

RECONFIGURACION SOBRE PARQUE DE COGENERACION RBA (Refinería Buenos Aires – Raízen Argentina – SSEE [Servicios Esenciales])

BLOISE, Maria Eugenia (Ing. Producción SSEE), Raízen Argentina, Maria-Eugenia.Bloise@raizen.com.ar

GIACOMELLI, Analia (Analista de planificación), Raízen Argentina, Analia.Giacomelli@raizen.com.ar

LAURENZA, Julio (Tecnólogo SSEE), Raízen Argentina, Julio.Laurenza@raizen.com.ar

NELLEN, Sergio Adrian (Gerente SSEE), Raízen Argentina, Sergio.Nellen@raizen.com.ar

Sinopsis

Refinería Buenos Aires (RBA) cuenta con un parque de cogeneración que cubre la demanda bienergética (térmica y eléctrica) mediante la siguiente configuración:

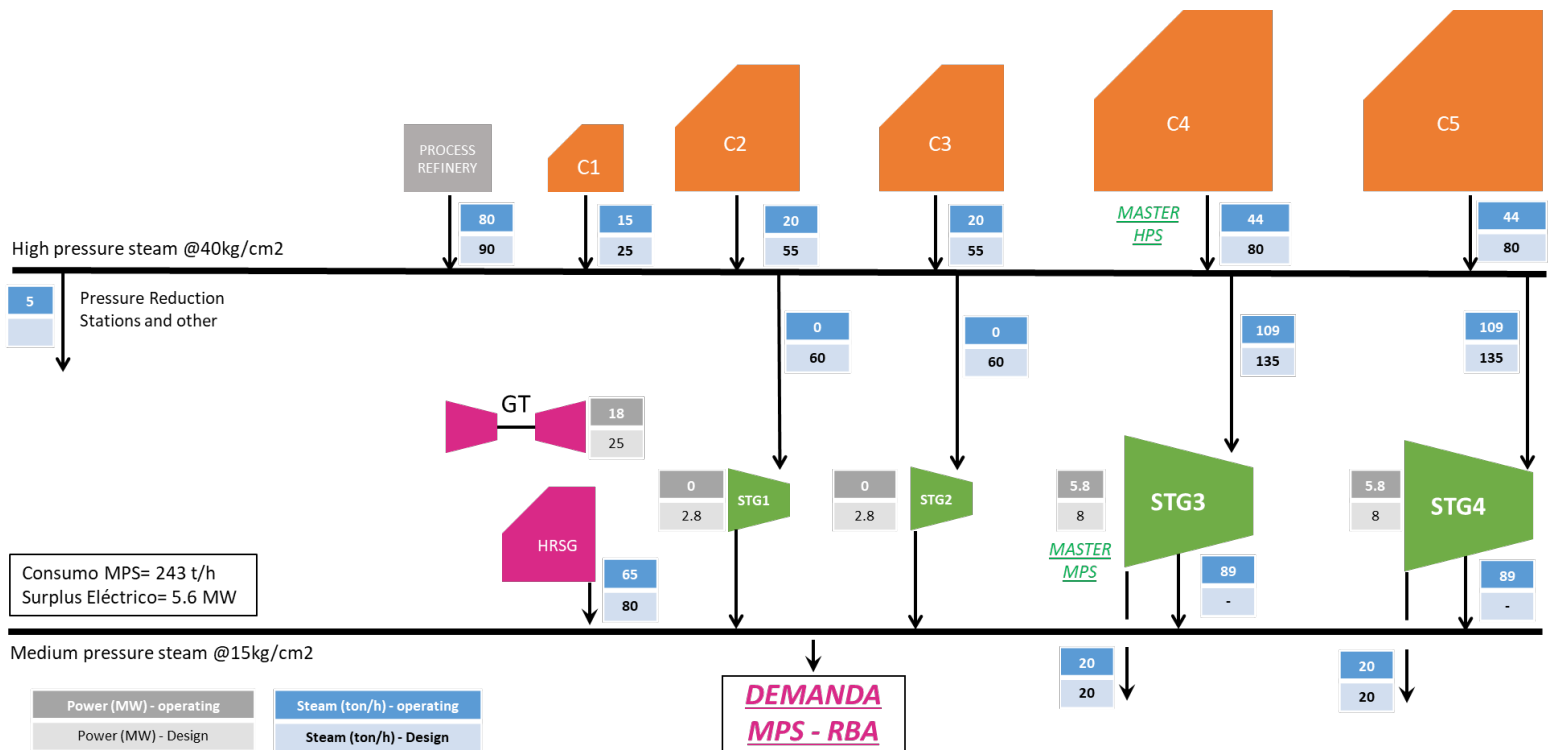


Fig.1 SISTEMA DE COGENERACION GENERICO SSEE – Refinería Buenos Aires

- 5 Generadoras de Vapor de agua (Pnom. 40kg/cm2);
- 3 Calderas de recuperación en unidades de proceso (Pnom. 40kg/cm2);
- 4 Turbogeneradores de vapor asociados a generadores sincrónicos
(Pnom. 40-15kg/cm2, siendo: 2 turbinas de contrapresión y 2 de extracción/condensación);
- 1 Turbina de gas asociada a generador sincrónico + caldera de recuperación (Pnom. 15kg/cm2);

De esta manera, RBA alcanza los siguientes niveles en capacidad instalada:

- **340Tn/h @40kg/cm2 +/- 70Tn/h @15kg/cm2** (generación de Vapor de Agua);
- **54MVA @6.6kV** (generación eléctrica);

Dicho parque brinda la posibilidad y flexibilidad de operar el sistema de cogeneración con diferentes configuraciones en cuanto a equipos en servicio y carga de los mismos. A su vez, dicha flexibilidad también resulta en distintas implicancias respecto a los niveles de eficiencia energética, emisiones de gases de efecto invernadero (GHG), confiabilidad y capacidad de reserva caliente / fría para dar respuesta a disturbios en la generación o en la demanda de dichos servicios.

El propósito y objetivo planteado fue generar un estudio que nos permitiera identificar el mapa energético, tanto eléctrico como térmico del sistema de cogeneración que posee RBA, permitiendo la optimización de la operación en base a diferentes prioridades ambientales, técnicas y económicas. Este proceso se logró identificando los consumos más relevantes de nuestro sistema, mapeando las curvas de eficiencia de cada equipo y proponiendo un proceso de optimización recurrente que brinde soporte a las decisiones de configuración operativas, alcanzando así, mejoras de eficiencia energética.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos, presentaron potencialidades de margen y reducción de impacto ambiental (GHG, por emisiones de combustión principalmente).

