



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**ANÁLISIS DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA  
PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS LÍQUIDOS DEL GAS  
NATURAL EN LA PLANTA DE EXTRACCIÓN JUSEPÍN**

**REALIZADO POR:  
SEIJAS URRETA CARLOS ALBERTO  
C.I.: 17.546.890  
LUNAR HERNANDEZ LOURDEN ZULIMAR  
C.I.: 17.622.333**

Trabajo Especial De Grado Presentado Como Requisito Parcial Para Optar Al Título  
De  
INGENIERO DE PETRÓLEO

Maturín, Junio de 2010

# ACTA DE APROBACION



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
Maturín / Monagas / Venezuela

## ACTA PRELIMINAR DE TRABAJOS DE GRADO\*

Nº 1218

A los **18** días del mes de **Junio/2010**, siendo las **12:00 p.m.** En la Sala “Dr. Luis Manuel Peñalver”, **Campus Los Guaritos, Núcleo Monagas de la Universidad de Oriente.**

A fin de cumplir con el requisito parcial exigido por el reglamento vigente para obtener el título de Ingeniero de Petróleo, se procedió a la presentación y discusión del Trabajo de Grado del (los) Bachiller: **Carlos Alberto Seijas Urreta C.I. 17.546.890** y **Lourden Zulimar Lunar Hernández C.I. 17.622.333.** Titulado: **ANÁLISIS DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL EN LA PLANTA DE EXTRACCIÓN JUSEPÍN.**

Estando presentes los Miembros del Jurado: **Dr. Fernando Pino, Ing. Karla Rodríguez, Ing. Daniel Tabernero.** Se dio curso a la presentación, discusión y defensa del mencionado Trabajo, el cual se decidió aprobar por unanimidad

**Dr. Fernando Pino**  
C.I. 9.299.078  
Asesor Académico

**Prof. Ing. Karla Rodríguez**  
C.I. 14.670.713  
Jurado

**Prof. Ing. Daniel Tabernero**  
C.I. 13.886.067  
Jurado

Comisión Trabajos de Grado



\* NOTA: Para que esta acta tenga validez debe ser asentada en la hoja N° **034** del 8° libro de Actas de Trabajos de Grado de la Escuela de Petróleo de la Universidad de Oriente y estar debidamente firmada por el asesor y miembros del jurado.



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**RESOLUCIÓN**

De acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Trabajos de Grado: “Los Trabajos de Grado 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”.

## DEDICATORIA

Dedico este gran logro primero que nada a “Dios”, por iluminarme el camino a lo largo de toda la carrera, y permitirme estar donde hoy estoy.

A mi Madre Miriam Urreta, quien supo guiar cada uno de mis pasos, cuidarme en esos momentos que más necesité de ella, por motivarme en seguir adelante, por formarme y brindarme una excelente educación. No existen palabras para agradecerle todo lo que has hecho por mí, a ti mamá te dedico este trabajo.

A mi Padre José Seijas, por contribuir con mi educación, apoyarme durante toda la carrera y brindarme toda su colaboración en los momentos donde más lo necesité.

A mi Abuela Carmen, por estar allí cuando más la necesitaba y consentirme.

A mi compañera y amiga Jessica Pérez, por su valiosa colaboración, apoyo incondicional y sobre todo comprensión durante esta etapa de mi vida.

A todas aquellas personas que de una manera u otra se han hecho parte de este logro.

*Carlos Alberto Seijas Urreta (C.A.S.U.)*

## DEDICATORIA

Dedico este gran logro primero que nada a “Dios”, por iluminarme el camino a lo largo de toda la carrera, y permitirme estar donde hoy estoy.

A mi Madre Carmen Hernández, quien supo guiar cada uno de mis pasos, cuidarme en esos momentos que más necesité de ella, por motivarme en seguir adelante, por formarme y brindarme una excelente educación. No existen palabras para agradecerle todo lo que has hecho por mí, a ti mamá te dedico este trabajo.

A mi Padre Angel Lunar, por contribuir con mi educación, apoyarme durante toda la carrera y brindarme toda su colaboración en los momentos donde más lo necesité.

A mi compañero y amigo Alejandro Carmona, por su valiosa colaboración, apoyo incondicional y sobre todo comprensión durante esta etapa de mi vida.

A mis hermanos: Angelica, Angel, Marwin y lismairys, quienes siempre estuvieron preocupados porque terminara la carrera y me brindaron todo su apoyo, a ellos, ya les puedo decir: por fin ya terminé!.

A todas aquellas personas que de una manera u otra se han hecho parte de este logro.

*Lourden Zulimar Lunar Hernández*

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de antemano a Dios y a mi Virgencita del Valle, por darme fortalezas y por echarme una manito en algunos momentos, sé que me escucharon y que estarán ahí para lo que necesite, por mi parte seguirán contando con mi fé.

A mi madre y abuela, por darme la oportunidad de hacerme un profesional, por cuidarme y sacrificarse en algunos momentos de su vida; para hacerme el camino mucho más sencillo.

Quisiera también agradecer de manera muy especial, a un persona a la cual la llevo en mi corazón todos los días, Jessica Pérez, que sin moverse de mi lado estuvo acompañándome mientras realicé este trabajo de manera incondicional, gracias.

A mi asesor académico Dr. Fernando Pino, a mi asesora industrial Ing. Alexander Velásquez por el compromiso asumido con este trabajo, por sus recomendaciones y sugerencias para mejorar cada día esta investigación.

A mis amigos: Lourden L., Alejandro C., Wilfredo H., Kerman B., Francisco O., Carlos R., Danilo F., Turbo, Milagros M., Fabiola M., Milagros S., Martha E., quienes siempre me acompañaron y apoyaron de manera incondicional desde que llegue a la universidad.

*“Gracias a todos”*

*Carlos Alberto Seijas Urreta (C.A.S.U.)*

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de antemano a Dios y a mi Virgencita del Valle, por darme fortalezas y por echarme una manito en algunos momentos, sé que me escucharon y que estarán ahí para lo que necesite, por mi parte seguirán contando con mi fé.

A mis padres, por darme la oportunidad de hacerme un profesional, por cuidarme y sacrificarse en algunos momentos de su vida; para hacerme el camino mucho más sencillo.

Quisiera también agradecer de manera muy especial, a una persona a la cual la llevo en mi corazón todos los días, Alejandro Carmona, que sin moverse de mi lado estuvo acompañándome durante toda mi carrera y mientras realicé este trabajo de manera incondicional, gracias.

A mi asesor académico Dr. Fernando Pino y al Ing. Alexander Velásquez por el compromiso asumido con este trabajo, por sus recomendaciones y sugerencias para mejorar cada día esta investigación.

A mi amigo y compañero de tesis Carlos Seijas, por ayudarme en este camino que ambos emprendimos para culminar nuestras carreras. A Jessica Pérez por todas sus atenciones y paciencia para con nosotros.

A mis amigos: Alejandro, Eliemar, Angelica Lunar, kasmir, Daniela, Patricia, Luis, Mary, Reina, Javier y a todos mis compañeros de clases que de una u otra manera recorrieron conmigo este largo camino de enseñanza en la universidad.

***“Gracias a todos”***

***Lourden Zulimar Lunar Hernández***

## ÍNDICE GENERAL

<b>ACTA DE APROBACION .....</b>	<b>ii</b>
<b>RESOLUCIÓN .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>EL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos .....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
2.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	6
2.2.1 La Planta de Extracción Jusepín está Constituida por Varias Areas de Proceso, Clasificadas de la Siguiete Forma: .....	7
2.2.1.1 Deshidratación de Gas y Sistema de Regeneración de Glicol .....	7
2.2.1.2 Unidad Desetanizadora (estabilización del LGN).....	8
2.2.1.3 Torre de GLP.....	8
2.2.1.4 Tratamiento de GLP (remoción de H <sub>2</sub> S).....	9
2.2.1.5 Unidad Incineradora de BTEX.....	9
2.2.1.6 Circuito de Refrigeración con Propano.....	9
2.2.1.7 Circuito de Aceite Caliente .....	9
2.2.1.8 Sistema de Alivio y Venteo.....	10
2.2.1.9 Sistemas de Drenaje (abierto y cerrado) .....	10
2.3 BASES TEÓRICAS .....	10
2.3.1 Líquidos del Gas Natural (LGN) .....	10
2.3.2 Planta de Extracción .....	11
2.3.3 Proceso de Extracción de los Líquidos del Gas Natural (LGN).....	11
2.3.4 Planta de Fraccionamiento.....	12
2.3.5 Proceso de Fraccionamiento de los Líquidos del Gas Natural (LGN) .....	12
2.3.6 Producción de los Líquidos del Gas Natural (LGN) .....	15



2.3.7 Componentes Líquidos del Gas Natural (LGN) .....	16
2.3.7.1 Etano (C <sub>2</sub> ).....	16
2.3.7.2 Propano (C <sub>3</sub> ).....	17
2.3.7.3 Butano (C <sub>4</sub> ).....	18
2.3.7.4 Gasolina Natural.....	19
2.3.7.5 Nafta.....	21
2.3.7.6 La Gasolina de Alto Grado .....	21
2.3.7.7 Gasolina Comercial.....	22
2.3.8 Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	23
2.3.8.1 GLP Doméstico.....	23
2.3.8.2 GLP Comercial/Industrial .....	23
2.3.8.3 GLP Automotor.....	24
2.3.10 Transporte de los Líquidos del Gas Natural (LGN) .....	25
2.3.10.1 Transporte de los (LGN) desde las Plantas de Extracción hasta las Plantas de Fraccionamiento.....	25
2.3.10.2 Transporte de los (LGN) desde la Planta de Fraccionamiento hasta el Comprador.....	26
2.3.11 Principales usos de los Líquidos del Gas Natural (LGN).....	26
2.3.11.1 Usuarios Domésticos.....	27
2.3.11.2 Industria.....	27
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	28
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>30</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>30</b>
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	30
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
3.3 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO .....	31
3.3.1 Estudio de los Métodos de Producción de los Líquidos del Gas Natural, en la Planta de Extracción Jusepín .....	31
3.3.2 Deducción de las Formas de Transporte de GLP (transporte del propano y butano), Gasolina Natural, Nafta, Gasoil.....	31
3.3.3 Estudio de los Factores Económicos que Involucra la Producción de los Líquidos del Gas Natural .....	32
3.3.4 Análisis del Impacto Ambiental del Proceso de Transporte de los Líquidos del Gas Natural .....	32
3.4 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS A UTILIZAR PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	33
3.4.1 Revisión Bibliográfica .....	33
3.4.2 Observación Directa .....	33
3.4.3 Internet.....	33
3.5 RECURSOS .....	33
3.5.1 Recursos Humanos .....	33
3.5.2 Recursos Materiales y Tecnológicos .....	34

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>35</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
4.1 ESTUDIO DE LOS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE LOS LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL, EN LA PLANTA DE EXTRACCIÓN JUSEPÍN .....	35
4.1.1 Descripción del Proceso .....	36
4.1.1.1 Depuración del Gas de Entrada.....	36
4.1.1.2 Calentamiento del Gas de Entrada .....	36
4.1.1.3 Deshidratación.....	37
4.1.1.3.1 Torres de Absorción de Agua con Tri-Etilen-Glicol (TEG) .....	37
4.1.1.3.2 Deshidratación por Adsorción con Tamices Moleculares.....	38
4.1.1.4 Regeneración del (TEG) .....	40
4.1.1.5 Enfriamiento del Gas Seco.....	42
4.1.1.6 Expansión del Gas Seco .....	42
4.1.1.7 Torre Recontactora.....	43
4.1.1.8 Compresión de Gas Residual .....	43
4.1.1.9 Desetanizadora .....	45
4.1.1.10 Torre de Fraccionamiento de GLP .....	45
4.1.1.11 Tratadores de GLP .....	46
4.1.1.12 Regeneración de Tratadores de GLP.....	47
4.1.1.13 Despacho del Producto hacia el Poliducto .....	49
4.2 DEDUCCIÓN DE LAS FORMAS DE TRANSPORTE DE GLP (TRANSPORTE DEL PROPANO Y BUTANO), GASOLINA NATURAL, NAFTA, GASOIL.....	49
4.2.1 Transporte de los Líquidos del Gas Natural (LGN) desde las Plantas de Extracción hasta las Plantas de Fraccionamiento .....	50
4.2.2 Transporte desde las Plantas de Fraccionamiento hasta el Comprador .....	51
4.3 ESTUDIO DE LOS FACTORES ECONÓMICOS QUE INVOLUCRA LA PRODUCCIÓN DE LOS LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL .....	57
4.4 ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE LOS LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL.....	58
4.4.1 Impacto Ambiental Potencial de Poliductos.....	59
4.4.2 Impactos Ambientales Potenciales .....	60
4.4.2.1 Impactos Positivos .....	61
4.4.2.2 Impactos Negativos.....	61
4.4.2.3 Impactos Directos.....	62
4.4.2.4 Impactos Indirectos .....	63
4.4.3 Seguridad del Poliducto.....	64
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>65</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>65</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	65
5.2 RECOMENDACIONES .....	66
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>

**APÉNDICES.....69**



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación del Complejo Jusepín (Fuente: PDVSA 2003) .....	6
Figura 2.2 Proceso de Fraccionamiento de los (LGN) (Fuente: PDVSA 2003).....	13
Figura 4.1 Proceso de Producción de los Líquidos del Gas Natural, en la Planta de Extracción Jusepín .....	35
Figura 4.2 Distribución geográfica de las Plantas de Extracción de los LGN del norte de Monagas .....	50



## LISTA DE TABLAS

Tabla N°1 Esquema de almacenaje y despacho de productos de la Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose .....	52
Tabla N° 2 Condiciones de presión y temperatura a nivel de los brazos de carga .....	56





**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**ANÁLISIS DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN Y  
TRANSPORTE DE LOS LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL EN LA PLANTA DE  
EXTRACCIÓN JUSEPÍN**

**Realizado por:**  
**Carlos Alberto Seijas Urreta**  
**C.I.: 17.546.890**  
**Lourden Zulimar Lunar Hernández**  
**C.I.: 17.622.333**  
**Junio, 2010**

**Asesor:**  
**Dr. Fernando Pino**

**RESUMEN**

El presente trabajo tuvo como objetivo principal, el análisis de los procesos que intervienen en la producción y transporte de los líquidos del gas natural en La Planta de Extracción Jusepín. Para ello, inicialmente se recopiló toda la información sobre esta planta y los métodos de producción utilizados para la extracción de los líquidos del gas natural (LGN), ya que La Planta de Extracción Jusepín en conjunto con Accroven y Santa Bárbara manejan una parte de la producción del gas natural del Oriente del país, específicamente la del Norte del Estado Monagas. Posteriormente se dedujeron las formas de transporte de Gas Licuado del Petróleo (conformado por propano y butano) gasolina natural, nafta, gasoil, ya que esta producción es transferida hasta Santa Bárbara por un poliducto de 10 pulgadas de diámetro, el cual se une con la producción de LGN de Accroven y Santa Bárbara para luego ser enviado a Jose a través de un poliducto (Poliducto Santa Bárbara/Jose), el cual consta de 164 km de longitud y de 16 pulgadas de diámetro, donde se obtienen de manera separada y pura propano, butanos, gasolina natural y nafta entre otros. Todos estos productos luego de fraccionados y almacenados son despachados a través de poliductos, camiones y terminal marino a clientes nacionales e internacionales. Finalmente se estudiaron los factores económicos y ambientales que involucra la producción de los líquidos del gas natural; concluyéndose que en año 2009 por concepto de ventas de LGN, se alcanzó la cifra de mil 483 millones de dólares, lo que representó un aumento del 32% con respecto a años anteriores.

