

# T-206

**A partir de tecnologías como la espectroscopía Raman, el trabajo muestra cómo la medición en línea permite controlar en tiempo real propiedades críticas de la gasolina, reducir el giveaway en el blending y capturar mejoras económicas significativas.**

**L**a gasolina es una mezcla de hidrocarburos obtenidos por destilación del petróleo, el cual representa el 63% del combustible que alimenta a los vehículos del parque automotor argentino. En Argentina se estima que durante el 2024 se produjeron alrededor de 70 millones de barriles de gasolina, que representarían aproximadamente un 30% del total de los combustibles producidos. Por lo que la gasolina representa una oportunidad significativa para las refinerías si nos referimos a la optimización de costos, lo cual, dado el contexto actual, es de vital importancia para poder subsistir en un entorno de alta competitividad donde cada centavo cuenta.

## **¿Cómo podemos hacer para optimizar los costos de la gasolina?**

Una de las respuestas es a través de la optimización del proceso de Blending, y más específicamente, a

través de realizar blending en línea, lo que posibilitaría la reducción del giveaway de dos propiedades clave de la gasolina que tienen un impacto directo en la rentabilidad de la refinería, como son el octanaje y la volatilidad (RVP), y además agilizaría el proceso, volviéndolo más eficiente y aumentando la productividad de la refinería.

En este trabajo se explorarán algunos detalles técnicos del blending en línea, donde se explicarán los beneficios económicos que los mismos pueden brindar en términos operativos, y además se profundizará en una experiencia tenida en una refinería en la costa del Golfo en EE. UU. utilizando la tecnología de análisis en línea óptica para medición de las propiedades físicas denominada espectroscopía Raman.

El proceso de Blending en línea no es algo nuevo, de hecho, es algo de lo que se empezó a hablar en Estados Unidos en la década de los 60.

Lo que, si se ha visto modificado de esa época hoy en día, es el equipamiento con el que se realiza el proceso volviéndolo mucho más robusto y confiable al proceso. A continuación, se muestran unas imágenes de los diagramas de proceso, salas de control y arquitecturas del sistema de ese entonces:

## **Desarrollo**

### **Marco teórico**

#### **Composición de la gasolina**

La gasolina está compuesta por una mezcla de hidrocarburos parafínicos, isoparafínicos, olefínicos, nafténicos y aromáticos, que principalmente contienen moléculas con cadenas de cinco a diez carbonos, obtenidos de diversos procesos de refinación como destilación, craqueo térmico y catalítico, reformación catalítica, alquilación, e isomerización.

# Minimización del Giveaway de las especificaciones de gasolina con tecnología de medición en línea

Por **Carlos Gagliano** (Endress Hauser)

## Propiedades de la gasolina

La gasolina tiene cuatro propiedades principales:

### Octanaje

El octanaje se define como la principal propiedad de la gasolina, ya que está altamente relacionado con el rendimiento del motor del vehículo. El octanaje se refiere a la medida de la resistencia de la gasolina a ser comprimida en el motor. Esta se mide como el golpeteo o detonación que produce la gasolina comparada con los patrones de referencia conocidos de isooctano y N-heptano, cuyos números de octano son 100 y cero respectivamente.

Con respecto a la combustión, esta, en condiciones normales, se realiza de manera rápida y silenciosa, pero cuando el octanaje es inadecuado para el funcionamiento del motor, la combustión se produce de manera violenta, causando una explosión o detonación que por su intensidad puede causar daños serios al motor del vehículo.

### Curva de destilación

Esta propiedad se relaciona con

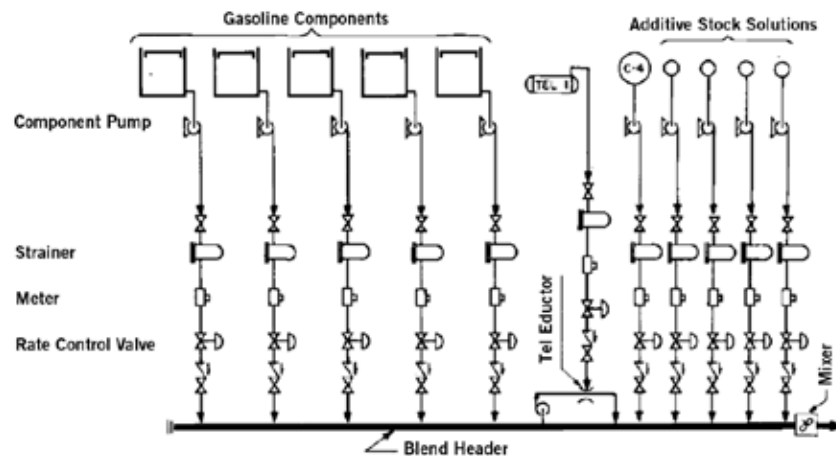


Figura 1. Sistema típico de blending en línea en la década de los 60'.

la composición de la gasolina, su volatilidad y su presión de vapor. Indica la temperatura a la cual se evapora un porcentaje determinado de gasolina, tomando una muestra de referencia.

### Volatilidad

La volatilidad es una propiedad la cual se mide al igual que la presión de vapor. Esta registra de manera indirecta el contenido de los componentes volátiles que brindan

la seguridad del producto durante su transporte y almacenamiento. Esta propiedad debe a su vez estar en relación con las características del ambiente de altura, temperatura y humedad, para el diseño del almacenamiento del producto.

### Contenido de azufre

Esta propiedad se encuentra altamente relacionada con la cantidad poseída de azufre (S) presente en el producto. Dentro de la cantidad, se

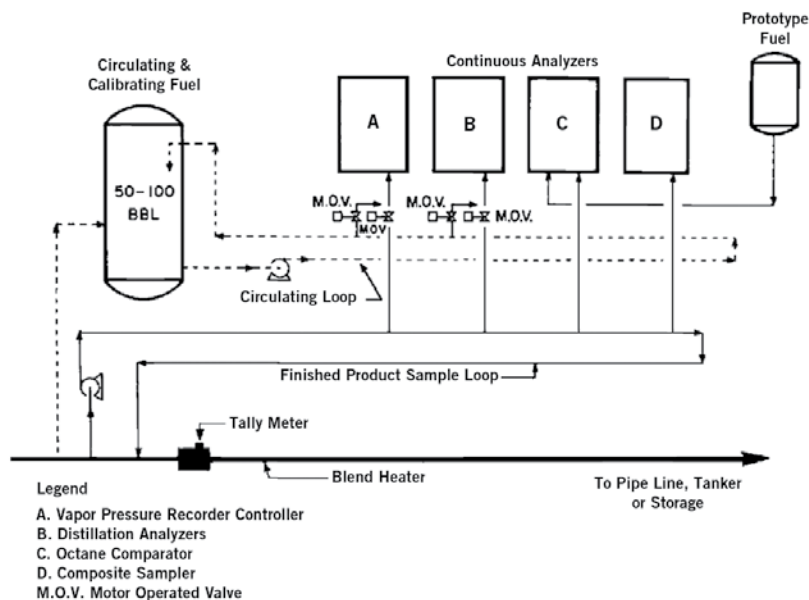


Figura 2. Diagrama de Analizadores continuos y registradores en la década de los 60'.