Tras la identificación del mapa energético, mediante el uso de diagramas Sankey, herramientas en Excel y softwares tales como i-Steam, el departamento de Operaciones de Servicios Esenciales, Economía Petrolera y Tecnología lograron reconfigurar el parque de cogeneración alcanzando sensibles mejoras:

- Reducción de 84kton de emisiones de CO2;
- 30% de ahorro sobre el COGS de servicios esenciales;
- Reducción de OPEX sobre la operación de unidades (-1.4%);

Paralelamente se identificaron oportunidades de mejora, con roles específicamente desarrollados para dar seguimiento sobre la eficiencia energética de nuestros procesos.

El proceso que hemos transitado e implementado demostró ser una herramienta eficaz, replicable a otras áreas y/o servicios, logrando un balance adecuado entre los distintos criterios de configuración de nuestro sistema.

Sin lugar a duda, este ha sido un proceso de aprendizaje y mejora continua, donde hemos alcanzado el éxito gracias a la integración de diversas especialidades que soportan la operación de nuestra refinería. Hemos puesto gran foco en efficientizar procesos ya existentes, desafiando el estatus quo como así también, la adaptación a nuevas tecnologías y transformaciones digitales. Esto es parte de nuestra cultura y filosofía de trabajo.... **Realizando ahora, mirando el futuro.**

Introducción

El presente informe dará a conocer los resultados obtenidos luego del trabajo de eficiencia energética que hemos realizado sobre el sistema de cogeneración de la Refinería Buenos Aires (RBA - Raízen Argentina).

Este objetivo se basó en el plan de **Sustentabilidad RAÍZEN**, englobando de esta manera, los conceptos de **Eficiencia**, **Sostenibilidad** y **Seguridad energética** de nuestras operaciones.

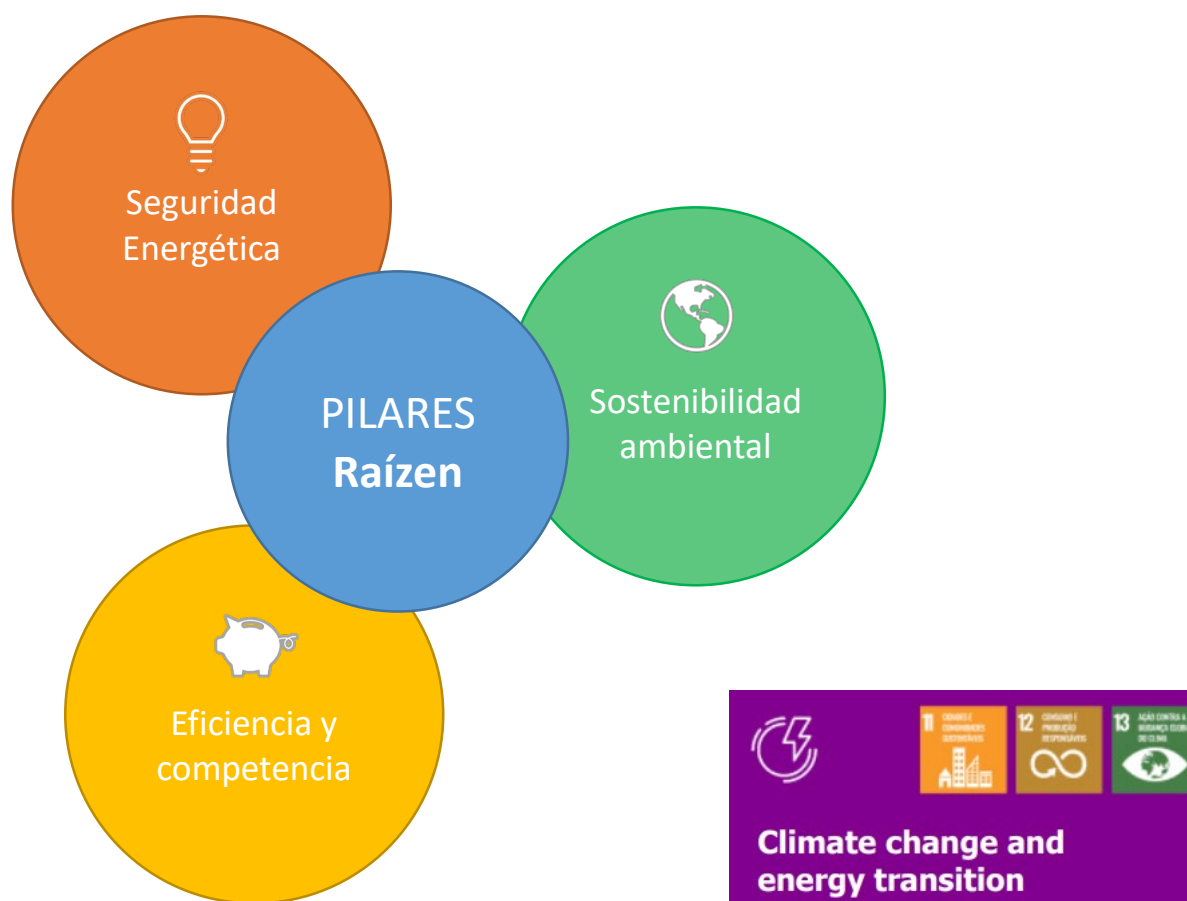


Fig.2 – PILARES Raizen

A partir de los lineamientos de la norma de Gestión de Energía ISO 50001, y en pleno seguimiento de nuestros pilares de sustentabilidad, se generó un estudio que nos permitiera identificar un mapa energético, tanto eléctrico como térmico, buscando y logrando la optimización de nuestra operación en base a diferentes prioridades ambientales, técnicas y económicas.

Esto último se logró identificando los consumos más relevantes de nuestro núcleo energético, mapeando las curvas de eficiencia de cada equipo y proponiendo un proceso de optimización recurrente que brinde soporte a las decisiones de configuración operativas.

Desarrollo

Para abastecer a las diferentes unidades de nuestra Refinería, el departamento de Servicios Esenciales requiere de tres fuentes primarias de energía: gas natural, fuel gas y fuel oil. La electricidad, autogenerada, soporta la demanda interna y exporta un surplus hacia la red externa con la cual RBA se encuentra interconectada (MEM: Mercado Eléctrico Mayorista / SADI: Sistema Argentina de Interconexiones). Cabe mencionar que dicha interconexión cumple también una función de respaldo o back-up, que nos permite, sobrellevar situaciones de déficit eléctrico (ya sea ante situaciones programadas o eventos no deseados).

La siguiente tabla resume los consumos energéticos anuales en fase 0 (Previo al desarrollo de optimizaciones). El costo de combustibles para las calderas en este estudio (C9, C10, C11, C12 y C13) fue de 32.65 puntos de EII (Energy Intensity Index, según definición de Solomon), mientras que el beneficio por exportar electricidad a la red 1.4 EII. Resulta así el neto de energía que es tomado como línea base de costo energético **31.25 EII** anuales y contempla la energía eléctrica y térmica de cogeneración.

