

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO, PETROQUÍMICA Y GAS**  
**NATURAL**



**“EVALUACIÓN TÉCNICO - ECONÓMICA PARA  
INSTALAR UN SISTEMA DE MEZCLA EN LÍNEA DE  
GASOLINAS EN REFINERÍA TALARA”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO PETROQUÍMICO**

**MARIANO YUSSEPI GUTIÉRREZ ORIHUELA**

**PROMOCIÓN 2003-II**

**LIMA – PERÚ**

**2006**

## **DEDICATORIA**

**A mis Padres:** Por su lucha inquebrantable y entrega a sus hijos. Son ustedes la razón de mi presente y existir.

**A mis Hermanos:** Gracias a ellos aprendí a comprender a los demás. Con ustedes nunca me sentí solo en el duro camino de la vida.

**A Yaluth:** Por la compañía, amor y amistad en todos los momentos, buenos y malos.

Una intermisión especial para aquellos que se fueron a la Eternidad y coadyuvaron en mi formación Académico - Profesional.

**A mis profesores:** Mis pleitesías por mantener el nivel de la prestigiosa Universidad Nacional de Ingeniería. Desde luego, agradezco el asesoramiento del Ing. Máximo Angulo Silva que con su vasta experiencia en la industria de los hidrocarburos guió el éxito de este proyecto de Tesis.

**A mis amigos de Refinería Talara:** Por permitirme desarrollar, bajo una causa noble, este proyecto de tesis y contribuir con la transferencia de conocimiento y tecnología a mi Alma Mater.

## ÍNDICE

### Sumario

#### I. MARCO CONCEPTUAL

- I.1. DESCRIPCIONES DE REFINERÍA TALARA
- I.2. ANTECEDENTES
- I.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA
- I.4. JUSTIFICACIONES
- I.5. HIPÓTESIS
- I.6. OBJETIVOS
- I.7. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

#### II. DIAGNÓSTICO

- II.1. DEFICIENCIAS DEL SISTEMA DE MEZCLA ACTUAL

#### III. PROPUESTA DEL SISTEMA EN LÍNEA DE PREPARACIÓN DE GASOLINAS

- III.1. DESCRIPCIÓN GLOBAL DEL SISTEMA DE MEZCLA EN LÍNEA: IN LINE BLENDING (ILB)
- III.2. DISEÑO DE LOS PATINES DE MEZCLA
- III.3. EQUIPO ANALIZADOR
- III.4. CONTROL DE PROCESOS Y OPTIMIZACIÓN
- III.5. MONTO DE INVERSIÓN

#### IV. EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA

- IV.1. DISMINUCIÓN DEL EXCESO DE RON EN GASOLINAS DESPACHADAS
- IV.2. REDUCCIÓN DE COSTOS POR MENORES CONSUMOS DE ENERGÍA
- IV.3. REDUCCIÓN DE COSTOS POR HORAS - HOMBRE

- IV.4. **REDUCCIÓN DE COSTOS POR ANÁLISIS DE LABORATORIO**
- IV.5. **AHORRO POR MAYOR DISPONIBILIDAD DE NAFTA VIRGEN PARA EXPORTACIÓN**
- IV.6. **AHORRO POR MAYOR DISPONIBILIDAD DE NAFTA CRAQUEADA PARA EXPORTACIÓN**
- IV.7. **OTROS BENEFICIOS ECONÓMICOS NO INCLUIDOS**
- IV.8. **BENEFICIO TOTAL ANUAL**
- IV.9. **INDICADORES ECONÓMICOS RESULTANTES**
  
- V. **CONCLUSIONES**
  
- VI. **RECOMENDACIONES**
  
- VII. **ANEXOS**
  
- VIII. **GLOSARIO**
  
- IX. **BIBLIOGRAFIA**

## **SUMARIO**

El presente proyecto tiene por objetivos hacer un diagnóstico de la situación actual del sistema de preparación de gasolinas en refinería Talara y desarrollar un estudio técnico económico para instalar un sistema automático eficiente de mezcla en línea.

El diagnóstico del sistema de preparación actual demuestra que hay deficiencias en la preparación de gasolinas por la alta necesidad de personal, energía y tiempo.

La propiedad económicamente determinante para la preparación de gasolinas de 84, 90, 95 y 97 octanos, a partir de varias corrientes vírgenes de gasolina, es el número de octano research (según la legislación actual de comercialización de combustibles). Otras, también importantes en cuanto a la calidad, son la presión de vapor, el contenido de azufre, la destilación, la corrosión, etc.

Se propone un sistema automático de mezcla en línea que, además de otras partes físicas, también considera un analizador de octanaje continuo en línea, el mismo que permitirá tener un control más estricto de dicha propiedad.

Finalmente, el estudio técnico económico demuestra que se eliminarían las deficiencias en la preparación de gasolinas y se encontraría un beneficio económico para la refinería después de aproximadamente dos años y medio de realizada la inversión.

## I. MARCO CONCEPTUAL

### I.1. DESCRIPCIONES DE REFINERÍA TALARA

#### I.1.1. Ubicación

La refinería está localizada en el distrito de Pariñas, provincia de Talara, departamento de Piura a 1185 km al norte de Lima, Perú. Latitud Sur 4° 34' – Longitud Oeste 81° 17'.

#### I.1.2. Historia

En 1914, empresarios ingleses representados por William Keswic arriendan los campos petroleros vírgenes de Talara a una empresa llamada International Petroleum Co. (IPC), subsidiaria de la Standard Oil Co.<sup>1</sup>. Debido a las reservas probadas a esa fecha y a la cercanía de los yacimientos y el mar, la empresa decide instalar una refinería de petróleo en un lugar estratégico. Tal es así que en el año 1915 se da arranque a una batería de alambiques a flujo continuo con una capacidad de procesamiento de 10,0 MBPD. Inicia sus operaciones comerciales en 1917.

En 1954, IPC, reemplazó la batería de alambiques por una columna tubular (alambique tubular N° 2), de 45,0 MBPD. Dicha capacidad se amplió a 57,0 MBPD en 1965 y a 62,0 MBPD en 1967. Las maniobras de arranque de esta nueva unidad se iniciaron el 2 de julio, día que se conmemora el aniversario de la refinería.

En 1974, ya bajo la administración de Petróleos del Perú, la refinería Talara inicia el proyecto de modernización, construyendo

---

<sup>1</sup> “Historia de Talara”, Historiador Reynaldo Moya Espinoza (2001)

una unidad de destilación al vacío de 19,8 MBPD, craqueo catalítico de 16,6 MBPD y MEROX de 8,5 MBPD. Estas unidades iniciaron sus operaciones en enero de 1975 y reemplazaron a las antiguas unidades de craqueo térmico. Con esto se logró establecer fuertemente en el mercado, la producción de GLP y gasolina de alto octanaje.

Entre 1995 y 2004, se realizaron diversas modificaciones a las unidades mencionadas anteriormente, para incrementar la capacidad de procesamiento y al año 2005 queda distribuida de la siguiente manera:

CUADRO 1: Principales unidades de proceso

<b>Unidad de proceso</b>	<b>Capacidad diseño, MBPD</b>
Destilación atmosférica (UDP)	62,0
Destilación al vacío 1 (UDV – 1)	27,0
Destilación al vacío 2 (UDV – 2)	3,0
Craqueo catalítico fluido (FCC)	19,0
MEROX	10,0

### **I.1.3. Suministro de crudo**

El íntegro de la producción regional de petróleo crudo del noroeste es procesado en la refinería, complementándose con crudos nacionales de selva norte así como importados de diversos países como Ecuador, Colombia, Venezuela y Argentina.

Actualmente, las empresas operadoras encargadas del suministro de crudo local son:

CUADRO 2: Suministro de crudo por lotes en el noroeste a junio 2005<sup>2</sup>:

<b>CRUDO FISCALIZADO NOROESTE JUNIO 2005</b>		
<b>Lote</b>	<b>Operador</b>	<b>Producción (BPD)</b>
X	PETROBRAS	12647
Z-2B	PETROTECH	11341
VI / VII	SAPET	3386
III	MERCANTILE	957
IV	RIO BRAVO	786
I	GMP	752
II	PETROLERA MONTERRICO	561
IX	UNIPETRO ABC	290
V	GMP	132
XV	PETROLERA MONTERRICO	21
XIV	GMP	0
<b>TOTAL</b>		<b>30873</b>

Del cuadro anterior se deduce que la carga a la unidad de destilación atmosférica o primaria (UDP) no solo se abastece con el crudo local sino también con crudo foráneo para completar los 62,0 MBPD (ver CUADRO 1). La inclusión promedio de crudo foráneo es 50% del total de la carga.

---

<sup>2</sup> Producción promedio diaria fiscalizada. Reporte mensual Perupetro.

#### **I.1.4. Configuración de la refinería**

La refinería dispone de una adecuada configuración que incluye diversas unidades de proceso que se menciona en el anexo N° 1 “Unidades de proceso de la refinería Talara”.

Asimismo dispone de varias facilidades de apoyo operativo como servicios industriales, planta de tratamiento de agua, sistema de aire para instrumentación y tanques de almacenamiento de crudo y productos.

#### **I.1.5. Facilidades marítimas**

Debido a que su producción está destinada principalmente al abastecimiento de la demanda del litoral, la refinería cuenta con un muelle de carga líquida para el recibo y despacho de combustibles, asfaltos y solventes; construido en el año 1995, está equipado con sistemas totalmente automatizados.

Adicionalmente, en la playa de Punta Arenas, al sur de la refinería, se ubican dos líneas submarinas de 12” de diámetro y 2 km de longitud que se conectan con el amarradero marítimo, empleado para el recibo de crudos foráneos y despacho de petróleo residual de exportación y cabotaje.

#### **I.1.6. Tanques de almacenamiento de crudo y combustibles**

La refinería Talara cuenta con 117 tanques de almacenamiento de crudo y productos, con una capacidad de 3552 MB. Los 6 tanques de almacenamiento de petróleo crudo, ubicados en el área industrial de la refinería, tienen una capacidad conjunta de almacenamiento de 500 MB.

### I.1.7. Plantas de Venta

Para la atención de la demanda regional de combustibles, la refinería Talara administra 2 plantas de ventas; una en Talara y la otra en la ciudad de Piura.

### I.1.8. Producción

La refinería produce un amplio rango de derivados del petróleo que en conjunto representan alrededor del 40% de la producción nacional. Es relevante su participación en la producción de gas licuado de petróleo (GLP) y destilados livianos y medios. Adicionalmente a los combustibles, la refinería produce especialidades como asfaltos, solventes, ácido nafténico y productos intermedios como naftas.

**CUADRO 3:** Producción de refinerías de petróleo en Perú (MBPD)  
– año 2003<sup>3</sup>

	<b>Talara</b>	<b>País</b>	<b>Porcentaje</b>
GLP	4,65	6,80	69%
Gasolinas	10,80	26,35	41%
Destilados	20,10	58,34	34%
Petróleos industriales	14,00	51,56	27%
<b>Combustibles</b>	<b>53,10</b>	<b>139,80</b>	<b>38%</b>
Otros	0,25	1,81	14%
<b>Total</b>	<b>53,35</b>	<b>141,61</b>	<b>38%</b>

<sup>3</sup> Anuario Estadístico de Hidrocarburos (2003). Ministerio de Energía y Minas.

### **I.1.9. Mercados**

La producción está orientada al abastecimiento del mercado interno. En ese sentido, el grueso de la producción se destina a los mercados de la costa, vía los terminales de venta del litoral y las plantas de venta locales (Piura y Talara). No deja de ser importante las transferencias de productos terminados e intermedios a las refinerías Conchán, Iquitos y El Milagro. Finalmente, los productos excedentes (naftas y petróleos industriales) se exportan.

## I.2. ANTECEDENTES

El actual esquema de procesos de la refinería Talara permite la obtención de los dos tipos de naftas siguientes:

- La nafta virgen o liviana, obtenida de la unidad de destilación Primaria, con un octanaje entre 60 y 70 de RON.
- La nafta craqueada, de la unidad de craqueo catalítico, con un octanaje entre 89 a 93 RON variando de acuerdo a las condiciones de operación.

Ambas corrientes son posteriormente mezcladas en el área de almacenamiento para producir los diferentes tipos de gasolinas motor requeridas por el mercado nacional:

- Gasolina super extra 97 sin plomo
- Gasolina super 95 sin plomo
- Gasolina super 90 sin plomo
- Gasolina regular 84 sin plomo

Adicionalmente, los excedentes de nafta virgen son exportados y parte de la producción de nafta craqueada es entregada a otras refinerías de la empresa para establecer sinergias.

La amplia gama de gasolinas y naftas requeridas como productos finales, sumados a las limitaciones de los sistemas existentes de preparación por lotes de gasolinas, restringen la flexibilidad operativa y generan la necesidad de numerosos tanques de almacenamiento, altos inventarios y prolongados tiempos de preparación y despacho.

Asimismo, las nuevas especificaciones para la gasolina automotor recomendadas por el Banco Mundial, gobiernos, entidades financieras importantes y organizaciones ambientales, obligan al sector refinero nacional a modificar sus esquemas productivos, mejorar los sistemas de control existentes y optimizar sus sistemas de mezcla.

### I.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- I.3.1. Efectuar un **diagnóstico situacional** del sistema actual de mezcla de gasolinas de refinería Talara, a fin de identificar limitaciones y oportunidades de mejora.
- I.3.2. Efectuar la **evaluación técnica - económica** para la instalación de un sistema de mezcla en línea de gasolinas en refinería Talara que permita eliminar las limitaciones actuales del sistema.

#### I.4. JUSTIFICACIONES

La instalación de un nuevo sistema de mezcla permitirá eliminar las dificultades descritas adelante, optimizando de esta manera las mezclas de los diferentes grados de gasolinas, incrementando la flexibilidad operativa y la eficiencia en la preparación de dichos productos, disminuyendo al mismo tiempo las probabilidades de entregar a los clientes gasolinas con excesos o defectos de octanaje.

Se estima que el nuevo sistema generará importantes beneficios, destacando principalmente los siguientes:

- Disponibilidad de mayor capacidad de almacenamiento para naftas de exportación.
- Reducción de tiempos en la preparación y despacho de gasolinas.
- Reducción de costos por consumo de energía.
- Reducción de costos de personal.
- Disminución de exceso de octanaje en gasolinas despachadas.
- Incremento de flexibilidad operativa en la unidad de movimiento de productos.
- Postergación de las necesidades de ampliar la capacidad de almacenamiento de gasolinas.

## I.5. HIPÓTESIS

La instalación de un nuevo sistema de mezcla en línea para la preparación y despacho de gasolinas, conducirá a la **eliminación de las limitaciones** del sistema actual, generando flexibilidad operativa en el sistema, control integral de la operación y beneficios económicos para la refinería.

## I.6. OBJETIVOS

Los principales objetivos que se deben alcanzar son:

- Incremento del beneficio económico de la refinería por disminución de los costos operativos de preparación, almacenamiento y despacho de gasolinas.
- Anticiparse a los próximos requerimientos del mercado y a las nuevas especificaciones de calidad para las gasolinas, que permitirá adecuarse a las regulaciones ambientales propuestas por el Banco Mundial.

CUADRO 4: Nuevas especificaciones de calidad de gasolinas propuestas por el Banco Mundial. (<http://www.worldbank.org>)

<b>Gasolinas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Típica</b>	<b>Objetivo</b>
Aromáticos	% Vol.	17,6-54,4	45 máx.
Benceno	% Vol.	2,1	2,5 máx.
Olefinas	% Vol.	6,3-16,8	25 máx.
Contenido de plomo	gr/L	0	0
Contenido de azufre	ppm	60-500	100 máx.

- Optimizar las proporciones de mezcla de gasolinas.
- Mantenerse a la vanguardia en innovación tecnológica.

## I.7. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

### I.7.1. Proceso básico

Las gasolinas que comercializa en la actualidad refinería Talara son cuatro: super extra 97 sin plomo, super 95 sin plomo, super 90 sin plomo, regular 84 sin plomo, a la vez exporta excedentes como nafta craqueada y nafta virgen.

Los componentes de preparación de las gasolinas son tres: nafta craqueada, nafta liviana y HOGBS (gasolina de alto octanaje); asimismo, se usa un aditivo mejorador de octano en las gasolinas, como también se adiciona tintas para colorear y diferenciar los diferentes tipos de gasolinas.

El sistema de preparación de gasolinas actual de refinería es del tipo batch, requiere transferencias entre tanques y/o recibos de la producción de las unidades de proceso, homogenización del producto por circulación en el tanque, toma de muestras, análisis de calidad del producto y certificación de calidad del tanque preparado; todas estas operaciones se repiten hasta alcanzar el grado de octanaje requerido de la gasolina en preparación (Ver Anexo N° 2).

La preparación de gasolinas se realiza para atender a dos clientes principales:

#### I.7.1.1. **Atención a planta de ventas**

Los productos se entregan preparados a tanques asignados a planta de ventas ubicados en refinería y posteriormente de estos se transfiere la gasolina hacia los tanques ubicados en planta de ventas.

El despacho de gasolinas a planta de ventas se efectúa por un sistema supervisado de control de despachos

ubicado en casa de bombas N° 5, utilizando una misma línea de descarga de 6" diámetro para todas las gasolinas.

#### **I.7.1.2. Atención a buques tanques por muelle de carga líquida**

El despacho de gasolinas se efectúa principalmente desde casa de bombas N° 6, donde se tiene tres bombas de despacho, las cuales se utilizan en simultáneo o independientes; en planta de etilo se cuenta con dos bombas, una de despacho y otra de recirculación de producto.

El despacho a buques se realiza a través de dos líneas de 12" diámetro que se dirigen al muelle de carga líquida en donde se comunican con el brazo de carga K-100, por medio del cual se efectúa el despacho al buque tanque.

El despacho de gasolinas hacia un buque acoderado en el muelle de carga líquida se realiza según la secuencia de carga, un grado de gasolina por vez, lo que implica que la línea de despacho tiene que ser desplazada con la siguiente gasolina a atender, esto se realiza comunicando las líneas de despacho y bombeando el producto a despachar hacia el muelle, regresando por una de las líneas hacia un tanque de recibo de desplazamientos, quedando ambas líneas de despacho con el siguiente producto a atender.

El punto de dosificación de tinta para la coloración comercial de las principales gasolinas se hace actualmente a bordo de los buques por flexibilidad operativa. Al colorear un tanque de gasolina, ya no podrá ser usado para la mezcla con otros tipos de gasolinas debido a que no hay compatibilidad de coloración entre tintas.

## **I.7.2. Componentes de la preparación de gasolinas**

### **I.7.2.1. Nafta liviana**

Proviene de la unidad de destilación primaria con una calidad promedio de API: 63,2, color Saybolt: +30, RVP: 6,0 – 8,0 psi, destilación: PIE: 42 °C, 10%: 82 °C, 50%: 116 °C, 90%: 144 °C, PFE: 157 °C y RON: 65 - 70.

### **I.7.2.2. Nafta craqueada**

Proviene de la unidad de craqueo catalítico con una calidad promedio de API: 60,4, Color Saybolt: +18, RVP: 7,0 – 9,0, destilación: PIE: 39 °C, 10%: 54 °C, 50%: 99 °C, 90%: 178 °C, PFE: 200 °C y RON: 88 - 93.

### **I.7.2.3. Gasolina de alto octanaje (HOGBS)**

Proviene de importaciones periódicas, la refinería Talara no produce este componente, tiene una calidad promedio de API: 47,5, RVP: 8,0 – 8,5, destilación: PIE: 39 °C, PFE: 196 °C y RON: 98 - 99.

### **I.7.2.4. Mejorador de octano**

Se adiciona un aditivo para aumentar el octanaje a las gasolinas y utilizar menos cantidad de HOGBS y nafta craqueada.

### **I.7.2.5. Butano**

Se alinea a tanques de gasolina de 84 octanos cuando la unidad de recuperación de gases se encuentra en maniobras de arranque o puesta en marcha. Se debe controlar su inclusión a las gasolinas debido a que incrementa la presión de vapor (RVP). También es

considerado en el modelo de refinación para aumentar el contenido de propano en el GLP y a la vez, aumentar el octanaje de las gasolinas sin descuidar el aumento del RVP de las mismas.

### **I.7.3. Producción de los componentes de la preparación de gasolinas**

#### **I.7.3.1. Nafta liviana**

8 000 – 9 000 Bbl/día (BPD)

#### **I.7.3.2. Nafta craqueada**

9 000 – 10 000 Bbl/día (BPD)

#### **I.7.3.3. HOGBS**

Embarques según requerimientos de preparación.

#### **I.7.3.4. Mejorador de octano**

Según requerimientos de preparación se aditiva a la gasolina para obtener un octanaje adecuado. Antes se utilizaba plomo tetraetilico, ahora se usa un aditivo en base a manganeso llamado MMT, que le subirá el octanaje pero la concentración a incluir está condicionada por el uso de convertidores catalíticos en vehículos modernos.

### **I.7.4. Recetas típicas de mezclas de gasolinas**

#### **I.7.4.1. Gasolina 84**

Se despacha de color **amarillo** y se prepara generalmente con las siguientes mezclas:

CUADRO 5: Preparación de gasolina 84

<b>Nafta liviana (%)</b>	<b>Nafta craqueada (%)</b>
34	66

**I.7.4.2. Gasolina 90.**

Se despacha de color **púrpura** y se prepara generalmente con las siguientes mezclas:

CUADRO 6: Preparación de gasolina 90

<b>Nafta liviana (%)</b>	<b>Nafta craqueada (%)</b>
2	98

**I.7.4.3. Gasolina 95.**

Se despacha de color **azul** y se prepara generalmente con las siguientes mezclas:

CUADRO 7: Preparación de gasolina 95

<b>HOGBS (%)</b>	<b>Nafta craqueada (%)</b>
45	55

**I.7.4.4. Gasolina 97.**

Se despacha **incolora** y se prepara generalmente con las siguientes mezclas:

**CUADRO 8:** Preparación de gasolina 97

<b>HOGBS (%)</b>	<b>Nafta craqueada (%)</b>
81	19

Los componentes de las mezclas como la nafta craqueada y la nafta liviana (nafta virgen) se ofrecen al mercado internacional y se exportan como producto terminado.

Las especificaciones de calidad para las gasolinas producidas en refinería Talara se muestran en el anexo N° 3.

#### **I.7.5. Dosificación de tintas a gasolinas**

**CUADRO 9:** Preparación de gasolina 97

<b>Item</b>	<b>Tinta naranja (Gas-84)</b>	<b>Tinta azul (Gas-95)</b>	<b>Tinta púrpura (Gas-90)</b>
Dosificación (Lb/MB)	2,0	9,0	2,5

#### **I.7.6. Procedimientos operativos generales**

##### **I.7.6.1. Procedimiento de preparación de gasolinas<sup>4</sup>**

La preparación de gasolinas en la actualidad implica las siguientes etapas:

- a. Primera recirculación del tanque que se va a preparar. (3 hrs.)

---

<sup>4</sup> Ver en anexo 2, Preparación de gasolinas en refinería Talara.

- b. Toma de las muestras del tanque y envío a laboratorio. (0,5 hr.)
- c. Realización de la prueba de octanaje (RON<sub>0</sub>) y espera de resultado. (0,75 hr.)
- d. Cálculos y formulación de la mezcla. (0,25 hr.)
- e. Recibo de las unidades de proceso o transferencia de otros tanques. (dependiendo del volumen para corrección de la calidad, puede ser de 1 a 5 horas. Se considera promedio de 3 hrs. Ver punto II.1.2.2)
- f. Segunda recirculación del tanque en preparación. (3 hrs.)
- g. Toma de las muestras del tanque y envío a laboratorio. (0,50 hr.)
- h. Realización de la prueba de RON y espera de resultado (RON<sub>1</sub>). (0,75 hr.)
- i. Repetición de los pasos (d) a (h) en caso el tanque aún no se encuentre en especificación.
- j. Tanque preparado y certificado por laboratorio. (0,25 hr.)

Total de horas en preparación de gasolinas (mínimo): **12 horas.**

#### **I.7.6.2. Procedimiento de despacho de gasolinas**

El despacho de gasolinas se efectúa de la siguiente manera:

- a. Alineamiento del tanque a despachar (manipuleo de válvulas), medición de nivel y temperatura del producto del tanque. (0,50 hr.)
- b. Desplazamiento interno (lavado) de las líneas con el producto a despachar. (0,25 hr.)
- c. Muestras de las líneas del muelle de carga líquida, envío a laboratorio y espera de resultado (normalmente se realiza antes del alineamiento del tanque).
- d. Desplazamiento de líneas hasta el muelle de carga líquida con el producto a despachar si es que no se encuentra en línea. (1,0 hr.)
- e. Muestra de la línea y envío a laboratorio. (0,25 hr.)
- f. Realización de la prueba de RON y espera de resultado. (0,75 hr.)
- g. Repetición de los pasos (d) a (f) en caso la calidad de la línea aún no se encuentre en especificación.
- h. Inicio del despacho del producto.
- i. Muestra inicial del producto abordado, envío a laboratorio y espera de resultado. (1,5 hrs.)
- j. Muestra final del producto abordado, envío a laboratorio y espera de resultado.
- k. Término del despacho del producto.
- l. Certificación de calidad del producto en los tanques del buque. (0,25 hr)

Total de horas en despacho de gasolinas (mínimo): **4,5 horas.**

Nota: No se considera el tiempo de despacho de gasolina en sí, este dependerá del volumen de gasolina a despachar. (Régimen típico 6000 B/H).

