

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GLP EN LA PLANTA DE CUSIANA PARA  
OBTENER MAYOR PRODUCCIÓN DIARIA DE PROPANO LÍQUIDO**

**REMBERTO ADOLFO PACHECO RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS  
BUCARAMANGA**

**2016**

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GLP EN LA PLANTA DE CUSIANA PARA  
OBTENER MAYOR PRODUCCIÓN DIARIA DE PROPANO LÍQUIDO**

**REMBERTO ADOLFO PACHECO RODRIGUEZ**

**Monografía presentada para obtener el título de:  
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA DEL GAS**

**Director**

**Ing. NICOLAS SANTOS SANTOS  
Especialista en ingeniería del gas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS  
BUCARAMANGA**

**2016**

## DEDICATORIA

*Le dedico esta Monografía de la Especialización Ingeniería de GAS a nuestro DIOS que me dio la salud, las energías, la paciencia, y sabiduría para poder lograr y entregar este trabajo monográfico como fue solicitado por la Escuela Ingeniería de Petróleos de la UIS.*

## **AGRADECIMIENTOS**

- Los Agradecimientos se los debo entregar a la Empresa EQUION ENERGIA LIMITED que corrió con todos los gastos generados por este proyecto y por mi Especialización, a todos los Ingenieros de proceso, mecánicos, químicos, civiles, eléctricos que permitieron llevar a feliz término el proyecto, a todos mis superiores que siempre apoyaron desde todo punto de vista el desarrollo del mismo y a todos mis familiares y amigos que siempre estuvieron muy al lado mío para permitir las largas jornadas de trabajo.
- A la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la UIS y a mi Director de Monografía el Ingeniero NICOLAS SANTOS SANTOS que siempre estuvo pendiente del desarrollo de la misma, entregándome la dirección adecuada para obtener el mejor resultado.
- EL agradecimiento mayor a mi querida esposa OMAIRA OROZCO BALLESTEROS que supo entender mis largas jornadas de trabajo en mi sitio de labor como es el CAMPO CUSIANA.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	14
1. GENERALIDADES.....	15
1.1. CAMPO CUSIANA .....	15
1.2 CENTRO DE FACILIDADES DE PRODUCCIÓN (CPF) CUSIANA.....	17
2. PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE GLP.....	22
2.1. DESCRIPCIÓN OPERATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE GLP .....	23
2.1.1. Sistema de carga a la planta.....	23
2.1.2. Sistema de <i>Flash drum</i> .....	25
2.1.3. Torre de-etanizadora .....	27
2.1.4. Torre de-butanizadora .....	29
2.2. DESCRIPCIÓN OPERATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE NGL.....	37
2.2.1. Sistema de carga.....	37
2.2.2. Sistema del <i>flash drum</i> .....	37
2.2.3. Torre de-etanizadora (Estabilizadora I).....	38
2.2.4. Torre de-butanizadora (Estabilizadora II).....	38
3. INSTALACIÓN VASIJA <i>FLASH DRUM</i> ADICIONAL V-84103 .....	40
3.1. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO .....	42
3.1.1. TEMPERATURA DE DISEÑO (RECIPIENTES, BOMBAS Y TUBERÍAS).....	42
3.1.2. CRITERIO PARA DISEÑO DE LA VASIJA V-84103 ( <i>FLASH DRUM</i> ADICIONAL).....	42
3.1.3. CRITERIO PARA DISEÑO DE TUBERÍAS .....	44
3.1.4. BASES DE DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.....	45
3.2. SISTEMAS UTILITARIOS.....	46
3.2.1. Sistema contra incendio .....	46
3.2.2. “Fire & Gas” .....	47
3.2.3. Aire instrumentos.....	47
3.2.4. Sistema de protección por sobrepresión y tea de baja temperatura.....	47
3.3. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN .....	47

3.4.	MODIFICACIONES EN LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE GLP.....	50
3.5.	PRUEBA DE DESEMPEÑO.....	51
4.	RECIRCULACIÓN DEL GAS DE VENTA.....	56
4.1.	Salud, Seguridad, Ambiente.....	59
4.1.1.	Salud y Seguridad.....	59
4.1.2.	Ambiente.....	59
4.1.3.	Integridad.....	59
5.	ESTUDIO DEL IMPACTO SOCIAL, AMBIENTAL E INTEGRAL SOBRE LA INSTALACIÓN DE LA VASIJA <i>FLASH DRUM</i> ADICIONAL.....	60
5.1.	Salud y Seguridad.....	60
5.2.	Ambiente.....	60
5.3.	Integridad.....	61
5.3.1.	Mantenimiento e Inspección.....	61
5.3.2.	Monitoreo, Control y Shutdown.....	61
6.	CONCLUSIONES.....	62
7.	RECOMENDACIONES.....	63
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
	ANEXOS.....	66

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación geográfica del Campo Cusiana y sus contratos vigentes .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2. Slug catcher- Planta Cusiana.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3. Planta Dew Point- Cusiana.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4. Balas de almacenamiento y bombas de transferencia de GLP.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5. Instalaciones CPF Cusiana.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6. Planta de GLP y condensados.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 7. Planta GLP .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 8. Flash drum de la Planta de GLP. V-84101.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9. Torre de-etanizadora- Planta GLP Cusiana.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10. Torre de-butanizadora- Planta GLP Cusiana .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 11. Horno de aceite caliente .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 12. Esquema del proceso de producción de GLP.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 13. Diagrama de flujo Planta GLP.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 14. Flash drum adicional de la Planta GLP- V84103.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 15. Nuevo esquema operativo de la planta de GLP.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 16. Gráfico de comportamiento de la presión del cabezal de condensados no estabilizados. ....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 17. Tren de reinyección de gas .....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 18. Esquema general para suministro de gas combustible. ....</i>	<i>58</i>

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Datos generales del CPF Cusiana.....</i>	20
<i>Tabla 2. Condiciones de operación y volúmenes de fluido .....</i>	43
<i>Tabla 3. Características de los fluidos separados en la vasija V-84103.....</i>	44
<i>Tabla 4. Criterios diseño de tuberías.....</i>	45
<i>Tabla 5. Condiciones actuales .....</i>	46
<i>Tabla 6. Parámetros Gas Ventas RUT.....</i>	52
<i>Tabla 7. Cromatografías de corrientes de gas del pre-flash, gas del flash y gas de cima de de-etanizadora.....</i>	53
<i>Tabla 8. Modificación en ángulos de ventiladores de los condensadores de GLP: HE-84105 A/B/C/D.....</i>	54
<i>Tabla 9. Niveles de producción obtenidos .....</i>	55

## LISTA DE ANEXOS

<i>ANEXO A 1. Tabla especificaciones de calidad de gas natural según RUT (1).....</i>	<i>66</i>
---	-----------

## RESUMEN

**TÍTULO:** OPTIMIZACION DEL PROCESO DE GLP EN LA PLANTA DE CUSIANA PARA OBTENER MAYOR PRODUCCION DIARIA DE PROPANO LÍQUIDO<sup>1</sup>

**AUTOR:** REMBERTO ADOLFO PACHECO RODRIGUEZ<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVES:** GLP, NGL, maximizar, *flash drum*

**CONTENIDO:** En la planta de GLP se producen los productos de GLP y NGL estabilizados con una producción aproximada de 7500 BPD y 1800 BPD, relativamente; dichos valores podrían ser más altos, pero debido a la presurización que sufren las torres de-etanizadora y de-butanizadora por los bajos consumos de fuel gas de los equipos de la facilidad de Cusiana esto causó una disminución en la producción de GLP y NGL y ayudado con la presurización que a diario sufren los gasoductos de Porvenir y Apiay. Identificado el mayor problema como era el de la presurización de las torres y conociendo de dónde provenía dicho problema un grupo Multidisciplinario de Ingenieros nos colocamos en la tarea de encontrar la manera de disminuir la cantidad de livianos que recibían las torres del proceso de producción de GLP y NGL. Para aliviar dicho problema se planteó la solución de instalar un *flash drum* adicional aguas arriba del actual, donde los livianos producidos son desviados para diversos procesos en la misma planta, disminuyendo la cantidad de livianos que entran a la torre de-etanizadora y así maximizando la producción de GLP y NGL, adicional a esto se hizo una instalación de un sistema de recirculación de gas que NO se vende donde dicho gas en lugar de recircularlo a las plantas de gas lo enviamos a Inyección de GAS. El objetivo del proyecto es alimentar con gas fresco las plantas de gas con el único propósito de producir con mayor eficiencia el volumen NGL no estabilizados que alimentarían la Planta de GLP y por consecuencia producirán mayor cantidad de GLP. Dicho proyecto se ejecutará por Equión Energía Limited con Stork como contratista.

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado

<sup>2</sup> Facultad de ingenieras Físico-químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Nicolas Santos Santos

## ABSTRACT

**TITLE:** GLP PROCESS OPTIMIZATION CUSIANA ON PLANT FOR MORE PRODUCTION OF LIQUID PROPANE DAILY<sup>3</sup>

**AUTHOR:** REMBERTO ADOLFO PACHECO RODRIGUEZ<sup>4</sup>

**KEYWORDS:** GLP, NGL, maximize, *flash drum*

**CONTENT:** In the LPG plant products LPG and NGL stabilized with a production of approximately 7500 and 1800 BPD BPD relatively occur; these values may be higher, but due to pressurization suffering towers deetanizer and desbutanizer by low consumption of fuel gas equipment ease of Cusiana this caused a decrease in the production of LPG and NGL and helped with the daily suffering pressurizing pipelines Porvenir and Apiay. Identified the main problem as was the pressurization of the towers and knowing where the problem came from a multidisciplinary group of engineers we stand on the task of finding ways to reduce the number of light receiving towers of the production process of GLP and NGL.

To alleviate this problem the solution of installing a flash drum additional upstream of the current, where the light produced are diverted to various processes in the same plant, decreasing the amount of light entering the tower-etanizadora and maximizing raised the LPG and NGL production, in addition to this installation of a gas recirculation system that the gas is not sold where instead of recirculating gas plants send it to gas injection was made.

The project goal is to feed fresh gas gas plants with the sole purpose of producing more efficiently the volume NGL unstabilized that fed the plant will produce LPG and consequently greater amount of LPG. The project is run by Equion Energy Limited as contractor Stork

---

<sup>3</sup> Thesis degree

<sup>4</sup> Pysicochemical Engineering Faculty. Petroleum Engineering School. Director: Nicolas Santos Santos

## INTRODUCCIÓN

La planta de GLP del CPF Cusiana procesa los condesados no estabilizados producidos en las unidades de control de punto de rocío de las plantas de gas. Como productos se encuentran GLP, NGL y gas combustible que es consumido en la operación de las máquinas del CPF.

En los últimos años el CPF ha experimentado una reducción progresiva de los volúmenes de fluidos manejados, generando la necesidad de poner fuera de servicio máquinas de alto consumo de gas combustible (turbocompresores, turbogeneradores, hornos), disminuyendo el consumo de gas combustible. Como consecuencia, la planta de GLP se ha presurizado limitando la producción de GLP y NGL.

La solución planteada a este problema es la instalación de una etapa de separación gas/líquido previa al *flash drum* V-84101 que actualmente recibe los condesados no estabilizados. El gas separado en el *flash drum* adicional (V-84103), se direcciona hacia el cabezal de succión de los turbocompresores de media presión para ser reprocesado, mientras que el líquido se direcciona hacia la vasija V-84101. Se realizaron pruebas de desempeño al *flash drum* adicional con el fin de garantizar la producción promedia de GLP y NGL en el CPF Cusiana.