VARIABLES ENERGETICAS INICIALES (BASE)	
Energía eléctrica exportada anual	33288 MWh [Año] (3.8MWh)
Costos combustibles anual	32.65 puntos EII/Año
Beneficio exportación	1.4 puntos EII/Año
Costo anual energético	31.25 puntos EII/Año

Tabla 1 – Variables Energéticas INICIALES

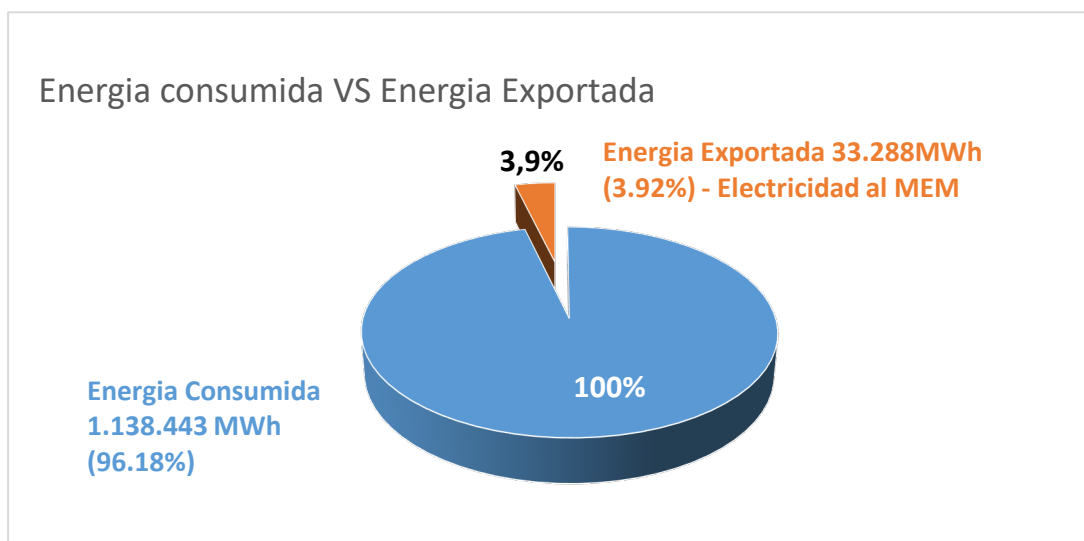


Fig.3 – Energía consumida vs exportada (SADI)

Tras la confección de este resumen energético, se elaboró una línea base como el primer paso hacia la mejora continua. Esto último ofreció información valiosa que nos permitió tomar decisiones en lo que refiere a eficiencia energética, entendiendo de esta manera, si las acciones abordadas tuvieron un impacto real y significativo en nuestras operaciones.

Estas curvas pueden ser utilizadas tanto para un sistema en particular como para un sistema general. Se propuso entonces la curva baseline del consumo energético (principalmente combustibles) de la planta. Los resultados obtenidos fueron:

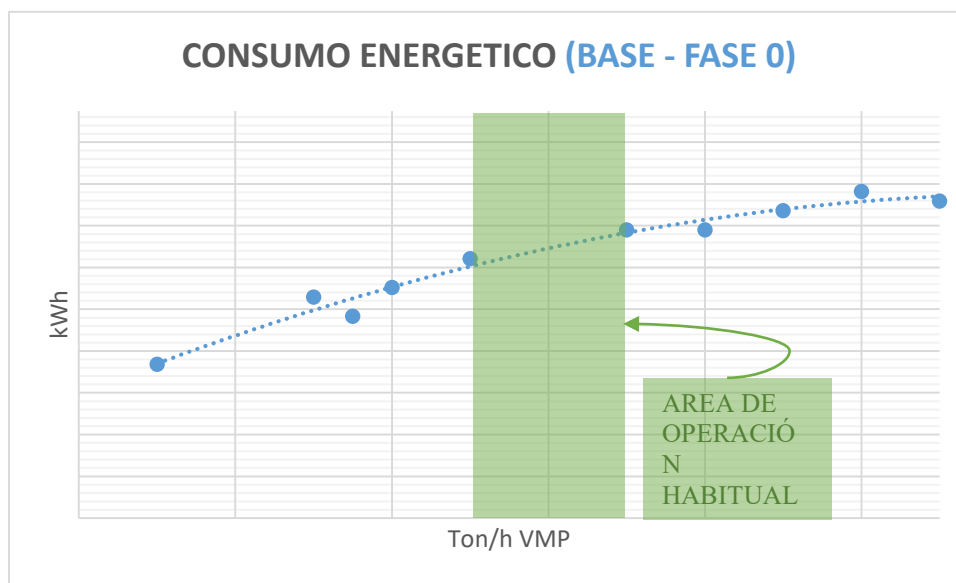


Fig.4 – CONSUMO ENERGETICO (BASE)

Luego de definir dicho punto de partida (situación base o fase 0), se abordó el proyecto de optimización. El mismo se dividió en 2 etapas con objetivos análogos, aunque en cierta forma, diferenciales debido a las acciones que se llevaron a cabo.

PRIMERA ETAPA:

La primera etapa se basó principalmente en identificar las eficiencias individuales de nuestros activos (Generadores de Vapor y Electricidad), para luego, maximizar la integración de ellos. Esto requirió de un trabajo conjunto con varios departamentos de soporte como ser: Ingeniería, Tecnología, Economía y Operaciones.

- Ingeniería: mediante un trabajo de RCM (Mantenimiento centrado en la Confiabilidad), se logró alcanzar niveles de confiabilidad superiores, lo cual nos permitió, operar con una menor reserva caliente (35Ton/h vs 55Ton/h originales). Esto nos llevó a poder reconfigurar el parque de cogeneración, maximizando así, la eficiencia de nuestros activos tanto individual como integralmente.
- Tecnología, Economía y Operaciones: mediante ingeniería inversa se logró obtener las curvas de eficiencia de nuestros activos, maximizando su utilización y cuantificando las mejoras obtenidas. Dichas curvas de consumo/rendimiento se elaboraron a partir de balances de masa y energía, tomando datos de caudal, presión y temperatura en tiempo real de nuestro sistema de recolección de datos online *PI System*. Una vez obtenidos estos datos, se realizaron regresiones lineales y luego se volcaron las curvas obtenidas en el software I-steam. La elaboración y utilización de estas herramientas nos permitió encontrar los puntos de operación óptimos, permitiendo el monitoreo y la constante evaluación.