## INTRODUCCIÓN

Una vez que el gas natural sale de las plantas de separación tiene que ser clasificado de acuerdo a su composición, el cual se clasifica como seco o pobre, rico o húmedo y condensado. Si el gas posee esta clasificación significa que es un fluido que puede producir hidrocarburo líquido. Los líquidos del gas natural se clasifican como gas licuado del petróleo (GLP) el cual está conformado por propano, butanos, gasolina natural y compuestos más pesados como naftas, diesel entre otros.

Uno de los retos que tiene en este momento la industria del gas, es recuperar al etano líquido, la recuperación está justificada, por los múltiples usos y utilidades que tiene el etano líquido, si la recuperación se realiza con el etano, se simboliza como  $C_2^+$ , que indica que los líquidos que se están recuperando es el etano y compuestos más pesados.

El objetivo principal del proceso de extracción es el estudio del comportamiento de las mezclas de hidrocarburos en equilibrio bifásico. El fluido que se obtiene, en las plantas de extracción es enviado a las plantas de fraccionamiento, donde en las torres de las mismas, debido fundamentalmente a la diferencia de temperatura que existe entre el fondo y tope de la torre, permite realizar una separación entre las fracciones líquidas de hidrocarburos más pesadas y más livianas.

La finalidad de esta investigación fue analizar los procesos que intervienen en la producción y transporte de los líquidos del gas natural en la planta de extracción Jusepín. Con los resultados obtenidos de esta investigación, se conocieron las formas y métodos de producción, los factores y procesos que involucra la producción del mismo, de tal manera que sirva como herramienta de consultas para futuras

investigaciones debido a que no existen, suficientes estudios que sirvan como referencia.





# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el Municipio Maturín del Estado Monagas se encuentra ubicado el Complejo Operativo Jusepín, donde se ejecutan las actividades de extracción de líquidos del gas natural, en este complejo se realizan mejoras para incrementar, no solo la cantidad de volumen, sino también su calidad; debido a que la demanda mundial de combustibles líquidos aumenta cada día, haciendo que las reservas de hidrocarburos disminuyan considerablemente, esto ha ocasionado que los países productores de petróleo tomen en cuenta tantos los hidrocarburos que se encuentran en forma líquida como aquellos que se encuentran en forma gaseosa y/o vapor, lo que conlleva a incrementar la importancia de la clasificación composicional del gas natural que sale de los separadores. Tal como, la clasificación indica que el gas es rico, húmedo o condensado se obtiene los hidrocarburos líquidos en la planta de extracción y fraccionamiento.

El transporte de los líquidos del gas natural es decir, el GLP, la gasolina natural, diesel, naftas, etc. Además del etano líquido son de gran importancia; de allí la necesidad de realizar un estudio de cada uno de ellos para su posterior evaluación en los procesos que intervienen en el transporte de los mismos.

Debido a la necesidad de impulsar la industria de los líquidos del gas natural para alcanzar el mayor beneficio posible de estos recursos en La Planta de Extracción Jusepín, se planteó como objetivo conocer, diversas formas y métodos de transporte empleados como poliductos, barcos y camiones. Con el propósito de analizar los factores económicos que involucra la producción del mismo y su impacto ambiental.

## **1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Objetivo General**

Analizar los procesos que intervienen en la producción y transporte de los líquidos del gas natural en La Planta de Extracción Jusepín.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Estudiar los métodos de producción de los líquidos del gas natural, en la planta de extracción Jusepín.
- Deducir las formas de transporte de GLP (transporte del propano y butano), gasolina natural, nafta, gasoil.
- Estudiar los factores económicos que involucra la producción de los líquidos del gas natural.
- Analizar el impacto ambiental del proceso de transporte de los líquidos del gas natural.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El desarrollo de la investigación se fundamentó en la necesidad de conocer, sistemáticamente, los diversos procesos que intervienen en la producción de los líquidos del gas natural, así como también su posterior transporte. De tal manera, que sirva como herramienta de consultas para futuras investigaciones debido a que no existen, actualmente, suficientes estudios que sirvan como referencia.

En tal sentido, esta investigación se orientó con el fin de proporcionar una amplia noción de cómo, en la actualidad se producen y transportan los líquidos del gas natural.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el año 2008 se presentó una tesis de grado en la Universidad de Oriente realizada por Figueroa, W. titulada **“Tecnologías Aplicadas en la Producción de los líquidos del Gas Natural”**. Esta se basó en conocer las distintas técnicas que engloban este proceso, como también el conocimiento de cómo se comercializan estos líquidos de gas natural (LGN). Entre las principales conclusiones de esta investigación se tuvo: Los procesos por los cuales el gas natural es transformado a líquido, se basa principalmente en las propiedades termodinámicas de éste; los productos obtenidos por medio del proceso de Fischer – Tropsch son: diesel, naftas, queroseno, ceras y parafinas; la cantidad de cada una de ellas dependerá de las condiciones del reactor y de la refinación final del producto.

En el año 2009 se presentó una tesis de grado en la Universidad de Oriente realizada por Ramos, A. titulada **“Optimización de la Descarga de Líquidos Condesados en Planta Compresora Jusepín 9, Extracción Jusepín, Jusepín Profundo; Hacia los Módulos de Producción del Complejo Operativo Jusepín”**. En ésta se realizó un estudio a los sistemas de drenajes de líquidos condensados de las plantas antes mencionadas que convergen a los módulos de producción, proponiéndose sistemas alternos que mejoren el funcionamiento operacional del sistema. Entre las principales conclusiones de esta investigación se tuvo: La planta que proporcionó un mayor volumen de líquidos fue la planta extracción Jusepín con 1472.99 BNPD; la mayoría de los problemas asociados a los paros de planta por alto nivel de líquido, están relacionados al mal funcionamiento de las válvulas controladoras de líquidos condensados.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Planta de Extracción de Líquidos del Gas Natural, está ubicado en Jusepín al norte del Estado Monagas en la carretera nacional La Toscana – El Furrial aproximadamente a 40 Km de la ciudad de Maturín. La localización geográfica está definida por las siguientes coordenadas: 1075738,761 Norte y 449636,702 Sur. La misma ha sido prevista para suplir la demanda de propano y butano de la región Oriental del país, destinado básicamente al consumo doméstico e industrial. (Figura N° 2.1)



**Figura 2.1 Ubicación del Complejo Jusepín (Fuente: PDVSA 2003)**

Los módulos de producción del Complejo Jusepín reciben el crudo proveniente de los campos adyacentes, el cual ingresa a los niveles de presión, identificados como: Baja presión (40 lpcm), media presión (120 lpcm) y alta presión (500 lpcm). Los cuales definen los esquemas de compresión establecidos por las plantas compresoras de este centro operativo.

Una vez separado los fluidos, el crudo es enviado a las estaciones de flujo, donde son bombeados a través de tuberías hasta los patios de tanques, donde

finalmente se recolectan y almacenan. El gas natural que viene de los separadores es enviado a un proceso de compresión, donde se comprime el gas desde (40, 120, 500) lpcm hasta 1300 lpcm. Una vez comprimido el gas a 1300 lpcm es enviado hacia la Planta de Extracción de Líquidos, donde se acondiciona y se extraen los líquidos de gas natural (LGN).

El gas natural que sale del proceso de extracción es enviado a Inyección Gas Furrial (IGF), donde se aumenta la presión de (1300-6000) lpcm, para luego ser usado en los métodos de recuperación secundaria, y obtener un mayor factor de recobro en los yacimientos de petróleo. Los (LGN) son los componentes más pesados del gas natural, luego que son extraídos en la planta de extracción son enviados a la Planta de Fraccionamiento del Complejo Criogénico José Antonio Anzoátegui, donde se obtienen de manera separada y pura etano, propano, butano entre otros. Después de la separación estos líquidos son enviados a la Petroquímica, donde se procesan, obteniéndose materia prima para producir plásticos, fertilizantes, materiales sintéticos, Éter.

## **2.2.1 La Planta de Extracción Jusepín está Constituida por Varias Areas de Proceso, Clasificadas de la Siguiete Forma:**

### **2.2.1.1 Deshidratación de Gas y Sistema de Regeneración de Glicol**

El proceso de deshidratación del gas natural, previo al ingreso a las plantas de producción de los (LGN), por lo general se realiza con TEG. Donde en el múltiple que alimenta a la planta de deshidratación fluye gas a unos 100 F, el cual pasa por un sistema de filtros y la parte gaseosa va a la torre absorbedora y entra en contacto en contra flujo con el TEG, que remueve las partículas de agua. Luego el glicol rico en agua sale por la parte inferior de la torre e inicia su proceso de regeneración, pasando

por válvulas, tanques de venteo, intercambiadores de calor, hasta llegar nuevamente a la parte superior de la torre absorbadora.

### **2.2.1.2 Unidad Desetanizadora (estabilización del LGN)**

La torre desetanizadora se alimenta principalmente de dos (2) corrientes: la primera de ellas proviene del fondo del tambor separador (rica en  $C_3$ ,  $C_4$  y  $C_4^+$ ) y constituye la alimentación principal; la segunda, se origina en el fondo de la torre recontactora (rica en  $C_3$ ).

La torre desetanizadora posee un tambor acumulador, que además de suministrar el reflujo a la misma, proporciona una de las corrientes de alimentación a la columna recontactora. El vapor proveniente del acumulador es condensado parcialmente, para luego ser introducido en el tope de la torre.

El diseño de la desetanizadora permite separar todo el etano por el tope y lograr Líquidos del Gas Natural (LGN) rico en  $C_3$  (corriente de fondo).

### **2.2.1.3 Torre de GLP**

La torre de Gas Licuado del Petróleo (GLP) separa, por el tope, la fracción liviana del LGN, (que contiene el  $C_3$ , el  $H_2S$  y parte de los  $C_4$ ), de la parte pesada ( $C_4^+$ ). Esta torre tiene en el tope un tren de condensadores con aire para enfriar la corriente que va al acumulador de tope. El acumulador, a su vez, también recibe en forma intermitente la corriente condensada de los gases de regeneración provenientes de los tratadores de GLP.

#### **2.2.1.4 Tratamiento de GLP (remoción de H<sub>2</sub>S)**

Con el fin de lograr una especificación de máximo contenido de azufre igual o menor que 2 ppm en el producto, es necesario remover el contenido de H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>. Para esto se emplean dos torres de adsorción, que operan alternativamente: una en adsorción, mientras la otra está en regeneración ó espera.

#### **2.2.1.5 Unidad Incineradora de BTEX**

Los vapores que se generan en las columnas de los reconcentradores de glicol (vapores de agua con residuos de glicol y aromáticos) se colectan en un cabezal desde donde se transfiere a un recipiente para la separación de los gases (con contenido de aromáticos) y el glicol remanente. Los gases son extraídos por el tope y son enviados a un incinerador, en donde se lleva a cabo la quema de los aromáticos hasta los niveles permitidos para su emisión a la atmósfera.

#### **2.2.1.6 Circuito de Refrigeración con Propano**

Este sistema se emplea básicamente para enfriar parte del gas de entrada que va al separador de alimentación de la desetanizadora, utilizando para ello un intercambiador de calor de propano existente y reubicado para este fin.

#### **2.2.1.7 Circuito de Aceite Caliente**

El sistema de aceite caliente es utilizado para suministrar energía (calor) al fondo de la desetanizadora, fondo de la torre de GLP, gas de sello al turboexpansor y gas de entrada a la Planta. Este circuito está conformado por cuatro (4) hornos para calentamiento del gas, Tres (3) bombas de circulación de aceite (2 existentes y 1



nueva) y dos (2) recipientes para mantener el nivel de aceite en el circuito, a la vez que permite alimentar aceite desde el tanque principal para reponer las pérdidas que se generen durante la operación.

#### **2.2.1.8 Sistema de Alivio y Venteo**

El sistema de alivio y venteo de la Planta de Extracción Jusepín está diseñado para su acción bajo ciertas condiciones de emergencia. Este sistema es un arreglo de válvulas, cabezales y equipos de manejo de líquidos.

#### **2.2.1.9 Sistemas de Drenaje (abierto y cerrado)**

La Planta de Extracción Jusepín posee dos sistemas existentes de recolección de drenaje, los cuales se ampliaron para ajustarse a los nuevos requerimientos motivados a la expansión de la Planta. Todos los drenajes de proceso son enviados al separador API.

### **2.3 BASES TEÓRICAS**

#### **2.3.1 Líquidos del Gas Natural (LGN)**

Son los hidrocarburos que se obtienen a través del proceso de licuefacción en las plantas de extracción; el cual consiste en transformar el gas natural a su forma líquida con el propósito de transportarlo. En donde los componentes líquidos que se obtienen son el propano, butanos, pentanos y compuestos más pesados. El fluido que se obtiene, en las plantas de extracción debe de ser enviado a las plantas de fraccionamiento, donde en las torres de fraccionamiento, debido fundamentalmente a la diferencia de temperatura que existe entre el fondo y tope de la torre, permite

realizar una separación entre las fracciones líquidas de hidrocarburos más pesadas y más livianas.

### **2.3.2 Planta de Extracción**

Son instalaciones en donde se somete el gas natural rico o húmedo libre de impurezas, con la finalidad de separar el gas metano de los llamados Líquidos del Gas Natural (LGN), integrados por propano; butanos, pentanos, etc. El principal objetivo del proceso de extracción es el estudio del comportamiento de las mezclas de hidrocarburos en equilibrio bifásico (líquido/vapor).

Los componentes más livianos de la mezcla como metano y etano, los cuales principalmente se concentran en la fase de gas, mientras que los más pesados Propano; Butanos y Pentanos se acumulan en la fase líquida, y por lo tanto serán los que deban de ser separados en el procesos de extracción de los líquidos del gas natural.

### **2.3.3 Proceso de Extracción de los Líquidos del Gas Natural (LGN)**

En una primera etapa la corriente de gas natural pasa a una planta endulzadora, donde se elimina el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ). Enseguida, se alimenta a una planta criogénica, en la cual mediante enfriamiento y expansiones sucesivas se obtienen dos corrientes, una gaseosa básicamente formada por metano (gas residual) y la otra líquida (licuables). En un proceso posterior de fraccionamiento, la fase líquida se separa en diversos componentes, tales como gas licuado de petróleo (GLP) y gasolinas naturales, estas últimas son material primas para otros combustibles de mayor octanaje y mayor calidad.

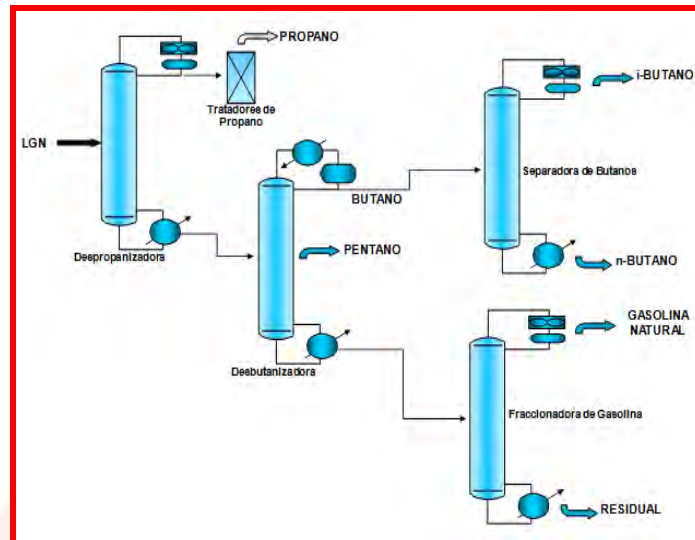
### **2.3.4 Planta de Fraccionamiento**

El objetivo del proceso de fraccionamiento de los líquidos del gas natural es separar los líquidos de los componentes gaseosos del gas natural, la separación se realiza para separar los componentes, en su forma libre, es decir en propano, butano normal, isobutano, gasolina natural, etc. Su alimentación se hace principalmente con líquidos enviados desde las plantas de extracción.

