

**ASEGURAMIENTO DE LA MEDICIÓN DE GASES DE EL CENTRO Y DE
HERRAMIENTAS DE SEGUIMIENTO OPERATIVO EN EL DEPARTAMENTO DE
MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS**

KAROL JOHANA GARRIDO QUINTERO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2010

**ASEGURAMIENTO DE LA MEDICIÓN DE GASES DE EL CENTRO Y DE
HERRAMIENTAS DE SEGUIMIENTO OPERATIVO EN EL DEPARTAMENTO DE
MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS**

KAROL JOHANA GARRIDO QUINTERO

**Trabajo de grado en la modalidad de práctica industrial, presentado para
optar al título de Ingeniero Químico**

Director

**CRISÓSTOMO BARAJAS FERREIRA
Ingeniero Químico. Msc**

Tutor

**ERNESTO ALFONSO GÓMEZ CABARCAS
Ingeniero Químico
Jefe de Departamento de Materias Primas y Productos
GRB-ECOPETROL S.A.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2010

A Dios por llenarme de bendiciones cada día y permitirme alcanzar todas las metas que me he propuesto.

A mis padres Néstor Martín y Teresa, mis mosqueteros durante toda mi vida, quienes gracias a su apoyo incondicional y ejemplo de perseverancia, responsabilidad y fortaleza han sido mis guías en mi caminar por la vida.

A mi hermano Diego Andrés, a mi nono Pedro Pablo, a mi nona Teresa (quien no está conmigo pero me sigue alentando a alcanzar mis sueños), a mi abuela Alba y demás familiares que emprendieron este camino creyendo siempre en mí.

A mis amigos y demás personas que forman o formaron parte alguna vez de mi vida puesto que cada uno de ellos ha contribuido en mi formación para convertirme en quien soy hoy.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander, especialmente a la Escuela de Ingeniería Química por brindarme el conocimiento que me ha formado como profesional.

A ECOPETROL S.A representado en la Coordinación de Ingeniería de Proceso, el Departamento de Mantenimiento y a quienes llevo en mi corazón el Departamento de Materias Primas por permitirme vivir una de las mejores experiencias de mi vida, puesto que no solo aprendí sobre temas relacionados con mi formación profesional sino que me permitieron también tener un crecimiento personal, por esto mis más sinceros agradecimientos a todos y cada uno de los que intervinieron en mi paso por dicha Empresa.

Al profesor Crisóstomo Barajas por su colaboración y apoyo en la realización de este proyecto.

A mis compañeros quienes con su constante acompañamiento siempre me brindaron una voz de aliento en la búsqueda de mis ideales.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	16
1. SISTEMAS A CARGO DEL DEPARTAMENTO.....	19
1.1 Almacenamiento de Materias Primas y Productos Intermedios.....	19
1.2 Almacenamiento de Productos Terminados.....	21
1.3 Gases.....	21
2. HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO OPERATIVO EN EL DEPARTAMENTO DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS.....	22
3. ANTECEDENTES DE LA MEDICIÓN DE GLP.....	30
4. DIAGNOSTICO DE LA CORRECTA OPERACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS PRODUCTOS BLANCOS PROCEDENTES DE EL CENTRO.....	31
4.1 Identificación y Reconocimiento de las Líneas de Recibo de Campos de Productos Blancos a la Entrada de la NEGLP.....	31
4.2 Análisis cualitativo de las líneas de recibo de propano y butano procedentes de la Planta de Gas ubicada en El Centro a la NEGLP....	32
4.3 Análisis cuantitativo de las presiones de vapor de los productos blancos provenientes de los campos de la Planta de Gas de El Centro.....	32
4.4 Análisis del proceso ejecutado en la Planta de Gas El Centro.....	33
4.5 Análisis hidráulico de las líneas de propano y butano provenientes de El Centro.....	33
4.6 Cambio de condiciones operacionales en la válvula PCV31605 de la NEGLP.....	34
4.7 Realización de pruebas de medición con el propano provenientes de El Centro.....	35
4.8 Aseguramiento del procedimiento para la toma de muestras y el plan de muestreo de las líneas de recibo de productos blancos y de las balsas de almacenamiento ubicadas en la Estación.....	35
4.9 Recuperación de los tomamuestras ubicados en la NEGLP.....	35

5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO DE LA CORRECTA OPERACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS PRODUCTOS BLANCOS PROCEDENTES DE EL CENTRO.....	36
5.1	Identificación y Reconocimiento de las Líneas de Recibo de Productos Blancos a la Entrada de la NEGLP.....	36
5.2	Análisis cualitativo de las líneas de recibo de propano y butano procedentes de la Planta de Gas ubicada en El Centro a la NEGLP....	36
5.3	Análisis cuantitativo de las presiones de vapor de los productos blancos provenientes de los campos de la Planta de Gas de El Centro.....	38
5.4	Análisis del proceso ejecutado en la Planta de Gas El Centro.....	39
5.5	Análisis hidráulico de las líneas de propano y butano provenientes de El Centro.....	40
5.6	Cambio de condiciones operacionales en la válvula PCV31605 de la NEGLP.....	41
5.7	Realización de pruebas de medición con el propano provenientes de El Centro.....	41
5.8	Aseguramiento del procedimiento para la toma de muestras y el plan de muestreo de las líneas de recibo de productos blancos y de las balas de almacenamiento ubicadas en la Estación.....	44
5.9	Recuperación de los tomamuestras ubicados en la NEGLP.....	44
	CONCLUSIONES.....	46
	RECOMENDACIONES.....	48
	BILBIOGRAFÍA.....	49
	GLOSARIO.....	50
	ANEXOS.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. ESQUEMA DE LA RELACIÓN DEL PPD CON LA GRB.....	20
Figura 2. MENÚ DE LA HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO OPERATIVO.....	22
Figura 3. ESQUEMA GENERAL DE CADA POOL.....	23
Figura 4. ESQUEMA DEL POOL DE VENTAS.....	26
Figura 5. COMPONENTES DE UN POOL DE PRODUCTO.....	27
Figura 6. VENTANA PARA EL RENDIMIENTO DE MEDIOS.....	28
Figura 7. ESTADO ACTUAL DE LOS TOMAMUESTRAS UBICADOS EN LA NEGLP.....	35
Figura 8. COMPORTAMIENTO DE LOS PI's Y PT's.....	42
Figura 9. VARIACIÓN DE LA PRESIÓN OCURRIDA POR LA RESTRICCIÓN DE FLUJO.....	42
Figura 10. BALAS DE MUESTREO RECUPERADAS DE LA BODEGA DE CASA DE BOMBAS 8.....	44
Figura 11. TOMAMUESTRAS RECUPERADOS DE LA BODEGA DE CASA DE BOMBAS 9 E INSTALADOS EN LAS LÍNEAS DE RECIBO DE CAMPOS.....	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. CONSTANTES DE ANTOINE.....	32
Tabla 2. RESULTADO DE CROMATOGRAFÍAS PROPANO ELC.....	37
Tabla 3. RESULTADO DE CROMATOGRAFÍAS BUTANO ELC.....	37
Tabla 4. ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL PROPANODUCTO Y BUTANODUCTO DE ELC.....	39
Tabla 5. COMPORTAMIENTO DE LA PRESIÓN AGUAS ARRIBA Y DEBAJO DE LA PCV 31605 DURANTE UN BOMBEO.....	41
Tabla 6. VARIACIÓN DE LA PRESIÓN DE ACUERDO A LA APERTURA DE LA VÁLVULA.....	41
Tabla 7. ESTADO DE LA SOLICITUD PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS COMPONENTES NECESARIOS PARA LA ADECUACIÓN DE LOS TOMAMUESTRAS DE LA NEGLP.....	44

