

OPERACIONES DE PRODUCCION Y PROCESAMIENTO DE GAS CAMPO AGUAYTIA

Autor :

Luis Alberto Garcia Cornejo

Empresa :

The Maple Gas Corporation Del Peru

Abril - 1999

1. RESUMEN

En el presente trabajo se exponen las principales características del sistema de producción e inyección de gas, el proceso criogénico para la recuperación de LGN (líquidos del gas natural) y la posterior producción de hidrocarburos comerciales como el GLP (gas licuado de petróleo) y las gasolinas naturales a partir de la experiencia que ha significado la puesta en producción del ambicioso proyecto de explotación del gas de Aguaytia.

Asimismo, se dan a conocer el funcionamiento de todo el sistema de ductos para el transporte de gas y LGN desde el campo de gas hasta los consumidores finales.

Esta planta de procesamiento de gas representa la primera de su naturaleza en nuestro país en los últimos cincuenta años. La tecnología utilizada en toda la instrumentación así como los sistemas de control son de última generación y utilizan componentes electrónicos complejos, lo que la convierte en la planta de gas más moderna del país.

Por otro lado, este tipo de control computarizado y de fácil manejo en la operación de las plantas ha introducido en nuestro país un nuevo concepto sobre la menor cantidad de mano de obra necesaria para una adecuada operación.

La planta de gas fue diseñada por ABB-Randall con una capacidad de 55.7 mmpcd, estimándose una producción aproximada de 4,100 bpd de LGN.

En condiciones reales, con 55.7 mmpcd de producción total de pozos se obtuvo un rendimiento de 3,650 bpd de LGN debido a que el contenido de líquidos del gas producido es menor a lo esperado.

Ante tal situación, se efectuaron pruebas para incrementar la capacidad de procesamiento de la planta modificándose condiciones de operación. Finalmente se logró alcanzar un volumen promedio de 60 mmpcd de gas de pozos con un rendimiento de 3,900 bpd de LGN y una recuperación promedio aproximada de 90% de propano.

2. INTRODUCCION

En marzo de 1994 The Maple Gas Corporation firmó el primer contrato de Licencia con PERUPETRO S.A. para explotar el Yacimiento de Aguaytía en el Lote 31-C. A partir de ese entonces se sucedieron una serie de contratos y autorizaciones con el fin de poner en marcha el mencionado Proyecto.

Posteriormente se formó **AGUAYTIA ENERGY**, empresa propietaria del Proyecto, conformada mediante una asociación de empresas americanas y entidades de financiamiento.

El presente es un Proyecto Energético Integrado cuyas operaciones están destinadas a la producción y ventas de electricidad, gas natural, gas licuado de petróleo (GLP) y gasolinas naturales.

AGUAYTIA ENERGY otorgó el contrato para el diseño de ingeniería, suministro de materiales y la construcción de todas las instalaciones (electricidad y gas) que contempla el proyecto a tres subsidiarias de la empresa suiza Asea Brown Boveri (ABB), la cual encargó el rubro de facilidades de gas a su subsidiaria ABB-Randall Corporation.

Es así que ABB-Randall inicia la construcción de las instalaciones de gas en agosto de 1996: los ductos de recolección y reinyección, la planta de gas, la planta de fraccionamiento y los ductos de transporte a los consumidores finales. Los trabajos de instalaciones mayores culminaron en mayo de 1998.

En la construcción de los ductos participó además la empresa Bolinter (Bolivian International Pipeline Engineers Ltd) para lo cual utilizaron materiales y tecnología convencional para este tipo de instalaciones, así como normas y estándares internacionales para la construcción de ductos.

La Planta de Gas de Aguaytia utiliza un proceso criogénico denominado Turbo-expansión con reinyección de etano para extraer los hidrocarburos C3+ (propano y más pesados) de la corriente de gas

rico proveniente de los pozos productores, mejorando la calidad del gas para su transporte por ducto y generando ingresos adicionales por la producción de NGL .