## II. DIAGNÓSTICO

### II.1. ESTADO DEL SISTEMA DE MEZCLA ACTUAL

En el diagnóstico general, se ha podido encontrar que el sistema de mezcla de gasolinas de refinería presenta las siguientes dificultades:

#### II.1.1. Exceso de calidad en gasolinas despachadas

Debido a las limitaciones del sistema de mezcla por lotes, se ha verificado de acuerdo a los reportes de calidad emitidos por el laboratorio, que en el despacho de los diferentes grados de gasolinas, la calidad de los mismos tiene un excedente que oscila entre 0,1 a 0,6 octanos (ver Cuadro 10). Por estos excedentes de calidad en las gasolinas despachadas no se puede conseguir retribución económica alguna. Un método para cuantificar lo mencionado anteriormente es mediante los índices de costo octano barril (COB) y el exceso de octano por barril (EOB). Se calculan de la siguiente manera:

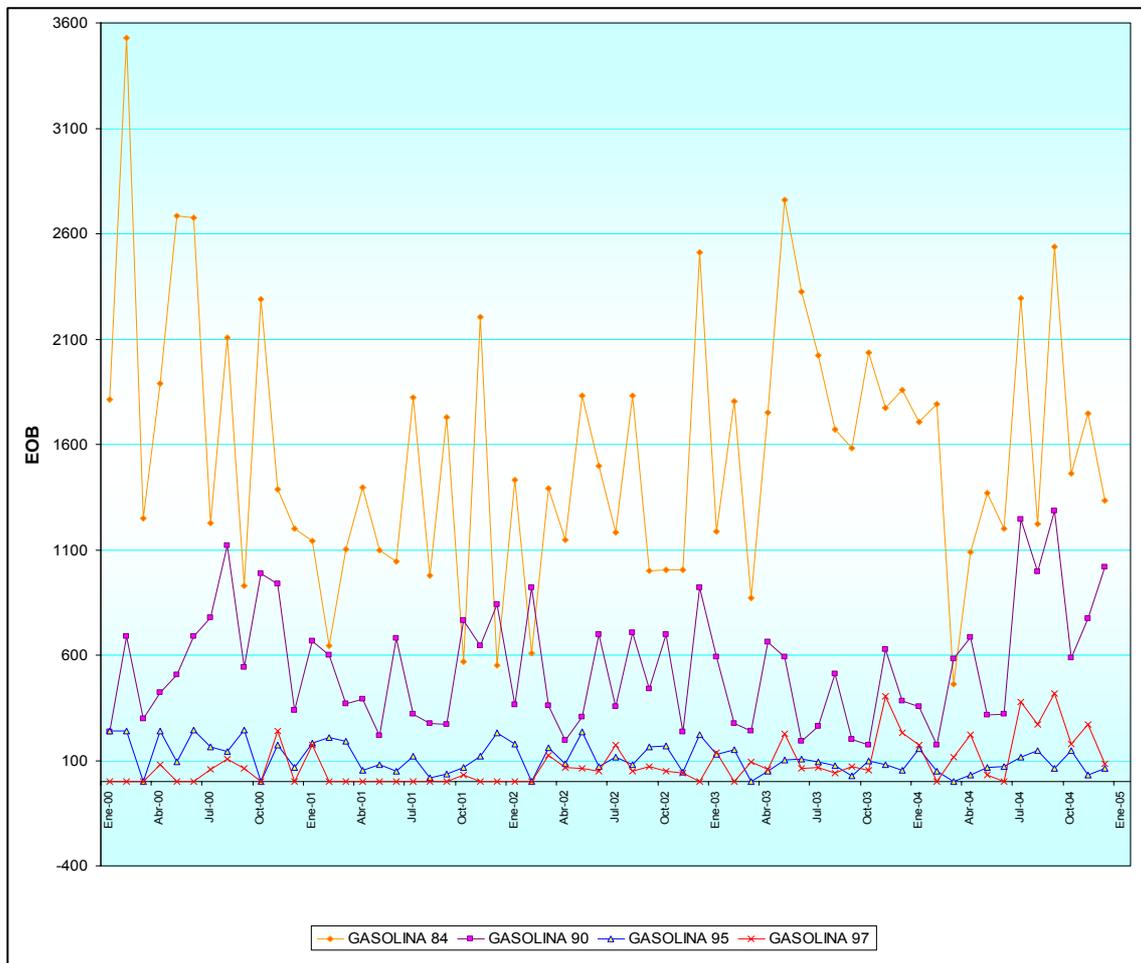
$$COB = \frac{PRECIO, US\$}{RON \times Barril} \quad (1)$$

$$EOB = (RON_{DESPACHADO} - RON_{ESPECIFICADO}) \times Barril \quad (2)$$

Unidades: COB (US\$/BblxOctano)

EOB (BblxOctano)

**GRAFICO 1:** Evaluación mensual del EOB del despacho diario promedio de gasolinas en refinería.<sup>5</sup>



<sup>5</sup> Octane Improvements Costs, refinería Talara (2004)

CUADRO 10: Datos estadísticos de calidad y volumen despachados (2000-2004) en refinería Talara<sup>6</sup>

MES	GASOLINA 84		GASOLINA 90		GASOLINA 95		GASOLINA 97	
	MBPD	RON	MBPD	RON	MBPD	RON	MBPD	RON
2000								
Enero	9,06	84,2	2,37	90,1	1,19	95,2	-	-
Febrero	7,06	84,5	3,45	90,2	1,19	95,2	-	-
Marzo	6,25	84,2	2,99	90,1	0,41	95,0	-	-
Abril	9,44	84,2	2,10	90,2	1,20	95,2	0,78	97,10
Mayo	8,95	84,3	2,54	90,2	0,93	95,1	0,58	97,00
Junio	6,69	84,4	3,44	90,2	1,22	95,2	-	-
Julio	6,13	84,2	2,60	90,3	0,83	95,2	0,59	97,10
Agosto	10,53	84,2	5,61	90,2	1,44	95,1	0,53	97,20
Septiembre	4,65	84,2	2,71	90,2	0,82	95,3	0,31	97,20
Octubre	7,63	84,3	4,93	90,2	0,54	95,0	0,43	97,00
Noviembre	6,93	84,2	4,68	90,2	0,86	95,2	1,19	97,20
Diciembre	6,00	84,2	3,36	90,1	0,34	95,2	-	-
2001								
Enero	5,72	84,2	3,34	90,2	0,92	95,2	0,58	97,30
Febrero	6,46	84,1	3,00	90,2	0,70	95,3	-	-
Marzo	5,50	84,2	3,71	90,1	0,95	95,2	0,59	97,00
Abril	6,98	84,2	3,93	90,1	0,54	95,1	0,61	97,00
Mayo	5,49	84,2	2,18	90,1	0,79	95,1	0,29	97,00
Junio	5,22	84,2	3,39	90,2	0,50	95,1	-	-
Julio	6,07	84,3	3,20	90,1	0,59	95,2	0,29	97,00
Agosto	4,88	84,2	2,76	90,1	0,06	95,3	-	-
Septiembre	5,76	84,3	2,70	90,1	0,37	95,1	-	-
Octubre	5,71	84,1	3,82	90,2	0,67	95,1	0,29	97,1
Noviembre	7,35	84,3	3,22	90,2	1,18	95,1	0,48	97,0
Diciembre	5,53	84,1	4,19	90,2	1,16	95,2	0,23	97,0
2002								
Enero	7,16	84,2	3,66	90,1	0,89	95,2	0,47	97,0
Febrero	6,07	84,1	3,07	90,3	0,66	95,0	0,68	97,0
Marzo	6,96	84,2	3,61	90,1	0,81	95,2	0,41	97,3
Abril	5,74	84,2	1,97	90,1	0,83	95,1	0,34	97,2
Mayo	6,11	84,3	3,07	90,1	0,79	95,3	0,30	97,2
Junio	7,48	84,2	3,49	90,2	0,72	95,1	0,48	97,1
Julio	5,92	84,2	1,77	90,2	1,15	95,1	0,58	97,3
Agosto	6,10	84,3	3,53	90,2	0,81	95,1	0,49	97,1
Septiembre	4,99	84,2	2,20	90,2	0,82	95,2	0,18	97,4
Octubre	5,02	84,2	3,49	90,2	0,84	95,2	0,17	97,3
Noviembre	5,03	84,2	2,35	90,1	0,44	95,1	0,40	97,1
Diciembre	6,28	84,4	3,07	90,3	0,56	95,4	-	-
2003								
Enero	3,95	84,3	1,97	90,3	0,65	95,2	0,23	97,6
Febrero	4,51	84,4	2,75	90,1	0,76	95,2	0,33	97,0
Marzo	4,36	84,2	1,20	90,2	0,53	95,0	0,47	97,2
Abril	3,50	84,5	3,30	90,2	0,49	95,1	0,29	97,2
Mayo	5,52	84,5	2,95	90,2	0,51	95,2	0,75	97,3
Junio	4,65	84,5	1,90	90,1	0,54	95,2	0,30	97,2
Julio	5,06	84,4	2,61	90,1	0,46	95,2	0,22	97,3
Agosto	5,57	84,3	2,55	90,2	0,37	95,2	0,42	97,1
Septiembre	3,95	84,4	1,98	90,1	0,27	95,1	0,7	97,1
Octubre	5,09	84,4	1,74	90,1	0,49	95,2	0,52	97,1
Noviembre	4,43	84,4	3,14	90,2	0,39	95,2	2,02	97,2
Diciembre	4,64	84,4	1,92	90,2	0,13	95,4	1,16	97,2
2004								
Enero	5,69	84,3	3,56	90,1	0,52	95,3	0,87	97,2
Febrero	3,58	84,5	1,73	90,1	0,25	95,2	0,35	97,0
Marzo	4,61	84,1	2,9	90,2	0,43	95,0	1,17	97,1
Abril	3,63	84,3	1,71	90,4	0,15	95,2	1,12	97,2
Mayo	4,56	84,3	3,15	90,1	0,33	95,2	0,16	97,2
Junio	4	84,3	1,6	90,2	0,23	95,3	0,87	97,0
Julio	5,73	84,4	2,49	90,5	0,39	95,3	1,26	97,3
Agosto	4,07	84,3	1,99	90,5	0,29	95,5	0,68	97,4
Septiembre	4,23	84,6	2,57	90,5	0,16	95,4	1,04	97,4
Octubre	3,66	84,4	1,95	90,3	0,29	95,5	0,88	97,2
Noviembre	4,37	84,4	1,55	90,5	0,31	95,1	0,91	97,3
Diciembre	4,45	84,3	2,54	90,4	0,21	95,3	0,86	97,1
Promedio	5,68	84,3	2,85	90,2	0,63	95,2	0,60	97,16

<sup>6</sup> Reporte mensual de coordinación de operaciones año 2000-2004. Refinería Talara.

## **II.1.2. Altos tiempos en la preparación de gasolinas**

Actualmente, el tiempo mínimo de preparación de un lote de gasolina comercial es en promedio 12 horas, tiempo que incluye los períodos de homogenización de la mezcla, bombeos adicionales o transferencias de componentes, muestreo de los componentes y producto en preparación y análisis de laboratorio para certificar la calidad del producto o efectuar ajustes en el octanaje (ver punto I.7.6).

### **II.1.2.1. Reglas de mezcla**

La regla que se utiliza actualmente en refinería hace uso de Índices de Mezcla de Octano<sup>7</sup>, cuyo principio de mezcla no es exactamente en proporciones lineales<sup>8</sup>, sino en proporciones que obedecen a una función determinada. Lo anterior, refiere al caso de tener n volúmenes  $V_i$  de gasolina de diferente octano  $RON_i$ . Para calcular el RON de la mezcla de n gasolinas, se debe llevar los octanajes de cada uno de los volúmenes a índices  $RBN_i$  de acuerdo a la función:

$$RBN^9 = f(RON_i) \quad (3)$$

donde i es la gasolina en mención

La función en mención obedece a la curva siguiente:

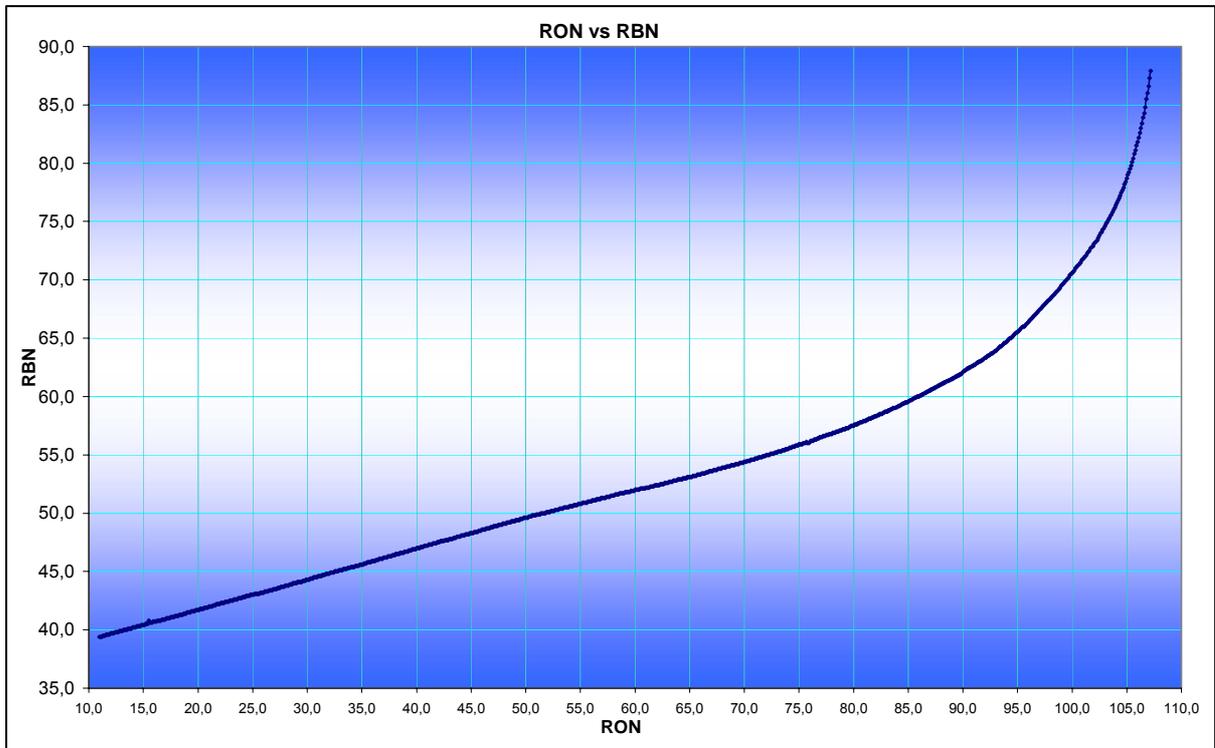
---

<sup>7</sup> “The Development of Linear Blending Indices for Petroleum Properties” - Journal of the Inst. of Petroleum, 322-329 - Auckland, M.H.T. y Charnock, D.J. (1969).

<sup>8</sup> “Petroleum Refining - Technology and Economics” - J. H. Gary y G.E. Handwerk (1984)

<sup>9</sup> RBN: Siglas de RON Blending Number

GRAFICO 2: Función de índice de mezcla octano.



Luego de haber obtenido  $n$  índices  $RON_i$ , además de las composiciones  $X_i$ :

$$X_i = \frac{V_i}{\sum_1^n V_i} \quad (4)$$

Se calcula el RBN de la mezcla, según:

$$RBN_{mezcla} = \sum_1^n RBN_i X_i \quad (5)$$

Allí si se puede notar la linealidad del la función índice, finalmente utilizando la inversa de la misma función se obtiene el RON de la mezcla.

La aplicabilidad que aún tiene la metodología arriba en mención, es por la cercanía al valor experimental (menor a  $\pm 2\%$  trabajando con gasolina de craqueo catalítico y nafta liviana, ver anexo 4) y considerando que como dato únicamente se requiere los volúmenes de mezcla y RON. También se puede utilizar para predecir el MON haciendo uso de otras curvas similares. La práctica ha demostrado que pierde aplicabilidad para uso de gasolinas de múltiples orígenes de procesamiento.

Según los estudios realizados en 1996 y 2001 por Chorng H. Twu y John E. Coon sobre las interacciones moleculares en las propiedades del octanaje y sus mezclas, verifica una regla más precisa<sup>10</sup> que requiere el contenido de saturados, olefinas y aromáticos en porcentaje volumétrico. Hace uso también de tres parámetros fijos de interacción entre los grupos saturados – olefinas, saturados – aromáticos y olefinas – aromáticos para diversidad de gasolinas (nafta primaria, reformado catalítico, craqueo térmico, craqueo catalítico, alquilación, isomerización y polimerización). En adelante, se sugiere el uso de esta regla como parte de la propuesta del proyecto. Ver anexo 6.

La evolución en el método de cálculo para mezclas de gasolinas ha ido mejorando de acuerdo a la disponibilidad de datos (equipos de análisis cada vez más sofisticados y precisos) y la velocidad de los procesadores actuales (computadoras).

---

<sup>10</sup> “A generalized Interaction Method for the Prediction of Octane Numbers for Gasoline Blends” Chorng H. Twu y John E. Coon (1996)

**CUADRO 11:** Evolución de los principales estudios para predecir el número de octano en una mezcla de gasolinas.

<b>Investigador</b>	<b>Nombre del estudio</b>	<b>Año</b>	<b>Datos y variables</b>	<b>Aplicabilidad</b>
Schoen y Mrstik <sup>11</sup>	Calculating Gasoline Blend Octane Ratings	1955	% V Componentes, RON, % V Olefinas, Índices RON	Sistemas Binarios
Stewart <sup>12</sup>	Predict Octanes for Gasoline Blend	1959	% V Componentes, RON, % V Olefinas, Índices RON	Multicomponentes
Healy <sup>13</sup>	A New Approach to Blending Octanes / Método RT-70 Ethyl	1959	% V Componentes, RON, $\Delta$ RON, %S-O-A <sup>14</sup>	Multicomponentes. Limitados valores de RON
Auckland y Charnock	The Development of Linear Blending Indices for Petroleum Properties – Chevron Research Company	1969	% V Componentes, RON, Índices RON	Multicomponentes, por su amplitud existe mas desviación comparado con métodos que caracterizan la gasolina.
Morris <sup>15</sup>	Interaction Approach to Gasoline Blending	1975	% V Componentes, RON, parámetro b12	Sistemas Binarios, Limitados Componentes que se conozca b12.

<sup>11</sup> “Calculating Gasoline Blend Octane Ratings” – Ind. Eng. Chem., 1740-1742 - Schoen, W.F. and Mrstik, A.V. (1955)

<sup>12</sup> “Predict Octanes for Gasoline Blend” - Petroleum Refiner, 135-139 Stewart, W.E. (1959)

<sup>13</sup> “A New Approach to Blending Octanes” - API Division of Refining, 24th midyear meeting, New York - Healy, Jr. W.C., Maassen, C.W., and Peterson, R.T., (May 27, 1959)

<sup>14</sup> %S-O-A: Se refiere al contenido porcentual volumétrico de Saturados, Olefinas y Aromáticos, respectivamente.

<sup>15</sup> “Interaction Approach to Gasoline Blending” - NPRA Paper AM-75-30, National Petroleum Refiners Association annual meeting - Morris, W.E. (March 1975)

Investigador	Nombre del estudio	Año	Datos y variables	Aplicabilidad
Rusin <sup>16</sup>	A Transformation Method for Calculating the Research and Motor Octane Numbers of Gasoline Blends / Método de la Transformación	1981	% V Componentes, RON, %P-O-A	Multicomponentes, transformadas para linealizar propiedades
Muller <sup>17</sup>	Método del Exceso	1992	% V Componentes, RON	Multicomponentes
Zahed <sup>18</sup>	Predict Octane Number for gasoline Blends	1993	% V Componentes, RON, 5 variables independientes	Intervalo Corto de Número de Octano, incongruencia para el i-octano y n-heptano
Twu y Coon	A generalized Interaction Method for the Prediction of Octane Numbers for Gasoline Blends / Consideraciones a la versión anterior	1996/ 2001	% V Componentes, RON, %S-O-A, parámetro k de interacción	Multicomponentes, amplia variedad de gasolinas

---

<sup>16</sup> “A Transformation Method for Calculating the Research and Motor Octane Numbers of Gasoline Blends” - Ind. Eng. Chem. Fundam., 195-204 - Rusin, M.H., Chung, H.S., and Marshall, J.F. (1981)

<sup>17</sup> “New method produces accurate octane blending values” - Oil& Gas Journal, Vol.23, N°3, 80-90 - A. Muller (1992)

<sup>18</sup> “Predict Octane Number for Gasoline Blends” - Hydrocarbon Processing N°5, 85-87 - A.H. Zahed, S.A. Mullah and M.D. Bashir (1993)

### **II.1.2.2. Análisis de tiempo de transferencias y recirculaciones**

Bajo el panorama actual de preparación de gasolinas en refinería, el tiempo de transferencias entre tanque – tanque y producción – tanque depende de:

- **Transferencias producción – tanque**

La etapa inicial de una preparación consta en la recepción de la nafta directamente de la unidad de proceso. La etapa final de una preparación consta también, en la mayoría de casos, de la recepción de las naftas de la unidad porque se realiza el “ajuste”. La recepción y corrección se hace de acuerdo al programa mensual de preparación y retiros. La producción de nafta liviana es de alrededor de 9000 B/D ó 375 B/H (Condiciones de operación en UDP: 62,0 MB/D, 55% crudo Talara – 45% crudo Oriente, operación kerosene con punto final 270° C, temperatura de tope 210° F y temperatura de salida del horno de 650° F) y la de nafta craqueada alrededor 9500 B/D ó 396 B/H (condiciones de operación en FCC: 18,5 MB/D, 25% residual primario Iquitos – 75% gasóleo pesado, temperatura de reactor 970° F, punto final nafta 210° C).

- **Transferencia tanque – tanque**

Considerando transferencia realizada entre 2 tanques, utilizando una bomba de 250 HP (70%), 2 líneas (12” diámetro) de succión y una de descarga, presión de

succión 10 psig, presión de descarga 150 psig y en promedio, 500 metros de distancia se logra un régimen de 3500 B/H. En conclusión, por cada 10000 barriles se utilizarán aproximadamente 3 horas de transferencias. Esta condición se usa para preparar todas las gasolinas comerciales.

- **Tiempo definidos por reglas de mezcla**

Los regímenes mencionados en los dos puntos anteriores están estrechamente relacionados con los tiempos de preparación. Asimismo, cada mezcla a realizar implica teóricamente la regla que se mencionó en II.1.2.1. El tiempo de recepción de la producción de nafta liviana depende del RON que tenga la nafta craqueada inicial, el volumen y la gasolina que se desee preparar G-84 ó G-90. Para la preparación de G-97 se recibe nafta craqueada de alta severidad (RON: 93,3-93,7) en un tanque donde se haya recibido previamente HOGBS importado. Una vez preparada, se transfiere una cantidad del tanque de G-97 al tanque de G-95 y se hace recibir la producción de nafta craqueada de alta severidad, también de acuerdo a las reglas de mezcla mencionadas.

- **Tiempos de circulación<sup>19</sup>**

Según se representa en el gráfico 3, luego de hacer las transferencias respectivas de productos de acuerdo a los volúmenes precalculados, se pasa a la etapa de mezcla o circulación comúnmente también denominada.

---

<sup>19</sup> “Manual de Compuestos Antidetonantes” - Ethyl-Octel, 1975

Una línea en el tanque a preparar es la succión de la bomba y la descarga retorna nuevamente al tanque. Sin embargo, el diseño de la línea de descarga a la entrada del tanque, es diferente a la de succión. Para conseguir una caída de presión que a su vez se manifieste en mayor turbulencia, se consideró hacer una reducción convergente. En los gráficos 4 y 5 se representa la disposición de esta reducción así como las corrientes que se provocan y son cuestión de investigación.