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. ECUACIÓN DE ANTOINE PARA LÍQUIDOS.....	31
Ecuación 2. PRESIÓN DE VAPOR EN FUNCIÓN DE LAS CONSTANTES DE ANTOINE.....	31
Ecuación 3. ECUACIÓN PARA LA VELOCIDAD MEDIA DE FLUJO EN TUBERÍAS.....	32
Ecuación 4. ECUACIÓN PARA EL NÚMERO DE REYNOLDS DE FLUJO EN TUBERÍAS.....	33
Ecuación 5. ECUACIÓN PARA LA CAÍDA DE PRESIÓN EN TUBERÍAS.....	33

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. GUÍA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS OPERACIONAL BASADO EN LA HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO OPERATIVO.....	57
Anexo B. GENERALIDADES DEL GLP Y SU MEDICIÓN.....	58
Anexo C. ESQUEMA DE LAS LÍNEAS DE RECIBO DE PROPANO Y BUTANO PROCEDENTE DE CAMPOS.....	62
Anexo D. DIAGRAMA GENERAL DE PROCESO DE LA PLANTA DE GAS DE EL CENTRO.....	63
Anexo E. ANÁLISIS CROMATOGRÁFICOS DE LOS PRODUCTOS BLANCOS DE LA PLANTA DE GAS DE EL CENTRO.....	64
Anexo F. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE GAS EL CENTRO CON SUS CONDICIONES ACTUALES DE OPERACIÓN.....	67
Anexo G. SIMULACIÓN EN INPLANT DEL PROPANODUCTO CENTRO.....	68
Anexo H. SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LAS LÍNEAS DE GLP EN GRB.....	69
Anexo I. PLAN DE MUESTREO PARA LA NEGLP.....	71

RESUMEN

TITULO: ASEGURAMIENTO DE LA MEDICIÓN DE GASES DE EL CENTRO Y DE HERRAMIENTAS DE SEGUIMIENTO OPERATIVO EN EL DEPARTAMENTO DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS. *

AUTOR: GARRIDO QUINTERO, Karol Johana **

PALABRAS CLAVES: Análisis operacional, sistemas de medición, productos blancos, GLP.

El seguimiento de las variables involucradas en los distintos procedimientos, implica el uso de herramientas que faciliten el entendimiento del sistema operativo del departamento de materias primas y productos, contribuyendo así con el análisis operacional en pro del mejoramiento continuo de la seguridad y la confiabilidad anticipando situaciones que podrían generar no conformidades.

Además el asegurar dichas variables aumenta el control en la medición de sustancias, para este caso en particular propano y butano, lo que no solo provoca una mejoría en las competencias del personal vinculado al proceso sino también un resultado positivo en cuanto a la parte económica se refiere.

El siguiente trabajo se divide dos grandes secciones: 1. El aseguramiento del seguimiento operativo para el Departamento de Materias Primas y Productos a través de una herramienta que consolide la información. 2. El aseguramiento del sistema de medición de los gases enviados de El Centro a la Gerencia Refinería Barrancabermeja-GRB.

La primera sección presenta una herramienta informática en la que se asegura el seguimiento en tiempo real de las variables claves de proveedores, clientes e internas, las cuales permiten un análisis operacional integral en el que su principio de utilización sea la anticipación; puesto que permite consultar datos de calidad y proceso, tendencias, emitir alarmas ante desviaciones y acceder fácilmente a la información pertinente a la operación del Departamento.

La segunda sección muestra la adecuada operación de los sistemas de medición de propano y butano enviados desde la Superintendencia Cira-Infantas en El Centro hacia la Estación de GLP en la GRB. Para este sistema de medición se realizó un diagnóstico de su operación, con el cual se identificaron las oportunidades de mejora que evidenciaron las acciones necesarias para lograr una correcta medición de cada corriente, trabajo que asegura se hagan los registros y balances para la liquidación de las respectivas corrientes de producto recibido en la estación.

* Trabajo de Grado

**Facultad de Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química.

Director Msc. Crisóstomo Barajas Ferreira.

Tutor Ing. Ernesto Alfonso Gómez Cabarcas

ABSTRACT

TITLE: ASSURANCE OF GAS MEASUREMENT OF EL CENTRO AND OPERATIONAL MONITORING TOOL IN THE RAW MATERIALS AND PRODUCTS DEPARTMENT.*

AUTHOR: GARRIDO QUINTERO, Karol Johana. **

KEY WORDS: Operational analysis, measurement system, white products, LPG.

The monitoring of the variables involved in the various procedures, involves the use of tools that facilitate the understanding of operating system of the Raw Materials and Products Department, thus contributing to the operational analysis in support of continuous improvement of safety and reliability by anticipating situations that could generate non-conformities.

Besides ensuring these variables increases the control in the measurement of substances, for this case in particular propane and butane, which not only causes an improvement in staff skills related to the process but also a positive result in terms of the economic concerned.

The following work is divided into two major sections: 1. Ensuring operational monitoring for the Raw Materials and Products Department through a tool that consolidates the information. 2. The assurance system for measuring the gases sent of El Centro to Barrancabermeja Refinery Management-GRB.