Esta nueva planta de procesamiento de gas ha sido diseñada y construida bajo el concepto de **construcción modular** con el objeto de lograr la mayor eficiencia y competitividad en el mercado.

3. CONFIGURACION DE LA OPERACION

3.1 Sistema de Recolección y Reinyección del gas

El campo de gas de Aguaytia cuenta con siete pozos en total, cuatro de los cuales son pozos productores y tres pozos inyectoros. Los pozos han sido distribuidos en forma lineal a lo largo de la cresta de la Estructura .

En la siguiente tabla se detalla las características de los ductos que se han instalado para recolectar el gas de los pozos productores :

Ductos de recolección :

Pozo	Longitud	Diametro, espesor, calidad
6-P	3,069 m	4.5"OD, 0.188"e, API 5LX-52 ERW
5-P	376 m	4.5"OD, 0.188"e, API 5LX-52 ERW
2X-P	3,455 m	4.5"OD, 0.188"e, API 5LX-52 ERW
9-P	6,285 m	4.5"OD, 0.188"e, API 5LX-52 ERW

Ductos de inyección:

Pozo	Longitud	Diametro, calidad
3-I	1,483 m	3.5"OD, 0.300"e, API 5LX-52 ERW
7-I	1,355 m	3.5"OD, 0.300"e, API 5LX-52 ERW
8-I	4,549 m	3.5"OD, 0.300"e, API 5LX-52 ERW

El sistema de recolección consiste en un conjunto de tuberías enterradas de 4 pulgadas nominales, instaladas independientemente desde la cabeza del pozo hasta el manifold de entrada a la planta de gas. La longitud total aproximada de los cuatro ductos es de 13 Km .

El sistema de inyección consiste en todo el conjunto de tuberías enterradas de 3 pulgadas nominales, tendidas desde el manifold de salida de la planta de gas hasta el cabezal del pozo. La longitud total aproximada de los tres ductos es de 7.5 Km.

3.2 Sistema de Procesamiento del gas

La planta de gas de Aguaytia está diseñada para procesar un volumen de 55.7 mmpcd de gas rico. El propósito de esta planta es recuperar hidrocarburos líquidos en el corte C3+ (propano y más pesados).

ABB Randall optó por la construcción de una planta criogénica utilizando la tecnología del modelo turbo-expander, la cual garantiza la recuperación de un mínimo de 82% de propano sin la necesidad de aplicar refrigeración por medios externos (Ver Diagrama N° 1).

Entrada de Gas

El gas rico proveniente de los pozos ingresa a la planta a 2200 psig y 150°F siendo luego enfriado a 120°F mediante air coolers. Posteriormente es despresurizado a 1100 psig disminuyendo la temperatura a 89°F por tal efecto. A estas condiciones ingresa al separador trifásico donde se obtiene la fase gaseosa, la fase líquida y la fase de agua, la cual se drena automáticamente a un sistema de drenaje cerrado.

La fase gaseosa ingresa a un precalentador de entrada con el fin de prevenir la formación de hidratos. Luego ingresa a un filtro separador de entrada donde se elimina cualquier sustancia (agua, solidos) que pudiera afectar el proceso criogénico.

Entrada de Condensado

Los hidrocarburos líquidos provenientes del separador trifásico con 54" ID x 20 pies de largo son bombeados al separador/coalescedor de condensado a 89°F y 1140 psig . Los líquidos son enviados luego a los Deshidratadores de Condensado con el objeto de remover el agua a niveles mínimos. El condensado libre de humedad es alimentado a la torre deetanizadora para el despojamiento de hidrocarburos livianos.

Deshidratación de Condensados

La corriente de líquidos es deshidratada en dos torres de 36" ID x 12 pies de largo, conteniendo un lecho de tamices moleculares. El agua es retenida por los tamices moleculares durante el ciclo de adsorción. Ambas operaron de la siguiente manera : mientras una de las torres está en adsorción, la otra está siendo regenerada. Adicionalmente, se ha colocado un filtro de polvo a la salida de los deshidratadores para evitar el pase de partículas solidas hacia la torre deetanizadora.