Por otro lado, se instaló un sistema que permita colocar la recirculación del sistema de gas de ventas en la corriente de inyección y una válvula de globo en la salida de gas de la vasija pre flash V-84103 de la Planta GLP con el fin de optimizar el manejo de gas combustible de alta presión en el CPF y sostener la producción de líquidos GLP y NGL.

La planeación, elaboración y desarrollo de este proyecto fue ejecutado por Equion Energía Limited.

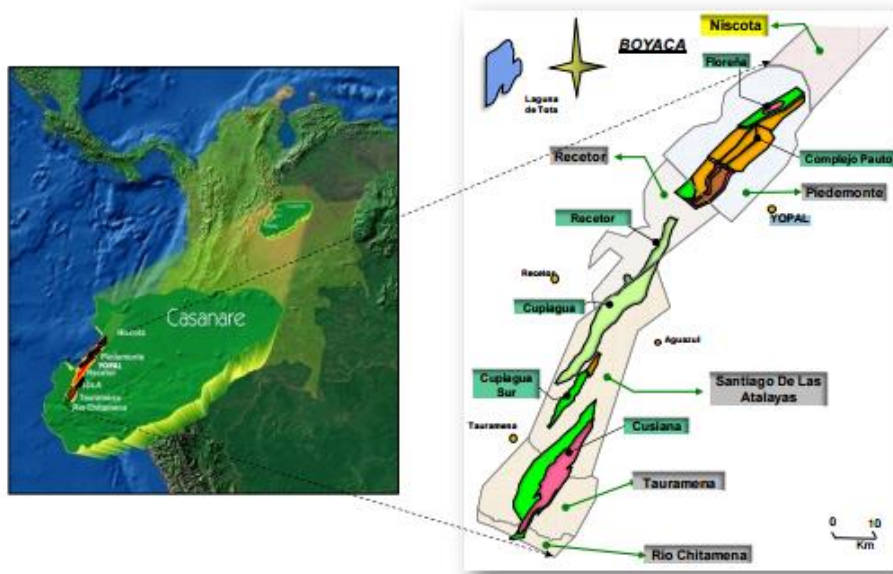
# CAPITULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. CAMPO CUSIANA

El Campo Cusiana está ubicado geográficamente a 155 Km. al noreste de Bogotá, en el departamento de Casanare, hacia el occidente del municipio de Aguazul. Geológicamente está ubicado en el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, al oeste de los Llanos Orientales Colombianos y regido bajo los contratos de asociación de Santiago de las Atalayas, Tauramena y Rio Chitamera. Ver figura 1. Este campo produce con flujo natural.

**Figura 1.** Ubicación geográfica del Campo Cusiana y sus contratos vigentes



**Fuente:** Ecopetrol

El campo actualmente produce 9.000 BPD de crudo, 230 MMSCFD gas venta, 150 MMSCFD de gas de inyección, 1800 BPD de NGL y 6800 BPD de GLP. De 109 pozos perforados, 59 están en operación y es el segundo campo productor de gas a nivel nacional.

El descubrimiento del Campo Cusiana por parte de la Asociación BP/TOTAL/TRITON tuvo lugar después de actividades de exploración realizadas por varias compañías durante un periodo de más de 25 años, en varios contratos de asociación o áreas de concesión. En 1982, TRITON adquirió el Contrato de Asociación Santiago de las Atalayas (SDLA) que contenía la Estructura de Cupiagua y la mitad Norte de la estructura de Cusiana.

En 1986, mediante un proceso de oferta de intereses, BP y TOTAL adquirieron una participación en el Contrato de Asociación SDLA. En 1988, el pozo Cusiana-1A probó la existencia de importantes volúmenes de gas y condensado en la Formación Mirador. Posteriormente, en Julio de 1991 tras implementar modernas técnicas de exploración y perforación el pozo Cusiana-2A perforó y comprobó presencia de hidrocarburos en los tres intervalos principales de yacimiento (Formaciones. Mirador-Barco y Guadalupe). El pozo Buenos Aires-1A perforado buzamiento abajo del pozo Cusiana 2A en el área del Contrato de Asociación Tauramena, fue terminado en Enero de 1992; este pozo confirmó el descubrimiento anterior y sugirió la existencia de un Campo más grande con extensión al sur del área del Contrato de Asociación Santiago de las Atalayas. Posteriormente en 1998, fue perforado el pozo RCH E1 al sur del área de Buenos Aires, bajo el contrato de Asociación Rio Chitamena comprobando también la existencia de hidrocarburos en un nuevo bloque asociado al tren estructural de la falla de Tauramena. En lo que respecta a adquisición sísmica entre los años 1975 y 1991 el Campo fue cubierto por aproximadamente 745 Km de información sísmica. En los años 1991 y 1992 se adquirieron datos sísmicos de mejor calidad en las campañas ST-91 y 49 ST-92. Estos estudios comprendieron 171 Km con 7 líneas de buzamiento y 2 líneas de rumbo. Los datos adicionales de 1992 (5 líneas

de buzamiento) fueron obtenidos en la campaña RC-92 desarrollada por Grant Tensor y procesados por Western Geophysical para proporcionar control estructural adicional en el sector norte de SDLA. La asociación SDLA disparó un programa de sísmica 3D que cubrió el campo Cupiagua en marzo de 1995 y la adquisición concluyó en marzo de 1996. Este programa de sísmica 3D cubrió ampliamente el área de Cupiagua. Los datos se procesaron y estuvieron listos para su interpretación en julio de 1996. Estos datos tienen una calidad muy superior a la de los datos de la sísmica convencional y constituyen la base de la reciente interpretación de la estructura de Cusiana. Este campo está siendo operado actualmente por EQUION ENERGIA LIMITED (anteriormente BP Exploration Colombia) bajo un esquema de explotación unificado que cobija los contratos de asociación Santiago de las Atalayas, Tauramena y Rio Chitamina.

## **1.2 CENTRO DE FACILIDADES DE PRODUCCIÓN (CPF) CUSIANA**

El Centro de Facilidades de Producción Cusiana (CPF), tiene como objetivo producir crudo dentro de unos estándares específicos, un crudo deshidratado y desgasificado con BS&W menor de 0.5% y un tope máximo de contenido de sal de 7 lb/MBbl, para su despacho. Allí se recibe el fluido multifásico extraído de los pozos en un sistema colector o *manifold* el cual conecta al *Slug Catcher* (ver figura 2), posteriormente se realizan los procesos de estabilización de los fluidos, separación trifásica de alta presión (250 psi), separación trifásica de presión intermedia y separación bifásica de baja presión (50 psi), el gas producido se va comprimiendo y recolectando hasta llevarlos a la presión de reinyección a los pozos del yacimiento para mantener la presión de la formación a una presión cercana a los 5000 psi. El crudo estabilizado es enviado a los tanques de almacenamiento, para ser bombeado posteriormente a través del oleoducto OCENSA, hoy este crudo liviano producido en Cusiana es utilizado para diluir el crudo del campo Rubiales. Dicho crudo diluido con el crudo Cusiana es

comercializado y transportado por OCENSA hasta llegar al puerto marítimo de Coveñas donde se envía en buques petroleros a los diferentes países de destino. El gas crudo o gas agrio manejado en el CPF Cusiana, es endulzado y deshidratado como parte del tratamiento para cumplir con los requerimientos de transporte de gas a través de gasoductos estipulados en el RUT (ver Anexo A); posteriormente el gas llega a las unidades de control de rocío tipo Joule Thompson y a tres unidades Turbo-expansoras que hacen un trabajo de (expansión/compresión) para descargar al cabezal de medición para su despacho a los gasoductos de Apiay y Porvenir de propiedad de TGI.

**Figura 2.** *Slug catcher- Planta Cusiana*



**Fuente:** *Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION*

Por último la planta de GLP, también construida en el CPF, recibe todos líquidos generados en el control de rocío de las plantas de gas -Dew Point- (ver figura 3) realizando su estabilización en una vasija de flasheo donde este gas sale para el cabezal de fuel gas de alta presión y un flujo mínimo va para la cima de la De-etanizadora y la parte líquida va para el plato 10 allí a través de un flujo de agua caliente se le retiran los metanos y etanos que van al sistema de fuel gas, la parte líquida de la De-etanizadora va como alimento hacia la torre De-butanizadora en la cual básicamente a través de un intercambiador de aceite caliente y una presión determinada por la parte superior salen los C3 y C4 o GLP, y en la parte inferior salen los C5+ o NGL, el GLP va hacia las balas de almacenamiento y de allí es bombeado a la zona de despacho a través de camiones cisternas para el consumo al interior del país y por el fondo los NGL estabilizados se mezclan con la corriente que va a los tanques de producción de crudo. En la figura 4 se observan las balas de almacenamiento y las bombas de transferencia de GLP de la planta.

**Figura 3.** *Planta Dew Point- Cusiana*



**Fuente:** *Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION*

**Figura 4.** Balas de almacenamiento y bombas de transferencia de GLP



**Fuente:** Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION

En la figura 5 se observan las instalaciones del CPF Cusiana.

En la tabla 1 se encuentran algunos datos generales del CPF Cusiana.

**Tabla 1.** Datos generales del CPF Cusiana.

<b>Prod. Crudo (bopd)</b>	<b>Gas Producido (MMSCFD)</b>	<b>Gas Ventas (MMSCFD)</b>	<b>GLP (BPD)</b>	<b>Inyección de agua (BPD)</b>	<b>Pozos Productores</b>	<b>Pozos Inyectores</b>
<b>8500</b>	540	270	7500	25000	20	9

**Fuente:** Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION

**Figura 5.** *Instalaciones CPF Cusiana*



**Fuente:** *Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION*

## CAPITULO II

### 2. PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE GLP

La planta ha sido diseñada con el fin de recuperar principalmente GLP, o alternativamente, recuperar un condensado estabilizado NGL; en ambos casos, procesando la mezcla de corrientes de las 5 unidades de tratamiento de gas mediante un proceso de separación física por destilación.

La planta puede procesar una carga de aproximadamente 27,3 MBPD de condensados sin estabilizar, que corresponden a aproximadamente 230 MMSCFD de gas ventas; dependiendo de la carga y su temperatura de producción estará entre 5500 y 7500 BPD de GLP. En la figura 6 se observa la planta de GLP y condensados

**Figura 6.** *Planta de GLP y condensados*



**Fuente:** *Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION*

## 2.1. DESCRIPCIÓN OPERATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE GLP

### 2.1.1. Sistema de carga a la planta

Las plantas que alimentan condensados a la planta GLP lo hacen mediante el cabezal de condensados mezclados (6"-NC-84027). El cabezal de condensados mezclados recibe el condensado de las siguientes plantas:

- Condensado de Turbo-Expander 1 (4"-NC-84052)
- Condensado de Turbo-Expander 2 (4"-NC-84053)
- Condensado de Turbo-Expander 3 (6"-NC-84317)
- Condensado de Planta de 20MMSCFD (3"-NC-84025)
- Condensado de Planta de 68MMSCFD (3"-NC-84026)

El cabezal de condensados mezclados dispone de un desvío hacia el sistema del By-pass de condensados HE-84201 con el cual se manejarán los condensados en caso en que la planta de GLP salga de servicio o requiera bajar la carga.