### **2.3.5 Proceso de Fraccionamiento de los Líquidos del Gas Natural (LGN)**

En vista que el fluido que sale de las plantas de extracción es tratado, para la eliminación de los gases ácidos y el agua, por lo que el fluido que llega a las plantas de fraccionamiento debe de estar libres de estas impurezas. En todo, caso hay que tener claramente establecidos las condiciones del fluido de alimentación en las plantas de fraccionamiento, ya que los componentes de azufre pueden formar soluciones con los hidrocarburos que acompañan al fluido de alimentación, todos los cuales son difíciles de separar en las plantas de fraccionamiento.

El propano, pentano y la gasolina natural son generalmente, los productos que presentan mayores concentraciones de azufre. En la figura 2.2 se presenta un esquema del proceso de fraccionamiento de los (LGN).



**Figura 2.2 Proceso de Fraccionamiento de los (LGN) (Fuente: PDVSA 2003)**

En ésta se puede observar el tanque de alimentación de los (LGN) llega de las plantas de extracción a la de fraccionamiento. A partir de la alimentación se irán a separar tantos componentes como sea posible. En todo caso, en la primera torre se tiene que separar el elemento propano, el cual debe salir por el tope de la torre, mientras que todos los componentes más pesados salen por el fondo de la torre.

El propano obtenido va a los diversos tratamientos a los cuales tiene que ser sometido, como también debe de ser enfriado y almacenado por separado. La fracción más pesada que sale por el fondo de la torre de recuperación del propano entra a la torre de recuperación de los butanos, los cuales ingresa a otra torre, donde es separado el butano normal que sale por el fondo, mientras que el isobutano lo hace por el tope, y posteriormente ambos butanos son dirigidos a los tratamiento, para ser posteriormente enfriados y almacenados por separado.

En términos, generales se puede señalar que la mezcla que alimenta la planta de fraccionamiento de los (LGN) ha sido dividida en todas las fracciones que se necesiten separar. Los (LGN) que sirven de alimentación entran primeramente a la torre de recuperación del propano, la cual está diseñada para funcionar a la presión de 245 lpcm, esto es así con la finalidad de condensar los vapores del tope a la entrada del despropanizador, se mantiene un sistema para controlar el flujo y la presión del alimentador.

Es importante hacer notar que el sistema de transporte que suministra los (LGN) a la planta de fraccionamiento, se mantienen por debajo del punto de burbujeo, lo cual permite conservar estable el flujo a la planta. Este sistema permite que la corriente de (LGN) se mantenga en la fase líquida. Esto ayuda a reducir las necesidades de transferencia del calor.

Es así como en el tope de la torre despropanizadora se obtiene el propano que, después de ser tratado para quitarle el resto de agua y cualquier compuesto corrosivo, pasa por el sistema de refrigeración y luego se almacena. El producto del fondo de la torre despropanizadora es calentado a 257 F mediante la circulación de aceite.

El aceite caliente sirve para elevar la temperatura del fondo de la despropanizadora y el resto se envía a los tamices moleculares. La temperatura del fondo de esta torre se mantiene a 432 F mediante un rehervidor de aceite caliente.

El producto del tope de la torre desbutanizadora va al rehervidor de la torre fraccionadora de butano. Este rehervidor trabaja a su vez como condensador de la mezcla de n-butano e i-butano. Parte de esta mezcla se utiliza como alimentación de la torre de fraccionamiento de butanos y el resto del condensado se usa como reflujo de la torre desbutanizadora. Aproximadamente, la mitad de la energía que necesita el fondo de la torre fraccionadora de butano la proporciona al rehervidor de aceite

caliente. La energía restante se obtiene del condensador de los vapores que salen del tope de la torre.

Además, en la torre desbutanizadora se obtienen los vapores de pentano, que se condensan por un sistema de enfriamiento y luego se almacenan a temperatura ambiente. Es necesario proveer a la torre desbutanizadora de varias tomas laterales de pentanos vaporizados, de esta manera, se logra variar la presión de vapor cuando haga falta.

El producto del fondo de la desbutanizadora es procesado en la torre fraccionadora de gasolinas, donde se produce la gasolina por el tope y se enfría antes de su almacenaje.

La mezcla de vapores provenientes del tope fraccionadora de gasolina, se usa para calentar adicionalmente los (LGN) que alimenta la torre despropanizadora. Los vapores a su vez se condensan formando gasolina natural. Finalmente esta gasolina se envía a los tanques de almacenamiento de techos flotantes. Esto se realiza con el objetivo de economizar energía, el aceite usado en el rehervidor del fraccionador de Hexanos y más pesados ( $C_6^+$ ) recibe el calor suministrado por los gases de escape de las turbinas. Esto permite tener temperatura de aceite del orden de los 500 F., del fondo de la fraccionadora de la gasolina se obtiene una nafta que igualmente se almacena.

### **2.3.6 Producción de los Líquidos del Gas Natural (LGN)**

Al realizar la clasificación composicional del gas natural como gas natural húmedo-rico y/o condensado, los cuales dan origen a los productos líquidos (LGN), formados por etano y compuestos más pesados  $C_2^+$ . Los (LGN) representa el

producto principal de las plantas de extracción de líquidos del gas natural. Si se incluye o no el etano depende del modo de operación de las plantas de extracción, aunque en la actualidad por ser el etano un componente de gran importancia para una gran diversidad de productos petroquímicos se recomienda considerar su recuperación en forma líquida.

En la República Bolivariana de Venezuela los líquidos del gas natural (LGN) son el producto intermedio del procesamiento del gas, ya que luego los (LGN) deben de ser fraccionado o separado en sus componentes individuales en las plantas de fraccionamiento, una vez realizada la separación de los (LGN), la gran mayoría de ellos son utilizados en la industria petroquímica o, en la fabricación de componentes de alto octanaje para gasolinas, y como combustible de uso industrial y comercial, en este caso se obtienen una serie de ventajas del punto de vista ambiental al compararlo con otro combustible fósil, ya que por lo general la utilización del (LGN), no afecta el medio ambiente.

### **2.3.7 Componentes Líquidos del Gas Natural (LGN)**

#### **2.3.7.1 Etano (C<sub>2</sub>)**

El etano es un hidrocarburo saturado, por ser un alcano y tener hibridación (sp<sup>3</sup>), que en condiciones normales de presión y temperatura es un gas, y que se recupera como líquido en los procesos de extracción y fraccionamiento. El etano es un excelente combustible su punto de ebullición se alcanza a los (-126 F). El etano es un componente explosivo, en donde las mezclas gas /aire son explosivas. En caso de incendio debe de mantenerse frío. En su forma líquida puede ser materia prima para los procesos petroquímicos, el cual se utiliza para la producción de olefinas, hace establecer la necesidad de recuperar al etano en forma líquida, en vista de la gran utilidad del mismo, tanto en estado gaseosos, por su alto poder calorífico, como en su forma líquida, activa materia prima para la petroquímica.

Éste se puede utilizar de dos maneras: como mezcla con la gasolina con el objetivo de un aumento del octanaje de la gasolina, o como etano puro, compuesto de etano hidratado, lo que indica su gran utilidad industrial, en una serie de procesos.

Utilidad del etano: La cadena del etileno se inicia a partir del etano recuperado del gas natural en las plantas de extracción y fraccionamiento, como también en las plantas criogénicas. El etano es sometido a un proceso de descomposición térmica para producir principalmente etileno, aunque también se forma hidrógeno, propano, propileno, butano, butilenos, butadieno y gasolina pirolítica. Del etileno se producen un gran número de derivados, como las diferentes clases de polietilenos cuyas características dependen del proceso de polimerización; su aplicación se encuentra en la producción de plásticos, recubrimientos, moldes, etc. Por otro lado, el etileno puede reaccionar con cloro para producir dicloroetano y posteriormente monómero de cloruro de vinilo, un componente fundamental en la industria del plástico, y otros componentes clorados de uso industrial.

### **2.3.7.2 Propano (C<sub>3</sub>)**

Es parte del Gas Licuado de petróleo (GLP), el cual consiste principalmente en propano, en varias mezclas con el butano. Sin embargo, para uso doméstico, comercial y vehicular, la mezcla es principalmente propano. Este componente se produce en las plantas de extracción y fraccionamiento del gas natural, aunque también se produce por medio de la refinación del petróleo. Los componentes de (GLP) son gaseosos a presión y temperatura normal (60 F) y (14.7lpc). Los (GLP) son los combustibles que se utilizan en la actualidad en La República Bolivariana de Venezuela, como combustible doméstico.



Utilidad del propano: Éste hidrocarburo es empleado ampliamente en la producción de olefinas, como por ejemplo el propileno, que se produce ya sea por deshidrogenación del propano contenido en el (GLP), o se obtiene como subproducto en las Plantas de Etileno o en las Plantas de Descomposición Catalítica Fluida (PDCF) de refinerías. El propano, es la base para la producción de polipropileno a través de plantas de polimerización. Otro producto derivado del propileno y del amoníaco es el acrilonitrilo, de importancia fundamental en la industria de las fibras sintéticas. Del propileno se puede producir alcohol isopropílico de gran aplicación en la industria de solventes y pinturas, así como el óxido de propileno; otros derivados del propileno son el ácido acrílico, compuestos importantes en la industria del plástico.

### **2.3.7.3 Butano (C<sub>4</sub>)**

El butano está conformado por el butano normal y el isobutano, que también se llama metilpropano, ambos pertenecen al grupo de los alcanos saturados, también denominados parafínicos o alifáticos. El butano es inflamable y gaseoso que se licua a la presión atmosférica a una temperatura de (31 F), en vista que en su forma gaseosa es un gas incoloro, es por ello que en su elaboración se añade un odorizante, que por lo general es mercaptano, compuesto que le confiere un olor desagradable y que permite detectar al butano en caso de fuga. En caso de extinción de un fuego por gas butano se emplea dióxido de carbono, que es un polvo químico o niebla de agua, con lo cual se enfría y se dispensan los vapores emitidos. El butano se transporta en los barcos refrigerados a una temperatura de (23 F).

El Butano, al igual que el propano, son dos combustibles gaseosos que se obtienen en las refinerías de petróleo. El butano se comercializa licuado y envasado en recipientes metálicos de diferentes tamaños, desechables, que pueden ser pequeños

y recargables. El butano, al igual que el propano se suministra licuado, en botellas, para lo cual los depósitos deben de estar situados, junto a las industrias o viviendas, en vista que por lo general son transportados por un camión cisterna. Como se ha indicado, el propano y el butano son gaseosos a la presión atmosférica pero, a la presión de envasado, se encuentran en estado líquido.

Cuando el usuario abre la llave de salida del recipiente, disminuye la presión en el interior, se produce la vaporización de estos combustibles y fluyen por el tubo de salida. Para mantener constante la presión de salida de estos gases se intercala una válvula de regulación de presión que lleva incorporada la llave de paso. En el interior de los locales donde se utilizan estos gases hay que tomar medidas de seguridad parecidas a las adoptadas para el gas natural.

#### **2.3.7.4 Gasolina Natural**

Es una mezcla de hidrocarburos formados básicamente por Pentano ( $C_5H_{12}$ ), que es un alcano saturado, que tiene un punto de fusión de (-202 F) y un punto de ebullición de 96 F; Hexano ( $C_6H_{14}$ ). Este componente pertenece al grupo de los alcanos, tiene un peso molecular de 86,2 lb/lbmol es un líquido incoloro, volátil y de alto poder de inflamación y Heptano ( $C_7H_{14}$ ), que es un alcano líquido de alto poder detonante, tiene un punto de ebullición de 209 F, se obtiene en el proceso de destilación de la parafina, es un compuesto inerte, lo que explica su baja polaridad, tiene su mayor utilidad como solvente, sobretodo en el extracción de aceites, también tiene una gran utilidad como solventes en las diversas pinturas industriales, y también se emplea muchos en los procesos de síntesis orgánicas.

Utilidad de la gasolina natural: La gasolina natural se utiliza para mezclar la gasolina que se produce en las refinerías o con el petróleo para mejorar la densidad de este producto aumentando su valor comercial. Algunos gases naturales contienen un porcentaje de gasolina natural que puede recuperarse mediante condensación y adsorción. El proceso más habitual para la extracción de este componente consiste en hacer pasar el gas extraído del pozo a través de una serie de torres que contienen un aceite ligero denominado aceite de paja. El aceite absorbe la gasolina, que se destila posteriormente. Otros procesos implican la adsorción de la gasolina con alúmina activada, carbono activado o gel de sílice.

La gasolina es una, mezcla de los hidrocarburos líquidos ligeros que se usa como combustible en motores de combustión interna. Se produce a través de varios procesos: la destilación fraccionada del petróleo, la condensación o la adsorción de gas natural, la descomposición térmica o catalítica del petróleo o sus fracciones, la hidrogenación de gasógeno o carbón, o a través de la polimerización de hidrocarburos de bajo peso molecular. La gasolina natural constituye el producto resultante del fraccionamiento del gas, se considera una mezcla altamente volátil de hidrocarburos de Propano y más pesados ( $C_3^+$ ), que forman parte de los líquidos del gas natural, que han sido clasificados en forma composicional como gas rico, húmedo o condensado, y que por lo tanto deben de ser llevados a las plantas de extracción para recuperación de los (LGN).

La gasolina natural es una buena fuente de materia prima para la petroquímica, ya que se utiliza en la producción de Isobutano e Isopentano que son materias primas para el proceso de alquilación, también puede ser utilizada en otros procesos industriales, además de su utilización como combustible, tanto a nivel industrial, como doméstico.

### **2.3.7.5 Nafta**

Las naftas son una mezcla de hidrocarburos que se encuentran refinados parcialmente, se obtienen en la parte superior de la torre de destilación atmosférica. Por lo general, las refinerías producen naftas: liviana y pesada, las cuales se diferencian por el rango de destilación el cual después es utilizado para la producción de diferentes tipos de gasolinas. Las naftas son altamente inflamables por lo cual su manejo y su almacenamiento requieren de un proceso extremadamente cuidadoso y especial. Las naftas son utilizadas en los espacios agrícolas como solventes, tienen uso en la industria de pinturas y en la producción de solventes específicos, y que se utilizan también para procesos específicos, que pueden ser industriales o científicos, todos de una gran importancia para los procesos.

### **2.3.7.6 La Gasolina de Alto Grado**

Esta gasolina se consigue mediante un proceso conocido como hidrofino, es decir, la hidrogenación de petróleo refinado a alta presión y con un catalizador, como por ejemplo el óxido de molibdeno. El hidrofino no sólo convierte el petróleo de bajo valor en gasolina de mayor valor, sino que al mismo tiempo purifica químicamente el producto eliminando elementos no deseados, como el azufre. El gasógeno, el carbón y el alquitrán de hulla pueden también hidrogenarse para producir gasolina. Es recomendable utilizar en los motores de alta compresión una gasolina que se queme de manera uniforme y total para prevenir las detonaciones, que son los sonidos y los daños causados por la ignición prematura de una parte del combustible y del aire en la cámara de combustión.

Las propiedades antidetonantes de este combustible están relacionadas directamente con su eficiencia y dependen del índice de octano, que representa la calidad de la gasolina.

### **2.3.7.7 Gasolina Comercial**

La gasolina que se compra en las gasolineras se hace mezclando gasolina natural con diferentes porcentajes de gasolina proveniente de los procesos de polimerización, alquilación, isomerización, reformación y desintegración. A estas mezclas se les determina su octanaje, y se les agrega una serie de aditivos antes de venderlas al público. En la actualidad se pueden hacer mezclas de gasolinas con índices de octano de hasta de 110. Esto se logra agregando a la mezcla de gasolina un compuesto llamado antidetonante.