Para la regeneración de los tamices se emplea gas seco a 1190 psig y 550°F. El gas es calentado a 550°F mediante un intercambiador de tubos con aceite de calentamiento. El volumen necesario es de 1.2 mmpcd proveniente de los compresores de gas residual..

Deshidratadores de Gas

Por otro lado, la corriente de gas es deshidratada en dos torres con 66" diámetro x 20 pies de altura de tamices moleculares. El sistema de tamices moleculares utilizados en este diseño es usado para garantizar que la corriente de gas mantenga un punto de rocío de -130°F de congelamiento o taponamiento de líneas . La humedad es retenida en el lecho de los tamices moleculares durante la fase de adsorción. La operación es similar. Mientras una de las torres está en adsorción, la otra está siendo regenerada. Existe un filtro de polvo a la salida de los deshidratadores para evitar el pase de partículas hacia el intercambiador de entrada de gas.

Para la regeneración de los tamices se emplea gas seco a 1190 psig y 550°F. El volumen necesario es de 5.2 mmpcd proveniente de los compresores de gas residual. El gas es calentado de 120°F a 550°F mediante un intercambiador de tubos con aceite de calentamiento

Enfriamiento del gas – Sist. Criogénico

Después de los deshidratadores, el gas es enfriado de 95°F a 12°F utilizando un intercambiador de placas de aluminio. En este caso se aprovecha el frío de dos corrientes : los líquidos del *cold separator* y el gas de tope de la deetanizadora. A 12°F la corriente de gas de entrada forma dos fases ingresando luego al *cold separator* con una presión de 1075 psig.

El nivel de líquidos es controlado mediante una valvula de control, reduciendo su temperatura a -16°F por el efecto J-T. Es retornado al intercambiador de entrada para luego ingresar a la deetanizadora a 90° F .

La fase gas a la salida del *cold separator* es dividida en dos corrientes : una alimenta el *turbo-expander* y la otra es enviada al *condensador de reflujo* . La primera corriente ingresa al turbo-expander a 1075 psig y 12°F, saliendo a 389 psig y -70°F . A estas condiciones ingresa en el plato #9 de la deetanizadora. La segunda corriente a 1075 psig es enfriada de 12°F a -78°F en el condensador de reflujo, para luego expandirla a 390 psig. Como consecuencia del efecto J-T esta corriente alcanza -131°F, siendo alimentada al 1° plato de la deetanizadora y cumpliendo la función de reflujo.

Deetanizadora

La deetanizadora con 60" ID x 96 pies de largo ha sido diseñada para recuperar un mínimo de 82% de propano y menos de 1.0% en volumen de etano en el GLP. La corriente de gas del tope de la deetanizadora con una presión de 390 psig y una temperatura de -85°F es utilizada para proveer enfriamiento en el condensador de reflujo y al intercambiador de entrada.

El producto de fondos de la deetanizadora sale a 292°F y es enfriado a 120°F mediante el *product cooler* y luego bombeado a 775 psig al ducto que lo transportará hasta la planta de fraccionamiento. En caso haya imposibilidad de bombear a la línea, el mismo producto puede ser bombeado a los pozos reinyectores mediante la *bomba de inyección de producto* a una presión de 4200 psig.

La deetanizadora es una columna de destilación con 34 platos, una presión de trabajo de 385 psig y cuatro corrientes de alimentación a diferentes temperaturas y posiciones de ingreso . Utiliza un *reboiler* para calentar su producto de fondos utilizando aceite de calentamiento. La corriente liquido/vapor saliendo del reboiler es retornada debajo del ultimo plato de la columna. Los vapores calientes ascienden a través de una chimenea a las platos superiores, mientras que los líquidos se acumulan en el fondo de la columna.

