

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEO



**“EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD COMERCIAL DEL PENTANO EN
LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO, ALMACENAJE Y DESPACHO
DEL COMPLEJO CRIOGÉNICO JOSE ANTONIO ANZOÁTEGUI.”**

JURADO

El jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

APROBADO

Ing. Ivelia Avendaño
Asesor Académico

Ing. Edgar Bastos
Jurado Principal

Ing. Oswaldo Ochoa
Jurado Principal

Puerto La Cruz, Octubre de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA



**“EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD COMERCIAL DEL PENTANO EN
LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO, ALMACENAJE Y DESPACHO
DEL COMPLEJO CRIOGÉNICO JOSE ANTONIO ANZOÁTEGUI.”**

Br. Daniel Salazar
CI: 17.539.169

Br. Joana Morales
CI: 17.008.738

REVISADO POR:

Ing. Isvelia Avendaño
Asesor Académico

Puerto La Cruz, Octubre de 2009

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA**



**“EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD COMERCIAL DEL PENTANO EN
LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO, ALMACENAJE Y DESPACHO
DEL COMPLEJO CRIOGÉNICO JOSE ANTONIO ANZOÁTEGUI.”**

REALIZADO POR:

**JOANA MORALES
DANIEL SALAZAR**

**Trabajo especial de grado como requisito parcial para optar al título de:
INGENIERO QUIMICO**

Puerto La Cruz, Octubre de 2009

RESOLUCIÓN

DE ACUERDO AL ARTÍCULO 44 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO: “LOS TRABAJOS DE GRADO SON EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SOLO PODRÁN SER USADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”

DEDICATORIA

A Dios, por ser el Todopoderoso que mueve al mundo y en especial, por mover mis sentidos y estar presente en mi camino como espíritu guía de mi vida.

A mi mami Inerva, que con todo su esfuerzo logró hacer de mí un hombre de bien, con metas y logros consolidados.

A mi hermana, por ser tan comprensiva conmigo y darme su apoyo en todo momento.

A José, que con su cariño y buenos sentimientos me acompañó en todo mi carrera universitaria brindándome todo su apoyo de manera incondicional.

Daniel Salazar

AGRADECIMIENTOS

Son tantas las personas a las cuales debo parte de este triunfo, de lograr alcanzar mi culminación académica, anhelo invaluable para todo estudiante universitario

Mi mami, Elvis, hermana, José y abuelos, por darme la estabilidad emocional, económica, sentimental; para poder llegar hasta este logro, que definitivamente no hubiese podido ser realidad sin ustedes. Mami, serás siempre mi inspiración para alcanzar mis metas, por enseñarme que todo se aprende y que todo esfuerzo es al final recompensado. Tu esfuerzo, se convirtió en tu triunfo y el mío, TE AMO.

A mis amigos, Fanny, Mónica, Juan, María Teresa, Sandry, por estar siempre conmigo apoyándome en todo las circunstancias posibles, también son parte de esta alegría, los recuerdo.

A mi tutor académico Ing. Ivelia Avendaño, por darme la oportunidad de culminar esta meta satisfactoriamente, cumpliendo y respondiendo al tamaño de las responsabilidades establecidas. Gracias.

Daniel Salazar

RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo, constituye una evaluación de la factibilidad comercial del pentano en la planta de almacenaje y despacho del complejo criogénico José Antonio Anzoátegui. El pentano producido y almacenado en dicha planta es utilizado en mezcla con gasolina para su posterior venta, siendo esta la única utilidad que se le da al producto hoy día. El estudio realizado demuestra la importancia del pentano (C₅) como producto base en la elaboración de subproductos, así como también las premisas de cambios en la infraestructura de la planta para lograr las capacidades de almacenamiento necesarias y los índices de productividad requeridos en su comercialización interna y externa. Todos estos factores considerados constituyen aspectos muy importantes para el aprovechamiento comercial del hidrocarburo y van en busca de generación de nuevas divisas al país. La utilidad y factibilidad comercial del producto, traen consigo el cumplimiento de las normativas ambientales que nuestro mundo exige, convirtiéndose la gasolina en un combustible más limpio al presentar poca cantidad o estar totalmente libre de pentano y aumentando significativamente el valor agregado de ambos productos; venta de gasolina libre de C₅ y Pentano como materia prima.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	8
CAPITULO I.....	1
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Ubicación Geográfica.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.1.1. Objetivo Específicos.....	5
CAPITULO II	6
2 Marco Teórico.....	6
2.1 Gas Natural	6
2.2 Cadena de valor del gas natural	7
2.3 Evolución de la Industria del Gas Natural en Venezuela.....	10
2.4 Fases de la industria del gas natural.....	11
2.5 Planta de fraccionamiento almacenaje y despacho Jose.....	13
2.5.1 Descripción del proceso de fraccionamiento	14
2.5.2 Descripción del área de almacenamiento.....	18
2.6 Almacenamiento	20
2.6.1 Clasificación de almacenamiento.....	20
2.6.2 Tipos de almacenaje.....	21
2.7 Distribución.....	23
2.8 Sistema de Transporte	23
2.8.1 Gasoducto.....	23
2.8.2 Camión cisterna.....	26
2.8.3 Carguero.....	26

2.8.4	Transporte vía aérea	27
2.9	Pentano	28
2.9.1	Derivados del pentano.....	29
2.10	Gasolina	32
2.10.1	Componentes de la gasolina.....	32
2.10.2	Composición química de la gasolina	33
2.10.3	Propiedades de la gasolina	34
2.10.4	Clasificación de la gasolina.....	36
2.11	Gravedad API.....	38
2.11.1	Fórmula de la gravedad API	39
2.11.2	Clasificación de los grados de gravedad API.....	39
2.12	Reactividad.....	40
2.13	Presión de Vapor	40
2.14	Presión de Vapor Reid (RVP).....	42
2.15	Destilación	42
2.15.1	Destilación simple.....	42
2.15.2	Destilación fraccionada.....	43
2.15.3	Destilación al vacío	43
2.15.4	Destilación azeotrópica	45
2.15.5	Destilación por arrastre de vapor	46
2.15.6	Destilación mejorada.....	48
2.16	Estabilidad Química	49
2.17	Comercialización.....	50
2.17.1	Concepto y objetivo	50
2.17.2	Objetivo de estudio de la comercialización	51
2.17.3	Proceso de comercialización (Marketing).....	52
2.17.4	Orientaciones clásicas	54
2.17.5	Plaza o distribución	55
2.17.6	Precio	55

2.17.7	Oferta y Demanda	56
2.17.8	Producto	57
2.17.9	Materia prima	58
2.17.10	Producto semielaborado	58
CAPITULO III		58
3	Desarrollo del Proyecto.....	58
3.1	Almacenaje y Despacho del Pentano	58
3.1.1	Sistema de gasolina	60
3.1.2	Despacho de Pentano	62
3.2	Comercialización del pentano y sus usos a nivel mundial	63
3.2.1	Usos del pentano	65
3.3	Infraestructura necesaria para el despacho de pentano en nuestro país.	66
3.3.1	Premisas para el diseño de la infraestructura:	67
3.3.2	Propuestas comerciales de infraestructura	68
3.4	Oportunidades comerciales para el aprovechamiento del pentano en nuestro país y su futuro mercado externo	69
CAPITULO IV		72
4	Análisis y discusión de los resultados	72
CONCLUSIONES		76
RECOMENDACIONES		77
BIBLIOGRAFIA		78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Complejo Criogénico José Antonio Anzoátegui.	3
Figura 2. Cadena de Valor del Gas Natural.	8
Figura 3. Demanda Mundial del Gas Natural para el Año 2009.....	10
Figura 4. Esquema del proceso de fraccionamiento.....	14
Figura 5. Camión cisterna.	26
Figura 6. Buque tanquero.....	27
Figura 7. Gas-Aviación.....	28
Figura 8. Modelo en 3D de la molécula de Pentano.	28
Figura 9. Estructura química del poliestireno.	29
Figura 10. Símbolo internacional del poliestireno.	29
Figura 11. Gráfico de la presión de vapor.....	41
Figura 12. Equipo básico de destilación simple.....	43
Figura 13. Proceso de comercialización.....	52
Figura 14. Curva típica de oferta y demanda.	56
Figura 15. Comercialización del Pentano a nivel mundial.	65
Figura 16. Proyección de la producción de pentano en los próximos diez años.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características físicas del pentano	29
Tabla 2 .Países Consumidores de Pentano en Latinoamérica.	64
Tabla 3. Usos del pentano.	66

CAPITULO I

1 Introducción

Una de las obras de mayor trascendencia para la industrialización del negocio del gas en Venezuela es el complejo criogénico de Oriente, compuesto por tres plantas de extracción de líquidos (San Joaquín, Santa Bárbara y Jusepín) y una planta de fraccionamiento, almacenamiento y despacho (Jose). En la planta de fraccionamiento y despacho Jose se lleva a cabo la última etapa del procesamiento del gas natural, es decir, el fraccionamiento de los líquidos del gas natural. Ésta recibe líquidos de gas natural desde las plantas de extracción del complejo, fracciona todo este volumen de líquidos del gas natural (LGN) y lo separa en productos puros mediante tres trenes de procesamiento, para luego almacenar los productos terminados y despachar al mercado nacional e internacional. Estos productos son: propano, isobutano, n-butano, pentano, gasolina natural y corte pesado.

1.1 Antecedentes

1985:

Inicio Operación fraccionamiento Jose con capacidad de 70 MBD de LGN.

Producción de Pentanos de 7 MBD

Capacidad para almacenar 35 MBLs de Pentanos

Entrega mezcla pentanos/gasolina.

1992:

Incrementada capacidad de Jose a 100 MBD

Producción de Pentanos incrementada a 10 MBD

Capacidad para almacenar Pentanos incrementada a 70 Mbbl.

1995:

Ampliado fraccionamiento Jose a 135 MBD (Tren C)

Producción de Pentanos de 13.5 MBD

Proyecto Modernización Refinería PLC solicita 15.3 MBD de Pentanos.

1997-1998:

Incrementada capacidad de Jose a 150 MBD

Producción de Pentanos de 15 MBD

Proyecto Modernización Refinería PLC cancela solicitud de Pentanos

Sincor solicita 5.6 MBD de Pentano (cancelado req.)

2001:

Inicio operación plantas Accroven para incrementar:

Capacidad en Jose a 200 MBD

Producción de LGN adicional 37 MBD LGN.

1.2 Ubicación Geográfica.

La planta de fraccionamiento y despacho Jose se encuentra ubicada al norte del estado Anzoátegui, en la autopista de Oriente, entre las localidades de Píritu y Barcelona. Las instalaciones de PDVSA Gas, se encuentran ubicadas en el complejo industrial petrolero y petroquímico Jose Antonio Anzoátegui, espacio que comparte con otras empresas de PDVSA o empresas mixtas tales como, Fertinitro, Superoctanos, Sincor y Ameriven. Esta planta, junto con las plantas de extracción de San Joaquín (Edo. Anzoátegui), Santa Bárbara y Jusepín (Edo. Monagas) constituyen el complejo criogénico de Oriente, que inicia sus operaciones en 1985.



Figura 1. Complejo criogénico José Antonio Anzoátegui.

1.3 Planteamiento del problema.

La planta de fraccionamiento, almacenaje y despacho del complejo criogénico José Antonio Anzoátegui, recibe líquidos de gas natural desde las plantas de extracción de San Joaquín, Santa Bárbara y Jusepín. Mediante un proceso de destilación de esta mezcla, se obtienen productos individuales de gran valor económico, como lo son: propano, isobutano, n-Butano, pentano, gasolina y corte pesado (proveniente del fondo de la fraccionadora de gasolina).

La planta de fraccionamiento tiene una capacidad de producción de 16.965 barriles por día (BPD) de pentano, que son almacenados en dos esferas presurizadas con capacidad de 35.000 bbl cada una. Una vez almacenado este producto, es inyectado a la gasolina para aumentar la presión de vapor reid (RVP por su siglas en inglés) de la misma. Finalmente, se despacha la gasolina hacia los muelles, para el llenado de buques y por tuberías hacia la refinería de Puerto la Cruz.

Las exigencias a nivel mundial con respecto al uso de la gasolina están enfocadas hacia tecnologías limpias, donde el uso de la misma está restringido a la ausencia de algún porcentaje de pentano para el aumento de su RVP. Estados Unidos estableció que para el año 2012 la entrega de este producto sea 100% puro, siendo Venezuela el principal vendedor de combustible a dicho país. Por tal motivo, se hace necesaria otra disposición del pentano que no esté asociada a la mezcla de gasolina y desde esa perspectiva se desea la utilización del producto para su posterior comercialización en otros mercados.

Debido a la importancia del pentano como materia prima en la fabricación de resinas, pegamentos, anticorrosivos, solventes, pinturas, productos farmacéuticos, entre otros; es necesario realizar un estudio de la factibilidad comercial para la venta individual de este producto. Para ello, se revisarán las condiciones de operación de la planta a fin de conocer su almacenaje y disposición final. Luego, haciendo uso de la información existente sobre el despacho y comercio del pentano en otros países y estableciendo la infraestructura requerida en la planta, se procederá a proponer la factibilidad de la comercialización del producto en Venezuela y el mundo; de esta forma se incrementaría el valor agregado del pentano en nuestro país.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General.

Evaluar la factibilidad comercial del pentano en la planta de almacenaje y despacho del complejo criogénico José Antonio Anzoátegui.

1.1.1. Objetivo Específicos.

- ✓ Describir el proceso de almacenaje y despacho del pentano en el complejo criogénico José Antonio Anzoátegui.

- ✓ Dar a conocer la comercialización del pentano y sus usos a nivel mundial.

- ✓ Establecer toda la infraestructura necesaria para el despacho del pentano en nuestro país.

- ✓ Sugerir nuevas oportunidades comerciales para el aprovechamiento del pentano en nuestro país y su venidero mercado externo.

CAPITULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Gas Natural

Gas Natural: es una mezcla gaseosa en condiciones normales de presión y temperatura. No tiene olor ni color, y por lo general se encuentra en forma natural mezclado con otros hidrocarburos fósiles. Al momento de su extracción el gas natural contiene impurezas como nitrógeno, agua, sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono que tienen que ser removidas antes de su transporte y comercialización.

Típicamente el gas natural comercial está compuesto de un 95% o más de metano y el 5% restante de una mezcla de etano, propano y otros componentes más pesados. Al referirse al gas natural, es pertinente distinguir tres términos que suelen emplearse para referirse al mismo, estos son: GNL, GLP y LGN.

Gas natural licuado (GNL): es gas metano en estado líquido. Para licuar este hidrocarburo, se requieren temperaturas bajas, aproximadamente $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$. El transporte del GNL se efectúa en buques llamados metaneros, los cuales son acondicionados para mantener esta temperatura.

Gas licuado del petróleo (GLP): es una mezcla en proporción variable de propano y butano. Es gaseoso a temperatura ambiente y presión atmosférica, se puede licuar bajo presión o a presión atmosférica si se enfría hasta $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$. El GLP se almacena y se transporta de forma líquida.

Líquidos del Gas Natural (LGN): representa el producto principal de las plantas de extracción de líquido del gas natural. El LGN es una mezcla de hidrocarburos constituida por etano, propano, butanos y gasolina natural; o propano, butanos y

gasolina natural. Si se incluye o no el etano depende del modo de operación de las plantas de extracción. En Venezuela el LGN es el producto intermedio del procesamiento del gas, ya que luego es fraccionado o separado en sus componentes individuales y gasolina natural. Es utilizado en la industria petroquímica, en la fabricación de componentes de alto octanaje para gasolinas. Además de esto Venezuela posee una capacidad de procesamiento de 4.000 millones de pies cúbicos estándar por día (MMPCED) y una capacidad de producción de 254.000 barriles por día (BPD).