El compuesto de este tipo más común es el Tetraetilo de Plomo (TEP), el cual impide que la gasolina "explote" dentro de los cilindros del motor con demasiada rapidez. Además, permite usar en las mezclas mayor cantidad de gasolina de menor calidad, como es la gasolina natural (40-60 octanos), y alcanzar de todos modos los octanajes requeridos por las gasolinas comerciales, por lo tanto su utilidad tiene una gran gama.

La cantidad óptima de (TEP) que se usa en las mezclas de gasolinas es de tres mililitros por cada galón. El (TEP) sube más el octanaje de las mezclas cuando éstas contienen mayor cantidad de hidrocarburos ramificados, por ejemplo las gasolinas de la isomerizadora y los de la alquiladora. Sin embargo, cuando las mezclas tienen un alto contenido de olefinas, como las de la polimerizadora, o tienen demasiados compuestos de azufre, la susceptibilidad al (TEP) disminuye. Las gasolinas con

plomo, como se les llama a aquellas que contienen (TEP), resultan más baratas que las que no lo llevan. Esto se debe a que el contenido de gasolina natural es mayor en este caso. Además, tres mililitros por galón de (TEP) consiguen en algunos casos elevar el octanaje de las gasolinas hasta en 20 octanos.

### **2.3.8 Gas Licuado de Petróleo (GLP)**

En general el (GLP) es una mezcla de hidrocarburos líquido, y que permanecen en estado líquido a presiones moderadas y temperatura ambiente, en cuanto a su uso y utilidad puede subdividirse en:

#### **2.3.8.1 GLP Doméstico**

Es comercializado tanto a granel como en bombonas y su precio está sujeto al marco regulador. Puede utilizarse en forma doméstica para la cocción de alimentos o calentamiento de agua

#### **2.3.8.2 GLP Comercial/Industrial**

Este es una mezcla, que se utiliza como fuente de energía, la cual es comercializada a granel y su precio está sujeto al marco regulador. Su uso industrial es como combustible en hornos, secadores y calderas de diferentes tipos de industrias. También en motores de combustión interna y en turbinas de gas para generación de energía eléctrica, que puede ser de gran importancia, sobre todo para países

productores de estos componentes, ya que se puede generar electricidad sin utilizar el agua.

### **2.3.8.3 GLP Automotor**

Aquí el (GLP) es comercializado a granel y su precio de venta está referenciado al precio de la gasolina de 87 octanos. Este es uno de los combustibles que hay que tratar de comercializar en muchos países, ya que se evita la contaminación ambiental.

### **2.3.9 Poder Calorífico del (GLP)**

Se refiere a la capacidad del hidrocarburo de producir calor. Éste se define como la cantidad de calor producida por la combustión de la unidad de volumen o de peso de un combustible bajo determinadas condiciones. El poder calorífico se cuantifica en los laboratorio por uno de los varios tipos de calorímetros disponibles. El calorímetro funciona a presión constante. El poder calorífico es calculado a una temperatura de (77 F) y 1 atmosfera de presión. En general, se conocen 2 tipos de valor calorífico.

- **Poder Calorífico Total (PCT)** Este computa o expresa la cantidad de calor que se desprende en la reacción completa de la unidad de combustible con el agua de los humos en estado de vapor
- **Poder Calorífico Neto (PCN)** Este no computa como útil el calor de condensación del agua de combustión., el concepto de poder calorífico neto es el que más se acerca a la realidad, pues no existen instalaciones que aprovechen el calor de condensación del vapor de agua. No obstante se acostumbra a citar

siempre el poder calorífico total, ya que éste es el que se mide en las determinaciones con calorímetros. La determinación del poder calorífico neto, cuando se desea realizar, se hace por cálculos del calor de condensación, el cual se resta del poder calorífico total.

En la industria se habla también del Poder Calorífico de Combustión, en vista que el Poder calorífico del gas natural se fundamenta en los calores de combustión de sus componentes, luego se tiene que: En las reacciones exotérmicas las entalpías de combustión son siempre negativas, y como además en la práctica es más cómodo trabajar con cantidades positivas, por ello se utiliza el poder calorífico, término que designa al negativo de las entalpías de combustión

### **2.3.10 Transporte de los Líquidos del Gas Natural (LGN)**

El transporte de los líquidos del gas natural para su procesamiento y posterior comercialización se puede realizar, desde las plantas de extracción hasta las plantas de fraccionamiento y desde las plantas de fraccionamiento hasta el comprador.

#### **2.3.10.1 Transporte de los (LGN) desde las Plantas de Extracción hasta las Plantas de Fraccionamiento**

Este transporte se realiza, por lo general por poliductos. En estos poliductos los (LGN) son transportados a presiones de hasta 3300 lpc y temperaturas de 86 F. Los poliductos son protegidos tanto de la corrosión como de fugas o rupturas por medio de la protección catódica como por sistemas de corte de fluidos, respectivamente. El poliducto se mantiene por debajo del punto de burbujeo con el objetivo de conservar estable el flujo a las plantas fraccionadoras. A la entrada de la planta de



fraccionamiento se mantiene un sistema para controlar el flujo y la presión del poliducto.

### **2.3.10.2 Transporte de los (LGN) desde la Planta de Fraccionamiento hasta el Comprador**

La creciente demanda de gas natural como energía limpia y la necesidad de transportarlo a largas distancias hasta los centros de consumo, ha impulsado la utilización y desarrollo del transporte de los (LGN). Al llegar los (LGN) a las plantas de fraccionamiento, se realizan varios procesos con el objetivo fundamental de separar los diferentes hidrocarburos que conforman los (LGN). Luego del proceso de fraccionamiento, los productos obtenidos se llevan a tratamientos. Generalmente, solo el propano, los pentanos y la gasolina natural requieren de tratamientos para eliminarles las impurezas. El resto de los (LGN), en la mayoría de los casos cumplen con los límites permisibles de contenidos de impurezas o contaminantes.

### **2.3.11 Principales usos de los Líquidos del Gas Natural (LGN)**

El gas natural es una fuente de energía versátil que puede ser utilizada en ámbitos muy variados se puede emplear como combustible para abastecimiento de calor, generación de electricidad y de fuerza motriz; como materia prima en las industrias siderúrgicas, químicas, petroquímicas y de fertilizantes. En el área de transportes se utiliza como sustituto de la gasolina y del alcohol.

Estos factores permiten el uso caso irrestricto del producto de diversos segmentos, de concordancia con las determinaciones ambientales y contribuyendo

eficaz y eficientemente con el control de los procesos, seguridad y la calidad. Por ende, el gas natural participa directa o indirectamente en la vida de toda la población.

#### **2.3.11.1 Usuarios Domésticos**

El gas natural utilizado en las residencias recibe el nombre de gas residencial o doméstico. Es un mercado en franca expansión, especialmente en los grandes centros urbanos de todo el país. Las compañías distribuidoras estatales tienen planes para realizar una gran ampliación de sus redes; es importante destacar que el aumento de consumo del gas doméstico exige importantes inversiones en conversiones y en la recepción y adaptación necesarias en las residencias.

El gas natural, comúnmente es aplicado para cocinar, lavar, secar, calentar el agua, calentar una casa o climatizarla. Además, los electrodomésticos se mejoran día a día con el fin de emplear el gas natural de forma más económica y segura. Los costos de mantenimiento del material que funciona con gas son generalmente más bajos que los de otras fuentes de energía.

#### **2.3.11.2 Industria**

Los LGN son utilizados por el mercado interno como combustible y materia prima para la obtención de etileno y propileno para fabricar plástico, resinas y la elaboración de metil-terbutil-eter. El excedente es vendido en el mercado internacional.

## 2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

**Contenido líquido de un gas (GPM):** se conoce con el nombre de riqueza de un gas. Se define como el número de galones de líquido que pueden obtenerse de 1000 pies cúbicos normales de gas natural. Se expresa generalmente con las letras GPM. Es un factor muy usado y conocido principalmente en problemas relacionados con plantas de extracción de líquidos del gas natural.

**Gas residual:** llamado gas metano, compuesto básicamente por metano, etano, CO<sub>2</sub>, e inertes. Se obtiene como producto de los procesos de extracción de líquidos del gas natural o de los procesos de control de punto de rocío, y después de ser sometido a tratamiento para remover los compuestos ácidos y deshidratación para remover el agua en exceso.

**Intercambiador complejo de platos (caja fría):** Es un intercambiador diseñado con los mismos principios que el intercambiador de tubo y carcasa, construido con gran superficie de transferencia de calor y materiales de resistencia adecuada a nivel criogénico. Esto hace a este equipo compacto muy útil para el intercambio masivo de calor.

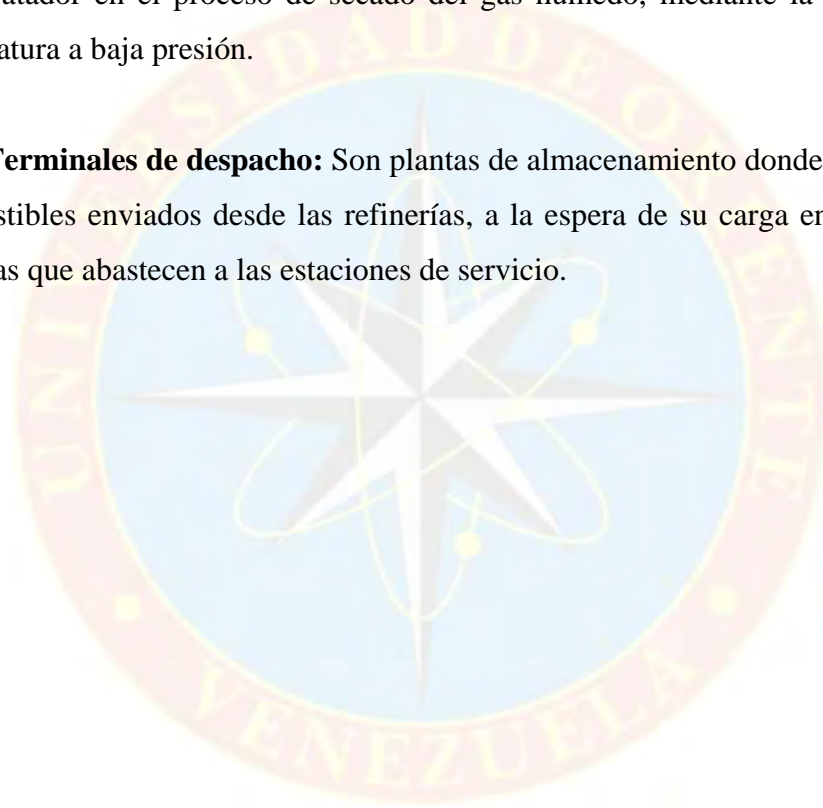
**Intercambiador de calor :** generalmente la carcasa es de tipo k, el cual consiste en extraer el calor generado en un proceso por contacto con un refrigerante (propano) a una temperatura menor a la que el proceso finalmente debe quedar. Así, el proceso cede calor disminuyendo su temperatura.

**Licuación o licuefacción:** Operación que consiste en transformar el gas natural en la zona del yacimiento a su forma líquida con el propósito de transportarlo.

**Poliductos:** Son sistemas de ductos destinados al transporte de hidrocarburos o productos terminados. En ellos se transportan una gran variedad de combustibles ya procesados en la refinería tales como gasolina, kerosene, naftas, combustibles para aviación, aceite y demás derivado.

**Regeneradora de glicol:** Consiste en la recuperación de su condición de agente deshidratador en el proceso de secado del gas húmedo, mediante la acción de alta temperatura a baja presión.

**Terminales de despacho:** Son plantas de almacenamiento donde se acopian los combustibles enviados desde las refinerías, a la espera de su carga en los camiones cisternas que abastecen a las estaciones de servicio.



## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación realizada es de tipo explicativa, ya que la intención que predominó en la elaboración de la misma es la de aplicar una evaluación sobre los procesos que intervienen en la producción y transporte de los líquidos del gas natural. Además de deducir las formas de transporte de GLP. Según Arias (2006) “la investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de las relaciones causa – efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas, como de los efectos, mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos.” (p. 26).

#### **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de esta investigación es documental, ya que se realizó con información obtenida de revisión y análisis de documentos realizados anteriormente en el área de estudio, la cual permitió desarrollar cada uno de los objetivos planteados. Según Arias (2006) “la investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos” (p. 27).

### **3.3 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

La estructura establecida para la evaluación de los procesos que intervienen en la producción y transporte de los líquidos del gas natural, fue abordada de una forma sistemática, dentro de los objetivos establecidos para esta investigación. El procedimiento aplicado para el alcance de los objetivos se describe a continuación:

#### **3.3.1 Estudio de los Métodos de Producción de los Líquidos del Gas Natural, en la Planta de Extracción Jusepín**

Para esta fase se describieron los procedimientos a realizar para la extracción y fraccionamiento de los líquidos del gas natural en la planta, para tener un concepto claro de lo que se quiso analizar.

Este objetivo permitió recopilar toda la información técnica de las instalaciones necesaria para el inicio del proyecto. Para el cumplimiento del mismo, se realizó un estudio de los métodos de producción con los que cuenta la planta; con el fin de recolectar toda la información necesaria para comenzar la evaluación.

#### **3.3.2 Dedución de las Formas de Transporte de GLP (transporte del propano y butano), Gasolina Natural, Nafta, Gasoil**

En esta etapa del estudio se buscó definir las diferentes formas o vías de transporte de los líquidos del gas natural, así como también la disposición final de los productos que se obtienen posteriormente a la extracción y fraccionamiento del mismo.

No obstante estos productos son enviados a diferentes terminales de acuerdo a su composición, los más livianos de la mezcla como el etano, que principalmente se concentran en la fase de gas o vapor, se enviarán a llenaderos y terminales marinos; mientras que los más pesados propanos, butanos, pentanos, naftas, entre otros, que se acumulan en la fase líquida, se enviaron a terminales marinos, Refinería de Puerto La Cruz y Pequiven/Soca.

### **3.3.3 Estudio de los Factores Económicos que Involucra la Producción de los Líquidos del Gas Natural**

En esta fase de la investigación se definió y estudio los factores que involucran la producción de los líquidos del gas natural, con esto se estableció una relación de los costos generados y las metas planificadas en lo que a venta del producto producido implica.

### **3.3.4 Análisis del Impacto Ambiental del Proceso de Transporte de los Líquidos del Gas Natural**

Para esta fase se estableció un análisis respecto a los niveles de impacto ambiental que genera la emisión de estos productos al medio ambiente durante el transporte de los líquidos del gas natural. Cabe destacar que los LGN tiene el menor impacto ambiental de todos los combustibles. No obstante se describieron los factores involucrados en la construcción del poliducto que transporta éstos fluidos; ya que el mismo ocasiona cambios en diversos factores ambientales.

## **3.4 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS A UTILIZAR PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

### **3.4.1 Revisión Bibliográfica**

Se tomaron en cuenta trabajos previos a ésta investigación, relacionados con el tema en estudio; tales como informes técnicos, tesis, proyectos, manuales entre otros.

### **3.4.2 Observación Directa**

Se realizaron visitas a la Planta de Extracción Jusepín, estado Monagas durante las actividades que desarrolla la misma, con el fin de recopilar información de primera mano proveniente del personal obrero, técnico y gerencial perteneciente a dicha planta.

### **3.4.3 Internet**

Se realizaron consultas de acuerdo a la información referida al tema en estudio, como publicaciones en línea, revistas virtuales entre otras.