A continuación, se observa una imagen del software utilizado I-STEAM. El mismo permite modelar distintas configuraciones de operación y tomar decisiones en función de curvas de costo/eficiencia/beneficio.

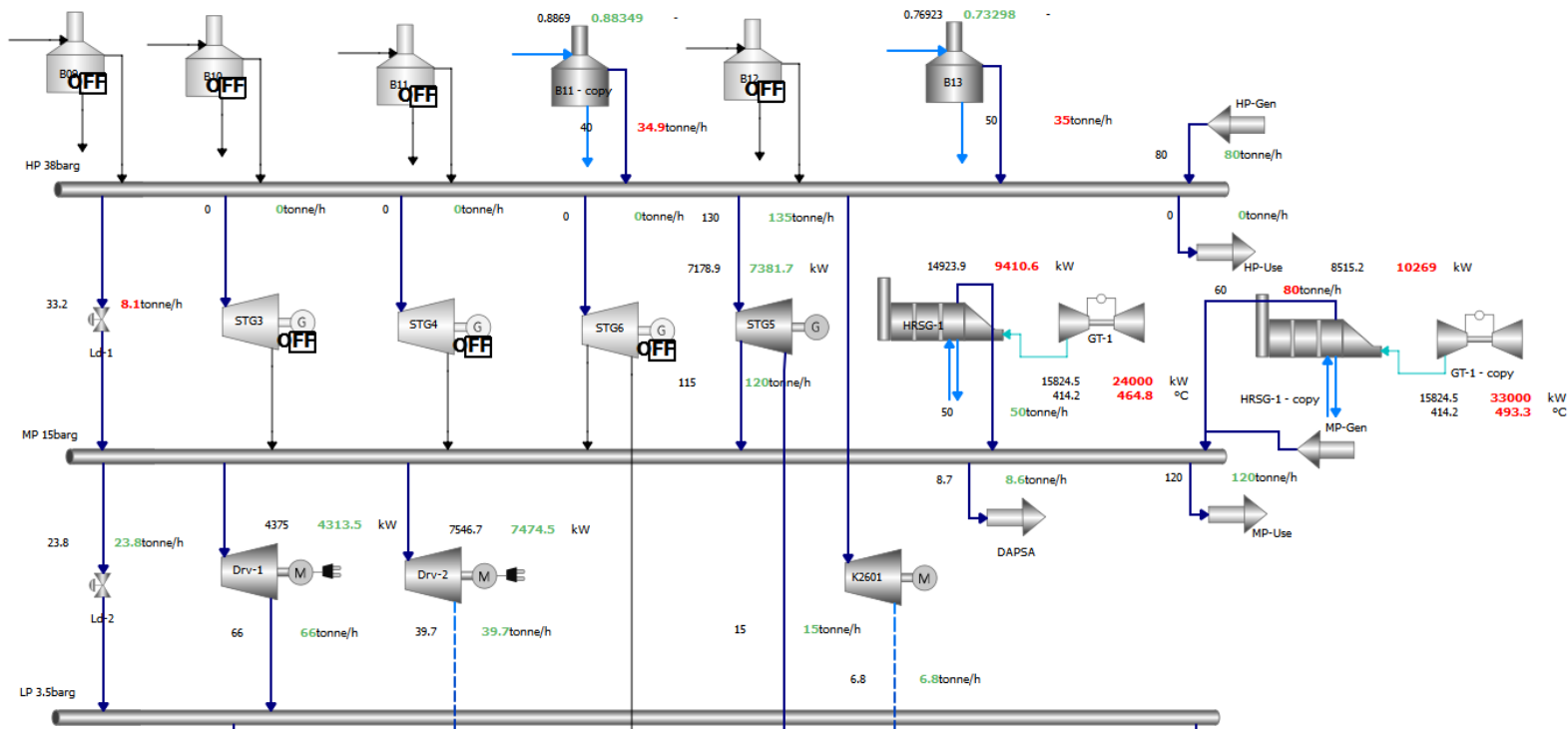


Fig.5 – IMAGEN I-STEAM (Imagen ilustrativa sobre simulación)

A continuación, se observa un gráfico de consumo de combustibles (Fuel Gas, Fuel Oil y Gas Natural) en calderas previo a las modificaciones realizadas.
En el eje “y” se observan los valores de consumo en tonelada/hora / En el eje “x” un año de operación.

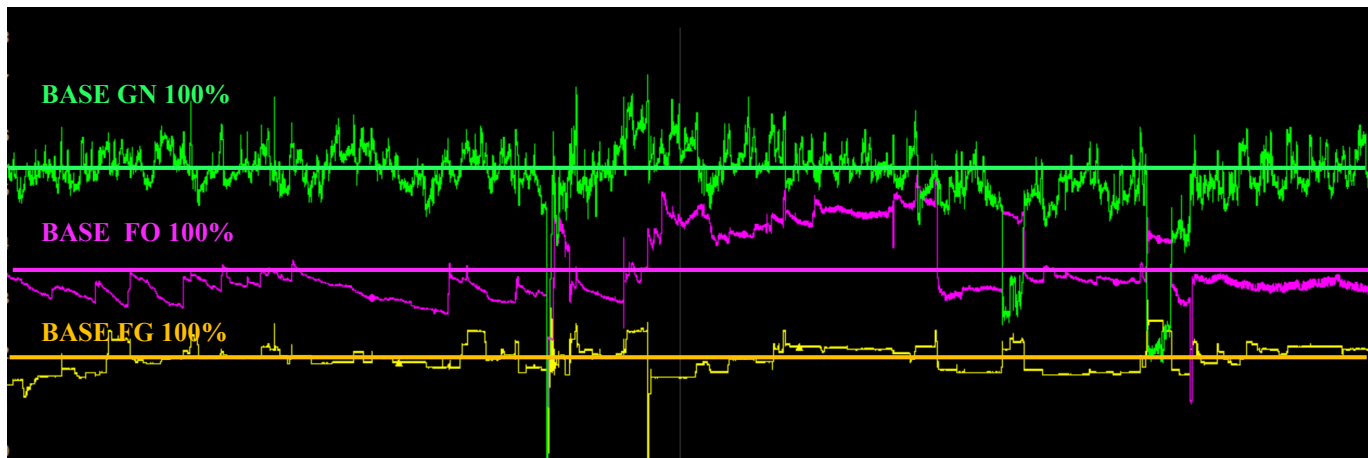


Fig.6 – Consumo de combustibles SSEE (Fase 0, año 2019, Previo a la Optimización)
Extraído de PI System.

Entendiendo las ventajas desde el punto de vista energético y medioambiental de quemar combustible gaseoso en lugar de combustible líquido, durante la primera fase del estudio se llevó a cabo un proyecto para cambiar la tecnología de los quemadores de caldera 10 y 11.

