

COPROCESO CONTÍNUO DE ACEITE VEGETAL: DE LA VISIÓN A LA REALIDAD

Javier Prillo, Raízen Argentina S.A.U., javier.prillo@raizen.com.ar

Sinópsis

El movimiento global de descarbonización pone presión a la industria de refinación para reconvertirse. La adaptación de procesos existentes, como el hidrotratamiento, para la producción de combustibles renovables puede parecer conceptualmente simple y atractiva. Sin embargo, los desafíos son múltiples y no siempre triviales.

Se presenta el caso de éxito de Raízen Argentina SAU donde se ha completado el camino de transformación de la operación de un hidrotratador de gasoil en su Refinería de Buenos Aires de 100% fósil a una modalidad de coproceso continuo de aceite vegetal.

La Refinería Buenos Aires comenzó a incursionar el coprocesamiento de alimentaciones renovables en 2022 con las primeras pruebas piloto, a partir de las cuales fue tomando experiencia, trabajando en el proceso y sus desafíos para llegar al 2025 siendo la primera operadora de Argentina con producción de diesel renovable coprocesado con certificación ISCC, ofreciendo un producto de escala comercial al mercado.

En el presente trabajo se compartirá el recorrido realizado para obtener este logro y los desafíos enfrentados, tales como las primeras pruebas de coproceso, la evaluación, selección y logística segregada de materia prima renovable a utilizar, búsqueda de proveedores, mitigación de impactos de seguridad de procesos como el carbonate stress corrosión cracking, performance de catalizador CoMo para coproceso y muchos aspectos más.

Este proyecto de gran relevancia cristaliza el compromiso de la compañía con la sustentabilidad y la transición energética, marcando un hito tanto en la industria regional como en el camino hacia los objetivos de descarbonización de la agenda 2030 de la ONU.

Introducción

El grupo Raízen incorpora entre sus valores fundamentales el compromiso de ser una empresa referente en sostenibilidad en todos los sectores donde opera. Esta visión se traduce en la misión de integrar la sostenibilidad a la estrategia del negocio, apoyándose, en el caso de Argentina, en sus operaciones de refinación como plataforma para la producción de combustibles renovables.

El camino emprendido se centró en la adopción de tecnologías de procesamiento de alimentaciones renovables ya implementadas en mercados más desarrollados, como el europeo. En este sentido, se determinó que la alternativa más adecuada era el coprocesamiento de aceites vegetales en el hidrotratador de gasoil (GOHDS), con el objetivo de producir HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil* – Aceite Vegetal Hidrotratado).

Resulta relevante distinguir entre el HVO y el biodiesel tipo FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*), el cual la legislación argentina exige incorporar al gasoil comercializado como componente renovable. El HVO se obtiene mediante la hidrogenación completa de aceites vegetales, generando compuestos químicamente idénticos al gasoil fósil, permitiendo su uso como reemplazo total con excelentes características de calidad y desempeño. En cambio, el FAME, producido por transesterificación de aceites vegetales o grasas animales, genera ésteres de cadena larga que por sus características, requieren mezclado con gasoil fósil. Por lo tanto, si bien el FAME contribuye al aumento del volumen de producción renovable, no representa una solución definitiva en términos de descarbonización, como sí lo hace el HVO.

La decisión estratégica de desarrollar el coproceso en el hidrotratador de gasoil existente en la refinería no solo habilita la producción de un combustible renovable de calidad, sino que además representa un primer paso clave hacia tecnologías futuras, como la producción de SAF (*Sustainable Aviation Fuel*) o incluso *green naphtha* mediante procesos de *hydrocracking*.

Asimismo, no debe pasarse por alto que la transición hacia la producción de combustibles renovables no solo implica adaptaciones tecnológicas, sino también un cambio sustancial en la logística operativa. La incorporación de una nueva materia prima en la cadena productiva requiere el desarrollo de proveedores, adecuaciones en el transporte, recepción y almacenamiento, así como su correcta segregación respecto de las corrientes fósiles. Adicionalmente, no se está hablando de la irrupción en un mercado establecido ofreciendo un producto competidor, sino en la generación de un nuevo mercado de combustibles renovables en el país.