Figura 3. Sala de control y sala de analizadores adyacente en el fondo en la década de los 60'.

encuentran determinados promedios y estadísticas en los cuales el producto no puede sobrepasar o resaltar, ya que si esto sucede, la gasolina puede tener efectos corrosivos sobre las partes metálicas del motor y sobre los tubos de escape. A su vez, al salir del caño de escape, esta produce un alto grado de contaminación en el ambiente, produciendo a su vez las conocidas lluvias ácidas.

### Blending de Gasolinas

El blending de la gasolina es la preparación de este combustible, donde se mezclan diferentes proporciones de subproductos obtenidos de la destilación del petróleo, además de ciertos aditivos, con el objetivo de lograr una gasolina que cumpla con las especificaciones para su venta a

nivel comercial.

La mezcla de componentes para producir un producto final en una fecha determinada es muy compleja, ya que hay que cumplir con una serie de especificaciones de calidad a partir de componentes existentes, cuyos volúmenes y propiedades pueden variar. Una matriz típica de los componentes que se suelen mezclar para la gasolina sería como en la figura 4.

La mezcla de componentes se puede realizar en tanques a través de procesos Batch o mediante sistemas de blending en línea. En este último caso, los componentes se mezclan de forma automatizada mediante un sistema de control. Para el control de la calidad se necesita instalar un analizador de la propiedad más crítica, el que funciona en línea.

Por regla general, la mezcla de

componentes disponibles debe efectuarse tratando de maximizar la utilidad global a través de la reducción del giveaway de las propiedades críticas del combustible, pero siempre cumpliendo con las demandas de productos y especificaciones que imponen los estándares.

### Espectroscopia Raman

Esta tecnología óptica utilizada para la medición tanto de propiedades físicas como químicas se basa en los fenómenos de dispersión inelástica provenientes de una fuente de luz monocromática donde típicamente se suele utilizar un láser en longitud de rango visible (785nm). La luz láser provoca que la energía de los fotones del láser experimente un desplazamiento hacia arriba o hacia abajo. Este desplazamiento de energía genera un corrimiento respecto a la longitud emitida, lo cual nos da información sobre los modos vibracionales en el sistema.

Debido a que la dispersión elástica que viene en la misma longitud de onda que la emitida, no trae información asociada, se filtra mientras que el resto de la luz es recogida y dispersada sobre un detector CCD.

### Comparativa de métodos de Blending

Con la finalidad de entender las diferencias entre los distintos métodos, antes de entrar de lleno en la tecnología del analizador en línea con las pruebas y resultados para la minimización del giveaway, se mostrará un análisis comparativo entre el método tradicional y el online.

Cabe destacar que el método tradicional se realiza mediante un proceso **Batch** con control y certificación off-line, mientras que el método de blending **en línea** (independientemente de que tecnología de analizador en línea se utilice) se compone de un sistema de control capaz de realizar la mezcla on-line. En este último caso, la certificación puede ser llevada a cabo en forma offline, validando el valor de RON, por ejemplo, a través de muestras en laboratorio bajo la norma ASTM D2699 "Standard Test Method for Research Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel", o si no, directamente certificando en línea a través de la

| Gasoline blend component                           | Octane<br>RON, MON<br>& R+M/2 | RVP         | TVL<br>V/L  | D86<br>T50 | VOC<br>% VOC<br>reduction | Aromatics<br>EtOH pctane<br>boost<br>Killers | Branched<br>paraffins<br>EtOH octane<br>boost<br>Makers |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|------------|---------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Butane<br>(Gas plant and<br>butane spheres)        | ↑<br>91.5                     | ↑↑↑<br>60.0 | ↓↓↓<br>-131 | ↑↑<br>0.0  | ↑↑↑<br>(RVP)              | ↑                                            |                                                         |
| Heavy cat. naphtha<br>(245 Stabiliser bottoms)     | ↓<br>84.0                     | ↑↑<br>1.1   | ↑↑<br>208   | ↑↑<br>295  |                           | ↑↑                                           |                                                         |
| Light cat. naphtha<br>(245 Splitter LCN draw)      | -<br>87.5                     | ↑<br>14.5   | ↑<br>99     | ↓<br>130   | ↑                         | ↑                                            |                                                         |
| Alkylate<br>(443 DeC4 bottoms)                     | ↑<br>92.0                     | ↓<br>5.0    | ↑<br>172    | ↑<br>222   |                           | ↑                                            | ↑↑                                                      |
| Light reformat<br>(1747 MSAT<br>Splitter overhead) | ↓<br>80.5                     | ↑<br>13.2   | ↑<br>98     | ↑<br>115   |                           | ↑                                            |                                                         |
| Heavy reformat<br>(1747 MSAT<br>Splitter bottoms)  | ↑<br>88.0                     | ↑↑<br>1.1   | ↑↑<br>202   | ↑↑<br>263  |                           | ↑↑                                           |                                                         |
| PenHex<br>(242 to 245 manifold)                    | ↑↑<br>70.0                    | ↑<br>10.5   | -<br>123    | -<br>155   |                           | ↑                                            |                                                         |
| HOBS<br>(2110 high octane<br>blendstock)           | ↑<br>92.0                     | ↓<br>5.0    | ↑<br>172    | ↑<br>222   |                           | ↑                                            |                                                         |
| LOBS<br>(2101 low octane<br>blendstock)            | ↑↑<br>60.0                    | ↓<br>4.0    | ↑<br>179    | ↑<br>240   |                           | -                                            |                                                         |

Figura 4. Ejemplo de una matriz de componentes para blending de gasolina

norma ASTM D3764 "Standard Practice for Validation of the Performance of Process Stream Analyzer Systems".

El siguiente ejemplo se realiza una comparación de método Batch vs. on-line para las siguientes premisas:

- Se supone una refinería con una producción de 40.000 bbl/day
- El caudal de llenado de tanque es de 5.000 bbl/hr
- El caudal de despacho de tanque es de 3.000 bbl/hr
- Se debe contar con un stock mínimo de abastecimiento para 4 h (12.000 bbl a 3.000 bbl/hr).

Cabe mencionar que en este ejemplo no se han considerado para

las curvas de Blending B,C y D los tiempos que llevaría realizar la certificación por laboratorio mediante la norma ASTM D2699.

### Implementación y arquitectura del sistema

Habiendo ya realizado una comparativa entre las formas de realizar Blending, entraremos de lleno en el Blending en línea.

En la figura 5 se muestra una representación esquemática de un sistema de blending en línea típico.

