

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL ARRENDAMIENTO DE  
LA REFINERÍA ISLA BAJO ESTANDARES INTERNACIONALES**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Domingo A. Páez M,  
para optar al Título de Ingeniero de Petróleo

Caracas, 2018

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL ARRENDAMIENTO DE  
LA REFINERÍA ISLA BAJO ESTANDARES INTERNACIONALES**

**TUTOR ACADÉMICO:** Esp. Rojas, René

**TUTOR INDUSTRIAL:** Ing. Alarcón, Gonzalo

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Domingo A. Páez M,  
para optar al Título de Ingeniero de Petróleo

Caracas, 2018

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería de Petróleo, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Páez Molina Domingo Antonio; titulado:

**ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL  
ARRENDAMIENTO DE LA REFINERÍA ISLA BAJO  
ESTÁNDARES INTERNACIONALES**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Petróleo y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran **APROBADO**.

---

**Jurado**

**Prof. Carelia Rojas**

---

**Jurado**

**Prof. Sandro Gasbarris**

---

**Esp. René Rojas**

**Tutor**

## **DEDICATORIA**

Le dedico este gran logro...

A Dios todopoderoso, por iluminarme y llenarme de bendiciones.

A mi madre Benilde Molina quien creyó fielmente en mí, sin jamás cuestionar mis aspiraciones al logro. El día de hoy solo puedo decirte lo logramos mamá.

## AGRADECIMIENTOS

El primer agradecimiento es a Dios todopoderoso quien me dio la fuerza y la valentía para seguir adelante en todos esos momentos cuando tuve dudas, siempre estuvo allí sosteniendo mi mano, gracias padre.

Gracias a mi madre Benilde Molina por el apoyo brindado durante este largo camino.

A mis hermanos (Mirian Páez, Zoraida Páez, José Páez, Neila Páez), que de alguna manera contribuyeron durante mi carrera; en especial agradecimiento para mis hermanos Pablo Páez y Yecson Páez que estuvieron allí aportando entusiasmo, los quiero.

A mi novia Mónica Baschour quien me ha brindado el apoyo incondicional en los buenos y malos momentos, siempre estuvo allí.

A mi suegra Ana González quien me ha dado una gran amistad.

A quien considero como un padre Ramón Canaán, quien desde que llegó a mi vida me motivó a llegar a esta etapa de culminación de mi carrera, y brindarme el apoyo incondicional.

A mi tutor académico profesor René Rojas quien siempre estuvo allí asesorando y con gran paciencia explicando toda aquella duda que durante el desarrollo de esta investigación surgía.

A Richard Muños amigo y compañero quien siempre asesoró este Trabajo Especial de Grado con la mayor disposición.

A Simón González por su ardua colaboración en la fase experimental para el desarrollo de este trabajo.

A mi tutor industrial Gonzalo Alarcón quien aparte de ser un gran amigo, me dio la oportunidad de emprender esta investigación.

A la profesora Carelia Rojas por su ayuda incondicional y preocupación en todo momento.

A mi madrina Karen Pérez por su máxima colaboración para culminar con éxito esta etapa de mi carrera.

A mis grandes amigos Crisóstomo Melgarejo quien durante toda la carrera me prestó todo el apoyo posible. Jesús León compañero de estudio, a quien le agradezco su gran ayuda para

culminar esta etapa. Víctor Griman, Miquel Strippolli, Elvis Pineda, Adrian Pazo, Cristian González, Daniel Solaque, Jonás Figueroa.

A los profesores, Pedro Díaz, Yujeisly Reina, Miguel Castillejo, Adonahis Álvarez, Manuel Barrios, Gustavo León.

**¡A TODOS ELLOS, GRACIAS!**

**Páez M. Domingo A.**

# **ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL ARRENDAMIENTO DE LA REFINERÍA ISLA BAJO ESTANDARES INTERNACIONALES**

Tutor Académico: Esp. Rojas, René. Tutor Industrial: Ing. Alarcón, Gonzalo.

Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.

Escuela de Ingeniería de Petróleo. Año 2018.

**Palabras claves:** Refinería Isla, Curazao, comercialización, Crudo Boscán, Crudo Tía Juana Pesado, Crudo Bachaquero, Crudo Pesado, PDVSA-Refinería Isla

**Resumen.** Actualmente el contrato de arrendamiento de Refinería Isla está próximo a vencerse lo cual requiere evaluar si es conveniente una renovación. En tal sentido, se requiere estudiar la posibilidad de dar continuidad a un nuevo contrato previo a estas decisiones gerenciales. Es por ello que esta investigación cobra importancia y por lo tanto se decide trazar como objetivo estudiar la factibilidad técnica del arrendamiento de Refinería Isla bajo los estándares internacionales. Para el alcance de este objetivo se siguió una metodología basada en un diseño experimental en el que se estudia la calidad de los crudos Boscán, Tía Juana Pesado y Bachaquero los cuales son procesados en este complejo refinador. Luego de haber seguido un procedimiento experimental basado en las normas ASTM para los ensayos de laboratorio, para el estudio de las propiedades del crudo que definen su calidad, se obtuvieron un conjunto de resultados que indican que cumplen con las características requeridas para ser procesado en dicha refinería. Por otra parte, se identificaron las ventajas de ubicación geográfica de la refinería; se identificó la capacidad nominal de 335 MBD y de comercio de los productos, determinándose que permite una capacidad de 7.5 MMBBL de almacenamiento de crudo y un amplio mercado en el Caribe. Seguidamente fueron categorizados los clientes naturales y habituales mediante una matriz, obteniendo como resultado que el continente asiático es el mayor comprador y de excelente categoría, esto basado en un análisis geopolítico en relación bilateral con Venezuela. En este orden de ideas se establece como conclusión general que es factible la renovación del contrato de arrendamiento de Refinería Isla ya que mantiene la óptima comercialización de productos refinados, lo que garantiza ganancias para la estatal petrolera PDVSA.

## INDICE

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
INDICE.....	x
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I EL PROBLEMA.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Alcance de la investigación.....	5
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de la investigación.....	6
2.2 Bases Teóricas.....	8
2.2.1 Petróleo.....	8
2.2.2 Clasificación del crudo según su gravedad API.....	9
2.2.3 Petróleos de Venezuela S.A (PDVSA).....	9
2.2.4 Venezuela y la OPEP.....	10
2.2.5 Refinería Isla.....	12
2.2.6 Almacenamiento de Refinería Isla.....	26
2.2.7 Productos Refinería Isla.....	26
2.2.8 Mercados.....	29
2.2.9 PetroCaribe.....	31

2.2.10 Geopolítica .....	32
2.2.11 Normas ASTM .....	33
2.2.12 Matriz de toma de decisiones .....	35
CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO .....	37
3.1 Diseño de la investigación.....	37
3.2 Tipo de investigación .....	37
3.3 Metodología.....	39
3.3.1 Revisión bibliográfica.....	39
3.3.2 Identificación de las ventajas geográficas y estratégicas.....	39
3.3.3 Capacidad operacional y comercio de productos .....	40
3.3.4 Categorización de los clientes de la Refinería Isla de acuerdo a su capacidad de compra.....	40
3.3.5 Evaluación de calidad de crudos.....	41
3.3.6 Evaluación de la Refinería isla en el contexto geopolítico.....	46
3.3.7 Matriz de toma de decisiones .....	46
CAPITULO IV ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	47
4.1 Identificación de ventajas geoestratégicas.....	47
4.2 Capacidad operacional y comercio de productos en la Refinería Isla.....	48
4.2.1 Capacidad operacional.....	48
4.2.2 Productos refinados de Venezuela.....	48
4.3 Categorización de los clientes de acuerdo a su capacidad de compra.....	51
4.4 Evaluación de los crudos .....	52
4.4.1 Deshidratación de los crudos.....	52
4.4.2 Porcentaje de agua y sedimento por centrifugación .....	53
4.4.3 Gravedad API por el método del hidrómetro .....	53
4.4.4 Determinación de la viscosidad cinemática y dinámica.....	54

4.4.5 Determinación del azufre.....	55
4.5 Evaluación de la Refinería Isla en el contexto Geopolítico.....	56
4.6 Matriz de toma de decisiones .....	56
<b>CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>59</b>
5.1 Conclusiones.....	59
5.2 Recomendaciones .....	61
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>62</b>
<b>APENDICE A. GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>66</b>
<b>APENDICE B. EMBARCACIONES PARA CRUDO .....</b>	<b>71</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de crudo según su gravedad API .....	9
Tabla 2 Reservas en millones de barriles de los países miembros de la OPEP.....	12
Tabla 3 Formulación de Hipótesis y Operacionalización de variables .....	38
Tabla 4 Categorización de clientes .....	41
Tabla 5 Propiedades físicas de los crudos calculadas en el laboratorio .....	53
Tabla 6 Viscosidad cinemática (cSt) .....	54
Tabla 7 Viscosidad dinámica (cP) .....	55
Tabla 8 Contenido de Azufre.....	55
Tabla 9 Matriz de toma de decisiones .....	57

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Perfil de temperatura destilación atmosférica .....	16
Figura 2 Unidad de destilación atmosférica .....	17
Figura 3 Unidad de destilación de vacío .....	18
Figura 4 Perfil de temperatura destilación al vacío .....	19
Figura 5 Reformación Catalítica.....	20
Figura 6 Proceso Craqueo Catalítico Fluidizado (FCC).....	21
Figura 7 Proceso de Deasfaltación con Solvente.....	22
Figura 8 Hidrocraqueo.....	24
Figura 9 Esquema proceso de Refinería Isla .....	26
Figura 10 Productos de Refinería Isla .....	27
Figura 11 Destinos de los productos.....	31
Figura 12 Posición geográfica de la Refinería Isla.....	39
Figura 13 Medición del peso de la muestra con agua.....	42
Figura 14 Determinación de agua por destilación .....	42
Figura 15 Decantación de mezclas agua y destilado .....	43
Figura 16 Ampollas .....	43
Figura 17 Equipo de centrifugación .....	44
Figura 18 Aplicación método del hidrómetro.....	44
Figura 19 Baño de calentamiento .....	45
Figura 20 Productos refinados de Venezuela .....	47
Figura 21 Productos refinados en Venezuela .....	48
Figura 22 Balance de caja negra.....	50
Figura 23 Categorización de clientes de acuerdo al porcentaje de adquisición .....	51
Figura 24 Viscosidad Cinemática vs Temperatura.....	54
Figura 25 Viscosidad Dinámica vs Temperatura .....	55
Figura 26 Ponderación de criterios evaluados .....	58

## INTRODUCCIÓN

El fortalecimiento de la industria petrolera en Venezuela está fundamentado en las negociaciones que ésta sostiene internacionalmente con el objetivo de producir, mejorar y refinar los crudos que en grandes reservas probadas posee. En tal sentido la Vicepresidencia de Comercio y Suministro de Petróleos de Venezuela como parte de su misión en diversificar los mercados de crudos y productos establece negociaciones que llevan inmerso un contrato en el cual se evalúan previamente condiciones específicas e importantes, para que los acuerdos estén relacionados a parámetros tales como la factibilidad técnica y la rentabilidad.

Desde 1985 la Estatal Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA), ha venido estableciendo contratos de arrendamiento con la Refinería Isla en Curacao como parte del circuito nacional e internacional de refinación. Sin embargo, actualmente se evalúan las posibilidades de continuidad del arrendamiento de esta refinería, tomando en cuenta la generación de nuevas ideas y preacuerdos a nivel técnico para luego elevar las propuestas a los decisores políticos de ambas naciones.

En tal sentido, esta investigación tiene como objetivo general, evaluar las factibilidades técnicas del arrendamiento de la Refinería Isla bajo Estándares Internacionales. Para el alcance de este objetivo se estableció como metodología un conjunto de procesos que van desde una amplia revisión bibliográfica que proporciona información pertinente al caso de estudio, hasta la evaluación detallada de aspectos como ventajas geográficas, estrategias en contextos geopolíticos, que incluyen capacidades operacionales de comercialización de productos, así como también se evaluó la calidad de los crudos mediante pruebas experimentales en el laboratorio, los cuales serán procesados en este complejo refinador, permitiendo de esta manera generar una propuesta a nivel técnico que conllevará a la toma de decisiones que esta empresa requiere.

Esta investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera:

Capítulo I. Éste consta del planteamiento del problema, alcance, justificaciones, objetivo general, y trazado de los objetivos específicos para la realización de este trabajo de grado.

Capítulo II. Consiste en describir los antecedentes relacionados con esta investigación; desarrollo de fundamentos teóricos necesarios para interpretar cada uno de los objetivos planteados.

Capítulo III. Describe la metodología implementada, mediante un diseño, tipo de investigación y un procedimiento experimental que permite alcanzar los objetivos específicos planteados.

El capítulo IV. Consiste en analizar los resultados obtenidos en este trabajo de investigación.

Capítulo V. Se establecen conclusiones y recomendaciones en base en los resultados obtenidos en el Capítulo IV.

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA

#### 1.1 Planteamiento del problema

Para procesar el petróleo es necesario contar con refinerías. La primera refinería a nivel mundial fue creada en Baku, Azerbaiyán en 1861; luego se empiezan a construir en distintos países productores de petróleo a nivel mundial. Las principales refinerías a nivel mundial están ubicadas en India, EEUU, Oriente Medio y Venezuela. Las tecnologías de estos países han influido en el desarrollo de las refinerías pertenecientes a Venezuela, la cual cuenta con cinco: Complejo Refinador de Paraguaná (CRP), Refinería El Palito, Refinería Bajo Grande, Refinería De Puerto La Cruz y Refinería San Roque, las cuales están ubicadas en distintas regiones del país.

La Refinería Isla ubicada en Curazao, es una de las refinerías del Caribe con gran relevancia. Ésta tiene la capacidad de procesar 335 mil barriles diarios de petróleo en condiciones óptimas de tipo liviano, mediano y pesado, de la cual se obtienen productos derivados como *fuel oil*, diésel, entre otros. Desde el año 1985, el gobierno holandés creó un contrato de arrendamiento a la estatal Petróleos de Venezuela, S.A (PDVSA).

Reportes de Reuters reflejan deterioro en las instalaciones de la Refinería Isla, los equipos de tratamiento del crudo se encuentran por debajo de las condiciones óptimas. En tal sentido, es necesario verificar la factibilidad de renovar el arrendamiento de este complejo de refinación, considerando los niveles estándares de calidad del crudo enviado para su posterior procesamiento, ya que, de no cumplirse, se reducirá el tiempo de vida útil de los equipos, generando como consecuencias pérdidas financieras debido al incremento progresivo de los costos de mantenimiento. También es de suma importancia tomar en cuenta la cantidad de productos procesados en la refinería, dependientes de los volúmenes de crudos ingresados en la misma, considerando el costo de traslado y operación de la planta para así poder obtener el margen de ganancia con base en las ventas, y de esta manera realizar un balance general de las relaciones costo-beneficio que conlleven a decidir sobre la rentabilidad económica en la renovación del contrato de la Refinería Isla.

Por razones económicas y geoestratégicas, se debe considerar la ubicación geográfica de la Refinería Isla ya que ésta cumple un papel fundamental en los procesos de carga y descarga

de buques de crudo y derivado de gran tamaño, considerando que la isla de Curazao tiene en sus costas capacidad para buques de gran calado y patios de almacenamiento de crudo que puede ser bombeado a la refinería con mayor rapidez, optimizando de esta manera los costos de traslado de crudo; es necesario resaltar la localización estratégica para la salida de grandes buques a la India, China y EEUU, siendo estos potenciales consumidores de los productos obtenidos en esta refinería.

Es posible que al crear políticas de integración regional del área del Caribe y Centroamérica pueda garantizarse la conservación de la Refinería Isla donde Venezuela tiene preponderante participación como miembro de los países que integran PetroCaribe, con importantes tratados y acuerdos internacionales. En tal sentido se requiere de todos los estudios necesarios antes mencionados, ya que fortalecería a Venezuela desde el punto de vista político, económico y diplomático en sus relaciones internacionales.

Con base en lo anteriormente expuesto surge la siguiente interrogante:

¿Cuál es la factibilidad técnica del arrendamiento de la Refinería Isla bajo Estándares Internacionales?

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo General***

Evaluar las factibilidades técnicas del arrendamiento de la Refinería Isla bajo Estándares Internacionales.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

1. Realizar una revisión bibliográfica para obtener información referente a la Refinería Isla.
2. Identificar las ventajas geográficas y estratégicas de la Refinería Isla.
3. Identificar capacidad operacional y el comercio de los productos en Refinería Isla.
4. Categorizar los clientes de Refinería Isla de acuerdo a su capacidad de compra.
5. Evaluar la calidad del crudo venezolano que procesa la Refinería Isla mediante pruebas de laboratorio basado en las normas ASTM.

6. Evaluar la Refinería Isla en el contexto geopolítico.

### **1.3 Justificación**

La Refinería Isla tiene un aporte geográfico y estratégico para la industria petrolera venezolana desde el punto de vista político, en el marco de los tratados internacionales y las buenas relaciones que Venezuela sostiene en PetroCaribe; es por este hecho que pensar en mantener el contrato de Refinería Isla es de gran relevancia. Por esta razón, esta investigación es importante, ya que la adquisición del nuevo contrato de arrendamiento se hace dependiente de un estudio exhaustivo de las condiciones tecnológicas y geográficas de esta refinería. En tal sentido, es necesario un estudio detallado de las ventajas geográficas, del contexto geopolítico, de los costos operacionales de Refinería Isla, del comercio de los productos, de la categorización de los clientes y de la calidad del crudo que se procesa en este complejo refinador; para el análisis y la toma de decisiones sobre el contrato de arrendamiento, lo cual es objeto de esta investigación.

### **1.4 Alcance de la investigación**

Esta investigación contempla la evaluación de la factibilidad técnica del arrendamiento de la Refinería Isla bajo Estándares Internacionales, la evaluación de la calidad del crudo que es enviado a Isla para ser procesado. De la misma manera se analizará la capacidad operacional, el comercio de los productos desde Refinería Isla, y las ventajas geográficas y geopolíticas, que faciliten el traslado y aprovechamiento del petróleo venezolano.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se exponen los fundamentos teóricos que sustentan el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado. Las mismas se encuentran divididas en las siguientes secciones: antecedentes y bases teóricas.

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

ABREU, Y. (junio 2007). Desarrollo de un modelo de simulación de refinerías, utilizando técnicas de programación lineal. *Trabajo Especial de Grado presentado ante la Universidad Central de Venezuela, Escuela de Ingeniería Química.*

Con base en la investigación de Abreu, 2007 quien desarrolló un modelo de simulación, con el fin de contar con una herramienta para planificar la producción de una refinería y garantizar la máxima ganancia.