La corriente de condensados mezclados llega a la planta a 550 psig y una temperatura entre 60 y 100°F. Su presión se regula con la válvula PV-8410 antes de llegar al tambor de estabilización de condensados *flash drum* V-84101 a 305 psig por la línea 8"-NG-84306. Una parte de esta corriente es desviada antes de la PV-8410 con el fin de que con la válvula TV-8410 se lleve a cabo una expansión adiabática que reduce la presión a 310 psig y con ello la temperatura de la corriente antes de entrar al HE-84107 A/B. Mediante el control de temperatura TIC-8410 y la válvula de 3 vías, TV-8410, la corriente pasa por el enfriador final de reciclo, HE-84107 A/B saliendo a 305 psig y una temperatura entre 44 y 79 °F.

La corriente de reciclo de NGL procedente del enfriador de reciclo HE-84109 y que va al CT-84101, se enfría entre 90 y 62 °F (dependiente de la temperatura del alimento), en el enfriador final de reciclo HE-84107 A/B, transfiriendo el calor a los

condensados. Una vez calientes son enviados al *flash drum* V-84101. El control de temperatura solo opera en la operación GLP.

La planta cuenta también con las facilidades para reprocesar GLP (ver figura 7) fuera de especificaciones transfiriéndolo por la línea 3"-LG-37055 desde el área de almacenamiento, con las bombas de reprocesado de GLP, P-37003A/B, hasta la salida del enfriador final de reciclaje, HE-84107A/B, regulando el flujo con el controlador FIC-3701 y la válvula FV-3705.

**Figura 7. Planta GLP**



**Fuente:** Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION

### 2.1.2. Sistema de *Flash drum*

Las dos corrientes de alimentación a la planta se mezclan antes de llegar al *flash drum* V-84101 (ver figura 8), el cual opera a unas condiciones de 305 psig y 44-80 °F. En este se separan las fases gaseosas y líquidas de la corriente de condensados mezclados.

La corriente líquida de fondo del *flash drum* V-84101 se carga al plato 10 de la torre de-etanizadora CT-84101, controlándose dicho flujo mediante el control en cascada LIC-8400A/FIC-8400 (límite 14220 SBPD) y la válvula FV-8400.

El sistema de control de nivel del *flash drum* es el control primario, cuando mide variaciones de nivel abre o cierra la válvula según sea el caso. El control lo toma el flujo solo cuando este excede un valor determinado (14220 SBPD) con el cual la torre tiene problemas de inestabilidad e inundación. En el momento en el que el flujo toma el control de fondos del *flash drum*, la válvula tenderá a cerrarse y el nivel empezará a subir, para lo cual el control de nivel lo tomará la válvula de control del by-pass de condensados (LCV-8401/02). Esta operación transfiere parte de la carga de la planta de GLP al bypass de condensados. Solamente cuando el requerimiento desde el control de nivel primario LIC-8400A requiera menos del límite, este vuelve a tomar el control sobre la FV-8400.

Cuando la planta se encuentre en mantenimiento el bypass solo maneja la carga de condensados producida por 250 MMSCFD de gas tratados en las plantas de ventas de gas.

Mientras se opera con el indicador de flujo FI-8403 y el controlador FIC-8400C, set 24 MMSCFD, una fracción de la corriente principal de vapores de salida del *flash drum* V-84101, se desvía hacia el calentador del gas residual del *flash drum*, HE-84103, el cual enfría entre 90 y 100°F la corriente de NGL producto y la corriente de vapores se calienta a 94°F. En este caso el sistema de control de temperatura compuesto por el controlador TIC-8400 (set 94°F) y la válvula TV-8400

garantizará la temperatura del B.L. La corriente de vapores se envía finalmente al cabezal de gas combustible de alta presión, pasando por la FV-8400 C, en donde el gas combustible es entregado en el B.L. a 290 psig y 90°F.

La línea (tramo existente 6"-FG-84552) que lleva la corriente de vapores que alimenta a la de-etanizadora cuenta con la SDV-8402, la cual permanece en posición abierta cuando está energizada y cierra por activación del sistema ESD o acción manual sobre el HS-8402.

**Figura 8.** Flash drum de la Planta de GLP. V-84101



**Fuente:** Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION

### **2.1.3. Torre de-etanizadora**

En la torre de-etanizadora CT-84101 (ver figura 9), lo que se busca es recuperar la máxima cantidad de etano y producir una corriente de fondo con la mínima cantidad, dicha torre es una columna de 5,5 ft de diámetro interno y 70 ft de altura. Consta de 25 platos de válvulas, de los cuales del 1 al 9 están instalados en la zona de absorción en donde se recupera el etano, y del 11 al 25 en la zona de despojo, en donde se reduce el contenido de etano en el producto de fondo.

El fraccionamiento en la torre de-etanizadora produce por la cima una corriente con un 56% en metano, un 26% en etano y un 9% en propano y por el fondo un condensado no estabilizado que contiene 3% en etano, 22% en propano y 75% en hidrocarburos más pesados.

La de-etanizadora opera con una corriente de reciclo, la cual corresponde a una fracción de la corriente de fondo de la torre de-butanizadora, que se enfría en el pre-enfriador de reciclo, HE-84109, este equipo enfría el NGL de reciclo y posteriormente en el enfriador final de reciclo, HE-84107 A/B, el NGL es enfriado entre 48 y 90 °F, para alimentar a la torre de-etanizadora, CT-84101, en el plato 1. El fondo de la columna se calienta con el re-hervidor de la de-etanizadora, HE-84101, el cual opera con agua caliente y adiciona calor para reducir el contenido de etano en la corriente de fondos. La temperatura del fondo se controla en 192°F con el controlador de temperatura TIC-8401 y la válvula TV-8401 regulando el flujo de agua caliente al HE-84101.

El control de presión en la de-etanizadora se logra mediante el PT-8403 y el controlador PIC-8403A (set 210 psig), el cual acciona la válvula PV-8403A, que envía directamente la corriente de gas de cima al cabezal de gas combustible de baja presión. Sin embargo esto no es posible si el cabezal de baja presión esta sobre-presionado. El control de este sistema se hace mediante un override de los controladores de presión, PIC-8403B (set 225 psig) y PIC-8420 (set 90 psig). Cuando la presión en la torre llega a 225 psig, y el cabezal de baja presión tiene

una presión < 90 psig, el controlador PIC-8403B toma el control y actúa sobre la válvula PV-8403B, regulando el flujo de que se envía al cabezal de gas combustible de baja presión, descargando gas hacia el cabezal de tea de baja presión. Si el cabezal de baja presión esta sobre-presionado (> 90 psig), el control lo tomará el controlador PIC-8420 enviando todo el gas que sea posible al cabezal de tea de baja presión.

Por la cima salen entre 65000 y 72000 lb/h entre 88 y 112°F de gas, los cuales pasan por el pre-enfriador de reciclo, HE-84109, en donde intercambia calor con la corriente de recirculación de NGL a la CT-84101 y se calienta. Finalmente a la corriente de gas se le regula la presión con el PIC-8425 y la válvula PV-8425, para entregarlo a 80 psig y 85°F mínimo al cabezal de gas de baja presión.

El flujo entregado al cabezal de gas de baja presión es medido con el FE-8403A, el cual retransmite una señal a cuarto de control permitiendo la visualización de la información importante para la realización del balance de gas en la planta.

El flujo de la corriente de cima se mide con el FI-8403, el cual retransmite señal al controlador FIC-8400C, para regular mediante la válvula FV-8400C el flujo de gas de salida del pre-enfriador de reciclo, H-84109, hacia el cabezal de gas combustible de alta presión.

El líquido de fondo de la columna de-etanizadora contiene esencialmente propanos, butanos e hidrocarburos más pesados. Para producir GLP (principalmente una mezcla de propanos y butanos) se requiere de una torre de-butanizadora la cual permite el fraccionamiento de esta nueva corriente para producir por la cima gas pesado que luego de condensado corresponde al GLP y líquido de fondo que es un condensado estabilizado (NGL)

La de-etanizadora cuenta con un medidor de presión diferencial entre el fondo y la cima, PDI-8401 el cual activará la alarma por alta caída de presión en la torre en caso de inundación de la misma.

El fondo de la de-etanizadora se bombea con las bombas de alimentación a la de-butanizadora, P-84101 A/B, cuya descarga se controla con LIC-8401 y la válvula LV-8401A para mantener una presión de 252 psig. El controlador de flujo, FIC-8411 opera con la válvula FV-8411 para protección de las bombas por flujo mínimo.

**Figura 9.** Torre de-etanizadora- Planta GLP Cusiana



**Fuente:** Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION

#### **2.1.4. Torre de-butanizadora**

La torre de-butanizadora, CT-84102 (ver figura 10), es una columna de 6,5 ft de diámetro interno y 82'-10" de altura. Tiene instalados 35 platos de los cuales 15

están en la zona de rectificación y 20 en la zona de despojo. El objetivo de la operación de este equipo es la obtención de GLP por la cima y NGL por el fondo.

Antes de cargar la torre de-butanizadora, la corriente de fondo de la de-etanizadora intercambia calor con la corriente de fondo de la de-butanizadora en los intercambiadores fondos/cima, HE-84106 A/B. La carga se precalienta entre 190 y 230 °F y se alimenta al plato 16 de la CT-84102, mientras que la corriente de NGL producto se enfría entre 194 y 205°F.

Los vapores de cima de la de-butanizadora CT-84102 se condensan totalmente en el condensador de cima de la de-butanizadora (aeroenfriador) HE-84105 produciendo entre 105000 y 135000 lb/h de líquidos, los cuales se acumulan en el tambor de cima V-84102. La presión en este tambor se mantiene en 186 psig mediante un by-pass de los gases, regulado por el controlador de presión diferencial PDIC-8421 (set 5 psi) y la válvula PDV-8421, manteniendo así la presión en el tambor de cima de la de-butanizadora, V-84102. En el caso de que se produzca una sobrepresión, el controlador PIC8417B, (set de 210 psig), actúa sobre la válvula PV-8417B, relevando el exceso de presión y enviando los gases al cabezal de la tea de baja temperatura.

**Figura 10.** Torre de-butanizadora- Planta GLP Cusiana



**Fuente:** Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION

El líquido acumulado en el tambor de cima de la de-butanizadora V-84102, es succionado por las bombas de GLP, P-84103A/B, cuya descarga se divide en dos corrientes así:

- Una corriente equivalente al 59%, a 216 psig y 110°F, regulada por el controlador FIC-8412 y la válvula FV-8412, la cual retorna como reflujo al plato 1 de la de-butanizadora, CT-84102.
- Y el restante (5500-7400 SBPD) como GLP producto, el cual es regulado mediante el control de nivel del tambor de cima de la de-butanizadora V-84102 a

través de la cascada LIC-8419/FIC-8413 y la válvula FV-8419. Las condiciones del GLP producto en el B.L. es de 200 psig y 110°F.

El balance energético de la torre y la separación de productos de fondo se hace utilizando el re-hervidor de la de-butanizadora, HE-84104 el cual opera con aceite caliente a 450-500°F (ver figura 11). El control de la temperatura de fondo de la torre se hace con el controlador TIC-8417 y la válvula TV-8417, regulándose el flujo de calor a la torre mediante el control de flujo de aceite caliente.