Elementos principales que componen a un sistema de blending en línea:

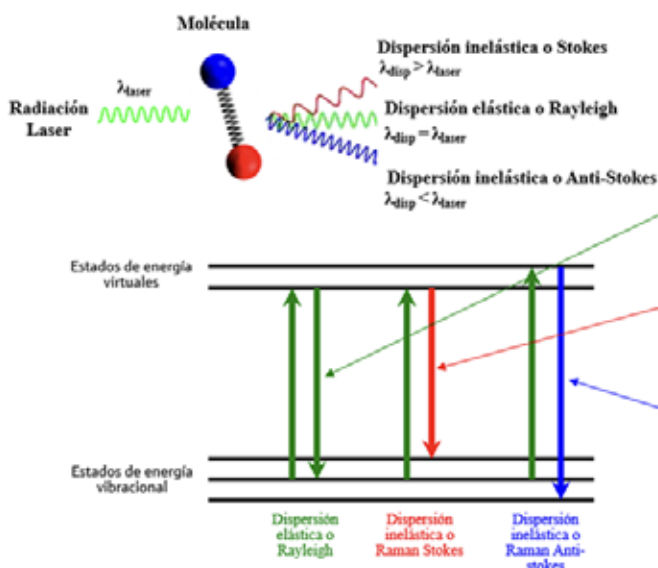
- Caudalímetros Coriolis para la medición de flujo de cada corriente
- Válvulas de control motorizadas para el ajuste de caudal de cada corriente
- Analizador en línea para la medición de la calidad de producto en tiempo real
- Sistema de control y automatización (DCS/PLC) para ejecutar la mezcla de la receta
- Software de planificación y optimización Blend property control (BPC) o Blend Optimization Supervisory System (BOSS)
- Interfaz con laboratorio (QA/QC) para calibraciones, ajuste de modelos y cumplimiento de normas

### Arquitectura del analizador

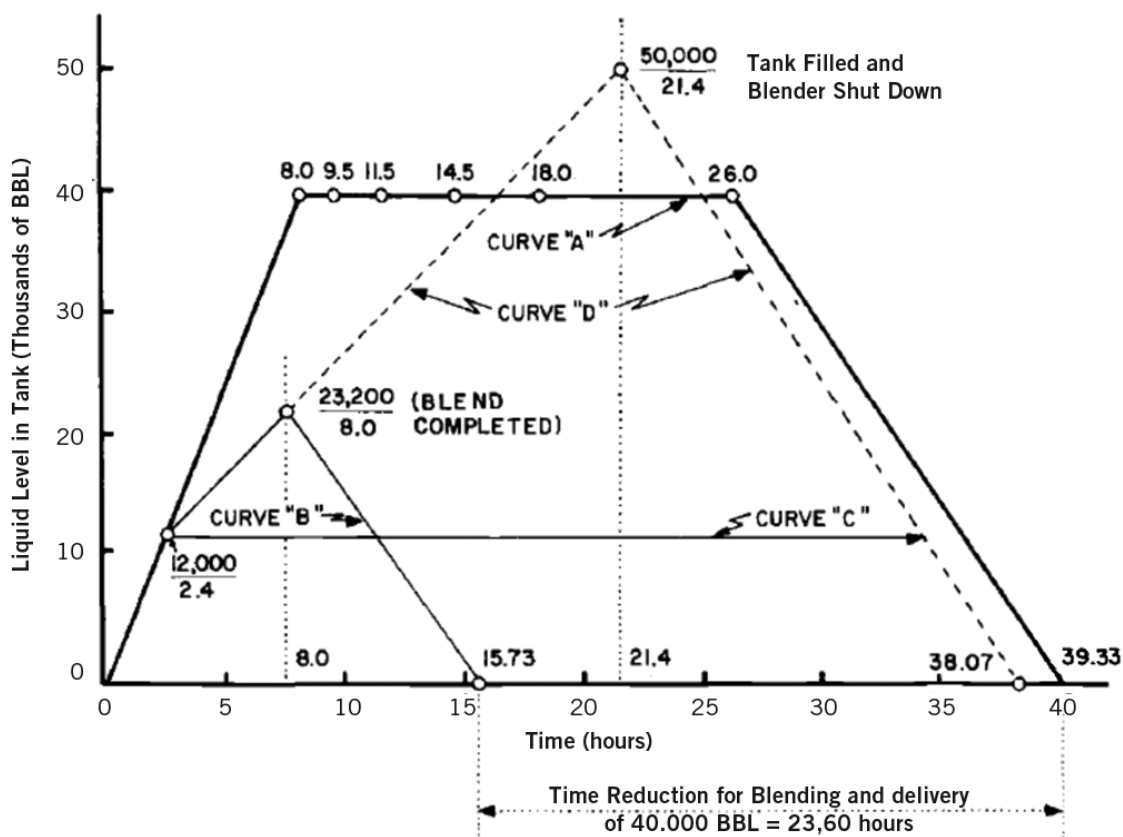
A continuación, se brindan algunos detalles sobre la instalación del analizador en línea Raman. Si bien es sabido que los analizadores en línea podrían llevar la sonda colocada directamente en cañería y poder funcionar correctamente, hay una serie de preguntas que también se deben tener en consideración:

- ¿Cómo se realiza el mantenimiento de la sonda?
- ¿Cómo puedo garantizar que la predicción mantenga su nivel de precisión?
- ¿Cómo actualizo el modelo matemático si el tipo de crudo varía constantemente?

Debido a todos estos desafíos, es que las instalaciones de las sondas se



- La incidencia de la radiación de un láser ( $\lambda_{laser}$ ) sobre una molécula provoca dispersión
- La mayoría de los fotones generan dispersión elástica o Rayleigh ( $\lambda_{disp} = \lambda_{laser}$ )
- La dispersión inelástica se da en una fracción menor (1 de cada  $10^8$  fotones)
- En la mayoría de las dispersiones inelásticas al fotón dispersado le disminuye la energía (Stokes)
- En la dispersión Anti-Stokes el fotón gana energía
- La tecnología Raman utiliza principalmente la dispersión Stokes ( $\lambda_{disp} > \lambda_{laser}$ )



#### CURVA A – Método Batch

Bombeo de combustible a tanque

Mezclado

Toma de muestra y testeo

Corrección (con combustible o aditivos)

Toma de muestra, testeo y reproceso final

Plazo antes de despacho

Tiempo de entrega de despacho

Hr requeridas

Hr Totales

|      |      |
|------|------|
| 8.0  | 8.0  |
| 1.5  | 9.5  |
| 2.0  | 11.5 |
| 3.0  | 14.5 |
| 3.5  | 18.0 |
| 8.0  | 26.0 |
| 13.3 | 39.3 |

#### CURVA B – Método en línea n° 1

Blendeado del volumen de requerimiento mínimo (12.000bbl)