Esta mejora de tecnología permitió comenzar a quemar una mayor cantidad de Gas Natural, reemplazando de esta manera, el Fuel Oil en estas calderas y reduciendo así el consumo de combustibles para obtener la misma cantidad de energía.

En el siguiente gráfico se observan los nuevos consumos de combustible (Fuel Gas, Fuel Oil y Gas Natural) post implementación de:

- Proyecto “Gas Firing en Calderas 10 y 11”;
- Optimizaciones realizadas en cuanto a reserva caliente de vapor;

Cabe aclarar que durante ambos períodos de tiempo analizados (previo y post optimización), el requerimiento de generación/consumos de vapor de Refinería fue semejante.

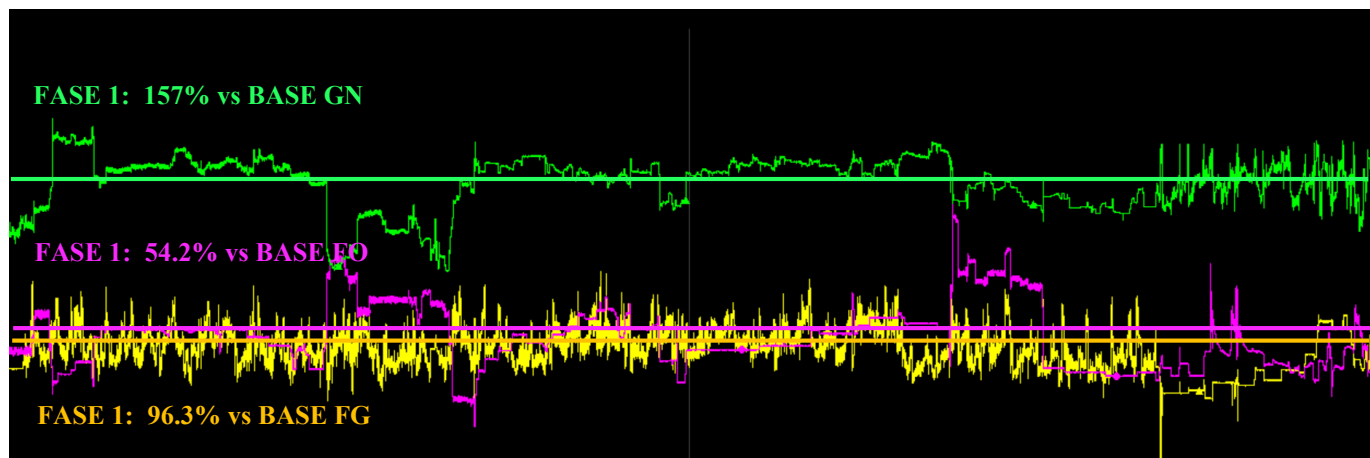


Fig.7 – Consumo de combustibles SSEE (Fase 1, año 2020, Luego de Optimización)
Extraído de PI System

En la siguiente tabla se resumen los costos energéticos anuales post optimizaciones:

VARIABLES ENERGETICAS INICIALES (Fase 1)	
Ahorro sobre el consumo eléctrico	-2.8%
% Variación sobre consumo GN	57.5%
% Variación sobre consumo FG	-3.7%
% Variación sobre consumo FO	-45.8%
% Ahorro económico sobre total energético	-18.30%
Ahorro económico sobre total energético EII	-5.27
kTON CO2/Año evitadas	-43.4
Costo combustibles anual	27.375 EII/Año
Beneficio exportación	1.75 EII/Año
Costo anual energético	25.63 EII/Año

Tabla 2 – Variables Energéticas (Primera etapa de optimización)

Luego de las optimizaciones realizadas se volcaron los nuevos consumos en los softwares utilizados y se obtuvieron las nuevas curvas de consumo energético (kWh) versus toneladas/hora de vapor de media presión generado.

En el siguiente gráfico se observa la comparación de ambas curvas:

CONSUMO ENERGETICO (Fase 1)

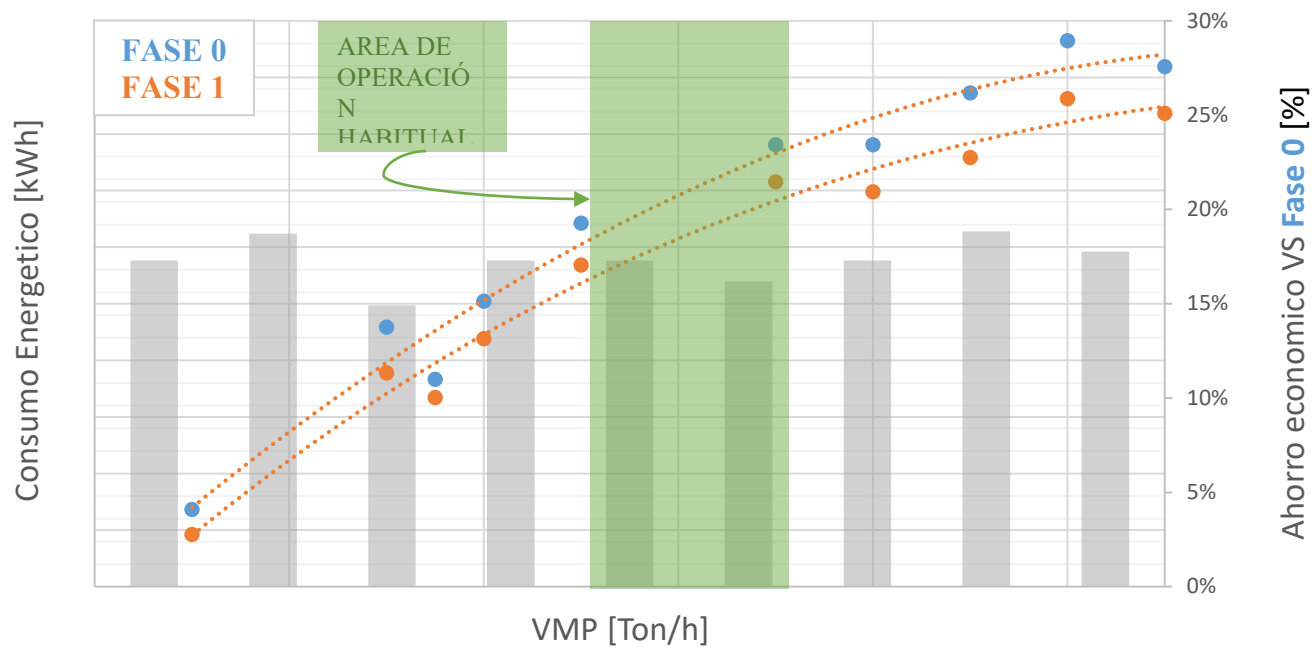


Fig.8 – CONSUMO ENERGETICO (Fase 1)

SEGUNDA ETAPA:

La segunda etapa, más profunda, involucró un estudio conjunto con especialistas en la materia (ENEF Solutions). Por tales razones, se decidió profundizar e interpretar el mapa Bienergético con mayor detalle. Se avanzó entonces en la confección de un diagrama Sankey que nos permitió visualizar la situación general.