Desarrollo

1. Primeras pruebas de coproceso
 - a. Selección de materia prima

En el año 2022 comenzaron los estudios y la planificación de la primera prueba de coproceso en la unidad GOHDS. Al profundizar en el tema, surgieron rápidamente desafíos e incertidumbres, siendo el primero de ellos la selección de la materia prima renovable más adecuada.

Aunque todas las alternativas eran triglicéridos, debido a su origen natural sus características específicas y su impacto en el proceso y en el producto final diferían significativamente. Inicialmente se evaluaron tres opciones, cada una con sus fortalezas y limitaciones:

- Aceite de soja: Ampliamente disponible en el mercado local, con diversidad de proveedores y escalas de producción. Aunque actualmente ya se lo utiliza como la principal materia prima para la producción de FAME en el país, su principal desventaja es su uso en la industria alimentaria, lo que lo convierte en una materia prima desalentada por la normativa de los grandes mercados internacionales de HVO.
- Aceite usado de cocina (UCO o *Used Cooking Oil*): Escasa disponibilidad local en volúmenes industriales. Además, presenta mayor nivel de contaminantes por su origen. No obstante, representa un residuo de la industria alimenticia, cerrando un ciclo virtuoso de reciclaje.
- Sebo o grasa animal: También de disponibilidad limitada localmente en condiciones óptimas para coproceso. Al ser sólido a temperatura ambiente, su manipulación y logística presentan mayores desafíos. Sin embargo, no compite con la industria alimentaria y, al igual que el UCO, se considera una materia prima de descarte.

Dado que el objetivo de esta etapa era validar la factibilidad técnica del coproceso en la unidad, se optó por el aceite de soja, priorizando su disponibilidad y facilidad logística. Se reconoció que el valor del test se encontraba en la información generada, independientemente de la materia prima utilizada, evitando añadir complejidades que pudieran demorar el avance del proyecto.

- b. Logística de materia prima

Una vez definida la materia prima, fue necesario diseñar su esquema logístico. Al tratarse de un producto distinto a los tradicionales en la refinación, se evaluaron diversos proveedores buscando un equilibrio entre las facilidades operativas (vínculos preexistentes con Raízen Argentina SAU, cercanía geográfica, capacidades de despacho) y los requisitos técnicos (contenido de contaminantes, pretratamiento ofrecido, calidad).

Se lograron acuerdos con un proveedor ya vinculado a la refinería, lo que facilitó las gestiones. La capacidad de producción, el pretratamiento, el transporte en camiones y los aspectos comerciales fueron abordados de manera eficiente por el equipo de Logística, Distribución y Trading (LDT). Así se aseguró el suministro necesario para la realización del primer test run en la Refinería Buenos Aires.

A nivel interno, se construyeron instalaciones temporales para la descarga de los camiones de aceite y se adecuó un tanque existente, cambiando su servicio de gasoil a aceite vegetal. El apoyo del equipo operativo del área de Lubricantes fue clave, aportando tanto las instalaciones como los recursos humanos necesarios para el éxito de la prueba.