Blendeado de 3.000 bph a despacho y 2.000 bph a tanque

Despacho a 3.000 bph de lo acumulado en tanque

|     |      |
|-----|------|
| 2.4 | 2.4  |
| 5.6 | 8.0  |
| 7.7 | 15.7 |

#### CURVA C – Método en línea n° 2

Blendeado del volumen de requerimiento mínimo (12.000bbl)

Blendeado a 3.000 bph y entrega a 3.000 bph continuo

|     |     |
|-----|-----|
| 2.4 | 2.4 |
| -   | -   |

#### CURVA D – Método en línea n° 3

Blendeado de 12.000 bbl a 5.000 bph, luego 3.000 bph

a despacho y 2.000 bph a tanque hasta llenarlo en 50.000 bbl

Despacho de los 50.000 bbl a 3.000 bph

|      |       |
|------|-------|
| 21.4 | 21.4  |
| 16.7 | 38.07 |

\*Con este último método en 38,07 horas se lograrían despachar 107.000 bbl

realizan en sistemas de acondicionamiento de muestra como en la figura 6.

Dentro de estos sistemas de acondicionamiento de muestra, se pueden contar con los siguientes componentes:

- Sonda de medición simple o redundante

- Medición y control de presión, temperatura y caudal (opcional)
- Sistemas de limpieza de sondas
- Sistemas de validación
- Sistemas de extracción de muestra para laboratorio y mantenimiento de modelo en línea

De esta manera la arquitectura del sistema para la operación fiable del analizador termina siendo como se muestra en la figura 7.

De esta forma se tiene la posibilidad de realizar la toma de muestra e impresión de espectro en forma simultánea, lo que permite que se pue-



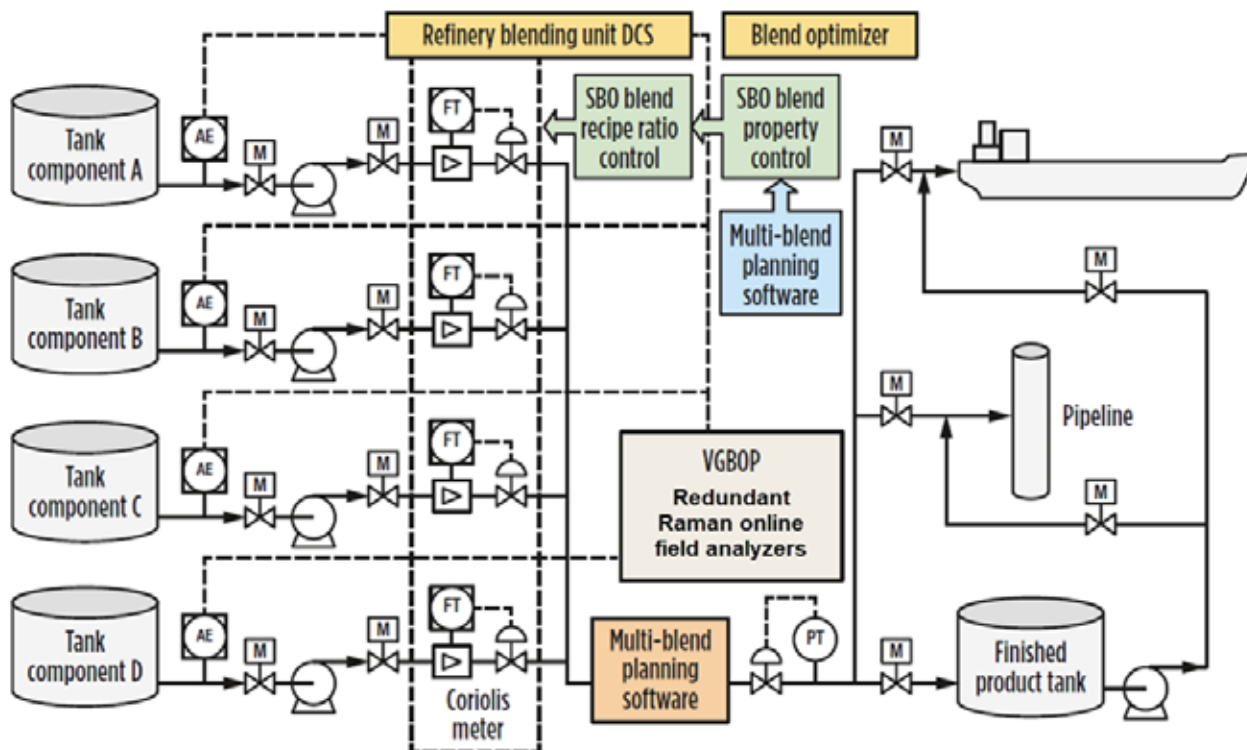


Figura 5. Representación esquemática de un sistema típico de blending en línea actual.

da certificar en laboratorio RON bajo la norma ASTM D2699, MON bajo la norma ASTM D2700 y volatilidad (RVP) bajo la norma ASTM D5191 y correlacionar con espectros directamente en proceso, evitando así tener que contar con un analizador Raman gemelo al de línea en laboratorio.

### Caso de prueba en US

En este apartado se muestran los datos reales obtenidos de un analizador Raman utilizado para el proceso de Blending en línea en una refinería de Estados Unidos, que motivos por de confidencialidad no se puede revelar de qué refinería se trata.

La figura que se muestra a continuación muestra los distintos espectros obtenidos en distintos momentos a los cuales se les van asociando las mediciones de laboratorio certificadas bajo norma. A partir de una densidad de alrededor de 100 muestras que contengan una variabilidad a lo largo de todo el rango deseado para medir, se podrá empezar a trabajar en el modelamiento para la búsqueda de las variables que se desean medir.

En la fase de análisis de datos, se buscan en regiones puntuales del espectro lugares donde se pueden encontrar distintas intensidades de re-

cepción, que tengan una correlación lineal con las variables registradas en laboratorio.

Cabe mencionar que las correlaciones no siempre suelen ser lineales y, sobre todo para propiedades físicas. En dichos casos existen técnicas más complejas de modelamiento no lineales donde se requiere un mayor número de muestras y análisis mediante algoritmos de machine learning.

Los resultados de estos análisis arrojan como resultado final gráficos

de correlación entre valor predicho y valor medido por laboratorio. A continuación, se muestran los gráficos obtenidos para las tres principales variables sobre las que se tratan en este trabajo que son **RON**, **MON** y **RVP**.

No obstante, en este ensayo también se obtuvieron gráficos para las siguientes propiedades: **API gravity** (densidad del combustible), **Benceno** (%Vol.), **Drivability index** y **D10, D50, D90**.