En Venezuela, la primera fase de valoración del gas natural es la inyección para recuperación adicional de crudo en los campos. El gas natural, tratado previamente para deshidratarlo y reducir su contenido en sulfuro de hidrógeno, pasa a los sistemas de recolección para segregar las corrientes de gas y efectuar intercambio entre los campos para inyección. El gas rico en LGN alimenta las plantas de extracción de líquido. El gas remanente más utilizado en la inyección, pasa a la corriente de gas metano, que se complementa con el gas residual proveniente de la extracción de líquido para ser destinado al mercado interno. Del proceso de extracción profunda de líquidos se obtienen el etano, propano, butanos, y naftas naturales, consumidos principalmente en el mercado interno, en su mayoría como insumo petroquímico y combustible para el sector residencial y comercial (GLP). El remanente, principalmente propano, es exportado.

2.2 Cadena de valor del gas natural

El concepto de cadena de valor del gas natural se basa en la identificación de grupos de procesos (eslabones) que por su naturaleza generan cambios físicos sobre dicho recurso o permiten su disposición para el consumidor final, razón por la cual constituyen en sí mismos una actividad productiva.

Los eslabones de la cadena de valor del gas natural son: exploración y producción, tratamiento y extracción, fraccionamiento, transporte, distribución y comercialización.

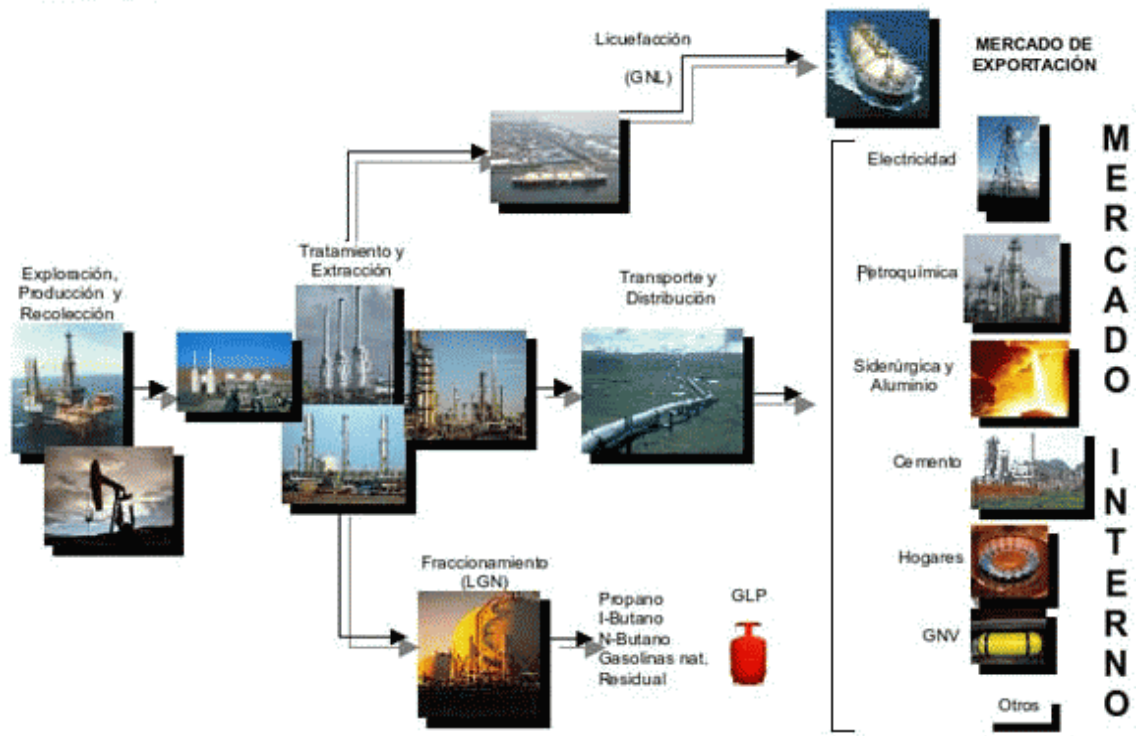


Figura 2. Cadena de valor del gas natural.

Exploración y Producción: La cadena de valor del gas natural se inicia con la exploración, ésta es la actividad en la cual se realizan los estudios necesarios (levantamiento de sísmica, análisis geológicos, etc.) para descubrir, identificar y cuantificar acumulaciones de hidrocarburos gaseosos. Una vez detectados los recursos, se procede a definir el plan de desarrollo del yacimiento y se inicia la fase de producción del gas natural, la cual representa el conjunto de actividades que permiten extraer el recurso contenido en los yacimientos y su separación del petróleo (cuando se trate de gas asociado).

Tratamiento y Extracción: El tratamiento (también denominado condicionamiento)

es una actividad que permite remover los componentes no hidrocarburos del gas natural, principalmente dióxido de carbono (CO_2), sulfuro de hidrógeno (H_2S), agua (H_2O), componentes sólidos y otros, a través de cualquier proceso físico, químico o de ambos. Luego de ser tratado se procede a separar el gas metano (CH_4) del resto de los componentes del gas natural (CH_4+) llamados líquidos o componentes pesados, este proceso se conoce como extracción.

Fraccionamiento: Proceso mediante el cual los hidrocarburos pesados son removidos y separados en productos distintos o fracciones como el propano, butano y etano.

Transporte y Distribución: Ambos eslabones constituyen el vínculo entre las actividades asociadas a la extracción (exploración y producción) y adecuación (tratamiento o acondicionamiento) del gas natural y el consumidor final.

Transporte: Es el conjunto de actividades necesarias para recibir, trasladar y entregar el gas natural desde un punto de producción o recolección a un punto de distribución, para ello se requiere el uso de gasoductos y plantas de compresión, si se transmite el hidrocarburo en estado gaseoso ó facilidades de licuefacción, regasificación y desplazamiento vía marítima, si se transporta en estado líquido.

Distribución: Conjunto de actividades que permiten recibir, trasladar, entregar y comercializar gas desde el punto de recepción en el sistema de transporte hasta los puntos de consumo, mediante sistemas de distribución industrial y doméstico.

Comercialización: Consiste en la compra y venta de hidrocarburos gaseosos o compra y venta de servicios de transporte, distribución o almacenamiento de hidrocarburos gaseosos por cuenta propia o de terceros.

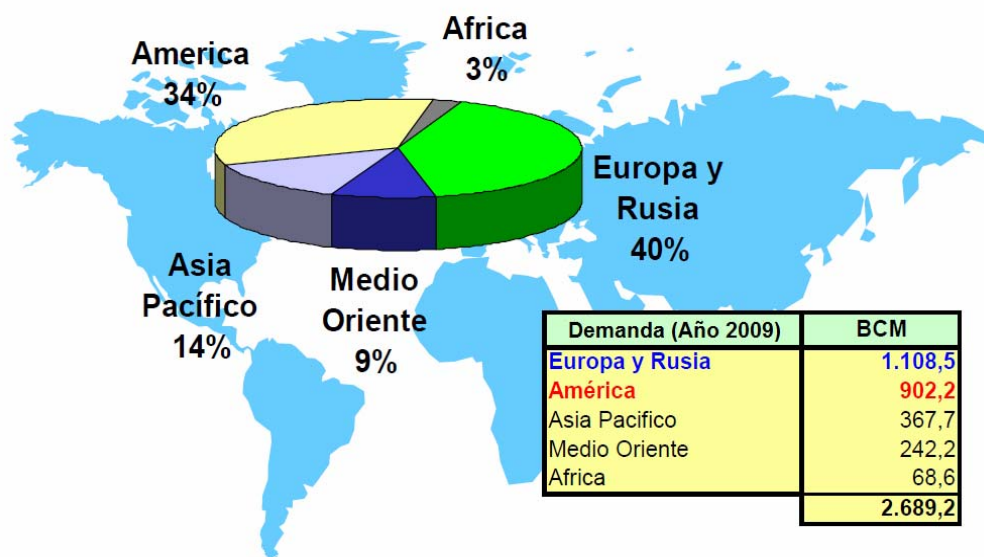


Figura 3. Demanda mundial del gas natural para el año 2009.

2.3 Evolución de la Industria del Gas Natural en Venezuela

En la evolución histórica de la producción y utilización del gas natural en Venezuela se consideran cuatro etapas:

Etapa I: Venteo y quema. Desde el inicio de la industria petrolera hasta mediados de los años 40, el gas asociado fue considerado como subproducto del petróleo al que se daba poco uso, por lo que era descargado a la atmósfera y quemado casi en su totalidad.

Etapa II: Conservación. La inyección de gas a los yacimientos tuvo lugar por primera vez en el país, en los campos de Quiriquire y Cumarebo en el año 1933, pero no es sino hasta 1945 cuando se inicia en gran escala la inyección del gas natural a los yacimientos para incrementar la recuperación de petróleo, con la puesta en operación de las grandes plantas de compresión e inyección de gas en el lago de Maracaibo (Tía Juana I y Lagogas II).

Etapa III: Industrialización. Desde 1975 hasta fines de los 90, se intensifican los esfuerzos por maximizar la utilización del gas en la industria petrolera, petroquímica y siderúrgica. En el sector eléctrico y manufacturero, se reemplazan los combustibles líquidos por gas natural.

Etapa IV: Apertura. A partir del año 1998, se inicia la apertura del negocio del gas, para incentivar la explotación y comercialización del gas. Con tal motivo se promulga la Ley Orgánica de Hidrocarburos Gaseosos en septiembre de 1999, permitiendo la participación del capital privado nacional e internacional en el negocio del gas.

2.4 Fases de la industria del gas natural.

La industria del gas natural comprende una fase de explotación y una fase de procesamiento. La primera consta de un etapa de producción otra de separación y una de compresión. La segunda requiere una etapa de tratamiento previa a los procesos de extracción de líquidos y fraccionamiento. Adicionalmente la industria incluye actividades de transporte, distribución y utilización. Estas fases se explican brevemente a continuación:

✓ **Producción:** Consiste en llevar gas desde los yacimientos hasta la superficie a través de los pozos productores. En el subsuelo, el gas natural se encuentra asociado o no asociado junto al petróleo; en estado gaseoso en los yacimientos de condensado y en los yacimientos de gas seco.

✓ **Separación:** Una vez en la superficie, el gas natural es sometido a un proceso de separación de los líquidos (petróleo, condensado y agua) en recipientes metálicos a presión llamados separadores. El gas que sale de este proceso es un gas natural rico. El gas libre no requiere separación, va directamente a tratamiento.

- ✓ Tratamiento: Es un paso previo a la fase de procesamiento, para eliminar las impurezas que trate el gas natural, como agua, dióxido de carbono (CO_2), helio y sulfuro de hidrógeno (H_2S); el agua se elimina con productos químicos que absorben la humedad, y el H_2S se trata y elimina en las plantas de endulzamiento. Estas impurezas se recuperan y pueden ser comercializadas para otros fines.

- ✓ Extracción de líquidos: Es el proceso al que se somete el gas natural rico, libre de impurezas, con la finalidad de separar el gas metano seco (CH_4) de los llamados “líquidos del gas natural”. LGN, integrado por etano, propano, butanos, pentanos, gasolina natural y nafta residual.

- ✓ Compresión: Es un proceso al que se somete el gas metano seco, con la finalidad de aumentar la presión y enviarlo a los sistemas de transporte y distribución para su utilización en el sector industrial y doméstico y en las operaciones de producción de la industria petrolera (inyección a los yacimientos).

- ✓ Fraccionamiento: Los líquidos del gas natural, se envían a las plantas de fraccionamiento, donde se obtienen por separado, etano, propano, n-butano, isobutano, pentanos, gasolina natural y nafta residual, que se almacenan en forma refrigerada en tanques y en forma presurizada en recipientes esféricos.

- ✓ Transporte y distribución: El gas metano es transportado en estado gaseoso a través de una red de gasoductos (tuberías). El GLP se transporta en camiones hasta los centros nacionales de consumo y llega en bombonas al sector doméstico.

- ✓ Utilización: El gas metano y los líquidos del gas natural, son productos limpios y versátiles, que encuentran aplicaciones como agente energético (combustible) y como insumo (materia prima) en diversos sectores industriales del país. Asimismo, el gas metano constituye un factor importante que eleva la calidad de

vida en el hogar, adicionalmente, los volúmenes excedentes de LGN son comercializados en el mercado internacional.

2.5 Planta de fraccionamiento almacenaje y despacho Jose.

Esta planta está compuesta de catorce unidades básicas o secciones y para efectos de diferenciar las unidades que son comunes de aquellas que pertenecen a los trenes, se agrega el sufijo (c) al lado de cada instalación común:

- ✓ Instalaciones de entrada de la planta de fraccionamiento (c)
- ✓ Depropanizadora
- ✓ Debutanizadora
- ✓ Separadora de butanos
- ✓ Fraccionadora de gasolina
- ✓ Tratamiento y secado de propano
- ✓ Sistema de aceite para calentamiento
- ✓ Tratamiento de agua de desechos (c)
- ✓ Mechurrio de emergencia
- ✓ Mechurrio de servicios (c)
- ✓ Sistema de gas combustible (c)
- ✓ Sistema de agua contra incendios (c)
- ✓ Generación de energía eléctrica (c)
- ✓ Sala de control (c)

Proceso



Figura 4. Esquema del proceso de fraccionamiento.

2.5.1 Descripción del proceso de fraccionamiento

Los líquidos que llegan a Jose, se almacenan en recipientes horizontales cilíndricos llamados balas, en los que se busca amortiguar las oscilaciones de flujo de alimentación. La relativamente baja temperatura de la alimentación se usa para subenfriar los productos de la planta antes de enviarlos al área de almacenamiento, reduciendo de este modo la refrigeración requerida en el sistema refrigerado de almacenamiento. Desde estas instalaciones, los hidrocarburos se bombean a través de seis bombas hasta un sistema de precalentamiento de intercambiadores de calor. Estos son de tubo y carcaza, y son cuatro enfriadores de producto en paralelo, de propano, de isobutano, n-butano y pentano, respectivamente.

Después del precalentamiento, la alimentación pasa a través del condensador de tope de la fraccionadora de gasolina, donde continúa su calentamiento hasta 160 °F.

Todo calentamiento adicional requerido por la alimentación, se proveerá con aceite para calentamiento en el calentador complementario de la alimentación a la planta. Este intercambiador es muy importante porque servirá para asegurar que la alimentación siempre llegará a la temperatura requerida de 167 °F durante fluctuaciones de la temperatura de entrada, o durante anomalías que podrían ocurrir en la fraccionadora de gasolina.

Al abandonar las balas, el LGN se dirige a la depropanizadora, donde sale por el tope el propano con un 96% de pureza. El fondo de esta torre alimenta a la debutanizadora, saliendo por el tope una mezcla de isobutano y normal butano. La mezcla del tope alimenta a la separadora de butanos, obteniendo por el tope i-butano con un 96% de pureza y por el fondo n-butano con 95% de pureza. La debutanizadora posee un corte lateral, donde se extrae pentano a un 80% mínimo de pureza. El fondo de esta torre se dirige a la fraccionadora de gasolina, obteniendo por el tope gasolina natural (hexano) y por el fondo residuales (heptano y más pesados).

El propano producido, se trata en tamices moleculares para extraer sulfuro de hidrógeno (H₂S), sulfuro de carbonilo (COS), mercaptanos (R-SH) y agua. La extracción de azufre es necesaria para reducir la corrosividad del propano. La extracción de agua se requiere para evitar congelamientos en el área de almacenamiento refrigerado, donde la temperatura en las líneas de líquido puede llegar hasta -58 °F.