La corriente del fondo de la torre de-butanizadora, sale entre 350-365 °F y precalienta el alimento a la torre de-butanizadora CT-84102 en los intercambiadores fondo/alimento HE-84106A/B. La corriente de fondos se enfría a 110°F en los aeronfriadores de NGL HE-84102/84108 y se divide en dos corrientes:

- Una corriente de 41.000 lb/h de NGL de reciclo a 110°F, la cual es bombeada con las bombas de reciclo de NGL, P-84102A/B/C a 310 psig, intercambia calor con la corriente de gas combustible de cima de la CT-84101, en el pre-enfriador de reciclo, HE-84109. El flujo de reciclo, el cual se controla mediante el FIC-8410 (set de 100-130 SGPM) y la válvula FV-8410, intercambia calor en los enfriadores finales de reciclo, HE-84107 A/B, con la corriente de condensado de la SGP que se carga a la planta. La corriente de NGL de reciclo se enfría, retornando como alimentación al plato 1 de la torre de-etanizadora. La temperatura de reciclo a la torre es controlada mediante el controlador TIC-8410 y la válvula de tres vías TV-8410.
- La corriente restante de NGL producto a 110°F que se enfría con los vapores de salida del *flash drum* V-84101 en el calentador de gas residual del *flash drum*, HE-84103, dependiendo de su calidad puede ser dirigida manualmente desde el cuarto de control hacia:

- El cabezal de crudo estabilizado XV-8406B (que transfiere crudo desde los trenes de estabilización de Fase II hasta los tanques de almacenamiento)

- La salida del deshidratador de crudo de Fase II tren A, cuando el NGL producto no cuenta con la especificación de calidad adecuada XV-5406A.

El controlador TIC-8400 y la válvula TV-8400 deberán mantener cerrado el by-pass de NGL producto en el calentador de gas residual del *flash drum* HE-84103.

La de-butanizadora cuenta con un medidor de presión diferencial entre el fondo y la cima, PDI-8414, el cual activará la alarma por alta caída de presión en la torre en caso de inundación de la misma.

**Figura 11.** Horno de aceite caliente

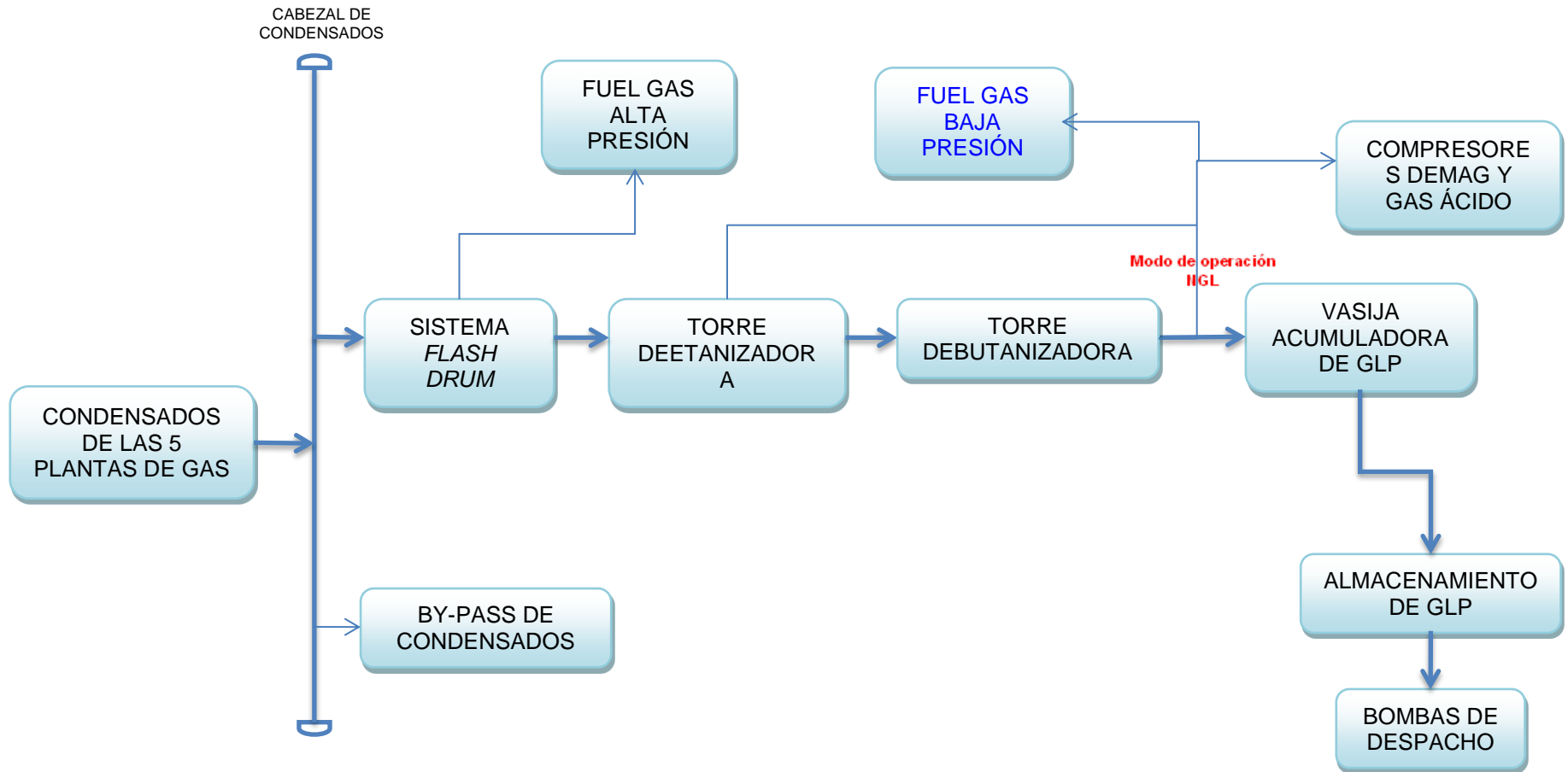


**Fuente:** Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION

En la figura 12 se observa el esquema del proceso de producción de GLP.

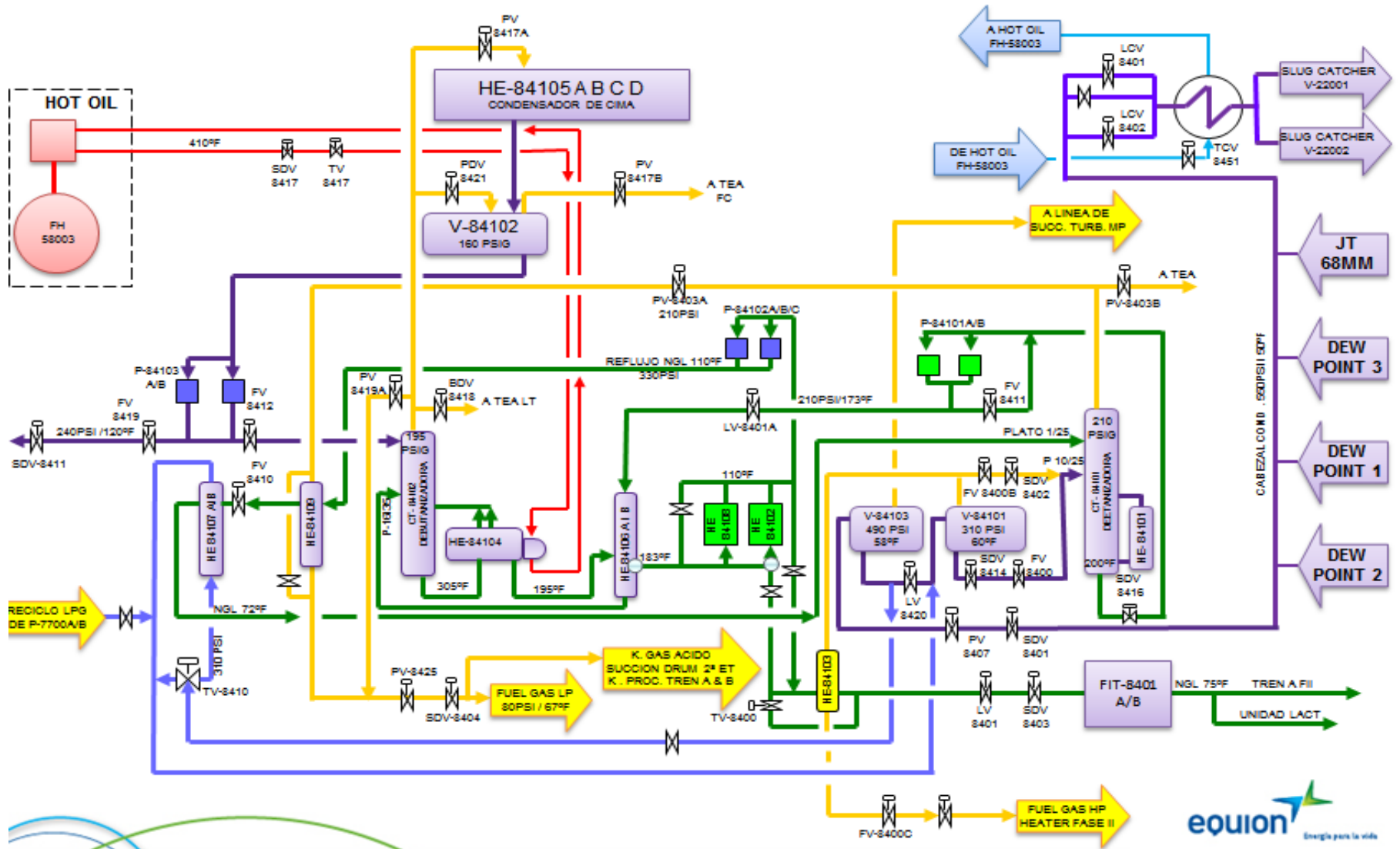
En la figura 13 se observa el diagrama de flujo de la planta GLP.

**Figura 12. Esquema del proceso de producción de GLP.**



**Fuente:** Manual de operación GLP 06-11-2013

Figura 13. Diagrama de flujo Planta GLP



Fuente: Presentación Gas y GLP Cusiana. 21-02-2016. Equion

## 2.2. DESCRIPCIÓN OPERATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE NGL

### 2.2.1. Sistema de carga

Corriente de condensados mezclados

Esta corriente corresponde a una mezcla de condensados provenientes de las unidades turbo-Expander 1 y 2 y de la planta SGP LTO II (turbo-Expander 3), los cuales se mezclan eventualmente con los condensados de la planta ECP<sup>5</sup> y los condensados provenientes de la planta JT-SGP existente para totalizar un flujo entre 160.272 y 181000<sup>6</sup> lb/h de condensados mezclados.

La corriente de condensados mezclados llega a la planta a 550 psig y a una temperatura entre 60 y 100°F. Su presión se regula con la válvula PV-8410 antes de llegar al tambor de estabilización de condensados, *flash drum* V-84101 a 305 psig.

El sistema de enfriamiento de reciclo, incluido el controlador TIC-8410 y el enfriador final de reciclo, HE-84107A/B deberán estar fuera de servicio en esta operación.

Para la operación de producción de condensados NGL estabilizados, las facilidades de reprocesamiento de LPG deben estar fuera de servicio.

### 2.2.2. Sistema del *flash drum*

Las corrientes de alimentación a la planta se mezclan antes de llegar al tambor de separación de condensados *flash drum* V-84101, el cual opera a unas condiciones de 305 psig y entre 44 y 80 °F y en donde se separan las fases gaseosas y líquidas de la corriente de condensados mezclados recibida en la planta.