The first section presents a computerized tool that ensures real-time monitoring of key variables of suppliers, customers and internal, which allow a comprehensive operational analysis which use the principle of anticipation is because it allows to query data quality and process, trends, alarms on deviations and easy access to information pertinent to the operation of the department.

The second section shows proper operation of the measurement systems of propane and butane sent from the Superintendent Cira-Infantas in El Centro to LPG Station in the GRB. For this measurement system was made a diagnosis of its operation, which identified opportunities for improvement that showed the actions needed to achieve the correct measurement of each stream, work that ensures the record are made and balances to the settlement of respective product streams received at the station.

*Professional Degree Work.

** Faculty of Physic-Chemical Engineering. School of Chemical Engineering.
Director Msc. Crisóstomo Barajas Ferreira.
Tutor Eng. Ernesto Alfonso Gómez Cabarcas.

INTRODUCCIÓN

El departamento de elementos externos, como se llamó inicialmente, tiene sus orígenes paralelamente con los primeros días de la refinería, éste nació de la necesidad de almacenamiento de materias primas para cargar las unidades de refinación y posteriormente la entrega de productos terminados. Este departamento requirió la creación de las diferentes casa bombas y estaciones con sus respectivos tanques, equipos de bombeo y demás logística para recibo y entrega de sustancias. Hoy en día este departamento recibe el nombre de materias primas y productos.

Debido a la sinergia del departamento con la Gerencia Refinería Barrancabermeja-GRB se decidió implementar una herramienta en la que se hiciera un seguimiento continuo de las calidades y cantidades de las diferentes sustancias manipuladas por la empresa. Dada la criticidad logística de esta actividad la herramienta de análisis operacional da cumplimiento a la cuantificación de los datos que llevarán a tomar las acciones necesarias para alcanzar las condiciones óptimas de las variables operativas en cuanto a cantidad y calidad de los productos requeridos por los clientes.

El aseguramiento de las variables cuantitativas y cualitativas de los hidrocarburos involucrados en los distintos procesos implica que los sistemas de medición de éstos se encuentren en condiciones operacionales que garanticen una buena liquidación contribuyendo a una disminución en el desbalance trayendo como consecuencia crecimiento económico en la GRB.

De ahí que la medición sea una parte fundamental de los procesos, evidenciado esto y las visibles oportunidades de mejora presentadas en la nueva estación de GLP-NEGLP se sometió a un diagnóstico el sistema de medición de dicho lugar el cual recibe los productos blancos, butano y propano, provenientes de los campos de producción Provincia, Payoa y El Centro además de las producciones de otras plantas de la refinería; el desarrollo del presente trabajo evalúa los productos recibidos de la Planta de Gas El Centro de la Superintendencia La Cira-Infantas, desde allí la distancia es de 25 Km para cada poliducto. En el caso del propanoducto se divide en cuatro partes de la siguiente manera: 1) Longitud de 3m y un diámetro de 3 pulgadas (0,0762 m), 2) Longitud de 80m y un diámetro de 2 pulgadas (0,0508 m), 3) Longitud 24.489 m y un diámetro de 4 pulgadas (0,1016 m) y por último un segmento de 500m con 3 pulgadas (0,0762 m) de diámetro; en el caso del butanoducto mantiene sus 3 pulgadas (0,0762 m) de diámetro durante todo el trayecto hacia la NEGLP.

Esta distancia genera una caída de presión que facilita la formación del producto en dos fases; otro factor determinante es la composición de las corrientes de butano y propano pues un contenido elevado de etano en estas incrementa la presión de vapor, los mencionados factores impiden la correcta contabilización de los productos y disminuyen la confiabilidad en los valores obtenidos.

Para mejorar las condiciones de los sistemas de medición es importante realizar un seguimiento al poliducto para identificar sus dimensiones y de esta manera conocer el volumen total de llenado e identificar las mejoras a realizar en este; el análisis continuo con las cromatografías para verificar las composiciones de los productos, así como también es relevante asegurar la comunicación entre dependencias lo que contribuirá a la detección de oportunidades de mejora y desarrollo de la actividad de manera oportuna.

Es por esto que con el propósito de establecer los lineamientos que orientan la gestión de medición de la cantidad y calidad de los hidrocarburos que se fiscalizan, almacenan y transfieren a lo largo de la cadena de suministro de la Gerencia Refinería Barrancabermeja-GRB de ECOPETROL S.A., mediante la aplicación de las mejores prácticas de la industria, con el fin de minimizar los desbalances y pérdidas, asegurando la equidad con nuestros proveedores, clientes y partes conectadas se decidió adelantar el presente trabajo.

1. SISTEMAS A CARGO DEL DEPARTAMENTO

La función del departamento de materias primas y productos – PPD es la de almacenar las materias primas (crudos), las cuales serán cargadas a las diferentes unidades según los requerimientos para posteriormente dar valor agregado a los productos terminados que entregará a los clientes.

Para tal fin el PPD cuenta con diferentes casas bombas las cuales se encuentran distribuidas por toda la refinería teniendo cada una sus equipos propios los cuales permiten una logística para el cumplimiento de sus funciones de recibo y entrega. (Ver Figura 1.)