El tratamiento se lleva a cabo en dos lechos de tamices moleculares por tren de procesamiento (uno operando y otro en regeneración). El tipo de tamiz molecular es provisto por la empresa Zeochem. Cada tratador pasará por los siguientes ciclos:

- ✓ Adsorción: 12 horas (flujo hacia arriba)
- ✓ Vaciado: 1 hora (flujo hacia abajo)

- ✓ Regeneración/Calentamiento: 6 horas (flujo hacia abajo)
- ✓ Barrido: 1 hora (flujo hacia arriba)
- ✓ Enfriamiento: 3 horas (flujo hacia arriba)
- ✓ Llenado/en espera: 1 hora (flujo hacia arriba)

El propano que sale del subenfriador entra al tratador de tamices moleculares por el fondo, sube a través de lecho, sale por el tope de la torre y entonces pasa por los filtros de propano a almacenamiento. El filtro prevendrá cualquier arrastre de adsorbente. Al finalizar el ciclo de adsorción en un tratador, la corriente de propano pasa al segundo tratador, mientras que en el primer tratador comienza el ciclo de regeneración.

El primer paso del ciclo de regeneración es el vaciado del tratador. El cual consiste en empujar el líquido hacia abajo mediante un colchón de gas combustible. El propano obtenido en este proceso es bombeado hasta el acumulador de reflujo de la depropanizadora, a caudal controlado en el tren C y, en los trenes A y B es bombeado a las esferas de propano.

La regeneración del tamiz molecular se realiza al hacer pasar un gas caliente a través del lecho. La fuente del gas de regeneración es el sistema de gas combustible de la planta. Se envía una corriente de gas de 9,5 MMPCED a caudal controlado a través del horno de gas de regeneración, elevando su temperatura a 550 °F. El gas de regeneración fluye desde el horno y a través del lecho de tamices moleculares se extraen los compuestos de azufre y agua. El gas de regeneración sale del lecho y fluye hacia el enfriador de gas de regeneración. El gas y el líquido que salen de este enfriador a 120°F fluyen hacia el depurador del gas de regeneración, para separar la fase gaseosa y la líquida. El gas que sale de este recipiente vuelve al sistema de gas combustible y los líquidos se dirigen al sistema de drenaje cerrado.

Los vapores de propano que salen del lecho fluyen hacia el enfriador de gas de regeneración, se condensan y luego pasan al receptor de producto propano. Lo más importante de la operación del sistema de tratamiento de propano es prevenir que el propano se contamine con gas combustible, lo que resultaría en un producto fuera de especificación por la alta presión de vapor. A fin de evitar contaminación del propano con gas combustible, en el sistema de tratadores del tren C, se incorporó un ciclo de barrido después del ciclo de regeneración. En este paso el propano vapor del tope de la depropanizadora se usa para desplazar el gas de regeneración atrapado en el lecho, hacia el mechurrio de emergencia del tren “B”.

Otras instalaciones, de interés, que se encuentran en la planta son los mechurrios, la generación de energía eléctrica y el sistema de gas combustible que serán referidos brevemente a continuación:

- ✓ Mechurrios de emergencia: Dos mechurrios de 42” (pulgadas) de diámetro y 250’ (pies) de altura y que operan con generación de humo, sirven a los tres trenes en condiciones de emergencia.
- ✓ Mechurrio de servicio: Un mechurrio más pequeño, de 20” de diámetro y 250’ de altura, y de baja presión se utiliza para quemar, sin humos y en forma rutinaria, pequeños volúmenes de corrientes de venteo provenientes de los tres trenes.
- ✓ Sistema de aceite para calentamiento: Este es uno de los sistemas más importantes de toda la planta, ya que provee el calor requerido al proceso de fraccionamiento para que éste pueda llevarse a cabo. En la planta se encuentran dos sistemas de aceite caliente: uno que suple a los trenes A y B, y otro por el tren C. El tambor pulmón de aceite caliente de ambos sistemas opera a 5 lpc, presión que es suministrada por un colchón de gas desde el cabezal de gas combustible a baja presión.

✓ Generación de energía eléctrica requerida por estas instalaciones proviene de una planta generadora que consiste de dos generadores General Electric tamaño V, accionados por turbinas a gas (modelo MS5001). Estos generadores consisten de una turbina a gas y accesorios, un engranaje de reducción principal, el generador eléctrico y el excitador, un interruptor de circuito de alto voltaje, un regulador de la turbina y el generador, así como equipos de medición y protección. Cada generador está diseñado para producir un máximo de 20 megawatts (MW) de energía eléctrica de tres fases, con un factor de potencia de 0,85 a una temperatura ambiente de 15 °C. El sistema de distribución de energía eléctrica de la planta fue diseñado para proveer una distribución confiable, segura y económica que suministre las densidades de carga de diseño al tiempo que tiene un margen de sobre diseño para futuras expansiones.

2.5.2 Descripción del área de almacenamiento

Las instalaciones de la planta de almacenamiento, representada esquemáticamente en el diagrama de flujo de procesos (PDF) mostrado en el apéndice A.1, se divide en cuatro sistemas:

- ✓ Área de almacenamiento refrigerado.
- ✓ Área de almacenamiento no refrigerado (presurizado y atmosférico).
- ✓ Sistema de refrigeración.
- ✓ Terminal marino.

En el área de almacenamiento refrigerado se almacena propano, isobutano y n-butano, también se dispone de un tanque refrigerado para almacenar producto liviano fuera de especificación. Esta área consta de once tanques para el almacenamiento de los productos provenientes de fraccionamiento: tres para propano, dos para isobutano, dos para n-butano, tres para isobutano o n-butano y uno para producto liviano fuera de especificación. Todos estos tanques están provistos de aislamiento térmico. Los productos vienen de fraccionamiento por tuberías independientes que pasan a través

de refrigeradores o chillers que enfrían los productos hasta su temperatura de almacenaje antes de enviarlos a sus respectivos tanques.

En el área de almacenamiento no refrigerado, o de productos calientes se almacenan todos los productos provenientes de fraccionamiento, inclusive el denominado producto pesado fuera de especificación (el n-butano, pentano, gasolina o cualquier mezcla de estos tres productos que salgan de especificación y que luego es retornado a fraccionamiento). El almacenamiento presurizado consta de ocho esferas: tres para propano, dos para butanos, dos para pentano y una para producto pesado fuera de especificación. Los productos provenientes de fraccionamiento con presión de vapor menor a 20 psia son almacenados en tanques atmosféricos: tres tanques de techo flotante para gasolina y un tanque de techo cónico para residuo pesado.

Los productos calientes, almacenados en el área de almacenamiento presurizado y atmosférico, son transferidos desde sus respectivos tanques de la siguiente manera: el propano y el residuo pesado son enviados al llevadero de camiones; el isobutano, pentano y gasolina (y el n-butano si existe demanda) se transfieren a través de un poliducto a la refinería Puerto La Cruz; y la gasolina o una mezcla de pentano-gasolina pueden ser enviados al terminal marino para la carga de tanqueros.

El sistema de refrigeración se utiliza para enfriar los productos provenientes de fraccionamiento y que van hacia el área de almacenamiento refrigerado. La refrigeración se provee con un sistema de lazo cerrado de autorrefrigeración de cuatro etapas con propano de grado refrigerante, el cual es suministrado por la planta de fraccionamiento.

Finalmente, el terminal marino es capaz de cargar tanqueros con productos refrigerados (propano, isobutano y n-butano), así como también con pentano y gasolina. El muelle, con un dragado de 12 metros, consta de dos plataformas que pueden atender a tanqueros con longitudes entre 154 y 230 metros. El terminal marino de la planta de fraccionamiento y despacho Jose también se utiliza para cargar buques con metil-ter-butil-eter (MTBE) y metanol, producidos por Superoctanos y Supermetanol.

2.6 Almacenamiento

La actividad de almacenamiento consiste en recibir, mantener en depósito temporalmente y entregar gas a través del conjunto de equipos e instalaciones dispuestos para tal fin, distintos a los sistemas de transporte. El almacenamiento de gas permite flexibilidad operacional y mantiene estable los niveles de producción, independientemente de los cambios en la demanda.

2.6.1 Clasificación de almacenamiento

En superficie:

- ✓ **Atmosférico:** Los tanques de presión atmosférica se diseñaron y equiparon para almacenar contenidos a presión atmosférica. Esta categoría a menudo emplea tanques de configuración cilíndrica vertical.

- ✓ **De baja presión (0 a 2.5 psig):** Se emplean para almacenar productos intermedios que requieran una presión intermedia de gas que oscile entre la atmosférica y los 2.5 psig.

- ✓ **De media presión (2.5 a 15 psig):** Empleados para almacenar productos intermedios de alta volatilidad que no puedan ser almacenados en tanques de baja presión.

- ✓ **De alta presión (mayor a 15 psig):** Se emplea a menudo para almacenar productos refinados o componentes fraccionados a presiones por encima de 15 psig.

En subsuelo:

Los líquidos provenientes de la industria del procesamiento del gas pueden almacenarse en el subsuelo, ya sea en cavernas o minas. No se disponen de procedimientos estándar conocidos para este tipo de almacenaje; sin embargo, existen muchas publicaciones que tratan este tema en detalle.

2.6.2 Tipos de almacenaje

- ✓ **Esferas:** Los tanques de geometría esférica se emplean para almacenar productos a presiones por encima de 5 psig.

- ✓ **Esferoides:** Un tanque esferoidal es esencialmente una esfera en cuanto a geometría excepto que son un tanto aplanados. Estos tanques son generalmente usados para almacenar productos por encima de 5 psig.

- ✓ **Tanques horizontales cilíndricos:** La presión de operación de estos tanques pueden ser de 15 psig a 1000 psig, o incluso mayor.

- ✓ **Tanques de techo fijo:** en este tipo de tanques el techo se sujeta a la estructura. Los tanques soldados de 500 barriles de capacidad, o mayor, pueden acondicionarse con un techo menos rígido, en el caso de que la presión de diseño no exceda la presión equivalente del peso muerto del techo.

- ✓ **Tanques de techo flotante:** Este tipo de tanques se usa primeramente para almacenar productos a presiones cercanas a la atmosférica. En este caso, el techo se mueve verticalmente dentro del cuerpo del tanque con el objetivo de proporcionar un vacío mínimo constante entre la superficie del producto almacenado y el techo.

2.6.2.1 Almacenaje refrigerado

La decisión de usar un almacenamiento refrigerado en vez de tanques presurizados depende fundamentalmente del volumen de líquido a ser almacenado, la tasa de llenado, las propiedades físicas, termodinámicas del fluido, de la inversión de capital y gastos operativos de cada sistema.

Los parámetros involucrados en la selección de un almacenaje refrigerado óptimo son:

- ✓ Cantidad y calidad del producto a almacenar
- ✓ Tasa de llenado, temperatura y presión de la corriente de entrada
- ✓ Condiciones de embarque del producto
- ✓ Composición del producto
- ✓ Medio de enfriamiento (aire, agua, entre otros) disponible
- ✓ Disponibilidad de costo de utilidades

Cuando se emplea un almacenaje refrigerado, el líquido a almacenar se enfría a la temperatura de su punto de burbujeo a presión atmosférica. Los tanques refrigerados normalmente operan a una presión interna entre los 0.5 y 2.0 psig.

Los requerimientos de refrigeración normalmente incluyen las siguientes funciones básicas:

- ✓ Enfriamiento de la corriente de llenado a la temperatura de almacenaje
- ✓ Relicuar el producto vaporizado debido a las pérdidas de calor dentro del sistema
- ✓ Licuar los vapores desplazados por el líquido entrante
- ✓ Requerimientos de bombeo

- ✓ Variaciones de la presión barométrica
- ✓ Composición del producto
- ✓ No condensables
- ✓ Efectos de la radiación solar
- ✓ Productos sobrecalentados

2.7 Distribución

La Ley Orgánica de Hidrocarburos Gaseosos define a las actividades de transporte y distribución de gas natural como servicios públicos, lo que implica el reconocimiento de dichas actividades como fundamentales para garantizar la calidad de vida de la población y el desarrollo del país.

Corresponde al Ente Nacional del Gas promover y supervisar el diseño, construcción, operación, mantenimiento y administración de los sistemas de transporte y distribución; por tanto, tiene la potestad de inspeccionar las actividades antes mencionadas y notificar al Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo sobre la existencia de situaciones irregulares. En este orden de ideas, los titulares de permisos de transporte y/o distribución deberán permitir el acceso a sus instalaciones y suministrar la información requerida a los funcionarios autorizados por el Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo y del Ente Nacional del Gas.

2.8 Sistema de Transporte

2.8.1 Gasoducto

Un gasoducto es una conducción que sirve para transportar gases combustibles a gran escala. Es muy importante su función en la actividad económica actual. Impropiamente, y puede que por analogía con el oleoducto, se le llama con frecuencia gaseoducto.

2.8.1.1 Construcción de un gasoducto

Consiste en una conducción de tuberías de acero, por las que el gas circula a alta presión, desde el lugar de origen. Se construyen enterrados en zanjas a una profundidad habitual de 1 metro. Excepcionalmente, se construyen en superficie.

Por razones de seguridad, las normas de todos los países establecen que a intervalos determinados se sitúen válvulas en los gasoductos mediante las que se pueda cortar el flujo en caso de incidente. Además, si la longitud del gasoducto es importante, puede ser necesario situar asimismo estaciones de compresión.

El inicio de un gasoducto puede ser un yacimiento o una planta de regasificación, generalmente situada en las proximidades de un puerto de mar al que llegan buques (para el gas natural, se llaman metaneros) que transportan gas natural licuado en condiciones criogénicas a muy baja temperatura (-161 °C).

Para cruzar un río en el trazado de un gasoducto se utilizan principalmente dos técnicas, la perforación horizontal y la perforación dirigida. Con ellas se consigue que tanto la flora como la fauna del río y de la ribera no se vean afectadas. Estas técnicas también se utilizan para cruzar otras infraestructuras importantes como carreteras, autopistas o ferrocarriles.

El tendido por mar se hace desde barcos especialmente diseñados, los cuales van depositando sobre el lecho marino la tubería una vez que ha sido soldada en el barco.

Las normas particulares de muchos países obligan a que los gasoductos enterrados estén protegidos de la corrosión. A menudo, el método más económico es revestir el conducto con algún tipo de polímero de modo que la tubería queda

eléctricamente aislada del terreno que la rodea. Generalmente se reviste con pintura y polietileno hasta un espesor de 2-3 milímetros (mm). Para prevenir el efecto de posibles fallos en este revestimiento, los gasoductos suelen estar dotados de un sistema de protección catódica, utilizando ánodos de sacrificio que establecen la tensión galvánica suficiente para que no se produzca corrosión.

El impacto ambiental que producen los gasoductos, se centra en la fase de construcción. Una vez terminada dicha fase, pueden minimizarse todos los impactos asociados a la modificación del terreno, al movimiento de maquinaria, etc. Queda, únicamente, comprobar la efectividad de las medidas correctivas que se haya debido tomar en función de los cambios realizados: repoblaciones, reforestaciones, protección de márgenes, etc.

En general, en Europa, todos los gasoductos están obligatoriamente sometidos a procedimientos de evaluación de impacto ambiental por las autoridades competentes. En este procedimiento, se identifican, entre otras, las zonas sensibles ambientalmente y los espacios protegidos, se evalúan los impactos potenciales y se proponen acciones correctoras.

2.8.1.2 Circulación del gas en un gasoducto

La presión a la que circula el gas por el gasoducto es normalmente de 72 bar para los de las redes básicas de transporte y 16 bar en las redes de distribución.

Para llevar el gas hasta los hogares y comercios, es preciso bajar la presión de transporte hasta límites razonablemente seguros. Esto se consigue instalando estaciones de regulación a lo largo del gasoducto en las que se baja la presión hasta la presión habitual de distribución.

El cambio de presión se hace de forma análoga a las redes eléctricas (alta tensión/baja tensión), en este caso se utilizan estaciones de regulación y medida, por medio de reguladores de presión de membrana se regula la presión de salida que se necesite.

2.8.2 Camión cisterna

El camión cisterna es una de las muchas variedades de camión que sirve tanto para el transporte de líquidos como para su mantenimiento por tiempo prolongado según sus características.

Entre estos se destacan por su mayor uso los de agua para regadío y trasvase, los de transportes de combustibles líquidos como gasolina, queroseno, GLP y otros, o los de productos químicos líquidos, estando el transporte de éstos regulado en casi todo el mundo por su peligrosidad.