Compresores

La planta cuenta con cuatro compresores reciprocantes marca Ariel accionados por motores a gas Caterpillar series G3600. Dos de los compresores *residue compressors* se encargan de comprimir el gas residual de una presión de 485 psig hasta 1050 psig en una sola etapa. A estas condiciones el gas es enviado al ducto de 12" de diametro para su venta. En caso que los consumidores finales no consuman el gas residual, este se deriva a la succión de los compresores de reinyección para su inyección a los pozos.

El otro par de compresores *reinjection compressors* tienen la función de comprimir el gas residual de 1050 psig hasta 4,200 psig en dos etapas principalmente cuando no hay ventas de gas.

Gas combustible

El gas combustible para consumo propio es tomado de la corriente de gas residual antes de los compresores y enviado a un separador *fuel gas scrubber* donde se regula a una presión de 125 psig y 112°F. A la salida del separador se envía a la linea troncal de gas combustible que distribuye el gas a toda la planta.

Existe otra fuente adicional de gas combustible a la planta, la cual proviene de la linea de entrada de gas despues del separador trifásico, conteniendo mayor proporción de hidrocarburos pesados.

Generadores

La planta cuenta con un sistema de generación, constituido por dos generadores Waukesha-Pierce de 500 Kw de capacidad instalada cada uno accionados por motores a gas marca Waukesha. Uno se mantiene operando mientras el otro permanece en stand by. El consumo de la planta es actualmente 200 Kw.

Aceite de Calentamiento

El sistema de aceite de calentamiento está costituido por un circuito cerrado, un horno de calentamiento a gas y un tanque pulmon y dos bombas que mueven el producto a traves de todo el sistema.

El aceite es calentado en el horno hasta 600°F , para luego ser enviado a suministrar calor al regenerador de gas, el calentador de entrada y el reboiler.

Aire para instrumentos

Un paquete de suministro de aire Quincy con un sistema de secado incluido, provee de aire seco para toda la instrumentación de la planta a 125 psig. El paquete cuenta con dos compresores .

3.3 Sistema de Fraccionamiento de LGN

La planta de Fraccionamiento está diseñada para procesar un volumen de 4,149 bpd de LGN (Líquidos del Gas Natural). La función de esta planta es obtener dos productos : GLP (propano/butano) y Gasolinas Naturales.

La planta se encuentra ubicada a la altura del km. 10 de la carretera Federico Basadre, a una distancia de aprox. 9 Km. de la refinería Pucallpa (ver Diagrama N° 2).

Entrada de LGN

La corriente de LGN a 200 psig y 80°F proveniente de la planta de gas ingresa al tanque surge con 132" OD x 79 pies longitud. el cual se mantiene a una presión de operación de 60 psig. A la salida del tanque, el producto es tomado por la bomba *Make- Up* y enviado al precalentador de entrada. En este equipo se calienta la corriente de LGN de 80°F a 224°F aprovechando la alta temperatura de gasolina a 322°F que sale del fondo de la torre debutanizadora.

Fraccionadora o Debutanizadora

Una vez precalentado, el LGN es conducido a la torre debutanizadora con 42" ID x 70 pies longitud para la separación en los productos finales GLP y gasolinas naturales. Dicha torre está integrada por : un rehervidor de fondos el cual mantiene la temperatura a 363°F utilizando un aceite de calentamiento y un condensador total el cual enfria los productos de tope a 121°F mediante dos ventiladores.

El producto de fondos a 322°F es enfriado a 100°F mediante intercambio de calor con la corriente de alimentación a la columna. Una vez enfriado, es enviado a la línea de gasolina que lo conduce a la refinería.

El producto de tope es enviado al acumulador de reflujo a 168 psig y 123°F y luego transferido mediante la bomba de reflujo una parte a la debutanizadora y el resto a los tanques de almacenamiento de GLP.

Almacenamiento y despacho de GLP

La planta cuenta con una capacidad de almacenamiento para un millón de galones de GLP distribuidos en 17 tanques de 132" OD x 79 ft largo de 60,000 galones de capacidad cada uno.