Para desarrollar el modelo primeramente estableció un esquema de refinación, investigó los procesos que poseen algunas refinerías de Venezuela, de tal manera que sirvieran de orientación en cuanto a la interrelación de las unidades de proceso. Posteriormente especificó un caso base de referencia para el análisis de varios escenarios; para establecer el caso base fue indispensable escoger el tipo de crudos representativos para desarrollar el modelo, los cuales están en la clasificación de liviano, mediano y pesado.

Finalmente los resultados obtenidos fueron, la selección de la dieta de crudo que garantizaría la máxima ganancia, para el caso base, correspondió al crudo pesado. Dejar libre la producción de combustible residual permite obtener mayor ganancia en la refinería. Se garantizó con los resultados obtenidos para los escenarios evaluados, que el modelo desarrollado presenta flexibilidad antes diversos cambios.

Por otra parte, el aporte que genera el trabajo antes descrito a esta investigación fueron las orientaciones teóricas para la comprensión de una refinería y sus procesos.

DÍAZ, A. (abril 2013). Exportación de posibles productos de la Refinería del Pacífico Eloy Alfaro. *Trabajo Especial de Grado presentado ante la Escuela Politécnica Del Ejército de Quito.*

En esta investigación el autor desarrolló un estudio de factibilidad de los posibles productos de exportación de la Refinería del Pacífico; ya que posee la materia prima (crudo) pero no la tecnología e infraestructura necesaria para el refinamiento del mismo. El fin de este trabajo especial de grado fue, satisfacer la demanda interna, se decidió realizar un convenio de cooperación entre los países de Ecuador y Venezuela con la empresa PDVSA para crear una refinería que cumpliera con las metas propuestas.

La metodología utilizada para la solución de los problemas planteados en esta investigación fue la evaluación de contextos geopolíticos y económicos, mediante el análisis del pasaje histórico de exportaciones de petróleo en la que se consideraron las relaciones internacionales de Ecuador.

Finalmente los resultados obtenidos fueron, la refinación de Gasolina, Diesel, GLP, Polipropileno, Benceno, Xileno, Jet Fuel, Azufre, Coque, energía eléctrica y vapor. Se asume que los resultados financieros resultarían favorables a Ecuador; tratar de minimizar al máximo los riesgos de contaminación ambiental cumpliendo con cada uno de los convenios, tratados y leyes que protegen el medio ambiente, establecer normas de calidad adecuadas para que los productos refinados posean mejor valoración en el mercado extranjero.

En este orden de ideas esta investigación aporta conocimientos sobre la geopolítica, tratados internacionales y comercialización de productos.

VEGAS. A. (mayo 2018). Análisis de la Flota Petrolera Nacional en el Contexto del Incremento de Producción de Crudo de la Faja Petrolífera del Orinoco (FPO). *Trabajo de ascenso para la categoría de profesor asistente presentado ante la Universidad Central de Venezuela.*

En esta investigación el autor procura justificar el incremento de una flota petrolera nacional mediante el estudio del estado actual del transporte marítimo de crudo a nivel nacional, y de los convenios de suministros de Venezuela con otros países, determinando cuántos tanqueros disponían para el traslado de crudos, analizando el aumento de la cantidad de buques por parte del estado venezolano en función al aumento de producción proyectado de la Faja Petrolífera del Orinoco.

Luego de haber desarrollado la metodología antes descrita, Vegas obtuvo como resultado principal, que Venezuela requiere en un futuro de 70 buques para cumplir con los acuerdos suscritos al año 2015, 64 para el año 2016, 52 al año 2017 y 41 tanqueros para el 2019, manteniendo una producción de 1.600 MMBPD (año 2018), de lo contrario para el 2019 se requieren de 29 buques. Como conclusión obtuvo, no es factible un aumento de la flota, ya que la producción de crudo Venezolano es insuficiente para cumplir los acuerdos descritos, y como recomendación, se debe revisar qué está sucediendo con la producción de crudo antes de analizar el aumento de flota.

Finalmente esta investigación es de gran utilidad para entender el transporte marítimo de crudo venezolano y su comercialización, clasificación de buques petroleros, y rutas de clientes a nivel internacional.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Petróleo**

El petróleo se puede definir como una mezcla de hidrocarburos e impurezas, los hidrocarburos que forman parte del crudo, son hidrocarburos compuestos, es decir conformados únicamente por átomos de carbono y de hidrógeno, mientras que las impurezas más comunes están constituidas por compuestos orgánicos de azufre, nitrógeno, oxígeno y metales. En cuanto a su aspecto, el petróleo crudo puede variar desde un líquido movible, de color amarillo o verde, hasta fluidos más oscuros y con frecuencia casi negros, muy viscosos que a veces se solidifican en una pasta negra. La mayoría de los crudos venezolanos muestran la siguiente composición desde el punto de vista elemental:

Carbono	82.0 - 87.0%
Hidrógeno	11.4 - 15.0%
Azufre	6%
Nitrógeno	2%
Oxígeno	1.5%

Adicionalmente se encuentran presentes algunos metales como níquel, vanadio y hierro en partes por millón y algunos otros metales en menores cantidades. (PDVSA, Corpoven Filial de, 1997)

### **2.2.2 Clasificación del crudo según su gravedad API**

El crudo se considera liviano o ligero cuando su gravedad API es mayor a 31.1, contiene gran concentración de hidrocarburos de bajo peso molecular. Este tipo de crudo se utiliza para obtener combustible en forma de diésel, queroseno y gasolina. (Nava, 2014).

El crudo se considera mediano con gravedad API entre 29.9 y 22, contiene concentración de hidrocarburos de bajo peso molecular. Este tipo de crudo se utiliza para obtener combustible y materias primas para polímeros y parafinas. (Nava, 2014).

El crudo se considera pesado cuando la gravedad API se encuentra entre 21.9 y 10, contiene gran concentración de hidrocarburos de mediano peso molecular. Este tipo de crudo se utiliza para obtener parafinas, polímeros, combustibles y aceites. (Nava, 2014).

El crudo extra pesado de gravedad API igual o inferior a 10.0, contiene más concentración de hidrocarburos con mayor peso molecular. Este tipo de petróleo se utiliza para obtener aceites, parafinas, polímeros y betunes. La faja petrolífera del Orinoco contiene la mayor reserva de crudo extra pesado en el mundo. (Nava, 2014).

**Tabla 1 Tipos de crudo según su gravedad API**

Crudo	Escala API	Densidad	Descripción
Ligero	30-40°	0.87 - 0.83 g/cm <sup>3</sup>	Fácil transporte y extracción, ideal para refinar en combustibles y derivados.
Mediano	22-29.9°	0.92 - 0.87 g/cm <sup>3</sup>	Fácil transporte y extracción, ideal para combustibles y derivados.
Pesado	10-21.9°	1.00 - 0.92 g/cm <sup>3</sup>	Fácil transporte y difícil extracción, ideal para combustibles y derivados.
Extrapesados	Menos 10°	> 1.00 g/cm <sup>3</sup>	Difícil transporte y difícil extracción, ideal para derivados.

(Nava, 2014)

### **2.2.3 Petróleos de Venezuela S.A (PDVSA)**

Es una empresa estatal venezolana que se dedica a la explotación, producción, refinación, mercadeo y transporte del petróleo venezolano. Fue creada por decreto gubernamental para ejercer tales actividades luego de la nacionalización de la industria petrolera, dando inicio a sus operaciones el 1 de enero de 1976. PDVSA fue catalogada en 2005 como la tercera

empresa petrolera a nivel mundial y clasificada por la revista internacional Fortune como la empresa número 35 entre las 500 más grandes del mundo. Actualmente, la petrolera tiene una de las mayores reservas petrolíferas del mundo, alcanzando a mediados de marzo de 2010 una suma total de 298.350 millones de barriles. La empresa espera luego de la cuantificación de las reservas de petróleo en la Faja del Orinoco incrementar aún más esta cifra, de acuerdo con lo estipulado en el "Proyecto Magna Reserva". Al finalizar dicho proyecto, Venezuela deberá poseer la mayor cantidad de reservas probadas en el mundo, con un total cercano a 316.000 millones de barriles, por encima del tradicional líder Arabia Saudita, cuyas reservas probadas se estiman en 264.300 millones de barriles. (MEMORIA-TERRITORIO-CIUDADANÍA, 2016)

#### ***2.2.4 Venezuela y la OPEP***

Venezuela jugó un papel muy importante en la fundación de la OPEP. En un principio, Venezuela participó con un 10% en las ganancias de las grandes compañías petroleras que operaban en el país, hasta que en el año 1943 se promulgó la Ley de Hidrocarburos, que permitió al país una participación del 50%, en las ganancias provenientes del negocio petrolero. En 1959, el gobierno a cargo comenzó a elaborar un programa de desarrollo a largo plazo, que contemplaba un mayor control de la Industria Petrolera por parte del Estado venezolano, así como la estabilización de los precios del crudo. Cuando un año después se registró una caída en el precio del petróleo, el gobierno congeló las licencias otorgadas a las compañías petroleras internacionales establecidas en el país, incitándoles a emplear y formar a mano de obra local. Debido a que no era factible aumentar en forma aislada el precio del petróleo, a causa de la fuerte competencia en el mercado internacional, el gobierno venezolano, invitó a todos los países en desarrollo exportadores de petróleo a formar una organización que contribuyera a estabilizar los oscilantes precios del combustible fósil. Así fue como nació la Organización de los Países Exportadores de Petróleo (OPEP). (Ministerio del Poder Popular para Relaciones Exteriores, 2018)

##### **2.2.4.1 Década de 1960**

La OPEP se fundó en el año 1960 y tiene su sede principal en Viena, Austria. Su importancia en el mercado mundial de petróleo se deriva del hecho de que los países miembros de esta organización poseen las mayores reservas mundiales de crudo, y una capacidad de

producción capaz de satisfacer la demanda propia y la de otros países. Los Estados Miembros se unieron así para acordar el volumen de la producción del petróleo crudo. (PDVSA, 2016).

La OPEP se propuso como meta coordinar la política de fomento de los Estados Miembros, de tal manera de poder influir en el comportamiento del precio del crudo, y asegurar e incrementar los ingresos provenientes de esta actividad productiva. Dos veces al año se reúnen los ministros de Energía y Minas de todos Estados Miembros para establecer los lineamientos de la política de fomento; es la llamada Conferencia. Las decisiones tienen que ser aprobadas por unanimidad.

**Países miembros:** Argelia, Angola, Arabia Saudita, Ecuador, Emiratos Árabes Unidos, Indonesia, República Islámica de Irán.

#### **2.2.4.2 Década de 1970**

La OPEP alcanzó prominencia internacional durante ésta década. Los Estados Miembros de la Organización tomaron control de sus industrias petroleras, obteniendo, de esta forma, una mayor influencia en los precios del crudo en el mercado mundial.

Durante esta época, se produjo un incremento considerable del precio del petróleo, seguido de altas y bajas, como consecuencia de las restricciones en las exportaciones del Oriente Medio durante la guerra entre Israel y Arabia Saudita (1973/4) y la Revolución de Irán (1978). El aumento acelerado de los precios del petróleo y la situación de inseguridad en el mercado contribuyeron a una recesión mundial, seguida del crecimiento de la inflación y del desempleo. Fue bajo estas condiciones que se sostuvo la Primera Cumbre de Jefes de Estado de la OPEP en marzo de 1975 en Argel, Argelia.

#### **2.2.4.3 Década de 1980**

Los precios del crudo subieron al principio de la década antes de comenzar una dramática caída, el cual terminó en un colapso en el año de 1986 (la tercera crisis de precios del petróleo). Los precios se estabilizaron al final de la década sin alcanzar los elevados precios existentes al principio de los 80's. También creció la preocupación de la necesidad de crear una acción conjunta entre los productores de petróleo con el fin de encontrar una estabilidad en el mercado.

#### 2.2.4.4 Década de 1990

Luego, en el año 1990 se temía que la posibilidad de una invasión de Irak a Kuwait, y la guerra del Golfo causarían una nueva crisis en el mercado petrolero llevando los precios del crudo a la cima. Los grandes productores, como Arabia Saudita, evitaron esta crisis, acordando un aumento en la producción y una estabilización de los precios, en el caso de que la producción de los otros países retrocediera.

#### 2.2.4.5 Después del año 2000

El 25 de septiembre del año 2000, el Presidente de la República Hugo Chávez Frías dio la bienvenida a todas las delegaciones del mundo árabe islámico que participaron en la **II Cumbre de Jefes de Estado y de Gobierno de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP)** que se celebró en Caracas durante los días 27 y 28 de septiembre de ese año. El Jefe de Estado calificó la máxima cita como un acontecimiento trascendental para los intereses del pueblo venezolano y los pueblos árabes, y destacó que el objetivo fundamental de esta reunión sería la deliberación y la discusión de estrategias que le permitan a los países productores "lograr el equilibrio y precios justos, en defensa de nuestros intereses", además de consolidar la unión de la OPEP. (Ministerio del Poder Popular para Relaciones Exteriores, 2018)

**Tabla 2 Reservas en millones de barriles de los países miembros de la OPEP**

Venezuela	298.350
Arabia Saudita	264.300
Canadá	178.000
Irán	138.400
Irak	115.000
Kuwait	101.500
Emiratos Árabes	97.800
Rusia	60.000
Libia	45.000
Nigeria	37.250

(Ministerio del Poder Popular para Relaciones Exteriores, 2018)

#### 2.2.5 Refinería Isla

Ubicada en Curazao, fue construida en el año 1915, e inició sus operaciones en 1918. En 1985, PDVSA asumió las operaciones de la refinería por medio de un contrato de

arrendamiento con el gobierno de Curazao por un período de 20 años. En el año 1994 se llevó a cabo una renegociación donde se acordó una extensión del arrendamiento hasta el año 2019.

La Refinería Isla tiene una capacidad nominal de 335 MBD, procesa crudo venezolano liviano y pesado. Los productos obtenidos se suministran principalmente al Caribe y Centroamérica, mientras que una pequeña parte se entrega a Curazao. La Refinería Isla cuenta con un Complejo de Lubricantes, que permite la elaboración de Bases Parafínicas y Nafténicas.

En 2015, el volumen de crudo procesado fue de 178 MBD y se recibieron 5 MBD de insumos destinados a procesos y mezclas. Con ese nivel de crudos e insumos se obtuvieron 183 MBD de productos, de los cuales 51 MBD corresponden a gasolinas y naftas, 53 MBD a jet A-1 y destilados, 57 MBD a residuales, 2 MBD a asfalto, 3 MBD a lubricantes y 17 MBD de otros productos. Operacionalmente, los insumos y productos de la Refinería Isla son contabilizados dentro del Sistema de Refinación Internacional y se intercambian con el Sistema de Refinación Nacional; por ello los volúmenes de ambos sistemas no se suman directamente. (PDVSA, 2016)

#### **2.2.5.1 Proceso de refinación de la Refinería Isla**

- Unidades de destilación atmosférica y al vacío

La destilación del crudo, se basa en la transferencia de masa entre las fases líquido – vapor de una mezcla de hidrocarburos. (Rojas, 2015)

La destilación permite la separación de los componentes de una mezcla de hidrocarburos, como lo es el petróleo, en función de sus temperaturas de ebullición. (Rojas, 2015)

Para que se produzca la “separación o fraccionamiento” de los cortes, se debe alcanzar el equilibrio entre las fases líquido-vapor, ya que de esta manera los componentes más livianos o de menor peso molecular se concentran en la fase vapor y por el contrario los de mayor peso molecular predominan en la fase líquida, en definitiva, se aprovecha las diferencias de volatilidad de los hidrocarburos. (Rojas, 2015)

El equilibrio liquido-vapor, depende principalmente de los parámetros termodinámicos, presión y temperatura del sistema. Las unidades se diseñan para que se produzcan estos equilibrios en forma controlada y durante el tiempo necesario para obtener los combustibles especificados. (Rojas, 2015)

Básicamente el proceso consiste en vaporizar los hidrocarburos del crudo y luego condensarlos en cortes definidos. Modificando fundamentalmente la temperatura, a lo largo de la columna fraccionadora. (Rojas, 2015)

La vaporización o fase vapor se produce en el horno y zona de carga de la columna fraccionadora. En el Horno se transfiere la energía térmica necesaria para producir el cambio de fase y en la Zona de Carga se disminuye la presión del sistema, produciéndose el flash de la carga, obteniéndose la vaporización definitiva. (Rojas, 2015)

La fase líquida se logra con reflujos o reciclo de hidrocarburos retornados a la torre. Estos reflujos son corrientes líquidas de hidrocarburos que se enfrían por intercambio con crudo o fluidos refrigerantes. La función u objetivo principal de estos, es eliminar o disipar en forma controlada la energía cedida a los hidrocarburos en el horno, de esta manera se enfría y condensa la carga vaporizada, en cortes o fracciones de hidrocarburos específicas, obteniéndose los combustibles correspondientes. (Rojas, 2015)

La columna posee bandejas o platos donde se produce el equilibrio entre los vapores que ascienden y los líquidos descendentes. En puntos o alturas exactamente calculadas existen platos colectores desde lo que se extraen los combustibles destilados. (Rojas, 2015)

La diferencia fundamental entre las unidades de Topping y Vacío es la presión de trabajo. El Topping opera con presiones típicas de 735.559 mm, mientras que en el Vacío trabaja con presiones absolutas de 20 mm de mercurio. Esto permite destilar hidrocarburos de alto peso molecular que se descompondrían o craquearían térmicamente, si las condiciones operativas normales del Topping fuesen sobrepasadas. (Rojas, 2015)

- Variables del Proceso

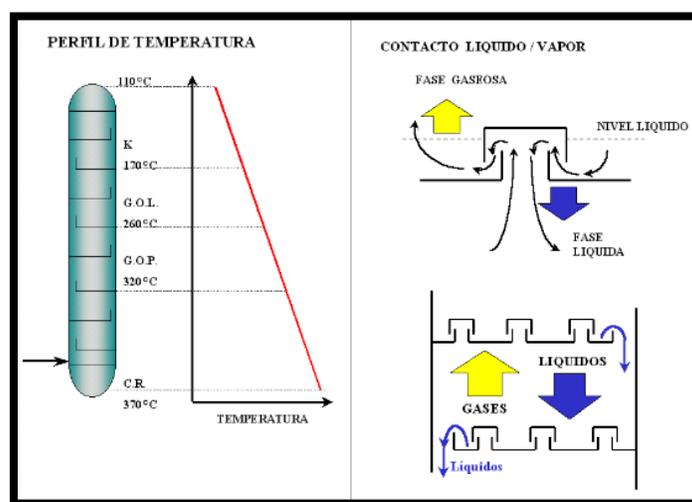
Los parámetros termodinámicos que gobiernan la destilación son la temperatura y presión del sistema, por tal motivo consideramos como variables del proceso todas aquellas que puedan afectar el equilibrio entre las fases vapor-liquido: (En Gerencia, 2016)

- a. **Temperatura de transferencia.** Esta es la máxima temperatura a la que se eleva el crudo para vaporizarlo, el rendimiento en destilados depende de esta variable. (En Gerencia, 2016)
- b. **Presión de trabajo.** Es la presión a la cual se produce la operación. Si bien afecta directamente el equilibrio liquido-vapor, generalmente se trabaja a la menor presión posible, y por ende no se varia frecuentemente. (En Gerencia, 2016)
- c. **Temperatura de cabeza.** Es la temperatura en la zona superior de la columna fraccionadora, se controla con el reflujo de cabeza, este reflujo es la fuente fría que genera la corriente de líquidos que se contactan con los vapores, produciéndose los equilibrios liquido-vapor. (En Gerencia, 2016)
- d. **Temperatura del corte.** Es la temperatura a la cual se realiza la extracción lateral de un combustible. Esta temperatura es controlada con el reflujo de cabeza y reflujo circulantes. Estos últimos tienen un efecto semejante que el reflujo de cabeza y además precalientan el crudo, recuperando energía. (En Gerencia, 2016)
- e. **Inyección de vapor.** El vapor o (incondensables) en las fraccionadoras disminuye la presión parcial de los hidrocarburos, estableciendo nuevos equilibrios vapor-líquidos, favoreciendo la vaporización de los componentes más volátiles. Esto se aplica en la columna fraccionadora principal como en los strippers de los cortes laterales. (En Gerencia, 2016)

- Destilación atmosférica

La destilación permite la separación de los componentes de una mezcla de hidrocarburos, como lo es el petróleo, en función de sus temperaturas de ebullición, aprovechando las diferencias de volatilidad de los mismos.