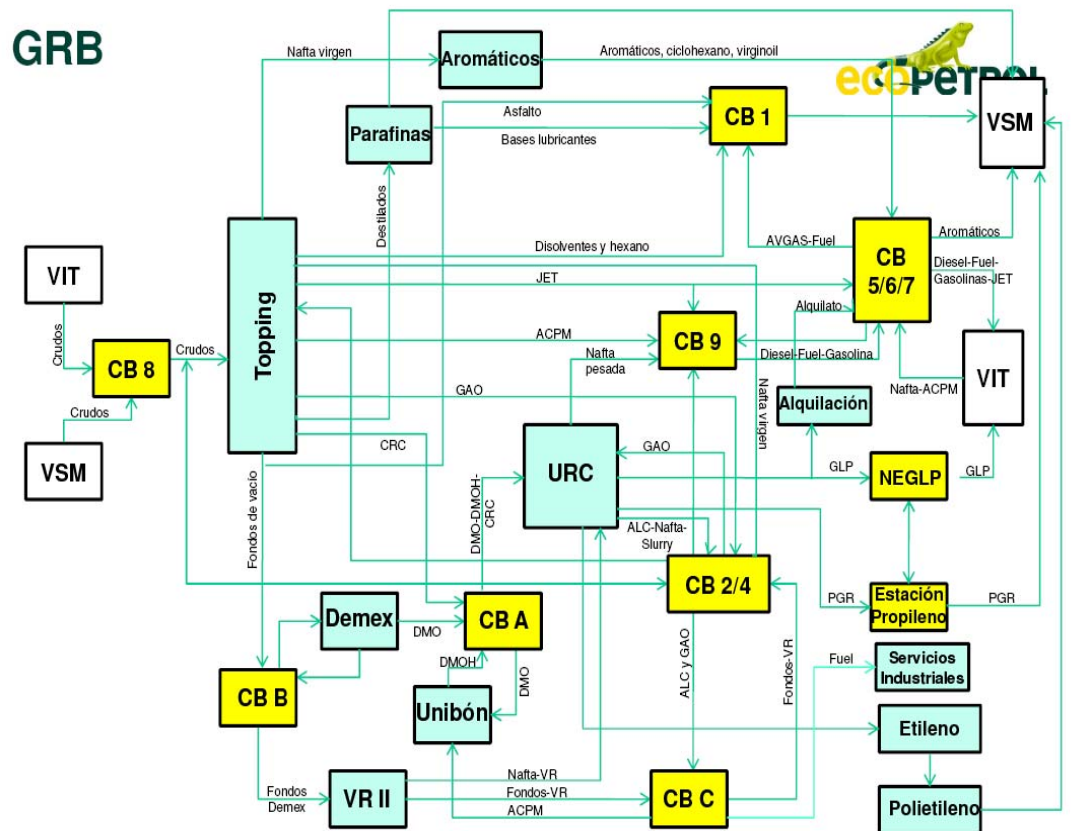
Las casas bombas se distribuyen de la siguiente manera:

1.1 Almacenamiento de Materias Primas y Productos Intermedios.

- Casa Bomba 8: Recibe los crudos del oleoducto, los cuales contabiliza y liquida para su compra, además los mezcla de acuerdo a las necesidades de las unidades de refinación a las que será cargada. También maneja los aspectos relacionados con los tanques de casa bomba diluyentes.
- Casa Bomba 4: Almacenamiento intermedio de nafta virgen y craqueada, además de refinato, los cuales serán enviados a casa de bombas 9 y especialidades respectivamente.
- Casa Bomba 2: Unidad que enlaza la casa bomba 8 y las unidades de refinación permitiendo el manejo de crudos de carga.

- Casa Bomba A: Recibe los productos Intermedios de las plantas de la unidad de balance, Demex y Unibón para cargar a las unidades de ruptura catalítica – URC's.
- Casa Bombas B: Recibe fondos de vacío, fondos Demex, gasóleo y ALC (Aceite Liviano de Ciclo). Además carga a Demex, Viscorreductora–VBK-II y UOPI.
- Casa Bombas C: Recibe C4 (Butano) e iC4 (iso-butano) de NEGLP y alquilación, ALC, ACPM, gasóleo, combustóleo de viscorreductora y solvente gastado de Demex. Además despacha a casas bombas 2 y 9, Demex, Unibón y aguas aceitosas a PTAR.

Figura 1. Esquema de la Relación del PPD con la GRB.



Fuente. Ernesto Alfonso Gómez. ECOPETROL S.A. [2].

1.2 Almacenamiento de Productos Terminados.

- Casa Bombas 5: Almacena las gasolinas motor regular y motor extra, diesel, jet A1, alquilato y AVGAS para despachar por botes y poliducto.

Con esta casa bomba se relacionan además, casa de bombas 6 y 7.

- Casa Bombas 6: Almacena los productos aromáticos para cargar carrotanques y benceno a planta de aromáticos.
- Casa Bombas 7: Almacena combustóleo pesado y liviano para cargar a botes.
- Casa Bombas 9: Realiza el mezclado para obtener gasolina motor regular y gasolina motor extra (GMR y GME), combustóleo liviano y pesado, además diesel regular y extra.
- Casa Bombas 1: Hace entrega a carrotanques de los productos que se encuentran en su almacén tales como disolventes, gasolina corriente, AVGAS, diesel corriente y marino, jet A1, bases lubricantes, asfalto, combustóleo y ácido sulfúrico.

1.3 Gases.

- VEGLP o Estación de Propileno: Recibo de propileno grado refinería (PGR) para posteriormente despacharlo por carrotanques y botes.
- NEGLP: Recibo de GLP y entrega de este al gasoducto. Recibo de n-butano y entrega de butano a alquilación, Demex y casa bombas C.

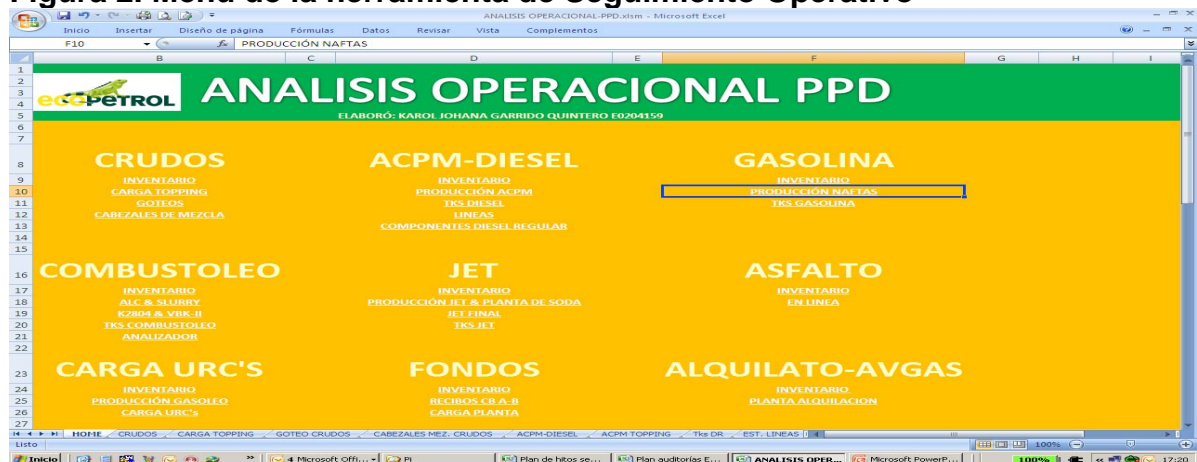
2. HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO OPERATIVO EN EL DEPARTAMENTO DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS

Para el seguimiento operativo se hace necesario el uso de una herramienta en Excel que integre la información relevante del proceso, para este caso particular se llamaran POOLES, estos componen grupos de productos que por sus características facilitan el seguimiento, análisis y control de las diferentes variables que influyen en la cotidianidad del proceso del departamento.