Adicionalmente se cuenta con un sistema de despacho a camiones cisterna integrado por : una balanza para camiones de 54.5 Ton de capacidad , dos bombas de despacho, un paquete de odorización y mangueras con conexiones para cisternas.

Gas Combustible

La planta cuenta con una línea de gas combustible proveniente de la planta de gas. Esta línea llega a una presión de 900 psig, regulándose posteriormente a una presión de 80 psig y aprox. 80°F para luego alimentar a un horno pequeño.

Aceite de Calentamiento

El sistema de aceite de calentamiento está constituido por un circuito cerrado, un horno de calentamiento a gas y un tanque pulmon y dos bombas que mueven el producto a través de todo el sistema.

El aceite es calentado en el horno hasta 600°F , para luego ser enviado a suministrar calor al rehervidor.

Aire para instrumentos

Un paquete de suministro de aire Quincy con un sistema de secado incluido, provee de aire seco para toda la instrumentación de la planta a 125 psig. El paquete cuenta con dos compresores.

3.4 Sistema de Transporte de gas y condensados

Las operaciones de gas cuentan con dos sistemas de ductos enterrados, un gasoducto para el transporte de gas residual a los usuarios finales y un poliducto para el transporte de LGN hacia la planta de fraccionamiento (Ver Diagrama N°3).

El gasoducto está constituido por tres tramos y una derivación. El primer tramo de 12" de diámetro sale de la planta de gas y llega a la estación de Neshuya. El segundo tramo de 10" de diámetro sale de la estación de Neshuya y llega a la planta termoeléctrica de Aguaytia. El tercer tramo de 6" de diámetro sale igualmente de Neshuya y llega a la planta de Fraccionamiento. La derivación de 6" de diámetro sale de pta. de Frac y llega a la central de Yarinacocha.

GASODUCTO :

Tramo	Fluido	Longitud	Diametro	Calidad
Pta.Gas – Neshuya	Gas	39,320	12" nom.	API 5LX-42 API 5LX-52
Neshuya – Aguaytia	Gas	85,480	10" nom.	API 5LX-42
Neshuya – Frac	Gas	49,500	6" nom.	API 5L-Gr.B
Frac – Yarina	Gas	6,090	6" nom.	API 5L-Gr.B

POLIDUCTO :

El poliducto consta de un solo tramo de 4" de diámetro que sale de la planta de gas y llega a la planta de fraccionamiento, pasando superficialmente por la estación de Neshuya.

Tramo	Fluido	Longitud	Diametro	Calidad
Pta.Gas - Frac	LGN	89,450	4" nom.	API 5L-Gr.B

Todos los ductos (gas y líquidos) cuentan con un sistema de lanzamiento y recepción de raspatubos para labores de mantenimiento, tal como se describe a continuación :

Uso	Diámetro	Sist. Recepción Raspatubos	Sist. Lanzamiento Raspatubos
Gasoducto	12"	Pta. Gas	Neshuya
Gasoducto	10"	Neshuya	Aguaytia
Gasoducto	6"	Neshuya	Pta. Frac.
Poliducto	4"	Pta. Gas	Pta. Frac.

4. CONCLUSIONES

- La planta de gas fue diseñada para procesar un volumen de 55.7 mmpcd de gas natural. Mediante la modificación de las condiciones de operación se logró incrementar el volumen de procesamiento a 60 mmpcd y se viene evaluando la factibilidad de incrementar en 2 mmpcd adicionales.
- El contenido de LGN en el gas natural para consideraciones de diseño se estimó en 74 Bls/mmpc, logrando sólo un promedio de 65 Bls/mmpcd en condiciones reales de producción continuada de los pozos.
- La producción actual promedio de LGN es de 3,900 bpd para un volumen de gas de pozos de 60 mmpcd .
- Con relación al fraccionamiento de LGN se ha encontrado que en términos volumétricos el rendimiento promedio de GLP es 35% versus un rendimiento de 65% de gasolinas naturales.
- La planta de gas está diseñada para operar en varios modos de acuerdo a las circunstancias de la operación.