La carga parcialmente vaporizada ingresa en la zona flash o zona de carga. Los hidrocarburos vaporizados ascienden por la columna fraccionadora a través de bandejas o platos de fraccionamiento, donde se contacta íntimamente líquidos y vapores, produciéndose la transferencia de masa y calor necesaria para fraccionar los diferentes combustibles, (ver figura 1). Estos son extraídos lateralmente mediante platos colectores y enviados a torres despojadoras, strippers, donde se ajusta el punto de inflamación de los cortes. (En Gerencia, 2016)



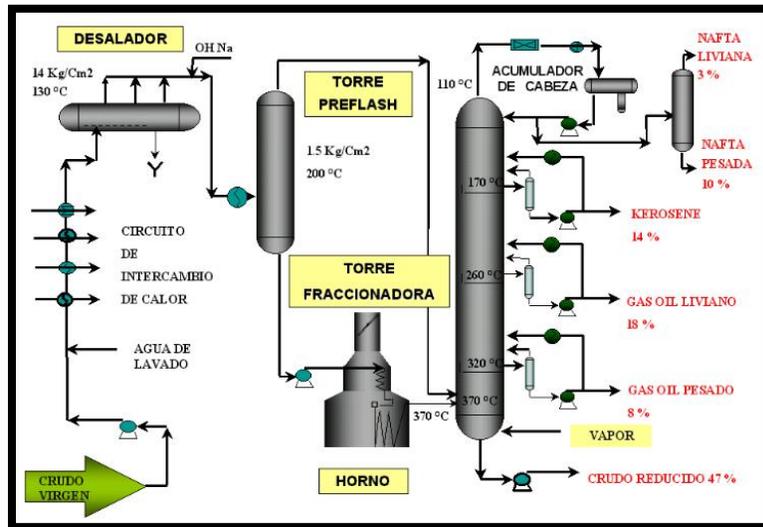
**Figura 1 Perfil de temperatura destilación atmosférica** (En Gerencia, 2016)

Los productos obtenidos por la parte superior o cabeza son gases y nafta. El gas es comprimido y enviado a unidades de concentración de gases. La Nafta es fraccionada nuevamente para obtener dos cortes. La nafta liviana que se envía a isomerización o a tanque como carga petroquímica y nafta pesada que es enviada a las unidades de hidrotreatmento donde se eliminan los contaminantes, venenos, de los catalizadores de *Platforming*.

El primer corte lateral es el querosene, el cual se envía a tanque. Previamente intercambia calor con crudo y es enfriado a temperatura de almacenaje mediante aero-enfriadores y enfriadores con agua.

El segundo corte lateral es el gasoil liviano, el cual es tratado en forma semejante al querosene.

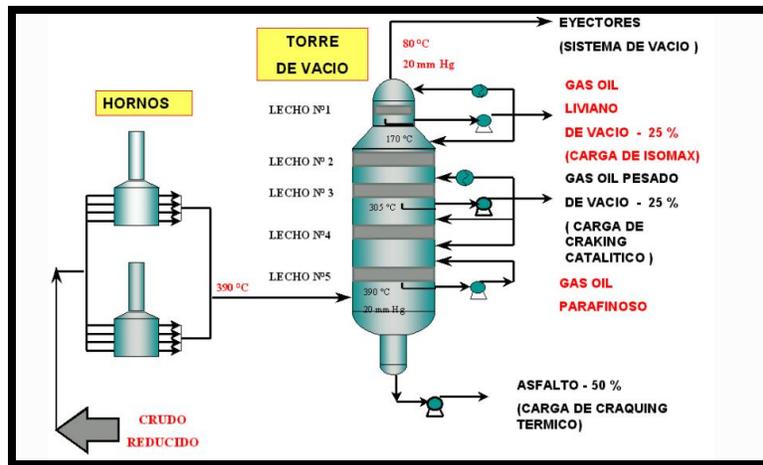
El tercer y último corte lateral es el gasoil pesado de *Topping*, el cual es enviado como carga a las unidades de *Isomax* o fluido Catalítico, lo anterior se puede observar en la figura 2. (En Gerencia, 2016)



**Figura 2 Unidad de destilación atmosférica** (En Gerencia, 2016)

- Destilación al vacío

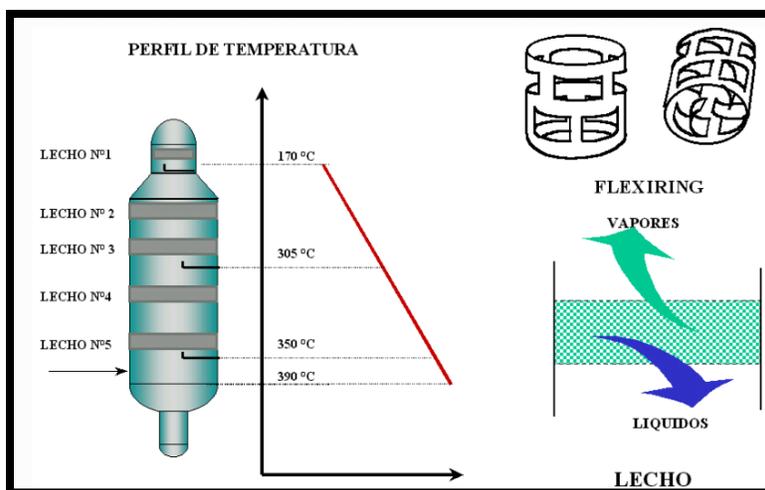
Las unidades de vacío, están diseñadas para operar en condiciones termodinámicas adecuadas para destilar las fracciones pesadas del crudo, sin que se produzca la descomposición térmica de los mismos. Para lograrlo se baja la presión de trabajo hasta alcanzar presiones absolutas de 20 mm Hg en la zona de carga de la columna de destilación. El vacío es obtenido con eyectores de vapor (ver figura 3).



**Figura 3 Unidad de destilación de vacío** (En Gerencia, 2016)

En esta unidad, la energía necesaria para vaporizar el crudo reducido es suministrada totalmente en hornos, diseñados para minimizar la pérdida de carga (pérdidas de presión) de modo de operar con la menor presión posible en los puntos donde se inicia la vaporización. La carga parcialmente vaporizada es enviada a la zona flash de la columna de destilación, donde se produce una corriente ascendente de vapores y otra descendente de líquidos. En estas columnas el principio de operación es la condensación de los vapores.

La torre tiene características particulares, que la diferencian de las fraccionadoras atmosféricas. Los dispositivos o elementos mecánicos para producir el contacto líquido-vapor, son rellenos especiales (*flexirings*, ubicados en lechos ordenados) que permiten incrementar la superficie de interface, favoreciendo la transferencia de masa (ver figura 4). El diámetro de la columna es diferente en zona de condensación, respecto de la zona superior o inferior de la misma. (En Gerencia, 2016)



**Figura 4 Perfil de temperatura destilación al vacío** (En Gerencia, 2016)

La zona de condensación o fraccionamiento tiene el mayor diámetro ya que las pérdidas de carga deben ser despreciables para mantener el vacío homogéneo en la totalidad de la torre. La zona de cabeza es de diámetro menor ya que el caudal de vapores en esta zona es muy bajo debido a que los productos solo son obtenidos lateralmente y no por cabeza. El fondo de la columna tiene el menor diámetro, ya que se debe minimizar el tiempo de residencia del asfalto para evitar la descomposición térmica y formación de carbón en la torre.

El primer corte lateral producido es el gasoil Liviano de Vacío, el cual es carga de la unidad de *Isomax* o FCC. Debido a las características del proceso *Isomax* (*Hydrocracking*) las especificaciones de los productos son muy importantes, ya que se afecta fuertemente el desempeño de esa unidad si se daña el catalizador. (En Gerencia, 2016)

- Reformación Catalítica (REF)

Las características de la gasolina pesada pueden ser mejoradas por la transformación de la n-parafinas y los naftenos en aromáticos. La principal reacción de transformación ocurre en el proceso de reformación catalítica de gasolinas pesadas.

Dependiendo del origen del crudo, este tendrá una cantidad de parafinas y naftenos sobre los cuales ocurre el proceso.

Las transformaciones que ocurren son:



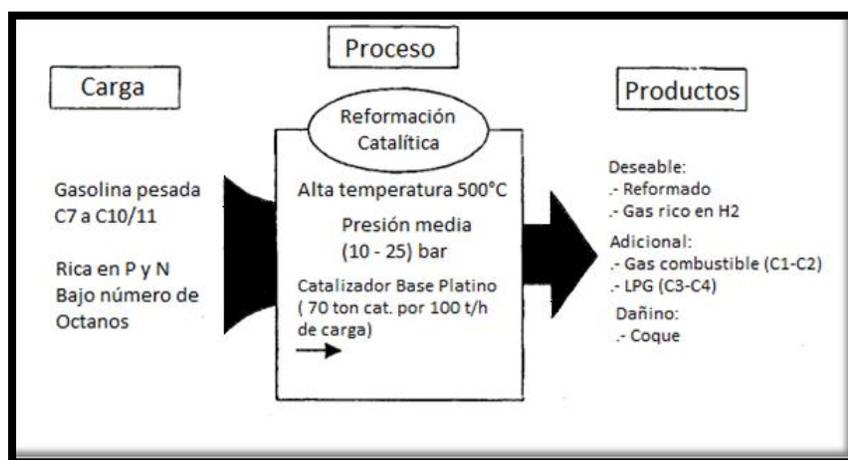
Nafténos – (C<sub>7</sub>– C<sub>10</sub>) → Aromáticos + parafinas livianas

Se obtienen a altas temperaturas (aprox. 500°C) y a una presión entre 10 – 25 bar

Existen tres tipos de reacción que son importantes:

- Reacción de aromatización
- Reacción de hidrocraqueo
- Formación de coque

El resultado es la producción de una base para gasolina de alto octanaje “ El reformado”, pero también se genera Hidrógeno e hidrocarburos ligeros, (ver figura 5). (Rojas, 2015)



**Figura 5 Reformación Catalítica** (Rojas, 2015)

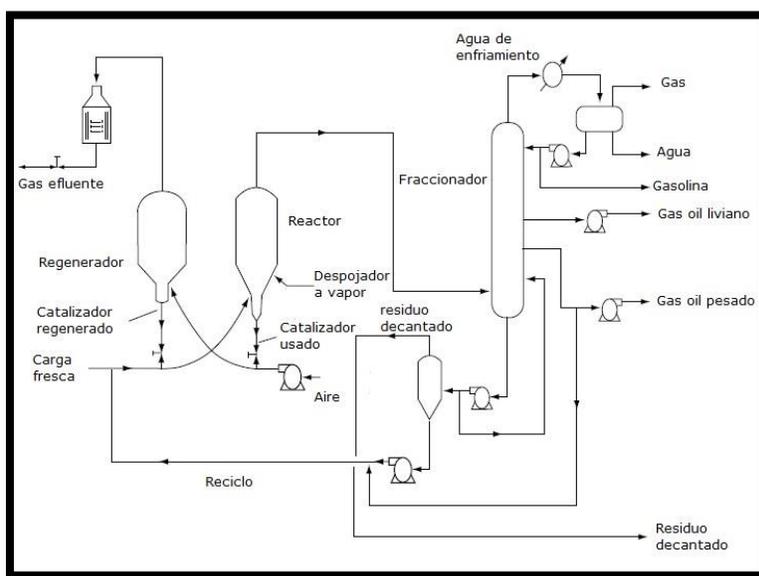
- Craqueo Catalítico Fluidizado (FCC)

El objetivo fundamental es convertir la carga conformada por una mezcla de fracciones pesadas, tipo gasoil de vacío (VGO), gasoil Pesado (GOP), residuo atmosférico y Desasfaltado (DAO) en fracciones más livianas (LPG, gasolina y diésel), y como sub-producto gasoil pesado y coque.

La conversión de dichas fracciones residuales a livianos, varía entre 65 y 75%, a temperaturas relativamente altas (500 – 540°C) y con el uso de un catalizador sólido de carácter ácido, con un tamaño de partícula tan pequeño, que la mezcla reaccionante se comporta como un lecho fluidizado.

En la actualidad mucha de la gasolina producida está conformada por corrientes provenientes de los procesos de craqueo catalítico y Reformación catalítica.

En este orden de ideas, como se puede observar en la figura 6 el Proceso FCC envuelve el contacto y la rápida vaporización en la zona de reacción de la carga de hidrocarburo líquido con un sólido finamente dividido, el cual se comporta como un fluido cuando es mezclado con un gas o un vapor. Este material tiene la habilidad de catalizar la reacción de craqueo en fase de vapor una temperatura de 480 – 550°C dentro de 1 a 4 segundos. La superficie del catalizador queda cubierta de coque (sub-producto) en un rango entre 0,5 y 1,5% peso, el cual consiste de carbono, hidrógeno, y otros constituyentes tales como azufre interfiriendo su actividad catalítica. (Rojas, 2015).



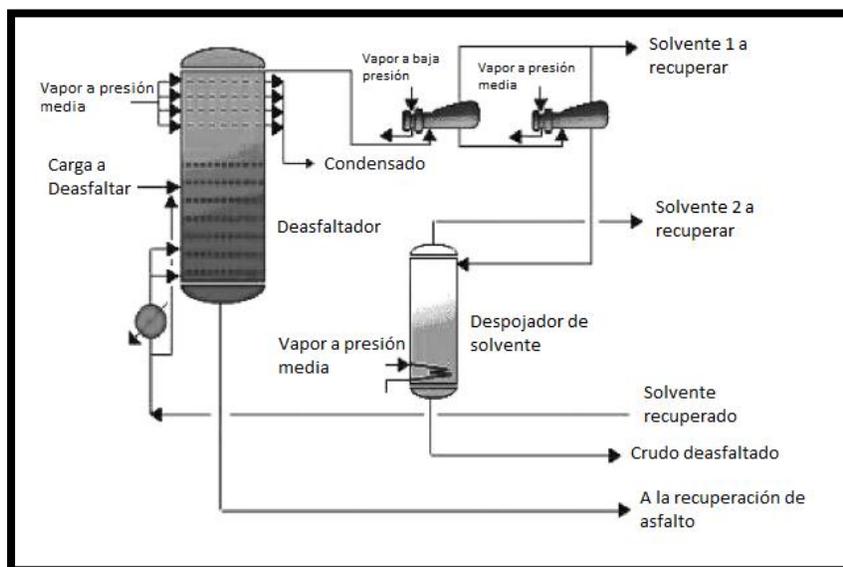
**Figura 6 Proceso Craqueo Catalítico Fluidizado (FCC)** (Rojas, 2015)

- Proceso de Deasfaltación con Solvente. (PDU)

El proceso de deasfaltación con solvente se inyecta generalmente propano o una mezcla de propano y butano logrando que los constituyentes polares precipiten, produciendo el Deasfaltado (DAO) y el asfalto propano deasfaltado (PDA o PD Tar). (Ver figura 7).

La carga es mezclada y enfriada a la temperatura deseada antes de entrar a la torre de extracción.

La carga entra a la torre de extracción cerca del fondo de la torre multi-etapas equipada con platos. El crudo fluye hacia abajo y el solvente liviano hacia arriba. La separación del aceite del asfalto se logra controlando el gradiente de temperatura de la torre y variando la relación solvente/ aceite. La mezcla deasfaltado/solvente fluye desde el tope de la torre al evaporador calentado por vapor a baja presión. El solvente vaporizado fluye a través del condensador en el solvente del acumulador. (Rojas, 2015).



**Figura 7 Proceso de Deasfaltación con Solvente** (Rojas, 2015)

- Hidroprocesamiento/ Hidrotratamiento (DHT)

Es un conjunto de procesos consistentes en el tratamiento de una corriente de hidrocarburos, en presencia de hidrógeno y de un catalizador, bajo condiciones de operación adecuadas de presión y temperatura.

Las principales reacciones son: Hidrodesulfuración (HDS), Hidrodesnitrógenación (HDN) y la Hidrogenación (HYD), otras reacciones son Hidrodesoxigenación (HDO) para separar pequeñas cantidades de oxígeno y la Hidrodesmetalización (HDM) para descomponer compuestos metálicos.