Para comprender mejor el resul-

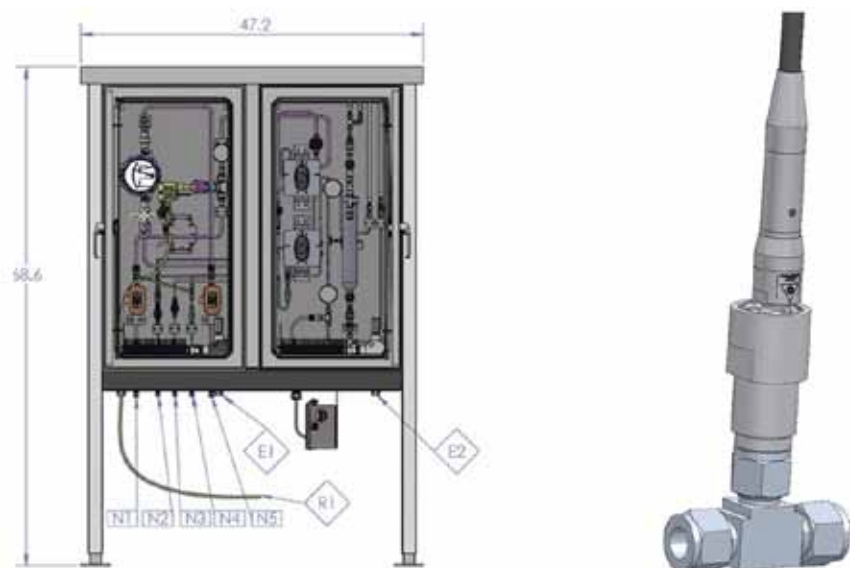


Figura 6. Sistema de acondicionamiento de muestra y sonda de medición

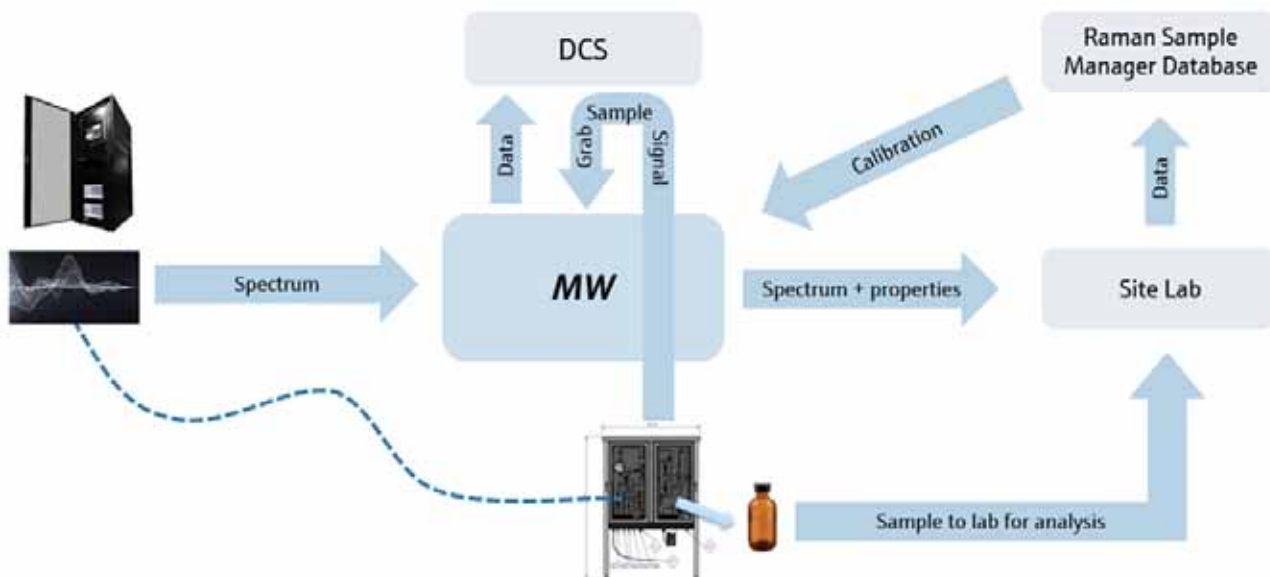


Figura 7. Arquitectura de un analizador Raman en línea.

tado de dichos ensayos se clarificarán cuales son las métricas estadísticas expresadas en estos gráficos:

- **Latent variables** (Variables latentes) son componentes principales o factores generados durante el modelado multivariado (como en PLS o PCR). Estas variables resumen la información del espectro sin ruido, y se usan para construir el modelo de predicción.
- **RMSEC** (Root Mean Square Error of Calibration) es el error promedio (desvío estándar) entre los valores predichos y los

reales de laboratorio durante la fase de calibración del modelo. A menor valor mejor capacidad predictiva sobre los datos que se usaron para entrenar el modelo.

- **RMSECV** (Root Mean Square Error of Cross Validation) es el error promedio durante la validación cruzada del modelo (generalmente leave-one-out o k-fold). Evalúa la capacidad del modelo de generalizar a datos nuevos.
- **Calibration Bias** diferencia promedio entre predicción y valor real en la fase de entrenamiento.

Si este valor es prácticamente cero, el modelo no está sistemáticamente desviado hacia arriba o abajo.

- **CV Bias** (bias en la validación cruzada) también si es muy bajo, indica que el modelo no tiene errores sistemáticos al predecir datos nuevos.
- **R<sup>2</sup> Coeficiente de determinación** (para calibración y validación cruzada) mide cuánto de la variabilidad en los datos reales se explica por el modelo. Valores cercanos a 1 indican excelente ajuste.

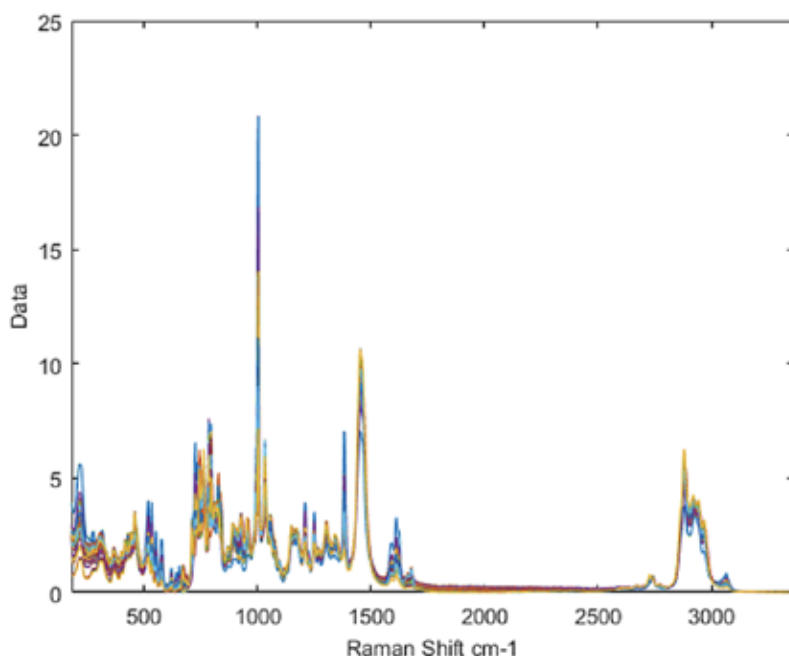


Figura 8. Espectros Raman de gasolina.