---

<sup>5</sup> Esta corriente operará de forma intermitente hacia la planta

<sup>6</sup> Máximo flujo de condensados para las condiciones actuales de acuerdo a datos de campo

La operación del sistema del *flash drum* es igual a la descrita en el por el modo de producción LPG.

### **2.2.3. Torre de-etanizadora (Estabilizadora I)**

Para la operación de producción de NGL estabilizados, la torre CT-84101 operará como la torre estabilizadora I, para una separación profunda de los hidrocarburos livianos de los pesados, operando con pequeñas variaciones al modo de operación LPG que se detallan en el desarrollo de este numeral.

La separación en la CT-84101 produce por la cima una corriente compuesta principalmente por 27% de metano, 41% de etano y 22% de propanos y por el fondo una corriente de condensados NGL no estabilizados, con una composición aproximada de un 3% de etano, 25% en propano, 12% en butanos y 60% de hidrocarburos más pesados.

Para esta operación no se requiere la corriente de reciclo a la torre CT-84101, por consiguiente los siguientes equipos salen de servicio: HE-84102/84108, P-84102A/B/C, HE-84109, HE-84107A/B.

Mantener la temperatura de la torre en 194 °F

### **2.2.4. Torre de-butanizadora (Estabilizadora II)**

El objetivo de la torre CT-84102 es la obtención de un NGL estabilizado.

Todo el circuito de reciclo de NGL a la CT-84101 debe estar fuera de servicio, por lo tanto el NGL producto se enfría a 105°F en el calentador de gas residual del *flash drum* HE-84103 con parte del flujo de vapores que salen del *flash drum* V-84101. El control de temperatura de la corriente de NGL producto se hace controlando la temperatura de salida de la corriente de vapores de salida del HE-84103 mediante el controlador TIC-8400 y la válvula TV-8400, regulando la corriente de bypass por el lado del casco del intercambiador.

La corriente restante de NGL producto a 110°F que se enfría con los vapores de salida del *flash drum* V-84101 en el calentador de gas residual del *flash drum*, HE-84103, dependiendo de su calidad puede ser dirigida hacia:

- El cabezal de crudo estabilizado (que transfiere crudo desde los trenes de estabilización de Fase II hasta los tanques de almacenamiento)
- La salida del deshidratador de crudo de Fase II tren A, cuando el NGL producto no cuenta con la especificación de calidad adecuada.

El controlador TIC-8400 y la válvula TV-8400 deberán mantener cerrado el by pass de NGL producto en el calentador de gas residual del *flash drum* HE-84103.

## CAPITULO III

### 3. INSTALACIÓN VASIJA *FLASH DRUM* ADICIONAL V-84103

La planta de LPG del CPF Cusiana procesa los condesados no estabilizados producidos en las unidades de control de punto de rocío de las plantas de gas. Como productos se encuentran LPG, NGL y gas combustible que es consumido en la operación de las máquinas del CPF.

En los últimos años el CPF ha experimentado una reducción progresiva de los volúmenes de fluidos manejados, generando la necesidad de poner fuera de servicio máquinas de alto consumo de gas combustible (turbocompresores, turbogeneradores, hornos), disminuyendo el consumo de gas combustible. Como consecuencia, la planta de LPG se ha presurizado limitando la producción de LPG y NGL.

La solución planteada a este problema es la instalación de una etapa de separación gas/líquido previa al *flash drum* V-84101 que actualmente recibe los condesados no estabilizados. El gas separado en el *flash drum* adicional V-84103 (ver figura 14), se direcciona hacia el cabezal de succión de los turbocompresores de media presión para ser reprocesado, mientras que el líquido se direcciona hacia la vasija V-84101. Actualmente al cabezal de gas amargo está alineada una turbina de media presión de las tres existentes en el CPF, una está dedicada al servicio de gas dulce y otra está fuera de servicio.

El *flash drum* adicional consiste básicamente en una vasija de separación bifásica operando a ~500 psig que retira 80% de los gases que actualmente se separan en la vasija Flash de la Planta GLP, y los envía hacia reinyección, mientras los condensados siguen hacia el tambor Flash de la Planta de GLP, donde se despresurizan a 300 psig. Con este esquema se elimina la limitación de manejo

de gases de alta presión de la planta de GLP que contarían con una ruta alterna (hacia reinyección). Las ventajas obtenidas al eliminar la limitación anterior son:

- ✓ Incrementar de manera sostenible 500 BPD la producción de GLP.
- ✓ Incrementar de manera sostenible 200 BPD la producción de condensados estabilizados (NGL) y
- ✓ Eliminar la quema de 7.0 MMscfd de gas, (5.5 MMscfd Turbina rodando en vacío + 1.5 MMscfd en la tea).

**Figura 14.** Flash drum adicional de la Planta GLP- V84103



**Fuente:** Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION

### **3.1. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO**

#### **3.1.1. TEMPERATURA DE DISEÑO (RECIPIENTES, BOMBAS Y TUBERÍAS)**

- **Temperatura de diseño inferior:** La temperatura de diseño inferior para los equipos se tomará igual a la mínima temperatura de operación menos 18 °F (10 °C).

Para los casos de auto-refrigeración (despresurización), que ocasionen baja temperatura del metal a baja presión, se debe modelar el proceso para predecir la variación con el tiempo de la presión y la temperatura. Esta temperatura no se reportará como la temperatura mínima de diseño, pero se tendrá en cuenta para la selección adecuada del material. La temperatura más baja calculada a la presión residual esperada será reportada como una condición de corto tiempo.

Durante la operación normal del sistema se esperan temperaturas de 40 a 60 °F. En la vasija V-84103, se pueden presentar temperaturas inferiores a la condición normal, durante escenarios de despresurización, alcanzando incluso temperaturas de -40°F al despresurizar hasta 0 psig. El escenario de despresurización se puede presentar por despresurización controlada para mantenimiento, evento en el cual se deberá realizar seguimiento por parte de operaciones para evitar temperaturas inferiores a la del diseño, y/o despresurización controlada por seguridad del proceso a través de la BDV-2607 (instalada en el cabezal de succión de turbocompresores de media presión).

#### **3.1.2. CRITERIO PARA DISEÑO DE LA VASIJA V-84103 (FLASH DRUM ADICIONAL)**

- **Condiciones de Operación**

Las nuevas facilidades se diseñan para operar dentro de los tres escenarios mostrados en la tabla 2. En el primer caso, se supone la operación de las tres unidades de turbo expansión (DPC); el caso 2, que corresponde a las condiciones

de operación actuales, implica las tres DPC, la planta de 68 MM y temperatura en separador de baja temperatura (LTS) de 6 °F. En el caso 3, se supone se han realizado optimizaciones en las unidades DPC que permiten procesar +15 MMscfd con temperatura en el LTS de -20 °F.

**Tabla 2.** Condiciones de operación y volúmenes de fluido

	Caso 1		Caso 2		Caso 3	
Descripción	DPC	3 ea	DPC	3 ea	DPC	3 ea
	68 MM	N/A	68 MM	SI	68 MM	SI
	Temp. LTS	6°F	Temp.	6°F	Temp.	-20°F
	+ GAS	N/A	LTS	N/A	LTS	+15 MM
			+ GAS		+ GAS	
Carga, lb/h	126,000		170,000		274,000	
Gas Separado, MMscfd (lb/h)	24.7 (67,120)		33.3 (91,450)		50.8 (133,700)	
Líquido Separado, bpd (lb/h)	7,900 (62,880)		10,600 (84,100)		19,000 (136,300)	
Presión, Psig (Ver anexo A)	454/520		468/520		515/520	
Temperatura, °F	46		55		59	

**Fuente:** Informe desembotellar LPG. Equion

- **Tolerancia de corrosión**

0.125 in para equipos y tuberías nuevas

- **Presión de diseño**

La vasija existente V-1001 tiene presión de diseño 660 Psig @ 240 °F.

- **Características de los fluidos**

En la tabla 3 se observan las características de los fluidos separados en la vasija V-84103

**Tabla 3.** Características de los fluidos separados en la vasija V-84103

	Mínimo	Normal	Máximo
<b>Gas</b>			
<b>Gravedad específica</b>	0.88	0.88	0.87
<b>Densidad, lb/ft<sup>3</sup></b>	2.54	2.61	2.90
<b>Viscosidad, cP</b>	0.012	0.012	0.012
<b>Compresibilidad</b>	0.82	0.82	0.80
<b>Peso Molecular</b>	25.39	25.38	25.32
<b>Líquido</b>			
<b>Gravedad específica</b>	0.50	0.50	0.50
<b>Densidad, lb/ft<sup>3</sup></b>	31.4	31.2	31.4

*Fuente: Informe desembotellar LPG. Equion*

- **Tiempo de residencia**

1 minuto volumen de control.

Además se debe cumplir que:

Altura mínima vertical en el espacio del vapor arriba del HHLL debe ser mínimo el 25% del diámetro.

El tiempo mínimo entre NLL y HLL debe ser 1 min.

Tiempo mínimo entre el fondo de la vasija y LLL debe ser de 2 min.

- **Criterios diseño de boquillas**

El tamaño de las boquillas de alimentación será igual o mayor al tamaño de la línea requerida de acuerdo a los criterios de la tabla 4.

Todas las boquillas para instrumentación serán en 2'' o mayor, excepto para termo pozos que será en 1½''.

### 3.1.3. CRITERIO PARA DISEÑO DE TUBERÍAS

- **Criterio para diseño de tuberías de proceso**

Los criterios para diseño de tuberías son la caída de presión (psi / 100 ft) y la velocidad (ft/s), ver tabla 4.

**Tabla 4. Criterios diseño de tuberías**

	Caída de presión psi / 100 ft	Velocidad ft/s
<b>Líquidos</b>	0.2 – 0.5	4 - 7
<b>Gas</b>	0.1 - 0.5	15-60
<b>Bifásico</b>	< 5	Velocidad Erosional, C=100

**Fuente:** Informe desembotellar LPG. Equion

- **Criterio para diseño de líneas de alivio**

La velocidad de flujo en la línea de descarga para válvulas de alivio, deberá ser menor a 50% la velocidad del sonido sin sobrepasar nunca el 70%.

La caída de presión en la tubería de entrada de la válvula de relevo debe ser inferior al 3% de la presión de ajuste. La línea de entrada no será menor que la boquilla de entrada de la válvula de relevo.

### 3.1.4. BASES DE DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

Por solicitud de Equion, la medición de nivel en la vasija V-84103 se contempla “Full Range” e implica tener medición sobre todo el diámetro de la vasija (84 in O.D.), tanto para el medidor de proceso, como para el medidor de seguridad.

Para el sistema de detección de Fuego y Gas (Fire & Gas) se considera la instalación de un instrumento para la detección de fuego y dos instrumentos para la detección de gas. El detector de gas instalado en la zona de entrada a la vasija V-84103, estará asociado al interbloqueo que da apertura a la válvula DV-75301

(Sistema A), mientras que el segundo instrumento para detección de gas estará asociado al interbloqueo que da apertura a la válvula DV-75302 (Sistema B).

## 3.2. SISTEMAS UTILITARIOS

### 3.2.1. Sistema contra incendio

La vasija de Pre-Flash V-84103 contará con sistema de aplicación de agua con rociadores, alimentado desde los sistemas “A” (asociado a la vasija V-84101) y “B” (asociado a la torre de-butanizadora). Podrá activarse el diluvio por activación manual (local o remota) o automática de las válvulas DV-75301 y DV-75302.