## **3.5 RECURSOS**

### **3.5.1 Recursos Humanos**

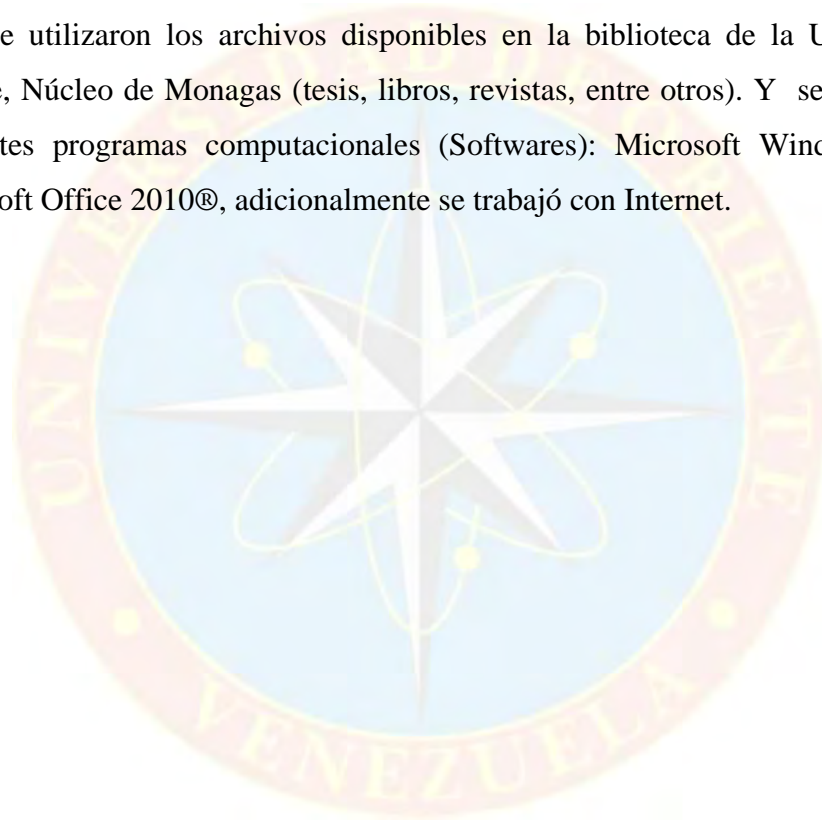
Respecto a los recursos humanos que sirvieron de apoyo para la realización de este trabajo, se contó con la colaboración de ingenieros y profesionales especializados en áreas relacionadas con el tema en estudio. Además se contó con el apoyo y



asesoramiento por parte de docentes de la escuela de Ingeniería de Petróleo de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas.

### **3.5.2 Recursos Materiales y Tecnológicos**

Se utilizaron los archivos disponibles en la biblioteca de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas (tesis, libros, revistas, entre otros). Y se contó con los siguientes programas computacionales (Softwares): Microsoft Windows Seven®, Microsoft Office 2010®, adicionalmente se trabajó con Internet.

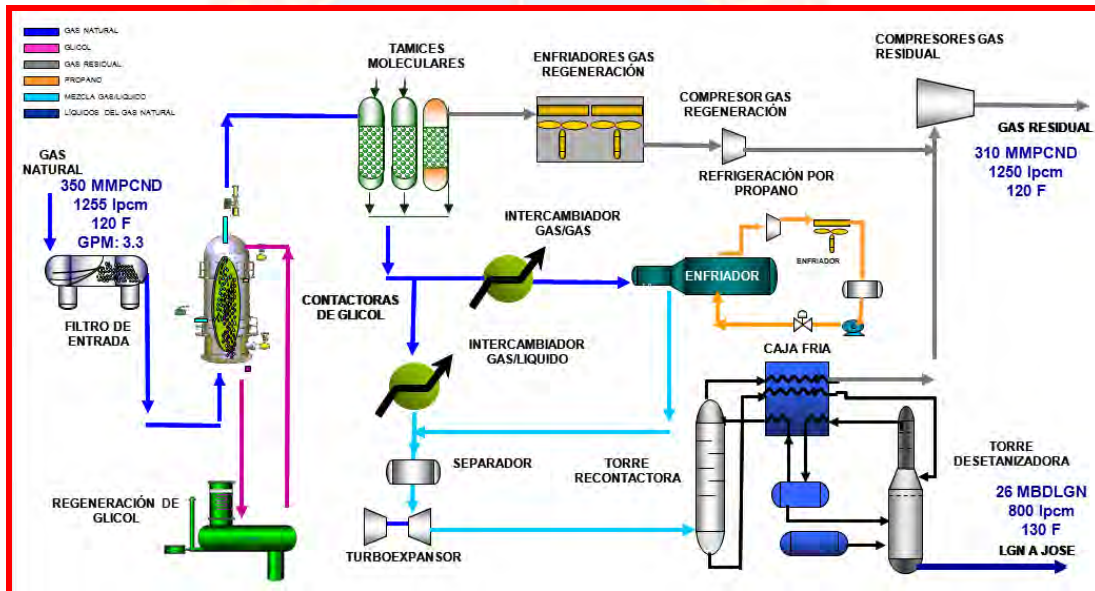


## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados serán discutidos en orden cronológicos a los objetivos específicos planteados.

#### 4.1 ESTUDIO DE LOS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE LOS LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL, EN LA PLANTA DE EXTRACCIÓN JUSEPÍN



**Figura 4.1 Proceso de Producción de los Líquidos del Gas Natural, en la Planta de Extracción Jusepín**

(Fuente: PDVSA 2008)

En la figura 4.1, información suministrada por la empresa se observa el proceso de producción de los LGN, en la Planta de Extracción Jusepín donde el gas de alimentación que llega a la Planta es proveniente del Campo Furrial y está compuesto por los hidrocarburos metano ( $C_1$ ), etano ( $C_2$ ), propano ( $C_3$ ) y butano ( $C_4$ ), pequeñas

cantidades de hidrocarburos más pesados ( $C_5$  y  $C_6$ ,  $C_7$ ,  $C_8^+$ ) y contaminantes como agua, mercurio, dióxido de carbono, compuestos de azufre y sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ). El gas pasa a través del filtro separador de entrada, para retener los residuos sólidos, el líquido condensado u otras impurezas, que deben ser removidos, para luego pasar al sector principal de la planta.

#### **4.1.1 Descripción del Proceso**

##### **4.1.1.1 Depuración del Gas de Entrada**

El gas alimentado, proveniente del Campo Furrial, es enviado a las instalaciones de la Planta de Extracción Jusepín. Ésta alimentación llega a través de un gasoducto de 20 pulgadas de diámetro, a la presión de 1255 lpcm y a la temperatura de (120 F). El gas pasa a través de un múltiple de segregación para luego ir a un filtro separador de entrada, para retener los residuos sólidos, el líquido condensado u otras impurezas, que puedan dañar o taponar los equipos aguas abajo del proceso. Ver apéndice A.1

##### **4.1.1.2 Calentamiento del Gas de Entrada**

El gas recibido se encuentra cercano a su punto de rocío. Debido a esto, las caídas de presión y temperatura sufridas a lo largo del proceso pueden producir condensación. Con el fin de prevenirla, el gas es calentado (5 F) por encima de su punto de rocío, dependiendo de su composición. El intercambiador es el encargado de llevar a cabo esta tarea, utilizando aceite caliente a (475) F para ajustar la temperatura del gas de alimentación a la temperatura requerida. A la salida del intercambiador, el gas es enviado a las unidades de deshidratación con TEG. Ver apéndice A.2

El control del flujo de gas a través del calentador se realiza mediante el controlador. La válvula de control asociada (instalada en la línea principal de gas de entrada) genera una caída de presión suficiente para forzar el desvío del gas hacia el calentador, cuando es requerido. El flujo normal de este equipo oscila entre 0-50 MMPCND.

El flujo de aceite de calentamiento es manipulado por la válvula, que recibe la señal del controlador, que a su vez recibe la señal del controlador de temperatura diferencial. Este es el encargado de controlar la diferencia de temperatura del gas entre la entrada y salida del calentador.

#### **4.1.1.3 Deshidratación**

El proceso de deshidratación del gas está constituido por dos fases: La primera está conformada por dos torres de absorción con TEG. La segunda es constituida por tres tamices moleculares que realizan una deshidratación complementaria a la fase anterior al mismo tiempo que minimiza el contenido de COS formado por la reacción del  $H_2S$  y el  $CO_2$  (información suministrada por la empresa).

##### **4.1.1.3.1 Torres de Absorción de Agua con Tri-Etilen-Glicol (TEG)**

El gas proveniente del intercambiador, se divide en dos corrientes que van al fondo de las torres de absorción con glicol, con el fin de reducir el contenido de agua. Ver apéndice A.3

El gas es alimentado por el fondo de las torres, y pasa a través de un separador integrado. Este separador está equipado con un eliminador de neblina, en donde se separan los líquidos condensados. Las válvulas de control de nivel son las encargadas de remover el líquido depositado en el fondo de las torres, para ser enviado al cabezal de separación de condensado.

Seguidamente, el gas libre de líquido se pone en contacto en contra corriente con el TEG a través de un lecho de empaques y, así reducir el contenido de agua a 1.6 Lb de agua/MMPCN. El TEG pobre entra a las torres de absorción a (120 F) permitiendo que el gas alcance el punto de rocío requerido para condensar el agua presente. Los indicadores de presión diferencial indican la caída de presión a través del lecho empacado (información suministrada por la empresa).

Las corrientes de gas que salen de las torres de absorción se mezclan y son enviadas al separador de salida, donde se remueve el TEG arrastrado por el gas. El gas sale del separador y es enviado a los filtros separadores, para evitar el arrastre de glicol a los tamices moleculares.

El TEG rico del fondo de las torres de absorción, es retirado de la torre a través de las válvulas de control de nivel, se une con las corrientes que provienen del fondo del separador de salida y de los separadores de deshidratación, para ser enviado a las unidades de regeneración de glicol. Ver apéndice A.4

#### **4.1.1.3.2 Deshidratación por Adsorción con Tamices Moleculares**

El sistema de deshidratación está formado por tres torres de adsorción. Dos en operación, y la otra en regeneración o en espera. En esta parte se remueven trazas de

agua remanentes del proceso anterior, así como el mercurio existente en la corriente de gas. Ver apéndice A.4

El gas proveniente de los separadores de deshidratación entra por el tope de dos de las torres y sale por el fondo de las mismas. En este proceso el contenido de agua disminuye de 1.6 Lb de agua/MMPCN a menos de 0.1 ppm. El diseño de los lechos de estas torres está basado en un contenido de agua de 7 Lb de agua/MMPCN de manera que la relación Longitud/Diámetro (L/D) provea una distribución adecuada.

El lecho de las torres de adsorción está formado por dos niveles, ambos seleccionados para minimizar la formación de COS producto de la reacción entre el H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub> contenido en el gas. El primero tiene como objetivo minimizar el contenido de agua. El nivel inferior es utilizado para remover el contenido de mercurio que viene en el gas, además de continuar la deshidratación.

El mercurio de la corriente de gas es reducido de 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 0.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La importancia de la etapa de remoción de mercurio radica en la protección de la metalurgia de los equipos aguas abajo de éste, específicamente del intercambiador criogénico de la sección de enfriamiento.

El gas seco es enviado a los filtros a la salida de los tamices moleculares, para remover las partículas del lecho arrastradas. El gas limpio y seco es enviado a la sección de enfriamiento para la posterior recuperación de líquido.

En la regeneración de los lechos de las torres de adsorción, se emplea gas residual de baja presión, proveniente de la salida del compresor, el cual, es calentado a (475 F), en el horno de gas de regeneración, e introducido por el fondo de las torres. Esta corriente arrastra el mercurio y el agua, que se encuentran retenidos en los lechos

y es enfriada a (120 F) en el intercambiador por aire. Posteriormente el agua que se condensa en el separador de gas de regeneración es enviada al desgasificador, donde el gas separado se envía al sistema de alivio y el agua al separador API. Para evitar la despresurización de líquido del sistema.

El gas frío y depurado que se obtiene del separador se mezcla con el gas utilizado en la regeneración de las torres de tratamiento de LGN, y con el gas frío que proviene del compresor. Éste es posteriormente enviado a los compresores de gas de regeneración.

La descarga de los compresores se mezcla con la corriente que proviene de los enfriadores de gas de regeneración y se envía a los compresores de gas residual.

#### **4.1.1.4 Regeneración del (TEG)**

Se tienen tres unidades de regeneración similares, por lo que es detallada solo una de ellas. Estas unidades de regeneración separan el agua del TEG permitiendo su re-utilización en las torres de absorción con glicol. Ver apéndice A.5

El TEG rico proveniente del fondo de las columnas contactoras de glicol es calentado con los vapores que salen por encima de la sección de fraccionamiento del regenerador de TEG. La corriente de TEG intercambia calor con el TEG pobre y es enviada al separador trifásico, donde se separa el TEG del gas y de los hidrocarburos líquidos arrastrados por el TEG rico en la torre de absorción. Por el tope se retiran los hidrocarburos livianos como metano y etano que son arrastrados; por la parte media se retira la emulsión formada por hidrocarburos pesados y TEG; una tercera corriente, retirada por el fondo del recipiente, es enviada al separador de TEG y al filtro de carbón activado.

El gas del tope del separador trifásico, es utilizado como combustible en el regenerador. Por esta razón es descargado en la línea de alimentación del filtro de gas combustible.

La corriente que viene de los filtros se calienta en el intercambiador de glicol rico y se envía al tope de la torre de fraccionamiento del regenerador de glicol poniéndose en contacto con el vapor generado en el rehervidor. El TEG rico fluye en forma descendente a través de una sección de empaques y a su vez el agua contenida en éste se vaporiza debido a las diferencias de temperatura entre los puntos de ebullición del agua y del TEG.

El rehervidor del regenerador suministra el calor necesario para vaporizar el agua y despojar el TEG. Los vapores producidos calienta el TEG rico provenientes de las columnas contactoras. Al mismo tiempo, este es utilizado como medio de enfriamiento de los gases generados en el rehervidor, recuperando el TEG arrastrado por el vapor. Esto permite la concentración de TEG vaporizado que viene con el vapor de agua y el gas de despojamiento que salen por el tope del rehervidor.

Los gases que salen por el tope del regenerador se envían al separador. El líquido obtenido es glicol que puede ser reutilizado, y es devuelto a las unidades de regeneración. El gas, por el contrario, es enviado al incinerador de BTEX.

El glicol una vez regenerado es enfriado en los intercambiadores glicol rico/glicol pobre, para ser enviado al acumulador. Las bombas succionan el TEG pobre del acumulador para ser enfriado en el intercambiador por aire y regresarlo a las torres contactores. La reposición del TEG se puede realizar en el regenerador de TEG (rehervidor) o en el acumulador.



#### **4.1.1.5 Enfriamiento del Gas Seco**

La corriente de gas seco proveniente de los filtros es dividida en dos corrientes. La corriente de mayor proporción, 227.5 MMPCND, es enfriada con el gas de residuo hasta 44 F en el intercambiador, y con propano hasta (33 F) en el enfriador. Este último utiliza propano a (23 F) como refrigerante para alcanzar el enfriamiento requerido. Ver apéndice A.6

La segunda corriente, 122.5 MMPCND, es enfriada con el líquido proveniente del separador de entrada del expansor, en el intercambiador de la alimentación de la desetanizadora hasta (24 F). Las dos corrientes son mezcladas y enviadas al separador a una temperatura de (30 F). El vapor sale del separador y es enviado al expansor y el líquido al intercambiador, para luego alimentar a la torre deetanizadora.

#### **4.1.1.6 Expansión del Gas Seco**

La corriente de vapor proveniente del separador es despresurizada de 1195 hasta 245 lpcm en el turbo-expansor. A causa de esta expansión, la temperatura decae de los 30 a (-72 F), produciendo aproximadamente una potencia de 8312 BHP. Esta energía es utilizada para comprimir el gas residual ante de la compresión final. La corriente bifásica generada a la salida del expansor es enviada al fondo de la torre recontactora, la cual recupera el propano de la corriente de livianos.