Los pools en los cuales está contenida la herramienta son los siguientes:

- Crudos
- ACPM- Diesel
- Gasolina
- Combustóleo
- Jet
- Asfalto
- Carga URC's (Unidad de Ruptura Catalítica)
- Fondos
- Alquilato-AVGAS
- Disolventes
- Aromáticos
- Bases
- Acido Sulfúrico
- Propileno
- GLP
- Ventas
- Rendimiento de Medios

Figura 2. Menú de la herramienta de Seguimiento Operativo



Fuente: El Autor

En general, la herramienta suministra información para cada hidrocarburo que hace parte de la cadena de transferencia de la GRB, representado en cada tanque del producto contenido (PRODUCTO) el cual se puede seleccionar de la lista plegable, volumen bruto (TOV (barriles)), velocidad de llenado (+) /vaciado (-) (BPH) y TIEMPO DE LLENADO/VACIADO según el ESTADO señalado por las flechas (fecha hacia arriba el tanque recibe producto, hacia abajo entrega y horizontal el tanque está quieto) y por la lista plegable junto a estas, el CUPO y el PRODUCTO DISPONIBLE según las ventanas operativa máxima y mínima respectivamente, datos con los cuales se puede tener un control sobre los inventarios de los diferentes productos y materiales que componen el sistema del departamento. (Ver figura 3).

Figura 3. Esquema General de cada pool

B	C	E	F	G	N	O	P	S	T	U	V
1	DELTA	27/05/2010 08:42				Introduzca T °F	674,8				
2	0,5	27/05/2010 08:12				T en °C	357,11				
3											
4											
5										V. O. (BLS)	
6	PRODUCTO	TANQUE	TOV (Barriles)	ESTADO	BPH	CUPO	PROD. DISPONIBLE	tiempo LLENADO/VACIADO	MAX.	MIN.	
7	PML	0965	79.030	REPARACION ↑	483,41	109.975	45.516	9,48 DIAS	189.005	33.514	
8	HCT	0966	80.354	MUESTRA ↑	1054,89	110.263	45.514	4,36 DIAS	190.616	34.840	
9	LCT	0961	102.955	ENTREGA ↓	3363,53	103.333	73.548	1,28 DIAS	206.288	29.407	
10	PMP	0963	41.097	ENTREGA ↓	-43,08	158.524	7.034	6,80 DIAS	199.621	34.063	
11	CUPIAGUA	0800	84.537	REMANENTE ↓	-2211,28	17.308	70.987	1,34 DIAS	101.845	13.550	
12	CASTILLA	3850	41.770	FUERA ESP. ↑	281,83	154.856	(1.846)	22,89 DIAS	196.626	43.615	
13	RELEVO CRUDOS	3854	42.459	REMANENTE ↑	1555,98	56.344	23.830	1,51 DIAS	98.803	18.628	
14	REPARACION	K3855	26.538	MUESTRA ↓	-2898,79	72.205	7.926	2,73 HORAS	98.743	18.612	
15	CASTILLA	K0964	166.691	REMANENTE →	0,00	33.797	115.862	Q	Q	200.489	50.829
16	CUPIAGUA	K3852	27.744	REPARACION ↓	-1096,84	107.155	10.176	9,28 HORAS	134.899	17.568	
17	LCT	K0962	47.708	FUERA ESP. ↑	1210,76	154.092	14.267	5,30 DIAS	201.800	33.442	
18	CUPIAGUA	K3851	170.226	MUESTRA ↓	-1481,47	26.463	126.593	3,56 DIAS	196.690	43.633	
19	RELEVO CRUDOS	K3853		REPARACION						9.079	736
20	LCT	K0801	97.901	CIRULA ↓	-1814,99	9.022	40.433	22,28 HORAS	106.923	57.468	
21	PMP	K0802	75.493	ENTREGA ↑	259,64	31.823	12.438	5,11 DIAS	107.316	63.055	
22	CUSIANA	K0803	54.396	MUESTRA →	0,00	51.810	(4.733)	Q	Q	106.206	59.129
23	CAÑO LIMON	K0822	104.799	REPARACION ↑	1231,33	38.799	76.120	1,31 DIAS	143.598	28.679	
24											

Fuente: El Autor

En el pool CRUDOS se puede observar la carga de la refinería y verificar todos los parámetros referentes a las calidades de los crudos que se suministran a las diferentes unidades topping de la GRB. También se encuentran las tendencias de carga día a día y en tiempo real de las dietas sugeridas por planeación para cada una de las unidades, además de una tabla que proporciona los barriles cargados por día y por hora.

En este pool se puede ver gráficamente la información referente a los grados API, sal, azufre y número de neutralización de los goteos que se realizan en cada cochada y de los cabezales de mezcla donde se hace el “*blending*” (mezclado) de crudos que determina la dieta de las unidades.

Para el ACPM-DIESEL además de la información general de cada pool se ven los datos provenientes de las líneas de diesel regular, diesel extra, Pozos Colorados y las corrientes de entrada y salida de Unibón, y los datos de calidad tanque por tanque, también se observa la producción de ACPM en tiempo real proveniente de cada unidad topping y los parámetros de calidad relevantes para este producto como la T95 (95% recobrado), 90% recobrado y el PFE (Punto Final de Ebullición), cada parámetro de calidad cuenta con su respectiva tendencia. Al igual que para este pool ocurre en el de GASOLINA en el cual se muestran las variables de interés del producto como son el IA (Índice Antidetonante), RVP (Presión de Vapor Reid), corrosión y PFE las cuales son críticas en la preparación de GMR y GME, también se muestran las tendencias de la producción de nafta craqueada procedente de las URC's y de nafta virgen de topping productos componentes en la preparación de gasolina, además la herramienta permite hacer un seguimiento al RON (Número de Octano de Investigación), RVP y PFE de las distintas unidades.