Los procesos de hidrotratamiento tienen como objetivo:

- a. Mejorar las características de los productos terminados de manera que reúnan las características de calidad, es decir la disminución del contenido de contaminantes a través de los procesos HDS, HDN, HDO, HDM.
- b. Preparar las cargas para otros procesos y las unidades de conversión en las refinerías (Isomerización, Reformación, Craqueo catalítico, Hidrocraqueo) cuyos catalizadores son sensibles a las impurezas: El azufre para los catalizadores metálicos, el nitrógeno para los catalizadores ácidos y los metales para todos. (Rojas, 2015)
  - Reducción de viscosidad (TC)

Cuando los residuos son muy viscosos es necesario someterlos a una desintegración térmica suave, que reduce su viscosidad. La marca del proceso es la siguiente: el crudo se calienta en termopermutadores y luego en un horno hasta unos 450°C, pasando una torre evaporadora donde se separan los vapores de los líquidos. Estos últimos, que salen por fondo de la evaporadora, constituyen el alquitrán de petróleo, mientras que los vapores, que ya han experimentado una desintegración en el horno, son enviados a una fraccionadora y separados en gases, nafta y gasóleo. Este podría mezclarse con el alquitrán para obtener productos de una determinada viscosidad o podría servir como alimentación a una planta de craqueo. (FONINVES, S/F).

- Hidrocraqueo (MHC)
- ✓ Proceso de “Hidrotratamiento a Alta Severidad” → Hidrocraqueo.
  - ✓ Predominan reacciones de Hidrocraqueo → Los cuales interaccionan con un catalizador bifuncional, en presencia de  $H_2$ .
  - ✓ Se produce la ruptura de las moléculas pesadas y posterior hidrogenación de las más livianas resultantes de dicha ruptura → Generación de Productos de mayor valor agregado.
  - ✓ Proceso de origen alemán (1927) usado en sus inicios para convertir lignito en gasolina, y posteriormente residuos petroleros en fracciones destilables.

- ✓ En 1964, *Exxon*, *UOP* y *UNOCAL*, en U.S.A., comenzaron a emplear zeolitas como componente de los catalizadores de hidrocrackeo. (Kum, 2011).

Lo antes mencionado se observa en la figura 8.



**Figura 8 Hidrocrackeo** (Kum, 2011)

- Polimerización

En términos generales, la polimerización es la unión de dos o más hidrocarburos, para formar una molécula que tenga una cadena más larga de carbono y un mayor punto de ebullición. En realidad, la polimerización ocurre en muchas reacciones, pero en la forma general que se aplica aquí, significa la práctica de convertir hidrocarburos con cuatro átomos de carbono o menos, por molécula, productos que se comprenden principalmente en la ebullición de la gasolina. El procedimiento se realiza termal o catalíticamente:

- Polimerización termal:** No es selectiva en carácter, y por esta razón no se practican la fracción y la preparación de la carga en una sola oleofina. La gasolina que resulta de la operación es generalmente alrededor del número octano 80, con un alto valor de mezcla con otros constituyentes de combustibles de motor.
- Polimerización catalítica:** El procedimiento de polimerización catalítica, como lo implica el nombre, usa un catalizador para convertir los hidrocarburos livianos insaturados, en gasolina o fracciones que pueden convertir en isoctanos y gasolina de aviación de número octano 100 el procedimiento se desarrolla bajo

condiciones menos drásticas, en lo tocante a presiones y temperaturas, que el procedimiento de polimerización termal, a pesar de que solo los insaturados quedan sujetos a reacciones. (Athenasb, 2008)

- Alquilación

Proceso para la producción de un componente de gasolina de alto octano por síntesis de butilenos con isobutano. El proceso de alquilación es una síntesis química por medio de la cual se une un alcano ramificado al doble enlace de un alqueno, extraído del *cracking* o segunda destilación. Al resultado de la síntesis se le denomina alquilado o gasolina alquilada, producto constituido por componentes isoparafínicos. Su objetivo es producir una fracción cuyas características tanto técnicas (alto octano) como ambientales (bajas presión de vapor y reactividad fotoquímica) la hacen hoy en día, uno de los componentes más importantes de la gasolina reformulada. La alquilación es un proceso catalítico que requiere de un catalizador de naturaleza ácida fuerte, y se utilizan para este propósito ya sea ácido fluorhídrico o ácido sulfúrico. (Athenasb, 2008).

- Proceso MEROX

El proceso MEROX, es un proceso de conversión catalítica en el cual los mercaptanos son convertidos a disulfuros promovidos por un catalizador el cual activa la oxidación a temperatura ambiente usando oxígeno atmosférico.

La corriente de hidrocarburo amargo fluye del tanque de alimentación al contactar con la solución de Sosa Caustica conteniendo el catalizador (IMP-OM-1) y el aire. La mezcla fluye a un tanque separador en donde es extraída por la parte superior la corriente de hidrocarburo tratado más aire remanente y por la parte inferior la solución de Sosa regenerada.

Extracción de MEROX, para mercaptanos de bajo peso molecular que son solubles en solución de sosa cáustica. Por lo tanto, es para el tratamiento de los gases, GLP, o fracciones de gasolina ligera. (Mendivil, 2015).

A continuación en la figura 9 se muestra el esquema del proceso completo de la Refinería Isla antes descrito.

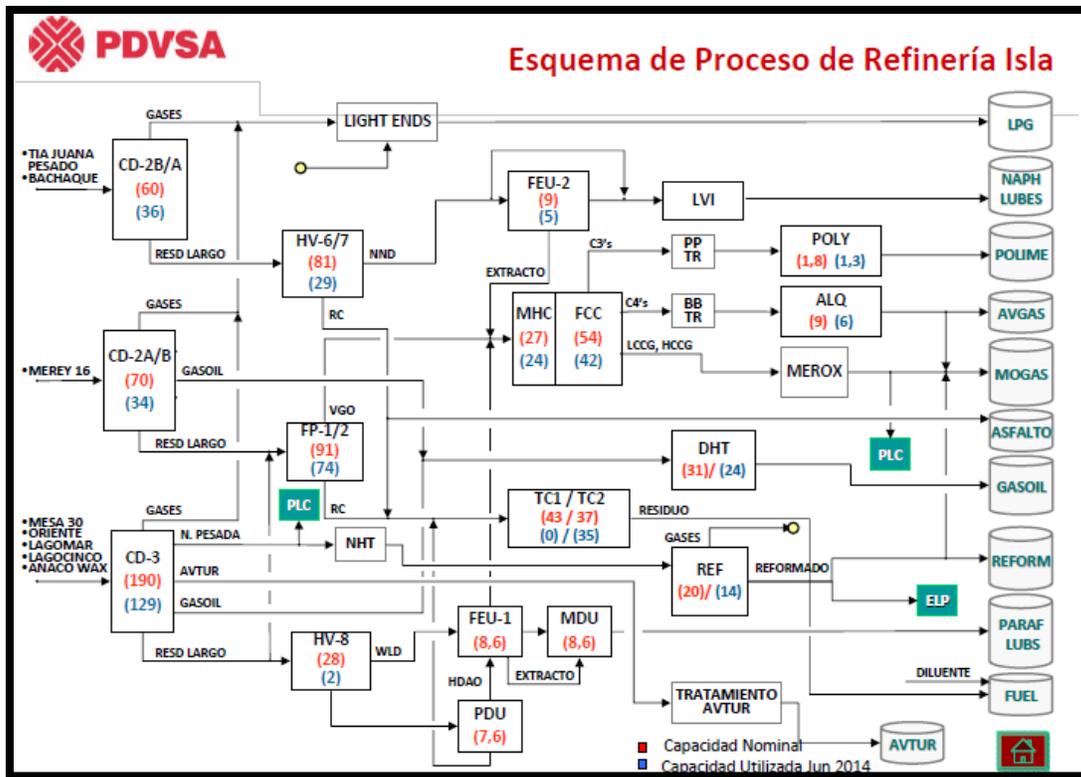


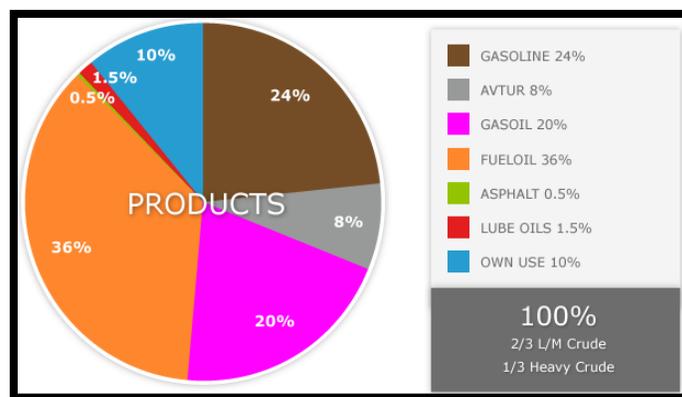
Figura 9 Esquema proceso de Refinería Isla (Alarcon, 2016)

### 2.2.6 Almacenamiento de Refinería Isla

La Refinería Isla tiene una capacidad de almacenaje de 7.5MMBLS en el patio de tanques ubicado en *Bullenbay*, el cual ofrece terminales que pueden recibir grandes tanqueros, entre ellos los VLCC (*Very Large Crude Carriers*) (ver apéndice B), los cuales permiten almacenar y mezclar crudos. En estos tanques se deja el crudo estático por un tiempo determinado y el agua decanta.

### 2.2.7 Productos Refinería Isla

En la figura 10 se pueden ver los principales productos que se producen en la Refinería Isla:



**Figura 10 Productos de Refinería Isla**

Información suministrada por la página web de Refinería Isla, S/F.

### 2.2.7.1 Gasolina

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos derivados del petróleo que se utiliza como combustible en motores de combustión interna con encendido por chispa convencional o por compresión, así como en estufas, lámparas, limpieza con solventes y otras aplicaciones.

La gasolina es uno de los primeros combustibles líquidos que se obtienen del fraccionamiento del petróleo. Tiene componentes hidrocarbonados de  $C_4$  a  $C_{10}$  y una temperatura de destilación entre  $30^{\circ}\text{C}$  Y  $200^{\circ}\text{C}$ .

El petróleo se separa en fracciones por destilación y se somete a pirolisis catalítica en la refinería, la gasolina que se obtiene directamente del fraccionamiento del petróleo (llamada gasolina de destilación directa) contiene principalmente hidrocarburos de cadena recta y tiene un índice de octano (índice que determina la calidad y la capacidad de consumo en la gasolina). Una gasolina con mayor grado de octanos mejora la potencia y el rendimiento del motor, además disminuye el consumo de combustible. (Sandoval, 2013).

### 2.2.7.2 Avtur

Combustible de turbina de aviación (*AVTUR*) o conocido internacionalmente con el nombre *Jet A-1* es un combustible para aviones tipo jet (ya sea propulsión a chorro o hélice).

Avtur es un queroseno con especificaciones ajustadas, especialmente en relación con los puntos de vapor y los puntos de congelación. Este fuel oil es un tipo especial de combustible

producido a partir de fracciones de petróleo. *Avtur* está diseñado específicamente para combustible de avión con tipo de motor de turbina (combustión externa).

El rendimiento o valor del tipo de calidad de combustible *Avtur* está determinado por las características de pureza, el modelo de combustión de la turbina y la durabilidad de la estructura a bajas temperaturas. Además de ser una fuente de energía para los motores de los aviones, también funciona como un fluido hidráulico en el sistema de control del motor y como un enfriador para varios componentes del sistema de combustión. Solo hay un tipo de combustible para reactores, a saber, el tipo de querosén utilizado para la aviación civil en todo el mundo. Por lo tanto, es muy importante que las empresas proveedoras de combustible de aviación se aseguren de que el combustible que proporcionan sea de alta calidad y de acuerdo con los estándares internacionales se debe realizar la verificación de la calidad del producto, los cuales deben cumplir con requisitos de especificaciones de combustible. (Nida, s.f.)

### **2.2.7.3 Gasoil**

El gasoil es un combustible hidrocarburo, derivado de la destilación atmosférica del petróleo crudo. Se consume principalmente en máquinas de combustión interna de alto aprovechamiento de energía, con elevado rendimiento y eficiencia mecánica.

Su uso se orienta fundamentalmente como energético en el parque vehicular equipado con motores diseñados para combustible gasoil, tales como camiones de carga de servicio ligero y pesado, autobuses de servicio urbano y de transporte foráneo, locomotoras, embarcaciones, maquinaria agrícola, industrial y de la construcción, grúas, tractores, aplanadoras; Los componentes de este producto son hidrocarburos que destilan entre los 200°C y 400°C, los hidrocarburos más importantes que entran en la composición química de este combustible son: parafínicos, izoparafínicos, aromáticos (monociclo y biciclo), nafténicos y estructuras mixtas naftenoaromático. (Sandoval, 2013)

### **2.2.7.4 Asfalto**

El asfalto es una mezcla sólida y compacta de hidrocarburos y de minerales que mayormente es empleada para construir el pavimento. Sus características físicas más destacadas son la viscosidad, su uso primordial se da como aglomerante en mezclas asfálticas a instancias su

cohesión su intenso color negro y la construcción de carreteras, autovías y autopistas, ya que es capaz de unir fragmentos de varios materiales y dar cohesión al conjunto a través de transformaciones en su propia masa que dan lugar al origen de nuevos compuestos. (García, s.f.)

#### **2.2.7.5 Aceites lubricantes**

El análisis por muestra de los aceites lubricantes contienen componentes cristalizables (cerosos) y no cristalizables (no cerosos). La parte no oleosa del aceite muestra una transición vítrea (de -90 a -61 °C), que no se ve afectada por la fase cerosa, pero sí afectada por el rango de ebullición del aceite lubricante. La cera presente en los aceites lubricantes muestra un amplio rango de temperatura de disolución (de -68 a + 44 °C), que depende de la composición de la cera y, por lo tanto, se ve afectada por el rango de ebullición y la fuente de petróleo crudo. Se muestra que las temperaturas de cristalización de cera se correlacionan con la nube ASTM y los puntos de vertido. (sciencedirect, s.f.)

#### **2.2.8 Mercados**

El mercado de Refinería Isla de se divide en dos categorías:

##### **2.2.8.1 Mercado de crudos**

El petróleo es una mercancía especial. Las variaciones en sus precios han tenido un impacto significativo en la economía mundial. Por ser un recurso natural, las reservas no se distribuyen de acuerdo a las necesidades de consumo, lo que hace de la industria y del mercado del petróleo una actividad de alcance global, con un comercio internacional importante e intenso. De reflejar principalmente transacciones entre subsidiarias de grandes empresas multinacionales, los mecanismos de determinación de precios del petróleo han evolucionado hacia formas abiertas de mercado, con diversos participantes del lado de la oferta y de la demanda, que incluyen grandes empresas estatales, empresas multinacionales con negocios en la producción y refinación. (Walter, 1998)

El negocio del petróleo es muy particular. Si bien se pueden pactar ventas en los países productores, el precio de venta referencial proviene de las bolsas de valores. Allí es donde se establecen diariamente los precios. Las 24 horas del día, en alguna bolsa de valores de los

cinco continentes se están negociando barriles de petróleo. Eso hace que los precios fluctúen. Precios que dependerán de las cantidades negociadas. En las bolsas de valores, manda la “ley de la oferta y la demanda”. Es decir, es el lugar donde los compradores, que demandan petróleo, y los vendedores que lo ofertan, se encuentran. Estableciéndose un equilibrio que determina las cantidades que se negocian, a un precio dado. Como el precio del petróleo está determinado por su calidad (denominada grados API), todas las calidades de crudo están matemáticamente relacionadas a los precios de dos marcadores, que son la referencia mundial.

En Estados Unidos, ese marcador es el *West Texas Intermediate (WTI)*, en Europa es el Brent del Mar del Norte (BFOE). Son crudos llamados ligeros por su alta calidad, que implica una mayor pureza. Otro indicador referencial, es la Cesta Referencial de la OPEP, que promedia el valor de los crudos de los países miembros del cartel. En todo caso, de cada tres negocios de compra-venta de petróleo, en dos el *WTI* es el marcador utilizado para fijar el precio de la operación por barril. Usualmente, al ser de calidad superior (por tener menos sulfuro y otros minerales) el Brent tiene un mayor precio que el *WTI*. Sin embargo, por condiciones del mercado europeo (en su relación oferta/demanda) y, de distancia de transporte entre los lugares de producción en el Mar del Norte y la competencia con el petróleo árabe y ruso, ese precio a veces es mayor o menor. (Martínez, 2015)

### **2.2.8.2 Mercado petrolero internacional**

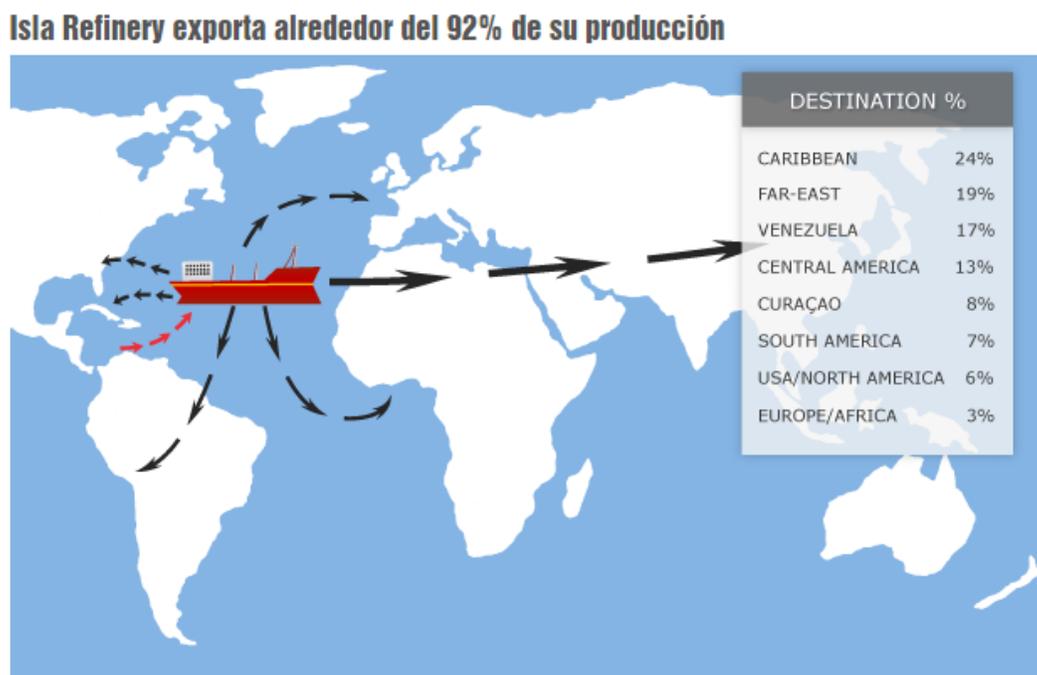
El mercado petrolero hoy está sujeto a una serie de variables, entre ellas está la demanda de hidrocarburos. Se estima que el consumo diario ronda los 93,94 millones de barriles, de los cuales el 33% es suministrado por los países que conforman la OPEP, el 67% restante es suministrado por países no OPEP. Los intereses de cada productor y exportador están marcados por el mercado atendido estratégicamente en cada región. El consumo de hidrocarburos tiende a disminuir, en algunos casos y, en otros, a aumentar, todo debido a las estrategias trazadas por cada país productor y exportador. El mercado chino, quizás, el que más demanda hace de hidrocarburos, está siendo atendido por los productores del Medio Oriente y Venezuela. Arabia Saudita y los otros productores árabes atienden el mercado americano, Japón y otros países asiáticos. El mundo está repartido y atendido por los países OPEP y no OPEP. (Hernandez, 2016)

### 2.2.8.3 Mercado petrolero venezolano

La mayor parte del petróleo venezolano es exportado hacia China e India reciben el 60% del total. Un 20% se vende a EE.UU, y un 20% al resto del mundo. Las exportaciones de crudo de Venezuela representan el 76 % del total de sus ventas al exterior y las de productos refinados de petróleo, el 17%. El 93% del total de sus ingresos por exportaciones proviene del petróleo. (DW, 2016)

### 2.2.8.4 Mercado de productos

El Caribe y Latinoamérica son nuestros principales mercados naturales para gasolinas y diésel. El Lejano Oriente se está convirtiendo en un importante cliente de combustible residual. La Refinería Isla suministra todas las necesidades energéticas de Curazao (gasolinas, combustible para aviones, diésel y combustible para la generación de energía). (Ver figura 11).