La vasija V-84103 contará con 24 boquillas de aspersion distribuidas así: 5 anillos con 4 boquillas cada uno para el cuerpo cilíndrico de la vasija y 2 boquillas adicionales para cada casquete. Una boquilla adicional protegerá la válvula PV-8427. Las boquillas a utilizar serán No. 21 con ángulo de 180°.

La revisión hidráulica de la red contra-incendio (simulación suministrada por Tipiel S.A.), muestra unas condiciones actuales que se observan en la tabla 5.

**Tabla 5. Condiciones actuales**

	Sistema “A”	Sistema “B”
<b>Demanda, gpm</b>	750	1,000
<b>Presión residual, Psig</b>	50-60	50-60

*Fuente: Informe desembotellar LPG. Equion*

Considerando presión residual de 50 Psig en las nuevas boquillas de aspersion de la vasija V-84103, la demanda será de 16.3 gpm (408 gpm para todo el nuevo sistema / 0.34 gpm/ft<sup>2</sup>). Considerando que la capacidad nominal de del sistema de bombas contra-incendio es 4,500 gpm (3 bombas cada una de 1,500 gpm) y que el consumo crítico es del orden de 3,300 gpm, se concluye que el sistema tiene capacidad para asumir la nueva carga.

Se requiere protección pasiva (fire proofing) para los siguientes elementos:

- Silletas y soportes de la vasija V-84103

Se debe verificar la reubicación del monitor contra-incendio a una distancia segura de mínimo 15 m.

### **3.2.2. “Fire & Gas”**

Se realiza un estudio de cobertura y se concluye que se requiere la instalación de un detector de llama adicional (FD-8420) para la parte sur de la vasija V-84103 y dos nuevos detectores de gas (GD-8427 y GD-8428) para cubrir la entrada de condensados (incluyendo la PV-8427) y la salida de líquidos.

La acción de estos detectores será sobre la válvula DV-75301 o DV-75302.

### **3.2.3. Aire instrumentos**

La instrumentación asociada al proyecto se conectara a las facilidades existentes.

El proyecto contempla la instalación de la nueva válvula de control PV-8427 y aumentar el tamaño de la SDV-8401 de 8” a 10”.

### **3.2.4. Sistema de protección por sobrepresión y tea de baja temperatura**

La vasija V-84103 contará con la válvula PSV-8415 para proteger cuando la presión sea igual o mayor a presión 660 Psig. Para el escenario de disparo de gas únicamente, la temperatura aguas abajo de la PSV-8415 es -19 °F. En el eventual escenario de un arrastre de líquidos se puede alcanzar temperaturas de hasta -40°F, por lo tanto, la PSV-8415 se especifica para su conexión al sistema de baja temperatura.

## **3.3. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN**

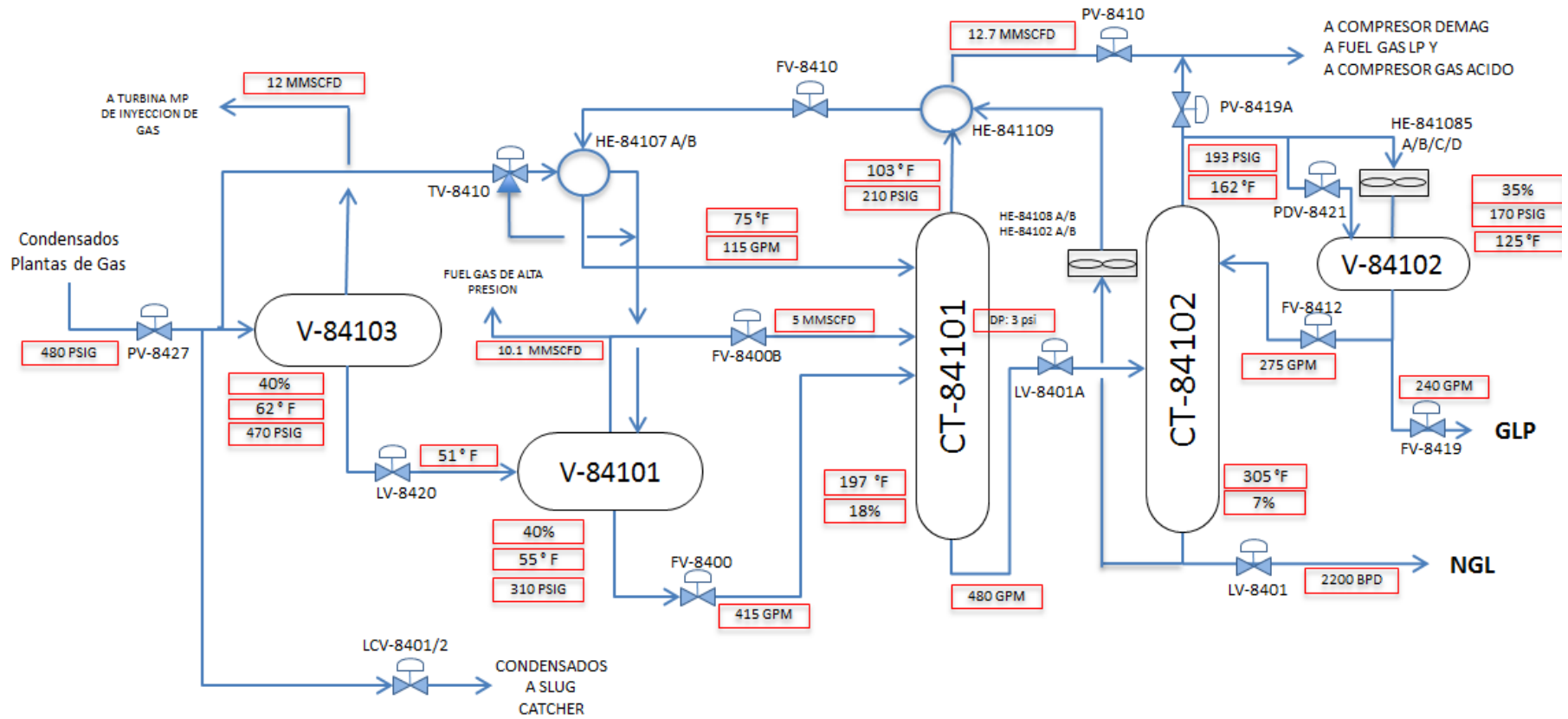
La nueva válvula PV-8427 mantiene la presión del cabezal de condensados no estabilizados en 550 Psig, al tiempo permite la carga de condensado a la planta de GLP. La presión de 550 Psig permite que el exceso de condensados puedan ser recirculado por el bypass hacia el *Slug catcher* a través de las válvulas LV-8401 y LV-8402.

El fluido ingresa a la vasija V-84103 (*flash drum* adicional) en donde se separa en fases gas y líquido, a la presión impuesta en el cabezal de succión de las turbinas de media presión (460-520 Psig), hacia donde fluye el gas separado. Por su parte el líquido separado se expande a 340 Psig en la válvula LV-8420, que sirve para mantener nivel constante en la vasija V-84103 y fluye hacia la vasija existente V-84101 (*Flash drum*). De allí en adelante, no hay modificaciones al esquema existente de procesamiento de condensados.

En el caso mantenimiento, la despresurización de la vasija V-84103 se realiza a través del by pass de la PSV-8415, hacia el cabezal de tea de baja temperatura. Cuando la presión de la vasija se ha igualado a la presión atmosférica, se procede a drenar el remanente de líquidos hacia el sistema de drenaje cerrado.

En la figura 15 se muestra el nuevo esquema operativo de la planta de GLP

**Figura 15. Nuevo esquema operativo de la planta de GLP**



**Fuente:** Reporte prueba de desempeño

### 3.4. MODIFICACIONES EN LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE GLP

Para poder llevarse a finalidad y de una forma óptima la instalación del flash drum adicional V-84103, fueron necesarias las siguientes modificaciones en algunos equipos de la planta GLP.

- *Flash drum* de condensados no estabilizados V-84101 (existente): Se hicieron modificaciones en las líneas y boquillas de entrada y salida de este equipo.
- Enfriador final del reciclo HE-84107A/B (nuevo)
- Calentador de gas HE-84103 (existente)
- Pre-enfriador de reciclo HE-84109A/B (nuevo)
- Columna de-etanizadora CT-84101 (existente): La columna estabilizadora existente se modifica y las condiciones de operación cambian para que pueda operar como columna de-etanizadora dentro de la nueva planta de LPG. Se acondicionan los platos 1 y 10. Las condiciones actuales en la cima de la columna (presión 75 psig, temperatura 89°F) cambian para que funcione como columna de-etanizadora a 210 psig y 54°F, y como columna estabilizadora a 100 psig y 11°F.
- Re-hervidor de la de-etanizadora HE-84101 (existente)
- Bombas de alimentación a la columna de-butanizadora P-84101A/B (nuevas)
- Intercambiador alimentación/fondo de la de-butanizadora HE-84106A/B (nuevo)
- Enfriadores de NGL HE-84102 (existente)/HE-84108 (nuevo)
- Bombas de reciclo de NGL P-84102A/B/C (nuevas)
- Columna de-butanizadora CT-84102 (nuevo): Este equipo es nuevo y recibe como alimentación la corriente de fondos de la torre de-etanizadora. La

alimentación a la torre de-butanizadora se realiza en el plato número 14 (contando desde la cima) y el número total de platos de la misma es 29. Las condiciones de operación en la cima serán de 186 psig y 110°F en el caso LPG, y 90 psig y 131°F en el caso estabilización, las condiciones en la corriente de fondo serán de 202 psig y 338°F para LPG y 97.5 psig y 264°F para estabilización.

- Condensador de cima de la de-butanizadora, HE-84105 (nuevo)
- Tambor de cima de la de-butanizadora V-84102 (nuevo)
- Bombas de LPG P-84103 A/B

### **3.5. PRUEBA DE DESEMPEÑO**

Una vez instalado el *flash drum* adicional V-84103, se hizo una prueba de desempeño donde se tuvieron en cuenta parámetros de operación, parámetros de calidad, y volúmenes entregados que se regirán por las especificaciones de venta exigidas por el RUT los cuales se pueden ver en la tabla 6.