Figura 5. Camión cisterna.

2.8.3 Carguero

El buque de carga es un tipo de nave o barco utilizado para transportar mercancías, bienes y materiales desde un puerto a otro. Otro nombre por el que se conoce a este

tipo de barco es barco de carga, barco de cabotaje o sencillamente carguero, o bien buque mercante. En la actualidad se les denomina buque contenedor.

Actualmente, miles de buques de carga atraviesan los mares y océanos del mundo cada año y soportan el peso de la mayor parte del comercio internacional. Los buques de carga normalmente están diseñados específicamente para esa tarea, y están equipados con grúas u otros mecanismos para facilitar la carga y descarga. Pueden ser de muy diversos tamaños. En la actualidad suelen estar contruidos de acero, y salvo algunas excepciones su vida media oscila entre 25 y 30 años antes de ser desmantelados.



Figura 6. Buque tanquero.

2.8.4 Transporte vía aérea

Este tipo de transporte se emplea para el manejo de pocas cantidades de gas debido a puede suceder la formación de combustible líquido, que en caso de accidentes, genera un incendio de proporciones considerables.



Figura 7. Gas-Avi3n.

2.9 Pentano

Es un hidrocarburo alcano con f3rmula qu3mica C_5H_{12} , y sus dos is3meros son: el n-pentano y el isopentano.

Su f3rmula desarrollada es: $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$. A diferencia de los 4 primeros alcanos que son gaseosos, el pentano se encuentra en forma l3quida.

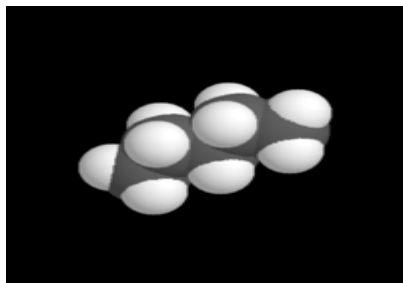


Figura 8. Modelo en 3D de la mol3cula de pentano.

Características físicas del n-pentano	
Apariencia	Líquido incoloro
Masa atómica	72 Uma
Punto de fusión	- 202 ° F
Punto de ebullición	95,00 – 96,8 °F
Densidad de vapor	248
Presión de vapor	8,0 psi a 60 °F
Gravedad específica	0,626
Flash point	-56,20 °F
Límite de explosión	1,4 – 8,3 %
Temperatura de autoignición	500°F
Razón de evaporación	28,6

Tabla 1. Características físicas del pentano

2.9.1 Derivados del pentano

2.9.1.1 Poliestireno

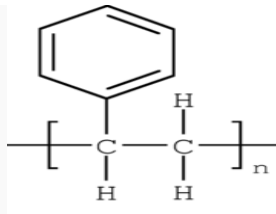


Figura 9. Estructura química del poliestireno.

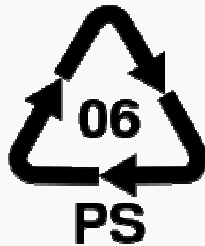


Figura 10. Símbolo internacional del poliestireno.

El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Existen cuatro tipos principales de poliestireno: el PS cristal, que es

transparente, rígido y quebradizo; el poliestireno de alto impacto, resistente y opaco, el poliestireno expandido, muy ligero, y el poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable. Las aplicaciones principales del PS choque y el PS cristal son la fabricación de envases mediante extrusión-termoformado, y de objetos diversos mediante moldeo por inyección. Las formas expandidas y extruida se emplean principalmente como aislantes térmicos en construcción.

La primera producción industrial de poliestireno cristal fue realizada por BASF, en Alemania, en 1930. El PS expandido y el PS choque fueron inventados en las décadas siguientes. Desde entonces los procesos de producción han sido mejorados sustancialmente y el poliestireno ha dado lugar a una industria sólidamente establecida. Con una demanda mundial de unos 13 millones de toneladas al año (dato de 2000), el poliestireno es hoy el cuarto plástico más consumido, por detrás del polietileno, el polipropileno y el polivinilo de cloruro (PVC).

2.9.1.2 Pentanona

El término químico pentanona se puede referir a cualquiera de estos tres compuestos orgánicos que contienen cinco átomos de carbono y un grupo funcional cetona:

- ✓ Pentanonas lineales (2 isómeros): 2-pentanona y 3-pentanona.
- ✓ Pentanona cíclica: ciclopentanona

2.9.1.3 2-Pentanona

La 2-pentanona, o metilpropilcetona, es una cetona líquida incolora con un olor similar al de la acetona. Su fórmula es $C_5H_{10}O$. A veces se utiliza en cantidades muy pequeñas como saborizante alimentario.

2.9.1.4 Isopreno

Isopreno es el sinónimo de 2-metil-1,3-butadieno. Se emplea frecuentemente en la industria y en grandes cantidades se trata de un contaminante y tóxico que puede hacer daño al medio ambiente. A temperatura ambiente el isopreno es un líquido incoloro altamente inflamable y de fácil ignición. En contacto con el aire es altamente reactivo, capaz de polimerizarse de forma explosiva si se calienta. En algunos países como Estados Unidos el departamento de transporte considera el isopreno un material peligroso que necesita de marcas especiales.

2.9.1.4.1 Roles biológicos y efectos

El isopreno se elabora de forma natural en los animales y en las plantas y es generalmente el hidruro más encontrado en el cuerpo humano. La producción estimada de isopreno en el cuerpo humano es de $15 \mu\text{mol/kg/h}$, equivalente aproximadamente a 17 mg/día para una persona de 70 kg. El Isopreno es conocido también en bajas concentraciones en algunos alimentos. El isopreno se produce en algunos cloroplastos de las hojas de ciertos árboles mediante el ciclo DMAPP; la enzima que hace la síntesis del isopreno es responsable de su biosíntesis. La cantidad de isopreno generada por una planta depende de la masa vegetal de las hojas, su área y la luz recibida, así como la temperatura. Durante la noche existe una pequeña emisión de isopreno mientras que por el día las emisiones pueden llegar a ser sustanciales durante el mediodía (5-20 mg/m²/h).

2.9.1.5 Pentanol

El pentanol es un compuesto orgánico de la serie de los alcoholes. Su fórmula $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$. Hay 8 isómeros estructurales que poseen esta fórmula. Son llamados también alcohol amílico. Son líquidos y poseen olores característicos.

- ✓ 1-pentanol
- ✓ 2-pentanol
- ✓ 3-pentanol

- ✓ 2-metil-1-butanol
- ✓ 2-metil-2-butanol
- ✓ 3-metil-1-butanol
- ✓ 3-metil-2-butanol
- ✓ 2,2-dimetil-1-propanol

Puede ser usado como un anticongelante, disolvente y como reactivo de síntesis.

Poseen un punto de fusión próximo a: -77 C°

Punto de ebullición: 138 C°

Soluble en acetona y etanol. También poseen cierta solubilidad en agua.

Al arder, libera más calor que el metanol, etanol o butanol.

El pentanol pertenece a los alcoholes con fórmula $C_nH_{(2n + 1)OH}$

2.10 Gasolina

Es una mezcla de hidrocarburos volátiles derivada del petróleo que se obtiene por destilación del petróleo. Utilizada como combustible en motores de combustión interna con encendido a chispa. El tipo de gasolina se determina por sus propiedades. La gasolina tiene la propiedad de detonar; para evitar la detonación se le agrega tetraetilo de plomo que es una sustancia antidetonante; la concentración de éste determina el octanaje del a gasolina, por ejemplo: de 95 octanos, de 91 octanos, de 83 octanos y las sin plomo; todas ellas se expenden en las bombas de gasolina; las de alto octanaje son de mejor calidad pero más costosas.

Tiene una densidad de 720 g/L (un 15% menos que el gasoil, que tiene 850 g/L). Un litro de gasolina tiene una energía de $34,78\text{ megajoules}$, aproximadamente un 10% menos que el gasoil, que posee una energía de $38,65\text{ megajoules}$ por litro de carburante. Sin embargo, en términos de masa, la gasolina tiene una energía de $48,31\text{ MJ/Kg}$ frente a los $45,47\text{ MJ/Kg}$ del gasóleo.

2.10.1 Componentes de la gasolina

La gasolina se obtiene del petróleo en una refinería. En general se obtiene a partir de la nafta de destilación directa, que es la fracción líquida más ligera del petróleo (exceptuando los gases). La nafta también se obtiene a partir de la conversión de fracciones pesadas del petróleo (gasoil de vacío) en unidades de proceso denominadas FCC (craqueo catalítico fluidizado) o hidrocráquer. La gasolina es una mezcla de cientos de hidrocarburos individuales desde C_4 (butanos y butenos) hasta C_{11} como, por ejemplo, el metilnaftaleno.

2.10.2 Composición química de la gasolina

Normalmente se considera nafta a la fracción del petróleo cuyo punto de ebullición se encuentra aproximadamente entre 28 y 177°C (umbral que varía en función de las necesidades comerciales de la refinería). A su vez, este subproducto se subdivide en nafta ligera (hasta unos 100°C) y nafta pesada (el resto). La nafta ligera es uno de los componentes de la gasolina, con unos números de octano en torno a 70. La nafta pesada no tiene la calidad suficiente como para ser utilizada para ese fin, y su destino es la transformación mediante reformado catalítico, proceso químico por el cual se obtiene también hidrógeno, a la vez que se aumenta el octanaje de dicha nafta.

Además de la nafta reformada y la nafta ligera, otros componentes que se usan en la formulación de una gasolina comercial son la nafta de craqueo catalítico fluidizado (FCC por sus siglas en inglés), la nafta ligera isomerizada, la gasolina de pirólisis desbencenizada, butano, butenos, MTBE, ETBE, alquilato y etanol. Las fórmulas de cada refinería suelen ser distintas (incluso perteneciendo a las mismas compañías), en función de las unidades de proceso de que dispongan y según sea verano o invierno.

La nafta se obtiene por el proceso FCC (a veces denominada gasolina de FCC) de gasoil pesado. Si no está refinada puede tener hasta 1000 ppm de azufre. Tiene alrededor de un 40% de aromáticos y 20% de olefinas.

La nafta ligera isomerizada (isomerato) se obtiene a partir de la nafta ligera de destilación directa, mediante un proceso que usa catalizadores sólidos con base en platino/aluminio o zeolíticos. Es un componente libre de azufre, benceno, aromáticos y olefinas.

La gasolina de pirólisis desbencenizada se obtiene como subproducto de la fabricación de etileno a partir de nafta ligera. Está compuesta aproximadamente por un 50% de aromáticos (tolueno y xilenos) y un 50% de olefinas (isobuteno, hexenos). Tiene un contenido de azufre de aproximadamente 200 ppm. El benceno que contiene en origen suele ser purificado y vendido como materia prima petroquímica.

2.10.3 Propiedades de la gasolina

La gasolina tiene cuatro propiedades principales:

✓ Octanaje

El octanaje indica la presión y temperatura a que puede ser sometido un combustible carburado (mezclado con aire) antes de auto-detonarse al alcanzar su temperatura de autoignición debido a la ley de los gases ideales, es decir, señala la presión y la temperatura a la que puede ser sometida sin que se produzca su explosión espontánea. Se considera la principal propiedad de la gasolina ya que esta altamente relacionada al rendimiento del motor del vehículo. El octanaje se refiere a la medida de la resistencia de la gasolina a ser comprimida en el motor, Esta se mide como el golpeteo o detonación que produce la gasolina comparada con los patrones de referencia conocidos de isoctano y n-heptano, cuyos números de octano son 100 y cero respectivamente. El número de octanos que posee la gasolina originalmente es aproximadamente 76, sin embargo, se le suelen agregar ciertos químicos a base de plomo para aumentarlo.

En Venezuela, existieron durante muchos años tres octanajes 87, 91 y 95, que variaban entre sí por la cantidad de antidetonante que incluían.

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

✓ **Número de octanos**

El número de octanos en una gasolina, no es siempre la misma, entonces para ello, y para que el funcionamiento del motor del vehículo sea el correcto, se debe medir según éstas dos maneras:

RON: Número de Octano Research

MON: Número de Octano Motor

El primero se mide en condiciones de máxima carga y bajas revoluciones, en el momento del pique; el segundo se mide con baja carga y alta revoluciones, durante la aceleración en ruta.

✓ **Curva de destilación**

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

✓ **Volatilidad**

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

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

✓ **Contenido de azufre**

Esta propiedad se encuentra altamente relacionada con la cantidad poseída de azufre (S) presente en el producto. Dentro de la cantidad, se encuentran determinados promedios y estadísticas en la cual en producto no puede sobrepasar o resaltar, ya que si esto sucede la gasolina puede tener efectos corrosivos sobre las partes metálicas del motor y sobre los tubos de escape. Al salir del tubo de escape, esta produce un alto grado de contaminación ambiental, produciendo las conocidas lluvias ácidas.

2.10.4 Clasificación de la gasolina

Dentro de su clasificación tenemos que hay tres tipos de gasolinas comerciales:

✓ **Regular unleaded**

La primera de ellas se le conoce como regular unleaded, o gasolina regular vulgarmente, en el cual su índice de octano es el resultado de la mitad de la sumatoria del octano RON más el octano MON, es de 89 octanos mínimo. La gasolina sin plomo equivalente a la regular unleaded. Esta gasolina puede que no sea un combustible el cual le brinde al motor un rendimiento y un pique de alto resultado, pero al no contener plomo esta es mucho menos contaminante y relativamente menos corrosiva al motor del vehículo y sus partes.

✓ **Gasolina con plomo**

El segundo se lo conoce como gasolina con plomo o normal en cual el índice de octanaje es de alrededor de 82 octanos mínimo. Las gasolinas con plomo son

gasolinas en las cuales el índice de contaminación es mucho mayor que cualquier otro debido a su alto contenido de sustancias tóxicas y nocivas al medio ambiente evacuadas por los gases de combustión.

Por otra parte, cabe destacar que en un principio sólo existía gasolina con plomo (GCP). Sin embargo, a partir de la década de los 70 se iniciaron esfuerzos para eliminar este componente, dados sus grandes efectos contaminantes y lo nocivo que resulta para la salud de los seres humanos.

Desde entonces, en las refinerías de todo el mundo se comenzó a trabajar en pro de descubrir compuestos con las mismas propiedades antidetonantes del plomo. Así, se llegó a éteres como el MTBE y TAME y a procesos como la reformación de naftas, la desintegración catalítica, la isomerización y la alquilación.

Por ello, es preferible que los autos que no estén acondicionados para emplear la gasolina sin plomo (GSP) utilicen la tradicional con plomo. Sin embargo, en Venezuela, la empresa Petróleos de Venezuela afirma que la GSP está especialmente diseñada para ser usada en todos los automóviles, desde que en septiembre de 2002 se eliminarán la gasolina con plomo de 87 y 95 octanos, dejando sólo la GCP de 91 y la GSP de 95.

Al ser muy contaminante al medio ambiente, tenemos que también es muy corrosivo al motor del vehículo ya que este es dañado por las sustancias que componen el combustible, produciendo problemas mecánicos en el funcionamiento del motor.

✓ **Premium**

El tercero denominado como Premium o vulgarmente como nafta súper, con índice de octano mínimo de 96. Tiene un octanaje superior a 96 octanos, y se dice que

pertenece a la nueva generación de combustibles reformulados, ya que adiciona un componente de mezcla oxigenado, conocido como el Metil Ter Butil Eter (MTBE), como contribución para mejorar la combustión y con ello la protección al medio ambiente. Por su elevado octanaje se recomienda para aquellos vehículos con alta relación de compresión.

Técnicamente la gasolina súper tiene una composición, que incluye aditivos, que aseguran que el motor funcione sin dejar depósitos en el sistema de admisión de combustible, haciendo que el carburador, inyector y válvulas de admisión libres de depósitos, permiten conservar las condiciones de diseño, prolongando la vida útil del motor.