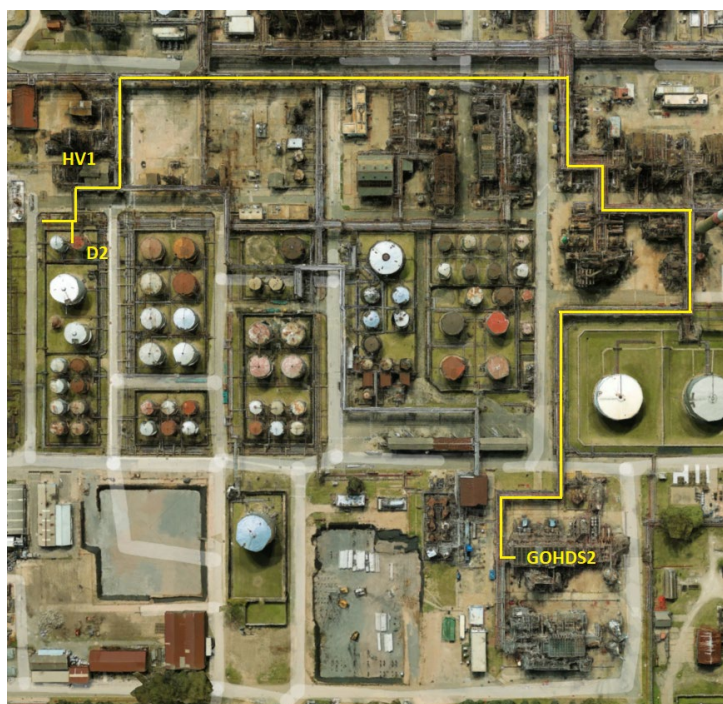


Ilustración 1 Sistema de descarga y alimentación de biofeed al hidrotratador

c. Impactos del coproceso en el hidrotratador

Aunque el coprocesamiento de aceites vegetales en hidrotratadores no es nuevo a nivel internacional, especialmente en Europa, su implementación local representaba un desafío. Se aprovechó la experiencia de la industria para identificar variables críticas y definir áreas clave de monitoreo, con especial foco en la integridad y la seguridad de procesos:

- Exotermia del reactor por la reacción de hidrogenación.
- Riesgo de *Carbonate Stress Corrosion Cracking* (CSCC) en los circuitos de agua agria por formación de especies carbónicas.

También se identificaron otros posibles impactos:

- Aumento en el consumo de hidrógeno y potencial reducción de su presión parcial.
- Mayor exigencia al compresor de gas de recicló.
- Ensuciamiento de los lechos del reactor por contaminantes.
- Aumento del *pour point* del gasoil producido.
- Posible impacto en la estabilidad a la oxidación del gasoil producido.



Ilustración 2 Hidrotratador de Gasoil

Para abordar estos desafíos se elaboró un exhaustivo protocolo de test run, con ventanas operativas y valores críticos de intervención definidos. Se estableció un sistema de seguimiento intensivo mediante instrumentación del DCS (*Distributed Control System* – Sistema de Control Distribuido), mediciones locales y un riguroso plan de muestreo.

El objetivo principal fue realizar la prueba de manera controlada y segura, recolectando datos clave sobre el comportamiento de la planta y detectando cuellos de botella que debían ser abordados para avanzar hacia el desarrollo de un modo de operación continua; como así también entendiendo los posibles límites de la unidad y su implicancia operativa a futuro.

d. Planificación del Test Run

Dado que el coproceso era completamente nuevo para la organización, se decidió realizar la prueba justo antes de la parada planificada para el recambio de catalizador. Esto permitiría gestionar con agilidad cualquier impacto no deseado.

Por este motivo, el proyecto pasó a ser completamente *Schedule driven* (orientado a plazos), debiendo garantizarse la disponibilidad de materia prima, recursos operativos, plan de monitoreo, roles definidos y tanques segregados para evitar alteraciones en la operación diaria de la refinería.

e. Resultados del primer test run de coproceso en GOHDS

Entre el 8 y el 12 de agosto de 2022 se realizó el primer test run de coproceso en GOHDS. El protocolo se ejecutó sin inconvenientes mayores, obteniéndose datos de gran valor técnico. Se tomaron 170 muestras en menos de cuatro días, la mayoría de las cuales fueron analizadas inmediatamente por el laboratorio central para posibilitar acciones correctivas rápidas.