### Estudio de minimización del giveaway

Lo primero que debemos determinar para realizar este estudio, es saber cuáles son las propiedades clave medibles de la gasolina a las que le podemos poner un precio y que potencialmente podemos controlar. Estas dos propiedades clave de interés son el número de octano (ON) y la presión de vapor Reid (RVP) en psi. En general, todas las demás especificaciones restrictivas de gasolina, como vapor/líquido (V/L), temperatura de evaporación al 50% (T50) y los requisitos de reducción de emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV) para RBOB (Gasolinas reformuladas para mezclas oxigenadas), se pueden convertir en equivalentes de RVP. A menudo, el octanaje y el RVP se pueden controlar de forma algo independiente entre sí,

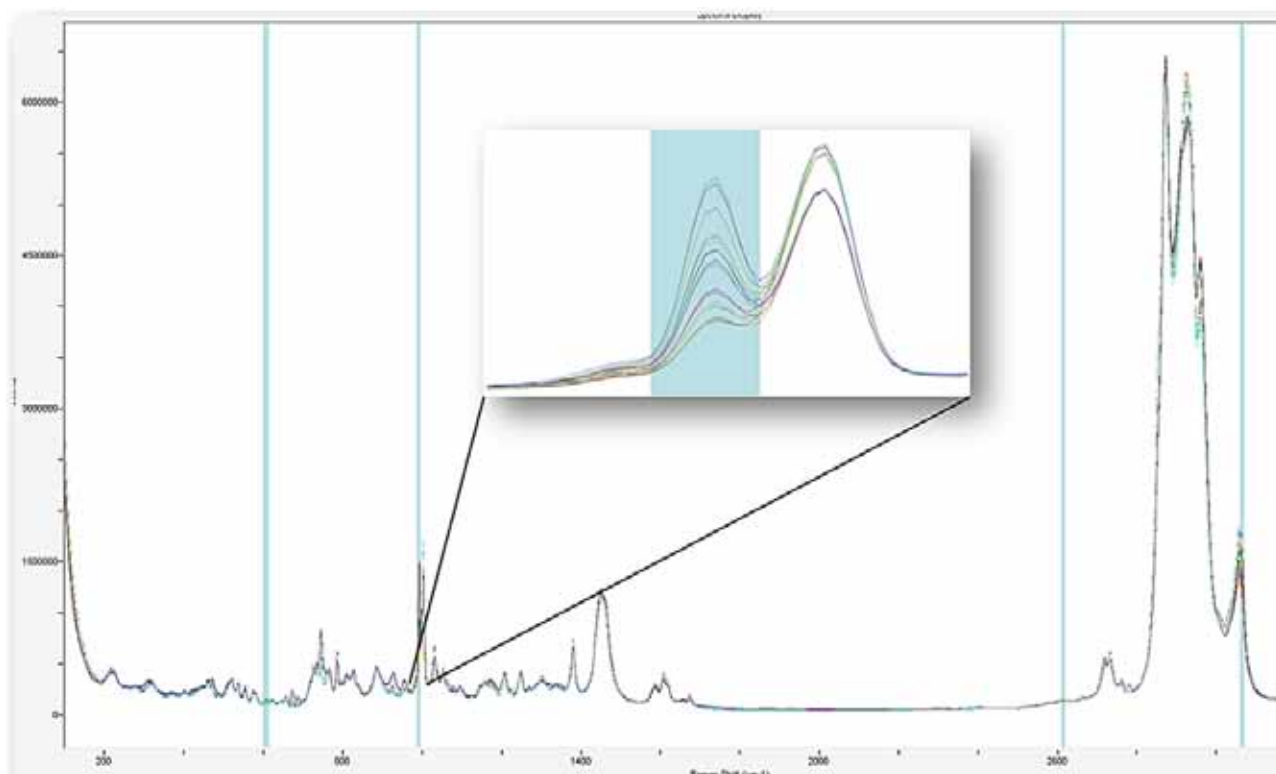
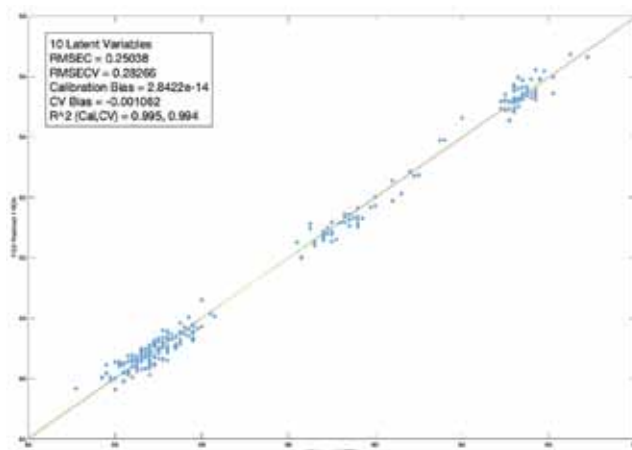
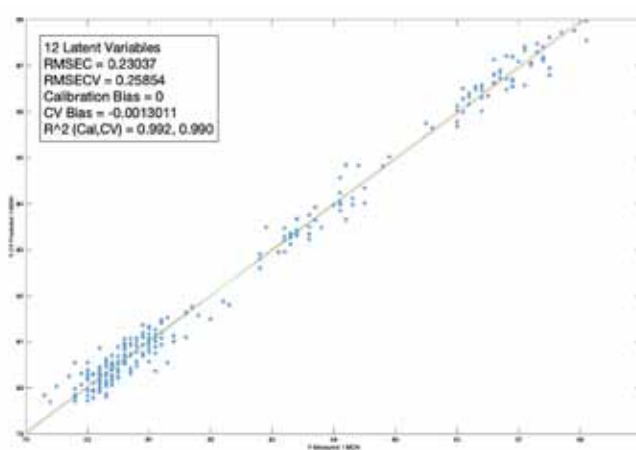


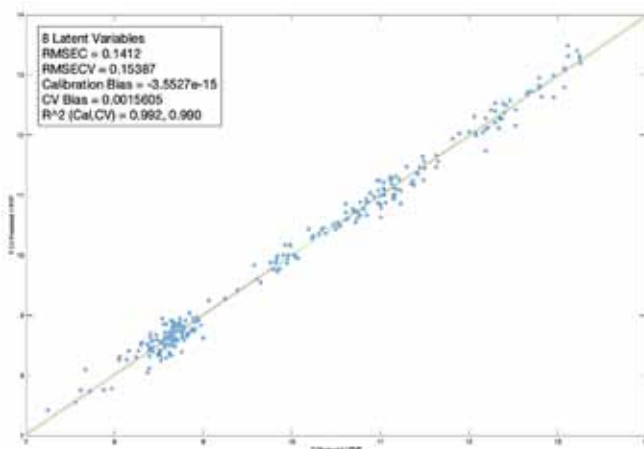
Figura 9. Región específica del espectro Raman para localización del benceno.