Luego tenemos otros tipos de naftas más especializados en los cuales superan los índices de octanaje de 98 octanos, haciendo al vehículo del motor tener más pique, rendimiento y velocidad.

Un claro ejemplo es la Ultra o “Super Premium” la cual tiene un índice de octanaje superior a los 98 octanos.

2.11 Gravedad API

La gravedad API, de sus siglas en inglés American Petroleum Institute, es una medida de densidad que describe cuán pesado o liviano es el petróleo comparándolo con el agua. Si los grados API son mayores a 10, es más liviano que el agua, y por lo tanto flotaría en esta. La gravedad API es también usada para comparar densidades de fracciones extraídas del petróleo. Por ejemplo, si una fracción de petróleo flota en otra, significa que es más liviana, y por lo tanto su gravedad API es mayor. Matemáticamente la gravedad API no tiene unidades (ver la fórmula abajo). Sin embargo siempre al número se le coloca la denominación grado API. La gravedad API es medida con un instrumento denominado hidrómetro. Existen una gran variedad de estos instrumentos.

2.11.1 Fórmula de la gravedad API

La fórmula usada para obtener la gravedad API es la siguiente:

$$\text{Gravedad API} = (141,5/GE \text{ a } 60^{\circ}\text{F}) - 131,5$$

60°F (o 15 5/9°C) es usado como el valor estándar para la medición y reportes de mediciones.

Por lo tanto, un crudo pesado con una gravedad específica de 1 (esta es la densidad del agua pura a 60°F) tendrá la siguiente gravedad API:

$$(141,5/1,0) - 131,5 = 10,0 \text{ grados API.}$$

2.11.2 Clasificación de los grados de gravedad API

Generalmente, un mayor valor de gravedad API en un producto de refinería representa que éste tiene un mayor valor comercial. Esto básicamente debido a la facilidad (operacional y económica) de producir destilados valiosos como gasolina, jet fuel y gasóleo con alimentaciones de crudos livianos y a los altos rendimientos de los mismos. Esta regla es válida hasta los 45 grados API, más allá de este valor las cadenas moleculares son tan cortas que hacen que los productos tengan menor valor comercial.

El Petróleo es clasificado en liviano, mediano, pesado y extrapesado, de acuerdo a su medición de gravedad API.

- ✓ Crudo liviano es definido como el que tiene gravedades API mayores a 31,1 °API.

- ✓ Crudo mediano es aquel que tiene gravedades API entre 22,3 y 31,1 °API.

- ✓ Crudo pesado es definido como aquel que tiene gravedades API entre 10 y 22,3 °API.

- ✓ Crudos extrapesados son aquellos que tienen gravedades API menores a 10 ° API.

2.12 Reactividad

La reactividad química de una sustancia o de una especie química es la capacidad de reacción química que presenta ante otros reactivos.

Se puede distinguir entre la reactividad termodinámica y la reactividad cinética. La primera distingue entre sí la reacción está o no favorecida por entalpía (competencia entre energía y entropía). La segunda decide si la reacción tendrá lugar o no en una escala de tiempo dada. Así, hay reacciones permitidas por termodinámica (como la combustión de grafito en presencia de aire), pero que están bloqueadas por cinética.

La química orgánica y la química inorgánica estudian la reactividad de los distintos compuestos. La química física trata de calcular o predecir la reactividad de los compuestos, y de racionalizar los caminos de reacción.

2.13 Presión de Vapor

La presión de vapor o más comúnmente presión de saturación es la presión, para una temperatura dada, en la que la fase líquida y el vapor se encuentran en equilibrio dinámico; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas. Este fenómeno también lo presentan los sólidos; cuando un sólido pasa al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido (proceso denominado sublimación o el proceso inverso llamado deposición o sublimación inversa) se habla de presión de vapor. En la situación de equilibrio, las fases reciben la denominación de líquido saturado y vapor saturado. Esta propiedad posee una relación inversamente proporcional con las fuerzas de atracción intermoleculares,

debido a que cuanto mayor sea el módulo de las mismas, mayor deberá ser la cantidad de energía entregada (ya sea en forma de calor u otra manifestación) para vencerlas y producir el cambio de estado.

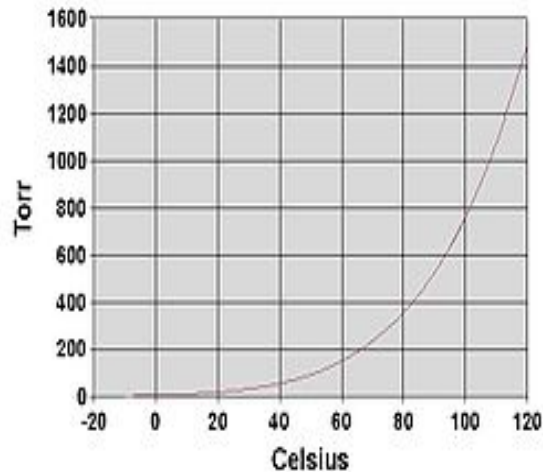


Figura 11. Gráfico de la presión de vapor.

En una burbuja de cristal en la que se ha realizado el vacío y que se mantiene a una temperatura constante; si se introduce una cierta cantidad de líquido en su interior éste se evaporará rápidamente al principio hasta que se alcance el equilibrio entre ambas fases.

Inicialmente sólo se produce la evaporación ya que no hay vapor; sin embargo a medida que la cantidad de vapor aumenta y por tanto la presión en el interior de la ampolla, se va incrementando también la velocidad de condensación, hasta que transcurrido un cierto tiempo ambas velocidades se igualan. Llegados a este punto se habrá alcanzado la presión máxima posible en la ampolla (presión de vapor o de saturación) que no podrá superarse salvo que se incremente la temperatura.

El equilibrio dinámico se alcanzará más rápidamente cuanto mayor sea la superficie de contacto entre el líquido y el vapor, pues así se favorece la evaporación del líquido; del mismo modo que un charco de agua extenso pero de poca

profundidad se seca más rápido que uno más pequeño pero de mayor profundidad que contenga igual cantidad de agua. Sin embargo, el equilibrio se alcanza en ambos casos para igual presión.

El factor más importante que determina el valor de la presión de saturación es la propia naturaleza del líquido, encontrándose que en general entre líquidos de naturaleza similar, la presión de vapor a una temperatura dada es tanto menor cuanto mayor es el peso molecular del líquido.

2.14 Presión de Vapor Reid (RVP)

Una presión de vapor Reid (Reid Vapor Pressure) indica la tendencia de un hidrocarburo líquido a volatizarse. Su determinación se basa en los métodos establecidos en las normas ASTM D 323 o D 5191.

2.15 Destilación

La destilación es la operación de separar, comúnmente mediante calor, los diferentes componentes líquidos de una mezcla, aprovechando los diferentes puntos de ebullición (temperaturas de ebullición) de cada una de las sustancias a separar.

2.15.1 Destilación simple

El aparato utilizado para la destilación en el laboratorio es el alambique. Consta de un recipiente donde se almacena la mezcla a la que se le aplica calor, un condensador donde se enfría los vapores generados, llevándolos de nuevo al estado líquido y un recipiente donde se almacena líquido concentrado.

En la industria química se utiliza la destilación para la separación de mezclas simples o complejas. Una forma de clasificar la destilación puede ser la de que sea discontinua o continua.

En el siguiente gráfico se puede observar un aparato de destilación simple básico:

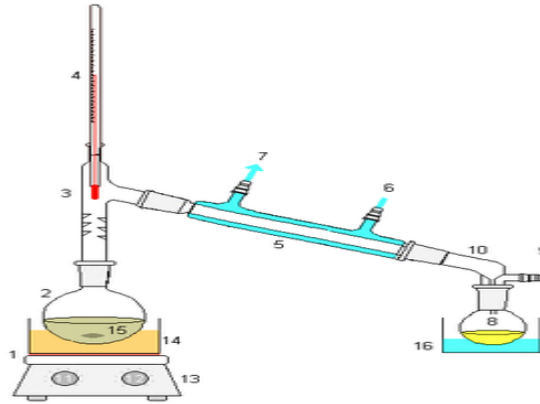


Figura 12. Equipo básico de destilación simple.

2.15.2 Destilación fraccionada

La destilación fraccionada es una variante de la destilación simple que se emplea principalmente cuando es necesario separar líquidos con punto de ebullición cercanos.

La principal diferencia que tiene con la destilación simple es el uso de una columna de fraccionamiento. Ésta permite un mayor contacto entre los vapores que ascienden con el líquido condensado que desciende, por la utilización de diferentes "platos". Esto facilita el intercambio de calor entre los vapores (que ceden) y los líquidos (que reciben). Ese intercambio produce un intercambio de masa, donde los líquidos con menor punto de ebullición se convierten en vapor, y los vapores con mayor punto de ebullición pasan al estado líquido.

2.15.3 Destilación al vacío

La destilación al vacío es la operación complementaria de destilación del crudo procesado en la unidad de destilación atmosférica, que no se vaporiza y sale por la parte inferior de la columna de destilación atmosférica. El vaporizado de todo

el crudo a la presión atmosférica necesitaría elevar la temperatura por encima del umbral de descomposición química y eso, en esta fase del refino de petróleo, es indeseable.

El residuo atmosférico o crudo reducido procedente del fondo de la columna de destilación atmosférica, se bombea a la unidad de destilación a vacío, se calienta generalmente en un horno a una temperatura inferior a los 400°C, similar a la temperatura que se alcanza en la fase de destilación atmosférica, y se introduce en la columna de destilación. Esta columna trabaja a vacío, por lo que se vuelve a producir una vaporización de productos por efecto de la disminución de la presión, pudiendo extraerle más productos ligeros sin descomponer su estructura molecular.

En la unidad de vacío se obtienen solo tres tipos de productos:

- ✓ Gas Oil Ligero de vacío (GOL).
- ✓ Gas Oil Pesado de vacío (GOP).
- ✓ Residuo de vacío.

Los dos primeros, GOL y GOP, se utilizan como alimentación a la unidad de craqueo catalítico después de desulfurarse en una unidad de hidrosulfuración (HDS).

El producto del fondo, residuo de vacío, se utiliza principalmente para alimentar a unidades de craqueo térmico, donde se vuelven a producir más productos ligeros y el fondo se dedica a producir fuel oil, o para alimentar a la unidad de producción de coque. Dependiendo de la naturaleza del crudo el residuo de vacío puede ser materia prima para producir asfaltos.

2.15.4 Destilación azeotrópica

En química, la destilación azeotrópica es una de las técnicas usadas para romper un azeótropo en la destilación. Una de las destilaciones más comunes con un azeótropo es la de la mezcla etanol-agua. Usando técnicas normales de destilación, el etanol solo puede ser purificado a aproximadamente el 95%.

Una vez se encuentra en una concentración de 95-5% etanol-agua, los coeficientes de actividad del agua y del etanol son iguales, entonces la concentración del vapor de la mezcla también es de 95-5% etanol-agua, por lo tanto destilaciones posteriores son inefectivas. Algunos usos requieren concentraciones de alcohol mayores, por ejemplo cuando se usa como aditivo para la gasolina. Por lo tanto el azeótropo 95-5% debe romperse para lograr una mayor concentración.

En uno de los métodos se adiciona un material agente de separación. Por ejemplo, la adición de benceno a la mezcla cambia la interacción molecular y elimina el azeótropo. La desventaja, es la necesidad de otra separación para retirar el benceno.

Para saltar el azeótropo, el azeótropo puede ser movido cambiando la presión. Comúnmente, la presión se fija de forma tal que el azeótropo quede cerca del 100% de concentración, para el caso del etanol, éste se puede ubicar en el 97%. El etanol puede destilarse entonces hasta el 97%. Actualmente se destila a un poco menos del 95,5%. El alcohol al 95,5% se envía a una columna de destilación que está a una presión diferente, se mueve el azeótropo a una concentración menor, tal vez al 93%. Ya que la mezcla está por encima de la concentración azeotrópica actual, la destilación no se “pegará” en este punto y el etanol podrá ser destilado a cualquier concentración necesaria.

Para lograr la concentración requerida para el etanol como aditivo para la gasolina se usan comúnmente tamices moleculares en la concentración azeotrópica. El etanol se destila hasta el 95%, luego se hace pasar por un tamiz molecular que

absorba el agua de la mezcla, ya se tiene entonces etanol por encima del 95% de concentración, que permite destilaciones posteriores. Luego el tamiz se calienta para eliminar el agua y puede ser reutilizado.

2.15.5 Destilación por arrastre de vapor

En la destilación por arrastre de vapor de agua se lleva a cabo la vaporización selectiva del componente volátil de una mezcla formada por éste y otros "no volátiles". Lo anterior se logra por medio de la inyección de vapor de agua directamente en el interior de la mezcla, denominándose este "vapor de arrastre", pero en realidad su función no es la de "arrastrar" el componente volátil, sino condensarse en el matraz formando otra fase inmiscible que cederá su calor latente a la mezcla a destilar para lograr su evaporación. En este caso se tendrán la presencia de dos fases insolubles a lo largo de la destilación (orgánica y acuosa), por lo tanto, cada líquido se comportará como si el otro no estuviera presente. Es decir, cada uno de ellos ejercerá su propia presión de vapor y corresponderá a la de un líquido puro a una temperatura de referencia

La condición más importante para que este tipo de destilación pueda ser aplicado es que tanto el componente volátil como la impureza sean insolubles en agua ya que el producto destilado (volátil) formará dos capas al condensarse, lo cual permitirá la separación del producto y del agua fácilmente. Como se mencionó anteriormente, la presión total del sistema será la suma de las presiones de vapor de los componentes de la mezcla orgánica y del agua, sin embargo, si la mezcla a destilar es un hidrocarburo con algún aceite, la presión de vapor del aceite al ser muy pequeña se considera despreciable para efecto de los cálculos:

$$P = P_a^\circ + P_b^\circ$$

Donde:

P = presión total del sistema

P_a° = presión de vapor del agua

P_b° = presión de vapor del hidrocarburo.

Por otra parte, el punto de ebullición de cualquier sistema se alcanza a la temperatura a la cual la presión total del sistema es igual a la presión del confinamiento. Y debido a que los dos líquidos juntos alcanzan una presión dada, más rápidamente que cualquiera de ellos solos, la mezcla hervirá a una temperatura más baja que cualquiera de los componentes puros. En la destilación por arrastre es posible utilizar gas inerte para el arrastre. Sin embargo, el empleo de vapores o gases diferentes al agua implica problemas adicionales en la condensación y recuperación del destilado o gas. El comportamiento que tendrá la temperatura a lo largo de la destilación será constante, ya que no existen cambios en la presión de vapor o en la composición de los vapores de la mezcla, es decir que el punto de ebullición permanecerá constante mientras ambos líquidos estén presentes en la fase líquida. En el momento que uno de los líquidos se elimine por la propia ebullición de la mezcla, la temperatura ascenderá bruscamente. Si en mezcla binaria designamos por n_a y n_b a las fracciones molares de los dos líquidos en la fase vapor, tendremos:

$$P_a^\circ = n_a P \quad P_b^\circ = n_b P$$

Dividiendo:

$$\frac{P_a^\circ}{P_b^\circ} = \frac{n_a P}{n_b P} = \frac{n_a}{n_b}$$

n_a y n_b son el número de moles de A y B en cualquier volumen dado de vapor, por lo tanto: $P_a^\circ = n_a P$ y $P_b^\circ = n_b P$ y como la relación de las presiones de vapor a una "T" dada es constante, la relación n_a/n_b , debe ser constante también. Es decir, la composición del vapor es siempre constante en tanto que ambos líquidos estén presentes.

Además como:

$$n_a = w_a/M_a \text{ y } n_b = w_b/M_b$$

Donde:

w_a y w_b son los pesos en un volumen dado y

M_a , M_b son los pesos moleculares de A y B respectivamente.