**Figura 11 Destinos de los productos** (Refinería Isla, 2018)

### 2.2.9 PetroCaribe

Es una iniciativa de cooperación energética creada por el presidente Hugo Chávez, sustentado en los principios de comercio justo, complementación, solidaridad, justicia social y la

voluntad común de combatir las asimetrías, sirviendo como alternativa real para los países en desarrollo del Caribe de tener un acceso seguro y confiable a diversas fuentes de energía.

El bloque fue creado el 29 de junio de 2005 en Puerto La Cruz, Venezuela, en el Primer Encuentro Energético de Jefes de Estado y de Gobierno del Caribe, cita en donde inicialmente 14 países de la región estamparon su firma para constituirlo, en el Acuerdo de Cooperación Energética.

Bajo este organismo multilateral se coordinan y articulan las políticas de energía, incluyendo petróleo y sus derivados, gas, electricidad, uso eficiente de la misma, cooperación tecnológica, capacitación, desarrollo de infraestructura energética, así como el aprovechamiento de fuentes alternas, tales como la energía eólica y solar.

Actualmente, PetroCaribe cuenta con 19 países signatarios, Antigua y Barbuda, Bahamas, Belice, Cuba, Dominica, El Salvador, Granada, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua, República Dominicana, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía, San Vicente y Las Granadinas, Surinam y la República Bolivariana de Venezuela. (Canro, 2010)

### ***2.2.10 Geopolítica***

Ciencia que pretende fundar la política nacional o internacional en el estudio sistemático de los factores geográficos, económicos, raciales, culturales y religiosos.

Partiendo de esta definición, notamos que la geopolítica es la relación que existe entre el poder y su distribución en diferentes zonas de influencia, donde con anterioridad las dominaciones coloniales, las guerras y el uso de la fuerza determinaban estas zonas de influencia, sin embargo en ocasiones determinadas zonas estratégicas se manifiestan como importantes y donde se hace aparente un predominio derivado de aspectos de orden económico, tal es el caso de la zona de Asia –Pacífico (Santaella, 2010).

#### **2.2.10.1 Importancia de la Geopolítica**

La geopolítica tuvo gran interés en la Alemania de principios del siglo XX y alcanzó una gran difusión durante el nazismo. El general alemán *Karl Haushofer* modernizó la geografía política, utilizándola como instrumento que justificaba la expansión territorial de Alemania durante el Tercer Reich y desarrollando las teorías de *Ratzel* del espacio vital (*Lebensraum*).

De todas formas, existen ciertas actuaciones del régimen nazi que no se corresponden con las teorías de *Ratzel* y *Haushofer*, como la cesión del Tirol del Sur a los italianos, zona poblada en su mayoría población germana.

Países como Rusia, China y Japón dieron también gran importancia a esta ciencia durante los años 1930 y 1940 como camino para alcanzar un poder global. La utilización propagandística de la geopolítica acarrió, tras la derrota alemana, su descrédito y olvido, sobre todo en el ámbito académico. No obstante, otras personas, como militares o diplomáticos, siguieron interesándose por esta rama de la geografía. A partir de los años setenta la geopolítica recuperó el interés perdido y ha vuelto a crecer actualmente al amparo de las tensiones internacionales surgidas. Conceptos como eje, estado tapón, países aliados, área comercial, etc., son términos geopolíticos comúnmente utilizados.

Tampoco se puede olvidar una nueva vertiente del desarrollo de grandes compañías u organizaciones multinacionales de gran poder económico y político (algunas similares a muchos estados), que fomentan estrategias territoriales cercanas al estudio de la geopolítica (Geopolítica macroeconómica). (Santaella, 2010)

#### **2.2.10.2 Objetivo de la Geopolítica**

Determina una nueva línea de asociaciones estratégicas y acuerdos con países convenientes políticamente ya sea por integración regional, afinidad política o representatividad internacional. Por otra parte, esto garantiza contratos a término que proponen más estabilidad a los precios por afectar menos al mercado reduciendo el número de cargamentos *spot* más propensos a la especulación. (Alarcón, 2010)

#### **2.2.11 Normas ASTM**

Las normas de ASTM se crean usando un procedimiento que adopta los principios del Convenio de Barreras Técnicas al Comercio de la Organización Mundial del Comercio (*World Trade Organization Technical Barriers to Trade Agreement*). El proceso de creación de normas de ASTM es abierto y transparente; lo que permite que tanto individuos como gobiernos participen directamente, y como iguales, en una decisión global consensuada.

Las normas de ASTM International se usan en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales por todo el mundo. Son unos de los componentes integrales de las estrategias comerciales competitivas de hoy en día.

Estas normas son utilizadas y aceptadas mundialmente y abarcan áreas tales como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo, construcción, energía, el medio ambiente, productos para consumidores, dispositivos y servicios médicos y productos electrónicos. (QAEC, 2018).

#### **2.2.11.1 Norma internacional ISO/IEC 17025**

La primera edición (1999) de esta Norma Internacional fue producto de la amplia experiencia adquirida en la implementación de la Guía ISO/IEC 25 y de la Norma EN 45001, a las que reemplazó. Contiene todos los requisitos que tienen que cumplir los laboratorios de ensayo y de calibración si desean demostrar que poseen un sistema de gestión, son técnicamente competentes y son capaces de generar resultados técnicamente válidos; es conveniente que los organismos de acreditación que reconocen la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración se basen en esta norma internacional para sus acreditaciones.

La aceptación de los resultados de ensayo y de calibración entre países debería resultar más fácil si los laboratorios cumplen esta norma internacional y obtienen la acreditación de organismos que han firmado acuerdos de reconocimiento mutuo con organismos equivalentes que utilizan esta norma internacional en otros países.

El uso de esta norma internacional facilitará la cooperación entre los laboratorios y otros organismos y ayudará al intercambio de información y experiencia, así como a la armonización de normas y procedimientos.

#### **2.2.11.2 Objetivo de la norma internacional ISO/IEC 17025**

- Establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos o de calibraciones, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el propio laboratorio.

- Es aplicable a todas las organizaciones que realizan ensayos o calibraciones. Éstas pueden ser, por ejemplo, los laboratorios de primera, segunda y tercera parte, y los laboratorios en los que los ensayos o las calibraciones forman parte de la inspección y la certificación de productos.
- Es aplicable a todos los laboratorios, independientemente de la cantidad de empleados o de la extensión del alcance de las actividades de ensayo o de calibración. Cuando un laboratorio no realiza una o varias de las actividades contempladas en esta Norma Internacional, tales como el muestreo o el diseño y desarrollo de nuevos métodos, los requisitos de los apartados correspondientes no se aplican.
- Las notas que se incluyen proporcionan aclaraciones del texto, ejemplos y orientación. No contienen requisitos y no forman parte integral de esta Norma Internacional.
- Es para que la utilicen los laboratorios cuando desarrollan los sistemas de gestión para sus actividades de la calidad, administrativas y técnicas. También puede ser utilizada por los clientes del laboratorio, las autoridades reglamentarias y los organismos de acreditación cuando confirman o reconocen la competencia de los laboratorios. Esta Norma Internacional no está destinada a ser utilizada como la base para la certificación de los laboratorios. (Norma Internacional ISO, 2005).

### ***2.2.12 Matriz de toma de decisiones***

Una matriz de toma de decisiones es una herramienta de gestión y control de proyectos que se utiliza para determinar problemas clave y evaluar las alternativas apropiadas ante un objetivo determinado.

Es decir, es un sistema que facilita la toma de decisiones y que garantiza que se emprenden acciones basadas en criterios de utilidad objetiva. Ayuda a conocer cuáles son las formas de actuar más rentables y beneficiosas en un caso concreto. Se utiliza en múltiples contextos, que pueden incluir desde la compra de material en una empresa, a la contratación de personal para un proyecto concreto o para ayudar a los gerentes de proyectos a determinar qué problemas deben resolverse primero para cumplir con los objetivos.

Para crear una de estas matrices, las cuestiones clave deben priorizarse y ponderarse antes de que las opciones de acción posible puedan aplicarse. Gracias a esta herramienta, se obtiene una puntuación para clasificar las diferentes posibilidades de implementación. Las opciones que obtienen más puntos son las más viables y beneficiosas de llevar a cabo.

Se consideran las opiniones de todas las personas entrevistadas cuando se elabora una, se usan lluvias de ideas para crear una lista priorizada e involucradas en la planificación del proyecto. Una vez que las ideas han sido enumeradas, cada una debe ser evaluada y ponderada, siguiendo un conjunto de criterios.

Hay dos tipos utilizados en la gestión de proyectos, que incluyen las matrices simples y ponderadas. La simple usa cada factor con el mismo peso, mientras que la ponderada da a algunos factores más valor que a otros. (Martín, 2018)

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En este capítulo se presenta la metodología que se utilizó para llevar a cabo esta investigación y permitir el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado.

#### **3.1 Diseño de la investigación**

El diseño de investigación experimental según Hernández, et.al (2004), se refiere a un sentido en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador.

Para realizar el siguiente trabajo de grado se estableció un diseño experimental, debido a que se operacionalizan un conjunto de variables independientes y dependientes fundamentadas en hipótesis generadas por los objetivos específicos que esta investigación requiere desarrollar para el estudio de la factibilidad técnica del arrendamiento de la Refinería Isla bajo estándares internacionales.

#### **3.2 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es descriptiva y según Hernández, et.al (2004), es un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga.

De acuerdo a lo antes mencionado, esta investigación es de tipo descriptiva debido a que se realiza un estudio de factibilidad técnica, mediante el uso de información suministrada por Petróleos de Venezuela S.A, y resultados experimentales de mediciones de propiedades que reflejan la calidad de los crudos producidos en Venezuela que la Refinería Isla procesa.

A continuación se presenta la tabla 3 formulación de hipótesis y operacionalización de variables donde se muestra las variables independientes, intervinientes y dependientes para la ejecución de cada uno de los objetivos específicos de esta investigación.

**Tabla 3 Formulación de Hipótesis y Operacionalización de variables**

Objetivos Específicos	Hipótesis	Variables		
		Independiente	Interviniente	Dependiente
1. Realizar una revisión bibliográfica para obtener información referente a la Refinería Isla	La revisión bibliográfica conllevará a la obtención de información referente a Refinería Isla	Revisión bibliográfica	No aplica	la obtención de información referente a Refinería Isla
2. Identificar ventajas geográficas y estratégicas de la Refinería Isla	La identificación de las ventajas geográficas y estratégicas de la Refinería Isla, permitirán el fácil transporte y almacenamiento de crudo en el complejo refinador	La identificación de las ventajas geográficas y estratégicas	Estrategias de optimización de tiempo para el transporte de buques, ubicación geográfica del complejo refinador y calado de Buques	El fácil transporte de crudos
3. Describir la capacidad operacional de Refinería Isla	La descripción de la capacidad operacional definirá la cantidad de productos obtenidos; considerando los volúmenes de crudo de entrada en el proceso de refinación	La descripción de la capacidad operacional	Crudo de entrada en el proceso de refinación	Cantidad de productos obtenidos
4. Categorizar los clientes de refinería Isla de acuerdo a su capacidad de compra	La categorización de los clientes de refinería Isla permitirá establecer la dirección del mercado de los productos y sus ventajas geopolíticas	La categorización de los clientes de refinería Isla	Capacidad de compra y relaciones bilaterales entre naciones	La dirección del mercado de los productos y sus ventajas geopolíticas
5. Evaluar la calidad del crudo venezolano que procesa Refinería Isla mediante las pruebas de laboratorio basado en las normas ASTM	La evaluación de los crudos venezolanos que procesa Refinería Isla permitirá conocer las especificaciones que deben tener los mismos; <b>tomando</b> en cuenta pruebas de laboratorio basado en normas ASTM	Evaluación de los crudos venezolanos que procesa Refinería Isla	Las normas ASTM utilizadas en el laboratorio	las especificaciones que deben tener los crudos
6. Evaluar la Refinería Isla en el contexto geopolítico	Evaluación de la refinería Isla en el contexto geopolítico, garantizara convenios energéticos entre naciones	La evaluación de la refinería Isla en el contexto geopolítico,	No aplica	Garantizar convenios energéticos entre naciones

### 3.3 Metodología

En este trabajo de investigación se implementó un procedimiento metodológico fundamentado en el alcance de los objetivos planteados, siguiendo esquemáticamente los siguientes pasos.

#### 3.3.1 *Revisión bibliográfica*

Se realizó una consulta a distintos libros, sitios web, artículos técnicos y manuales referentes a los procesos de refinación con la finalidad de profundizar los conocimientos sobre el tema estudiado. De la misma manera se ejecutó una revisión de las normas ASTM, con la finalidad de definir los procedimientos experimentales que permitieron la caracterización fisicoquímica de los crudos para establecer conclusiones referentes a su calidad.

#### 3.3.2 *Identificación de las ventajas geográficas y estratégicas*

Como parte de la identificación de las ventajas geográficas es indispensable la localización espacial de la Refinería Isla, la cual se encuentra ubicada en la Isla de Curazao que es un territorio autónomo del Reino de los Países Bajos, entre las coordenadas geográficas  $12^{\circ}08'05,61''N$  y  $68^{\circ}55'57,75''W$ . como se muestra en la figura 12.



**Figura 12 Posición geográfica de la Refinería Isla** (Google, 2018)

Para la identificación de las ventajas geográficas y estratégicas se realizó la revisión de algunos mapas extraídos de informes de PDVSA, para tener una mejor perspectiva de la localización de los países con los cuales se comercializan productos refinados desde la Refinería Isla, y a su vez con la cercanía de este complejo refinador con las costas venezolanas.

### ***3.3.3 Capacidad operacional y comercio de productos***

El estudio de la capacidad operacional de la Refinería Isla se realizó mediante la revisión de informes y datos suministrados por PDVSA, para así obtener una amplia y detallada información de cuáles son los volúmenes procesados en dicha refinería, su capacidad máxima para cumplir las demandas y las cantidades mínimas para mantener la planta operativa.

El comercio de los productos de la Refinería Isla se realizó analizando los informes facilitados por PDVSA, así como los lugares donde son comercializados dichos productos.

Por otra parte, se realizó un balance de Caja Negra en el cual se evaluaron 120 BBL que simula una corrida en la Refinería Isla. El precio del crudo referenciado a la fecha 13/10/2018 fue de 66.99 \$/BBL valor que corresponde al barril del crudo venezolano para ser procesados en dicha refinería de los cuales se tomará en cuenta los volúmenes de crudos salientes y se analizarán distintos productos de acuerdo al valor del mercado obteniendo las ganancias totales que genera dicha refinería.

En este sentido, los cálculos para realizar el balance de caja negra se obtuvieron a través de datos reales suministrados por la Refinería Isla y los precios de los productos. Con la finalidad de obtener números exactos. En la salida de la caja negra se multiplicaron los volúmenes de cada producto por su valor en el mercado y se realizó una sumatoria total de las ventas en dólares por cada región.

### ***3.3.4 Categorización de los clientes de la Refinería Isla de acuerdo a su capacidad de compra***

Los clientes de Refinería Isla fueron categorizados de acuerdo a su capacidad de compra ubicación geográfica y relaciones bilaterales con Venezuela; para realizar este estudio se visitaron sitios web, además de una revisión de informes de PDVSA. (Ver tabla 4)

**Tabla 4 Categorización de clientes**

Categoría	Características		
	Productos adquiridos	Tipo de cancelación	Relaciones bilaterales
<b>A</b>	Grandes cantidades	Pago de contado	Excelente
<b>B</b>	Medianas cantidades	Pago a crédito	Buena
<b>C</b>	Bajas cantidades	Pago a crédito	Baja

Las características expuestas en el cuadro 4 referente a la categorización de los clientes, mantienen una relación de orden respecto a la relevancia que tienen para la negociación, la cual se cumple de la siguiente manera: Relaciones bilaterales mayor que tiempo de cancelación y tiempo de cancelación mayor que productos adquiridos.

Los clientes serán segmentados por letras las cuales son:

- A. Clientes de primera categoría: Son aquellos que pueden adquirir grandes cantidades de productos y cancelan de contado una vez entregado el pedido, las relaciones bilaterales se consideran excelentes.
- B. Clientes de segunda categoría: Son aquellos clientes que pueden adquirir grandes o medianas cantidades de productos realizan el Pago a crédito, las relaciones bilaterales se consideran buenas.
- C. Clientes de tercera categoría: Son aquellos que pueden adquirir bajas cantidades de productos y la cancelacion de dicho pedido es a crédito.

### **3.3.5 Evaluación de calidad de crudos**

El crudo antes de ser despachado debe contar con la caracterización de los parámetros establecidos por la refinería para garantizar la calidad del mismo.