Modo 1 : Gas a Central Aguaytia y LGN a Frac.

Modo 2 : Gas a Reinyección y LGN a Frac.

Modo 3 : Gas a Central Aguaytia y LGN a Reinyección

Modo 4 : Planta parada y Gas rico a Central Aguaytia.

- El sistema de control de ambas plantas está gobernado por un sistema PLC GEFanuc utilizando el software de Wonderware como sistema de interface (MMI).
- El sistema de medición en ambas plantas está diseñado para efectuar medición de gas en volumen y medición de líquidos en masa. Sin embargo, se tuvo que acondicionar el programa de Aplicación para efectuar medición en volumen.
- El contenido de CO₂ en el gas de pozo, según el diseño efectuado por ABB-Randall fue de 2.6% molar. En condiciones reales, el contenido promedio de CO₂ en el gas de pozos es de 2.85% molar. Este nivel de CO₂ asociado al contenido de agua libre que arrastra el gas ha originado serios problemas de corrosión en los pozos productores y en los ductos de recolección y parte del sistema de ingreso de gas a la planta. Actualmente se viene inyectando un inhibidor de corrosión Nalco para disminuir o eliminar el rate de corrosión en las tuberías. Asimismo, en los pozos se está efectuando cambio de tubería y cabezal con características más resistentes a la corrosión por CO₂.

5. CONTRIBUCIONES TECNICAS

Somos concientes que el conocimiento de la industria del gas en nuestro país está en niveles incipientes, sin embargo los pronósticos más conservadores aseguran que en los próximos años se va a generar un considerable desarrollo alrededor de esta industria.

Con este trabajo se espera contribuir a una mayor difusión de la tecnología del gas con el objeto de mejorar el entendimiento sobre esta nueva industria que está desarrollándose en nuestro país.

6. BIBLIOGRAFIA

- AEL Gas Plant - Data Book, Engineering Documentation, 1997
- AEL Gas Plant - Start Up Manual, 1997.
- AE del Peru Ltda., Manual de procedimientos operativos para Gasoductos, 1997.