Se alcanzó un 6,1% de coproceso respecto de la carga total de la unidad. Además de comprobar la factibilidad técnica, se identificaron claramente los principales desafíos de una operación continua. Las conclusiones más relevantes fueron:

- El riesgo de CSCC no pudo ser mitigado mediante variables operativas: el pH del agua no se logró controlar adecuadamente.
- El principal cuello de botella identificado fue la capacidad de suministro de hidrógeno.
- La exotermia del reactor aumentó dentro de los niveles esperados.
- El impacto sobre el compresor de reciclo fue desestimable.
- La presión parcial de hidrógeno en el gas de reciclo se mantuvo dentro de valores adecuados.
- La calidad del gasoil coprocesado estuvo dentro de especificaciones, y las propiedades de flujo en frío resultaron mejores a las esperadas.
- La estabilidad a la oxidación no se vio impactada producto de la hidrogenación total del aceite.

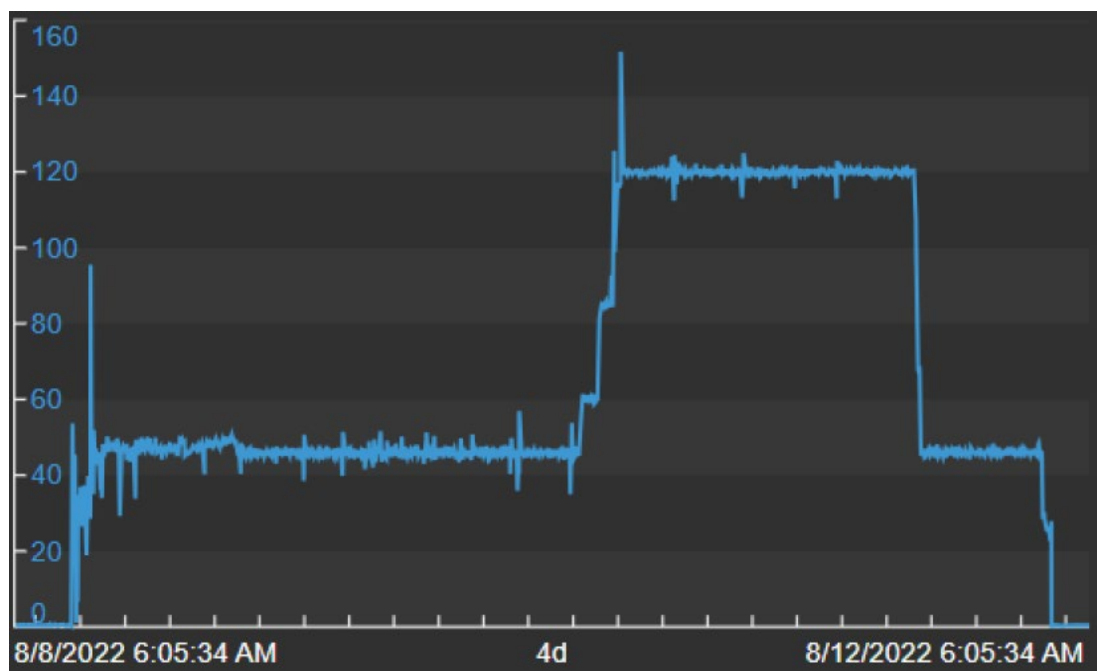


Ilustración 3: Caudal de aceite alimentado a GOHDS

2. Segunda prueba de coproceso

a. Planificación del Test Run

Tras el éxito de la primera prueba, se planteó un nuevo objetivo: producir ULSD 10ppm (*Ultra Low Sulfur Diesel* – Diesel de ultra bajo azufre) coprocesado, cumpliendo los requisitos de bajo contenido de azufre y demás parámetros de calidad. Esto implicaba una mayor exigencia operativa, especialmente en lo referido a la temperatura máxima del reactor debido al incremento en la severidad del proceso.

Basándose en los aprendizajes anteriores, se definieron los siguientes objetivos para esta nueva etapa:

- Verificar la factibilidad de producir gasoil de ultra bajo azufre coprocesado dentro de especificación.
- Explorar nuevas estrategias de mitigación del fenómeno de CSCC.
- Monitorear el incremento en la exotermia y la temperatura de salida del reactor debido a la mayor severidad de la reacción.