Al igual que en los pools anteriores, en éste se puede encontrar información relacionada con el inventario y las calidades propias del COMBUSTÓLEO tales como viscosidad, azufre y punto de inflamación. También en este pool hay información sobre la producción día a día de ALC y slurry, y un seguimiento de las propiedades con las que estos provienen de las URC's. Además permite ver el estado del tanque K2804 y de la viscosidad a la salida de VBK-II parámetros determinantes en la mezcla para obtener combustóleo liviano y pesado.

En el caso del JET hay una tabla con la producción para cada unidad topping en tiempo real y propiedades particulares como el color, punto de congelación, acidez, PFE, punto de inflamación y naftalenos de cada tanque, del jet proveniente de planta de soda (U4600) y del jet sin tratamiento. Además hay una ventana que muestra las tendencias de la producción continua de jet y un día a día de las propiedades del producto proveniente de planta de soda.

Para los siguientes productos además de las generalidades que contiene la herramienta para cada pool se evidencian las características propias de cada hidrocarburo, para el caso del ASFALTO se pueden visualizar las propiedades de penetración y pérdida de masa para cada tanque con el propósito de saber si están dentro de especificaciones para ser puestos en venta; para el pool ALQUILATO-AVGAS hay un seguimiento diario a las variables provenientes de la planta de alquilación (U4560-7) como también un control de los inventarios y parámetros de calidad tanque a tanque de productos como el AVGAS, alquilato y virginoil. Para el pool DISOLVENTES está consignada la información proveniente de las distintas torres involucradas en la obtención de estos productos en planta especialidades (U650), con el fin de determinar si se encuentran en condiciones de ser entregados a clientes; en el caso particular del pool de AROMÁTICOS solo cuenta con el control de inventarios puesto que a estos productos no se les hace una revisión frecuente de sus parámetros de calidad debido a que son altamente tóxicos para la salud; para los pooles BASES y ACIDO SULFÚRICO además de observar la disponibilidad de producto hay información referente al índice de viscosidad, opacidad y agua para el caso de las bases y seguimiento a la concentración de H_2SO_4 (Ácido Sulfúrico) proveniente de planta de ácido (U4570) y de los tanques K494 y K482 pertenecientes a ácido sulfúrico (U470). Para el pool de FONDOS se tiene información referente a la temperatura de esos los fondos Demex y los fondos de vacío, dada la criticidad de éste parámetro de puesto que determina la facilidad para transportar estas sustancias. Para el caso de CARGA URC's además de las variables de control para cada tanque de los

productos allí contenidos (DMO, DMOH y Crudo Reducido) este pool contiene una tabla donde están las ventanas operativas de las cargas a las unidades cracking y una grafica que muestra en forma continua la producción de gasóleo.

Para el sistema Propileno y GLP se pueden observar las propiedades que influyen en el recibo de estos en las estaciones, lo cual llevará a que las balas de almacenamiento se reprocesen u obtengan visto bueno para ser vendidas a los clientes de la GRB de acuerdo a las existencias de producto.

La ventana CARGA A PLANTA como su nombre lo indica muestra información del producto cargado y el registro de los medidores a la entrada de las diferentes unidades (Unibón, UOP I, UOP II, Orthoflow, Modelo IV, Demex, VBK-II), de estos flujos registrados hay gráficas que permiten ver la carga total diaria y en tiempo real de cada planta. (Ver figura 5)

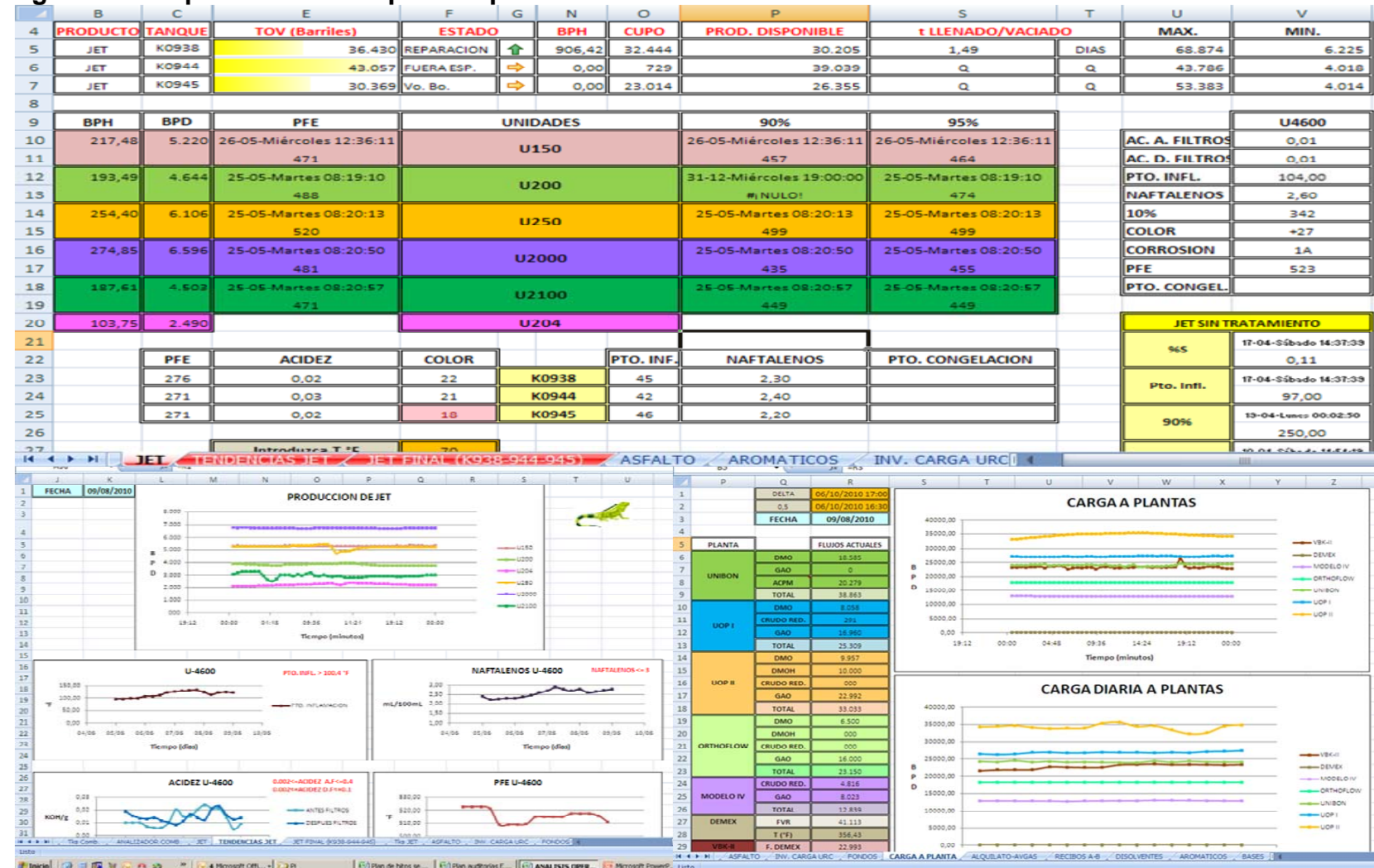
En el pool de VENTAS se encuentran los productos que llegan a casa de bombas 1, 5, 6 y 7 para ser despachados a los clientes por botes, carrotanques o por poliductos (DOL); en esta ventana se puede ver que productos se encuentran o no con visto bueno, además de la cantidad de producto disponible para la venta. También se puede hacer un seguimiento al flujo, producto y el comportamiento general de las líneas pertenecientes al DOL. (Ver figura 4)