El ángulo  $\theta$ , en grados sexagesimales, con la horizontal se define como:

$$Tg\theta = \frac{3S}{2D} \quad (6)$$

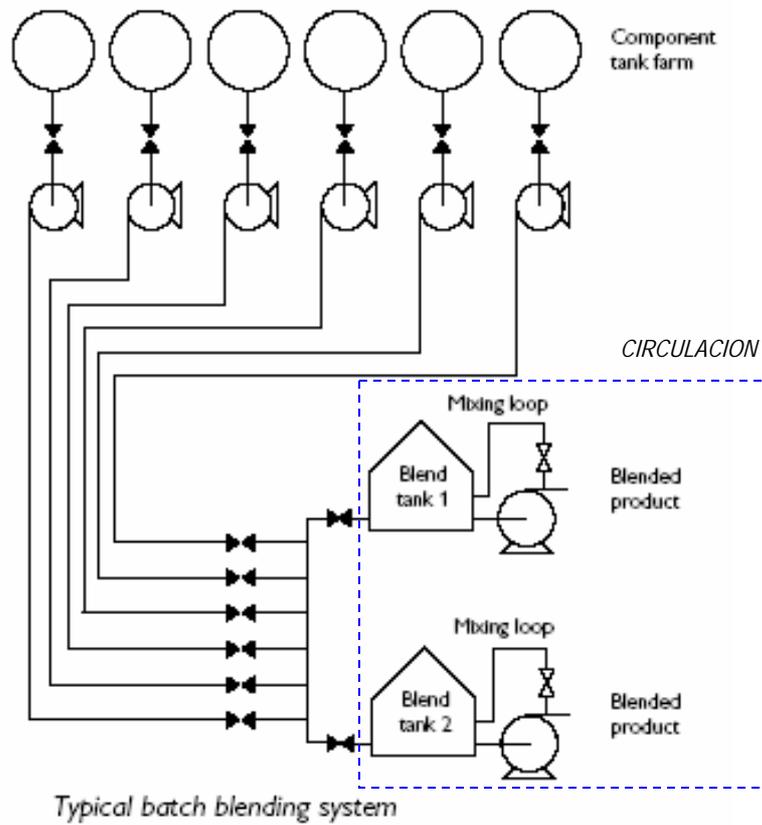
Si se llama H a la presión disponible a la salida del ajuste, tal que:

$$H = P - \Delta P - S \quad (\text{En pies de gasolina}) \quad (7)$$

Es decir, con la presión de impulsión de la bomba P, menos la pérdida de carga en línea  $\Delta P$  y la altura estática del líquido S, es preciso que H sea superior a un cierto mínimo para que sea posible la mezcla:

$$H \geq \frac{0,35S}{\text{sen}^2(\theta + 5^\circ)} \quad (8)$$

GRAFICO 3: Etapa de circulación, bajo el esquema actual de preparación de gasolinas en refinería.



Llamando G al caudal de la bomba de circulación en Bbl/H, el diámetro óptimo de salida de la reducción (d) viene dado por:

$$d = 4,9429 \sqrt{\frac{G}{H^{0,5}}} \quad (9)$$

y el tiempo mínimo de circulación por:

$$t = 0,021097 \frac{D^2}{G^{0,5} H^{0,25}} \quad (10)$$

La variable anterior es muy importante y necesaria para optimizar los tiempos de preparación y consumos de energía eléctrica.

GRAFICO 4: Etapa de circulación, detalle hidrodinámico del flujo de gasolina.

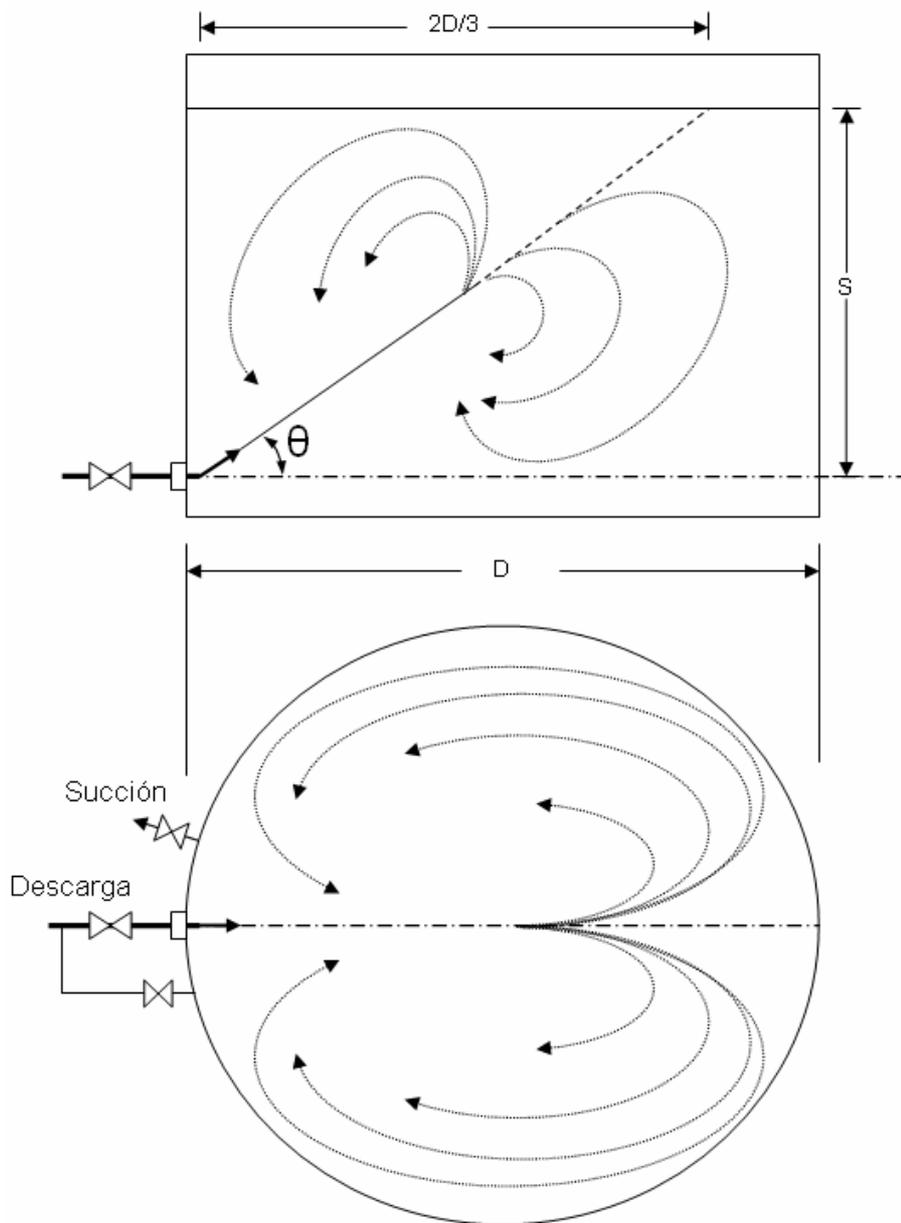
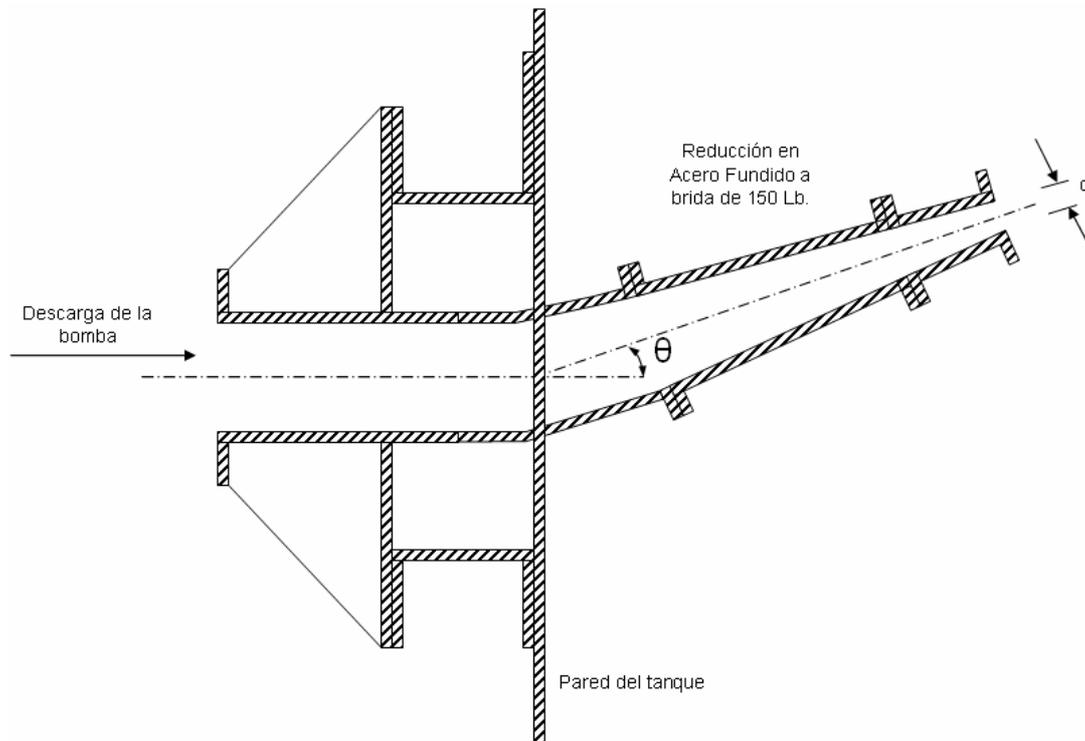


GRAFICO 5: Etapa de circulación, detalle de la reducción a la entrada del tanque.



De acuerdo a las dimensiones de los tanques de refinería, así como el ángulo  $\theta$  pre-definido, régimen, presión de descarga, caída de presión y un nivel de líquido promedio de operación, se ha establecido que el tiempo óptimo de circulación de tanques y satisfacer la ecuación 8 es de aproximadamente 3 horas por preparación. Así, pueden ser varias circulaciones de tres horas y la corrección puede implicar bajar el nivel del tanque y transferirle el volumen de gasolina que corrija la mezcla. Por lo que, para fines de este trabajo se consideran 12 horas como mínimo de correcciones y circulaciones y 20 horas como máximo (ver Punto IV.2.1); las transferencias dependerán del volumen a preparar.

### **II.1.3. Elevados costos por consumo de energía**

Con el sistema actual se requiere mayor tiempo de preparación de gasolinas, lo cual significa mayor requerimiento de uso de las bombas para las transferencias entre tanques y homogenización de componentes en el tanque, lo cual origina mayor consumo de energía eléctrica.

### **II.1.4. Altos costos por análisis de octanaje en laboratorio**

El sistema de preparación y despacho actual de gasolinas necesita que se realicen 16 análisis de octanaje por el método Research (ASTM 2699) como mínimo, con el nuevo sistema se reducirá el número de análisis de octanaje a sólo 6 pruebas.

De acuerdo a lo anterior el panorama actual se desarrolla de la siguiente manera:

#### **II.1.4.1. Requerimiento actual**

- Prueba de octanaje inicial para muestra de tapa y fondo del tanque en el que se preparará el lote de gasolina. 2 pruebas
- Prueba de octanaje para muestra de tapa y fondo, de los dos tanques antes de la adición. 4 pruebas
- Prueba de octanaje para muestra de tapa y fondo, del tanque después de la adición. 2 pruebas

- Prueba de octanaje final para muestra de tapa y fondo del tanque que queda listo para despacho. 4 pruebas (considerando una corrección adicional)
- Prueba de octanaje para las dos líneas del muelle previo a la operación de despacho al buque. 2 pruebas
- Prueba de octanaje para la muestra “compósito inicial” de los tanques del buque que han recibido el producto durante la primera hora de embarque. 1 prueba
- Prueba de octanaje para la muestra “compósito final” de los tanques del buque que recibieron el producto durante todo el embarque. 1 prueba

TOTAL NUMERO DE PRUEBAS: 16

#### **II.1.4.2. Requerimiento futuro**

- Prueba de octanaje para muestra general de los dos tanques de componentes que se emplearán en la preparación de la gasolina por despachar. 2 pruebas
- Prueba de octanaje para las muestras de las dos líneas del muelle previo a la operación de despacho a buque. 2 pruebas
- Prueba de octanaje para la muestra “compósito inicial” de los tanques del buque que han recibido el

producto durante la primera hora de embarque. 1 prueba

- Prueba de octanaje para la muestra “compósito final” de los tanques del buque que recibieron el producto durante todo el embarque. 1 prueba

TOTAL NUMERO DE PRUEBAS: 6

El método research (ASTM 2699) es utilizado para la certificación definitiva de los tanques preparados como parte de la Norma Técnica Peruana NTP-321.102.2002 (ver anexo 3) y además por ser así como se establece en la legislación peruana<sup>20</sup> como calidad predominante en la comercialización de combustibles.

#### **II.1.5. Utilización de mayor capacidad de almacenamiento para naftas de exportación**

El sistema de preparación actual por lotes, implica el empleo de muchos tanques de almacenamiento tanto para los componentes de la preparación de gasolinas (nafta virgen, nafta craqueada y nafta importada de alto octanaje HOGBS), como también tanques de almacenamiento para los productos terminados (gasolina 84, 90, 95 y 97), lo cual impide liberar capacidad de almacenamiento adicional para otros usos, o en su defecto, orientar hacia otros productos las necesidades de ampliación de capacidad de almacenamiento (ver Anexo N° 5).

---

<sup>20</sup> Decreto Supremo EM 045-2001 Título Sexto Artículo 58 (Identificación de Combustibles y otros productos derivados de los hidrocarburos) inciso a: “ Gasolina para uso automotor con referencia al número de octano Research (RON)”

La disponibilidad de mayor capacidad de almacenamiento para nafta virgen y nafta craqueada, permitirá segregarse estos productos en volúmenes mayores para su exportación, existiendo la posibilidad de contratar buques de mayor capacidad que ofrezcan menores costos por flete.

#### **II.1.6. Poca flexibilidad operativa**

Debido a un alto tiempo de preparación de gasolinas y la configuración de la misma; hecho que ocupa las bombas de despacho P-521/522/523, las probabilidades de atención a la demanda o pedidos extraordinarios de productos con grados de octanaje no estándar disminuye. Asimismo, no se estaría en condiciones de atender gasolinas con especificaciones diferentes a las actuales por carecer de un sistema de mezcla que pueda controlar en línea parámetros de calidad múltiples.

#### **II.1.7. Uso de personal permanente para el control en la preparación de gasolinas**

Se requiere de personal dedicado a las labores propias de muestreo, preparación y certificación de calidad del producto final. Con el nuevo sistema se reducirá el número de horas-hombre de personal operador y de laboratorio utilizadas para la preparación de gasolinas.

### III. PROPUESTA DEL SISTEMA EN LINEA DE PREPARACION DE GASOLINAS

Con el nuevo sistema que se propone en este proyecto, ya no se efectuará la preparación de gasolinas por transferencias entre tanques o por batch, sino que se hará en línea vía un control automático de mezcla y se despachará el producto directo al buque tanque, si así se requiriese, evitando utilizar tanques de almacenamiento para gasolinas comerciales.

#### III.1. DESCRIPCIÓN GLOBAL DEL SISTEMA DE MEZCLA EN LINEA: IN LINE BLENDING (ILB)<sup>21</sup>

Esta propuesta consta de equipos y servicios para la mezcla en línea del sistema de gasolinas de refinería y se mencionan a continuación consecuentemente, con las fases de proyecto:

CUADRO 12: Partes de proyecto del ILB.

<b>PARTES DEL PROYECTO</b>	<b>EQUIPOS Y SERVICIOS</b>
<b>Ingeniería básica</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Estudio del lugar.</li><li>➤ Diseño de procesos.</li><li>➤ Especificaciones de los equipos.</li><li>➤ Plan de diseño en el sitio.</li><li>➤ Estimado del costo del proyecto.</li></ul>
<b>Suministro del ILB</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Detalle del diseño.</li><li>➤ Suministro de un patín con 3 lazos para las corrientes principales.</li><li>➤ Suministro de un patín con 4 lazos para la adición de tintas.</li></ul>

<sup>21</sup> Siglas en inglés de la patente de FMC Technologies: In Line Blending

<b>PARTES DEL PROYECTO</b>	<b>EQUIPOS Y SERVICIOS</b>
<b>Suministro del analizador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Detalle del diseño.</li> <li>➤ Diseño complementario</li> <li>➤ Suministro de dos analizadores NIR.</li> <li>➤ Diseño y suministro de un lazo rápido de muestreo automático.</li> <li>➤ Suministro alternativo de un analizador de contenido de azufre</li> <li>➤ Suministro alternativo de un analizador de presión de vapor.</li> </ul>
<b>Optimización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Suministro de un paquete de optimización en línea.</li> <li>➤ Suministro alternativo de un paquete de optimización en línea, basado en el análisis de la mezcla (otras propiedades diferentes al octanaje).</li> <li>➤ El suministro alternativo de un paquete de optimización en línea, basado en el análisis de la corriente.</li> </ul>
<b>Control del sistema</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El suministro del sistema WINBLEND de FMC que consta del sistema para controlar la mezcla e integrar la optimización mediante el software del analizador.</li> <li>➤ Todo el software y la configuración para mantener el sistema en condiciones estables.</li> </ul>
<b>Ingeniería de detalle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Consultoría con el ingeniero local para dirigir la ejecución de la ingeniería de detalle.</li> </ul>
<b>Construcción y montaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ingenieros de procesos en el sitio para supervisar al contratista.</li> </ul>
<b>Puesta en servicio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ingenieros de procesos en el sitio para la puesta en marcha, operación y entrenamiento.</li> </ul>



mezclas, la eliminación de tanques mezcladores y la habilidad de controlar la calidad de gasolina mezclada a través de los analizadores del proceso en línea durante el ciclo de mezcla.

### **III.2. DISEÑO DE LOS PATINES DE MEZCLA**

El diseño del ILB se basa en la disponibilidad y en el movimiento de productos que se producen en las unidades de proceso. Los productos refinados fluyen a través de un sistema de tuberías a los tanques de almacenamiento de gasolinas no preparadas de forma continua por un sistema independiente que se denomina “líneas de refinería”. Los tanques actuales, que serán parte de las operaciones de mezcla en línea, se distribuirán unos para productos no terminados y otros para terminados.

El sistema principal de gasolinas consistirá en tres lazos totalmente automatizados que alimentan un punto, donde ocurre la mezcla (ver gráfico 6), mientras se transfiere a los tanques de almacenamiento de producto preparado o a unidades de despacho (Ejemplo: Buques).

El producto de cada tanque será transferido al sistema de mezcla en línea utilizando las tuberías actuales. Se aprovecharán 7 sistemas de tuberías de gasolina actuales. Para evitar degradaciones de octanaje en el nuevo sistema a implementar, se distribuirán los nuevos servicios independientes:

- Línea y tanques de nafta craqueada (antes de la mezcla) – Lazo 1
- Línea y tanques de nafta liviana (antes de la mezcla) – Lazo 2
- Línea y tanques de HOGBS (antes de la mezcla) – Lazo 3
- Línea y tanques de G-84 (después de la mezcla)
- Línea y tanques de G-90 (después de la mezcla)
- Línea y tanques de G-95 (después de la mezcla)

- Línea y tanques de G-97 (después de la mezcla)

Si se requiriese preparar una o más tipos de gasolinas diferentes a los mencionados, solo se agregará el octanaje objetivo de la nueva corriente a obtener en el sistema de control de mezcla. En caso se desee eliminar algún tipo de gasolina, solamente no se considerará en el sistema de control de mezcla (ver más adelante BCS) y las tuberías quedarán en stand-by para futuras corrientes que se deseen obtener.

Es importante acotar que, el muelle de carga juega un rol importante en la comunicación de líneas entre si, para desplazamientos y recuperaciones de gasolinas de despachos anteriores.

Así también se emplearán las bombas existentes y se mejorará la disponibilidad de los manifolds de gasolina actual. Cabe resaltar que los despachos y preparaciones se harán producto por producto, debido a que no se adquirirán bombas nuevas y el uso de un solo punto de mezcla (patín N° 1).

El patín incluye elementos de medición, transmisores y controladores para los 3 lazos de la mezcla. El sistema estará diseñado instrumental e hidráulicamente para instalar un 4 lazo futuro.

El montaje incluye todo el equipamiento, tales como tuberías, bridas, accesorios, soportes y cableado al sistema de control (IN/OUT) hasta panel. El patín se entregará totalmente ensamblado, pintado y en operación. La clasificación de áreas peligrosas es clase I, Div 1, NEMA 4.

El equipo se clasifica de acuerdo con los parámetros típicos del sistema, resumidos en el siguiente cuadro:

**CUADRO 13:** Variables operativas típicas del sistema de mezcla en línea de gasolinas adaptadas al modelo de refinería.

Patín N° 1, Corrientes principales							
Lazos	Corrientes	Presión de descarga bomba (psi)	Rango (%)	Régimen de flujo (BL/H)	Tamaño contómetro	Exactitud del contómetro (a mín. régimen)	Caída de presión (psi)
1	Nafta craqueada	116,0	15 – 100	75 - 2500	4"	0,18%	36,3
2	Nafta virgen	116,0	10 – 50	50 - 1250	4"	0,22%	26,1
3	HOGBS	116,0	15 - 85	75 - 2125	4"	0,18%	29,0
4	(futuro)						
Total				500 - 2500			
Patín N° 2, Tintas							
Lazos	Corrientes	Presión de descarga bomba (psi)	% Rango (Lb/MB)	Régimen de flujo (Lb/Hr)	Tamaño contómetro	Exactitud del contómetro (a mín. régimen)	Caída de presión (psi)
Tinta 1	Naranja	58,02	1 – 3	0,5 – 7,5	½"	0,15%	21,76
Tinta 2	Azul	58,02	5 – 15	2,5 – 37,5	½"	0,15%	21,76
Tinta 3	Púrpura	58,02	2 – 6	1,0 - 15	½"	0,15%	21,76
Tinta 4	(futuro)	58,02	2 – 6	1,0 - 15	½"	0,15%	21,76

### III.2.1. Descripción

El patín N° 1 incluye 3 lazos (uno por corriente) y se considera un cuarto lazo a futuro. El patín N° 2 incluye 4 lazos para las tintas. Ambos patines serán totalmente ensamblados, cableados y probados hidráulicamente. La instalación de los patines se hará en el sitio conectando el sistema de control con el total de la instrumentación correspondiente. Ver cuadro siguiente.

**CUADRO 14:** Partes que incluye cada patín.

CANTIDAD	ACCESORIO	DESCRIPCIÓN
1	<b>Patín Nº 1:</b> <b>Con medidor de flujo principal e instrumentación correspondiente para 3 lazos de mezcla. Control principal de la mezcla instalado en estructura de acero. Clasificación del lugar: Clase 1, grupo D, División 2.</b>	
4	<b>Lazos (Gasolinas)</b>	
1 por lazo	Válvula de bloqueo en ingreso	4" diámetro, con accionador de palanca.
1 por lazo	Filtro	Tipo canasta, 4" diámetro.
1 por lazo	Medidor de flujo	Másico, 4" diámetro, FMC - Apolo Serie A400.
1 por lazo	Válvula de control	3" diámetro, con accionador de diafragma neumático, posicionador y transductor I/P.
1 por lazo	Válvula check	3" diámetro.
1 por lazo	Válvula de bypass del medidor de flujo	Tipo bola, 4" diámetro, con accionador de palanca.
1 por lazo	Válvula de bloqueo de salida	Tipo bola, 4" diámetro, con accionador de palanca.
1 por lazo	Manómetro	
1	<b>Cabezal de mezcla</b>	
1	Válvula de control Back-pressure	6" diámetro.
3	Válvulas de bloqueo	Tipo bola, 6" diámetro, con accionador de palanca.
1	Manómetro	
1	Conectores	Para dar facilidades al analizador NIR.
1	<b>Patín Nº 2</b> <b>Con medidor de flujo e instrumentación correspondiente para 4 lazos de tinta. Control de la inyección instalado en estructura de acero. Clasificación del lugar: Clase 1, grupo D, división 2.</b>	
4	<b>Lazos (Tintas)</b>	
1	Válvula de bloqueo en ingreso	½" diámetro, con accionador de palanca.
1	Filtro	Tipo Canasta, ½" diámetro.
1	Medidor de flujo	Desplazamiento positivo, ½" diámetro, con transmisor de pulsos.
1	Válvula de control	½" diámetro, con accionador de diafragma neumático, posicionador y transductor I/P.
1	Válvula check	½" diámetro.
1	Válvula de bloqueo de salida	½" diámetro, con accionador de palanca.
1	Manómetro	

### III.3. EQUIPO ANALIZADOR

#### III.3.1. Analizador NIR

##### III.3.1.1. Características

El analizador NIR (Near Infra-Red) mide las propiedades vía espectroscopia infrarroja cercana. El NIR o espectro infrarrojo cercano es una radiación del espectro electromagnético que comprende de aproximadamente 800 nm a 2500 nm de longitud de onda. En esta región espectral se absorbe luz para las vibraciones moleculares de frecuencia armónica de los hidrocarburos. Debido a que las bandas de absorción armónica son amplias y traslapadas, no se puede hacer un análisis cuantitativo de las alturas de los picos. En lugar de ello, se utiliza análisis de regresión multivariable para correlacionar las características espectrales para determinar propiedades físicas.