Se repitió el esquema de muestreo implementado en el primer test, permitiendo ampliar la base de datos operativa. Esta información fue clave para definir el alcance de las futuras intervenciones necesarias para una operación segura y continua.

b. Resultados del Test Run

Entre el 6 y el 8 de septiembre de 2023 se llevó a cabo la prueba. Se logró con éxito la producción de ULSD coprocesado, cumpliendo con las especificaciones técnicas del producto final.

Si bien los resultados fueron alentadores desde el punto de vista productivo, las estrategias adicionales de mitigación del CSCC no lograron neutralizar el riesgo. Este fenómeno se consolidó entonces como la principal barrera técnica a superar antes de poder escalar el proceso de manera continua.

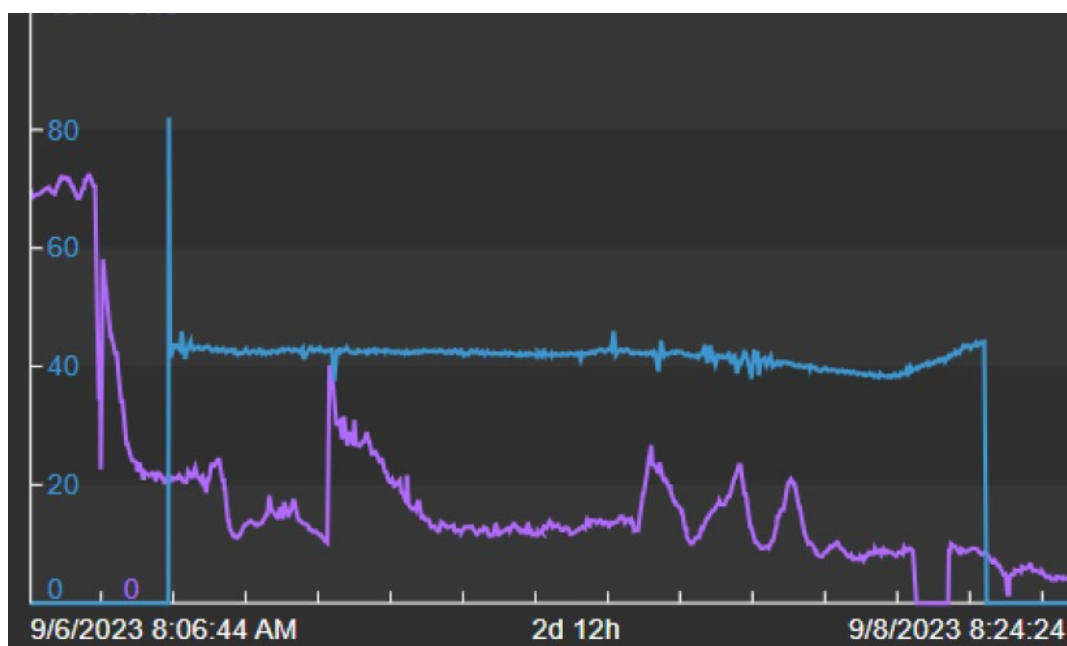


Ilustración 4: Caudal de aceite alimentado a GOHDS y azufre de GO de producción

3. Comienzo del coproceso continuo

a. Mejora de facilidades de descarga y almacenamiento

Durante los test runs, el foco principal estuvo en el impacto técnico sobre la unidad de proceso. Sin embargo, la transición hacia una operación continua trajo consigo mayores exigencias logísticas, en particular en lo relacionado al suministro constante de materia prima.