#### 4.1.1.7 Torre Recontactora

La torre recontactora, es una columna de absorción de 16 platos que opera a una presión de 245 lpcm. La corriente es alimentada por el tope de la torre, proveniente del tambor de reflujo de la torre deetanizadora, se encuentra a (-72 F). Ésta es rica en metano y etano y pobre en propano. A medida que la porción de vapor de la corriente alimentada por el fondo sube a través de la torre, se pone en contacto con el líquido frío que entra por el tope, ocasionando que los livianos del líquido del tope volatilicen. Esto tiende a enfriar el líquido que fluye hacia el fondo de la torre, y a su vez los vapores que suben a través de la torre enfrían aún más el líquido. Este efecto de enfriamiento hace que los vapores del tope salgan a más baja temperatura que sus alimentaciones (-87 F). Debido a esto la torre recontactora es capaz de recuperar propano de la corriente del gas del expansor.

El gas que sale por el tope de la torre recontactora es precalentado en el intercambiador criogénico con las corrientes del fondo de la torre recontactora y con la corriente de tope de la desetanizadora, a (-2.6 F), y calentado en el intercambiador a (89 F), para ser comprimido en el turbo-expansor.

El líquido que sale por el fondo de la torre recontactora es impulsado a través de la bomba y enviado hacia el condensador de la desetanizadora. Esta corriente se envía como alimentación de tope a la desetanizadora donde se calienta de (-77 F) hasta

(0 F). Esta corriente se envía como alimentación de tope a la desetanizadora.

#### 4.1.1.8 Compresión de Gas Residual

El gas residual que proviene de la descarga del compresor. Alcanza una presión de 357 lpcm en esta unidad y es posteriormente enfriado a (120 F) en el enfriador de la descarga del compresor. Este gas es utilizado como gas combustible y gas de regeneración, antes de ser enviado a las instalaciones de compresión. El consumo de gas residual para regeneración es de 10.7 MMPCND máximo, para los tamices moleculares y 15.6 MMPCND para los tratadores de Gas Licuado del Petróleo. Esto representa, aproximadamente el 9 % del gas producido.

Las instalaciones de compresión de gas residual consisten de cuatro turbo-compresores con dos etapas de compresión cada uno (identificados como primera y segunda etapa). Los separadores de líquido se encuentran a la succión de los compresores de primera etapa. El líquido drenado es enviado a la estación de separación. El gas a 348 lpcm alimenta la primera etapa de los compresores de gas residual para aumentar su presión a 675 lpcm.

En los enfriadores inter-etapa de los compresores, el gas es enfriado desde (232 F) a (120 F) antes de pasar a la segunda etapa de compresión. Los compresores existentes disponen de un separador inter-etapas cada uno, donde se drena el líquido condensado, el cual, es enviado a los separadores.

El gas al salir de la segunda etapa de compresión, con una presión de 1275 lpcm y una temperatura de (230 F), es enfriado en los intercambiadores por aire a (120 F), para ser posteriormente enviado al cabezal de gas pobre.

#### **4.1.1.9 Desetanizadora**

La torre desetanizadora es una columna de destilación de dos secciones de diferente diámetro. Ésta ópera a 340 lpcm y posee dos alimentaciones. La principal, a la temperatura de (60 F), es introducida a nivel del plato N# 27 y separa las dos secciones de la torre. Proviene del fondo del separador, vaporizada 77 % por el intercambiador. La segunda alimentación se introduce a nivel del plato N# 11. Proviene del fondo de la torre recontactora, calentado hasta (0 F).

La función de la torre desetanizadora es separar el etano del propano, produciendo una corriente de fondo que contiene 97 % o más, del propano presente en el gas de entrada. Para esto, la corriente de tope es enfriada en el intercambiador de tope y enviada al acumulador, donde el líquido condensado que contiene una riqueza líquida de 411 GPM a (-15.3 F) es enviado como reflujo a la desetanizadora por la bomba. La corriente de vapor, por su parte, es dirigida al mismo intercambiador, para ser posteriormente alimentada al tope de la torre recontactora, aproximadamente 110.2 MMPCND.

Parte del fondo de la torre se calienta a (193 F ) en el rehervidor con aceite caliente y se alimenta al fondo de la misma. El líquido de gas natural (LGN) que sale por el fondo a (187 F) es enviado a la torre de líquidos del gas natural (LGN).

#### **4.1.1.10 Torre de Fraccionamiento de GLP**

La torre fraccionadora de GLP, es una columna de destilación de 34 platos, que opera a 210 lpcm. Consta de dos secciones: la de rectificación de 102 pulgadas de

diámetro comprendida entre los platos 1-8 y la de despojamiento, de 120 pulgadas de diámetro, comprendida entre los platos 9-34.

La columna es alimentada con la corriente de fondo de la torre deetanizadora a nivel del plato N# 9. En ella se separa propano ( $C_3$ ), butano ( $C_4$ ) y más pesados.

Los 50.85 MMPCND producidos en el tope de la columna son condensados en el enfriador por aire, para luego ser enviados al tambor acumulador de reflujo. Los 788 GPM de producto líquido, obtenidos a (120 F) y 205 lpcm, son impulsados por las bombas de reflujo para enviar 693 GPM hacia los tratadores de GLP y el resto, de regreso al tope de la torre (información suministrada por la empresa).

El rehervidor de la torre de GLP, utiliza aceite caliente para vaporizar parcialmente el líquido retirado de la etapa 34. El producto de fondo de la torre, 278 GPM obtenidos a (233 F), es enfriado hasta (120 F) por el intercambiador por aire, para luego ser impulsado por la bomba hacia la corriente de LGN tratado en las torres.

#### **4.1.1.11 Tratadores de GLP**

Los LGN contienen aún, el  $H_2S$  presente en la alimentación y el COS formado durante la deshidratación del gas de entrada. A pesar de emplear las torres de adsorción en una etapa temprana del proceso para minimizar la formación de COS, algo de éste se produce debido a la reacción entre el  $H_2S$  y el  $CO_2$ .

Con el fin de lograr una especificación de máximo contenido de azufre igual o menor que 2 ppm en el producto, es necesario remover el contenido de  $H_2S$  y  $CO_2$ .

Para esto se emplean dos torres de adsorción, que operan alternativamente: una en adsorción, mientras la otra esta en regeneración ó espera.

El caudal de los LGN proveniente de las bombas de reflujo, es enviado al fondo de las torres de adsorción, obteniéndose el producto tratado por el tope de las mismas. A la salida de estas se disponen de los filtros, donde se retiene cualquier partícula de lecho que sea arrastrada por el hidrocarburo.

Posteriormente este es impulsado a través de las bombas hacia el poliducto de LGN o hacia la esfera de producto fuera de especificación, en el caso que el producto no cumpla con los requerimientos exigidos. Estos pueden ser enviados a cuatro destinos posibles dependiendo de sus características.

Si el producto posee alto contenido de  $C_2$  es enviado a la unidad de Alimentación de la desetanizadora; si el producto contiene alta concentración de  $H_2S$ , se envía a la unidad de Alimentación de la torre de Gas Licuado del Petróleo (GLP). En caso de que el producto esté ligeramente fuera de especificación en cuanto al contenido de  $C_3$  ó  $C_4^+$  y pueda ser mezclado con la corriente de fondo para su dilución, esto se realiza en el Fondo de la torre de Gas Licuado del Petróleo (GLP) y si el producto almacenado en la esfera está completamente fuera de especificación, éste se envía a la estación separadora.

#### **4.1.1.12 Regeneración de Tratadores de GLP**

La regeneración de los lechos se realiza alimentando gas residual caliente a (475 F) por el tope de las torres. Una vez que la etapa de adsorción de uno de los tratadores ha finalizado, procede la secuencia de regeneración, ordenando al segundo

equipo comenzar a operar. En este momento ambos equipos están en fase de adsorción, y se verifica el estado de las válvulas de bloqueo automatizadas ubicadas en la entrada y salida de ambos equipos, para luego proceder al aislamiento de la unidad a regenerar.

Una vez aislada la unidad, por el cierre simultáneo de las válvulas automatizadas, se procede a su vaciado, donde el líquido drenado es alimentado al tratador en operación para su acondicionamiento.

A continuación, se procede al calentamiento del lecho aumentando continuamente el flujo de gas caliente hasta 15.6 MMPCND a través del controlador. Una vez alcanzado el flujo 14 MMPCND y (450 F), arranca el conteo del temporizador de calentamiento. El gas de calentamiento es enviado al separador de gas de regeneración, enfriado previamente en el intercambiador por aire. El líquido separado es impulsado por las bombas y enviado al fondo de la torre desetanizadora. Por su lado, la corriente de gas se mezcla con el gas de regeneración de las torres deshidratadoras y se dirige a los compresores de gas de regeneración. Este gas es comprimido y mezclado con el gas residual.

Finalizado el período de calentamiento, se cierra lentamente el flujo de gas y se aísla nuevamente el equipo. Luego, este es venteado, enviando el gas de regeneración hacia el sistema de alivio y venteo. Una vez que el equipo alcanza una presión igual o menor a 15 lpcm, se inyecta gas de purga procedente de la descarga de los filtros, para limpiar el lecho de los restos del gas de regeneración.

Éste se envía al sistema de alivio y venteo después de pasar por el tratador. Terminada la purga, se cierra la válvula de venteo al sistema de alivio y venteo y se continua la inyección de gas para presurizar en recipiente. Este gas es enviado al

tambor acumulador de reflujo de la torre GLP previamente condensado por el enfriador por aire por lo que la presión aumenta hasta 200 lpcm.

Para enfriar el lecho de adsorción, se aumenta lentamente el flujo de LGN en 170 GPM (información suministrada por la empresa) a través de la válvula de control. Una vez que la unidad ha sido enfriada y llenada con LGN es aislada.

#### **4.1.1.13 Despacho del Producto hacia el Poliducto**

El Gas Licuado del Petróleo limpio y filtrado que sale de los filtros es impulsado por las bombas hacia el poliducto, con una presión de descarga de 835 lpcm. Estos son enviados a la Planta de Fraccionamiento del Complejo Criogénico José Antonio Anzoátegui, donde se obtienen de manera separada y pura etano, propano, butanos entre otros. Después de la separación estos líquidos son enviados a la Petroquímica, donde se procesan, obteniéndose materia prima para producir plásticos, fertilizantes, materiales sintéticos, Éter.

## **4.2 DEDUCCIÓN DE LAS FORMAS DE TRANSPORTE DE GLP (TRANSPORTE DEL PROPANO Y BUTANO), GASOLINA NATURAL, NAFTA, GASOIL**

Con el fin de establecer la deducción de la forma de transporte del Gas Licuado del Petróleo, su procesamiento y posterior comercialización éstos se pueden realizar desde las plantas de extracción hasta las plantas de fraccionamiento y desde las plantas de fraccionamiento hasta el comprador.



#### 4.2.1 Transporte de los Líquidos del Gas Natural (LGN) desde las Plantas de Extracción hasta las Plantas de Fraccionamiento

En la figura 4.2, información suministrada por la empresa se observa que los líquidos del gas natural (LGN) obtenidos en La Planta de Extracción Jusepín conjunto con Santa Bárbara y ACCRO Santa Bárbara localizadas al norte del estado Monagas son enviados por medio de un poliducto de 16 pulgadas de diámetro con una longitud de 164 kilómetros, hasta la Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose ubicada en el Estado Anzoátegui. (Ver figura 4.2)



**Figura 4.2 Distribución geográfica de las Plantas de Extracción de los LGN del norte de Monagas**

(Fuente: PDVSA 2008)

El poliducto está fabricado con material de acero al carbono y tiene un espesor de tubería de 0.312 pulgadas en estaciones de ruta normal y de 0.375 pulgadas a nivel de cruces de ríos. El sistema está compuesto por 13 estaciones de válvulas y 1 válvula de bloque de 10 pulgadas de diámetro, proveniente de la línea de descarga de LGN de Extracción Jusepín. Ver apéndice B.

Los Líquidos del Gas Natural (LGN) que llegan a la Planta de Fraccionamiento y Despacho José, se distribuyen simultáneamente en ocho recipientes horizontales

denominados tambores acumuladores o balas de almacenamiento. Los LGN se bombean desde las balas pasando por un sistema de precalentamiento compuesto por intercambiadores de calor en paralelo.

Después de pasar por el proceso de precalentamiento, los LGN se dirige inicialmente a la torre despropanizadora, la cual está diseñada para separar por el tope el propano producto ( $C_3$ ), que es enviado a almacenaje, el resto de la mezcla de LGN (butanos y más pesados,  $C_{4+}$ ) que sale por el fondo de la despropanizadora sirve de alimentación a la torre desbutanizadora, la cual separa los butanos (isobutano  $i-C_4$  y normal butano  $n-C_4$ ) por el tope, el pentano ( $C_5$ ) por un corte lateral y la gasolina ( $C_6^+$ ) y más pesados por el fondo.



















Los butanos del tope sirven de alimentación a la torre separadora de butanos, donde se obtiene por el tope el isobutano ( $i-C_4$ ) y por el fondo el butano normal ( $n-C_4$ ), para luego ser almacenado en sus respectivos tanques. El pentano que se fracciona por el corte lateral de la torre desbutanizadora, es enviado a sus respectivas esferas de almacenamiento.

La gasolina y más pesados ( $C_6^+$ ) del fondo sirven de alimentación a la torre fraccionadora de gasolina, la cual separa la gasolina natural por el tope y la nafta residual por el fondo, luego de la separación es almacenada en sus respectivos tanques. Ver apéndice C.

#### **4.2.2 Transporte desde las Plantas de Fraccionamiento hasta el Comprador**

Todos los productos luego de fraccionados y almacenados son despachados a través de poliductos, camiones y terminal marino a clientes nacionales e internacionales. Ver tabla N°1.

**Tabla N°1 Esquema de almacenaje y despacho de productos de la Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose**

PRODUCTO	ALMACENAMIENTO	TRANSPORTE
Propano (C <sub>3</sub> )	 	<p>LLENADERO DE CAMIONES </p> <p>TERMINAL MARINO </p>
I – Butano (I-C <sub>4</sub> )	 	<p>PEQUIVEN </p> <p>TERMINAL MARINO </p> <p>REFINERÍA DE PUERTO LA CRUZ</p>
N – Butano (N-C <sub>4</sub> )	 	<p>PEQUIVEN </p> <p>TERMINAL MARINO </p>
Pentano (C <sub>5</sub> )		<p>TERMINAL MARINO </p> <p>REFINERÍA DE PUERTO LA CRUZ</p>
Gasolina (C <sub>6</sub> )		<p>TERMINAL MARINO </p> <p>REFINERÍA DE PUERTO LA CRUZ</p>
Nafta Residual (C <sub>7</sub> <sup>+</sup> )		<p>TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y EMBARQUE JOSE </p>

Fuente: Propia

En la tabla N°1 se presenta un esquema de los productos obtenidos mediante el proceso de extracción y fraccionamiento como lo son el propano (C<sub>3</sub>), iso-butano (I-C<sub>4</sub>), n-butano (N-C<sub>4</sub>) los cuales son almacenados en tanques refrigerados y esferas presurizadas y transportados a llenaderos de camiones, terminal marino, Pequiven, Refinería de Puerto La Cruz; dependiendo del producto.

El pentano (C<sub>5</sub>) es almacenado en esferas presurizadas y luego transportado a terminal marino y refinería de Puerto La Cruz.

La gasolina (C<sub>6</sub>) es almacenado en tanques techo flotante y transportado al terminal marino y refinería de Puerto La Cruz.