La calidad del crudo es dependiente de la caracterización, por lo que se requiere realizar ensayos usando las normas ASTM establecidas en los estándares internacionales. Los ensayos realizados como parte de la caracterización de los crudos: Tía Juana Pesado, Boscán y Bachaquero los cuales son procesados en la Refinería Isla, fueron:

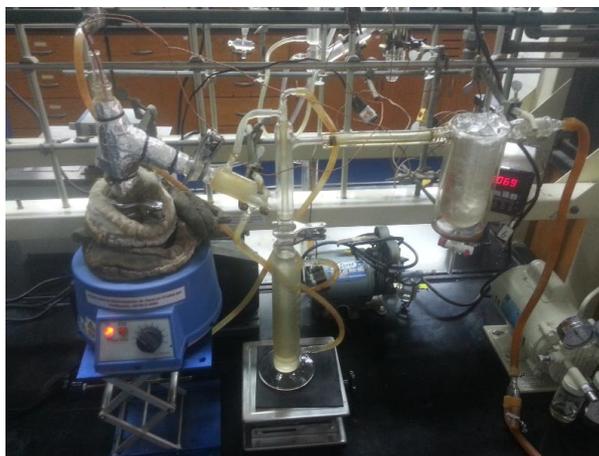
- Método de prueba estándar para determinar agua en crudo por destilación

Es un método propio utilizado en la UCV, el procedimiento para esta prueba comienza en colocar 500ml de muestra en un balón previamente pesado. (Ver figura 13)



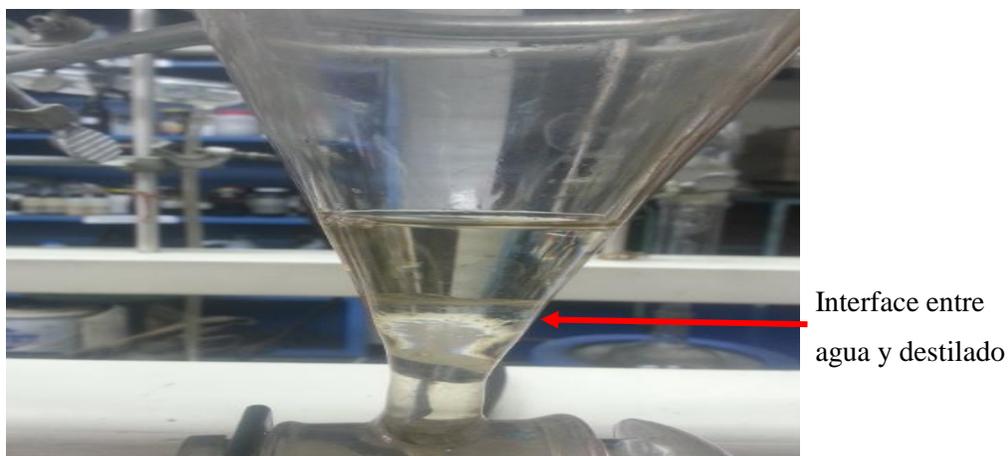
**Figura 13 Medición del peso de la muestra con agua**

Luego de haber tomado el peso de la muestra se procede a montar el balón en el equipo y aumentar la temperatura gradualmente hasta alcanzar los 110°C con el fin de extraer el agua del crudo. (Ver figura 14)



**Figura 14 Determinación de agua por destilación**

Una vez extraído el crudo se procede a separar la cantidad de agua con el componente más liviano del crudo el cual será añadido a la muestra inicialmente. (Ver figura 15)



**Figura 15 Decantación de mezclas agua y destilado**

- ASTM D-4007 Agua y sedimentos en crudos por el método de centrifugación

Este método consiste en obtener el porcentaje de agua y sedimento mediante la centrifugación de una muestra de crudo. Para ello se agrega 50 mL de una muestra de crudo en una ampolla, luego se completa con solvente (Xileno) hasta llegar a 100 mL. (Ver figura 16)



**Figura 16 Ampollas**

Seguidamente se colocan dos ampollas en el equipo de centrifugación en forma diametralmente opuestas para generar equilibrio de masas dentro del equipo. Para cada 5 minutos se variarán las velocidades, comenzando en 500 rpm hasta 2500 rpm. (Ver figura 17)



**Figura 17 Equipo de centrifugación**

- ASTM D-1298 Baño térmico para la determinación de gravedad API por el método del hidrómetro

En este caso la gravedad API es medida en forma directa, a través del uso del hidrómetro. La prueba se realiza colocando 100 mL de crudo en un cilindro graduado que es sumergido en un baño de calentamiento a una temperatura de 70°C. Luego se introduce el hidrómetro dentro del cilindro graduado y se lee directamente la gravedad API. (Ver figura 18)



**Figura 18 Aplicación método del hidrómetro**

- ASTM D-446 Método de prueba estandarizado para viscosidad cinemática de líquidos opacos

El siguiente método consiste en colocar la muestra de crudo en el viscosímetro el cual será tapado por uno de sus extremos, se sumerge en el baño de calentamiento y se espera que la

muestra se ajuste a la temperatura deseada para realizar la prueba donde se destapará y dejará que fluya por efecto de la gravedad. Utilizando los cronómetros del equipo se determina el tiempo en segundos que tarda la muestra en pasar de la primera marca a la segunda, de la segunda a la tercera. El tiempo estimado que debe tardar la muestra en su recorrido está entre 200 segundos y 900 segundos. Se calcula la viscosidad cinemática multiplicando el tiempo 1 por la constante del viscosímetro para ese bulbo y el tiempo 2 por la constante para el segundo bulbo de esta manera se obtienen dos valores de viscosidad cinemática que son promediadas para obtener un valor final. (Ver figura 19)



**Figura 19 Baño de calentamiento**

- Determinación de azufre, método de la bomba Parr ASTM D 129-64

Se toma 1gr de la muestra, seguidamente se coloca un alambre de platino de tal manera que se sumerja en la muestra, luego debe colocarse la tapa, una vez cerrada la bomba se le aplica una presión interna de 30 atm. La bomba es sumergida en un recipiente con agua y es sometida a 12 voltios durante 10 segundos para que realice una combustión dentro de la bomba.

Luego se procede a lavar la bomba con agua destilada y se agrega en un balón aforado de 100 ml donde es agregado un indicador (naranja de metilo): la muestra será precipitada con Sulfato de bario ( $\text{BaSO}_4$ ) para luego calcular el peso de la cantidad de azufre.

### ***3.3.6 Evaluación de la Refinería isla en el contexto geopolítico***

La evaluación de la Refinería Isla en el contexto geopolítico se realizó a través de análisis de informes suministrados por PDVSA, libros, revistas, artículos portafolios y sitios web. Se tomó en cuenta visión geopolítica que tiene PDVSA para futuras negociaciones para garantizar su expansión en la comercialización de crudos.

### ***3.3.7 Matriz de toma de decisiones***

Se realizó una matriz de toma de decisiones con el fin de evaluar la factibilidad de la renovación del arrendamiento de la Refinería Isla tomando en cuenta, los criterios políticos, comerciales, geográficos y técnicos los cuales serán evaluados por la cantidad de sub-criterios correspondientes

Los criterios fueron obtenidos a través de consultas a expertos en breves entrevistas, sucesivamente fueron revisados y validados por el investigador para la ejecución del estudio de toma de decisiones que permitió determinar su coherencia, exhaustividad, comprensión y adhesión.

El próximo capítulo incluye un gráfico donde se presentarán los porcentajes de cada uno de los criterios evaluados en la matriz antes descrita con base en la ponderación otorgada por el investigador.

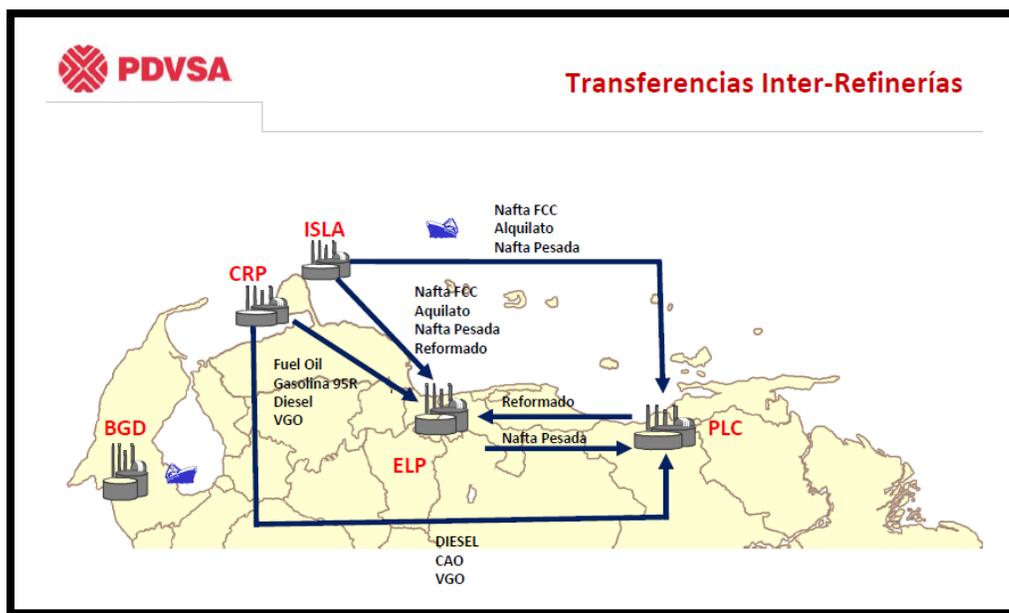
## CAPITULO IV

### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la investigación realizada para cumplir así con los objetivos planteados al principio del estudio.

#### 4.1 Identificación de ventajas geoestratégicas

En la figura 20 se observa lo cercana que se encuentra la Refinería Isla de la costa venezolana, lo cual demuestra ventajas estratégicas para el traslado y comercialización del crudo:



**Figura 20 Productos refinados de Venezuela** (Alarcon, 2016)

- Localizada a 50 kilómetros al noroeste de Venezuela, la refinería Isla es estratégica para procesar, almacenar y despachar el petróleo venezolano, principalmente al mercado asiático.
- Desde cualquier punto de la costa venezolana los buques no tardan más de 12 horas en llegar a la Refinería Isla.
- Tiene un calado de 70 pies aproximadamente y aguas tranquilas lo que facilita la carga y descarga de crudos.
- Propicia un mayor liderazgo en la región caribeña con la finalidad de exportar los productos terminados en dicha refinería.

- e. La Refinería Isla genera productos de alta calidad para la fabricación de la gasolina en nuestro país, lo cual ayuda a elevar su octanaje; en la figura anterior se pueden observar los productos que son enviados de Refinería Isla a Refinería el Palito y Refinería de Puerto la cruz.
- f. Es posible la perdida de ingresos financieros de PDVSA al interrumpir las relaciones establecidas en el contrato con la Refinería Isla. Tendría impacto logístico y comercial, ya que no existe otras refinerías disponibles en el Caribe para sustituirla.

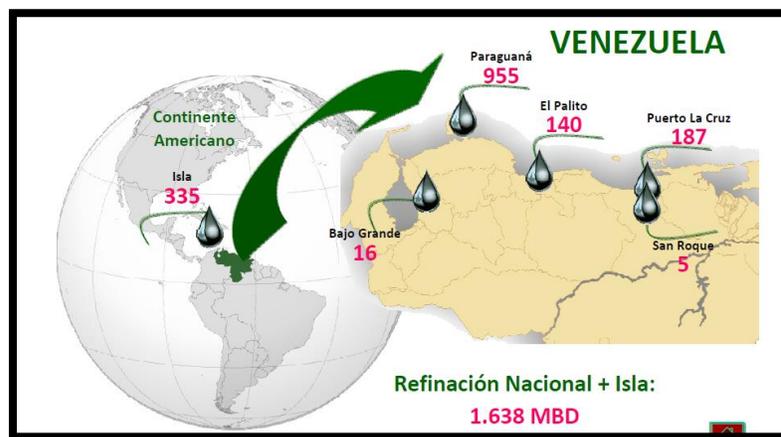
## 4.2 Capacidad operacional y comercio de productos en la Refinería Isla

### 4.2.1 Capacidad operacional

La Refinería Isla tiene una capacidad nominal de refinación de 335 MBD en condiciones óptimas; esta refinería fue diseñada para procesar crudos venezolanos, los cuales son despachados internacionalmente gracias a la ventaja de poder almacenar 7.5 MMBLS en su patio de tanques.

### 4.2.2 Productos refinados de Venezuela

La Refinería Isla aporta un 20.5 % de la capacidad de refinación que posee Venezuela la cual es de 1.638 MMBD, tal como se muestra en la figura 21.



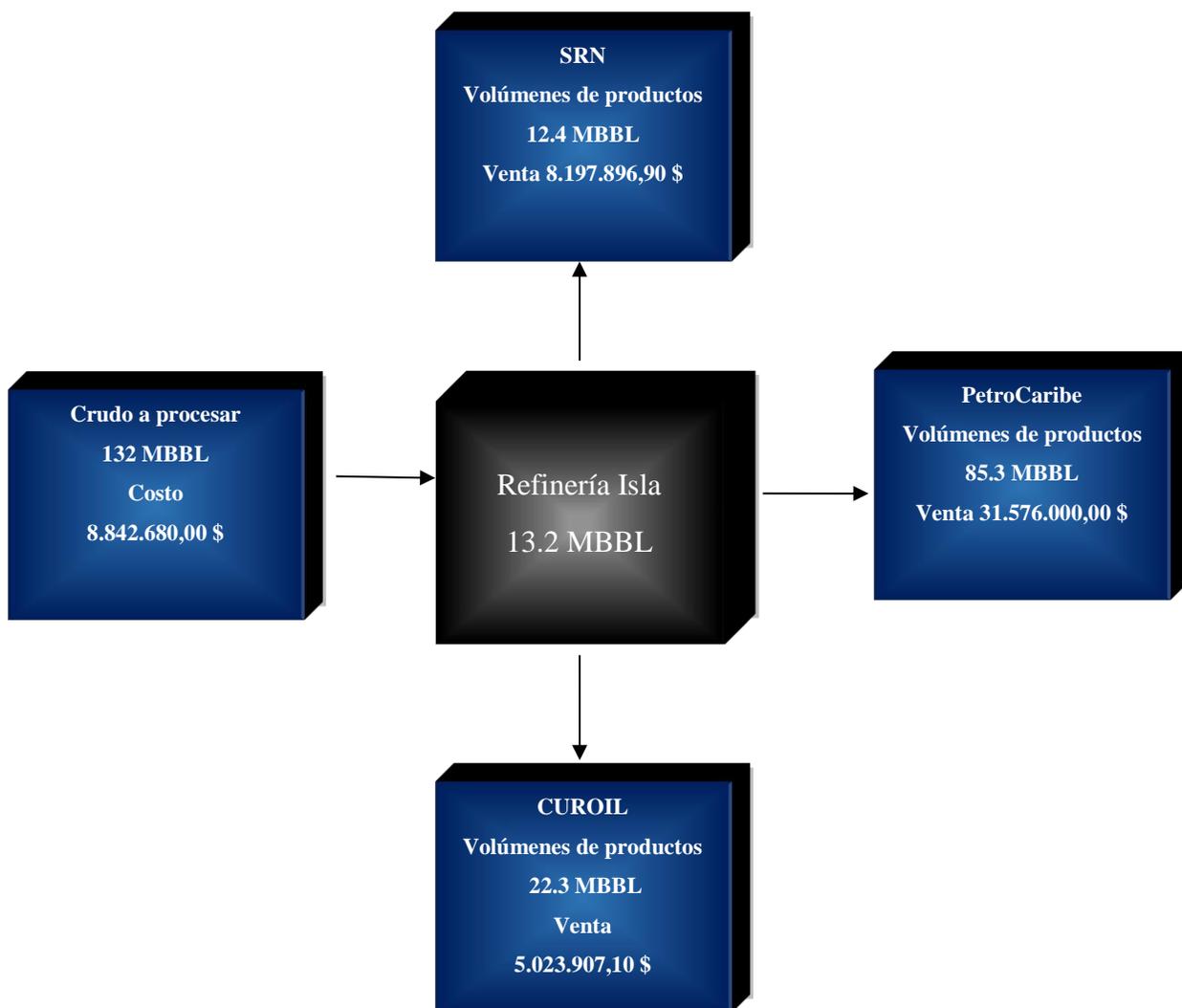
**Figura 21 Productos refinados en Venezuela** (Alarcon, 2016)

Esto indica que al no continuar arrendando la Refinería Isla disminuirá la cantidad de productos refinados en el país en un 20%; así como la capacidad de almacenamiento de crudos para la exportación. En tal sentido, esto puede generar un colapso en la carga de buques que perderán un terminal donde atracar para poder ser llenados con el crudo de exportación.

Por otra parte, es posible que disminuya la elaboración de productos terminados en el parque refinador venezolano, trayendo como consecuencia una probable reducción en el comercio de los productos fabricados por PDVSA. También el comercio de los productos provenientes de la Refinería Isla quedaría extinto, generando una reducción de ingresos para PDVSA; lo cual resulta negativo para los planes de expansión de la empresa en su visión de fortalecer y ampliar la industria petroquímica.

Por consiguiente, el balance de caja negra que se muestra en la figura 22 consistió en una corrida de 132 MBBL que ingresaron a la Refinería Isla con un costo de 8.842.680,00 \$ de acuerdo al precio del crudo venezolano para el día 13/10/2018 de 66.99 \$/BBL. De la misma manera, se obtuvieron los volúmenes salientes cotizados en dólares los cuales están divididos en diferentes regiones:

- 12.4 MBBL. Sistema Nacional de Refinación (SRN).
- 22,3 MBBL. Compromiso de contrato Curoil.
- 85.3 MBBL. Acuerdo PetroCaribe.
- 13.2 MBBL Compromiso de contrato con arrendatario correspondiente al 10 %.