Para superar las limitaciones de las instalaciones temporales, se realizó una mejora sustancial en las facilidades de descarga. Estas nuevas instalaciones elevaron los estándares de seguridad personal, mejoraron las condiciones de trabajo del personal operativo y brindaron flexibilidad al permitir la descarga simultánea de camiones de aceite vegetal con la alimentación en curso a planta.

b. Certificación ISCC

La implementación del coproceso continuo implicó la posibilidad de mantener una producción sostenida de gasoil de origen renovable mediante coproceso, habilitando así a Raízen Argentina SAU a comercializar un nuevo producto de forma diferenciada (Diesel de Bajas Emisiones) a clientes comerciales e industriales que sostienen un objetivo de reducción de emisiones netas de gases de efecto invernadero en sus operaciones.

Con el objetivo de respaldar la trazabilidad y sustentabilidad de este producto y su cadena de producción, Raízen Argentina completó exitosamente el proceso de certificación otorgada por ISCC (*International Sustainability and Carbon Certification*) convirtiéndola en la primera planta de producción de diesel renovable por coprocesamiento certificada por ISCC en Argentina. Esto permitió validar ante el mercado tanto la calidad del producto como la reducción comprobada de su huella de carbono en comparación con el gasoil fósil, que resulta de hasta 80.4% en el ciclo de vida del producto.



SGS

Certificate
according to the Renewable Energy Directive (RED II)
(Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast))
Certificate Number: EU-ISCC-Cert-DE100-20222124
SGS Germany GmbH
Europa Allee 12, D-49685 Emstek
certifies that

Raízen Argentina SAU

Sgt. Ponce 2318
1871 Dock Sud
ARGENTINA

complies with the requirements of the certification system

ISCC EU
(International Sustainability and Carbon Certification)
and the requirements of the RED II.

Place of the audit:
see above

This certificate is valid from 16/08/2024 to 15/08/2025

The site of the system user is certified as:
co-processing plant

Emstek, 16/08/2024
Place and date of issue

SGS Hamburg
SGS Germany GmbH
Stamp, Signature

The issuing Certification Body is responsible for the accuracy of this document.
Version / Date: 1 (no adjustments) / 16/08/2024

SGS

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service (www.sgsgroup.com). Attention is drawn to the limitations of liability, indemnification and jurisdictional issues established therein.
This document is an original. If the document is submitted digitally, it is to be treated as an original within the meaning of UCP 600.
Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of client's instructions. If any, The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

Ilustración 5 Certificado ISCC para producción de gasoil coprocesado otorgado a Raízen Argentina S.A.U.

c. Coproceso como modo operativo de la Refinería Buenos Aires

Con todos los requisitos técnicos, logísticos y regulatorios cumplidos, en mayo de 2024 comenzó la operación continua de coproceso de aceite vegetal en la Refinería Buenos Aires, en el hidrotratador GOHDS.

El coproceso se realiza por el momento durante las ventanas operativas en modo baja severidad (producción de Diesel Grado 2), con materia prima renovable disponible de forma permanente. Esta iniciativa posiciona a Raízen Argentina SAU como líder en la producción de combustible renovable en el país, siendo la única compañía que ofrece gasoil de bajas emisiones certificado por ISCC a escala comercial.

Además, la operación continua permite la generación constante de datos operativos y de calidad de producto fundamentales para el seguimiento y optimización del proceso.