El instrumento contiene un sistema óptico de transistores patentado que consiste en 14 diodos de emisión infrarroja cercana, con filtros de paso de banda estrechos, un sistema detector de silicón y un microprocesador totalmente integrado.

En el cabezal principal (blender) va instalado un analizador NIR, por lo que en adelante será considerado como un analizador de proceso en línea. El analizador NIR también puede configurarse, para determinar independientemente, las propiedades de cada corriente de gasolina. Sin embargo, se usarán dos analizadores independientes, uno medirá las corrientes antes y otro la corriente después de la mezcla. La propiedades a medir

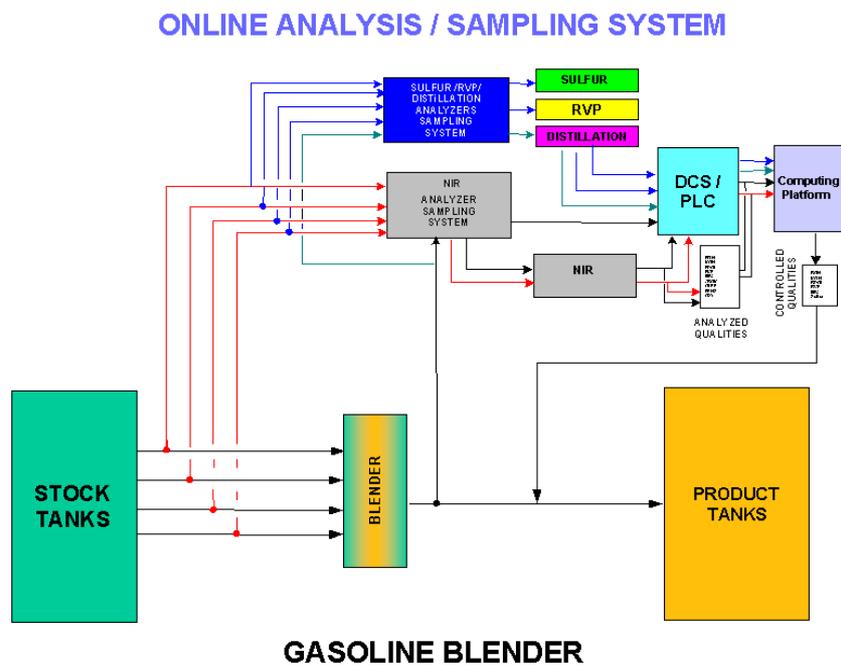
incluyen: RON/MON, presión de vapor, puntos de destilación (10%, 50%, 90% y PFE), la densidad y la composición en % de aromáticos, olefinas, bencenos, oxigenados, parafinas y saturados.

El analizador NIR se utilizará como medida del proceso en tiempo real para múltiples propiedades, con resultados que influirán en la formulación de la mezcla.

La medida de estos analizadores serán enviados a una PC. La comunicación del analizador al sistema de control de optimización en línea se hace vía protocolo Ethernet o MODBUS.

Se utilizará un sistema de muestreo para todos los analizadores, para obtener muestras continuas de cada lazo y el cabezal (punto de mezcla), automática o manualmente.

GRAFICO 7: Diagrama donde se representa el sistema de muestreo y el analizador.



Comparado con los analizadores convencionales, el NIR es rápido, muy exacto y con buena repetibilidad, el hardware tiene alta confiabilidad, requiriendo bajo mantenimiento mecánico y electrónico. Cuando se requieren puntos múltiples a medir, puede manipular varias corrientes de proceso vía multiplexación de las fibras ópticas.

CUADRO 15: Partes del equipo analizador NIR.

<b>CANTIDAD</b>	<b>ACCESORIO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	<b>Analizador NIR</b>	Para determinar la calidad de mezcla terminada.
1	<b>Analizador de datos</b>	PC con sistema operativo Windows NT.
1	<b>Comunicación MODBUS</b>	Cable para comunicarse al BCS.
1	<b>Lazo rápido de muestreo</b>	Con sistema de acondicionamiento de muestra y aislamiento térmico.
1	<b>Calibrador del analizador</b>	Calibrador instalado con el lazo rápido cableado con fibra óptica.
1	<b>Sistema automático de pérdida y aprobación</b>	Para recuperar cuando hay pérdida de información.

CUADRO 16: Partes del equipo analizador NIR para medir las corrientes sin mezclar.

<b>CANTIDAD</b>	<b>ACCESORIO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Analizador NIR	Para medir las calidades de las 4 corrientes independientemente.
1	Manifold del analizador NIR	Manipula válvulas automáticamente realizando la transferencia de muestra de las corrientes, con el lazo de muestreo rápido. Incluye sistema de recuperación de purgas.

### III.3.1.2. Rangos, calibraciones y resultados confiables

En el cuadro siguiente se puede apreciar el rango, la repetibilidad y reproducibilidad del analizador en línea marca ABB.

**CUADRO 17:** El rango típico<sup>22</sup> y exactitud del analizador NIR - ABB.

Propiedad	Unidad	Rango típico	Repetibilidad	Reproducibilidad
RON	-	60-104	0,20	1,25
MON	-	77-96	0,11	0,64
Aromáticos	% Vol.	0-60	0,38 @ 25%	0,2
Benceno	% Vol.		0,05 @ 1%	0 - 3
Presión de vapor	KPa	35 – 100	0,1	0,4
T50 (Destilación)	°F	155-265	0,9	1,2
T90 (Destilación)	°F	265-375	1,0	1,5

El analizador viene calibrado de fábrica con una base de datos de 1000 gasolinas para los seis primeros meses de uso continuo.

El equipo viene con un software de calibración que solicita al usuario ingresar la composición de 25 gasolinas diferentes (% de aromáticos, olefinas, bencenos, oxigenados, parafinas y saturados) y octanajes (ASTM D 2699 / D2700). Así le permitirá mediante regresión multivariable, obtener factores que le permitan calibrarse automáticamente. El fabricante sugiere realizar este procedimiento cada 2160 horas de uso continuo (aprox. 3 meses).

---

<sup>22</sup> El rango puede ser mayor y/o menor, sin embargo se le informa al fabricante los valores más comunes de planta para efecto de configuración y óptimo trabajo en la operación.

En caso se detecten muestras de gasolinas inusuales para la base de datos (relación tramitancia / propiedad – temperatura / propiedad, sin tendencia similar a la incluida en el equipo) son identificadas y corregidas basándose en distancias de Mahalanobis. Estas distancias ajustan la regresión multivariable a manera de minimizar los errores. Previo a la inclusión de dicho dato inusual, el equipo alertará mediante una alarma, la detección de dicho valor y si se desea confirmar la inclusión a la regresión.

Asimismo, se va a proponer un procedimiento para la validación del análisis de RON. Cada 3 meses de operación continua, se determinarán la relación de 25 octanajes (RON) que se obtengan del analizador entre uno obtenido del procedimiento patrón (ASTM 2699). Entonces, serán 5 grupos de 25 factores (para gasolinas de 65, 84, 90, 95 y 97 octanos). Luego, se preparará gráficos de control del factor de corrección (relación  $RON_{ASTM2699} / RON_{analizador}$ ) para determinar la confiabilidad de los resultados.

Los gráficos de control son cartas utilizadas para verificar si está aumentando el error de medición a niveles indeseables para el proceso. La preparación de estas gráficas conlleva a determinar: El factor promedio de corrección, que es el promedio de los 25 factores obtenidos; la desviación estándar de los 25 datos y los límites superior ( $\{\text{factor de corrección promedio}\} + 3\{\text{desviación estándar}\}$ ) e inferior ( $\{\text{factor de corrección promedio}\} - 3\{\text{desviación estándar}\}$ ). Entonces, cada vez que un factor esté fuera de los límites, se conocerá si está trabajando de manera adecuada y será una variable predictiva de falla del equipo de medición. Cabe indicar que el factor afectará también al resultado final para el lazo de control.

A pesar de contar con dos analizadores (antes y después de mezclar), los valores que se obtendrán en tiempo real servirán como variable de control, pero no serán para certificar un despacho por completo. Hay que resaltar que el método normado es el ASTM 2699 y bajo ese análisis se dará el visto bueno (ver II.1.4.2).

### **III.3.2. Analizador para presión de vapor en línea (análisis independiente)**

Es utilizado para la medida en línea de las presiones de vapor de la mezcla de gasolina. El rango de las medidas típicas de presión de vapor es 0-22 psi  $\pm$  0,1 psi, desarrollado para estar en paralelo con los datos del ASTM D-4953 y D-323.

CUADRO 18: Partes del equipo analizador NIR para medir la presión de vapor

CANTIDAD	ACCESORIO	DESCRIPCIÓN
1	Analizador de presión de vapor	Rango de medición de 0-22 psi.

### **III.3.3. Analizador para azufre en línea (análisis independiente)**

Para medir los niveles de azufre en el sistema de mezcla de gasolina. El rango de detección es de 0-500 ppm  $\pm$  0,1 ppm de exactitud.

CUADRO 19: Partes del equipo analizador NIR para medir contenido de azufre

CANTIDAD	ACCESORIO	DESCRIPCIÓN
1	Analizador de azufre	Para análisis discreto del contenido de azufre en la gasolina, incluyendo precalentador, válvula, detector y otros; a prueba de explosión, rango 0-500 ppm.

### III.4. CONTROL DE PROCESOS Y OPTIMIZACIÓN

El sistema de control integrado consiste en hardware y software diseñados para la automatización del sistema de control de mezcla, optimización y planificación. Estos sistemas funcionan en una combinación de computadores personales (PC), PLC y estaciones de trabajo.

El sistema de control de mezcla o sistema de control del ILB (en adelante, BCS: Blending Control System) empleará hardware de arquitectura abierta soportando muchas estaciones de trabajo múltiples y una plataforma WINDOWS NT con un administrador de base de datos. Por ejemplo: SQL. La interfaz de comunicaciones con otros componentes tales como el sistema de control distribuido de refinería (DCS), serán soportados por la red de comunicaciones Ethernet. La interfaz de comunicaciones entre el nivel más bajo de control y las formulaciones de mezcla (como el PLC de campo, analizadores, bombas, medidores y válvulas) serán soportados por otra red de comunicaciones Ethernet exclusiva. Ver gráfico 8.

El sistema de control integrado de proceso consiste en tres distintas capas de mando: mezcla, optimización y planificación.

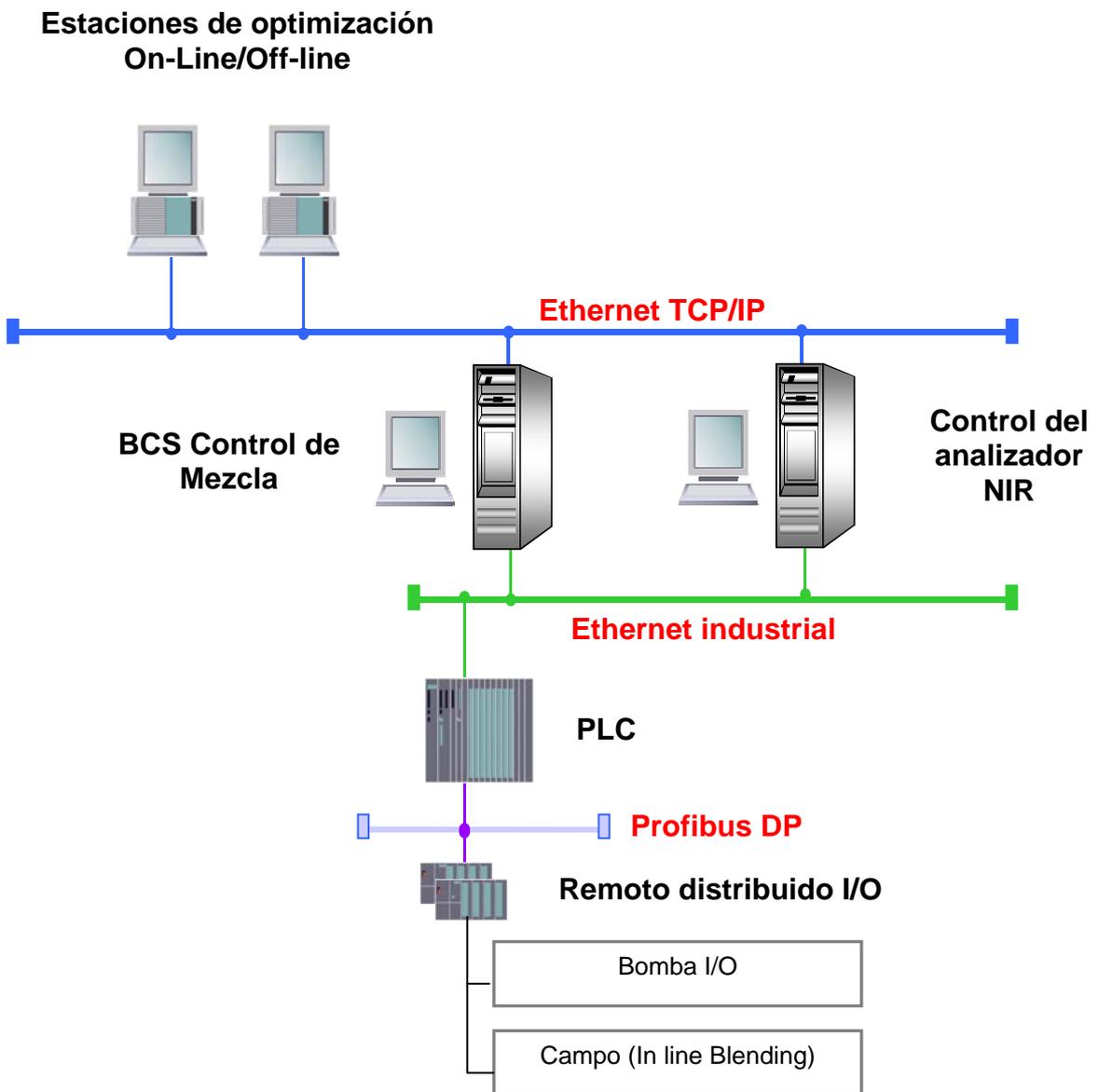
- Sistema de control del ILB (BCS).
- Optimización del sistema de mezcla off-line.
- Optimización del sistema de mezcla on-line.

#### III.4.1. Integración del sistema

El sistema de control, optimización, planificación y programación de mezcla en línea es integrado con el fuera de línea (off-line) utilizando los mismos modelos, correlaciones y algoritmos no lineales.

El sistema de optimización, planificación y programación de mezcla off-line tiene acceso en tiempo real de los inventarios de productos, propiedades de mezcla y actualizaciones de modelos para planificar la nueva formulación de mezcla y que resulte lo más cercano, en lo posible, a la especificación real del producto final y sea económicamente atractiva. Abajo se representa la arquitectura propuesta para el sistema de control.

**GRAFICO 8:** El diagrama representa la arquitectura sugerida para el sistema de control de mezcla.



### **III.4.2. Sistema de control de mezcla o Sistema de control del ILB (BCS)**

El BCS asegura que cuando se mezclen corrientes múltiples de gasolina en simultáneo, alcancen un determinado número de octano establecido siguiendo el comportamiento de la mezcla. La exactitud de la mezcla sólo está limitada por el medidor de flujo y la acción que ejerza la válvula de control. Los criterios siguientes describen las características importantes del sistema de control del ILB:

#### **III.4.2.1. Selección del algoritmo de mezcla**

En el sistema debe incluirse diversas ecuaciones para predecir el número de octano final y determinar las proporciones de mezcla adecuadas. En el punto II.1.2.1 se muestra que bajo el sistema de preparación actual se hace uso de los índices de mezcla de octano arrojando errores para formulación con nafta craqueada y liviana menores a  $\pm 2\%$ . Sin embargo, considerando que este nuevo sistema de preparación de gasolinas en tiempo real cuenta con analizadores multipropiedad, donde el contenido de saturados, olefinas y aromáticos en %Vol. también es incluido, se hace uso de un nuevo modelo que optimice la formulación realizando Optimización en Tiempo Real (RTO).

Uno de los modelos a usar para determinar las proporciones de mezcla es llamado Método de Interacciones. El operador selecciona la mezcla deseada (escoge la gasolina a preparar). Esto significa también incluir información adicional como: tipo de gasolinas, modelo a utilizar, proporción sugerida de la mezcla, tamaño del lote a preparar y la asignación de tanque del producto. Ver anexo 6 y 7.

#### **III.4.2.2. Modos de control. Base de datos de mezclas**

El BCS puede recibir ajustes por parte del operador localmente, de un archivo de mezcla pre-configurado (base de datos) o como set-point desde un controlador supervisado tal como el optimizador en línea u on-line.

#### **III.4.2.3. Normalización de la mezcla**

El BCS verifica la proporción automáticamente y, si es necesario, modifica la proporción de mezcla, para que la suma de todos los porcentajes de la mezcla sea igual a 100%.

#### **III.4.2.4. Selección de la bomba**

El BCS seleccionará automáticamente las bombas a ser utilizadas en la mezcla de acuerdo a los criterios de operación del sistema y dimensionamiento.

#### **III.4.2.5. Estados de Inicio/Parada/Cierre (Shutdown)**

Hay cuatro estados de ciclo empleados en el control de mezcla en línea:

- Inicio: Estado normal del regulador de la mezcla en línea.
- Pausa: Estado usado para disminuir y/o detener la mezcla por un período de corto tiempo, para que sean resueltos problemas mecánicos u otros.
- Reinicio: Estado usado para aumentar y/o reanudar el mezclado después de un estado de pausa.

- Cierre: Estado usado para realizar una disminución y/o parada a cualquier punto de la mezcla. Este estado puede iniciarse manualmente por el operador o en el caso de término de la mezcla.

#### **III.4.2.6. Aumento/disminución de mezcla**

El BCS suministra la proporción de la demanda, automáticamente al aumento o disminución de mezcla, y por eso, de acuerdo con cada flujo individual agregado, compensa la proporción. El sistema le permite al usuario configurar la proporción de aumento/disminución según la dinámica del sistema y proporciona un inicio y término suave para protección del sistema.

#### **III.4.2.7. Mando de integración proporcional**

El BCS utiliza la integración proporcional (PI), que es un algoritmo del control de flujo que se corre en el PLC para controlar cada lazo, de acuerdo con la proporción cuando se determina en la mezcla. El PI recibe una señal de la medida del medidor de flujo y la compara a la medida del set-point de demanda establecido por la proporción de la mezcla u operador. Cualquier diferencia entre la medida y el set-point es el error y el regulador reaccionará para ajustar la válvula hasta que el valor del error acumulado se reduzca a cero.

#### **III.4.2.8. Control automático**

El BCS regulará la proporción de flujo de mezcla total automáticamente, para acomodar cualquier corriente incapaz de ser controlada a su proporción de flujo de demanda. Si una corriente del componente es incapaz de mantener su proporción de flujo requerida debido a una limitación hidráulica, como la capacidad de bombeo insuficiente, el flujo de mezcla total se reducirá

automáticamente para que la proporción de flujo del componente se retrase, esto significa que mantiene la proporción requerida continuamente.

#### **III.4.2.9. Estado de la mezcla**

Las funciones del BCS, le dan al operador una visión global de la preparación en línea y los estados de todos los componentes usados en la mezcla. Esta información se despliega en una pantalla de gráficos en las estaciones de trabajo del BCS y proporciona una representación gráfica activa del sistema como los volúmenes totales de la mezcla, las proporciones de flujo, etc.

#### **III.4.2.10. Supervisión de procesos**

El BCS supervisa todas las funciones continuamente en el proceso de mezcla y muestra alarmas para valores críticos de las variables.

#### **III.4.2.11. Informes**

El BCS informa sobre la mezcla e historia de alarmas. Los registros oficiales de conflictos son configurables para el tipo de información deseada. La información contenida en el informe final de la mezcla incluye:

- Identificación del lote de mezcla
- Tipo del producto
- Tamaño del lote
- Fuente de la mezcla.
- Fecha y hora de inicio y termino

- El estado de mezcla
- La mezcla del tanque de producto (el total del volumen inicial y final de la mezcla)
- El volumen de tanque de producto
- El balance del inventario
- El tiempo transcurrido

#### **III.4.2.12. Seguridad**

El BCS proporciona una red multi-dispuesta en niveles de seguridad. El sistema permite sólo al personal autorizado a operar el equipo. Además registra todas las actividades del personal y a quien opera por un período temporal.

#### **III.4.3. Optimización off-line**

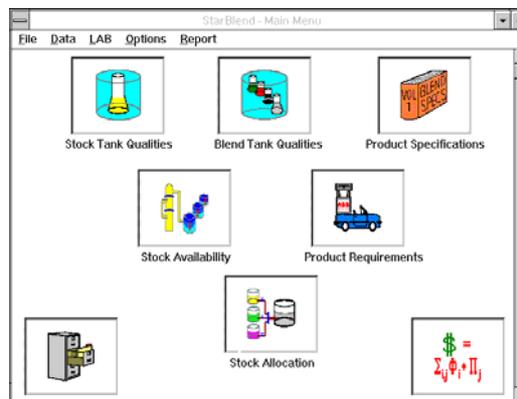
La optimización de las mezclas y del planeamiento es iniciado en el optimizador **off-line** y la programación de producción. Este sistema corre muy independientemente del optimizador **on-line** y BCS; y recibe la información del analista de refinería sobre las propiedades de los componentes de mezcla, los precios, la disponibilidad, etc. Una vez desarrollado las mezclas y programas de preparación en el optimizador **off-line**, la información es subida a una base de datos compartida para el BCS y los sistemas de optimización **on-line**.

El optimizador **on-line** usa la mezcla y los datos de los componentes como los puntos de partida cuando la proporción de la mezcla se comienza por el BCS. Todos los ciclos que se mezclan empiezan del BCS. Comienzan inicialmente con la

mezcla transmitida del optimizador **off-line**. Sin embargo, encima del curso de la mezcla, las proporciones de los componentes pueden ser ajustadas por el optimizador **on-line** como una función del cambio en características de la mezcla medidas por los analizadores que alimentan el optimizador **on-line**. El optimizador **on-line** asegura que la mezcla se controlará en la especificación dentro de la exactitud de los analizadores y de los parámetros de calidad establecidos.

La optimización **off-line** permite el desarrollo de una mezcla que tiene en cuenta el proceso de refinación según lo esperado por adelantado. La mezcla perfeccionada se transmite al BCS y pone las proporciones de componente. El analista de refinería puede planear muchas proporciones que dependen de las características de la refinería.