**Figura 22 Balance de caja negra**

**Balance de caja negra**

$$BCN = \sum_{i=1}^n FS_i - \sum_{i=1}^n FE_i$$

**Donde:**

BCN = Balance de caja negra

FS = Flujo de salida

FE = Flujo de entrada

$$BCN = \sum_{i=1}^3 FS_i - \sum_{i=1}^1 FE_i$$

$$BCN = (31.576.000,00 \$ + 5.023.907,10 \$ + 8.197.896,90 \$) - (8.842.680,00 \$)$$

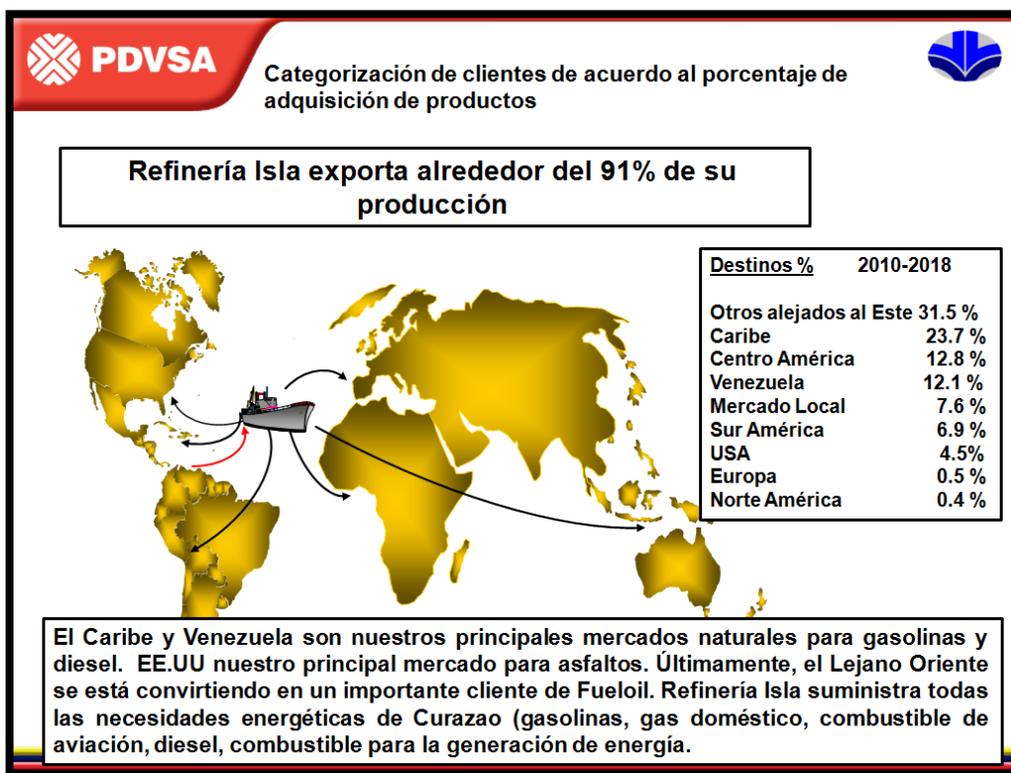
$$BCN = (44.797.804,00 \$) - (8.842.680,00 \$)$$

$$BCN = 35.955.124,00 \$$$

**NOTA:** en el balance de caja negra no se tomaron en cuenta los costos de transporte del crudo, tampoco los costos operacionales de refinación por barril procesado.

### 4.3 Categorización de los clientes de acuerdo a su capacidad de compra

Para la categorización de los clientes se realizó un análisis con base en la información suministrada por PDVSA como se observa en la figura 23.



**Figura 23** Categorización de clientes de acuerdo al porcentaje de adquisición (PDVSA, 2016)

En tal sentido, segmentando los clientes de la Refinería Isla, China e India representan un cliente categoría (A) debido a su capacidad de compra de 31.5 % en volúmenes de crudo e inmediata respuesta a los pagos, tiene excelentes relaciones bilaterales con Venezuela; trabajando de la mano con nuevos proyectos energéticos con el fin de fortalecer su ampliación en nuevas tecnologías en la industria petrolera de ambas naciones.

Los países que conforman PetroCaribe son considerados clientes categoría (A) aunque sus compras de volúmenes no son mayores del 10 % y las cantidades de productos es de 23.7 %,

su ubicación geográfica y las relaciones bilaterales que tienen con Venezuela, los hacen clientes estratégicos del desarrollo geopolítico de nuestra nación.

Centro América es un cliente clase (B) ya que sus capacidades de compra no son mayor al 12.8% sus relaciones bilaterales se pueden considerar buenas.

Sur América se considera un cliente clase (C) las relaciones bilaterales son bajas, su capacidad de compra es de 6.9 %.

Norteamérica es uno de los clientes que mayor trayectoria ha tenido en la industria petrolera venezolana durante toda su historia en la comercialización del petroero; se considera un cliente clase (B). Sus compras de volúmenes de crudo son excelentes, tienen inmediata respuesta a los pagos, la ubicación geográfica es óptima para los despachos; sin embargo, sus relaciones bilaterales con Venezuela son bajas.

Europa es considerado un cliente categoría (C), debido a las cantidades de compra 0.5 % y relaciones bilaterales bajas.

#### **4.4 Evaluación de los crudos**

A continuación se presentan los resultados provenientes de los análisis experimentales de los crudos Boscán, Bachaquero y Tía Juana Pesado (TJP).

##### **4.4.1 Deshidratación de los crudos**

En esta prueba se determinó la cantidad de agua presente en los crudos analizados para ello se efectuaron los siguientes cálculos:

1. Muestra Crudo Boscán.

Peso de la muestra:  $x = 432.44 \text{ gr}$

Cantidad de agua obtenida por la deshidratación: 5 ml

Gramos de agua:  $5 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ gr}}{\text{ml}} = 5 \text{ gr}$

Corrección del peso de la muestra a través de la curva.

$$y = 0.9482x - 0.0362$$

Sustituyendo

$$y = 0.9482(432.76) - 0.0362$$

$$y = 410.306 \text{ gr}$$

Porcentaje de agua presente en la muestra.

$$\% \text{ agua} = \frac{5 \text{ gr agua}}{410.306 \text{ gr Boscan}} \times 100 = 1.21\%$$

Las muestras de crudo Tía Juana Pesado y Bachaquero no presentaban ningún porcentaje de agua.

#### **4.4.2 Porcentaje de agua y sedimento por centrifugación**

Se observó en las muestras un bajo porcentaje de agua y sedimento (trazas).

#### **4.4.3 Gravedad API por el método del hidrómetro**

En el equipo se midió la gravedad API a 70°C

Boscán: 14.6 API

Tía Juana Pesado: 15.9 API

Bachaquero: 16.4 API

Se corrigieron con la siguiente ecuación.

$$^{\circ}\text{F} = 70 \times 1.8 + 32 = 158^{\circ}\text{F}$$

Con la tabla ASTM 1250 se procede a buscar los valores de densidad corregidos para las muestras los cuales se pueden apreciar en la tabla 5.

**Tabla 5 Propiedades físicas de los crudos calculadas en el laboratorio**

<b>Propiedades</b>	<b>Temperatura (°F)</b>	<b>Crudo Boscán</b>	<b>Crudo TJP</b>	<b>Crudo Bachaquero</b>
<b>Gravedad API</b>	60	10,7	11,0	11,5
<b>Densidad [g/ml]</b>	60	0,9945	0,9924	0,9889
<b>Gravedad específica</b>	60/60	0,9951	0,9930	0,9895

#### 4.4.4 Determinación de la viscosidad cinemática y dinámica

En esta prueba se midió la viscosidad cinemática de las muestras de los crudos Boscán, Tía Juana Pesado y Bachaquero a las siguientes temperaturas 50°C, 60°C y 70°C. La viscosidad dinámica fue calculada una vez obtenida la viscosidad cinemática mediante la relación:

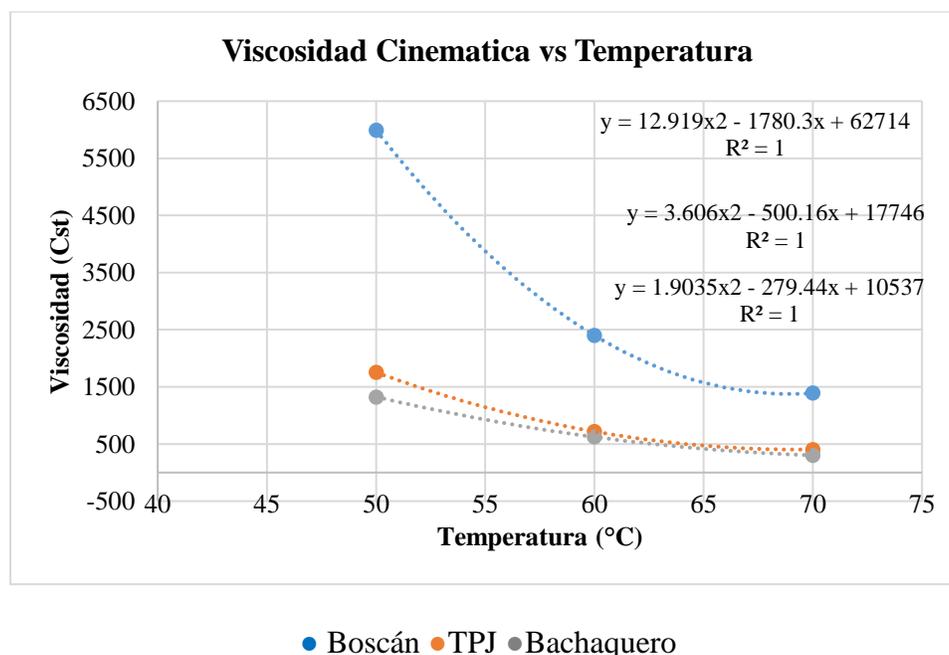
$$\mu = \sigma * \nu$$

Los cuadros 6 y 7 muestran los resultados.

**Tabla 6 Viscosidad cinemática (cSt)**

Temperatura (°C)	Crudo Boscán	Crudo TJP	Crudo Bachaquero
50	5994,4	1753,4	1323,8
60	2401,5	718,4	623,2
70	1392,3	404,6	303,3

En la figura 24 se puede apreciar el comportamiento de la viscosidad al aumentar la temperatura:

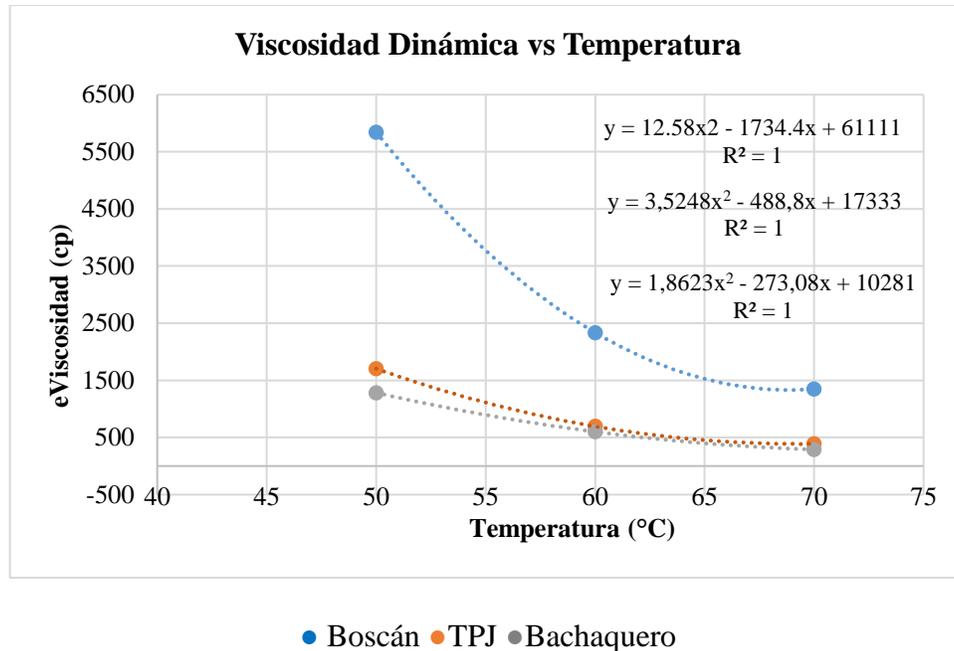


**Figura 24 Viscosidad Cinemática vs Temperatura**

**Tabla 7 Viscosidad dinámica (cP)**

Temperatura (°C)	Crudo Boscán	Crudo TJP	Crudo Bachaquero
50	5841,59	1704,83	1282,23
60	2335,69	694,18	599,95
70	1345,79	388,496	290,136

En la figura 25 se puede apreciar el comportamiento de la viscosidad al aumentar la temperatura:



**Figura 25 Viscosidad Dinámica vs Temperatura**

#### 4.4.5 Determinación del azufre

**Tabla 8 Contenido de Azufre**

Muestras de crudos		
Boscán	Bachaquero	Tía Juana Pesado (TJP)
2,2%	2%	2,5%

La tabla 8 muestra los resultados del contenido de azufre para los crudos evaluados. En la muestra del crudo Boscán el contenido de azufre es de 2,2%; el contenido en el crudo Bachaquero es de 2%; y el de Tía Juana Pesado (TJP) es de 2,5%, siendo este último el que contiene el mayor contenido de azufre, estos resultados indican que las tres muestras de crudo contienen la cantidad de azufre requerida para ser procesado en la Refinería Isla.

#### **4.5 Evaluación de la Refinería Isla en el contexto Geopolítico**

Refinería Isla juega un papel fundamental en el contexto geopolítico, ya que con el acuerdo de PetroCaribe se le suministra productos a los países que conforman dicho acuerdo, lo cual permite a Venezuela tener una ventaja al contar con el apoyo en instancias internacionales de todos los países miembros: Antigua y Barbuda, Bahamas, Belice, Cuba, Dominica, El Salvador, Guatemala, Guyana, Granada, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua, República Dominicana, San Vicente y Granadinas, Surinam y Venezuela.

Por otra parte, la Refinería Isla le otorga a PDVSA, una ventaja geopolítica ya que permite el traslado de buques petroleros en toda la región del Caribe, manteniendo y consolidando relaciones multilaterales con las distintas naciones que adquieren los productos refinados y crudos.

#### **4.6 Matriz de toma de decisiones**

La Matriz de toma de decisiones (tabla 9) fue evaluada bajo la figura de la empresa nacional estatal (PDVSA) la cual tiene intereses políticos fundamentados en su misión de controlar la política en las áreas de hidrocarburos, energía, petroquímica, similares y conexas para garantizar el desarrollo económico, social, endógeno, sostenible y sustentable en la República Bolivariana de Venezuela.

Para el caso de los criterios geográficos se considera la ubicación de la Refinería Isla con respecto a las costas venezolanas, así como también el mercado de productos en América y el Caribe.

Técnicamente, una de las razones de estudiar una futura renovación del contrato de arrendamiento con la Refinería Isla radica en la capacidad de almacenamiento de ésta, además de la capacidad operacional y la diversidad de despacho.

La siguiente matriz consta de los criterios antes mencionados, evaluados mediante una escala cuyos valores son descritos a continuación:

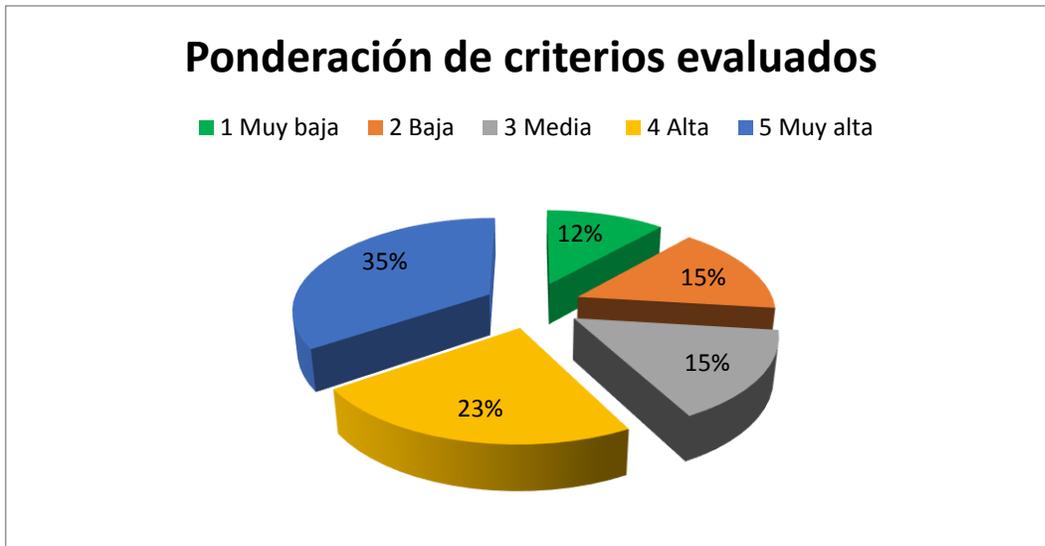
- (1) Muy baja consideración del criterio al momento de la toma de decisión.
- (2) Baja consideración del criterio al momento de la toma de decisión.
- (3) Mediana consideración del criterio al momento de la toma de decisión.
- (4) Alta consideración del criterio al momento de la toma de decisión.

(5) Alta consideración del criterio al momento de la toma de decisión.

**Tabla 9 Matriz de toma de decisiones**

Criterios		Escala de valorización				
		1	2	3	4	5
Políticos	Relaciones bilaterales con países del Caribe					●
	Relaciones bilaterales con países suramericanos			●		
	Relaciones bilaterales con países asiáticos					●
	Relaciones bilaterales con países europeos	●				
	Relaciones bilaterales con países norteamericanos		●			
	Beneficios en instancias internacionales					●
Comerciales	Ventas de Productos países del Caribe					●
	Ventas de Productos países suramericanos		●			
	Ventas de Productos países asiáticos	●				
	Ventas de Productos países norteamericanos		●			
	Ventas de crudos países del Caribe				●	
	Ventas de crudos países suramericanos			●		
	Ventas de crudos países asiáticos					●
	Ventas de crudos países norteamericanos				●	
Geográficos	Ubicación de la Refinería Isla respecto a las costas venezolanas					●
	Posicionamiento natural para el mercado de productos en el Caribe					●
Técnicos	Capacidad de almacenamiento de la Refinería Isla					●
	Capacidad y diversidad de despacho				●	
	Diversidad de crudos a procesar				●	
	Capacidad operacional					●
	Calidad de productos procesados				●	
	Variedad de productos obtenidos				●	
	Antigüedad		●			
	Condiciones técnicas de los equipos	●				
	Esquema de mantenimiento			●		
	Capacidad de la Refinería Isla en mantenimiento			●		
<b>TOTAL FRECUENCIA ABSOLUTA</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
<b>TOTAL FRECUENCIA RELATIVA (%)</b>		<b>12</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>35</b>

Seguidamente, se presenta la figura 26 donde se puede observar la ponderación de los criterios evaluados en la matriz de toma de decisiones.



**Figura 26 Ponderación de criterios evaluados**

El análisis global de las cualidades con más altos valores suma un 58 % lo que determina que es probable que la refinería sea rentada.

Con base en el estudio de los criterios; en lo político Venezuela tiene altas relaciones bilaterales con el Caribe y los países asiáticos, obteniendo beneficios en instancias internacionales. Cabe destacar que se identifica debilidad en las relaciones comerciales con los países norteamericanos, suramericanos y europeos.

En tal sentido, respecto al criterio de comercialización, las ventas de productos para países del Caribe posicionan a Venezuela como el único proveedor de ese mercado. Por otra parte, con respecto al mercado de crudos puede inferirse que se manejan grandes volúmenes en la Refinería Isla, lo que permite el fácil despacho y preparación de los cargamentos que van dirigidos a Asia y Norteamérica.