RON



MON



RVP

pero no siempre y, por lo tanto, se necesitan técnicas avanzadas que se describirán más adelante.

Las estimaciones promedio conservadoras de la industria para el octanaje y el giveaway de especificaciones RVP muestran al menos **0.5 ON** y **0.4 psi** respectivamente por barril de gasolina mezclada. Dicho de otra manera, en promedio, el octanaje de la gasolina ( $R + M / 2$ ) es 0.5 ON más alto que la especificación, por lo que, si está comprando gasolina de 92 octanos en la bomba, a menudo obtiene gasolina de 92.5 octanos.

Por supuesto, esto varía significati-



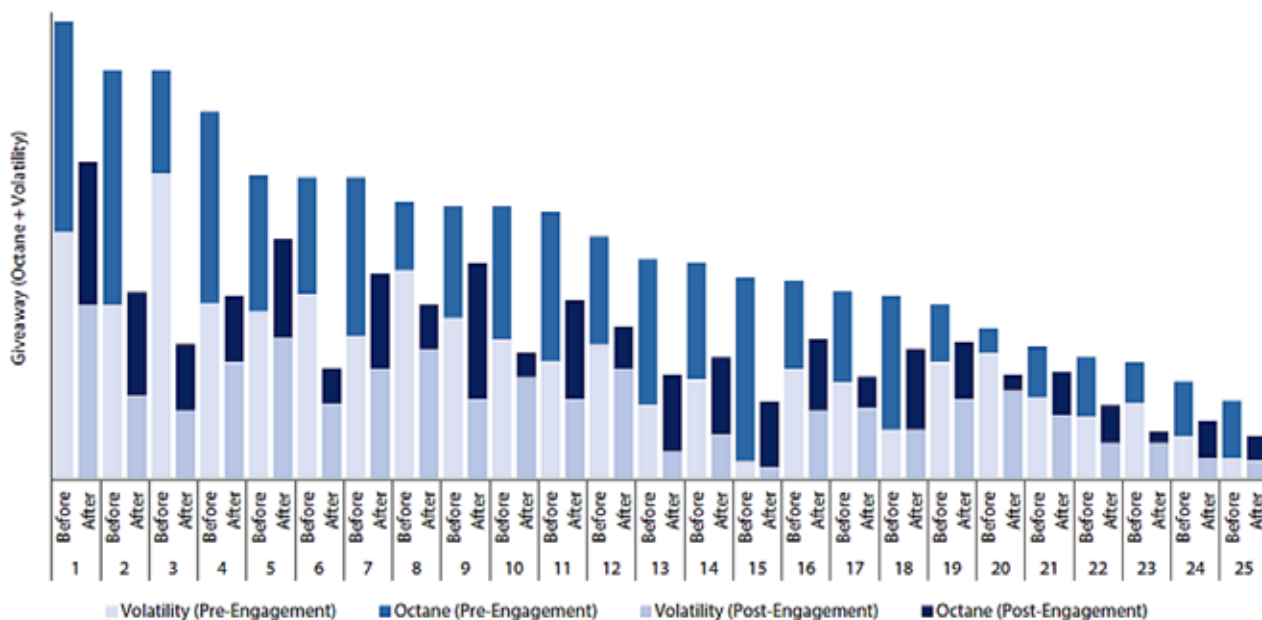


Figura 10. Antes y después de optimización del giveaway de octanaje y volatilidad en 25 distintas refineries.

vamente según el sitio y se deben hacer algunas advertencias en este punto. Actualmente, las refineries más avanzadas, certifican la gasolina mediante análisis en línea bajo la norma ASTM D3764. Muchas otras utilizan analizadores en línea para controlar, pero en última instancia certifican la gasolina utilizando resultados de laboratorio “fuera de línea”.

Generalmente en los sitios donde se lleva a cabo la certificación en línea experimentan un giveaway menor del que se estima en esta presentación. Una empresa consul-

tora dedicada a la optimización de refineries realizó sus trabajos en 25 distintos complejos, donde en todas, en el antes vs. el después de su intervención se lograron reducciones de octanaje y volatilidad, pero en distintas medidas. Por lo que no es una regla exacta cuanto se puede ahorrar, sino que depende mucho de cada caso.

Para entender mejor cuales son todos los factores que pueden incidir en que se lleve a cabo un correcto proceso de blending, la empresa consultora realiza una evaluación previa

de los estados de situación de los procesos en las distintas refineries y las califica en base a la figura 11.

Como se puede observar en la tabla, no solamente influye el nivel de sofisticación de los sistemas con los que se cuentan sino también influyen los procesos y comportamientos con los que se realice la práctica.

De todos modos, a los fines de esta presentación donde presenta una alternativa para la medición on-line, se puede observar que para el método de Blending, la nota mas baja se tiene para un proceso de Batch con

