GN), en nuestro caso particular de baja carga se suele mantener un mínimo para mejorar temperaturas y conversión, pero no tenerlo no implicaría una parada de emergencia excepto estemos en condición de quema estequiométrica donde el único comburente es el GN y no tenerlo expone a la unidad a un riesgo.
3. Retiró del corte por muy alta presión de suministro al quemado principal (SR-PSHH-012/015), quedando solo como permisivo en casos de arranque/barrido de la unidad.  
Ambos cortes están sobre la línea de GN, en caso de alta presión para cuidar el quemador debe cerrarse el ingreso solo de gas excepto no esté operando con carga este en operación de stand by solo con GN, en tal caso el trip IS-302 debe activarse.

4. Retraso de 10 min para el corte por muy bajo nivel de líquido en la caldera de alta presión (SR-LSLL-010) → Evitaría el corte por Bad PV de los indicadores de nivel, esta falla es recurrente y represento el 14% de las paradas de la unidad SRU 2020-2021.  
Adicional al retraso se realizó un reemplazo de tecnología, de tipo radar a diferencial de presión, para descartar que algún ruido o alguna anomalía en el sistema eléctrico estuviera generando la falla.
5. Se desactivaron los cortes por muy bajo caudal de gas ácido (SR-FSLL-002) y muy bajo caudal de gas agrio (SR-FSLL-005)→Estos solo actuarán si actúan en simultaneo y en condición normal (sin GN)  
La unidad puede operar con una de las cargas y GN, incluso con una de las cargas por un periodo corto de tiempo. De cortarse el envío de alguna de las cargas el operador cuenta con alarma y en conjunto al departamento técnico, en función de la carga, podrá decidir ir a quema estequiométrica o mantener la operación, el corte instantáneo no es necesario desde el punto de seguridad y aumenta la posibilidad de una obstrucción que demore la posterior PEM (puesta en marcha).
6. Se eliminaron los trips por discrepancia en válvulas, excepto para el arranque de la unidad/barrido. Aproximadamente un 20% de paradas 2020-2021 estuvieron relacionadas con discrepancias.

## Conclusiones

Las modificaciones fueron realizadas en el sistema de control en Julio del 2021, hasta el momento no se detectó ningún evento asociado a falla en instrumentos.

El 100% de las fallas espurias de instrumentos fueron eliminadas y la confiabilidad aumento un 83% en relación con el primer semestre del año post ambas implementaciones (cambio de sopladores y cambios en el sistema de control de la unidad):

Desde julio a la implementación del cambio de los sopladores se registraron 3 eventos asociados al soplador (dentro del segundo plan de acción), en octubre se instalaron los compresores portátiles temporales mientras se analiza la instalación de los sopladores, hasta el momento no se presentaron inconvenientes asociados. Con los compresores instalados se espera reducir un 40% de las fallas sumando entre ambas acciones una reducción del 90% de las principales causas.

El foco de mejoras en la unidad para el 2022 estará relacionado a la entrada de HC y limpieza del circuito para evitar paradas por obstrucciones en zona de salida del condensador, principal ofensor en la actualidad, en la tabla esta queda dentro de las fallas por procesos.

|                                                                     | 2020 | 2021<br>Pre implementación | 2021<br>Post implementación |
|---------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|-----------------------------|
| Conversión<br>Azufre convertido/azufre total alimentado a la unidad | 23%  | 80-90%                     | 80-90%                      |
| Cantidad de total de eventos                                        | 23   | 12                         | 2                           |
| Factor de servicio<br>Tiempo en operación/tiempo total              | 84%  | 89%                        | 92 % (Nota 1)               |
| Falla de instrumentos                                               | 83%  | 50%                        | 0                           |
| Falla por sopladores                                                | 9%   | 40%                        | 0                           |
| Falla por proceso                                                   | 4%   | 10%                        | 100%                        |

Nota 1: Se dejan fuera de análisis las paradas prolongadas por obstrucciones y demoras por cuestiones de logística que suman a los días no operativos, pero no por las causas analizadas.



## **Bibliografía**

Sulfur Unit.com: SRU Operations and troubleshooting, TGU Review (Training by refining community).

Operating manual sulphur recovery unit by Prosernat.

Sulphur experts support

## **CV Autores**

Godoy Yesica Romina. Ingeniera química de la Unidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Delta, Buenos Aires, Argentina. Se desempeña como ingeniera de procesos de unidades de tratamiento de gases FGT en PAE desde Marzo de 2020. Anteriormente, ocupó el cargo de ingeniera de comisionado y puesta en marcha de las unidades nuevas de Refinería Campana. Durante los primeros 5 años de profesión como ingeniera de procesos en departamento técnico para la empresa CH2M HILL -Jacobs-Worley Parsons.