Figura 4. Esquema del pool de ventas

	B	C	E	F	G	N	O	P	S	T	V	W	X
	PRODUCTO	TANQUE	TOV (Barriles)	ESTADO	BPH	CUPO	PROD. DISPONIBLE	ELLENADO/VACIADO	Vo. Bo.	MAX.	MIN.		
4	Dmarino	k0012	6.026	REPARACION	⇒	0,00	2.370	5.532	Q	Q	S	8.396	494
6	ACPM	k0016	2.130	ENTREGA	⇒	0,00	2.949	1.946	#DIV/0!	#DIV/0!	N	5.079	184
7	ACPM	k0017	4.449	ENTREGA	⇒	0,00	619	4.275	Q	Q	N	5.068	174
8													
9	ACIDO FRESCO	K0027	269	Vo. Bo.	⇒	0,00	1.958	77	Q	Q		2.226	192
10	ACIDO GASTADO	K0028	1.868	RECIBE	⇒	0,00	357	1.676	#DIV/0!	#DIV/0!		2.225	192
11													
12	DISOLVENTE 1	K0044	3.724	FUERA ESP.	⇒	0,00	817	3.500	Q	Q	S	4.541	224
13	DISOLVENTE 2	K0094	2.769	RECIBE	⇒	0,00	861	2.356	#DIV/0!	#DIV/0!	S	3.630	413
14	DISOLVENTE 3	K0673	2.191	RECIBE	⇒	0,00	710	1.895	Q	Q	S	2.901	296
15	DISOLVENTE 4	K0056	1.519	RECIBE	⇒	0,00	85	1.415	Q	Q	S	1.604	104
16	DISOLVENTE 4	K0095	100.000	Vo. Bo.	⇒	0,00	(90.421)	99.085	Q	Q	N	9.579	915
17	DISOLVENTE 4	K3110	2.525	CIRULA	↑	60,05	220	2.337	Q	Q	N	2.745	188
18													
19	BPM	K0053	425	Vo. Bo.	⇒	0,00	3.042	193	Q	Q	S	3.467	232
20	BPM	K0669	1.520	CIRULA	⇒	0,00	7.704	1.156	#DIV/0!	#DIV/0!		9.224	364
21	BPM	K0675	696	ENTREGA	⇒	0,00	8.559	332	Q	Q	N	9.255	364
22	BPBS	K3111	83,20	ENTREGA	⇒	0,00	2.654	(37)	Q	Q	S	2.737	120
23													
24	AIN	K0656	464,57	REMANENTE	⇒	0,00	183	393	Q	Q		648	72

Fuente: El Autor

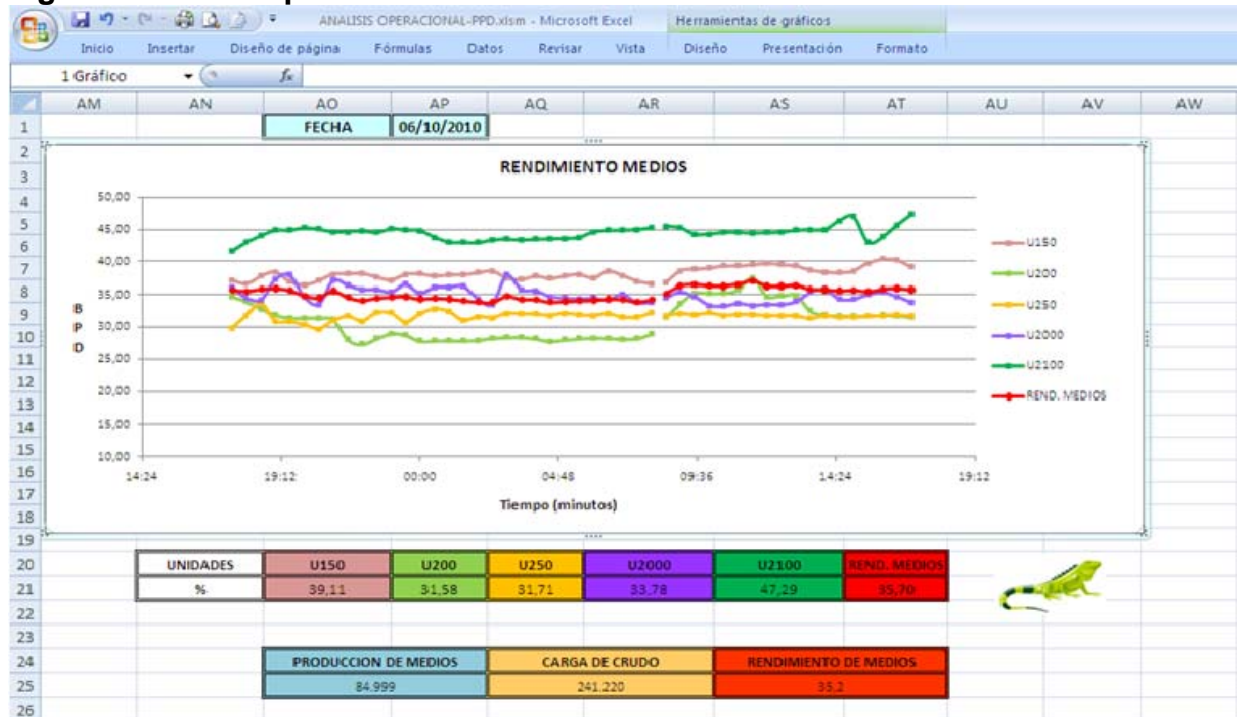
Figura 5. Componentes de un pool de producto



Fuente: El Autor

Para el pool RENDIMIENTO DE MEDIOS se muestra un seguimiento en tiempo real al rendimiento de manera independiente para cada unidad, así como el rendimiento global por medidores y tanques, el cual dista uno del otro puesto que los medidores no están siempre calibrados o se pueden presentar errores en los movimientos de los tanques los cuales también causaran diferencias en el rendimiento de medios. (Ver figura 6).