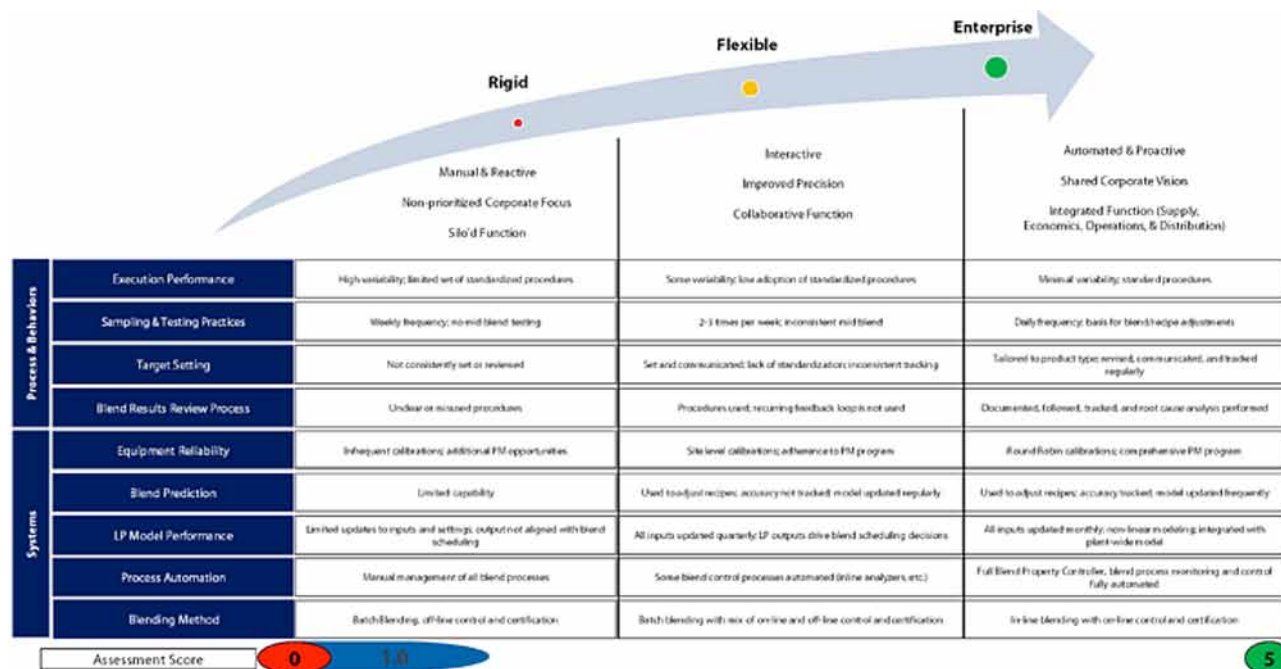


Figura 11. Tabla de evaluación del nivel de maduración del proceso de blending de una refineries.

certificación off-line, luego a medida que se sofisticaba el sistema se puede incorporar un sistema de blending en línea, pero manteniendo el resto de la instalación y por último el nivel más avanzado trabaja con blending y certificación de producto en línea.

A continuación, se realizará una estimación económica de lo que se podría llegar a ahorrar optimizando las variables de Octanaje y Volatilidad.

Comenzaremos primero por el cálculo de retorno de inversión de Octanaje (Tabla 1).

Ahora pasaremos al cálculo de retorno de inversión del RVP donde realizaremos la siguiente estimación:

Según varios estudios y artículos técnicos el ahorro de 0,4 psi en el RVP se puede traducir en un ahorro de 0,5 USD/barril de gasolina producida (Tabla 2).

Conclusiones

El proceso de blending de gasolina representa una gran oportunidad para que las refinerías puedan optimizar sus operaciones a través de la reducción del giveaway en sus propiedades críticas como el octanaje y la volatilidad.

En este trabajo se demostró que con los procesos de blending por Batch, muy tradicionales actualmente, existen grandes posibilidades de mejora en cuanto a precisión, tiempos de entrega y flexibilidad operativa si se migrara a los sistemas de blending en línea, especialmente aquellos integrados con tecnologías de análisis espectroscópico como la espectroscopía Raman.

Desde el punto de vista técnico, la espectroscopía Raman permite realizar mediciones en tiempo real y de forma continua de múltiples propiedades clave de la gasolina, entre ellas RON, MON, RVP y otras variables más (aromáticos, olefinas, benceno, oxigenados, etc.). En el caso de estudio en la refinería en US, donde se encuentra instalado un analizador Raman, se arrojaron resultados para los coeficientes de determinación R<sup>2</sup> de 0,995, lo que indica que la tecnología presenta un excelente nivel de predicción de las variables que se buscan medir.

Desde el punto de vista económico, los estudios de caso presentados demuestran que una reducción con-

|                                                                      |                |
|----------------------------------------------------------------------|----------------|
| • Precio actual del litro de gasolina premium (98 octanos)           | ARS 1.386,00   |
| • Precio actual del litro de gasolina super (95 octanos)             | ARS 1.170,00   |
| • Diferencia \$ entre super y premium (3 octanos)                    | ARS 216,00     |
| • Margen de la refinería (ARS/Octano-litro)                          | 72             |
| • Reducción de giveaway esperado                                     | 0,1            |
| • CBU (Crude distillation unit) a FPB (Final product blending) ratio | 0,562          |
| • Producción diaria de CBU (barriles por día)                        | 100.000        |
| • Producción diaria en litros                                        | 15.900.000     |
| • Ahorro diario por reducción de giveaway de 0,1 ON                  | ARS 64.337.760 |
| • Retorno de inversión de un sistema de blending en línea (días)*    | 140            |

\*Se estima para el cálculo de ROI una inversión de 7,5 MUSD, número que contemplaría el CAPEX para un sistema de blending para 5 a 7 ramas con sus Skid de mezcla multicomponente, controlador de blending con integración al DCS, analizador Raman en línea, instalaciones civiles, eléctricas, mecánicas, etc, ingeniería y servicios.

Tabla 1.

|                                                                      |         |
|----------------------------------------------------------------------|---------|
| • Producción diaria de CBU (barriles por día)                        | 100.000 |
| • CBU (Crude distillation unit) a FPB (Final product blending) ratio | 0,562   |
| • Producción diaria de barriles de gasolina                          | 56.200  |
| • Ahorro diario 56.200bpd x 0,5 USD/barril (USD)                     | 28.100  |
| • Retorno de inversión de un sistema de blending en línea (días)*    | 268     |

\*Se estima el mismo costo de inversión que en el caso de octanaje.

Tabla 2.

servadora de 0,1 ON en el giveaway de octanaje puede generar ahorros superiores a ARS 64 millones diarios para una refinería con una capacidad de 100.000 barriles por día, traducéndose en un retorno de inversión (ROI) estimado en 140 días. Por su parte, una mejora de 0,4 psi en RVP representa un ahorro adicional de 28.100 USD diarios, con un ROI de aproximadamente 268 días para el mismo escenario.

Además, la implementación de blending en línea no solo reduce pérdidas asociadas al giveaway, sino que también incrementa la productividad al acortar significativamente los ciclos de despacho, mejora la trazabilidad y control del proceso, y permite adaptarse con mayor agilidad a cambios en la disponibilidad de componentes o en las demandas del mercado.

En conclusión, la combinación de blending en línea con tecnologías de medición óptica avanzada como la espectroscopía Raman no solo representa una evolución lógica frente a los métodos tradicionales, sino una necesidad estratégica en el contexto actual de alta competitividad y presión sobre márgenes. Aquellas refinerías que adopten estas tecnolo-

gías estarán en mejor posición para maximizar su eficiencia operativa, reducir costos ocultos y garantizar la calidad de su producto final con mayor agilidad y precisión.

Bibliografía

Crane, B. G., "In-Line Gasoline Blending Trends, Economics, and the Use of Continuous Analyzers or Quality Control," Automated Analyzers, and Quality Control for the Petroleum Industry, ASTM STP 428, American Society for Testing and Materials, 1968, pp. 31-42

"Minimizing gasoline specification give-away" de David Siever, Valero.

"Unlocking Hidden profit: Boosting Refinery margins through blend optimization and loss control" de Kevin Kim y Roy Smith, Trident consulting.

ASTM D2699-24b - Standard Test Method for Research Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel

ASTM D5191 - Standard Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products

ASTM D3764-23 - Standard Practice for Validation of the Performance of Process Stream Analyzer Systems