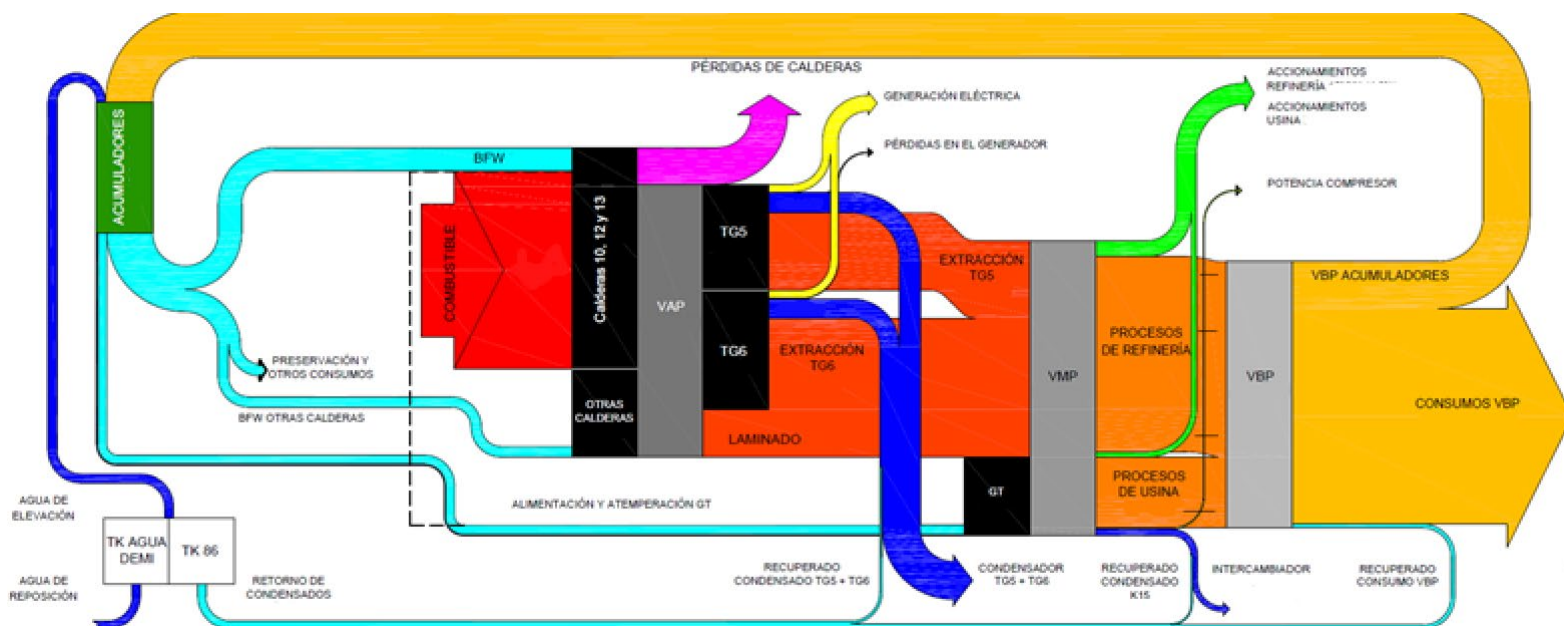


Fig.8 – DIAGRAMA SANKEY (Cogeneración RBA) – (Fase 2)

Esto último permitió hallar las siguientes oportunidades de mejora.

✓ **Eficiencia de Calderas:**

La eficiencia del sistema de cogeneración se encuentra comprendida entre 55%-72%, considerando que todo el vapor de baja presión es utilizado en los procesos térmicos de refinación. La eficiencia de cogeneración indica el porcentaje de utilización final de la energía del combustible en procesos útiles. Este aspecto preliminar nos indica la presencia de oportunidades de mejora ya que conocemos con bastante precisión que eficiencias benchmark de este tipo de sistemas se encuentran comprendidas entre 60%-80%.

Dicho esto, y concentrándonos en nuestra producción de Vapor, denotamos comparativamente una oportunidad de mejora en la eficiencia térmica sobre el sistema de calderas. Las eficiencias medias de trabajo para las calderas resultaron:

Entre 83% y 73% para Calderas N°2 y N°3;

80% para las Calderas N°4 y N°5;

Cabe mencionar que las eficiencias benchmark rondan el 90%. Así resulta que el rendimiento medio del sistema de calderas de Servicios Esenciales resultó ser aproximadamente un 10% menor.

Dicho análisis abre las puertas a una evaluación más profunda que nos permitirá poder corregir la situación considerando la potencialidad de optimización cercana al 10%.

Dentro de los puntos más relevantes que alientan a capturar este margen pudimos encontrar:

- Optimización sobre sistemas de atemperación y reducción de aire (Unidades C4/C5).
Potencialidad de ahorro → 3.1% sobre el total;
- Control maestro de carga de calderas en función de la demanda y monitoreo continuo de eficiencia.
Potencialidad de ahorro → 1.9% sobre el total;
- Control de temperatura sobre salida de gases por punto de rocío en operación con FO/FG (Unidades C4/C5).
Potencialidad de ahorro → 1.4% sobre el total;
- Optimización en curvas O2-Carga y reducción del largo de llama (Unidades C2/C3).
Potencialidad de ahorro → 1% sobre el total;
- Reducción y recuperación de calor de purgas continuas
Potencialidad de ahorro → 0.8% sobre el total;

✓ **Recuperación de Condensado:**

Actualmente solo se recupera el 20% del condensado total. De lo que se recupera, aproximadamente el 50% de la energía térmica queda en el sistema, el resto se pierde en el ciclo de regeneración y tanques intermedios.

Se planteó entonces rutear el condensado directamente al sistema de acumuladores para evitar este fenómeno de disipación y poder optimizar el recurso térmico de dicho condensado. Esto nos permitirá aumentar la eficiencia total del sistema en un 0.5%.

✓ **Automatización del vapor a acumuladores**

El sistema de des aireado del agua de calderas consiste en acumuladores con inyección de vapor de baja presión. El mismo no se encuentra automatizado ni se cuenta con medición online del contenido de oxígeno del agua. Esto implica que por momentos se inyecte mayor vapor que el necesario al sistema.