GRAFICO 9: Vista del software de blending – off-line



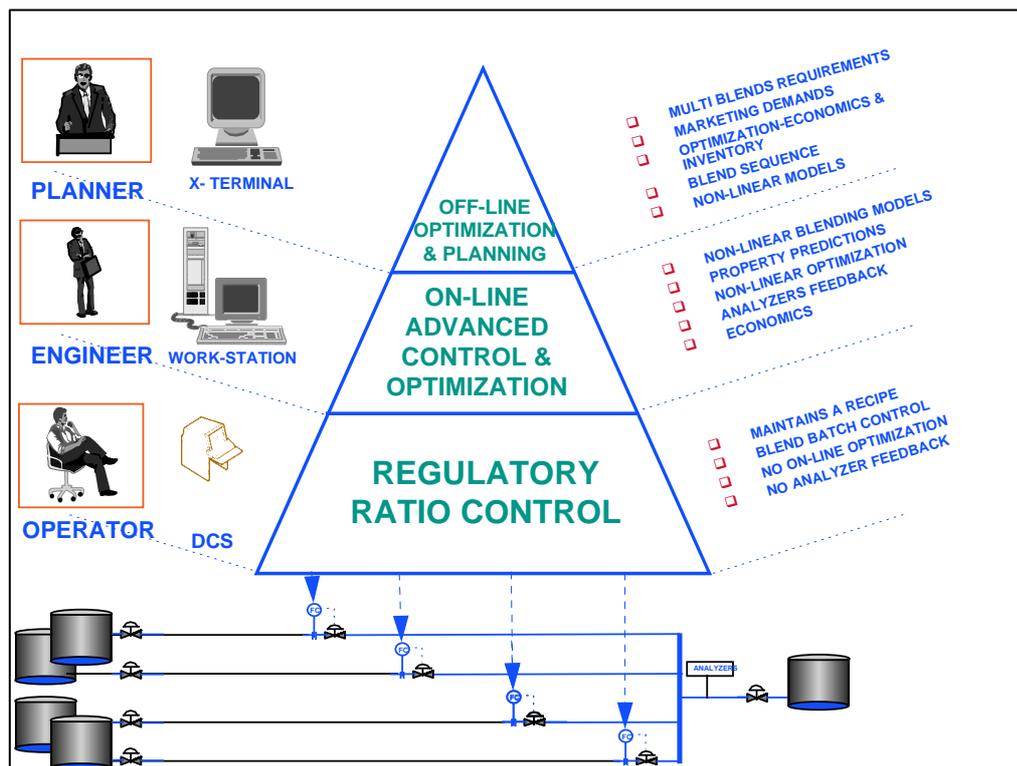
Offline Optimizer for Gasoline Blending												
Blend Number	0910801			Product Tank No.	755							
Product Code	23605			Heel Volume, M3	AUTO			100				
Grade Code	1			Final Volume, M3				10100				
Batch Size, M3	10000			Max. Capacity, M3				13000				
Tank	R/C	Comp	Recipe			Avail. and Used		Specs	SPECS		Tank Qualities	
			Optimum	Min., Km3	Used, M3	Max., Km3	Minimum		Maximum	Heel	Final	
357	R	GARM	0.1059	0.00	1059	10.00	RON	92.00		97.00	92.00	
358	R	REF	0.2334	0.00	2334	10.00	MON	80.00		85.40	80.00	
0	C	LARM	0.0000	0.00	0	0.00	RVP	6.97	9.25	10.54	9.25	
352	R	GFCC	0.6332	0.00	6332	10.00	A-10		70.00	57.00	54.94	
363	R	PENT	0.0000	0.00	0	0.00	A-50		140.00	140.00	96.00	
674	R	BUTN	0.0269	0.00	269	10.00	A-90		195.00	193.00	153.80	
0	R	MBT	0.0000	0.00	0	0.00	A-EP		210.00	210.00	194.90	
54	C	TEL	0.0006	0	6	8000	DENS	0.7100	0.7550	0.7700	0.7322	
<b>Total</b>			<b>1.0000</b>		<b>10000</b>		SULF		0.100	0.000	0.000	
							LEAD		0.400	0.390	0.400	
			**TEL is given in Liters									
Objective Function			-10050									
Solution Status:			Feasible and Optimum									
Number of Violations			0									
Number of Alt. Solutions			0									

### III.4.4. Optimización de la mezcla on-line

La optimización on-line se pone en ejecución en otra computadora usando WINDOWS NT como el sistema operativo y se enlaza al BCS. Este control usa la retroalimentación del analizador, corrige frecuentemente las mezclas y garantiza las especificaciones del producto final.

El siguiente diagrama muestra todos los niveles del control de la mezcla, optimización y módulos del sistema de planeamiento en un ambiente integrado.

GRAFICO 10: La jerarquía del sistema de control de mezcla (BCS)



Los controles integrados de mezcla, optimización y sistema de planeamiento integrados utilizan la siguiente tecnología:

**CUADRO 20:** Tecnología utilizada para los controles integrados

<b>Arquitectura del sistema</b>	Sistema operativo WINDOWS NT. Administración de base de datos MS SQL. Interfaz gráfica de usuario.
<b>Modelos de mezcla y correlaciones</b>	Modelos de mezcla no-lineales para las mezclas de gasolina. Capacidad para usar 36 gasolinas diferentes de refinería. 3 calidades definidas de mezcla final. Modelos simples y complejos de emisiones para gasolina reformulada de acuerdo a la regulación ambiental peruana vigente.
<b>Administración de ecuaciones</b>	Generación y manejo de sistema de ecuaciones lineales y no lineales.
<b>Algoritmos de optimización</b>	Ecuación lineal y no lineal que resuelven los algoritmos de optimización. Algoritmos disponibles: MINOS5, CONCOPT, DICOPT, CPLEX.
<b>Capacidades de planificación de mezclas</b>	Mezclas y multi-períodos, multi-productos. Cálculo de composición y propiedades del pool de gasolina. Cálculos de calidades promedio para un sistema de mezclas. Presentación del periodo planeado de mezcla.
<b>Interfases con otros sistemas</b>	Entrada de comunicación al BCS. Sistema de manejo del inventario y cubicación de tanques. Sistema de información del laboratorio. Sistema de información de refinería.

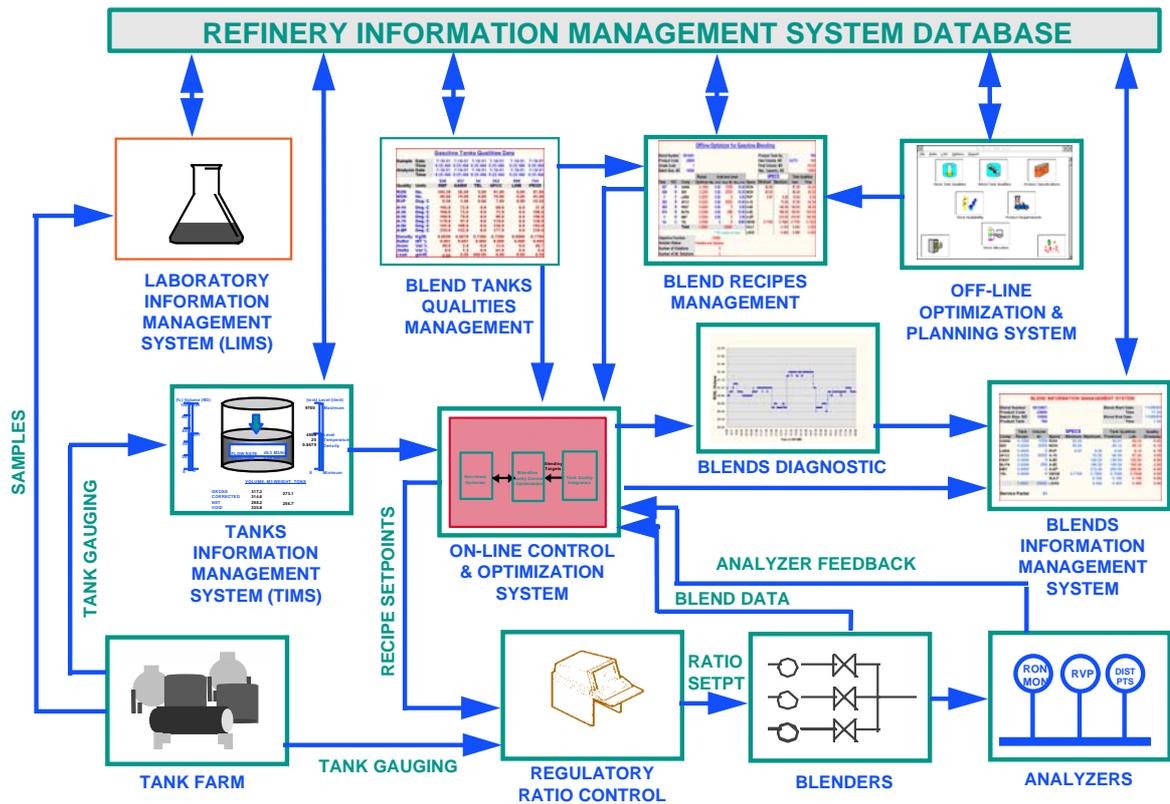
#### **III.4.5. Sub-módulos**

El control integrado de la mezcla, la optimización y los sistemas de planeamiento, consisten en muchos sub-módulos alternos además de los niveles de mando jerárquicos. Estos sub-módulos son:

- El sistema de manejo de información de tanques.
- El sistema de manejo de laboratorio.
- El sistema de manejo de informes.

- El sistema de manejo de propiedades de los componentes.
- El sistema de manejo de la información de mezclas.

**GRAFICO 11:** Sistema de control de mezcla, optimización y sistema de planificación integrado con otros sub-módulos



El control integrado de mezcla, optimización y el sistema de planeamiento integrados es estable a la optimización off-line y a la on-line usando los mismos algoritmos de mezcla, correlaciones y algoritmos de optimización no-lineales. La optimización off-line y el sistema de planeamiento tienen acceso on-line para acceder a las propiedades de la mezcla, los inventarios de tanques y actualizar modelos mientras se planifica la próxima mezcla lo mas cercano, como sea posible, a las especificaciones finales.

#### **III.4.6. Sistema de control: Sistema WINBLEND (BCS)**

El Sistema de control WINBLEND de FMC es un sistema del control de proceso avanzado, tiene tres décadas de experiencia en mezclas con un sistema operativo WINDOWS NT y la energía de múltiples microprocesadores. Es un sistema de control integrado proporcionado con el Product Movement (PROMO), paquete de programas que son capaces de controlar todo los movimientos de hidrocarburos en una refinería.

El sistema WINBLEND emplea una o más estaciones de operación que ofrece control en tiempo real y datos usando una aplicación gráfica tipo Windows para mostrar el movimiento del proceso y propiedades.

El sistema WINBLEND emplea distribuidores E/S que se instalarán en los SKID del ILB y en otras localizaciones de la planta estratégicas, para permitir el funcionamiento más confiable y minimizar el sobrecableado. El cableado se realizará con conexión de cables de interfaz serial RS485 entre el servidor WINBLEND y el rack de E/S.

### III.5. MONTO DE INVERSIÓN<sup>23</sup>

**CUADRO 21:** Detalles de los costos de inversión

<b>Detalles</b>	<b>Precio US\$</b>
Sistema mezcla en línea (ILB) y SKIDs	<b>\$360,000</b>
Analizador NIR para el análisis de la mezcla terminada	<b>\$150,000</b>
Analizador de NIR para analizar los componentes de la mezcla	<b>\$123,500</b>
Analizador de presión de vapor	<b>\$60,000</b>
Analizador de azufre	<b>\$94,500</b>
Sistema WINBLEND. Sistema de control de mezcla	<b>\$315,000</b>
Paquete de optimización off-line	<b>\$30,000</b>
Paquete de optimización on-line	<b>\$50,000</b>
Ingeniería básica	<b>\$118,000</b>
Ingeniería de detalle	<b>\$76,500</b>
Supervisión de la construcción	<b>\$123,500</b>
Puesta en marcha y entrenamiento	<b>\$153,000</b>
Dirección del proyecto	<b>\$200,000</b>

**TOTAL INVERSIÓN CONSIDERADA: 1854.0 MUS\$.**

<sup>23</sup> Valores referenciales a la cotización recibida por FMC en el Año 2005.

#### IV. EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA

El cálculo de los beneficios económicos esperados por la instalación del nuevo sistema de mezcla en línea de gasolinas, se resume a continuación.

##### IV.1. DISMINUCIÓN DEL EXCESO DE RON EN GASOLINAS DESPACHADAS

Se estima disminuir el exceso de octano de las gasolinas que se despachen a buques y planta de ventas Talara, a 0,10 por encima del valor de la especificación.

El cálculo detallado de los beneficios por tipo de gasolina se desarrolla de la siguiente manera:

- Volumen promedio de gasolina 84 despachada : 5,14 MBPD
- Costo de octano – barril en refinería Talara: 0,062 US\$/Bbl
- Exceso de octano en gasolina 84 : 0,21

###### AHORRO ANUAL G-84

$$\begin{aligned} &= (5,14\text{MB/D}) \cdot (0,21) \cdot (0,062\text{US\$/B}) \cdot (365\text{D})/\text{Año} \\ &= 24,43 \text{ MUS\$/Año} \end{aligned}$$

- Volumen promedio de gasolina 90 despachada : 2,64 MBPD
- Costo de octano – barril en refinería Talara: 0,062 US\$/B
- Exceso de octano en gasolina 90: 0,11

###### AHORRO ANUAL G-90

$$\begin{aligned} &= (2,64 \text{ MB/D}) \cdot (0,11) \cdot (0,062\text{US\$/B}) \cdot (365\text{D})/\text{Año} \\ &= 6,57 \text{ MUS\$/Año} \end{aligned}$$

- Volumen promedio de gasolina 95 despachada : 0,54 MBPD
- Costo de octano – barril en refinería Talara: 3,13 US\$/B
- Exceso de octano en gasolina 95 : 0,10

**AHORRO ANUAL G-95**

$$= (0,54 \text{ MB/D}) * (0,10) * (3,13 \text{ US$/B}) * (365\text{D}) / \text{Año}$$

$$= 61,69 \text{ MUS$/Año}$$

- Volumen promedio de gasolina 97 despachada : 0,60 MBPD
- Costo de octano – barril en refinería Talara: 3,13 US\$/B
- Exceso de octano en gasolina 97 : 0,08

**AHORRO ANUAL G-97**

$$= (0,60 \text{ MB/D}) * (0,08) * (3,13 \text{ US$/B}) * (365\text{D}) / \text{Año}$$

$$= 54,84 \text{ MUS$/Año}$$

**AHORRO ANUAL**

$$= 24,43 + 6,57 + 61,69 + 54,84$$

$$= 147,5 \text{ MUS$/Año}$$

**CUADRO 22:** Se presenta los resultados en el siguiente cuadro

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Gas.84</b>	<b>Gas.90</b>	<b>Gas.95</b>	<b>Gas.97</b>
Octanaje promedio despachado <sup>24</sup>	84,31	90,21	95,20	97,18
Octanaje objetivo <sup>25</sup>	84,1	90,1	95,1	97,1
Exceso de octanaje <sup>26</sup>	0,21	0,11	0,10	0,08
Costo octano barril, COB <sup>27</sup>	0,062	0,062	3,13	3,13
Volumen despachado, MBPD <sup>28</sup>	5,14	2,64	0,54	0,60
Ahorro anual, MUS\$	24,43	6,57	61,69	54,84
Ahorro total anual, MUS\$	147,5			

#### **IV.2. REDUCCIÓN DE COSTOS POR MENORES CONSUMOS DE ENERGÍA**

Se eliminará el uso de bombas para la homogenización y transferencias para corrección de la mezcla en los tanques de almacenamiento. El costo de la energía eléctrica del nuevo sistema de mezcla se reduce básicamente en la instrumentación y control de proceso.

El cálculo detallado de los beneficios por el menor consumo de energía se desarrolla de la siguiente manera:

<sup>24</sup> Corresponde al promedio de los datos reportados por el laboratorio de refinería Talara en sus informes mensuales de calidad de productos despachados por buque, desde enero del año 2000 hasta diciembre del año 2004.

<sup>25</sup> Valor fijado como objetivo para asegurar que la calidad de las gasolinas en cuanto a octanaje, lleguen a los terminales del litoral y plantas de ventas en especificación.

<sup>26</sup> Diferencia entre el octanaje promedio despachado y el valor objetivo.

<sup>27</sup> Datos calculados de acuerdo a los precios de la nafta primaria, nafta craqueada y HOGBS considerados en el Efecto Económico Ene/Abr 2005 de las unidades de refinería.

<sup>28</sup> Volumen despachado de gasolinas (promedio diario) desde enero 2000 hasta diciembre 2004. Ver Cuadro 10.

#### IV.2.1. Costos del sistema actual

- Potencia de la bomba empleada para homogenización y transferencia: 250 HP: **186,425 KW**.
- Eficiencia del motor: **70%**.
- Tiempo de circulación y transferencia promedio por lote (Lote de 50,0 MB): 20 horas de circulación y correcciones + (50000Bbl)/(3500Bbl/hora) de transferencia = 34 horas. Entonces 34 Horas / 50000 Bbl preparados = **0,68 Horas** de uso de bomba / **1000 Barriles**
- Promedio de volumen preparado por día (Ver volúmenes despachados en Cuadro 22): 5,14+2,64+0,54+0,60 MB/D = **8,92 MB/D**
- Costo de la energía eléctrica: **0,049 US \$/KWH**

#### **COSTOS**

$$\begin{aligned} &=(186,425\text{KW}/0,7)\times 0,68\text{H}/\text{MB}\times 8,92\text{MB}/\text{D}\times 0,049\text{US}\$/\text{KWH}\times 365\text{D}/\text{Año} \\ &= \mathbf{28891\ US\$/Año} \\ &= \mathbf{28,9\ MUS\$/Año} \end{aligned}$$

#### IV.2.2. Costos del sistema nuevo

- Potencia de la bomba empleada para homogenización y transferencia: 250 HP: 186,425 KW.
- Eficiencia del motor: 70%.
- Tiempo de transferencia promedio por lote (Lote de 50,0 MB): 50000/3500 horas de transferencia = 14 horas. Entonces 14 Horas / 50000 Bbl preparados = 0,28 Horas de uso de bomba / 1000 barriles

- Promedio de volumen preparado por día (Ver volúmenes despachados en Cuadro 22):  $5,14+2,64+0,54+0,60$  MB/D = 8,92 MB/D
- Instrumentación y sala de control (Las 24 horas del día y todo el año): 10 KW
- Costo de la energía eléctrica: 0,049 US \$/KWH

#### **COSTOS**

$$\begin{aligned}
 &= (186,425 \text{ KW} / 0,7) \times (0,28 \text{ H} / \text{MB}) \times (8,92 \text{ MB} / \text{D}) \times (0,049 \text{ US} \$ / \text{KWH}) \times (365 \text{ D} / \text{Año}) \\
 &\quad + 10 \text{ KW} \times (0,049 \text{ US} \$ / \text{KWH}) \times (365 \text{ D} / \text{Año}) \times (24 \text{ H} / \text{D}) \\
 &= 16188,8 \text{ US} \$ / \text{Año} \\
 &= 16,2 \text{ MUS} \$ / \text{Año}
 \end{aligned}$$

#### **IV.2.3. Ahorros generados en energía eléctrica**

De acuerdo a los costos anteriores hay un ahorro eléctrico anual de:

$$\begin{aligned}
 &= 28,9 \text{ MUS} \$ / \text{Año} - 16,2 \text{ MUS} \$ / \text{Año} \\
 &= 12,7 \text{ MUS} \$ / \text{Año}
 \end{aligned}$$

#### **IV.3. REDUCCIÓN DE COSTOS POR HORAS - HOMBRE**

Se disminuye el uso de horas-hombre de personal operador y de laboratorio en las operaciones de preparación de gasolinas.

El cálculo detallado de los beneficios debido a la reducción de horas-hombre se desarrolla de la siguiente manera:

- Reducción de horas simples equivalentes de sobre tiempo por lote (50,0 MB): 20 hrs.<sup>29</sup> ó 20 Horas/50000 bbl = 0,6 H/1000 Bbl

---

<sup>29</sup> Se considera las horas en exceso del sistema actual en comparación con el sistema de mezcla nuevo.

- Número de personas involucradas: 2
- Promedio de volumen preparado (despachado): 8,92 MB/D
- Costo de horas simples equivalentes de sobre tiempo: 4,0 US\$

$$\text{AHORRO ANUAL} = 0,6\text{H/MB} \times 2 \times 8,92\text{MB/D} \times 4,0\text{US\$/H} \times 365\text{D}$$

$$= 15628 \text{ US\$}$$

$$= \mathbf{15,6 \text{ MUS\$/Año}}$$

#### IV.4. REDUCCIÓN DE COSTOS POR ANÁLISIS DE LABORATORIO

Se disminuye sustantivamente las necesidades de efectuar pruebas de octanaje RON (ASTM 2699) en el laboratorio para cada uno de los lotes de preparación y despacho de gasolina, de 16 pruebas de octanaje a solo 6 pruebas. Ver II.1.4.1 y II.1.4.2.

El cálculo detallado de los beneficios debido a la reducción de análisis se desarrolla de la siguiente manera:

- Costo por prueba de octanaje RON: 25 US\$<sup>30</sup>
- Promedio de lotes preparados y despachados durante un año:  
 $8,92 \text{ MB/D} \times 365 / (50 \text{ MB/Lote}) = 65 \text{ Lotes}$

$$\text{AHORRO ANUAL} = (10 \text{ pruebas/lote} \times 65 \text{ lotes/año} \times 25 \text{ US\$/prueba})$$

$$= 16250 \text{ US\$/Año}$$

$$= \mathbf{16,5 \text{ MUS\$/Año}}$$

---

<sup>30</sup> Considerado un laboratorio propio de refinería, mano de obra, material, uso del equipo y rentabilidad del servicio.

#### IV.5. AHORRO POR MAYOR DISPONIBILIDAD DE NAFTA VIRGEN PARA EXPORTACIÓN

La disponibilidad de mayor capacidad de almacenamiento para naftas, al dejar de utilizar tanques de almacenamiento para gasolinas producto, permitirá segregar nafta virgen en volúmenes mayores a los actuales para su exportación.

Actualmente, los volúmenes de exportación están limitados a 220 MB, pagándose por el fletamento del buque 500 MUS\$. Se estima que con la nueva disposición de tanques se logre almacenar volúmenes de 300 MB cuya exportación se efectuará en buques del mismo tamaño y a la misma tarifa de flete.

- Volumen actual de exportación de nafta virgen = 220 MB/viaje
- Número de exportaciones promedio de nafta virgen al año: 11
- Volumen exportable de nafta virgen = 2420 MB/año
- Costo actual de flete:  $(500 \text{ MUS\$/viaje}) / (220 \text{ MB/viaje}) = 2,27 \text{ US\$/B}$
- Volumen futuro de exportación de nafta virgen = 300 MB/viaje
- Costo futuro de flete:  $(500 \text{ MUS\$/viaje}) / (300 \text{ MB/viaje}) = 1,67 \text{ US\$/B}$

Por lo tanto:

- El diferencial de flete es:  $2,27 - 1,67 = 0,6 \text{ US\$/B}$ .
- Diferencial de volumen exportable:  $300 - 220 = 80 \text{ MB/viaje}$

$$\text{AHORRO ANUAL} = (80 \text{ MB/viaje}) * (0,6 \text{ US\$/B}) * 11 \text{ (viajes/año)}$$

$$= 528 \text{ MUS\$/Año}$$

#### IV.6. AHORRO POR MAYOR DISPONIBILIDAD DE NAFTA CRAQUEADA PARA EXPORTACIÓN

La disponibilidad de mayor capacidad de almacenamiento para naftas, al dejar de utilizar tanques de almacenamiento para gasolinas producto, permitirá segregar nafta craqueada en volúmenes mayores a los actuales para su exportación.

Actualmente los volúmenes de exportación están limitados a 200 MB, pagándose por el fletamento del buque 500,0 MUS\$. Se estima que con la nueva disposición de tanques se logre almacenar volúmenes de 250 MB cuya exportación se efectuará en buques del mismo tamaño y a la misma tarifa de flete.

- Volumen actual de exportación de nafta craqueada = 200 MB/viaje
- Número de exportaciones promedio de nafta craqueada al año: 4
- Volumen exportable de nafta craqueada = 800,0 MB/año
- Costo actual flete:  $(500 \text{ MUS\$/viaje}) / (200 \text{ MB/viaje}) = 2,50 \text{ US\$/B}$
- Volumen futuro de exportación de nafta craqueada = 250 MB/viaje
- Costo futuro flete:  $(500 \text{ MUS\$/viaje}) / (250 \text{ MB/viaje}) = 2,0 \text{ US\$/B}$

Por lo tanto:

- El diferencial de flete es:  $2,50 - 2,00 = 0,50 \text{ US\$/B}$ .
- Diferencial de volumen exportable:  $250 - 200 = 50 \text{ MB/viaje}$

$$\begin{aligned} \text{AHORRO ANUAL} &= (50 \text{ MB/viaje}) * (0,50 \text{ US\$/B}) * (4 \text{ viajes/año}) \\ &= \mathbf{100 \text{ MUS\$/Año}} \end{aligned}$$

#### **IV.7. OTROS BENEFICIOS ECONÓMICOS NO INCLUIDOS**

La flexibilidad operativa que el sistema de mezcla en línea le otorga a la unidad movimiento de productos, hace factible aprovechar oportunidades de negocio que requieren la preparación de gasolinas de octanaje no usual al nacional y que la demanda lo exige o se derivan de algún pedido especial que representa un beneficio para la empresa, para poder responder con premura y calidad en estándares de nivel mundial.