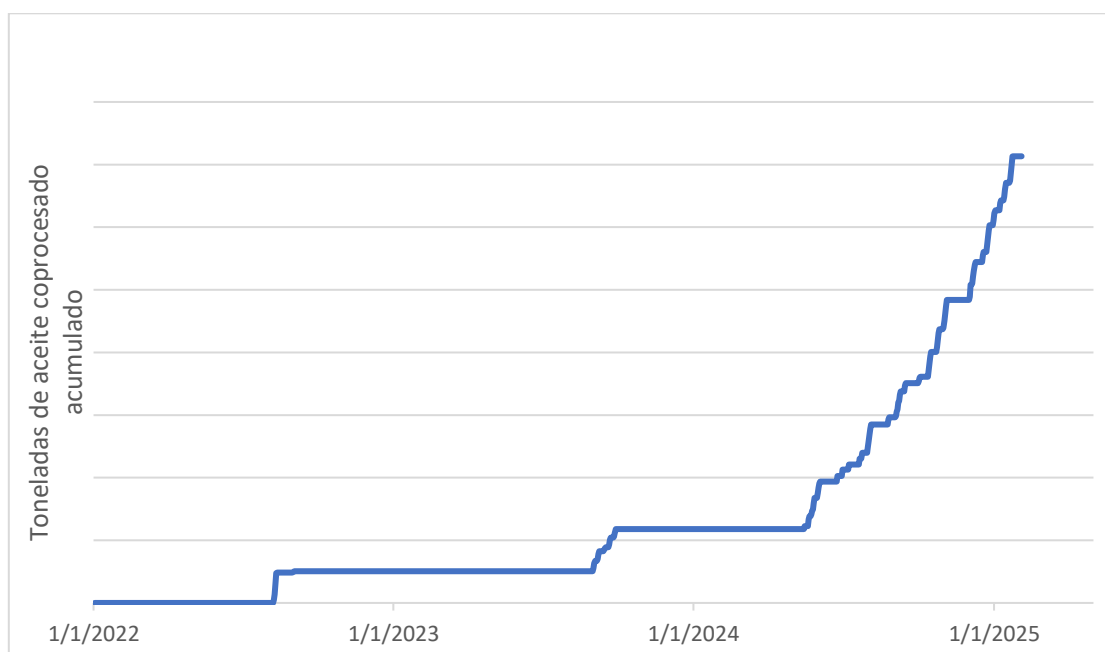


Ilustración 6: Cantidad acumulada de aceite coprocesado en GOHDS

d. Calidad y logística del producto

Con la producción continua de HVO, siendo el mismo un nuevo producto de la cartera ofrecida por Raízen Argentina SAU, se lo debe gestionar como tal.

Para ello, hasta tanto no se recopile una cantidad estadísticamente significativa de información sobre la calidad del producto (principalmente estabilidad a la oxidación), se determinó manejar las parcelas de HVO de forma segregada, garantizando así la calidad de este durante la transición hacia un producto establecido.

Se evidencia por lo tanto que con el coproceso continuo se pone presión sobre la logística de producto terminado además de la de la materia prima.

e. Mitigación de riesgo de CSCC

En línea con el compromiso de la compañía con la seguridad de procesos, se decidió abordar de forma definitiva el riesgo de CSCC. Para ello, recientemente se realizó un estudio exhaustivo de RBI (Risk Based Inspection), el objetivo del mismo siendo identificar que circuitos expuestos a este fenómeno implicaban el mayor riesgo en la operación, y en base a esto definir medidas de mitigación acordes para llevar el riesgo de una operación continua a niveles tolerables.

Luego del estudio, se realizó exitosamente el tratamiento térmico PWHT (*Post Weld Heat Treatment*) correspondiente en todos los circuitos de cañerías y equipos de la unidad expuestos a ese mecanismo, eliminando así el riesgo de este fenómeno corrosivo.

Esta intervención permitió consolidar una operación continua de coproceso segura y confiable, cumpliendo con los más altos estándares de integridad mecánica y operativa.

Conclusiones

1. Logros y conclusiones para la compañía

El recorrido realizado permitió alcanzar hitos significativos que consolidan el avance del coproceso en la refinería:

- Se comprobó la factibilidad técnica de producir gasoil renovable en el hidrotratador.
- Se validó también la producción de ULSD Diesel renovable con resultados satisfactorios.
- El coproceso se incorporó exitosamente como una práctica operativa cotidiana.
- La certificación ISCC otorgada al producto respalda su carácter renovable bajo estándares internacionales exigentes.
- La comercialización de Diesel de Bajas Emisiones marca la apertura de un nuevo mercado en el país.