La ecuación se transforma en:

$$P_a^\circ = n_a = w_a M_b / P_b^\circ n_b w_b M_a \text{ ó bien: } w_a = M_a P_a^\circ / w_b M_b P_b^\circ$$

Esta última ecuación relaciona directamente los pesos moleculares de los dos componentes destilados, en una mezcla binaria de líquidos. Por lo tanto, la destilación por arrastre con vapor de agua, en sistemas de líquidos inmiscibles se utiliza para determinar los pesos moleculares aproximados de los productos o sustancias relacionadas. Es necesario establecer que existe una gran diferencia entre una destilación por arrastre y una simple, ya que en la primera no se presenta un equilibrio de fases líquido-vapor entre los dos componentes a destilar como se da en la destilación simple, por lo tanto no es posible realizar diagramas de equilibrio ya que en el vapor nunca estará presente el componente "no volátil" mientras este destilando el volátil. Además de que en la destilación por arrastre de vapor el destilado obtenido será puro en relación al componente volátil (aunque requiera de un decantación para ser separado del agua), algo que no sucede en la destilación simple donde el destilado sigue presentando ambos componentes aunque más enriquecido en alguno de ellos. Además si este tipo de mezclas con aceites de alto peso molecular fueran destiladas sin la adición del vapor se requeriría de gran cantidad de energía para calentarla y emplearía mayor tiempo, pudiéndose descomponer si se trata de un aceite esencial.

2.15.6 Destilación mejorada

Cuando existen dos o más compuestos en una mezcla que tienen puntos de ebullición relativamente cercanos, es decir, volatilidad relativa menor a 1 y que forma una

mezcla no ideal es necesario considerar otras alternativas más económicas a la destilación convencional, como son:

- ✓ Destilación extractiva
- ✓ Destilación reactiva

Estas técnicas no son ventajosas en todos los casos y las reglas de análisis y diseño pueden no ser generalizadas para todos los sistemas, por lo que cada mezcla debe ser analizada cuidadosamente para encontrar las mejores condiciones de operación.

2.16 Estabilidad Química

El término estabilidad química al ser usado en el sentido técnico en química se refiere a la estabilidad termodinámica de un sistema químico.

La estabilidad termodinámica ocurre cuando un sistema está en su estado de menor energía o equilibrio químico con su entorno. Este puede ser un equilibrio dinámico, en donde moléculas o átomos individuales cambian de forma, pero su número total en una forma o estado particular se conserva. Este tipo de equilibrio químico termodinámico se mantendrá indefinidamente a menos que el sistema sea modificado. Los sistemas químicos pueden incluir cambios en el estado de la materia o un grupo de reacciones químicas.

La estabilidad termodinámica se aplica a un sistema particular. La reactividad de una sustancia química es una descripción de cómo podría reaccionar a través de una variedad de sistemas químicos potenciales.

Sustancias químicas o estados pueden persistir indefinidamente aunque no sean el estado más bajo de energía si experimentan metaestabilidad (un estado estable

sólo si no es muy perturbado). Una sustancia puede ser cinéticamente persistente si está cambiando a otra sustancia o estado relativamente lento, y por lo tanto no es un equilibrio termodinámico.

El "estado A" es más estable termodinámicamente que el "estado B" si la Energía libre de Gibbs del cambio de "A" a "B" es positiva.

2.17 Comercialización

El término comercialización es el proceso social y administrativo por el cual los grupos e individuos satisfacen sus necesidades al crear e intercambiar bienes y servicios. Sin embargo, hay otras definiciones; como la que afirma que la comercialización es el arte o ciencia de satisfacer las necesidades de los clientes y obtener ganancias al mismo tiempo.

La comercialización involucra estrategias de mercado, de ventas, estudio de mercado, posicionamiento de mercado, etc. Frecuentemente se confunde este término con el de publicidad, siendo ésta última sólo una herramienta de la mercadotecnia.

2.17.1 Concepto y objetivo

La comercialización tiene como objetivo principal favorecer el intercambio entre dos partes de modo que ambas resulten beneficiadas. Para que esto se produzca, es necesario que se den cinco condiciones:

- ✓ Debe haber al menos dos partes.
- ✓ Cada parte debe tener algo que supone de valor para la otra.
- ✓ Cada parte debe ser capaz de comunicar y entregar.
- ✓ Cada parte debe ser libre de aceptar o rechazar la oferta.
- ✓ Cada parte debe creer que es apropiado.

Si por algún motivo, alguna de las partes implicadas en el intercambio no quedan satisfecha, evitará que se repita de nuevo dicho intercambio.

Como disciplina de influencias científicas, el marketing es un conjunto de principios, metodologías y técnicas a través de las cuales se busca conquistar un mercado, colaborar en la obtención de los objetivos de la organización, y satisfacer las necesidades y deseos de los consumidores o clientes.

El marketing es la orientación con la que se gestiona la comercialización dentro de una organización. Asimismo, busca fidelizar clientes, mediante herramientas y estrategias; posiciona en la mente del consumidor un producto, marca, etc. buscando ser la opción principal y llegar al usuario final; parte de las necesidades del cliente o consumidor, para diseñar, organizar, ejecutar y controlar la función comercializadora o mercadeo de la organización.

El vocablo marketing se refiere también a una función o área funcional de la organización: el área de marketing, área comercial, el departamento de marketing, etc. Otra forma de definir este concepto es considerar marketing todo aquello que una empresa puede hacer para ser percibida en el mercado (consumidores finales), con una visión de rentabilidad a corto y a largo plazo.

Una organización que quiere lograr que los consumidores tengan una visión y opinión positivas de ella y de sus productos, debe gestionar el propio producto, su precio, su relación con los clientes, con los proveedores y con sus propios empleados, la propia publicidad en diversos medios y soportes, la presencia en los medios de comunicación (relaciones públicas), etc. Todo eso es parte del marketing.

2.17.2 Objetivo de estudio de la comercialización

Los clientes. Es obvio que los productos o servicio se buscan mejor y mucho mas rápido si están acomodados adecuadamente en su lugar, satisfacer alguna necesidad de la gente, y la gente estará dispuesta a pagar por esa satisfacción. Sin clientes no hay empresa. Sin un producto que satisfaga una necesidad no hay empresa.

Las personas que trabajan en la empresa. La mayoría de las empresas olvidan que mercadotecnia es también satisfacer las necesidades de la gente que trabaja dentro de ellas. Buscar la satisfacción del personal es también fundamental.

Los accionistas. Quienes toman el riesgo deben ver recompensados sus esfuerzos. Una buena estrategia de mercadotecnia debe lograr que la empresa genere utilidades para sus propietarios.

Los esfuerzos de mercadotecnia de una empresa deben enfocarse a satisfacer las necesidades de estos tres grupos de gente. Sólo entonces se podrá decir que se tiene una buena estrategia de mercado.

2.17.3 Proceso de comercialización (Marketing)



Figura 13. Proceso de comercialización.

2.17.3.1 Primera fase: marketing estratégico

La dirección marca las pautas de actuación. Antes de producir un artículo u ofrecer algún servicio, la dirección debe analizar las oportunidades que ofrece el mercado; es decir, cuáles de los consumidores a los que se quiere atender (mercado meta), qué

capacidad de compra tendrían a la hora de adquirir el producto o servicio, y si éste responde a sus necesidades. Además, también tienen que detectar cuáles son sus posibles competidores, qué productos están ofreciendo y cuál es su política de mercadeo, cuales son los productos sustitutos y complementarios ofrecidos en el mercado, las noticias y probabilidades respecto al ingreso de nuevos competidores y los posibles proveedores. También deben realizar un análisis interno de la empresa para determinar si realmente cuenta con los recursos necesarios (si dispone de personal suficiente y cualificado, si posee el capital requerido, etc.). Por último se debe analizar qué política de distribución es la más adecuada para que el producto o servicio llegue al consumidor. Con todos los datos, la empresa realiza un diagnóstico. Si éste es positivo, se fijan los objetivos y se marcan las directrices para alcanzarlos, determina a qué clientes se quiere dirigir y qué clase de producto quiere.

2.17.3.2 Segunda fase: de acción

La comercialización es la estrategia que hace uso de la psicología humana de la demanda, que de esta forma representa un conjunto de normas a tener en cuenta para hacer crecer una empresa. La clave está en saber cómo, dónde y cuándo presentar el producto u ofrecer el servicio. La publicidad es un aspecto muy importante, pero sin un plan de comercialización esta sería insulsa y poco atractiva al público, lo cual significaría un gasto más para la empresa. La mercadotecnia es un factor imprescindible en los negocios y muchas veces de ella depende si la empresa triunfa o no, por lo que es un aspecto que ningún empresario debe olvidar.

En el caso ideal, la comercialización se vuelve una filosofía de negocios de forma que en la organización todas las áreas son conscientes de que deben responder a las auténticas necesidades de los clientes y consumidores. Es toda la empresa o entidad la que debe actuar de acuerdo con este principio, desde la telefonista o recepcionista, hasta los contables, secretarias y demás empleados. Es así como los

clientes recibirán el trato que esperan, por lo cual confiarán en esa organización también en cuanto a sus productos o servicios.

2.17.3.3 Tercera fase: ejecución del programa de comercialización

Finalmente, se le asigna al departamento correspondiente la ejecución de las acciones planeadas y se fijan los medios para llevarlas a cabo, así como los procedimientos y las técnicas que se utilizarán. Igualmente deben crearse mecanismos que permitan evaluar los resultados del plan establecido y determinar cuan efectivo ha sido.

2.17.3.4 Cuarta fase: control

Supone establecer aquellos mecanismos de retroalimentación y evaluación con los que comprobar el grado de cumplimiento de los objetivos y establecer las correcciones que correspondan. Algunos de los controles son:

- ✓ control de plan anual
- ✓ control de rentabilidad
- ✓ control de eficiencia
- ✓ control estratégico

2.17.4 Orientaciones clásicas

En la historia y en el contexto del comercio han surgido diferentes orientaciones o enfoques para hacer negocios. Estos enfoques aún están presentes en algunas industrias y mercados, aunque en la actualidad la comercialización está cada vez más orientada al mercado y al cliente.

- ✓ **Orientación al producto:** Se produce en los casos en los que el mercado es nuevo o está dominado por una única empresa oferente (monopolio). La empresa no se preocupa por las ventas, ya que las tiene aseguradas, y su actividad comercial se limita exclusivamente a mejorar el proceso productivo.

✓ **Orientación a las ventas:** Cuando el mercado se encuentra en expansión y hay varias empresas luchando por su dominio, su esfuerzo se centra en el incremento de las ventas. Al tratarse de un producto nuevo, el consumidor no es muy exigente y lo compra principalmente en función del precio.

✓ **Marketing de orientación al mercado:** Una vez que el mercado se ha asentado y los consumidores conocen bien el producto, el enfoque de la comercialización cambia. Las empresas tratan de conocer los gustos de los compradores potenciales para adaptar los productos a sus necesidades y la producción se diversifica.

✓ **Orientación a la producción:** Los consumidores prefieren productos que estén muy disponibles y a bajo coste. Hay un mercado potencial importante, oferta escasa y segmentos desconocidos. La venta es fácil, pero el papel del marketing aún es limitado.

2.17.5 Plaza o distribución

Define dónde comercializar el producto (bien o servicio) que se ofrece. Considera el manejo efectivo de los canales logísticos y de venta, para lograr que el producto llegue al lugar adecuado, en el momento adecuado y en las condiciones adecuadas. Los canales de distribución hacen llegar el producto hasta el comprador potencial.

2.17.6 Precio

Es el monto de intercambio asociado a la transacción. El precio no se fija por los costes de fabricación o producción del bien, sino que debe tener su origen en la cuantificación de los beneficios que el producto significa para el mercado y lo que

éste esté dispuesto a pagar por esos beneficios. Sin perjuicio de lo anterior, para la fijación del precio también se consideran: los precios de la competencia, el posicionamiento deseado y los requerimientos de la empresa.

2.17.7 Oferta y Demanda

El modelo de la oferta y demanda describe la interacción en el mercado de un determinado bien entre consumidores y productores, en relación con el precio y las ventas de dicho bien. Es el modelo fundamental de la microeconomía, y se usa para explicar una gran variedad de escenarios microeconómicos. Además, sirve como base para otras teorías y modelos económicos. El primero que describió este comportamiento fue Antoine Augustin Cournot y fue Alfred Marshall quien lo popularizó posteriormente.

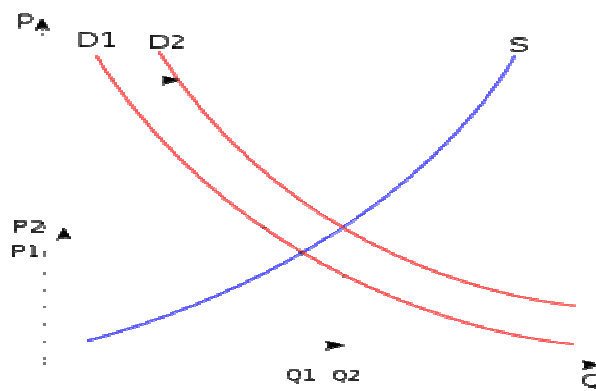


Figura 14. Curva típica de oferta y demanda.

El modelo predice que, en un mercado libre y competitivo, el precio se establecerá en un punto -llamado 'punto de equilibrio'- en el cual tanto la oferta como la demanda se igualan. Es decir, el precio funciona como un mecanismo igualador entre lo que se demanda y lo que se produce, el punto de equilibrio siendo aquel en el cual los consumidores estarán dispuestos a adquirir todo lo que ofrecen los

productores al precio marcado por dicho punto y los productores estarán dispuestos a producir todo lo que se demanda a ese precio. Si la demanda aumenta (de curva D1 a curva D2 en el diagrama) el precio aumentaría (P1 a P2). Similarmente, si la oferta aumenta (imagínese una curva S1 a la derecha de la curva S en el diagrama) el precio caería.

2.17.8 Producto

En comercialización, producto es cualquier objeto que puede ser ofrecido a un mercado que pueda satisfacer un deseo o una necesidad. Sin embargo, es mucho más que un objeto físico. Es un completo conjunto de beneficios o satisfacciones que los consumidores perciben cuando compran; es la suma de los atributos físicos, psicológicos, simbólicos y de servicio.

2.17.8.1 Aspectos

En todo producto o servicio se pueden destacar tres aspectos:

1. Beneficios esenciales
 - ✓ Beneficios de uso
 - ✓ Beneficios psicológicos (por ejemplo, mejora de la imagen, esperanza, estatus, etc.)
 - ✓ Beneficios de reducción de problemas (por ejemplo, Seguridad, conveniencia, etc.)

2. Beneficio o producto tangible
 - ✓ Características y atributos del producto
 - ✓ Protección de envase y embalaje así como información de etiqueta
 - ✓ Marca

- 3. Servicio o producto extendido
 - ✓ Garantía
 - ✓ Instalación
 - ✓ Entrega
 - ✓ Condiciones de pago favorables
 - ✓ Servicio post-venta y mantenimiento
 - ✓ Satisfacción

2.17.9 Materia prima

Se conoce como materias primas a los materiales extraídos de la naturaleza que sirven para transformar la misma y para construir los bienes de consumo. Se clasifican, según su origen: vegetal, animal y mineral. Ejemplos de materias primas son la madera, el hierro, y el granito.

2.17.10 Producto semielaborado

Un producto semielaborado es un paso intermedio entre una materia prima y un bien de consumo. Las materias primas se transforman en productos semielaborados, y estos, posteriormente a bienes de consumo. Por ejemplo, la madera de un árbol (materia prima) se transforma primero a tablones o listones (productos semielaborados) y, posteriormente, se crea una mesa o un mueble (bienes de consumo) a partir de estos listones o tablones.

CAPITULO III

3 Desarrollo del Proyecto

3.1 Almacenaje y Despacho del Pentano

El pentano es enviado desde los dos trenes de fraccionamiento, por tuberías independientes de 3" a un régimen de 65 gpm (galones por minuto) de producto regulados por el controlador de presión PIC-50579 para el tren A y PIC-60570 para el tren B. Estas tuberías se unen en el cabezal de 4" para entregar el pentano en los límites de batería a un régimen de flujo de 131 gpm, a una presión de 90 psig y a temperatura de 100°F.