#### **IV.8. BENEFICIO TOTAL ANUAL**

Ahorro Anual Total:  $147,5+12,7+15,6+16,5+528+100 = 820,3$  MUS\$/Año

#### **IV.9. INDICADORES ECONÓMICOS RESULTANTES**

El estudio no contempla análisis de sensibilidad debido a la falta de información económica de otros proveedores de este rubro. Solo la empresa FMC bajo compromiso y otros detalles que no se mencionan aquí entregó información económica de sus equipos (ver cuadro 21). Los indicadores económicos calculados (ver Anexo 8 y 9) para la instalación del sistema de mezcla en línea de gasolinas en refinería Talara son:

-	Inversión Total:	1854 MUS\$
-	Valor Actual Neto:	896,8 MUS\$
-	Tasa Interna de Retorno:	32,72 %
-	Tiempo de Recuperación:	2,3 Años

## V. CONCLUSIONES

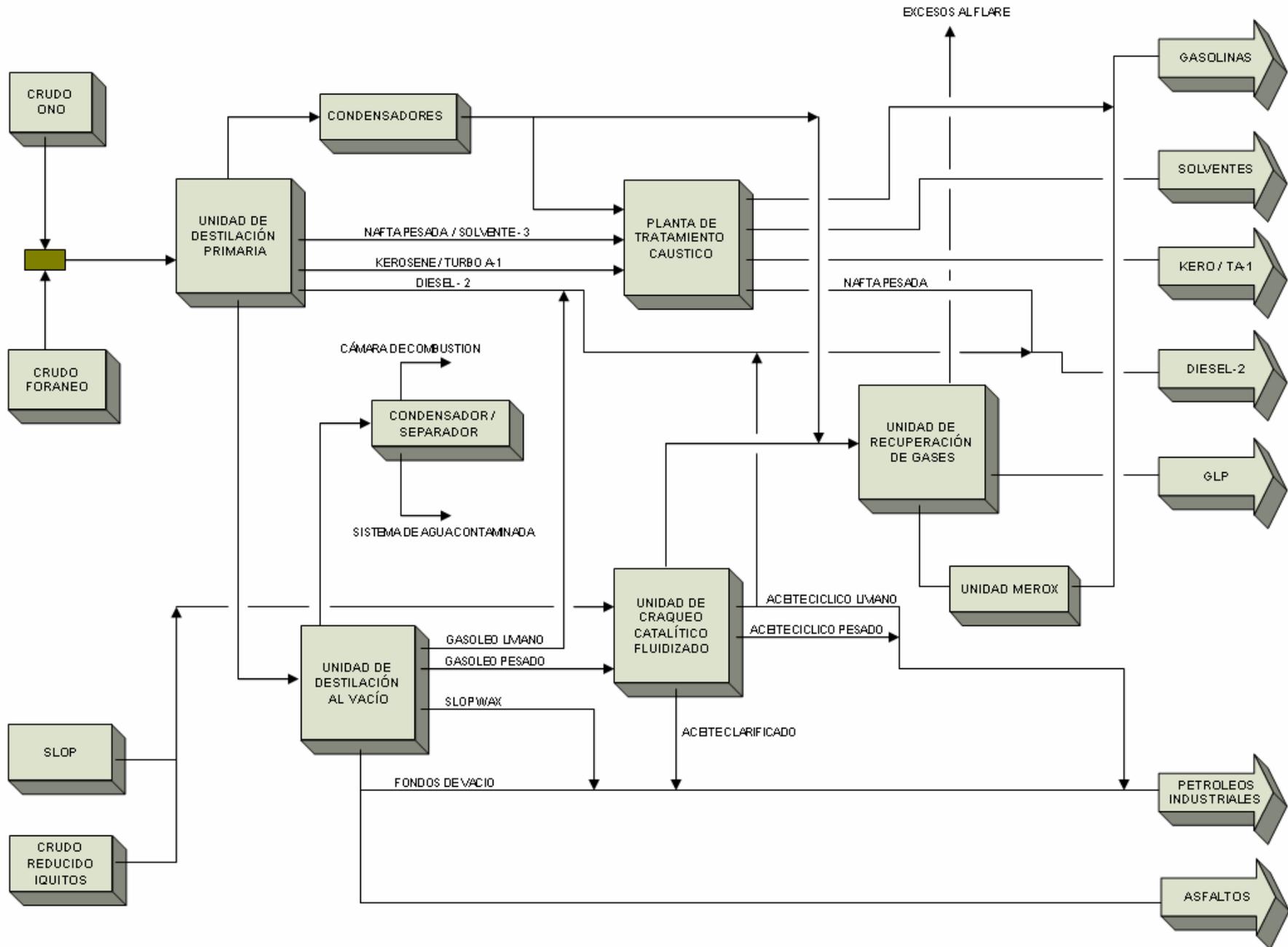
- V.1. Con el nuevo sistema de mezcla en línea se va a disminuir el exceso de calidad en las gasolinas despachadas en 0,2 octanos, lo cual generará un beneficio de 147,5 MUS\$ para la empresa.
- V.2. El nuevo sistema de mezcla en línea permitirá reducir los costos operativos en la preparación de gasolinas, tales como: consumo de energía eléctrica, tiempo de preparación del producto, sobre tiempo del personal y costo por análisis de laboratorio, lo cual generará un beneficio de 44,8 MUS\$.
- V.3. El nuevo sistema de mezcla en línea permitirá incrementar la capacidad de almacenamiento de nafta virgen y nafta craqueada, en consecuencia se dispondrá de mayores volúmenes para exportación, lo cual disminuirá el costo de fletamento del buque y generará un beneficio de 628,0 MUS\$.
- V.4. El nuevo sistema de mezcla en línea generará otro tipo de beneficios tales como: flexibilidad operativa, posibilidad de atender clientes que soliciten gasolinas de diferentes grados de calidad y/o pedidos especiales.
- V.5. Con el nuevo sistema de mezcla en línea se podrá preparar gasolinas de acuerdo a los nuevos requerimientos ambientales de calidad propuestos por el Banco Mundial y otras regulaciones ambientales nacionales e internacionales.
- V.6. El nuevo sistema permite optimizar integralmente las operaciones de recepción y preparación de gasolinas, gracias a las bondades del control automático de procesos.
- V.7. Los indicadores económicos del proyecto muestran que es una inversión muy rentable y atractiva, con un Valor Actual Neto de 896,8 MUS\$, Tasa Interna de Retorno de 32,72 % y un Período de Recuperación de la Inversión de 2,3 años.

## **VI. RECOMENDACIONES**

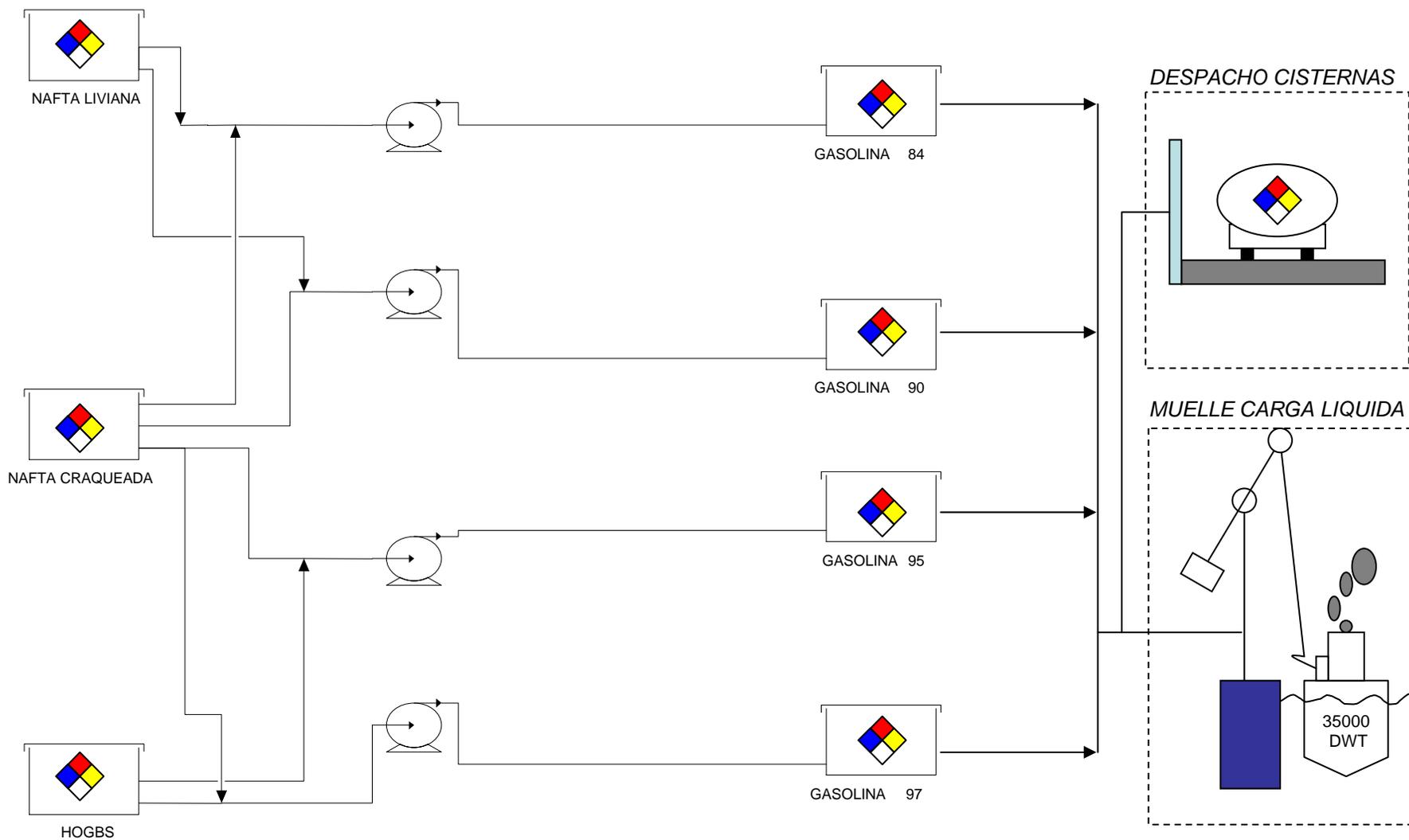
- VI.1. Realizar corridas de prueba de los analizadores NIR periódicamente evaluándolos versus el método patrón ASTM 2699.
  
- VI.2. Crear un registro histórico de la recomendación mencionada anteriormente para tener una variable predictiva de falla en algún equipo.
  
- VI.3. El reemplazo de los diámetros de las líneas de gasolina es necesario antes de la instalación del nuevo sistema de mezcla en línea.
  
- VI.4. Luego de varias semanas de evaluaciones y de acuerdo al tiempo que sugiera el fabricante, preparar las gasolinas en línea directamente a buques. Certificar el producto siempre en buque y dar zarpe luego de comprobar calidades.
  
- VI.5. Modificar la documentación interna y externa: procedimientos, instructivos, manuales, contratos y matrices; todos acordes al Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001.
  
- VI.6. Realizar programas de entrenamiento extra al personal operativo y de mantenimiento.
  
- VI.7. Finalmente, instalar el sistema propuesto de mezcla en línea de gasolinas en refinería, por los múltiples beneficios que obtendrá la empresa.

## VII. ANEXOS

- VII.1. ANEXO 1: Diagrama de producción de refinería Talara.
- VII.2. ANEXO 2: Diagrama de preparación y despachos de gasolinas.
- VII.3. ANEXO 3: Especificaciones de calidad para las gasolinas producidas en Perú. Según NTP.
- VII.4. ANEXO 4: Análisis de errores en método de índices de mezcla de octano.
- VII.5. ANEXO 5: Capacidad de almacenamiento de gasolinas preparadas y sin preparar.
- VII.6. ANEXO 6: Método de interacciones, Artículo Original.
- VII.7. ANEXO 7: Análisis de errores en método de interacciones.
- VII.8. ANEXO 8: Cálculo de indicadores económicos del sistema propuesto.
- VII.9. ANEXO 9: Cálculo del tiempo de retorno de Inversión.



ANEXO 1. DIAGRAMA DE PRODUCCION DE REFINERIA TALARA



ANEXO 2. DIAGRAMA DE PREPARACION Y DESPACHO DE GASOLINAS

**ANEXO 3. ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA LAS GASOLINAS  
PRODUCIDAS EN PERU**

<b>GASOLINAS</b>					
<b>Propiedad</b>		<b>GAS-90</b>	<b>GAS-97</b>	<b>GAS-95</b>	<b>GAS-84</b>
Apariencia		Transparente	Transparente	Transparente	Transparente
Color comercial		Violeta	Incolora	Azul	Amarillo
10% Recuperado, °C	MAX	70	70	70	70
50% Recuperado, °C	MIN	77	77	77	77
50% Recuperado, °C	MAX	121	121	121	121
90% Recuperado, °C	MAX	190	190	190	190
Punto Final, °C	MAX	225	225	225	225
Relac. Vap/Líqu @ 56°C	MAX	20	20	20	20
Presión Vapor Reid, Psi	MAX	10	10	10	10
Corrosión Lámina Cu, N°	MAX	1	1	1	1
Azufre Total, %masa	MAX	0,10	0,10	0,10	0,15
N° Octano Research	MIN	90	97	95	84
Período de Inducción, min	MIN	240	240	240	240
Plomo en gr/lt	MAX	0,013	0,013	0,013	0,013
Gomas existentes, mg/100ml	MAX	5	5	5	5

Fuente: NTP-321.102.2002. Petróleo y derivados. Gasolinas Uso Motor.  
Especificaciones.

## ANEXO 4. ANALISIS DE ERRORES EN MÉTODO DE INDICES DE MEZCLA DE OCTANO

Mediante análisis de laboratorio y de acuerdo a los cálculos mencionados en II.1.2.1 se verifica el siguiente análisis:

Junio del 2004:

Muestra de Gasolinas:

Nafta Craqueada de 93,1 RON

Nafta Liviana de 65,2 RON

Mezcla Gradual		RON		Análisis de Error Real vs. Teórico		
% craqueada	% Liviana	Gasolina X	Gasolina Y	Método Índices	ASTM D- 2699	% Diferencia
0%	100%	93,1	65,2	65,2	65,2	0,0%
5%	95%	93,1	65,2	67,1	67,2	0,1%
10%	90%	93,1	65,2	69,1	69,9	1,1%
15%	85%	93,1	65,2	71,2	71,8	0,8%
20%	80%	93,1	65,2	73	72,5	-0,7%
25%	75%	93,1	65,2	74,9	74,5	-0,5%
30%	70%	93,1	65,2	76,6	75,8	-1,1%
35%	65%	93,1	65,2	78,3	77,8	-0,6%
40%	60%	93,1	65,2	79,7	78,5	-1,5%
45%	55%	93,1	65,2	81,3	81,5	0,2%
50%	50%	93,1	65,2	82,6	81,4	-1,5%
55%	45%	93,1	65,2	83,8	83,5	-0,4%
60%	40%	93,1	65,2	85,1	85,0	-0,1%
65%	35%	93,1	65,2	86,2	86,0	-0,2%
70%	30%	93,1	65,2	87,4	86,6	-0,9%
75%	25%	93,1	65,2	88,4	87,8	-0,7%
80%	20%	93,1	65,2	89,6	89,8	0,2%
85%	15%	93,1	65,2	90,3	90,1	-0,2%
90%	10%	93,1	65,2	91,4	91,1	-0,3%
95%	5%	93,1	65,2	92,2	92,1	-0,1%
100%	0%	93,1	65,2	93,1	93,1	0,0%

**ANEXO 5. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE GASOLINAS  
PREPARADAS Y SIN PREPARAR**

Bajo el esquema de operación actual se mantiene la siguiente configuración:

<b>Producto</b>	<b>Cabotajes</b>		<b>Planta de Ventas</b>	
	<b>Tanques NL</b>	<b>Capacidad (MB)</b>	<b>Tanques</b>	<b>Capacidad (MB)</b>
Nafta Liviana	<b>549, 550, 551 y 554</b>	267,1	-	-
Nafta Craqueada	<b>520 y 557</b>	171,2	504	8,5
Gasolina 84	<b>522, 552 y 553</b>	260,2	555	18,1
Gasolina 90	<b>521</b>	72,4	506	3,4
Gasolina 95	<b>2002</b>	18,3	2002	-
Gasolina 97 / HOGBS	<b>556</b>	98,7	-	-
<b>Total</b>		<b>887,9</b>		<b>32,0</b>

Capacidad de almacenamiento total de gasolinas en refinería:

**919,9 MB**

## ANEXO 6. MÉTODO DE INTERACCIONES. ARTÍCULO ORIGINAL

El siguiente artículo fue solicitado al Dr. Chornng H. Twu de la Cía. Aspen Technology, vía e-mail e inalterado del idioma original.

### **ENHANCEMENT OF THE TWU-COON METHOD FOR BLENDING OCTANE NUMBERS**

#### **ABSTRACT**

A simple, accurate, and generalized blending correlation has been developed by Twu and Coon (1996). Their methodology required that binary interaction parameters between components inside of a gasoline cut be different from those used for the same components between gasoline cuts (zero values for binary interaction parameters between components inside a gasoline cut and non-zero values for the same components between gasoline cuts). This work modifies their methodology so that the same binary interaction parameters can be applied between components inside a gasoline cut as are applied to the same components between gasoline cuts. Using this enhanced model, gasoline cuts can be blended in any order, in any combination, or split in any manner without any need for manually setting up the binary interaction parameters and the final octane number of gasoline blends will remain unchanged regardless of the blending processes. The enhanced model is more consistent in methodology than the original model, but it has equal accuracy for predicting octane numbers of gasoline blends and it has the same number of binary interaction parameters.

## BACKGROUND

Twu and Coon (1996) have proposed a generalized interaction method for the prediction of octane numbers for gasoline blends. Their method requires the octane numbers of the olefins, aromatics, and saturates portions of the gasoline cuts. However, because standard laboratory inspection data for gasoline cuts usually include only the research and motor octane numbers of the cut and the volume compositions of their olefins, aromatics, and saturates contents, not the octane numbers of these component contents, Twu and Coon (1996) proposed that the same octane number of the gasoline cut be assigned to its components (olefins, aromatics, and saturates). For example, if the research octane number (RON) of the gasoline cut is 97.8, then the RONs of its component olefins, aromatics, and saturates are all assumed to be 97.8. To keep their approach internally consistent, the RON of the gasoline cut was recovered by blending these three components together with the binary interaction parameters in their blending equation set to zero.

The methodology described above resulted in binary interaction parameters equal to zero between components inside the same gasoline cut, but non-zero binary interaction parameters for those same components between gasoline cuts. In other words, to blend two 3-component gasoline cuts, A and B, the binary interaction parameters between components inside gasoline cuts A or B are all zero, but binary interaction parameters between component  $i$  (e.g. olefins) in cut A and component  $j$  (e.g. aromatics) in cut B are non-zero.

Furthermore, if  $i$  and  $j$  are both of the same hydrocarbon type (e.g., aromatics in cut A and aromatics in cut B), Twu and Coon proposed that the binary interaction parameter between hydrocarbons of the same type be set to zero (i.e.,  $k_{ii}=0$ ) to reduce the number of binary interaction parameters. The total number of binary interaction parameters for blending two 3-component gasoline cuts in their model reduced to only three (i.e., binary interaction parameters between olefins in cut A and aromatics in cut B, olefins in cut A and saturates in cut B, aromatics in cut A and saturates in cut B). The number of parameters is three instead of six because  $k_{ij}$ 's were proposed to be equal to  $k_{ji}$ 's in the model.

Twu and Coon (1996) demonstrated their model by presenting sets of universal binary interaction parameters between components for both research octane number and motor octane number which they obtained from the regression of a large amount of blending data of gasoline cuts. After obtaining the generalized binary interaction parameters between components, they advanced one more step to simplify the calculation. They have developed

an internally consistent binary interaction parameter between gasoline cuts X and Y,  $K_{XY}$ , in terms of the binary interaction parameters between components as:

$$K_{XY} = 1 - \frac{\sum_i^n \sum_j^n (x_i y_j + x_j y_i) \left[ \frac{1}{2} (a_i + a_j) \right] (1 - k_{ij})}{\sum_i^n \sum_j^n (x_i x_j + y_i y_j) \left[ \frac{1}{2} (a_i + a_j) \right] (1 - k_{ij})} \quad (1)$$

Where,  $k_{ij}$  is the binary interaction parameter between component  $i$  (e.g. olefins) and component  $j$  (e.g. aromatics). The gasoline cuts X and Y are mixtures of the same  $n$  components with compositions  $x_1, x_2, \dots, x_n$  in cut X and  $y_1, y_2, \dots, y_n$  in cut Y. For two 3-component gasoline cuts, X and Y,  $n$  is equal to 6 with non-zero compositions  $x_1, x_2, x_3, y_4, y_5, \text{ and } y_6$  and zero compositions  $y_1, y_2, y_3, x_4, x_5, \text{ and } x_6$  or vice versa. In the Twu-Coon model,  $a_i$  is the octane number of component  $i$  with  $a_1, a_2, \text{ and } a_3$  being set equal to the octane number of gasoline cut X and  $a_4, a_5, \text{ and } a_6$  being set equal to the octane number of cut Y.

After generating the binary interaction parameters between cuts, the octane number of gasoline blends can then be simply calculated from the following equation:

$$a = \sum_i \sum_j z_i z_j a_{ij} \quad (2)$$

$$a_{ij} = \frac{1}{2} (a_i + a_j) (1 - K_{ij}) \quad (3)$$

and  $z_i$  and  $a_i$  are volume fraction and octane number of gasoline cut  $i$ .  $K_{ij}$  is the binary interaction parameter between gasoline cuts  $i$  and  $j$ , which is obtained from eqn.(1). Unfortunately, using binary interaction parameters between components inside the same gasoline cut that are different from those used for the same components between gasoline cuts causes inconvenience in the blending process. This work improves the development of

the model and provides new criteria constraining the blending process in the Twu-Coon model. The enhancement of the Twu-Coon Model presented here performs with the same accuracy as the previous model while providing a more consistent blending process regardless of identical or non-identical gasoline cuts.

## ENHANCEMENT OF THE TWU-COON INTERACTION MODEL

During the development process of the original interaction model, Twu and Coon made the simple assumption that the octane numbers of the components contained in a gasoline cut are all the same as that of the gasoline cut. As mentioned by the authors, this methodology results in a requirement that the binary interaction parameters between components inside the same gasoline cut be set to zero, but that the binary interaction parameters between the same components between gasoline cuts be non-zero. Because of the assumption discussed above and the limitation it introduces, special care needed to be taken for certain cases in blending gasoline cuts. For example, to blend two identical gasoline cuts, the  $K_{ij}$  between these two gasoline cuts, must be set to zero by the user, rather than being calculated from eqn.(1) to remain consistent with their approach, which sets all  $k_{ij}$ s within a cut to be zero. The zero  $K_{ij}$  required between two identical gasoline cuts can not be directly calculated from eqn.(1), causing some inconvenience in the blending process.

To remove this inconvenience, we have enhanced the original Twu-Coon model. The approach for removing the inconvenience is quite straightforward. The same octane number will still be assigned to the components contained in a gasoline cut, but they will no longer be the same as that of the cut. Instead, they will be calculated from the octane number of the gasoline cut and the binary interaction parameters between components. The binary interaction parameters between components,  $k_{ij}$ s, inside the same gasoline cut are no longer forced to be zero; they are now the same as the binary interaction parameters between the same components in all gasoline cuts. For example, to blend two 3-component gasoline cuts, A and B, the binary interaction parameter between component  $i$  (e.g. olefins) in cut A and component  $j$  (e.g. aromatics) in cut B is the same as the binary interaction parameter between component  $i$  (e.g. olefins) in cut A and component  $j$  (e.g. aromatics) in cut A and is also the same as the binary interaction parameter between component  $i$  (e.g. olefins) in cut B and component  $j$  (e.g. aromatics) in cut B. We will retain the proposal from our earlier paper that the binary interaction parameter between the same hydrocarbon type (e.g., aromatics in cut A and aromatics in cut B, aromatics in cut A and aromatics in cut A, aromatics in cut B and aromatics in cut B) be set to zero (i.e.,  $k_{ii}=0$ ) to reduce the number of binary interaction parameters.

The new approach requires that the octane numbers of the components in a gasoline cut be calculated. As mentioned previously, standard laboratory inspection data of a gasoline cut usually includes only the research and motor octane numbers of the cut and the volume

compositions of the olefins, aromatics, and saturates content. We propose a methodology here that the octane numbers of the components in a gasoline cut be computed from the available standard laboratory inspection data and the derived binary interaction parameters between components so that the octane number of the gasoline cut is recovered by blending these component's octane numbers together in the interaction blending equation.

The octane number of a cut,  $a$ , can be calculated by blending the octane of its components according to the following (Twu and Coon, 1996):

$$a = \sum_i \sum_j x_i x_j a_{ij} \quad (4)$$

Where,

$$a_{ij} = \frac{1}{2}(a_i + a_j)(1 - k_{ij}) \quad (5)$$

and  $k_{ij}$  is the binary interaction parameter between component  $i$  (e.g. olefins) and component  $j$  (e.g. aromatics) in the cut and  $a_i$  is the octane number of component  $i$ .

In our new methodology, a gasoline cut A having a octane number  $a_A$  is a mixture of three components with compositions  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ . (olefins, aromatics, saturates). From the standard laboratory inspection data of a gasoline cut, the only constraint available on the gasoline cut A is that the octane number of the gasoline cut must be recovered after blending these three components together. Having only one constraint, we can only solve for one unknown. We therefore make the assumption that all three of the components in gasoline cut A have the same octane number. Let  $a_x$  represent the octane number of the components in cut A. Eqn.(4) with (5) is the constraint for cut A and can be used to solve for one unknown value of  $a_x$ :

$$a_x = a_A / \sum_i \sum_j x_i x_j (1 - k_{ij}) \quad (6)$$

Where, the  $k_{ij}$ 's are the binary interaction parameters between components in cut A. If the  $k_{ij}$ 's are assumed to be zero between components inside the same gasoline cut, then  $a_x$  reduces to  $a_A$ , which is the proposal made by Twu and Coon (1996) in their original model, i.e., without consideration of the binary interaction parameters within a cut. It is worth noting that, at this moment, the binary interaction parameters  $k_{ij}$  and the octane number of the components,  $a_x$ , are still unknown. Similarly, eqn.(6) is applied to a gasoline cut B having an octane number  $a_B$ . The same binary interaction parameters  $k_{ij}$  will be used to solve for the octane number of the components in cut B, which is represented by  $a_y$ . A procedure will be developed to derive these values in the following section.