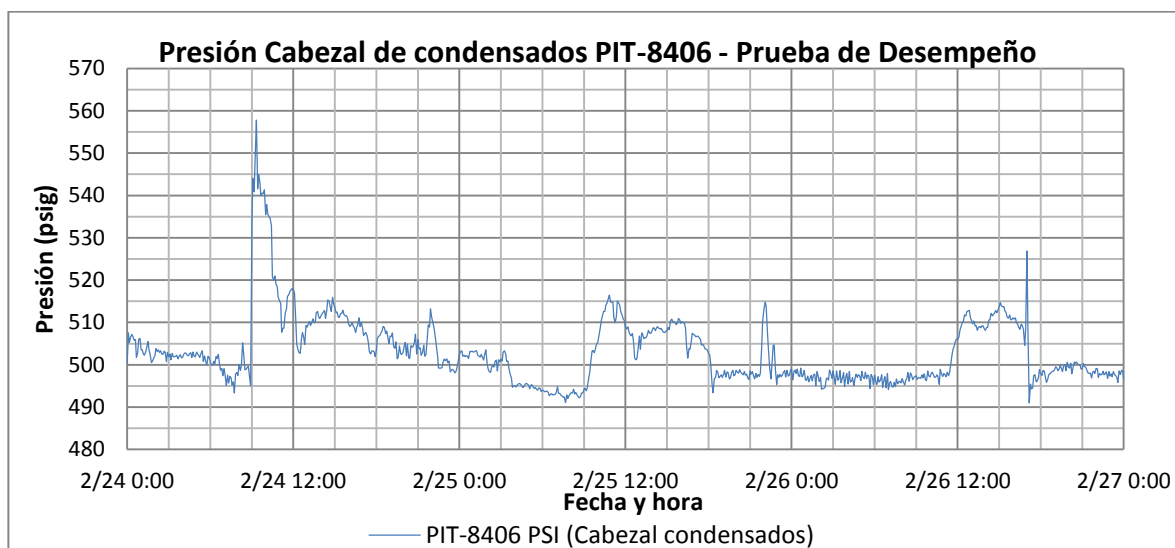
La presión del cabezal de condensados (Ver figura 16) osciló en valores entre 490 y 560 psig. Sin embargo, esta variable no afecta la estabilidad de las condiciones en la vasija pre-flash; la presión en esta última está fijada por la succión de la turbina de media presión, y se mantiene en un rango de 460 a 480 psig, mientras que la temperatura permanece estable a menos que haya una variación de la misma en las vasijas frías de las plantas de gas.

**Tabla 6. Parámetros Gas Ventas RUT**

Punto de rocío por +20 °F @ a cualquier presión hidrocarburo	( <i>cricondentherm</i> )
Poder Calorífico Bruto (HHV)	950 – 1,150 BTU/ft <sup>3</sup>
Contenido de CO <sub>2</sub>	2 mol % máximo
<b>LPG</b>	
Presión de Vapor @ 100 °F	208 psig máx. (NTC 2562 o ASTM D-2598)
Contenido de C <sub>2</sub>	2 % vol. líq. Máximo.
Contenido de C <sub>5</sub> <sup>+</sup>	2 % vol. líq. Máximo.
<b>NGL</b>	
Presión de Vapor @ 100 °F	12.3 psia máximo.

**Fuente:** ToR Prueba de Desempeño. Pre flash de LPG con Carga en las Plantas de Gas de 270 MMscfd

**Figura 16.** Gráfico de comportamiento de la presión del cabezal de condensados no estabilizados.



**Fuente:** Reporte prueba de desempeño

Para la condición de temperatura que se tuvieron las vasijas frías (-2 °F), todos los condensados no estabilizados de las plantas de gas fueron cargados a la planta de GLP, es decir, sin desviar parcialmente esa corriente hacia el *slug catcher*.

Las composiciones de las corrientes de gases de salida de las vasijas del *flash drum* adicional, flash y la cima de la torre de-etanizadora, se presentan en la tabla 7. Actualmente no se tiene medición del flujo de gas saliendo del *flash drum* adicional y el estimativo por simulación es de 23 MMSCFD.

**Tabla 7.** Cromatografías de corrientes de gas del pre-flash, gas del flash y gas de cima de de-etanizadora.

Componente	Gas salida Pre-flash V-84103		Gas salida Flash drum V-84101		Salida de-etanizadora a Fuel Gas de baja Presión	
	% mol	% Peso	% mol	% Peso	% mol	% Peso
<b>Dióxido de Carbono, CO<sub>2</sub></b>	2.39	4.30	2.39	4.15	2.29	3.16
<b>Nitrógeno, N<sub>2</sub></b>	0.50	0.57	0.47	0.52	0.24	0.21
<b>Metano, C1</b>	61.89	40.55	58.13	36.82	29.57	14.91
<b>Etano, C2</b>	19.88	24.42	21.77	25.86	45.79	43.29
<b>Propano, C3</b>	11.58	20.85	13.16	22.91	12.97	17.98
<b>i-Butano, iC4</b>	1.59	3.78	1.76	4.03	0.40	0.72
<b>n-Butano, nC4</b>	1.67	3.96	1.81	4.15	1.41	2.57
<b>i-Pentano, iC5</b>	0.29	0.86	0.30	0.84	3.65	8.28
<b>n-Pentano, nC5</b>	0.16	0.47	0.16	0.45	2.43	5.50
<b>Hexanos, C6</b>	0.04	0.17	0.04	0.17	0.88	2.33
<b>Heptanos, C7</b>	0.01	0.05	0.01	0.05	0.27	0.74
<b>Octanos, C8</b>	0.00	0.02	0.00	0.04	0.09	0.28
<b>Nonanos, C9</b>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03
<b>Decanos, C10</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Undecanos, C11</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Dodecanos, C12+</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Fuente:** Reporte prueba de desempeño

La presión del flash V-84101 permanece estable, entre 308 y 314 psig que mantiene un flujo de gas hacia fuel gas de alta presión igual a 10.1 MMSCFD, y de 5 MMSCFD hacia la torre de-etanizadora.

Para cargas líquidas superiores hacia la torre de-etanizadora mayores de 535 gpm, se comprobó la limitación en la capacidad de la torre manifestada en la inundación de la misma, evidenciada en la alta presión diferencial (>4 psi) entre cima y fondo. El restablecimiento de las condiciones normales de operación, implica la suspensión de la carga de la planta (desvío de condensados no estabilizados hacia el *Slug Catcher*), por un período aproximado de 4 horas. Esta condición fue verificada durante la prueba, cuando se disminuyeron las temperaturas de las vasijas frías (aproximadamente a -8 °F) de las plantas de gas LTO-1 y LTO-2, produciendo una mayor cantidad de condensados no estabilizados (carga líquida a la torre), entre 540 y 560 gpm, que desestabilizó la planta de GLP por la inundación de la torre de-etanizadora, evidenciada en el aumento de la presión diferencial de la misma (> 5 psig). El incremento de retiro de líquidos de fondo de la de-etanizadora para desinundarla, puede llevar a la inundación de la torre de-butanizadora CT-84102.

El flujo de gas de cima de la de-etanizadora se mantiene en un valor promedio de 12.7 MMSCFD, valor muy inferior al obtenido con el esquema sin la vasija pre-flash (28 MMSCFD).

Previamente a la prueba, se modificó el ángulo de inclinación de las aspas de los ventiladores de los condensadores de GLP HE-84105 A/B/C/D, para incrementar el flujo de aire manejado y por ende su capacidad, como lo evidencia el incremento del consumo de corriente en 30% (ver tabla 8).

**Tabla 8.** Modificación en ángulos de ventiladores de los condensadores de GLP: HE-84105 A/B/C/D

EQUIPO	CORRIENTE (A)		ANGULARIDAD		RESULTADO (A)
	nominal	Inicial	Inicial <sup>o</sup>	Final <sup>o</sup>	Corriente Actual
<b>A</b>	56	41	21	27	54.5
<b>B</b>	56	38	20	27	54.5
<b>C</b>	56	45	24	27	53.5
<b>D</b>	56	40	21	27	53.5

**Fuente:** Reporte prueba de desempeño

Durante la prueba, se operó con todos los condensadores y la temperatura de líquido en el tambor acumulador de cima V-84102 de la torre de-butanizadora, presentó valores entre 115 y 125 °F.

Los sistemas de bombeo operaron en la siguiente condición:

- Bomba de alimentación a la de-butanizadora P-84101 A/B, operó una de las dos, con un flujo promedio de 480 gpm.
- Bombas de reciclo de NGL, P-84102 A/B/C: operaron 2 de 3, manteniendo flujo promedio de 110 gpm.
- Bombas de GLP producto P-84103 A/B, operó una de dos, con un flujo promedio de 240 gpm.

Las válvulas de control de temperatura de los re-hervidores de las torres de-etanizadora y de-butanizadora, operaron en un rango de control adecuado (del 10 al 30 % la TV-8401 de agua caliente, y del 30 al 60 % para la TV-8417 del sistema de aceite caliente).

Durante la prueba realizada se mantuvieron en especificaciones, tanto los productos líquidos GLP y NGL, como el gas ventas, y los niveles de producciones obtenidos se observan en la tabla 9.

**Tabla 9. Niveles de producción obtenidos**

<b>Fecha</b>	<b>24-Febrero - 2016</b>	<b>25-Febrero - 2016</b>	<b>26-Febrero - 2016</b>	<b>Promedio</b>	<b>Línea base</b>
<b>Ventas de gas, MMSCFD</b>	271.6	270.4	270.5	270.8	270
<b>Producción LPG, bpd</b>	8450	8550	8423	8474	7577
<b>Producción NGL, bpd</b>	2239	2188	2220	2215	2063

**Fuente:** Reporte prueba de desempeño

## CAPITULO IV

### 4. RECIRCULACIÓN DEL GAS DE VENTA

Con el fin de optimizar el manejo de gas combustible de alta presión en el CPF y sostener la producción de líquidos GLP y NGL siempre y cuando la presión del gasoducto se mantenga en valores entre 1000 y 1050 psig, es necesario instalar un sistema que permita colocar la recirculación del sistema de gas de ventas en la corriente de inyección y una válvula de globo en la salida de gas de la vasija flash flash drum V-84103 de la Planta GLP.

La optimización de las condiciones operativas de la Planta, junto con la instalación de la vasija flash drum adicional V-84103, ha permitido llevar el nivel de recuperación de líquidos a 8000 BPD de GLP y 2200 BPD de NGL con ventas de gas de 270 MMscfd y presión de 1000 a 1050 psig en gasoducto; sin embargo, las bajas ventas de gas Cusiana no permiten que se pueda aprovechar todo el potencial de recuperación de líquidos de la planta de GLP. Presiones de 1100 - 1150 psig en gasoducto reducen la producción de condensados y por ende la recuperación de líquidos GLP y NGL hasta en 20%.

Las siguientes corrientes gaseosas se producen en la unidad:

- Gas del *flash drum* adicional V-84103, se envía como gas de inyección a las turbinas de media presión. En la figura 17 se observa el tren de reinyección de gas hacia algunos equipos mismos de la planta.

**Figura 17.** Tren de reinyección de gas



**Fuente:** Grupo de Operaciones Planta Cusiana EQUION

- Gas del *flash drum* V-84101, se envía como gas combustible de alta presión, cuyos principales usuarios son los turbocompresores de reinyección de gas y turbo generadores de energía. El gas combustible de alta presión tiene un consumo máximo determinado por un número fijo de usuarios, que actualmente es suministrado en un 40% con el gas de esta vasija.
- Gas de la cima de la torre de-etanizadora, que se envía a gas combustible de baja presión y el sobrante a la succión de los compresores de gas de proceso Demag.