La nafta residual (C<sub>7</sub><sup>+</sup>) es almacenada en tanques techo cónico y transportado al Terminal de Almacenamiento y Embarque Jose.

**Área Llenadero de Camiones:** El llenadero de camiones para el despacho de propano, opera en forma automatizada con cuatro islas de despacho, con capacidad para surtir simultáneamente cuatro camiones a una tasa de 10 mil galones por hora de producto, destinado al mercado interno para uso comercial y doméstico. Desde esta planta se abastecen las empresas distribuidoras de gas de la zona oriental y central del país. Ver apéndice D.

**Área Terminal Marino:** El terminal marino de Jose está situado al oeste de la bahía de Pozuelos y sus características son las siguientes:

Peso muerto.....	47.000 TL
Capacidad máxima.....	75.000 m <sup>3</sup>
Capacidad mínima.....	11.000 m <sup>3</sup>

Eslora máxima.....	800 pies
Peso del buque vacío.....	22.000 TL

La carga en el terminal marino de Jose involucra la utilización de una serie de equipos a fin de que los productos obtenidos en la planta de fraccionamiento puedan ser embarcados a los tanqueros para su transportación marítima. Para tal efecto, se han dispuesto en el muelle de tres (3) brazas de carga y dos (2) brazos para el retorno de vapores.

Por el terminal marino se pueden cargar dos tipos diferentes de productos: gases licuados del petróleo (GLP) a bajas temperaturas (propano, normal butano y iso-butano) y productos a temperatura ambiente (pentano y/o gasolina natural).

Se utilizan dos líneas instaladas térmicamente para la carga y recirculación de los productos refrigerados, una para el propano y la otra los butanos. Existe una sola línea para la carga de productos a temperatura ambiente, así como la línea adicional para retorno de vapores de Gas Licuado del Petróleo hacia la planta.

El terminal marino de Jose permite cinco (5) formas de operación, que se describen a continuación:

### **1. Recirculación**

Durante los periodos en los cuales los productos refrigerados no están siendo embarcados, es necesario mantener las tuberías totalmente frías con la finalidad de evitar vaporización de los mismos cuando se dé inicio al proceso de carga, esto se logra circulando 2000 gpm de cada producto refrigerado en circuito cerrado entre el muelle y el área de almacenaje por medio de dos (2) tuberías, una de carga una anexa

de retorno con un diámetro de ocho pulgadas para el propano y de seis pulgadas para cualquier de los butanos. Debido a que la gasolina y el pentano son manejados a temperatura ambiente no necesitan recirculación.

## **2. Carga de propano**

El sistema de carga de propano está diseñado para suministrar el producto a un caudal de 12.000 gpm. El propano líquido es bombeado a través de una línea de veinte pulgadas de diámetro mediante dos bombas que operan en paralelo a un caudal de 6.000 gpm cada una, existiendo una de igual capacidad de respaldo.

El acceso del producto al buque se hará por medio de cualquier de los dos brazos de carga que pueden ser usados para cargar propano y/o butanos.

Cuando los buques requieran la extracción de vapores de sus tanques motivados a problemas de alta presión a bordo se usarán cualquiera de los brazos de retorno de vapores de propano/butanos que esté conectado. Los vapores son comprimidos por los compresores (dos en total) y enviados a la planta para su reproceso o quema, si no puede ser condensado en el muelle.

## **3. Carga de butanos**

El butano normal o el iso-butano se cargan a través de una tubería de dieciséis pulgadas a un flujo máximo de 6000 gpm.

En el caso de los vapores de butanos éstos pueden ser comprimidos por cualquiera de los compresores y enfriados con aire en los condensadores de butanos, los cuales se encuentran en la plataforma de carga, para luego retornarlos a la línea de carga en el mismo muelle.

#### 4. Carga simultánea de propano y butano

La operación para la carga de cualquier de los butanos con el propano es similar a la carga de un producto, excepto solamente que cada producto es cargado a un caudal máximo de 6000 gpm usando brazos y líneas separadas para cada producto.

Los vapores de propano serán comprimidos por uno de los compresores y enviados al área de almacenaje, mientras que los vapores de los butanos pasan por el otro compresor y son enviados al condensador de butanos para retornarlos al brazo de carga hacia el buque.

#### 5. Carga de gasolina y/o pentano

Se despachan a través de un mismo brazo a un flujo máximo de 4500 gpm. Si es necesario efectuar un cambio de producto, la tubería de carga debe ser desplazada en toda su longitud utilizando el próximo producto a cargar y regresando el contenido inicial de la misma hacia el área de almacenaje, por medio de una tubería de desechos líquidos para la cual se ha provisto su interconexión con la tubería de suministro. Ver apéndice E.

**Tabla N° 2 Condiciones de presión y temperatura a nivel de los brazos de carga**

PRODUCTO	TEMPERATURA (°F)	PRESIÓN (lpcm)	VELOCIDAD (pies/s)
Propano	-44	20	29.3
N-butano	32	20	29.3
I-butano	13	20	29.3
Pentano/Gasolina	90	20	32.0

### **4.3 ESTUDIO DE LOS FACTORES ECONÓMICOS QUE INVOLUCRA LA PRODUCCIÓN DE LOS LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL**

Con respecto al estudio de los factores y de los beneficios que aporta todo lo que implica la producción de los líquidos del gas natural, estableciendo una relación de los costos generados y las metas planificadas en lo que a venta del producto producido implica.

Cabe destacar que para el año 2009 por concepto de ventas de líquidos de gas natural LGN propano, butano y gasolina natural en los mercados nacionales e internacionales; alcanzó la cifra de mil 483 millones de dólares, lo que representa un aumento de 32% del plan real para el ejercicio fiscal.

Este logro se sustenta en el manejo de 58,1 millones de barriles (MMB) de LGN, de los cuales 18,2 MMB de LGN corresponden a las ventas de exportación y 39,9 MMB de LGN a las del mercado nacional, satisfaciendo así la demanda del consumo interno de Exploración y Producción.

Todo esto ha generado un ambiente de satisfacción para el país, no sólo por el logro de haber alcanzado referida cantidad de recursos, sino porque una vez más se demuestra la calidad, preparación y excelencia de todo el personal que labora en la filial gasífera. Resaltando de una u otra manera los excelentes indicadores obtenidos en las plantas de extracción y procesamiento de Líquidos del Gas Natural en el oriente venezolano, lo cual se garantiza la continuidad operacional de la Industria.

Así mismo, PDVSA Gas asegura el suministro de todos los productos derivados del gas natural para los años futuros, gracias a la ejecución, durante el año 2009, de todas las paradas de planta programadas tales como Planta de Extracción Santa Bárbara, Planta de Extracción Jusepín, Planta de Extracción San Joaquín, Trenes,



Terminal Marino y Patio de Almacenaje de la Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose, con una inversión de 33 millones de bolívares fuertes.

Los resultados obtenidos durante 2009 apuntan las principales metas energéticas venezolana, garantizando el suministro de materia prima a la industria petroquímica, así como la entrega y la exportación de LGN hacia mercados estratégicos de la región, ubicando a PDVSA Gas en la vanguardia de los países procesadores del gas natural.

#### **4.4 ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE LOS LÍQUIDOS DEL GAS NATURAL**

Para la realización del análisis del impacto ambiental generado por el transporte de los líquidos del gas natural; se describieron los factores involucrados en la construcción del poliducto que transporta éstos fluidos; ya que el mismo ocasiona cambios en diversos factores ambientales.

La evaluación ambiental de un poliducto debe incluir un análisis de las alternativas razonables que puedan cumplir el objetivo final del proyecto. El análisis de las alternativas puede producir diseños que sean más solventes, desde el punto de vista ambiental, social y económico, del proyecto tal como se propuso, originalmente. Se deben considerar las siguientes alternativas:

- Medios alternativos para transportar los LGN, estos pueden ser (tanqueros, embarcaciones, cisternas, trenes, entre otros).
- Rutas y sitios alternativos para las sub-estaciones. Son recomendables las áreas poco desarrolladas, ya que los poliductos interfieren con el uso del suelo y

evitan desplazar la población, debido a la instalación de la tubería y las subestaciones.

- Métodos alternativos para construir los poliductos, incluyendo los costos y la confiabilidad. Se deben construir las líneas en sitios que no posean fallas geológicas, zonas inundables, topografías difíciles, entre otras. Con el propósito de minimizar los costos involucrados en la construcción de los mismos.
- Diseños y materiales alternativos para el poliducto, para estos se recomiendan tubería enterradas en vez de elevadas.

Se analizaron estas alternativas en relación con los factores ambientales. Como los poliductos son lineales, una de las alternativas más importantes es la selección de la ruta. Se pueden evitar o reducir muchos de los impactos ambientales causados por los poliductos, al escoger la ruta cuidadosamente.

#### **4.4.1 Impacto Ambiental Potencial de Poliductos**

Los proyectos de poliductos incluyen la construcción y operación en tierra. Estos pueden ser de 6-20 pulgadas de diámetro aproximadamente. Su extensión varía desde algunos pocos hasta cientos de kilómetros. Las tuberías en tierra, pueden ser tuberías superficiales o enterradas. Estas generan un impacto al ambiente, debido a la cantidad de arena removida y todo el proceso de instalación del poliducto.

Los siguientes son los elementos principales que se asocian con los poliductos:

- La tubería misma. Se pueden asociar problemas de corrosión, alineación y soldaduras, transporte desde el almacenamiento principal hasta los frentes de trabajo, el tendido y limpieza interna, entre otras.

- Los caminos de acceso o mantenimiento. Las líneas contará con un plan de contingencia para el control de fugas y mantenimiento a través de todo su recorrido. Dicho plan debe interactuar con los planes preparados para caminos de acceso e infraestructura de los poliductos.
- Las estaciones de recepción, de despacho, y de control, y las estaciones de compresores o bombeo. Debido a la fricción interna y los cambios de elevación a lo largo de la línea, se requieren estaciones de refuerzo a intervalos regulares (aproximadamente cada 70 km en los poliductos que son muy largos. Se instalan las estaciones de compresión a intervalos apropiados a lo largo de las líneas de transmisión de gas para mantener la presión.

#### **4.4.2 Impactos Ambientales Potenciales**

La instalación de poliductos en las áreas altas incluye las siguientes actividades:

- Levantamiento topográfico. Trae consigo la definición de linderos y la ubicación del terreno. La mayor parte de los levantamientos, tienen por objeto el cálculo de superficie y la representación de las medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos, por lo cual estos trabajos generan un impacto potencial.
- Desbroce del derecho de vía. Esta incluye el retiro de árboles, arbustos, rocas, cercas y elementos extraños de las franja a intervenir, entre otras.
- Excavación de zanjas. Esta incluye retiro de la capa orgánica, cortes y excavación del terreno.
- Instalación de la protección catódica para controlar la corrosión, o colocación en la zanja, en el caso de los poliductos enterrados. Es necesario realizarle una

protección a la tubería contra la corrosión por medio de un sistema de corriente impresa y ánodos de sacrificio.

- Relleno y limpieza. Para esto se siguen las especificaciones consignadas en los planos de diseño y generalmente se emplean los mismos materiales utilizados en la excavación de las zanjas para realizar el relleno. Con respecto a la limpieza consiste en restablecer las cercas, rehabilitar los pasos del ganado, restituir líneas eléctricas en caso de haber daños, recuperar los caminos verdales, entre otros

Para asegurar la operación adecuada de los poliductos es necesario efectuar el mantenimiento y revisión de los equipos. Se realiza una inspección terrestre de la ruta de la tubería para detectar fugas. La vida del poliducto depende de la tasa de corrosión y el desgaste interior de la tubería. Es necesario emplear protección contra la corrosión en la mayoría de los suelos, especialmente, en las áreas húmedas o saladas. Las fugas o roturas de los poliductos pueden causar impactos importantes más allá de los alrededores inmediatos de la tubería.

#### **4.4.2.1 Impactos Positivos**

En algunos casos, se puede considerar que los poliductos contribuyen a la calidad del medio ambiente porque facilitan la disponibilidad de combustibles más limpios para producir energía o para uso industrial.

#### **4.4.2.2 Impactos Negativos**

Los poliductos, en tierra alta causan diferentes impactos ambientales, según su tipo, como explican los siguientes párrafos. La magnitud de los impactos dependerá

del tipo y tamaño de la tubería; su significado dependerá del grado en que se afecten los recursos naturales.

#### **4.4.2.3 Impactos Directos**

La instalación de los poliductos puede causar erosión en el área de la tubería. En las áreas montañosas, esto puede provocar la inestabilidad de los suelos y causar derrumbes. El escurrimiento y sedimentación pueden bajar la calidad del agua de los ríos y arroyos durante la construcción.

La instalación de los poliductos y caminos de mantenimiento puede alterar los modelos de drenaje, bloquear el agua, levantar el nivel freático en el lado ascendente del poliducto, y esto puede causar la muerte o reducción de la vegetación, como los árboles. Si el poliducto pasa por un bosque grande, el impacto puede ser importante.

La creación del derecho de vía puede provocar una invasión de plantas exóticas que competirán con la vegetación nativa. Si no se controlan, puede haber un impacto significativo a largo plazo. Asimismo, la instalación de la tubería puede fragmentar el hábitat de las áreas naturales (tierras silvestres), y provocar la pérdida de especies y reducir la biodiversidad.

En las áreas desarrolladas, los poliductos pueden interferir con el uso del suelo y desplazar la población, debido a la instalación de la tubería y las subestaciones. Algunos tipos de actividades agrícolas pueden ser afectadas, solamente a corto plazo, durante el periodo de construcción.

Los poliductos que se colocan sobre la tierra pueden crear barreras para los seres humanos y la fauna migratoria. Esto puede ser importante, dependiendo de la extensión y ubicación de la tubería.

La construcción de poliductos puede causar la interrupción temporal del tráfico. Esto puede ser significativo en las áreas desarrolladas, si el poliducto cruza las rutas principales de transporte.

Las roturas y fugas, así como los desechos generados en las estaciones de bombeo y transferencia, pueden causar, potencialmente, la contaminación de los suelos, aguas superficiales y el agua freática. La importancia de esta contaminación depende del tipo y magnitud de la fuga, y el tipo y volumen de los desechos que se generen, y el grado en el que se afecte el recurso natural.

Las fugas o roturas de los poliductos pueden causar explosiones e incendios. En las áreas desarrolladas, estos accidentes representan un riesgo importante para la salud humana.

#### **4.4.2.4 Impactos Indirectos**

Los poliductos de tierra alta pueden inducir desarrollo secundario (ocupación ilegal) dentro del derecho de vía del poliducto. Este desarrollo no planificado puede sobrecargar la infraestructura existente del área afectada.

Los poliductos de tierra alta pueden permitir acceso a las áreas que, de otra manera, serían inaccesibles (tierras silvestres). Esto puede provocar la degradación y explotación de estas áreas.

#### 4.4.3 Seguridad del Poliducto

El transporte de los líquidos del gas natural por poliducto incluye algún grado de riesgo para el público en caso de un accidente. El riesgo más grave es el de un incendio o explosión después de una ruptura importante en el poliducto.