Because the binary interaction parameter  $k_{ij}$  and the octane numbers of the components,  $a_x$  and  $a_y$ , are still unknown, an iterative regression is required to derive a generalized set of binary interaction parameters between components for blending. We begin the procedure by using the universal set of binary interaction parameters,  $k_{ij}$ , developed previously by Twu and Coon (1996) as initial values to calculate the octane numbers of the components for cuts A and B from eqn.(6). Then the binary interaction parameter between gasoline cuts A and B,  $K_{AB}$ , can be calculated from eqn.(1). Finally, the octane number of gasoline blends can then be calculated from eqns.(2) and (3) by using only the cut information on the binary interaction parameter between gasoline cuts  $i$  and  $j$ ,  $k_{ij}$ , and the octane number of gasoline cut  $i$ ,  $a_i$ . Regression is done to find new values of  $k_{ij}$ 's, these are used in eqn.(6) to find new values for the component octane numbers, etc. until we have converged to an optimum set of generalized  $k_{ij}$ 's.

As in the previous paper, a total of 161 blends from 157 gasoline cuts from Healy et al.(1959) were used. The binary interaction parameters between components for research and motor octane number derived from this large databank of gasoline blends are given in Tables 1 and 2. We have assigned component names O, A, and S to olefins, aromatics, and saturates, respectively, which are the components contained in the gasoline cuts. For example,  $k_{OA}$  is the binary interaction parameter between the components olefins and aromatics, etc. The overall average absolute deviation percent (AAD%) for all 161 blends from 157 gasoline cuts is only 0.97% for research octane number, which is slightly better than the result (1.00%) from the previous model and 1.19% for motor octane number, which is identical to the previous results. These results indicate that the new methodology enables the blending correlation to accurately predict octane number of a large number of very different gasoline

blends using only three generalized binary interaction parameters in a consistent manner. If increased accuracy is desired, it would be advantageous for the users to reevaluate the binary interaction parameters for their specific group of blends by optimization techniques. However, considering the minimum information used in the equation, the accuracy of the prediction of octane number from this work for any kind of gasoline blend is excellent.

Table 1. The universal set of the binary interaction parameters between components for RON

---

$$k_{OA} = 0.0404$$

$$k_{OS} = -0.1462$$

$$k_{AS} = -0.0485$$

---

Table 2. The universal set of the binary interaction parameters between components for MON

$k_{OA} = 0.0455$	
$k_{OS} = -0.0916$	$k_{AS} = 0.0364$

### Illustrative Example 1: Blend Two Identical Gasoline Cuts

This example is to show that the blended octane number predicted from the proposed interaction method will be unchanged when blending two identical gasoline cuts. The blend compositions and laboratory inspection of two identical gasolines used in this example are listed in Table 3. For the convenience in this illustration, we have assigned component numbers 1, 2, and 3 to olefins, aromatics, and saturates, which are the components contained in the catalytically cracked gasoline cuts. We also assign gasoline cut symbols A and B to the first and second catalytically cracked cuts, respectively.

Table 3. Blend Compositions and Laboratory Inspection of Gasoline Cuts

Gasoline Cuts	Vol. % in Blend	RON	Hydrocarbon-type Analysis, % Vol.		
			Olefins (1)	Aromatics (2)	Saturates (3)
Catalytically cracked (A)	35.0	93.3	48.0	7.0	45.0
Catalytically cracked (B)	65.0	93.3	48.0	7.0	45.0

To illustrate how to use the interaction model in predicting octane number of a gasoline blend, step by step calculation procedures are presented below:

Step 1. First compute the octane numbers of the components,  $a_x$ , contained in the first gasoline cut (catalytically cracked) from the octane number of the cut itself,  $a_A=93.3$ , the compositions of the components given in Table 3 ( $x_1=0.48$ ,  $x_2=0.07$ ,  $x_3=0.45$ ), and the binary interaction parameters,  $k_{ij}$ , listed in Table 1. From eqn.(6):

$$\begin{aligned}
 a_x &= 93.3 / [ (0.48)^2 + (0.07)^2 + (0.45)^2 + 2(0.48)(0.07)(1-0.0404) \\
 &\quad + 2(0.48)(0.45)(1+0.1462) + 2(0.07)(0.45)(1+0.0485) ] \\
 &= 87.73
 \end{aligned}$$

$a_x=87.73$  is the calculated octane number for olefins, aromatics, and saturates contents in the first gasoline cut.

Step 2. Compute the octane numbers of the components,  $a_y$ , contained in the second gasoline cut. Since the second gasoline cut is identical to the first, the calculated octane number for olefins, aromatics, and saturates contents in the second cut is the same as that of the first cut, i.e.,  $a_y = 87.73$ .

Step 3. Compute the binary interaction parameter between these two gasoline cuts A and B. Based on the model proposed by Twu and Coon (1996), the gasoline cuts A and B must now be considered as mixtures of the same 6 components in order to calculate the binary interaction parameter between two gasoline cuts. The six components are olefins(1), aromatics(2), and saturates(3) from the first cut and olefins(4), aromatics(5), and saturates(6) from the second cut with compositions  $x_1=0.48$ ,  $x_2=0.07$ ,  $x_3=0.45$ ,  $x_4=0$ ,  $x_5=0$ ,  $x_6=0$  in cut A and  $y_1=0$ ,  $y_2=0$ ,  $y_3=0$ ,  $y_4=0.48$ ,  $y_5=0.07$ ,  $y_6=0.45$  in cut B. The octane number of these 6 components are  $a_1=a_2=a_3=a_x=87.73$  and  $a_4=a_5=a_6=a_y=87.73$ . The binary interaction parameters between components are already known and are presented in Table 1. They will be used to set up the binary interaction parameters between these six components. The binary interaction parameters between these six components (based on Table 1) are listed in Table 4 for further clarification. For example, the value of  $k_{12}$  in Table 4 is for the interaction between olefins(1) and aromatics(2) within the first cut, and also for the interaction between olefins(4) and aromatics(5) within the second cut and for the interaction between olefins(1) and aromatics(5) or aromatics(2) and olefins(4) between the first and the second cuts. The interaction between the same hydrocarbon type is zero. For example,  $k_{14}$  is zero because it is the interaction between olefins(1) in the first cut and olefins(4) in the second cut. The remaining binary interaction parameters can be obtained by using  $k_{ij}=k_{ji}$  and  $k_{ii}=0$ .

Table 4. The binary interaction parameters between components in cut X or Y

k12 = 0.0404					
k13 = -0.1462	k23 = -0.0485				
k14 = 0.0	k24 = 0.0404	k34 = -0.1462			
k15 = 0.0404	k25 = 0.0	k35 = -0.0485	k45 = 0.0404		
k16 = -0.1462	k26 = -0.0485	k36 = 0.0	k46 = -0.1462	k56 = -0.0485	

With these information on hand, the binary interaction parameter between the two gasoline cuts A and B can then be calculated from eqn.(1). The calculated binary interaction parameters between these two identical gasoline cuts A and B is given in Table 5. As we might expect,  $K_{AB}$  is zero in this example but it is important to note that it was calculated as zero using eqn.(1), rather than being forced to be zero as it was in the earlier methodology.

Table 5. The binary interaction parameters between two identical gasoline cuts X and Y

$$K_{XY} = 0.0$$

Step 4. Compute the octane number of the gasoline blend from eqns.(2) and (3) by using the following data:  $K_{AB}=0.0$ ,  $z_A=0.35$ ,  $z_B=0.65$ , and  $a_A=93.3$  and  $a_B=93.3$  The calculated octane number of the gasoline blend is 93.3, i.e., when two identical cuts are blended using our new methodology, the octane number of the blended cuts is unchanged.

### Illustrative Example 2: Blend Three Gasoline Cuts

The blend compositions and laboratory inspection of three gasolines used in this example are listed in Table 6. In this example, we want to blend these three different gasoline cuts in different ways to test the consistency of our model. First, the three cuts in this example will be blended directly together. However, in the next example, the first two gasoline cuts will be preblended, then the mixture blend is blended with the third gasoline cuts. We want to demonstrate that regardless of the order in which the gasoline cuts are blended, the blending model will give identical results.

Table 6. Blend Compositions and Laboratory Inspection of Gasoline Cuts

Gasoline cuts	Vol% in Blend	RON	Hydrocarbon-type analysis, volume %		
			Olefins (1)	Aromatics (2)	Saturates (3)
Catalytically cracked (X)	35.0	93.3	48.0	7.0	45.0
Reformate (Y)	50.0	98.9	1.0	78.0	21.0
Light straight run (Z)	15.0	72.8	0.0	3.0	97.0

Just like we did in example 1, we have assigned component numbers 1, 2, and 3 to olefins, aromatics, and saturates, which are the components contained in all three gasoline cuts: catalytically cracked, reformate, and light straight run. We also assign gasoline cut symbols X, Y, and Z to catalytically cracked, reformate, and light straight run gasoline cuts, respectively.

The procedures to calculate the binary interaction parameters between these three gasoline cuts X, Y, and Z ( $K_{XY}$ ,  $K_{XZ}$ , and  $K_{YZ}$ ) are shown in steps 1 to 3 in example 1. Following these procedures, the results in table 7 are obtained for the binary interaction parameters.

Table 7. The binary interaction parameters between gasoline cuts X, Y, and Z

---


$$K_{XY} = 0.0197$$

$$K_{XZ} = -0.0342 \quad K_{YZ} = -0.0278$$


---

The octane number of the gasoline blend can then be computed from eqns.(2) and (3) using the values of  $K_{ij}$  given in Table 7 and the following data given in Table 6:  $z_X=0.35$ ,  $z_Y=0.50$ ,  $z_Z=0.15$ ,  $a_X=93.3$ ,  $a_Y=98.9$ , and  $a_Z=72.8$ . The predicted octane number of the gasoline blend is 93.02.

### Illustrative Example 3: Blend the Same Three Gasoline Cuts in A Different Order

The octane number of the three gasoline blend in example 2 is calculated directly from the octane numbers of gasoline cuts X, Y, and Z and their binary interaction parameters. Blending gasoline cuts directly may be a common practice, but there are still many different ways to blend the gasoline cuts. In this example, the three gasoline cuts will be blended in a different order than that shown in example 2.

The octane number of the gasoline blend of these three gasoline cuts (X, Y, and Z) in this example will be calculated from the octane number of a preblend of gasoline cuts X and Y,

and the octane number of gasoline cut Z. Because the three gasoline cuts in the example 3 are the same as in the example 2, the blending model should give identical results for both cases.

The gasoline cuts X and Y are blended using the same procedures as shown in example 1, steps 1 to 3. The calculated binary interaction parameter between the cuts X and Y,  $K_{XY}$ , is presented in Table 8.

Table 8. The binary interaction parameters between gasoline cuts X and Y.

$K_{XY} = 0.0197$
-------------------

The octane number of the gasoline blend is then ready to be computed from eqns.(2) and (3) using the value of  $K_{XY}=0.0197$  and the following data from Table 6:  $z_X=0.35/0.85$ ,  $z_Y=0.50/0.85$ ,  $a_X=93.3$ , and  $a_Y=98.9$ . The blend volume percents of the cuts X and Y ( $z_X$  and  $z_Y$ ) are normalized to unity before blending. The predicted octane number of gasoline blend (X+Y) is 95.68. The properties of this blended cut (X+Y) are summarized in Table 9. The compositions of the components in the preblend gasoline (X+Y) are recalculated from their original compositions in cuts X and Y and the volume percents used in the blending. For example, the composition of the olefins in the preblend gasoline (X+Y) is computed from  $48.0 \cdot 35.0/85.0 + 1.0 \cdot 50.0/85.0 = 20.35$ .

Table 9. Blend Compositions and Laboratory Inspection of Gasoline Cuts.

Gasoline cuts	Vol% in Blend	RON	Hydrocarbon-type analysis, volume %		
			Olefins (1)	Aromatics (2)	Saturates (3)
X+Y	85.0	95.68	20.35	48.77	30.88
Z	15.0	72.8	0.0	3.0	97.0

Now, following the same procedures shown in example 1, the binary interaction parameter between the cuts (X+Y) and Z,  $K_{(X+Y)Z}$ , is calculated and the result is given in Table 10.

Table 10. The binary interaction parameters between gasoline cuts (X+Y) and Z.

---

$$K_{(X+Y)Z} = -0.0362$$

---

The octane number of the gasoline blend can then be computed from eqns.(2) and (3) using the value of  $K(X+Y)Z = -0.0362$  and the following data from Table 9:  $(X+Y)=0.85$ ,  $zZ=0.15$ ,  $a(X+Y)=95.68$ , and  $aZ=72.8$ . The predicted octane numbers of the gasoline blend is 93.03, which is identical to the result from example 2, within round off error. This example illustrated that gasoline cuts can be blended together in different orders and the results of the blended octane number will not be changed because of the order of blending. We leave it as an exercise to show that preblending cuts X and Z or Y and Z first will still result in the same blend value for the complete blend.

### **Conclusion**

The enhancement of the Twu-Coon blending method presented here results in an improved model which is not only internally consistent, but also retains the same level of accuracy as the previous model in the prediction of octane of gasoline blends. The enhanced model applies the same binary interaction parameters to components in each gasoline cut and their blends. In this way, the enhanced model can blend gasoline cuts in any order, or in any combination, or from any splitting of gasoline cuts and still yields the identical value of octane number for blending the same number of gasoline cuts without requiring the user to set binary interaction parameters to zero for identical gasoline cuts during the blending process.

### **References**

Twu, C.H. and Coon, J.E., "Predict Octane Numbers Using A Generalized Interaction Method", Hydrocarbon Processing, 51-56, February 1996.

## ANEXO 7. ANALISIS DE ERRORES EN MÉTODO DE INTERACCIONES

Mediante análisis de laboratorio y de acuerdo a los cálculos mencionados en II.1.2.1 se verifica el siguiente análisis:

Junio del 2004:

Muestra de Gasolinas:

Nafta Craqueada de 93,1 RON

Nafta Liviana de 65,2 RON

Mezcla Gradual		RON		Análisis de Error Real vs. Teórico		
% craqueada	% Liviana	Gasolina X	Gasolina Y	Método Interacc.	ASTM D- 2699	% Diferencia
0%	100%	93,1	65,2	65,000	65,2	0,3%
5%	95%	93,1	65,2	66,653	67,2	0,8%
10%	90%	93,1	65,2	68,283	69,9	2,4%
15%	85%	93,1	65,2	69,889	71,8	2,7%
20%	80%	93,1	65,2	71,471	72,5	1,4%
25%	75%	93,1	65,2	73,031	74,5	2,0%
30%	70%	93,1	65,2	74,566	75,8	1,7%
35%	65%	93,1	65,2	76,078	77,8	2,3%
40%	60%	93,1	65,2	77,567	78,5	1,2%
45%	55%	93,1	65,2	79,032	81,5	3,1%
50%	50%	93,1	65,2	80,474	81,4	1,2%
55%	45%	93,1	65,2	81,892	83,5	2,0%
60%	40%	93,1	65,2	83,287	85,0	2,1%
65%	35%	93,1	65,2	84,658	86,0	1,6%
70%	30%	93,1	65,2	86,006	86,6	0,7%
75%	25%	93,1	65,2	87,331	87,8	0,5%
80%	20%	93,1	65,2	88,631	89,8	1,3%
85%	15%	93,1	65,2	89,909	90,1	0,2%
90%	10%	93,1	65,2	91,163	91,1	-0,1%
95%	5%	93,1	65,2	92,393	92,1	-0,3%
100%	0%	93,1	65,2	93,600	93,1	-0,5%

## ANEXO 8

### CÁLCULO DE INDICADORES ECONÓMICOS DEL SISTEMA PROPUESTO

#### Inversión Inicial

Monto presupuestado	1854000.0 \$
Período de evaluación	5 años

El monto de inversión considerado es el ofertado por Cía. FMC EnergySystems con documento FMCI - PR Quote No. 02-7029 Project - In Line Blender.

#### Monto de anualidades:

##### **Monto de beneficios esperados**

Disminución del exceso de calidad en gasolinas despachadas	147000.0 \$/año
Reducción de costos por menores consumos de energía	12700.0 \$/año
Reducción de costos de personal	15600.0 \$/año
Reducción de costos por análisis de laboratorio	16500.0 \$/año
Ahorro por mayor disponibilidad de nafta virgen para exportación	528000.0 \$/año
Ahorro por mayor disponibilidad nafta craqueada para exportación	100000.0 \$/año
Monto total de ahorros generados	819800.0 \$/año

##### **Monto de costos por mantenimiento**

Costo de mantenimiento del sistema	18540.0 \$/año
------------------------------------	----------------

Se considera el 1% del valor de la inversión inicial.

#### Cálculo del Valor Actual Neto

##### Sistema de Mezcla en Línea

Anualidad	801260.0 \$/año
Tasa de Interés	14 % anual
Período	5 años

Valor Actual \$	2750790.5
-----------------	-----------

Por lo tanto:

Valor Actual Neto	896.8	MUS\$
Tasa Interna de Retorno	32.72	%
Tiempo Retorno Inversión	2.3	Años (*)

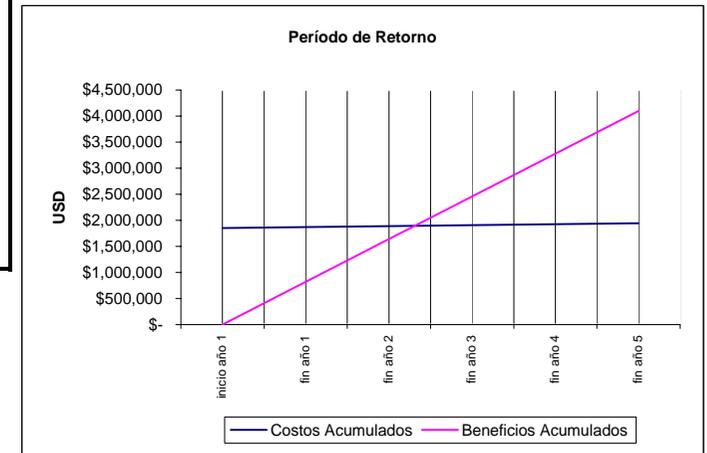
(\*) Ver Anexo N° 9

## ANEXO 9

### CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

	inicio del año 1	fin del año 1	fin del año 2	fin del año 3	fin del año 4	fin del año 5
1 Inversión y Mantenimiento	-\$ 1,854,000	-\$ 18,540	-\$ 18,540	-\$ 18,540	-\$ 18,540	-\$ 18,540
2 Ahorros obtenidos		\$ 819,800	\$ 819,800	\$ 819,800	\$ 819,800	\$ 819,800
3 Beneficios Netos	-\$ 1,854,000	\$ 801,260	\$ 801,260	\$ 801,260	\$ 801,260	\$ 801,260
4 Costos acumulados	-\$ 1,854,000	-\$ 1,872,540	-\$ 1,891,080	-\$ 1,909,620	-\$ 1,928,160	-\$ 1,946,700
5 Ahorros acumulados	\$ -	\$ 819,800	\$ 1,639,600	\$ 2,459,400	\$ 3,279,200	\$ 4,099,000
Beneficio Neto	-\$ 1,854,000	\$ 1,052,740	\$ 251,480	\$ 549,780	\$ 1,351,040	\$ 2,152,300

	Costos Acumulados	Beneficios Acumulados
inicio año 1	\$ 1,854,000	\$ -
fin año 1	\$ 1,872,540	\$ 819,800
fin año 2	\$ 1,891,080	\$ 1,639,600
fin año 3	\$ 1,909,620	\$ 2,459,400
fin año 4	\$ 1,928,160	\$ 3,279,200
fin año 5	\$ 1,946,700	\$ 4,099,000



**Nota 1: Inversión y Mantenimiento**

Al inicio del año 1 se coloca el monto de inversión del sistema de mezcla en línea, en las demás columnas se agrega el costo de mantenimiento anual del sistema.

**Nota 2: Ahorros obtenidos**

En esta fila se colocan los estimados de los ahorros anuales que son beneficio del proyecto.

**Nota 3: Beneficios Netos del Cliente**

Es la diferencia anual entre el Monto de Inversión, Costos de Mantenimiento y los Ahorros obtenidos.

**Nota 4: Costos acumulados**

Es la cantidad acumulada de los costos a través de los 5 años.

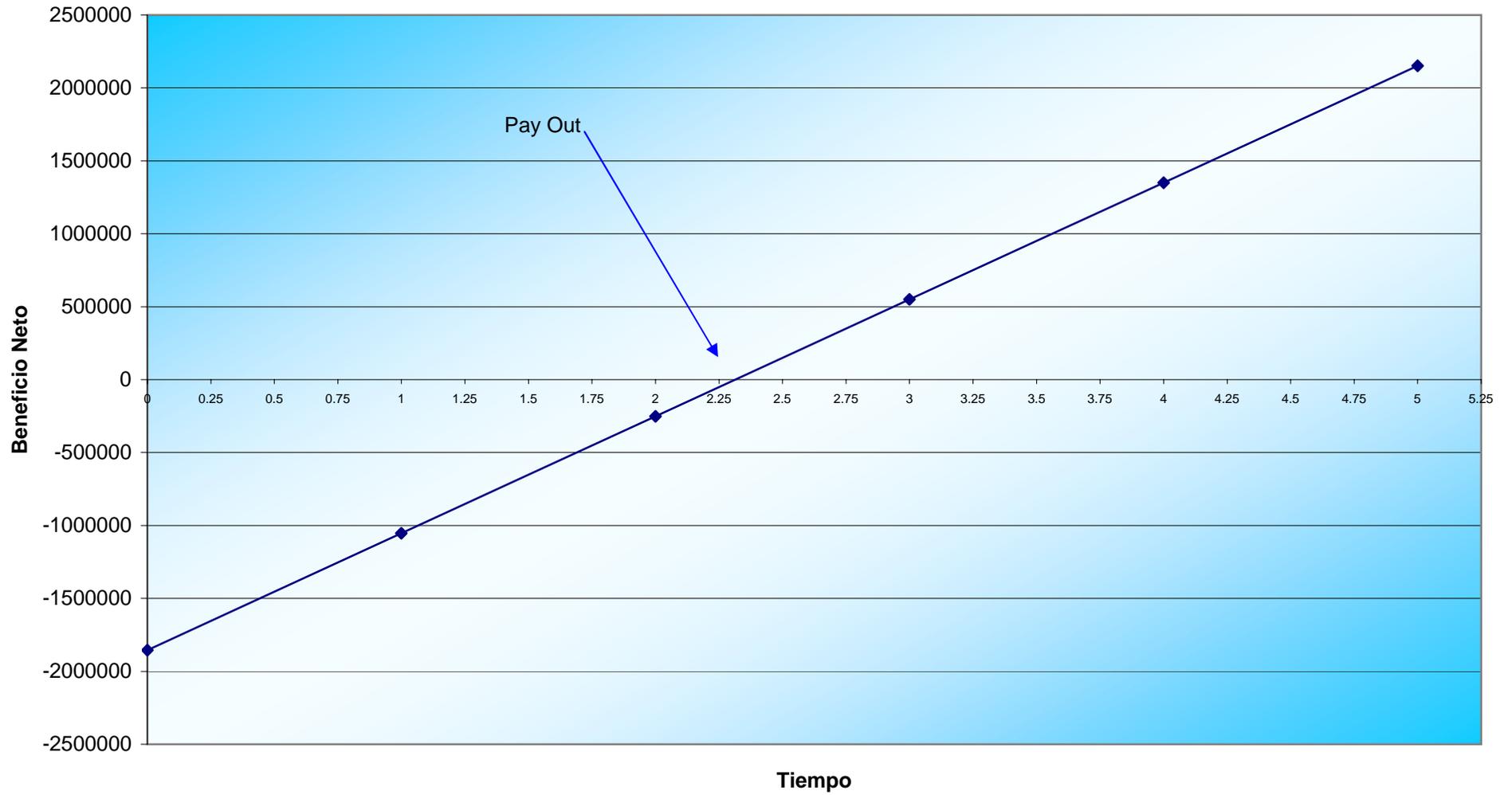
**Nota 5: Ahorros acumulados**

Es la cantidad acumulada de los ahorros o beneficios a través de los 5 años.