El pentano es almacenado en dos esferas a una presión de 8.3 psig y a temperatura de 100°F cada una. La capacidad total de cada esfera es de 35.000 barriles por día y una capacidad útil de 33.250 barriles por día. Actualmente, existe en ingeniería de detalle una nueva esfera de 35.000 barriles por día.

El pentano proveniente de los límites de batería llega a la esfera D9.80911. Para aliviar el exceso de presión que pudiera producirse en las esferas se ventea gas al mechurrio de alta presión mediante el controlador de presión PIC-80901, ajustada a 40 psig. El máximo nivel de líquido en la esfera es de 66'-6", en este punto existe un interruptor LSH-80901 de alto nivel que detiene automáticamente la operación que se encuentran en la línea de entrada de líquido.

Las transferencias normales de pentano desde la esfera son las siguientes:

- ✓ Pentano hacia la refinería de Puerto La Cruz.

El envío de pentano desde la esfera D9.80911 hacia la refinería de Puerto La Cruz se hace mediante un sistema de bombeo formado por tres bombas verticales (D3.80972, D3.80973 y D3-80974) colocadas en paralelo, este sistema de bombas es común para la transferencia de isobutano, gasolina y pentano, con una capacidad de 745 gpm cada una y una presión de descarga de 404 psig. El modo de operación es una trabajando y dos en espera. Las bombas succionan por tuberías de 8" que llegan

a un múltiple común de 8" que se dirige a la refinería en Puerto La Cruz. Las bombas cuentan con un sistema de recirculación con el fin de evitar sobrecalentamiento cuando se produce una restricción de flujo en las líneas de descarga. Este sistema consiste en válvulas de recirculación automática XV-8096Z (D3.80972), XV-8096Y (D3.8096W) y XV-8096W (D3.80974) colocadas en las líneas de 8" de descarga y de las cuales salen líneas de 4" que se unen a un múltiple común de 4" y retorne a la esfera (D9.80911). El flujo mínimo de recirculación es de 385 gpm por bomba.

✓ La transferencia de pentano mezclado con la gasolina esta explicada en la descripción de flujo para el sistema de gasolina.

3.1.1 Sistema de gasolina

La gasolina es enviada desde los dos trenes de fraccionamiento, por tuberías de 4" independientes a un régimen de 100 gpm (galones por minuto) de producto regulado por el controlador PIC-50752 para el tren A y el PIC-60752 para el tren B. Estas tuberías se unen en el cabezal de 4" para entregar la gasolina en los límites de batería a un régimen de flujo de 200 gpm, a una presión de 85 psig. y temperatura de 120°F.

La gasolina es almacenada en dos tanques atmosféricos con una capacidad útil de 76.000 bbl cada uno, a una temperatura de 100°F.

La gasolina proveniente de los límites de batería llega a los tanques (D9.8098 y D9.80909). El máximo nivel del líquido en los tanques es de 52' – 3" en este punto existe un interruptor de muy alto nivel LS-80999, LS-809AG respectivamente que detiene automáticamente la operación de llenado cerrando las válvulas motorizadas XV-80999, XV- 809A3 que se encuentran en la línea de entrada de líquido.

Las transferencias normales desde los tanques de gasolina son las siguientes:

Envío de gasolina desde los tanques (D9.8098 y D9.80909) hacia la refinería en Puerto La Cruz.

El envío de gasolina desde la esfera (D9.8098 y D9.80909) hacia la refinería de Puerto La Cruz se hace mediante un sistema de bombeo formado por tres bombas verticales (D3.80972, D3.80973 y D3-80974) colocadas en paralelo, este sistema de bombas es común para la transferencia de isobutano, gasolina y pentano, con una capacidad de 745 gpm cada una y una presión de descarga de 404 psig. El modo de operación es el de una trabajando y dos en espera. Las bombas succionan por tuberías de 8" que llegan a un múltiple común de 8" (este múltiple está conectado a la tubería de 18" de salida de producto de los tanques) que se dirige a la refinería en Puerto La Cruz. Las bombas cuentan con un sistema de recirculación con el fin de evitar sobrecalentamiento cuando se produce una restricción de flujo en las líneas de descarga. Este sistema consiste en válvulas de recirculación automática XV-8096Z (D3.80972), XV-8096Y (D3.8096W) y XV-8096W (D3.80974) colocadas en las líneas de 8" de descarga y de las cuales salen líneas de 4" que se unen a un múltiple común de 4" y retorna hacia los tanques pasando a través de los mezcladores tipo venturi (SP/D98098 y SP/ D9.80909) colocada en la línea de 4" de entrada de producto a los tanques.

Envío de gasolina ó de mezcla de gasolina y pentano al muelle

La gasolina es enviada a la refinería Puerto la Cruz, a SOCA (empresas mixtas) y al muelle para importación y exportación.

Este envío se hace mediante las bombas D3.80949 y D3.80975 colocadas en paralelo con una capacidad de 2075 gpm cada una y una presión de descarga de 195 psig. Estas bombas operan simultáneamente.

Cuando la transferencia de producto hacia el muelle es únicamente de gasolina, las dos bombas succionan por tuberías de 16" conectadas a un múltiple

común de 18" que viene de los tanques D98098 y D9.80909. La descarga de las bombas se hace por tuberías de 8" a un cabezal de 12" que se dirige a los brazos de carga de gasolina y pentano en el muelle.

Cuando la transferencia hacia el muelle es una mezcla de gasolina y pentano, la bomba D3.80949 succiona pentano de la esfera D9.809011 a través de una línea de 14" y descarga por una tubería de 8" (línea usada solamente para pentano) en la que se encuentra instalado el medidor de flujo (FR-8093SB) y la válvula de control de flujo FY-8093S. La bomba D3.80975 succiona gasolina de los tanques D98098 y D9.80909 a través de línea de 16" y descarga por la tubería de 8" que llega al cabezal de 12" que va hacia el muelle. En el múltiple de 12" se encuentra instalado el medidor de flujo (FR-8093SA) y aguas abajo de este medidor llega la tubería de 8" de descarga de pentano de la bomba D3.80949. La relación de mezcla 1/1 de gasolina y pentano es mantenida con el controlador de flujo FFIC-8093S el cual recibe la señal de los medidores de flujo y actúa sobre la válvula de control de flujo FV-8093S.

Las bombas D3.80949 y D3.80975 cuentan con un sistema de recirculación con el fin de evitar sobrecalentamiento cuando se produce una restricción de flujo en las líneas de descarga. Este sistema consiste en válvulas de recirculación automática XV-8093T (D3.80949) y XV-(D3.80975) colocadas en las líneas de 8" de descarga y de las cuales salen líneas de 4" que se unen a un múltiple común de 6" que va hacia los tanques (D9.80908 y D9.80909) de gasolina. El flujo mínimo de recirculación es de 700 gpm por bomba.

La lógica para descargar gasolina indica que no está permitido llenar todos los tanques simultáneamente, ni tampoco que se esté cargando y descargando un tanque al mismo tiempo; esto aplica para la gasolina o para el pentano.

3.1.2 Despacho de Pentano

EL despacho de pentano en el mercado interno es realizado a través de cisternas que salen del llenadero de camiones de la planta. La instalación del llenadero de camiones Jose, cuenta actualmente con dos islas de servicio, con una capacidad de despacho de 80 cisternas diarias. En ellas se puede realizar el despacho de propano y nafta residual en el caso especifico de la estación N° 2.

Es importante destacar que él único lugar en Venezuela en donde se despentaniza la gasolina es en el complejo José Antonio Anzoátegui, porque en el resto de las plantas que operan en el país se comercializa gasolina con pentano estabilizado.

Para el mercado externo se despacha pentano a través de buques desde el terminal marítimo de dicho complejo.

3.2 Comercialización del pentano y sus usos a nivel mundial

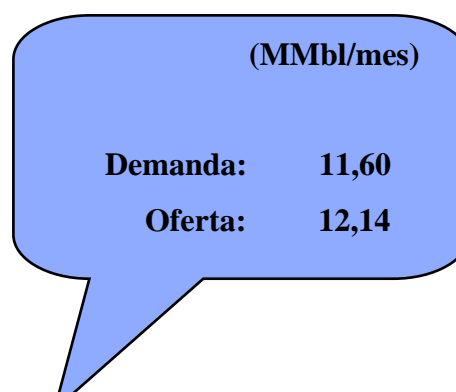
La compra y venta del pentano en el mercado internacional es una actividad común dentro del intercambio comercial que llevan a cabo muchos países, que sustentan su economía con el funcionamiento de un sin número de industrias petroquímicas que se encargan de procesar éste compuesto para obtener gran cantidad de derivados, que luego serán exportados o utilizados para consumo interno. La siguiente tabla da una muestra de algunos países compradores de pentano en Latinoamérica.

Países	Proveedor	Producto	Consumo (ton/anual)
---------------	------------------	-----------------	--------------------------------

<p>México</p> 	<p>Representaciones Especiales HCR. Grupo Petroquímico Beta. Assa Química</p>	<p>Pentano isopentano penta diona Acetil acetona Pentanona, Pentanol</p>	<p>35</p>
<p>Colombia</p> 	<p>Formaplac</p>	<p>Pentano y pegantes</p>	<p>7</p>
<p>Argentina</p> 	<p>Lanpex</p>	<p>n-pentano</p>	<p>12</p>
<p>Bolivia</p> 	<p>Planta Poliestireno</p>	<p>Pentano</p>	<p>13</p>
<p>Costa Rica</p> 	<p>Pentysol</p>	<p>Pentano</p>	<p>7</p>

Tabla 2 .Países Consumidores de Pentano en Latinoamérica.

Internacionalmente existen diversas formulaciones, las mas comunes contienen 60% n-pentano/40% isopentano y 80% n-pentano/20% isopentano.



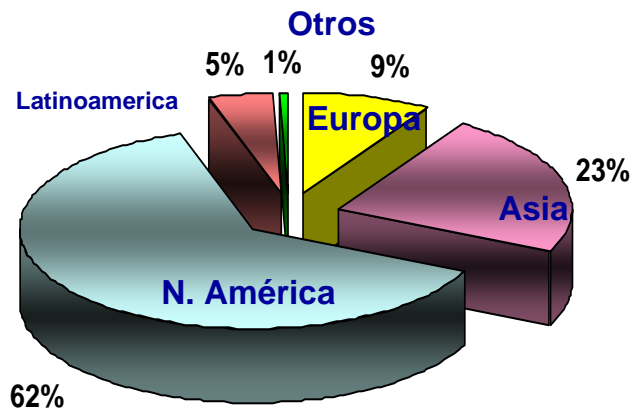


Figura 15. Comercialización del Pentano a nivel mundial.

La Figura 15 muestra que Norte-América es el principal consumidor y vendedor de pentano en el mundo, sus políticas de comercio están basadas en el establecimiento de empresas petroquímicas que transforman el producto en subproductos para el aprovechamiento de otras industrias básicas, de esta manera satisfacen la demanda del pentano existente. Asia es el segundo continente en el sistema comercial del pentano, con un alto consumo y con las industrias petroquímicas necesarias para la transformación de la materia. En el tercer lugar se ubica el continente Europeo, seguidamente los países latinoamericanos y por último el resto del mundo. A pesar de que el comercio del pentano en todos los continentes es alto, las capacidades de almacenamiento son limitadas, lo que se traduce en un problema común a nivel mundial.

3.2.1 Usos del pentano

Los pentanos se utilizan como solventes en procesos de extracción, como agentes expansores en la elaboración de poliestireno, en la fabricación de pesticidas y plásticos.

Usos del pentano		
Petroquímica	Generación eléctrica	Exportación
<p>Diciclopentadieno:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Resinas para automóviles y equipos eléctricos *Agente para vulcanización *Fragancias en industrias químicas 	<p>Tecnología Geotérmica</p>	<p>Combustible</p>
<p>Isopreno:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Gomas y Adhesivos 		
<p>Piperilina:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Resinas epóxicas y Premium 		
<p>Poliestireno expandido:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Espumas rígida y flexible *Construcción de viviendas *Embalaje de alimentos 		

Tabla 3. Usos del pentano.

3.3 Infraestructura necesaria para el despacho de pentano en nuestro país.

Actualmente el complejo criogénico José Antonio Anzoátegui comercializa 200 mil barriles diarios (MBD) de gasolina mezclado con Pentano. Esta producción no es suficiente para la demanda existente en el mercado nacional que a través de los años se ha ido incrementado debido a la creación de nuevas industrias, al desarrollo de

nuevos proyectos y un auge significativo de la obtención de combustible en el país. Para lograr el incremento de la producción se hace necesario adecuar la infraestructura de Jose para el suministro de mayor cantidad de este producto.

3.3.1 Premisas para el diseño de la infraestructura:

- ✓ Volumen máximo de entrega en MBD (a mediano plazo).

Pentanos	0,5
Gasolinas	0,443
Nafta Residual	0,66
Total (MBD)	1,603

(Implica 48.000 barriles/mes, 200 cisternas/mes, 9 cisternas/día lunes a viernes)

- ✓ Entrega de productos vía llenadero de cisternas-Oriente Jose.
- ✓ Productos para la venta de pentanos, gasolina natural y nafta residual.
- ✓ Calidad de de productos de entrega desde los tanques de almacenamiento (rangos máximos y mínimos en cuanto RVP (10-17), contenido de butanos (max., tira de cobre, ppm de agua, mercaptanos, azufre total, entre otros).
- ✓ Adecuación de líneas y brazo de carga en el llevadero para entregas.
- ✓ Volumen a suministrar debe considerar la entrega desde tanques de almacenamiento, dada la certificación de la calidad en especificación del producto, tomando en cuenta la posibilidad de mezcla de productos en diversas proporciones.

- ✓ Análisis de despacho de productos en forma alterna desde los trenes de fraccionamiento.
- ✓ Prever bombeo, medición, mezclador y retorno de vapores de productos a tanques y/o reproceso cumpliendo con las estrictas normas de ingeniería y seguridad.
- ✓ Adecuar la isla de despacho con brazo de carga que maneje las presiones, RVP y vapores generados por gasolinas y mezclas con pentanos.
- ✓ Tomar en cuenta un volumen máximo de entrega (lunes-viernes) colocado en nueve cisternas por semana, con 230 barriles por cada una; esto genera logística adicional.
- ✓ Tomar previsiones para despacho de productos en conjunto con despachos de GLP en área, minimizando los costos y riesgos asociados a estas entregas en conjunto, además de medición volumétrica y másica.
- ✓ Considerar el diseño de cisternas que reciban pentanos y gasolinas.

3.3.2 Propuestas comerciales de infraestructura

- ✓ Conceptualización, básica, detalle y construcción para entregar tres productos, nafta residual, gasolina y pentanos desde los tanques de almacenamiento a través del bombeo y líneas adecuadas a las presiones y temperaturas de los camiones cisternas disponible para el recibo de los mismos.
- ✓ Adecuación de la isla de llenado en forma provisional para la entrega y medición en forma segura (en conjunto con el despacho de GLP actual), de los

productos mencionados para la capacidad mínima actualmente comprometida de 0,5 MBD (4 cisternas diarias).

- ✓ Conceptualización, básica, detalle y construcción para entregar tres productos, nafta residual, gasolina natural y pentanos a través de una isla de llenado completamente independiente del despacho actual de GLP, completamente adecuada a las cisternas y/o camiones de productos denominados botton-loft.

- ✓ Adecuación de la medición volumétrica de productos a medición másica, de igual forma que la actualmente utilizada para GLP (balanzas de pesado) y retorno completo de vapores.