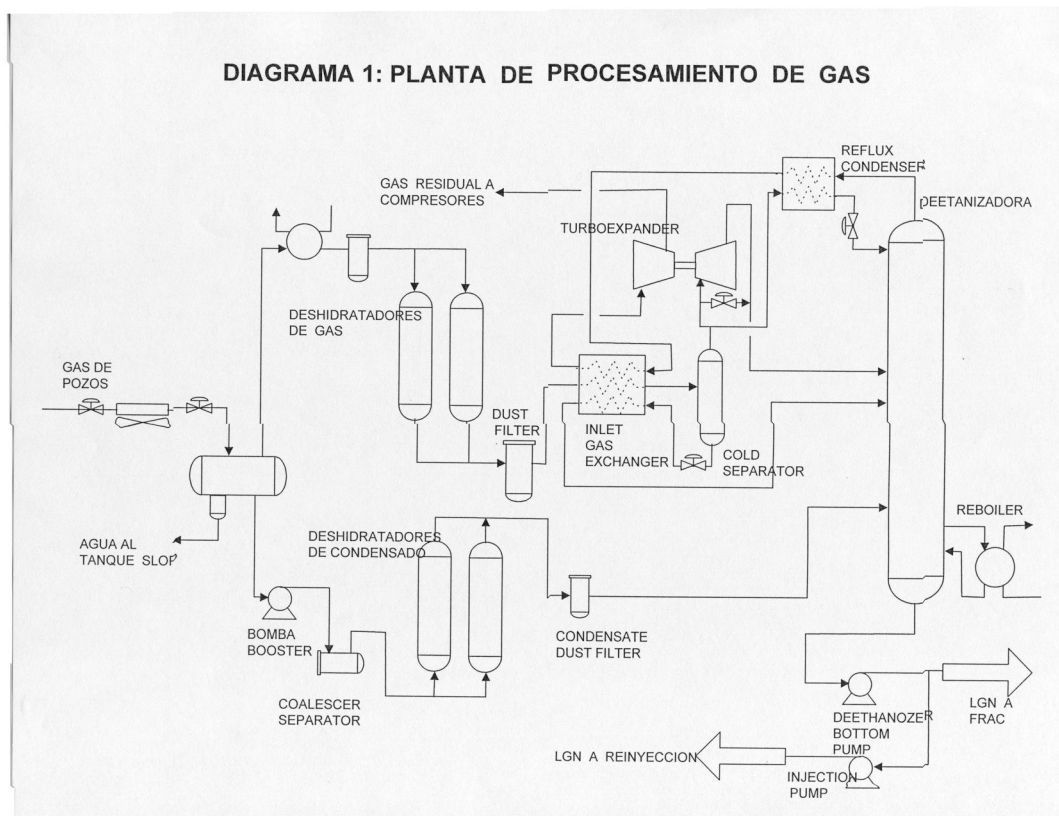
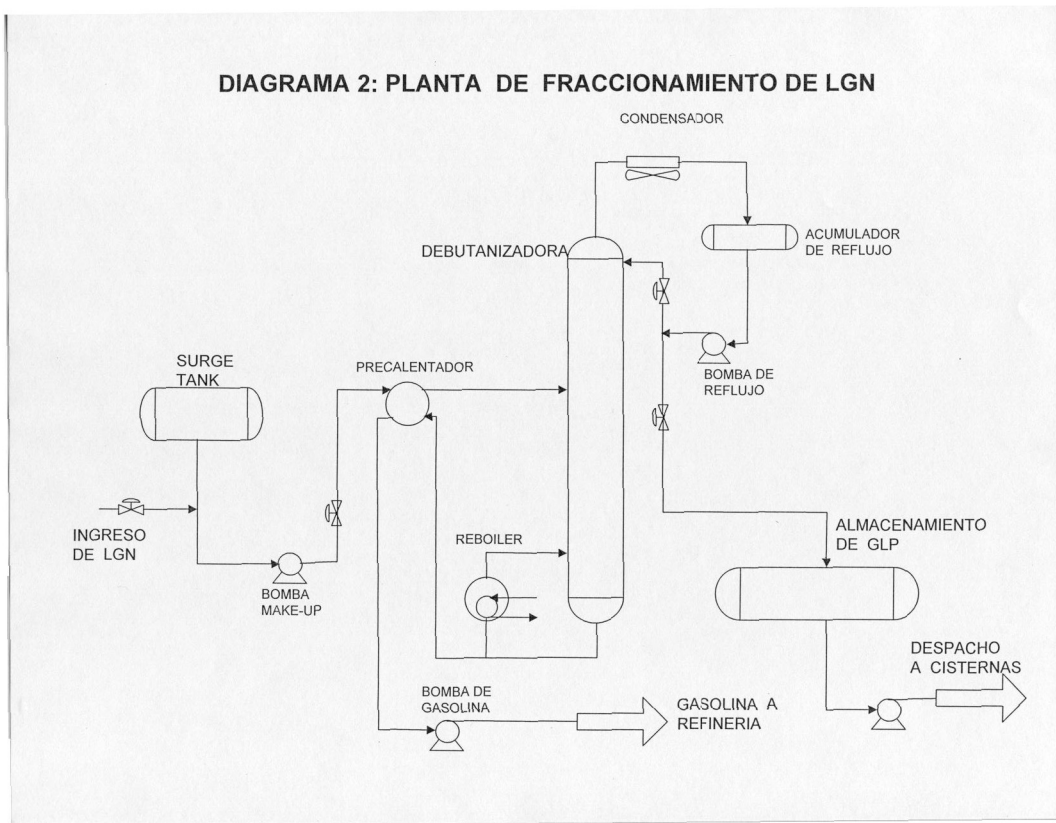


DIAGRAMA 2: PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE LGN

DIAGRAMA 3: DUCTOS DEL PROYECTO AGUAYTIA
(ESQUEMA)