En esta gráfica se ilustran los costos y ahorros acumulados a través de los 5 años y se muestra que el Período de Retorno es en el momento en que los ahorros acumulados igualan a los costos acumulados. En este caso el período de Retorno se tiene a mediados del tercer año, es decir, el proyecto genera beneficios a partir de la mitad del tercer año.

**Retorno: 2.3 Años**

### Determinación del PayOut para el Proyecto de Inversión del Sistema de Mezcla en Líneas de Gasolinas



## VIII. GLOSARIO

- VIII.1. **Acoderado:** Término utilizado cuando una nave o buque tanque está amarrado al muelle.
- VIII.2. **Alineamiento del tanque:** Término empleado para indicar que las válvulas de ingreso o salida de producto de un tanque se encuentran abiertas y que se puede iniciar una transferencia o recirculación del producto del tanque.
- VIII.3. **API:** American Petroleum Institute. Asociación Americana de Petróleo. Mediante muchos estándares normaliza ensayos, prácticas en la industria del petróleo en general y calibraciones de diferentes materiales procedentes del hidrocarburo. Cada país, según sus necesidades, usa como referencia estos estándares y los adecúa como normas técnicas.
- VIII.4. **ASTM:** American Society for Testing and Materials. Asociación americana de estándares. Mediante muchos estándares normaliza pruebas de laboratorio, ensayos, prácticas en la industria en general y calibraciones de diferentes materiales. Cada país, según sus necesidades, usa como referencia estos estándares y los adecua como normas técnicas.
- VIII.5. **Batch:** Preparación en forma intermitente o por lotes.
- VIII.6. **Barril:** Unidad de medida estándar para el petróleo crudo y sus productos refinados. Un barril es equivalente a 42 galones. MBPD: Miles de barriles por día. BPD: Barriles por día.
- VIII.7. **BCS:** Blending Control System o Sistema de control de la mezcla.
- VIII.8. **Bomba:** Es la máquina que transforma energía, aplicándola para mover líquidos. Este movimiento normalmente es ascendente. Las bombas pueden ser de dos tipos: “volumétricas” y “rotatorias”. Todas constan de un orificio de entrada (de succión) y otro de salida (de descarga). Las

volumétricas mueven el líquido mediante la variación periódica de un volumen. Es el caso de la bomba de émbolo (reciprocantes). Las rotatorias poseen un elemento que gira, produciendo así el arrastre del líquido. Este elemento “rotor” se denomina “Rodete” y suele tener la forma de hélice o rueda con paletas. Las bombas pueden recibir la energía de diversas fuentes, cuando la bomba recibe la energía a través de un motor acoplado (eléctrico, de diesel o gasolina), al conjunto se le llama moto-bomba. El motor puede también estar separado de la bomba. Entonces hace falta un elemento que le transmita el movimiento. Puede ser una polea, un eje, etc.

- VIII.9. **Brazo de carga:** Dispositivo por el cual se realiza la carga de combustibles líquidos a los buques tanque en el muelle de carga líquida.
- VIII.10. **Buques tanque:** Son buques que transportan crudos y productos refinados en sus compartimientos.
- VIII.11. **Butano:** Hidrocarburo que consiste de cuatro átomos de carbono y diez átomos de hidrógeno. En proceso de refinación donde hay Craqueo Catalítico Fluidizado viene acompañado de butileno y/o isómeros. Normalmente se encuentra en estado gaseoso pero se licúa para transportarlo y almacenarlo; se utiliza en la preparación de gasolinas por su alto octano pero con la consideración de su alta presión de vapor. Véase también GLP.
- VIII.12. **Cabotaje:** Navegación o tráfico comercial hecho a lo largo de la costa de un país.
- VIII.13. **Casa de bombas:** Área específica de una refinería donde se encuentra un grupo de bombas para preparar y despachar productos.
- VIII.14. **Certificado de laboratorio:** Certificación que otorga un laboratorio a un producto que reúne todas las condiciones comerciales o necesarias.

- VIII.15. **Complejo de craqueo catalítico (CCC):** En Talara, se refiere al conjunto de las unidades de destilación al vacío (UDV), unidad de craqueo catalítico (UCC) y unidad de recuperación de gases (URG).
- VIII.16. **Corte:** Uno o más compuestos de petróleo crudo que se evaporan (y se extraen) dentro de un determinado rango de temperatura durante el proceso de destilación del crudo o productos intermedios.
- VIII.17. **COB / EOB:** Índices utilizados para cuantificar el costo octano barril y el exceso de octano por barril, respectivamente.
- VIII.18. **Petróleo crudo:** Líquido oleoso bituminoso de origen natural compuesto por diferentes sustancias orgánicas. También recibe los nombres de petróleo crudo, crudo petrolífero o simplemente "crudo". Se encuentra en grandes cantidades bajo la superficie terrestre y se emplea como combustible y materia prima para la industria química. El petróleo crudo se divide en sus distintos componentes por medio de la destilación antes de que estos químicos y compuestos se puedan utilizar como combustibles o convertirse en productos más valiosos.
- VIII.19. **DCS:** Siglas del nombre en inglés de un sistema de control distribuido. Sistemas de control cuyos componentes hardware y software, que están en ordenadores conectados en red, se comunican y coordinan sus acciones mediante el paso de mensajes, para el logro de un objetivo. Se establece la comunicación mediante un protocolo prefijado por un esquema cliente-servidor.
- VIII.20. **Desplazamiento de línea:** Transferencia del hidrocarburo líquido contenido en la tubería mediante desplazamiento con otro producto produciéndose un lavado. Este puede ser:
- Desplazamiento interno de las líneas: Se realiza para lavar el producto de las líneas antes de una transferencia.
  - Desplazamiento de líneas hasta el muelle de carga líquida: Se desplazan las líneas de carga del muelle con producto en calidad, para luego ser muestreado y certificado por laboratorio.

- VIII.21. **GLP (Gas licuado de petróleo o Liquefied Petroleum Gas - LPG):** El GLP está compuesto de propano, butano o una mezcla de los dos, la cual puede ser total o parcialmente licuada bajo presión con objeto de facilitar su transporte y almacenamiento. El GLP puede utilizarse para cocinar, para calefacción o como combustible automotriz.
- VIII.22. **HOGBS:** High Octane Gasoline Blend Stock. Gasolina de alto octanaje importada de refinerías que sean capaces de tener octanajes mayores a 98.
- VIII.23. **ILB:** In Line Blending. Mezcla en línea. Sistema patentado para la preparación de productos mediante la mezcla de componentes en forma continúa.
- VIII.24. **Línea:** Comúnmente llamada así a las tuberías una a continuación de otra por la cual se transfiere un fluido de un lugar a otro.
- VIII.25. **Manifold:** Conjunto de conexiones de tuberías y válvulas que permiten conducir el flujo de producto en una o mas direcciones determinadas.
- VIII.26. **Mejorador de octano:** Es un aditivo que se adicionan a las gasolinas para elevar su número de octano. Se mencionan los más utilizados en la industria: TEL (Tetraetilo de Plomo), MMT (Metilciclopentadienil Tricarbonil Manganeso), MTBE (metil terbutil éter) y TAME (metil teramil éter). De estos aditivos, los que han tenido un mayor uso a nivel mundial, han sido el MTBE y el TAME, debido a su alto valor de octano en la mezcla con gasolina, a su baja presión de vapor y sobre todo a su alta disponibilidad, al producirse en plantas integradas a las refinerías, donde son aprovechadas las materias primas de refinación requeridas para su elaboración (metanol, butanos, butilenos e isobutilenos), con las ventajas económicas que ello representa.
- VIII.27. **MODBUS:** Protocolo de comunicaciones diseñado para ser utilizado con un PLC y pueda mantener conectados dispositivos electrónicos industriales a una interfaz humana.

- VIII.28. **Muestra del tanque:** Porción significativa de producto de un tanque (llevados en un recipiente) que represente la calidad del producto contenido. Esta muestra es analizada en un laboratorio para certificar la calidad del producto del tanque. La técnica de muestreo y otras consideraciones están normados de acuerdo al manual del American Petroleum Institute (API)
- VIII.29. **Muestras de las líneas del muelle:** Obtención de una porción significativa del volumen del producto contenido en la línea de carga del Muelle, la cual conserva las mismas propiedades físicas y químicas. Esta muestra es analizada en un laboratorio para certificar la calidad del producto antes de iniciar un despacho por el Muelle.
- VIII.30. **Muestra inicial del producto abordo:** Obtención de una porción significativa del volumen del producto contenido en compartimiento del buque tanque a la primera hora del inicio de la carga para ser analizada en el laboratorio y conocer su calidad.
- VIII.31. **Muestra final del producto abordo:** Obtención de una porción significativa del volumen del producto contenido en compartimiento del buque tanque al termino de la carga del producto, para ser analizada en el laboratorio y conocer su calidad y certificar el embarque.
- VIII.32. **Muestra de tapa y fondo:** Obtención de una porción significativa del volumen de producto del tanque la cual conserva las mismas propiedades físicas y químicas. Esta muestra es obtenida a dos niveles una de la porción superior del tanque y la otra de la inferior. En el laboratorio se analiza el compósito (mezcla) de ambas muestras para obtener el certificado de la calidad del producto del tanque.
- VIII.33. **Naftas:** Gasolinas. Las naftas son una mezcla de hidrocarburos que se encuentran refinados, parcialmente obtenidos en la parte superior de la torre de destilación atmosférica: naftas liviana y pesada o de la torre de fraccionamiento de una unidad de Craqueo Catalítico: Nafta craqueada. Estas naftas se diferencian por el rango de destilación y octanaje, las cuales después son utilizados para la producción de diferentes tipos de gasolinas. Las naftas son altamente inflamables por lo cual su manejo y

su almacenamiento requieren de un proceso extremadamente cuidadoso y especial. Las naftas también son utilizadas en aplicaciones agrícolas como solventes, también tiene uso en la industria de pinturas y en la producción de solventes específicos.

- Nafta Primaria o Liviana: Hidrocarburo del grupo de las gasolinas, que se produce en la destilación atmosférica de las unidades de crudo. Se usa como componente en la preparación o mezcla de gasolinas y como materia prima en las plantas de reformado.
- Nafta Craqueada: Hidrocarburo del grupo de las gasolinas, que se produce en las unidades de craqueo catalítico. Se usa como componente en la preparación o mezcla de gasolinas.
- Nafta Virgen: Nafta primaria con calidad de exportación, la cual sirve como materia prima en una plata petroquímica (reformado) para la obtención de productos Aromáticos, principalmente Benceno, Tolueno, Xilenos (mezclas), Ciclohexano y Aromáticos pesados.

VIII.34. **NEMA:** National Electrical Manufacturers Association, Asociación encargada de administrar diversos estándares de equipos eléctricos utilizados en la industria.

VIII.35. **NIR:** Near Infra-Red (Infrarrojo Cercano) Analizador infrarrojo que proporciona un análisis instantáneo multi - propiedad de las gasolinas. A través del fluido a analizar, incide radiación infrarroja cercana y empleando la interpretación matemática del espectro resultante, el analizador NIR evalúa las propiedades de los componentes de la mezcla como también del producto mezclado. El rango de longitudes de onda del espectro NIR es de 800 nm a 2500 nm. Los analizadores NIR pueden medir muchas propiedades para una variedad de líquidos derivados del petróleo incluyendo:

- RON
- MON

- RVP
- Puntos de destilación (10%, 50%, 90% y PFE).
- Volumen de los aromáticos.
- Volumen de Olefinas.
- Volumen de Benceno.
- Volumen de Oxigenados.
- % Composición PIONA.

VIII.36. **Octanaje o número de octano:** Es una medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna, de tal manera que se libere o se produzca la máxima cantidad de energía útil. Esta se determina mediante corridas de prueba en un motor, de donde se obtienen dos parámetros a diferentes condiciones:

El RON, Research Octane Number (Número de Octano de Investigación), se determina efectuando una velocidad de 600 revoluciones por minuto (rpm) y a una temperatura de entrada de aire de 125°F (51,7°C)

El MON, Motor Octane Number (Número de Octano del Motor), se obtiene mediante una corrida de prueba en una máquina operada a una velocidad de 900 revoluciones por minuto y con una temperatura de entrada de aire de 300°F (149°C).

Para propósitos de comercialización y distribución de las gasolinas, los productores determinan el octanaje comercial, como el número de octano de investigación (RON). La prueba se realiza en laboratorio y está normado según el ASTM D2699 para RON y D2700 para MON. El octanaje se mide usando una escala arbitraria de número de octano. En

esta escala, se dio a los hidrocarburos iso-octano (que es poco detonante) un índice de octano de 100; y al n-heptano (que es muy detonante), un índice de octano de cero. La prueba de determinación del octanaje de una gasolina se efectúa en un motor especial de un sólo cilindro, aumentando progresivamente la compresión hasta que se manifiesten las detonaciones.

Posteriormente, se hace funcionar el motor sin variar la compresión anterior, con una mezcla de cantidad variable de iso-octano y de n-heptano, que representará el octanaje o índice de octano de la gasolina para la cual se procedió a la prueba y que tiene, por lo tanto, el mismo funcionamiento antidetonante de la mezcla de hidrocarburos. Así, por ejemplo, si una gasolina presenta propiedades antidetonantes similares a una mezcla de 95% de iso-octano y 5% de n-heptano, se dice que tiene un número de octano de 95. Si una gasolina presenta bajo octanaje origina problemas tales como la generación de detonaciones o explosiones en el interior de las máquinas de combustión interna, aparejado esto con un mal funcionamiento y bajo rendimiento del combustible, cuando el vehículo está en movimiento, aunado a una elevada emisión de contaminantes.

- VIII.37. **PC:** acrónimo de **personal computer**. Se utiliza para designar los ordenadores o computadoras personales.
- VIII.38. **% PIONA:** Se utiliza para resumir el porcentaje de composición de las parafinas, isoparafinas, olefinas, naftenos y aromáticos obtenidos por un equipo analizador. También se usa el % PONA.
- VIII.39. **Planta de etilo:** Área en la cual se realiza el entintado de los diferentes tipos de gasolina para evitar adulteraciones. También se realizaba la adición del mejorador de octanaje (TEL). Su nombre proviene porque antes se almacenaba TEL - Plomo tetraetílico.
- VIII.40. **Planta de ventas:** Plantas abastecedoras o terminales en la cual se realiza la venta de combustibles a mayoristas por medio de camiones cisternas.

- VIII.41. **PLC:** Los controladores lógicos programables o PLC (Programmable Logic Controller en sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial. Su historia se remonta a finales de la década de 1960, cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional. Hoy en día, los PLC's no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID). Los PLC's actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.
- VIII.42. **Productos intermedios:** Productos destinados a ser parte de la carga de otra unidad de proceso o preparación de un producto final.
- VIII.43. **Propano:** Hidrocarburo que se encuentra en pequeñas cantidades en el gas natural, consistente de tres átomos de carbono y ocho de hidrógeno; gaseoso en condiciones normales. En proceso de refinación donde hay craqueo catalítico fluidizado viene acompañado de propilenos y/o isómeros. Se le emplea como combustible automotriz, para cocinar y para calefacción. A presión atmosférica, el propano se licúa a  $-42^{\circ}\text{C}$ . Ver también GLP.
- VIII.44. **RBN:** Siglas de RON Blending Number. Índice utilizado para linealizar la función Número de Octano Research con la composición volumétrica de varios componentes en una mezcla de gasolinas.
- VIII.45. **Recirculación del tanque:** Término empleado cuando se requiere homogenizar el producto contenido en un tanque de almacenamiento y se realiza mediante la transferencia del producto del tanque a una bomba y está descargando al mismo tanque logrando la circulación del producto.

- VIII.46. **RTO:** Siglas en inglés de Optimización en Tiempo Real. Sistema de Control Avanzado que forma parte de los sistemas automatizados de gestión de procesos diseñados para mantener a las plantas operando en torno a un óptimo económico y operacional y puede ser usado en conjunto con otros sistemas. Otros tipos de sistemas de control de este tipo son los multivariables, como por ejemplo, los sistemas de optimización y control en tiempo real usando modelos híbridos neuronales y que dan solución mediante métodos globales determinísticos y estocásticos.
- VIII.47. **RVP:** Reid Vapor Pressure (Presión de Vapor Reid, PVR o Presión de Vapor) Medida de Presión del Vapor sobre una muestra de gasolina o de otro combustible volátil en una bomba estándar en 100°F (37,8°C). Usada para predecir la acumulación de vapor. El rango de las medidas típicas de RVP es 0-22 psi  $\pm$  0,1 psi de acuerdo con ASTM D-4953 y D-323.
- VIII.48. **Set-point (SP):** Valor objetivo de una propiedad la cual se quiere controlar; cualquier diferencia entre la medida y el set-point es el error y el regulador reaccionará para ajustar (el rendimiento del mando) la válvula hasta que el valor del error acumulado se reduzca a cero.
- VIII.49. **SKID:** Patín de mezcla de algún producto que se mezcla en línea.
- VIII.50. **SQL:** El SQL (Structured query language) es un estándar aceptado en productos de bases de datos, que fue utilizado comercialmente por primera vez por la empresa Oracle en 1979. A pesar de que no se trata de un lenguaje de programación como puedan serlo C o Pascal, puede utilizarse en el diseño de consultas interactivas y puede incluirse en una aplicación como un conjunto de instrucciones de manejo de datos (sentencias). Por ejemplo, basándose en soportes externos al propio lenguaje y aun al propio programa ya compilado (como es un servidor o un motor SQL que haga de puente entre la aplicación, el sistema operativo y las bases de datos), lenguajes como Visual Basic o C/C++ pueden incluir sentencias SQL en su código.

- VIII.51. **Tanque preparado:** Término empleado cuando el producto de un tanque se encuentra dentro de las especificaciones de calidad y posee un certificado de calidad otorgado por el laboratorio.
- VIII.52. **Transferencias de componentes:** Transferencia de un componente (Nafta craqueada, Nafta liviana o HOGBS) de una unidad de proceso o Tanque de almacenamiento al tanque de preparación de gasolinas.
- VIII.53. **Transferencias entre tanques:** Transferencia del producto de un tanque a otro por medio de una bomba o por acción de la gravedad.
- VIII.54. **Unidad de Destilación Primaria (UDP):** El primer paso del proceso de refinación de crudo. Durante la destilación, el petróleo crudo se calienta en la base de una torre de destilación. A medida que aumenta la temperatura, los distintos componentes del crudo se evaporan sucesivamente en función de los diferentes puntos de ebullición, luego suben a los niveles superiores dentro de la torre (de acuerdo a sus densidades), se condensan en bandejas de destilación y se retiran en forma individual para ser tratados, despachados y/o procesados nuevamente. La unidad de "destilación primaria" calienta el petróleo crudo a presión atmosférica para realizar el primer "corte" de destilación.
- VIII.55. **Unidad de Destilación al Vacío (UDV):** Proceso por el cual los cortes más pesados del crudo que no se evaporan en la destilación atmosférica se calientan en una torre sometida a presión de vacío para lograr el fraccionamiento de cortes que no se pudieron recuperar a la presión atmosférica.
- VIII.56. **Unidad de Craqueo Catalítico (FCC) (Craqueo Catalítico Fluido):** Proceso de refinación por el cual ciertos cortes de crudo se descomponen o desintegran en compuestos de hidrocarburos más simples a nivel molecular por medio de calor extremo, presión y sobre la superficie de un catalizador químico. Esencialmente, el proceso modifica la cadena larga de moléculas de hidrocarburo que contienen componentes de crudo con valor inferior, transformándola en una cadena corta molecular con componentes de mayor valor. El craqueo

catalítico es una reacción físico-química en presencia de un catalizador, el mismo que constituye un elemento que inicia y/o favorece esta reacción pero que no forma parte de ella. La configuración de los equipos puede variar ampliamente dependiendo de la tecnología aplicada y las características del producto utilizado como carga y de los que se deseen obtener.

VIII.57. **Unidad de Recuperación de Gases (URG):** En esta unidad se recolectan y se tratan, los gases y nafta liviana producidos en las unidades de procesos. El primer paso es la separación de los gases incompresibles (metano y etano) para su utilización como combustible de planta en quemadores. Luego, se separan los gases intermedios (propano y butano) de los compuestos más pesados. Los gases intermedios propano y butano que constituyen el GLP y los compuestos más pesados que constituirán la gasolina liviana, deben pasar posteriormente por un proceso de tratamiento cáustico o de Oxidación de Mercaptanos.

VIII.58. **Unidad Merox:** El proceso de Merox trata eficiente y económicamente fracciones del petróleo para quitar el sulfuro de los mercaptanos (Oxidación de Mercaptanos) o convertir el sulfuro de los mercaptanos a los disulfuros menos corrosivo (Endulzamiento Merox). Este proceso se puede utilizar para tratar líquidos tales como gases licuefactados de petróleo (GLP), líquidos del gas natural (LGN), las naftas, los kerosenes, los combustibles jet y otros destilados medios. Puede también ser utilizado para tratar los gases tales como gas natural, gas de refinería y gas sintético conjuntamente con el pre-tratamiento convencional y los procesos post-tratamiento.

VIII.59. **Unidades de procesos:** Término general a utilizar para referirse a cualquiera de las plantas existentes en refinería.

VIII.60. **Unidad de movimiento de productos:** Área de una refinería encargada de:

- Recepción y Almacenamiento de Crudos y Productos. La recepción y almacenamiento de productos terminados y no terminados de las

unidades de procesos y/o otras refinerías mediante cargas y descargas de estos a buques y tanques, respectivamente.

- Preparación de Gasolinas y Residuales. Preparación y despachos a plantas de ventas y buques tanque.

VIII.61. **WINBLEND:** Paquete licenciado por FMC Technology para ser utilizado como parte del control del proceso de preparación de gasolinas en línea. Aquí se administra los módulos controladores y se realiza la optimización en tiempo real.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- IX.1. "Historia de Talara", Historiador Reynaldo Moya Espinoza (2001)
- IX.2. Anuario Estadístico de Hidrocarburos (2003). Ministerio de Energía y Minas.
- IX.3. Octane Improvements Costs, Refinería Talara (2004)
- IX.4. "The Development of Linear Blending Indices for Petroleum Properties" - Journal of the Inst. of Petroleum, 322-329 - Auckland, M.H.T. y Charnock, D.J. (1969).
- IX.5. "Petroleum Refining - Technology and Economics" - J. H. Gary y G.E. Handwerk (1984)
- IX.6. Twu, C.H. and Coon, J.E., "Predict Octane Numbers Using A Generalized Interaction Method", Hydrocarbon Processing, 51-56, February 1996.
- IX.7. "Calculating Gasoline Blend Octane Ratings" – Ind. Eng. Chem., 1740-1742 - Schoen, W.F. and Mrstik, A.V. (1955)
- IX.8. "Predict Octanes for Gasoline Blend" - Petroleum Refiner., 135-139 Stewart, W.E. (1959)
- IX.9. "A New Approach to Blending Octanes" - API Division of Refining, 24th midyear meeting, New York - Healy, Jr. W.C., Maassen, C.W., and Peterson, R.T., (May 27, 1959)
- IX.10. "Interaction Approach to Gasoline Blending" - NPRA Paper AM-75-30, National Petroleum Refiners Association annual meeting - Morris, W.E. (March 1975)

- IX.11. "A Transformation Method for Calculating the Research and Motor Octane Numbers of Gasoline Blends" - Ind. Eng. Chem. Fundam., 195-204 - Rusin, M.H., Chung, H.S., and Marshall, J.F. (1981)
- IX.12. "New method produces accurate octane blending values" - Oil& Gas Journal, Vol.23, N°3, 80-90 - A. Muller (1992)
- IX.13. "Predict Octane Number for Gasoline Blends" - Hydrocarbon Processing N°5, 85-87 - A.H. Zahed, S.A. Mullah and M.D. Bashir (1993)
- IX.14. "Manual de Compuestos Antidetonantes" - Ethyl-Octel, 1975
- IX.15. "Handbook of Petroleum Refining Processes", Robert A. Meyers (1996)
- IX.16. "Control Automático de Procesos", Carlos A. Smith & Armando B. Corripio (1991)
- IX.17. "Petroleum Refinery Process Economics", Robert E. Maples (2000)
- IX.18. "Perry's Chemical Engineer's Handbook", Robert H. Perry (1999)
- IX.19. "El Petróleo – Refino y Tratamiento Químico", Pierre Wuithier (1971)
- IX.20. "Matemáticas Financieras y Evaluación de Proyectos", Javier Serrano Rodríguez (2001)
- IX.21. Procedimientos de Trabajo de Movimiento de Productos, Refinería Talara (2001)
- IX.22. "MATHEMATICA: A System for Doing Mathematics by Computer", Wolfram, S. (1988).
- IX.23. "Modeling and Model Updating in the Real-Time Optimization of gasoline blending", Singh, Aseema. Thesis for Master of Applied Science in Chemical Engineering (1997)