Más allá de estos logros, el desarrollo del proyecto y la información generada a lo largo de su implementación permiten delinear conclusiones clave de cara a futuras etapas:

- La logística de materia prima representa un desafío central para escalar el nivel de coproceso de manera sostenida.
- De forma complementaria, optimizar la logística del producto terminado es esencial para no afectar la operación integral de la refinería.
- Incrementar el nivel máximo de coproceso alcanzable en el hidrotratador requerirá abordar la disponibilidad y el suministro de hidrógeno, idealmente de manera conjunta con la eliminación de cuellos de botella logísticos.

2. Reflexiones sobre el contexto local

En paralelo a los aprendizajes internos, el desarrollo del proyecto permitió identificar elementos del contexto local que podrían representar desafíos para el escalado del coproceso:

- Un combustible verdaderamente sustentable demanda una mayor disponibilidad de materias primas renovables (biofeeds) que no compitan con la producción de alimentos.
- Para que nuevos proveedores puedan contribuir al abastecimiento de biofeeds, deberán contar también con certificación ISCC que garantice la trazabilidad y sustentabilidad del producto de punta a punta.
- En la actualidad, aún no es posible establecer una cadena de valor consolidada que permita generar combustibles renovables a escala para competir en los mercados globales de HVO.
- Por ello, es fundamental fomentar el desarrollo y el consumo local como paso previo hacia una expansión productiva sostenible.

3. Próximos pasos

A medida que se incrementa progresivamente el nivel de coproceso, emergen nuevos desafíos operativos. La identificación proactiva de estos cuellos de botella permite planificar y ejecutar las acciones necesarias para cumplir con los objetivos de producción de gasoil renovable.

Como primer paso, y en línea con el aumento paulatino del volumen de biofeed coprocesado, ya se han seleccionado nuevas facilidades para mejorar a futuro la logística de materias primas. Esto incluye la incorporación de un tanque de mayor capacidad y dos nuevas islas de descarga de camiones de aceite.

En cuanto a la logística del producto terminado, ya se están implementando mejoras que permiten adecuarla a las necesidades reales de la operación diaria de la refinería.

Respecto al proceso de hidrotratamiento, las inversiones realizadas en los últimos años en nuevas unidades han generado sinergias clave. En particular, el excedente de hidrógeno de la nueva planta se utilizará para habilitar un mayor porcentaje de coproceso.

Además, la incorporación de un nuevo hidrotratador en la refinería posibilita:

- Aumentar la cantidad total de biofeed que puede coprocesarse.
- Optimizar la distribución de cargas entre ambas unidades.
- Habilitar la producción simultánea de gasoil coprocesado de bajo y alto contenido de azufre.

4. Palabras finales

Desde el inicio, el proyecto fue asumido por Raízen con un fuerte compromiso corporativo. Si bien el entorno local presenta desafíos para la incorporación de nuevas tecnologías, productos y modelos operativos, el enfoque constante en la misión y visión de la compañía permitió avanzar con decisión, logrando masa crítica para consolidar el proyecto.

Cabe destacar que un desarrollo de esta magnitud solo es posible mediante el trabajo coordinado y multisectorial de todas las áreas de la empresa. Este logro es compartido: cada equipo y cada persona aportó desde su experiencia y compromiso.

Sostener esta dinámica colaborativa en el tiempo será la clave para continuar avanzando, superando nuevas metas y posicionando a la compañía como referente en el camino hacia una operación más sustentable.

Breve Cv del autor

Javier Prillo

Ingeniero Químico, Universidad de Buenos Aires (UBA)

Tecnólogo Sr de Proyectos - Refinería Buenos Aires, Raízen

Trayectoria:

- Ingeniero de procesos Jr./Tesisista – CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica)
- Analista de seguridad de procesos – PAE (Pan American Energy)
- Ingeniero de puesta en marcha nueva unidad de coque – PAE
- Ingeniero de seguridad de procesos – PAE
- Tecnólogo Sr. de Proyectos – Raízen