Las fuerzas externas son la causa principal de los accidentes de los poliductos, y han sido implicadas en más de la mitad de los incidentes. Otras causas incluyen la corrosión y los defectos de los materiales y la construcción. Los accidentes pueden ser causados por:

- La operación negligente de equipos mecánicos (rosadoras y retroexcavadoras)
- El movimiento de la tierra debido a un hundimiento, corrimiento, derrumbe o terremoto.
- Los efectos del clima (viento, tempestades, fuerzas térmicas)
- Los daños premeditados.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Los líquidos del gas natural limpios y filtrados que salen de la Planta de Extracción Jusepín son enviados a la Planta de Fraccionamiento del Complejo Criogénico José Antonio Anzoátegui.
- En La Planta de Fraccionamiento del Complejo Criogénico José Antonio Anzoátegui se obtienen de manera separada y pura etano, propano, butanos entre otros.
- El transporte de los líquidos del gas natural en La Planta de Extracción Jusepín para su procesamiento y posterior comercialización se realiza. Desde las plantas de extracción hasta las plantas de fraccionamiento y desde las plantas de fraccionamiento hasta el comprador.
- Los productos luego de ser fraccionados y almacenados son despachados a través de poliductos, camiones y terminal marino a clientes nacionales e internacionales.
- Los resultados obtenidos sobre la producción de los LGN indican que para el año 2009 por concepto de ventas de líquidos de gas natural (LGN), se alcanzó la cifra de mil 483 millones de dólares, lo que representó un aumento de 32% con respecto a años anteriores.
- Se manejó valores de 58,1 millones de barriles (MMB) de LGN, de los cuales 18,2 MMB de LGN corresponden a las ventas de exportación y 39,9 MMB de LGN a las del mercado nacional.



- Los poliductos contribuyen a la calidad del medio ambiente, facilitando la disponibilidad de combustibles más limpios para producir energía y uso industrial.
- Es necesario efectuar el mantenimiento y revisión de las fugas o roturas de los mismos; ya que pueden causar impactos importantes más allá de los alrededores inmediatos de la tubería.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Promover la difusión de información relacionada con los procesos utilizados en la producción de los líquidos del gas natural.
- Fortalecer el incentivo para la realización de otras investigaciones sobre este tema.
- Desarrollar estudios sobre el impacto ambiental y económico que causa la implementación de estos procesos en las regiones donde se desarrollan.
- Sostener e incrementar la inversión en la producción de los líquidos del gas natural debido a que proveen una fuente sustancial de combustibles alternativos.
- Promover proyectos para la construcción de nuevas infraestructuras o plantas de extracción de líquidos del gas natural en el estado Monagas para disminuir el venteo de gas.
- En los poliductos que son muy largos, se requieren estaciones de refuerzo a intervalos regulares (aproximadamente cada 70 km); esto debido a la fricción interna y los cambios de elevación a lo largo de la línea.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIAS, F. (2006). **“El Proyecto De Investigación, Introducción A La Metodología Científica”** (5ta edición). Editorial Episteme, Caracas, Venezuela, pp. 21-131.
- FIGUEROA., W. (2008). **“Tecnologías Aplicadas en la Producción de los líquidos del Gas Natural”**. Trabajo de investigación. Universidad de Oriente. Núcleo de Monagas, Venezuela.
- GARCIA., L. (2005). **“Estudio de la Máxima Capacidad de Flujo en el Poliducto Jusepín – Santa Bárbara / Santa Bárbara – Fraccionamiento Jose para una Corriente de LGN dada”**. Trabajo de investigación. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui, Venezuela.
- MARTÍNEZ., M. (1995). **“Ingeniería de Gas, Principios y Aplicaciones. Deshidratación del Gas Natural”**. Consultores S.R.L. Maracaibo – Venezuela.
- MARTINEZ., M. (2003). **“Diccionario del Gas Natural”**. Primera Edición. Maracaibo, Venezuela.
- PDVSA. (2003). **“Manual de Proceso de Fraccionamiento de los Líquidos del Gas Natural”**
- PDVSA. (2008). **“Proceso de Producción de los Líquidos del Gas Natural”**
- PINO, F. **“Líquidos del Gas Natural”**. Escuela de Ingeniería de Petróleo, UDO Monagas, Venezuela.
- RAMOS., A. (2009). **“Optimización de la Descarga de Líquidos Condesados en Planta Compresora Jusepín 9, Extracción Jusepín, Jusepín Profundo; Hacia los Módulos de Producción del Complejo Operativo Jusepín”**. Trabajo de investigación. Universidad de Oriente. Núcleo de Monagas, Venezuela.

- RODRÍGUEZ., P. (2002). **“Transporte y Almacenaje de Gases”**. Programa de Especialización en Ingeniería de Gas. III Cohort. UDO. Barcelona – Venezuela.
- SAIZARBITORIA, Z. (2002). **“Selección y Optimización de los Procesos de Extracción de Líquido del Gas Natural, en las Futuras Instalaciones de Jusepin y/o el Tejero”**. Tesis de Grado. Universidad Simón Bolívar. Sartenejas – Venezuela.





# APÉNDICES

## A

**"Proceso de producción de los líquidos del gas natural, en la Planta de Extracción Jusepín"**



**A.1 "Depuración del gas de entrada"**

<b>Componente</b>	<b>Gas Pobre</b>	<b>Diseño</b>	<b>Gas Rico</b>
	<b>Mol.%</b>	<b>Mol.%</b>	<b>Mol.%</b>
<b>N<sub>2</sub></b>	<b>0.11</b>	<b>0.25</b>	<b>0.09</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>4.98</b>	<b>4.83</b>	<b>4.76</b>
<b>C<sub>1</sub></b>	<b>72.11</b>	<b>68.77</b>	<b>68.08</b>
<b>C<sub>2</sub></b>	<b>10.80</b>	<b>12.57</b>	<b>11.72</b>
<b>C<sub>3</sub></b>	<b>7.09</b>	<b>8.55</b>	<b>8.75</b>
<b>IC<sub>4</sub></b>	<b>1.21</b>	<b>1.44</b>	<b>1.59</b>
<b>NC<sub>4</sub></b>	<b>2.22</b>	<b>2.41</b>	<b>3.01</b>
<b>IC<sub>5</sub></b>	<b>0.51</b>	<b>0.42</b>	<b>0.69</b>
<b>NC<sub>5</sub></b>	<b>0.60</b>	<b>0.51</b>	<b>0.81</b>
<b>NC<sub>6</sub></b>	<b>0.31</b>	<b>0.18</b>	<b>0.37</b>
<b>NC<sub>7+</sub></b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>	<b>0.04</b>
<b>H<sub>2</sub>S</b>	<b>20 a 200ppmv</b>	<b>20 a 200ppmv</b>	<b>20 a 200ppmv</b>
<b>COS</b>	<b>nil</b>	<b>nil</b>	<b>nil</b>
<b>RSH</b>	<b>nil</b>	<b>nil</b>	<b>nil</b>
<b>Peso Molecular</b>	<b>23.3</b>	<b>23.9</b>	<b>24.6</b>

## **A.2 “Composición del gas de entrada Planta Extracción Jusepín”**



**A.3 “Torres de Absorción de Agua con Tri-Etilen-Glicol (TEG)”**



**A.4 “Deshidratación por adsorción con Tamices Moleculares”**





**A.5 “Regeneración del TEG ”**



**A.6 “Enfriamiento del gas seco”**



## **APÉNDICE B**

**"Diagrama de ubicación geográfica del poliducto de 16" Jusepín –  
Jose"**



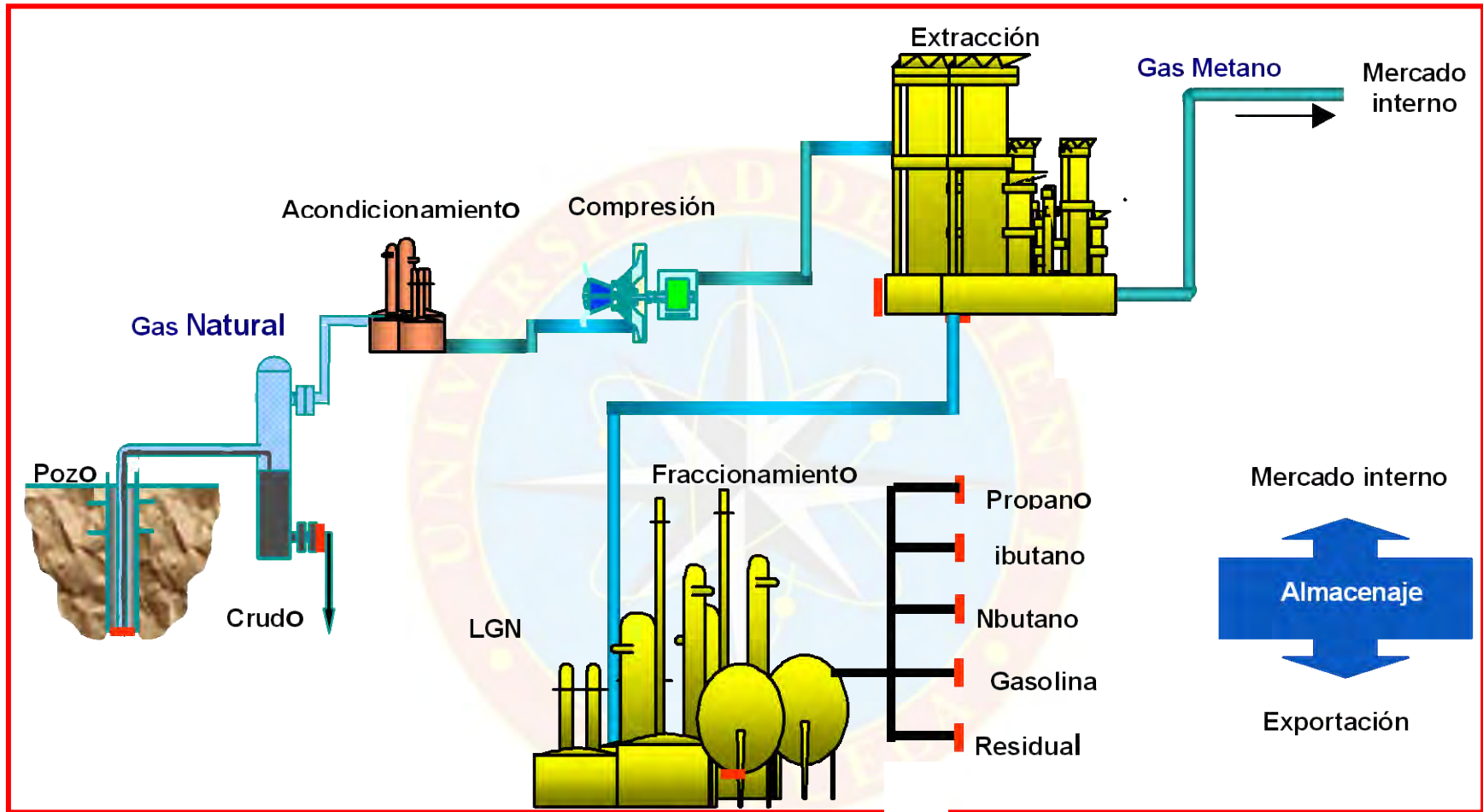
PROGRESIVA (KM)	NOMBRE	TIPO DE CONTROL
4.9	Queregua	Remoto
20.3	Punta Gorda	Manual
32.3	Naterena	Manual
44.3	Urica	Manual
56.3	Las Lomitas	Manual
70.4	La Ceiba	Remoto
82.4	Piripire	Manual
94.4	Orijuan	Manual
105.7	El Rincón	Remoto
111.5	Prespuntal	Remoto
129.4	Aragua 1	Remoto
140.7	Aragua 2	Remoto
152.4	Potocos	Remoto

**"Diagrama de ubicación geográfica del poliducto de 16" Jusepín – Jose"**



## **APÉNDICE C**

**"Procesos realizados en el Complejo Criogénica de Oriente"**



**"Procesos realizados en el Complejo Criogénica de Oriente"**



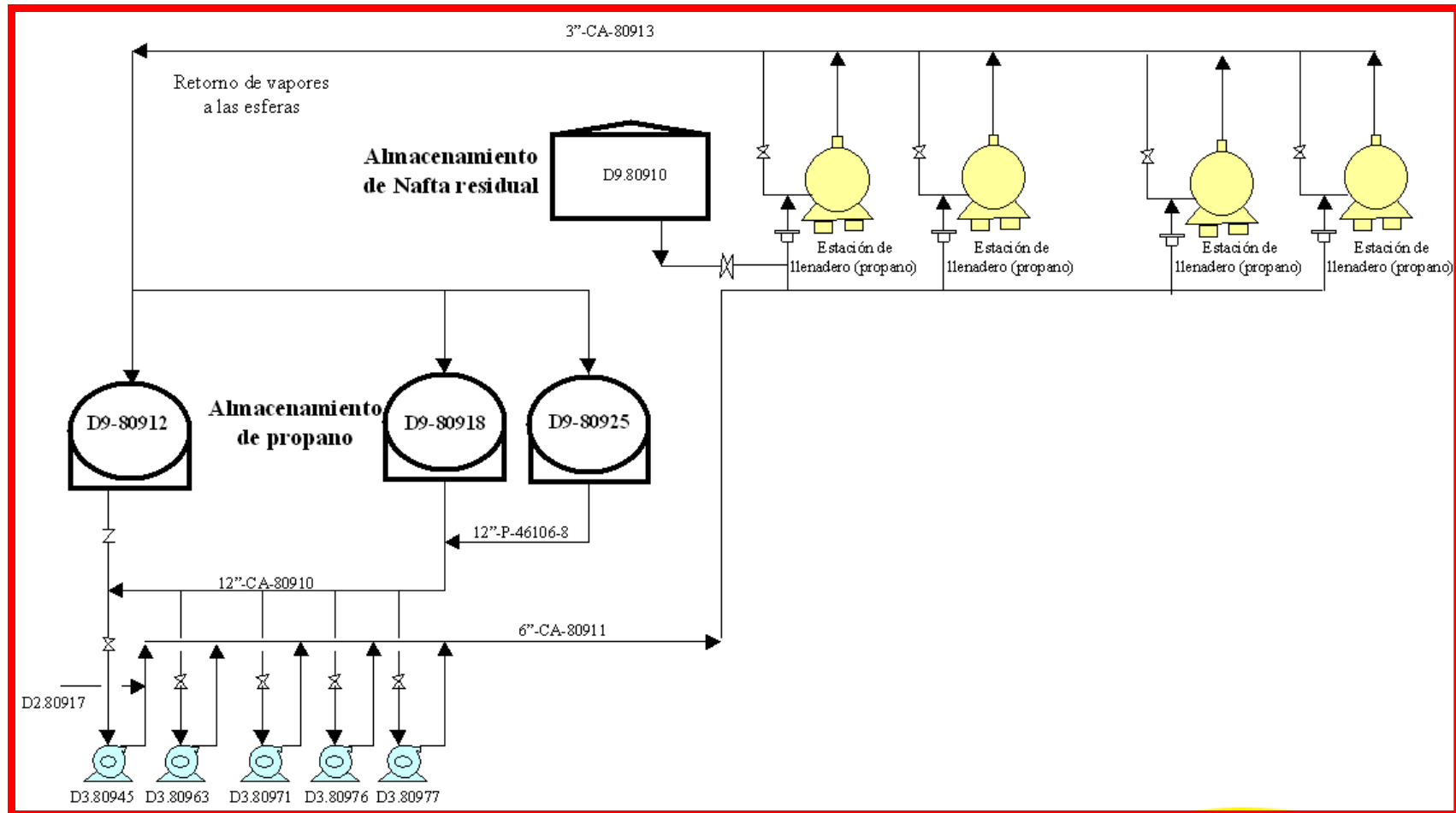
## **APÉNDICE D**

**"Llenadero de camiones de la Planta Criogénica Jose Antonio  
Anzoátegui"**



**D.1 "Área de llenadero de camiones de la Planta Criogénica Jose Antonio Anzoátegui"**





**D.2 "Esquema del llenadero de camiones de la Planta Criogénica Jose Antonio Anzoátegui"**



## **APÉNDICE E**

**"Área terminal marina de la Planta Criogénica Jose Antonio  
Anzoátegui"**



**"Área terminal marina de la Planta Criogénica Jose Antonio Anzoátegui"**