3.4 Oportunidades comerciales para el aprovechamiento del pentano en nuestro país y su futuro mercado externo

Para el aprovechamiento del pentano en nuestro país y su pronta comercialización en el mercado externo, es necesario modificar y crear nuevas infraestructuras que logren el equilibrio comercial entre demanda y producción del producto. En busca del desarrollo del país y con la única finalidad de aumentar el valor agregado del pentano y la gasolina, se sugieren las siguientes oportunidades:

- ✓ Gestionar un estudio de mercadeo de la venta del pentano en el país donde se establezcan los usos, volumetría requerida y los potenciales compradores de pentano a nivel nacional. Actualmente, en Venezuela existen diversas empresas (UNNIX C.A, Solven C.A, Petróleo C.A, entre otras) con capacidad instalada para la producción de químicos, que pudieran absorber, a futuro, parte de la producción de pentano destinado del mercado interno.

- ✓ Construir una nueva isla en la estación de llevaderos de camiones del complejo Jose con la finalidad de aumentar la venta del pentano en gasolina e ir

aumentado las capacidades de almacenamiento y satisfacer el incremento de la demanda de gasolina en Venezuela.

✓ Construir dos nuevas esferas de almacenamiento de pentano en las cercanías del complejo, más no dentro del mismo. Actualmente el complejo Jose Antonio Anzoátegui presenta problemas de congestionamiento físico, es decir, poca disponibilidad de espacio para la ubicación de nuevos sistemas. La construcción de estas esferas en sus cercanías permite la disponibilidad de la materia prima y también la utilización de los establecimientos ya existentes para el despacho del mismo. La volumetría de almacenaje de estas esferas serían de 70 bbl cada una. Las condiciones de operatividad estarían basadas en el manejo de las esferas ya existentes.

✓ Con la construcción de las dos nuevas esferas se eleva la capacidad de almacenamiento de 105 bbl (70 bbl actuales y 35 bbl en ingeniería de detalle) a 245 bbl diarios de pentano. Este estimado permite optar por una opción de comercio fuera del país, debido a que la cantidad mínima que se puede despechar para especificaciones internacionales es de 200 bbl diarios vía buque.

✓ Dentro del mercado internacional los países con la primera opción al comercio es Japón y China. Los asiáticos constituyen potenciales y seguros compradores porque son los segundos mayores consumidores de pentano y están interesados en la adquisición del producto porque su demanda es mayor a su producción y no han tenido como cubrirla. Estos países mantienen buenas relaciones con el gobierno nacional y actualmente es Japón un cliente especial en la venta de gasolina debido a que reciben el producto con un RVP de 13 %, mientras que para el resto del mercado externo es de 15 %. Estados Unidos a pesar de ser el mayor consumidor de pentano en el mundo, su producción cubre su demanda interna y le permite exportar.

✓ La construcción de una nueva industria petroquímica nacional que permita obtener un mejor aprovechamiento de los derivados del pentano en el mercado interno y externo; con esto, se incentiva la ampliación del parque industrial nacional porque, como se mencionó anteriormente, sus derivados constituyen materia prima para las industrias del plástico, de resinas, automotrices, de energía, pinturas, entre otras; lo que a su vez genera un impacto positivo en el mercado laboral del país, dado que el establecimiento de esta nueva industria implicaría la movilización de una gran fuerza de trabajo que permita la puesta en práctica de dicho proyecto.

CAPITULO IV

4 Análisis y discusión de los resultados

De acuerdo a las sugerencias hechas en el estudio, el análisis es realizado:

Situación Actual:

El comercio del pentano hoy en día está limitado a su uso en mezcla con la gasolina en una relación de 1:1. Esto ha permitido comercializarlo en el interior y exterior del país pero solo como mezcla. La capacidad de almacenamiento existente es de 70 bbl/d para pentano y de 165000 bbl/d para gasolina. La producción total de la planta de fraccionamiento Jose referente a gasolinas y pentano es de un 20 %; lo cual permite satisfacer la demanda interna de estos productos y con los excedentes comercializar en el mercado internacional.

A corto plazo:

Con el funcionamiento de la nueva esfera de almacenamiento de pentano que se encuentra en ingeniería de detalles se aumenta su almacenamiento actual. El incremento de almacenaje de este producto permite junto con la construcción de una nueva isla de llenado en la estación de carga de cisterna, elevar la producción y despacho de pentano dentro del país. De esta manera se mejora el comercio del pentano en Venezuela.

Es importante aclarar que esta primera opción a corto plazo solo expone el uso de pentano mezclado con la gasolina, pero que en un futuro logra aumentar su almacenamiento para sus posteriores usos.

A mediano plazo:

✓ Un estudio de mercado de pentano como producto único (no mezclado con la gasolina), donde se obtienen los posibles y seguros compradores en Venezuela y el mundo. Actualmente no existe una evaluación de éste tipo en la gerencia de comercialización de la estatal venezolana PDVSA GAS. Con el estudio se logra buscar los compradores de pentano, establecer el intercambio comercial y asegurar su uso y distribución en el mercado interno y externo, de esta manera se adquiere un mayor valor agregado del pentano y de la gasolina. El vender pentano como producto básico y gasolina sin mezcla del mismo, proporciona ganancias significativas en la venta de ambos por separado, convirtiéndolos en productos atractivos para su compra. La gasolina mejora su calidad y precio a medida que disminuye el RVP con pentano; una gasolina libre de pentano se cotiza a un mayor precio. Es importante señalar que esta alternativa también solventa la limitante que Estados Unidos exige a Venezuela para el año 2012, donde requiere una gasolina sin pentano o donde su RVP sea lo más bajo posible, siendo éste país el principal comprador de gasolina en nuestro país.

✓ Identificación y verificación de un espacio geográfico donde se coloque el almacenamiento progresivo de pentano. El espacio físico logra solventar los problemas de congestionamiento presente en el complejo Jose y consigo nueva disponibilidad del producto. En el área creada se ubica el pentano que luego va a comercializarse. Los requerimientos para este espacio están basados en la cercanía a la planta, debido a que se reducen los gastos de transportes a la localidad, se dispone de la producción inmediata del pentano y las condiciones geográficas permiten el despacho del producto vía terrestre y marítima.

✓ Construcción de las nuevas esferas de almacenamiento de pentano en un lapso de 3 años, esto debido principalmente al problema de almacenaje que actualmente presenta la planta y que con la puesta en funcionamiento de una nueva

esfera no se alcanzarían los requerimientos necesarios para comercializar éste producto a nivel internacional, debido a que por factibilidad y rentabilidad el mínimo necesario en el negocio mundial es de 200.000 bbls por día. Las dos nuevas esferas incrementarán la capacidad de almacenamiento de 105.000 bbls por día a 245.000 bbls por día. Con estos nuevos volúmenes de almacenamiento es rentable negociar a nivel internacional y satisfacer el mercado interno, dándole respuesta seguro a ese mercado externo que demande el producto.

A largo plazo:

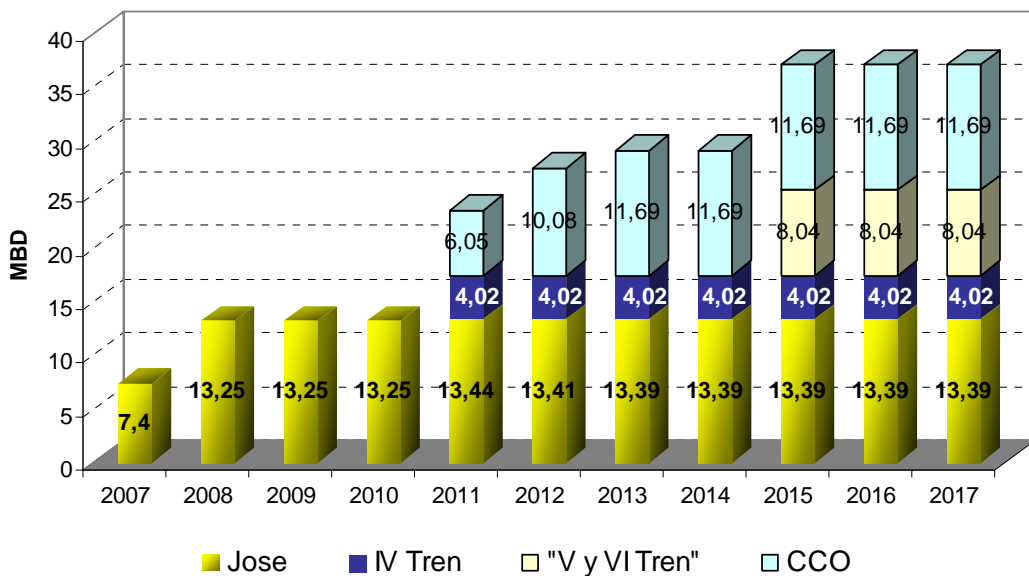


Figura 16. Proyección de la producción de pentano en los próximos diez años.

La figura 16 muestra la proyección de la producción del pentano para los próximos 10 años. La misma tiene un incremento significativo y va a la par con todos los proyectos de crecimiento en la industria del gas en nuestro país. Para el complejo criogénico José Antonio Anzoátegui ya se tiene en proyecto la construcción de un nuevo de tren, lo que facilita el incremento en la producción del pentano para los próximos cinco años en un 30 %. A partir de la culminación del cuarto tren de

fraccionamiento, del inicio de la producción de pentano en el complejo criogénico de Occidente (CCO) y de los planes de expansión con la construcción de dos nuevos módulos en Jose; se prevé un incremento del 178% en la producción total de pentano en Venezuela. Los planes de expansión elevan enormemente la producción duplicando su valor al existen hoy en día, lo que trae consigo generación de divisas y una serie de cambios significativos como la disminución de importaciones por parte del territorio nacional. Es importante señalar que la estatal venezolana debe estar preparada para todos estos incrementos de producción y unas de las alternativas propuesta es la construcción de una industria petroquímica.

✓ La industria petroquímica es la respuesta más idónea a la problemática planteada. A partir de ella se logra convertir el pentano en una serie de subproductos que son la materia prima de una cantidad significativa de empresas venezolanas que actualmente compran dichos derivados en el exterior. Estas empresas con el transcurrir de los años se han dedicado a comprar el producto ya elaborado, vendido fuera de Venezuela, pero que con la puesta en marcha de la petroquímica, serían nuestro primer mercado en el negocio. Con la industria petroquímica se dan respuesta a las preguntas de: ¿qué hacer con el pentano?, ¿Dónde venderlo en el país? y ¿en que proporción hacerlo?

Con la implantación de la petroquímica el principal objetivo es el desarrollo económico y social del país, es el gran paso para satisfacer la demanda de los subproductos necesarios por las compañías venezolanas. Su creación brinda una fuente de empleos directos e indirectos y lo más importante es la generación de nuevas divisas. Cabe destacar que la inversión inicial para el logro de tal fin es muy considerable, se necesita de gran capital para poder realizar esta meta, pero; ¿Venezuela estaría dispuesta a invertir en tal objetivo?, la respuesta del estudio es que vale la pena realizar el esfuerzo y obtener los beneficios anhelados por todos.

CONCLUSIONES

- ✓ El despacho de gasolina y pentano se realiza en una relación de mezcla 1:1 para el mercado interno y externo.

- ✓ Es viable el uso del pentano como materia prima en el desarrollo aguas abajo de la industria petroquímica, nacional y de exportación, por lo cual es necesario identificar los clientes específicos susceptibles de su consumo.

- ✓ Al disminuir la presión de vapor Reid de la gasolina se mejora su calidad y aumenta la generación de divisas producto de la venta.

- ✓ El complejo Jose maneja poca capacidad de almacenaje y despacho de pentano hoy día, lo que limita su comercio internacional.

- ✓ La construcción de una industria petroquímica es la solución ideal para solventar los problemas de utilización y comercialización del pentano en Venezuela y el resto del mundo.

RECOMENDACIONES

- ✓ Ampliar la capacidad de almacenamiento de Oriente y Occidente en forma inmediata, de acuerdo a los escenarios a futuro planteados.

- ✓ Realizar ingeniería conceptual que abarque todos los aspectos comerciales descritos anteriormente, y con la debida aplicación de las normas más estrictas de ingeniería y seguridad implícitas en la infraestructura a instalar.

- ✓ Tomar en cuenta las premisas de volúmenes máximos a manejar y diseñar una infraestructura adecuada al crecimiento de la demanda en el tiempo.

- ✓ Promocionar el pentano como materia prima a la industria y petroquímica nacional e internacional, de acuerdo a las recomendaciones del estudio.

BIBLIOGRAFIA

- 1. PDVSA GAS.** Gerencia de Comercialización. **Puerto La Cruz, Venezuela. 2009.**
- 2. CORPOVEN S.A. Filial de Petróleos de Venezuela.** Proyecto de expansión del complejo criogénico de Oriente – ACCRO – Planta de fraccionamiento, almacenaje y despacho Jose. Manual de operaciones volumen 1. Estado Anzoátegui. Mayo 1993
- 3. CORPOVEN S.A. Filial de Petróleos de Venezuela.** Proyecto de expansión del complejo criogénico de Oriente – ACCRO – Planta de fraccionamiento, almacenaje y despacho Jose. Diagrama de flujo de procesos volumen 1. Estado Anzoátegui. Mayo 1993
- 4. INTERNET.** Enciclopedia libre. Definición y caracterización del pentano. Disponible en: **WWW.WIKIPEDIA.COM/DEFINICIÓNPENTANO**
- 5. INTERNET.** Consumidores de pentano en Latinoamérica. Disponible en: **WWW.QUIMINET.COM/CONSUMIDORESPENTANO**

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	Estudio de la factibilidad comercial del pentano en la planta de fraccionamiento, almacenaje y despacho del complejo criogénico José Antonio Anzoátegui.
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Salazar S., Daniel E.	CVLAC: 17.539.169 E MAIL: danielsalazar1984@hotmail.com
Morales G., Joana G.	CVLAC: 17.008.738 E MAIL: joa_go@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

PentanoFactibilidadJoseComercializaciónAlmacenajeGasolina

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Química

RESUMEN (ABSTRACT):

El desarrollo del presente trabajo, constituye una evaluación de la factibilidad comercial del pentano en la planta de almacenaje y despacho del complejo criogénico José Antonio Anzoátegui. El pentano producido y almacenado en dicha planta es utilizado en mezcla con gasolina para su posterior venta, siendo esta la única utilidad que se le da al producto hoy día. El estudio realizado demuestra la importancia del pentano (C₅) como producto base en la elaboración de subproductos, así como también las premisas de cambios en la infraestructura de la planta para lograr las capacidades de almacenamiento necesarias y los índices de productividad requeridos en su comercialización interna y externa. Todos estos factores considerados constituyen aspectos muy importantes para el aprovechamiento comercial del hidrocarburo y van en busca de generación de nuevas divisas al país. Con la utilidad y factibilidad comercial del producto se cumplen con las normativas ambientales que nuestro mundo exige, convirtiéndose la gasolina en un combustible más limpio al presentar poca cantidad o estar totalmente libre de pentano y aumentando significativamente el valor agregado de ambos productos; venta de gasolina libre de C₅ y Pentano como materia prima.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS X	TU	JU
Avendaño, Ivelia	CVLAC:	8.024.255			
	E_MAIL	isvelia2009@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Bastos, Edgar	CVLAC:	14.409.676			
	E_MAIL	edgarmbastos@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X
Ochoa, Oswaldo	CVLAC:	3.995.379			
	E_MAIL	Ochoa.oswaldo@gmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU X

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2009	10	29
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. Factibilidad comercial del pentano.doc	Application / msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K
 L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y
 z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui (OPCIONAL)

TEMPORAL: 3 semanas (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Químico

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pre-grado_____

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería química

INSTITUCIÓN:

Universidad De Oriente / Núcleo de Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

DE ACUERDO CON EL ARTÍCULO 44 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO, ÉSTOS SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO, QUIEN LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO.

AUTOR

DANIEL SALAZAR

AUTOR

JOANA MORALES

TUTOR

Prof. Isvelia Avendaño

JURADO

Prof. Edgar Bastos

JURADO

Prof. Oswaldo Ochoa

YRAYMA SALAS

POR LA SUBCOMISION DE TESIS