Con la instalación de dicho sistema, se obtendrían los siguientes beneficios:

- Mantener de manera sostenible el nivel de producción de 8000 BPD de GLP y 2200 BPD de NGL, independientemente del volumen de gas de ventas

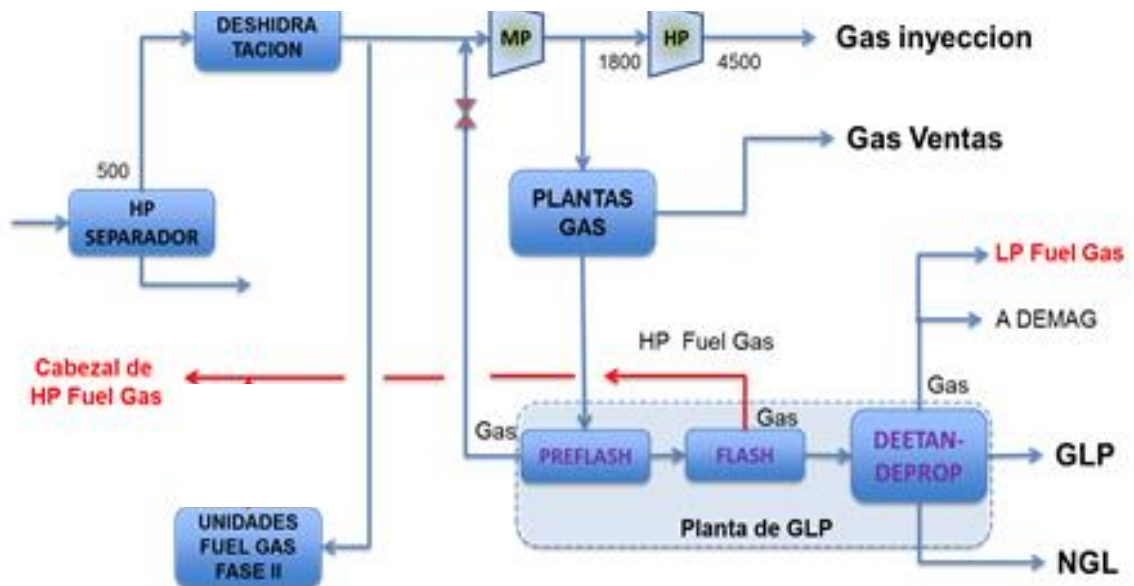
despachado a gasoducto, siempre que la presión en este último se mantenga entre 1000 a 1050 psig.

- Cubrir la demanda de todo el gas combustible de alta y baja presión requerido para la operación del CPF Cusiana, con las corrientes de rechazo de las Plantas de GLP.
- Incrementar el volumen de GLP ofertado en al mercado.
- Incrementar la producción promedio de NGL.

Para garantizar que se mantenga la confiabilidad del suministro de gas combustible de alta presión a los usuarios, estos quedaran abastecidos con el gas separado en el tambor flash V-84101 de la Planta de GLP, y como respaldo quedara en operación a mínima carga una unidad de gas combustible de Fase-II, para asumir la demanda en el evento de salida de la Planta de GLP.

En la figura 18 se observa el esquema general para suministro de gas combustible.

**Figura 18.** Esquema general para suministro de gas combustible.



**Fuente:** SOR recirculación gas ventas

## **4.1. Salud, Seguridad, Ambiente**

### **4.1.1. Salud y Seguridad**

Los objetivos del Proyecto en lo concerniente a salud y Seguridad estuvieron acorde con los lineamientos de Equion de no accidentes, no lesiones a personas y no daños al ambiente.

### **4.1.2. Ambiente**

Debieron cumplirse los siguientes objetivos:

- No incremento de las quemas de gas en las teas.
- Eliminar o minimizar hasta donde sea practico, el venteo de gases a la atmosfera; en caso de ser necesario deben ser conducidos a sitios seguro.
- Contención de derrames.
- Cualquier desviación de los objetivos anteriores deberá ser aprobada por Operaciones.

### **4.1.3. Integridad**

- **Mantenimiento e Inspección**

Los Planes de Mantenimiento e Inspección de la Planta de GLP no serán afectados por la instalación del sistema de recirculación de gas.

- **Monitoreo, Control y Shutdown**

La instalación del sistema de recirculación de gas no modifica ningún lazo de control ni los sistemas de shutdown; se actualizaron los Planos de Ingeniería P&ID de la Planta de GLP y Gas afectados por las modificaciones.

## CAPÍTULO V

### 5. ESTUDIO DEL IMPACTO SOCIAL, AMBIENTAL E INTEGRAL SOBRE LA INSTALACIÓN DE LA VASIJA *FLASH DRUM* ADICIONAL

El desarrollo de este proyecto estuvo dentro de las políticas establecidas por Equion en cuanto a salud, seguridad y ambiente.

Es importante estudiar los siguientes aspectos ya que pueden ser útiles si se decidiera realizar este mismo procedimiento de instalación en otra planta de gas del país que presente el mismo problema planteado en este proyecto y así poder economizar gastos, salvar vidas y evitarse problemas de tipo ambiental y social.

#### 5.1. Salud y Seguridad

Los objetivos del proyecto en lo concerniente a salud y Seguridad se basan principalmente en no accidentes, no lesiones a personas y no daños al ambiente, además de realizar la verificación de los sistemas de protección contra incendios en el área donde se adicionara la nueva vasija.

#### 5.2. Ambiente

Debieron cumplirse los siguientes objetivos:

- No incremento de las quemaduras de gas en las teas.
- Eliminar o minimizar hasta donde sea práctico, el venteo de gases a la atmósfera; en caso de ser necesario deben ser conducidos a sitios seguros.
- Contención de derrames.
- Cualquier desviación de los objetivos anteriores deberá ser aprobada por Operaciones.

### **5.3. Integridad**

#### **5.3.1. Mantenimiento e Inspección**

Los Planes de Mantenimiento e Inspección de la Planta de GLP y trenes de separación de crudo, debieron ser actualizados a medida que se ejecutan las modificaciones implementadas con el proyecto.

La ubicación de la vasija *flash drum* adicional consideró la provisión de espacio para el Mantenimiento, cumpliendo con las normas aplicables.

El Proyecto debió asegurar la inclusión de los nuevos equipos dentro del sistema de mantenimiento (SAP), de forma que se garantice su inclusión en las rutinas de mantenimiento y la disponibilidad de repuestos.

#### **5.3.2. Monitoreo, Control y Shutdown**

El Proyecto debió garantizar la actualización de la documentación de Ingeniería (P&ID, Diagrama Causa-Efecto, Tabla Limite de Operación, Narrativa de control del proceso, listado de SCEs, etc.) asociada con el sistema de control e instrumentación de la Planta de GLP.

La adición del nuevo equipo y nuevos lazos de control, fueron incluidos dentro de las pantallas de monitoreo de la Planta de GLP ubicadas en el CCR de Cusiana.

## 6. CONCLUSIONES

- La inclusión del flash adicional en el esquema operativo permite el envío hacia reinyección del excedente de gas de alta presión que se generaba anteriormente en el flash. De igual forma se redujo considerablemente (de 28 a 12.7 MMSCFD) la corriente de gas de cima de la de-etanizadora, gas que se envía a los compresores de gas de proceso DEMAG.
- El flujo de gas del flash hacia el sistema de fuel gas de alta presión, representa aproximadamente el 35 % de los requerimientos de los sistemas usuarios (turbocompresores y turbogeneradores); el gas restante es aportado por uno de los patines de fuel gas de Fase II.
- Con las producciones incrementales entregadas se cumplió la promesa de valor del Proyecto de instalación de la vasija flash adicional: 500 BPD de GLP y 300 BPD de NGL.
- La implementación de la recirculación de gas ventas hacia los compresores de reinyección, permitirá mantener la recuperación de líquidos GLP y NGL independiente del volumen de gas despachado, para un nivel de presión en gasoducto de 1000 - 1050 psig.
- El incremento de presión en gasoducto a niveles de 1100 - 1150 psig reducirá en aprox. 15 - 20% la recuperación de líquidos, aun con la recirculación modificada.

## 7. RECOMENDACIONES

- Este tipo de proyectos que cambian el diseño ORIGINAL de plantas, por ninguna opción se debe desarrollar sin un Manejo del Cambio adecuado donde involucre un grupo Interdisciplinario de personas donde realicen todos los análisis para evitar daños a las personas, daños a los equipos y daños al medio ambiente en caso que exista una pérdida de control después de implementado el proyecto.
- Todo proyecto que involucre un aumento de producción (optimización) de líquidos en una planta de GLP debe seguir al pie de la letra las recomendaciones de las Ingenierías Conceptuales, Básicas y de Detalle, ya que una mala implementación de las mismas generara un Incidente MAYOR dentro de las instalaciones existentes.
- Este tipo de proyectos deberán tener el soporte ECONOMICO de empresas de Petróleo como EQUION porque la inversión para obtener este tipo de soluciones donde el objetivo sea recuperar 500 BPD de propano líquido y 250BPD de condensados estabilizados serán muy altas y se pueden quedar en el camino con una intervención menor que afecte el funcionamiento final de la Planta.
- Para poder afirmar que el proyecto cumplió o logró el objetivo se debe realizar las pruebas de desempeño una vez implementado el mismo. Este tipo de pruebas deben ser implementadas con un PROTOCOLO o términos de referencia donde se informen que tipo de parámetros y de variables de información se necesitan para obtener pruebas representativas que demuestren claramente la optimización de la PLANTA.

- En la implementación del proyecto donde se plasmen las Ingenierías y donde se escoge el contratista que construirá la modificación de la Planta deberán cumplir todas las certificaciones que garanticen un adecuado desarrollo final del proyecto
- Como recomendación final NUNCA implementen un proyecto de esta magnitud si haber realizado todos los aseguramientos necesarios como PRECOMISIONAMIENTO y el COMISIONAMIENTO en todas las disciplinas como son PROCESO, MECANICA, ELECTRICO, CONTROL, INSTRUMENTACION y CIVIL.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPBELL, Jhon Y OTROS. Technical Assistance Service For The Design, Operation and Maintenance of Gas Plants. 2003.
- GAS PROCESSORS SUPPLIERS ASSOCIATION. The GPSA Engineering Data Book. 12 Ed. Tulsa, Oklahoma, 2004.
- Informe desembotellar LPG. Equion
- JARAMILLO S, Alonso. Manual general de operaciones
- KEN Arnold y STWART Maurice. Surface Production Operations, Design of Gas-Handling Systems And Facilities, Volumen 2, 2Ed.
- Manual de operación GLP 06-11-2013
- Modificaciones en la planta de GLP Cusiana
- PEREZ, Martha. Metodología de la investigación. 2011
- Presentación Gas y GLP Cusiana. 21-02-2016. Equion
- Proyecto línea fuel gas y recirculación CPF Cusiana. Statements of requeriments (SOR). Equion. Abril de 2016
- Proyecto vasija pre-flash planta de LPG CPF Cusiana. Statements of requeriments (SOR). Equion. Abril de 2015
- Reporte prueba de desempeño. Equion
- ToR Prueba de Desempeño. Pre flash de LPG con Carga en las Plantas de Gas de 270 MMscfd. Equion

## ANEXOS

### ANEXO A 1. Tabla especificaciones de calidad de gas natural según RUT (1)

Propiedades físicas del gas	Valor
Máximo poder calorífico bruto superior	1150 BTU/ft <sup>3</sup>
Mínimo poder calorífico bruto superior	950 BTU/ft <sup>3</sup>
Contenido de líquidos	LIBRE
Máximo contenido de H <sub>2</sub> S	4 ppm
Máximo contenido de CO <sub>2</sub>	2% de volumen
Máximo contenido de vapor de agua	4 lb/MMft <sup>3</sup> (2)
Máxima temperatura de entrega	120°F
Mínima temperatura de entrega	45°F
Contenido máximo de polvos y material en suspensión	0,7 grano/1000ft [máx tamaño de partículas 15µm]
Presión máxima de entrega	1200 psi

1 – Reglamento Único de Transporte de Gas Natural (RUT).

2 – De acuerdo a las características del tratamiento, se requiere llegar hasta 4 lb/MMft<sup>3</sup>. En el RUT se estipula un máximo de 6 lb/mmft<sup>3</sup> de contenido de vapor de agua.