Se planteó controlar la inyección de vapor a acumuladores en función de la presión de estos y la medición en línea de la concentración de O2 para optimizar el consumo.

La automatización señalada nos permitirá generar una mejor eficiencia en 0.1%.

✓ **Turbogeneradores (Aun en análisis):**

El ciclo de generación de energía a condensación pura tiene una eficiencia del 16%. Esto significa que de 100 kWt contenidos en el combustible, solo 16 kW son transformados en energía eléctrica. El 84% restante se pierde en forma de calor principalmente en el agua de enfriamiento de los condensadores.

Si bien la reconfiguración del parque cogenerador, sin turbogeneradores, resulta compleja y atenta contra la estabilidad eléctrica del sistema, hemos identificado una potencialidad de ahorro muy importante en las unidades STG3 y STG4 (Turbinas Extracción/Condensación). Dicha potencialidad ronda el 6.5% por unidad, sobre el total energético del sistema.

Todos estos hallazgos nos han permitido confeccionar un plan de acción de corto, mediano y largo plazo que nos permitirá proyectar los siguientes beneficios:

VARIABLES ENERGETICAS INICIALES (Fase 2 - En marcha)	
Inversión total estimada	2,9 MUSD
SPBT	0,8 años
Ahorro sobre el consumo eléctrico	-6.8%
% Ahorro sobre consumo GN	-22.0%
% Ahorro sobre consumo FG	-13.0%
% Ahorro sobre consumo FO	-13.0%
% Ahorro económico sobre total energético	-17.8%
Ahorro económico sobre total energético EII	-4.175
kTON CO2/Año evitadas	-40
Costo combustibles anual	23.2 EII/Año
Beneficio exportación	1.75 EII/Año
Costo anual energético	21.46 EII/Año

Tabla 3 – Variables Energéticas (Segunda etapa de optimización)

Al igual que en la fase 1, se elaboraron las nuevas curvas de consumo energético teóricas y se volcaron sobre el gráfico de Consumo Energético vs toneladas/hora de VMP para visualizar el nuevo objetivo propuesto.

Se observa que con leves modificaciones al sistema actual se podría operar con curvas de consumo energético que permitirían generar la misma cantidad de vapor requerida con menor cantidad de combustible.

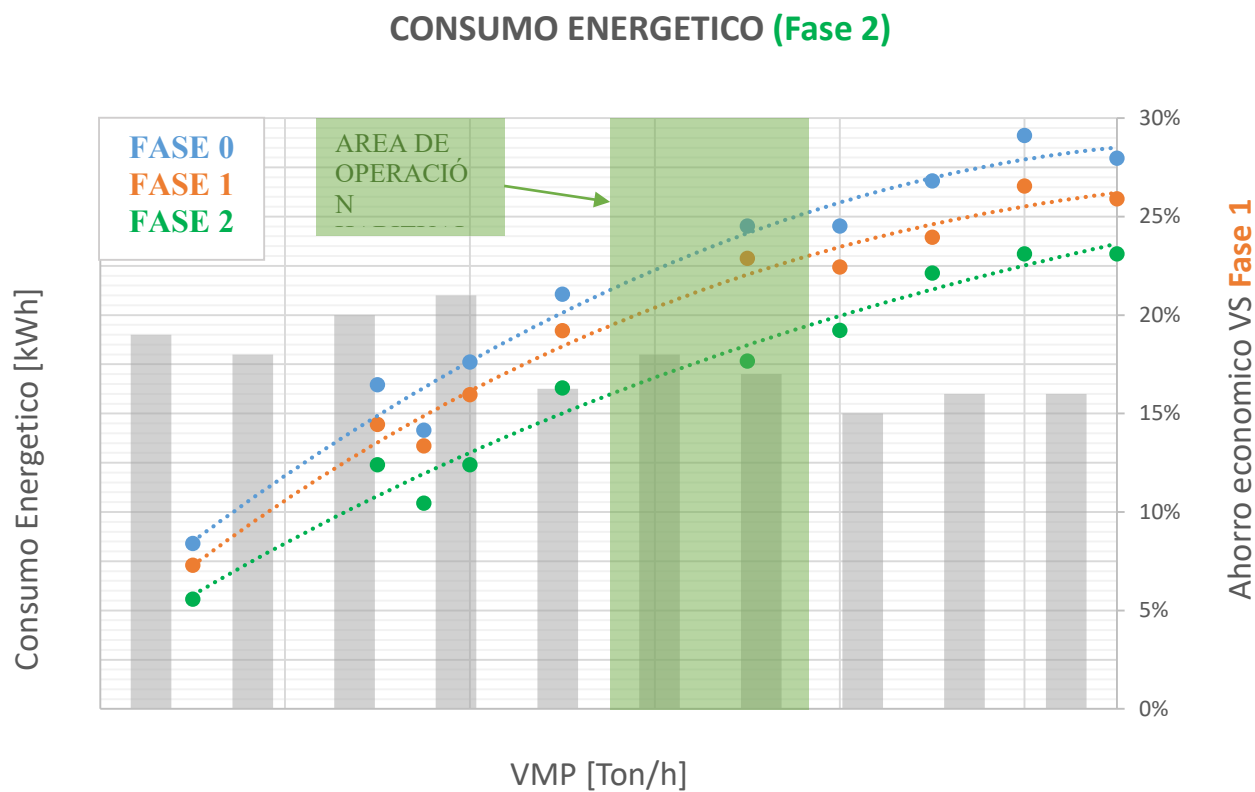


Fig.9 – CONSUMO ENERGETICO (Fase 2)

En el siguiente gráfico se observa la comparación del resultado económico de los tres escenarios analizados: Punto de partida (fase 0), Fase 1 post optimizaciones realizadas y Fase 2 objetivo buscado a partir de estudio de Eficiencia Energética:

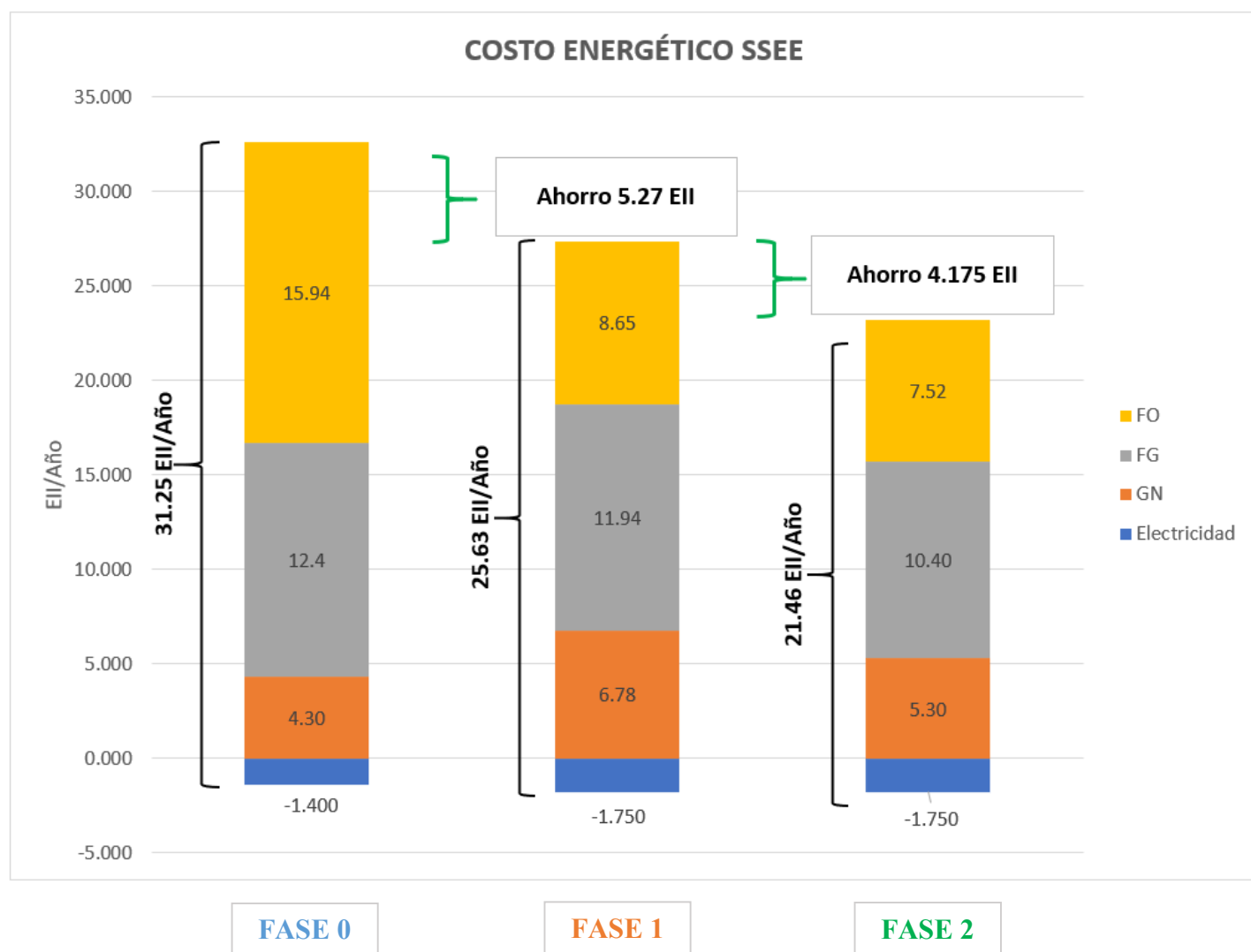


Fig.10 – Proyección de resultados económicos (Fase 2)

Conclusiones

Raizen es una empresa integrada de energía con una participación en el mercado argentino de alrededor del 20%. Como gran empresa generadora de valor y energía es nuestra responsabilidad operar de manera ética, segura y sustentable.

En 2020 Raizen anunció públicamente su compromiso para reforzar nuestra responsabilidad con la agenda de sostenibilidad global elaborada por la Organización de las Naciones Unidas. Dentro de esta agenda se indican 17 objetivos y metas de desarrollo sostenible a alcanzar en 2030. Actualmente Raizen se encuentra trabajando en 14 de estos 17 objetivos.

A lo largo de este trabajo se puede observar cómo con pequeños cambios operativos/tecnológicos se puede lograr un gran impacto positivo en cuanto a eficiencia energética y reducción de la huella de carbono.

Siguiendo nuestros pilares y filosofía de trabajo, podremos enmarcar a modo concluyente, que el proceso atravesado nos ha permitido identificar y resolver aspectos sumamente diversos. Partiendo de la base, la eficiencia energética nos permitió abordar, también, aspectos de SSMA (Seguridad, Salud y Medio ambiente), agregando valor a nuestras operaciones y planteando un escenario de mejora continua, que sin lugar a duda es el motor que nos permitirá mantener nuestra competitividad en este mercado tan desafiante.

Como principales puntos a destacar consideramos relevante mencionar que hemos logrado:

- ✓ CAMBIO CULTURAL SOBRE LA OPERACIÓN DE NUESTRO PARQUE ENERGETICO;
- ✓ REDUCCION APRECIABLE SOBRE EMISIONES GHG (-84kTon CO2)
- ✓ MEJORAS EN MARGEN INTEGRADO (Reducción de costos Y OPEX)

Finalmente, cabe aclarar que la eficiencia energética es un aspecto que está presente en cada uno de nuestros procesos productivos. Para poder mejorar es fundamental conocer al detalle el estado de situación actual, plantear objetivos medibles y alcanzables, armar un plan de acción, ejecutarlo, analizar los resultados y luego, una vez alcanzado los objetivos, volver a plantear nuevos desafíos para así mejorar continuamente.

Cada uno de nosotros, desde nuestros lugares de trabajo y como miembros de empresas generadoras de energía, podemos ayudar a mejorar nuestros Parques de Generación de Energía para así contribuir al compromiso global de alcanzar un futuro sostenible para todos.

CV's

Maria Eugenia BLOISE

Título y lugar de estudio: Ing. Química – U.B.A. (Universidad de Buenos Aires)

Cargo actual en la empresa: Ingeniera de producción - Servicios Esenciales

Trayectoria (diferentes empresas en las que hizo su carrera): YPF S.A. / Shell / Raízen Argentina.

Analía GIACOMELLI

Título y lugar de estudio: Ing. Química – U.B.A. (Universidad de Buenos Aires)

Cargo actual en la empresa: Analista Sr. de Planificación Estratégica

Trayectoria (diferentes empresas en las que hizo su carrera): Unilever / British American Tobacco / Shell / Raízen Argentina.

Julio LAURENZA

Título y lugar de estudio: Lic. Químico

Cargo actual en la empresa: Tecnólogo - Servicios Esenciales

Trayectoria (diferentes empresas en las que hizo su carrera): XXXXXX / Shell / Raízen Argentina.

Sergio Adrian NELLEN

Título y lugar de estudio: Ing. Eléctrico – UTN (Universidad Tecnológica Nacional).

Cargo actual en la empresa: Gerente de Servicios Esenciales

Trayectoria (diferentes empresas en las que hizo su carrera): Tenaris / Sullair Argentina Shell / Raízen Argentina.