Tal como lo ilustra el criterio técnico, la Refinería Isla aporta excelentes tanques de almacenamientos, diversidad y capacidad de despacho, así como también la capacidad operacional y diversidad de crudos a procesar. De la misma manera existen debilidades motivadas a la antigüedad de la refinería, la cual es de conversión sencilla, las condiciones actuales de los equipos ameritan mantenimiento para optimizar el proceso de refinación. El esquema de mantenimiento de los equipos es responsabilidad de PDVSA, lo cual no es favorable debido al tiempo de desgaste de los mismos.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Una vez analizados los resultados obtenidos mediante pruebas experimentales se establecen las siguientes conclusiones respecto al estudio de la Factibilidad Técnica del Arrendamiento de la Refinería Isla bajo Estándares Internacionales.

- En relación a los objetivos específicos planteados en esta investigación, se tiene que la Refinería Isla aporta ventajas geográficas por su ubicación, facilitando los envíos de buques entre Venezuela y esta refinería, debido a la cercanía entre ambas naciones; otorgando acceso al mar Caribe, permitiendo de esta manera la comercialización de volúmenes de crudo y productos derivados de éstos que van dirigidos al mercado internacional. Fue evidenciado en el Balance de caja Negra que la Refinería Isla genera 35.955.124,00 \$ por cada corrida realizada con base en 132 MBD.
- La Refinería Isla ofrece una capacidad de almacenamiento de 7.5 MMBBL lo que facilita el despacho del crudo producido por PDVSA. También una capacidad de refinación de 335 MBD que constituye el 20.5% de la refinación total venezolana.
- Son categorizadas las regiones de Asia y del Caribe como clientes clase (A), debido a que se tienen excelentes relaciones bilaterales, excelentes compras de crudos y productos derivados desde la Refinería Isla. De la misma manera la región centro americana que es categorizada como clientes clase (B) debido a que sus relaciones bilaterales son buenas, la adquisición de productos refinados es media en relación a la adquisición de las regiones asiáticas y caribeñas. Otra de las regiones que comparte esta categoría es la norte americana la cual siempre ha mantenido importancia en la adquisición de productos petroleros venezolanos. En la categoría clase (C) la región europea, la cual mantiene bajas relaciones bilaterales con Venezuela y las compras de productos derivados desde la Refinería Isla es baja.

- El crudo venezolano cumple con los estándares internacionales de acuerdo a valores obtenidos desde pruebas de laboratorio, para ser enviados a la Refinería Isla quien además cumple con un diseño adecuado para estos tipos de crudos.
- La evaluación del contexto geopolítico de Refinería Isla es favorable para Venezuela, ya que los acuerdos firmados bajo la concepción de Petrocaribe contribuyen al apoyo en instancias internacionales a la política exterior del país.
- Finalmente, resulta factible el arreandamiento de la Refinería Isla con base en la matriz de criterios establecida y evaluada.

## 5.2 Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos en este Trabajo Especial de Grado se tienen las siguientes recomendaciones:

- Mediante la identificación de las ventajas geográficas y estratégicas se sugiere dar continuidad al contrato de PDVSA con la Refinería Isla, ya que ofrece la ventaja de su ubicación, el almacenaje de grandes volúmenes de crudos, lo que hace más fácil la entrega de pedidos, así como también el comercio de los productos fabricados en la misma, posicionando a Venezuela en el Caribe.
- Se recomienda evaluar la factibilidad económica que pueda indicar cuales son las ventajas competitivas de esta nueva contratación.
- Mantener la contratación implica que el país pueda continuar siendo el principal suplidor del Caribe.
- Se recomienda a la Universidad Central de Venezuela realizar la acreditación mediante la NORMA ISOIEC:17025. Lo cual permitiría a la Universidad Central de Venezuela ser el ente certificador de calidad de los crudos producidos por PDVSA, y proveedor confiable de este servicio.
- Se recomienda a la gerencia encargada de tomar la decisión de continuar el contrato con Refinería Isla en PDVSA evaluar la matriz realizada en este Trabajo Especial de Grado.

## REFERENCIAS

- Abreu, Y. (2007). *Desarrollo de un modelo de Simulación de Refinerías, Utilizando Técnicas de Programación Lineal*. Caracas.
- Alarcón, G. (2010). Análisis multicriterios y teoría de portafolios en la industria petrolera. Caracas.
- Alarcon, G. (2016). *Informe de Refinerías*. Caracas.
- Alonsoformula. (16 de agosto de 2018). *Alonsoformula*. Obtenido de : [www.alonsoformula.com/orgánica/aromáticos.htm](http://www.alonsoformula.com/orgánica/aromáticos.htm)
- ASTM D-1298 Baño térmico para la determinación de gravedad API por el método del hidrómetro. (2006). *ASTM D-1298 Baño térmico para la determinación de gravedad API por el método del hidrómetro*.
- ASTM D-446 Método de prueba estandarizado para viscosidad cinemática de líquidos opacos. (2006). *ASTM D-446 Método de prueba estandarizado para viscosidad cinemática de líquidos opacos*.
- ASTMD-4007 Agua y sedimentos en crudos por el método de centrifugación. (2006). *ASTMD-4007 Agua y sedimentos en crudos por el método de centrifugación*.
- Athenasb. (Mayo de 2008). Obtenido de <https://storytellersb.wordpress.com/2008/05/21/procesos-de-polimerizacion-isomerizacion-y-alquilacion-referente-al-petroleo/>
- Canro, P. (2010). *Análisis del acuerdo PETROCARIBE, como estrategia que busca fortalecer percepción de seguridad de Venezuela*. Bogota Colombia.
- Determinación de azufre método de la bomba Parr ASTM D 129-64. (2006). *Determinación de azufre método de la bomba Parr ASTM D 129-64*.
- DW. (mayo de 2016). *DW*. Obtenido de <https://www.dw.com/es/a-qui%20le-vende-petr%20leo-venezuela/a-19293514>
- En Gerencia. (Agosto de 2016). *En Gerencia.com*. Obtenido de [En Gerencia.com: http://engerencia.com.ve/destilacion-atmosferica-y-al-vacio/](http://engerencia.com.ve/destilacion-atmosferica-y-al-vacio/)

Ferrira, J. (2003). *Desarrollo de un modelo de refinación utilizando técnicas de programación lineal con las nuevas tecnologías, para atender las regulaciones de calidad del mercado mundial de combustible*. Ciudad Universitaria, Caracas: Trabajo especial de grado.

FONINVES. (S/F). *La Refinación del Petroleo en Veezuela*. Caracas: FONINVES N° 2.

García, B. (s.f.). *ACRIBD*. Recuperado el 6 de octubre de 2018, de <https://es.scribd.com/document/264747813/Definicion-de-Asfalto>

Google. (31 de julio de 2018). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.co.ve/maps/place/Curazao/@10.8734292,-66.7354252,6.5z/data=!4m5!3m4!1s0x8e849dbe62c7fdc7:0xfc7f9228dbc64723!8m2!3d12.16957!4d-68.99002>

Hernandez Sampieri , R. (2004). *Metodología de la invesigación*. Mexico: Mc Graw Hill.

Hernandez, H. (25 de agosto de 2016). *Panorama*. Obtenido de <http://www.panorama.com.ve/opinion/En-opinion-Venezuela-y-el-mercado-petrolero-20160824-0085.html>

informationandtruth. (15 de agosto de 2018). <https://informationandtruth.wordpress.com/2016/12/01/hidrotratamiento>. Obtenido de <https://informationandtruth.wordpress.com/2016/12/01/hidrotratamiento>

Jhoson, J. y. (1980). *Refino de Petróleo: Tecnología y Economía*. España: Reverté, España.

Kum, H. (2011). *Refinación de Petróleo*. Caracas.

Martín, J. (29 de agosto de 2018). *Cerem*. Obtenido de <https://www.cerem.es/blog/que-es-y-como-hacer-una-matriz-de-priorizacion>

Martínez, E. (9 de mayo de 2015). *Analítica*. Obtenido de <https://www.analitica.com/economia/como-entender-el-negocio-petrolero/>

MEMORIA-TERRITORIO-CIUDADANÍA. (15 de noviembre de 2016). *MEMORIA-TERRITORIO-CIUDADANÍA*. Obtenido de

<https://mtcmemoriaterritorioyciudadania.wordpress.com/2016/11/15/petroleo-de-venezuela-pdvsa/>

Mendivil, G. (2015). *SlidePlayer*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/3449982/>

Ministerio del Poder Popular para Relaciones Exteriores. (17 de Septiembre de 2018). *Ministerio del Poder Popular para Relaciones Exteriores*. Obtenido de <http://www.austria.gob.ve/content.php?contecual=22&contepert=1>

Nava, M. (5 de Marzo de 2014). *Venelogia*. Obtenido de <https://www.venelogia.com/archivos/9589/>

Nida., A. (s.f.). *SCRIBD*. Recuperado el 6 de OCTUBRE de 2018, de <https://es.scribd.com/doc/98596471/Avtur>

Norma Internacional ISO. (2005). *ISO/IEC 17025*. Caracas.

PDVSA. (2016). *Introduction to Refineria Isla Curacao B.V*. Caracas.

PDVSA, Corpoven Filial de. (1997). *Economía de refinación*.

QAEC. (8 de octubre de 2018). *QAAEC*. Obtenido de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/normas-astm>

Refinería Isla. (21 de mayo de 2018). <http://.refineriaisla.com/main/company/-information>. Obtenido de <http://.refineriaisla.com/main/company/-information>: <http://.refineriaisla.com/main/company/-information>

Rojas, R. (2015). *Catedra de Refinación*. Caracas.

Sandoval, D. G. (2013). *Exportación de posibles productos de la Refinería del Pacífico Eloy Alfaro*. Quito. Obtenido de <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp72-c3.pdf>

Santaella, C. (Mayo de 2010). *monografias.com*. Obtenido de [monografias.com](https://www.monografias.com/trabajos89/la-geopolitica/la-geopolitica.shtml): <https://www.monografias.com/trabajos89/la-geopolitica/la-geopolitica.shtml>

sciencedirect. (s.f.). *sciencedirect*. Recuperado el 05 de septiembre de 2018, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0040603172870199>

Venezuela, C. f. (1997). *Economía de Refinación tomo I*.

Walter, S. (septiembre de 1998). *JSTOR*. Obtenido de [https://www.jstor.org/stable/43838113?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/43838113?seq=1#page_scan_tab_contents)

## **APENDICE A. GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**API:** Abreviación de *American Petroleum Institute* (Instituto Americano De Petróleo).

**BRENT:** Es un tipo de petróleo que se extrae principalmente del Mar del Norte. Marca la referencia en los mercados europeos.

**CAJA NEGRA:** En teoría de sistemas, se denomina Caja Negra a aquel elemento que es estudiado desde el punto de vista de las entradas que recibe y las salidas o respuestas que produce, sin tener en cuenta su funcionamiento interno. En otras palabras, de una caja negra nos interesará su forma de interactuar con el medio que le rodea (en ocasiones, otros elementos que también podrían ser cajas negras) entendiendo qué es lo que hace, pero sin dar importancia a cómo lo hace. Por tanto, de una caja negra deben estar muy bien definidas sus entradas y salidas, es decir, su interfaz; en cambio, no se precisa definir ni conocer los detalles internos de su funcionamiento.

**CALADO:** El calado de un barco o de un buque es la distancia vertical entre un punto de la línea de flotación y la línea base o quilla, incluido el espesor del casco. En caso de no estar incluido, se obtendrá el llamado calado de trazado.

**CATALIZADOR:** La catálisis es el proceso por el cual se aumenta la velocidad de una reacción química, debido a la participación de una sustancia llamada catalizador y aquellas que desactivan la catálisis son denominados inhibidores. Una característica importante es que la masa de catalizador no se modifica durante la reacción química, lo que lo diferencia de un reactivo, cuya masa va disminuyendo a lo largo de la reacción.

**COMODITIES:** Definimos *commodity* como todo bien que tiene valor o utilidad, y un muy bajo nivel de diferenciación o especialización. Pero esto no significa que todos aquellos bienes que no tengan diferenciación sean *commodities*, ya que por ejemplo, el agua del mar, no es un *commodity* pues no tiene un valor o utilidad.

**CUROIL:** es una compañía de comercialización y distribución de productos petrolíferos con su principal base de operaciones está ubicada en Curazao.

En la síntesis de muchos de los productos químicos industriales más importantes existe una catálisis, ya que esta puede disminuir el tiempo que requiere. El envenenamiento de los catalizadores, que generalmente es un proceso no deseado, también es utilizado en la industria química. Por ejemplo, en la reducción del etino a etano, el catalizador paladio (Pd)

es "envenenado" parcialmente con, acetato de plomo. Sin la desactivación del catalizador, el eteno producido se reduciría posteriormente a etano.

En los reactores se obtiene una completa remoción de compuestos de azufre, nitrógeno, oxigenados, olefinas y aromáticos policíclicos, a la vez se produce la ruptura de cadenas de alto peso molecular a hidrocarburos de bajo rango de destilación (*naftas, jet fuel y gas oil*). El producto obtenido es enviado a un separador gas-liquido donde se libera el hidrógeno que no reacciona. Los productos de reacción son enviados a una torre fraccionadora donde son separados.

**GEOGRAFÍA:** Es la disciplina que trata de la descripción o de la representación gráfica de la Tierra. En sentido amplio es la ciencia que estudia la superficie terrestre, las sociedades que la habitan y los territorios, paisajes, lugares o regiones que la forman al relacionarse entre sí.

**ISOMAX:** Es un proceso fundamental en la Refinería dado que la alta calidad del gas oil que produce, mejora sustancialmente el pool de productos. La carga es calentada y pasa al sistema de reacción que consta de dos reactores en paralelo. En ellos la carga se pone en contacto junto con el hidrogeno con un catalizador específico.

**MUELLES:** Es una obra de piedra, hierro o madera, construida en dirección conveniente en la orilla del mar o de un río navegable, y que sirve para facilitar el embarque y desembarque de objetos y personas e incluso, a veces, para abrigo de las embarcaciones, esta palabra también es utilizada para nombrar tanto los canales de agua en donde son amarrados los barcos adyacente al malecón, como al dique seco en el que son reparados los barcos.

**OCTANAJE:** El octanaje o índice de octano, también se denomina RON (por sus siglas en inglés, *Research Octane Number*), es una escala que mide la capacidad antidetonante del combustible (como la gasolina) a detonar cuando se comprime dentro del cilindro de un motor. Las dos referencias que definen la escala son el heptano lineal, que es el hidrocarburo que más detona, al que se asigna un octanaje de 0, y el 2,2,4-trimetilpentano o isoctano, que detona poco, al que se asigna un valor de 100. Su utilidad radica en que la eficacia del motor aumenta con altos índices de compresión, pero solamente mientras el combustible utilizado soporte ese nivel de compresión sin sufrir combustión prematura o detonación.

**PESO MOLECULAR:** Es un número que indica cuántas veces la masa de una molécula de una sustancia es mayor que la unidad de masa molecular y sus elementos, se calcula sumando todas las masas atómicas de dicho elemento. Su valor numérico coincide con el de la masa molar, pero expresado en unidades de masa atómica, en lugar de gramos/mol. La masa molecular alude a una sola molécula, mientras que la masa molar corresponde a un mol ( $N = 6,022 \cdot 10^{23}$ ) de moléculas.

**PLATFORMING:** Proceso de reformación catalítica que emplea catalizador de platino.

**REFINERÍA:** Una refinería o destilería de petróleo es una plataforma industrial destinada a la refinación del petróleo, que mediante un proceso adecuado, se obtienen diversos derivados del mismo (Gasoil, querosene, etc.). Para obtener sus productos se usa un método llamado destilación fraccionada la cual consiste en calentar el petróleo a diferentes temperaturas para obtener sus derivados.

**RELACIONES BILATERALES:** Existe un acuerdo bilateral cuando dos integrantes (normalmente dos naciones soberanas) deciden alcanzar un consenso en la relación a un aspecto concreto. Este tipo de acuerdos se plasma en algún documento vinculante, por lo cual ambas naciones están obligadas a su cumplimiento.

**RESERVAS:** Las reservas son cantidades de petróleo que se considera pueden ser recuperados comercialmente a partir de acumulaciones conocidas a una fecha futura. Todos los estimados de reservas involucran algún grado de incertidumbre. La incertidumbre depende principalmente de la cantidad de datos de ingeniería y geología, confiables y disponibles a la fecha del estimado y de la interpretación de estos datos. El grado relativo de incertidumbre aplicado por colocar las reservas en una de las dos clasificaciones principales, ya sea probadas o no-probadas. Las reservas no-probadas son menos ciertas a ser recuperadas que las probadas y pueden ser sub-clasificadas como reservas probables y posibles para denotar progresivamente el incremento de la incertidumbre en su recuperación.

**TEMPERATURAS DE EBULLICIÓN:** La definición formal de punto de ebullición es "aquella temperatura en la que la presión de vapor del líquido iguala la presión de vapor del medio en el que se encuentra", se dice que es la temperatura a la cual la materia cambia del estado líquido al estado gaseoso. El agua se tiene que calentar 100 °C para que hierva.

**VISCOSIDAD:** La viscosidad es una propiedad física característica de todos los fluidos, el cual emerge de las colisiones entre las partículas del fluido que se mueven a diferentes velocidades, provocando una resistencia a su movimiento.

**WTI:** Son las siglas de *West Texas Intermediate* (denominado a veces *Texas Light Sweet*), una referencia del petróleo que es crucial para las inversiones en materias primas. Se trata de una de las tres referencias principales del petróleo para el *trading*.

## **APENDICE B. EMBARCACIONES PARA CRUDO**

**BUQUE VLCC:** *Very Large Crude Carrier (VLCC)* es un buque petrolero para el transporte de crudo o productos derivados del petróleo.

***Principales características:***

Capacidad: 2.044.000 BBL

Longitud total: 331.4 m

Ancho: 58.2 m

Calado máximo: 21.2 m

Velocidad: 15.2 Nudos.



**SUEMAX:** Su nombre estaba vinculado dimensiones permitidas para el tránsito por el canal de Suez,

***Principales características:***

Capacidad: 1.008.000 BBL.

Longitud total: 272.8 m.

Ancho: 46.3 m.

Calado máximo: 16.5 m.

Velocidad: 14.9 nudos.



**AFRAMAX:** Óptimos para el transporte de petróleo crudo de corta a media distancia. Los petroleros de la clase Aframax.

***Principales características:***

Capacidad: 690.000 BBL.

Longitud: total: 243.28 m.

Ancho: 41.6 m.

Calado máximo: 14.1 m.

Velocidad: 14.7 nudos.



**PANAMAX:**

***Principales características:***

Capacidad: 473.000 BBL.

Longitud: total: 229.2 m.

Ancho: 33.3 m.

Calado máximo: 13.1 m.

Velocidad: 14.9 nudos.