Figura 6. Ventana para el Rendimiento de Medios



Fuente: El Autor

Además del control sobre los inventarios los pooles proporcionan información sobre los parámetros críticos de cada sustancia puesto que cuando uno de estos se encuentra fuera de especificaciones la celda en la que se encuentran cambia a color rojo permitiendo de esta manera tomar las acciones necesarias para corregir las no conformidades. También las hojas cuentan con un convertidor de grados fahrenheit (°F) a grados centígrados (°C) puesto que estos últimos corresponden a las unidades en las que son entregados los productos a los clientes. Para renovar

los datos en los diversos pooles solo es necesario accionar la tecla F9 y esperar a que estos se actualicen automáticamente.

Cabe resaltar que el seguimiento y análisis hecho de manera adecuada y continua de la información facilitará el anticipo de errores llevando a tomar acciones correctivas con prontitud, además contribuirá al manejo adecuado de inventarios y de la programación general del departamento.

3. ANTECEDENTES DE LA MEDICIÓN DE GLP

La experiencia internacional de la industria del GLP, refleja que la necesidad de ejercer un mayor control sobre los costos de producción, y el continuo crecimiento en la demanda, generaron la necesidad de desarrollar métodos adecuados para la medición de los volúmenes recibidos y entregados, dentro de un margen de exactitud aceptable, los cuales constituyen las bases de referencia para la facturación y control de las transacciones comerciales involucradas entre las partes que intervienen en la prestación de este servicio público.

Es así como entidades de amplio reconocimiento a nivel mundial, como la American Society for Testing and Materials - ASTM, la Gas Processors Association – GPA, el American Petroleum Institute, - API y el National Institute of Standards and Technology - NIST [antiguamente National Bureau of Standards – NBS] han trabajado en producir normas, tablas y manuales técnicos relacionados con la medición, los instrumentos de medida y los factores de corrección por presión, temperatura y compresibilidad de los volúmenes de GLP facturados. Los parámetros de referencia desarrollados por estas entidades, son permanentemente constatados y mutuamente corroborados entre las tres entidades mencionadas, lo que garantiza la confiabilidad de aplicación y homogeneidad de las mismas. Con base en lo anterior, las características físicas de los componentes del producto pueden ser establecidas, verificadas y divulgadas en distintos puntos de la cadena de producción y distribución, lo que permite aplicarlas también en los procesos de medición y facturación del suministro, generando así un nivel adecuado de certidumbre y aceptación de los factores de corrección utilizados tanto en los sistemas de transporte, como en los de almacenamiento a granel.

En Colombia, las cantidades históricas de GLP producido y comercializado han tenido un constante crecimiento, mas no así la calidad y precisión de los instrumentos de medida asociados al manejo de las mismas. Tan solo el gran comercializador dispone de herramientas de medición tecnológicamente

adecuadas, y con contadas excepciones, los restantes interlocutores de la cadena de distribución aceptan la exactitud y validez de sus mediciones.

4. DIAGNOSTICO DE LA CORRECTA OPERACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS PRODUCTOS BLANCOS PROCEDENTES DEL CENTRO

Para asegurar el diagnostico que permitirá una correcta medición en las líneas de recibo de la planta de gas de El Centro se siguió un procedimiento que contribuirá con el alcance de cada objetivo trazado.

El procedimiento empleado se presenta a continuación:

4.1. Identificación y reconocimiento de las líneas de recibo de campos de productos blancos a la entrada de la NEGLP.

Se identificaron todos y cada uno de los elementos que componen el sistema de medición de las líneas de recibo de productos en la NEGLP con el propósito de hacer un acercamiento que permitiera lograr el reconocimiento de filtros, válvulas de paro y contrapresión, medidores, indicadores de presión – PI's, transmisores de Presión – PT's y elementos presentes en la línea que permitan dar un enfoque al trabajo propuesto, ver anexo C.

4.2. Análisis cualitativo de las líneas de recibo de propano y butano procedentes de la planta de gas ubicada en El Centro a la NEGLP.

Para realizar este cálculo del llenado de línea se tuvieron en cuenta los parámetros de longitud, diámetro y volúmenes totales, estos valores fueron obtenidos del recorrido de la línea de El Centro – ELC.

El propósito de este trabajo era hacer un control al llenado de la línea que permitiera la estandarización del volumen total del poliducto para facilitar el seguimiento del producto en la línea.

4.3. Análisis cuantitativo de las presiones de vapor de los productos blancos provenientes de los campos que alimentan la planta de gas de El Centro.

Debido a que el producto recibido no es puro, se hizo necesario el uso de la ecuación de Antoine (Ecuación 1) para encontrar las presiones óptimas de trabajo y la presión de vapor de cada componente despachado por la planta de gas de El Centro, este cálculo se logro por el seguimiento realizado al análisis cromatográfico hecho a cada corriente de producto de la planta que permitió conocer las composiciones con las cuales se hallaron las presiones parcial y posteriormente la presión de vapor total de la mezcla.

$$\ln(P) = a + \frac{b}{(T+c)} + d * \ln(T) + e * T^f \text{ [KPa] donde } P, \text{ Presión y } T, \text{ Temperatura [K]}$$

Ecuación 1. ECUACIÓN DE ANTOINE PARA LÍQUIDOS

Despejando de la anterior ecuación la Presión, se tiene:

$$P = e^{\left(a + \frac{b}{(T+c)} + d * \ln(T) + e * T^f\right)} \text{ [KPa], } T \text{ [K]}$$

Ecuación 2. PRESIÓN DE VAPOR EN FUNCIÓN DE LAS CONSTANTES DE ANTOINE

Las constantes de Antoine que cumplen con las condiciones de operación y composiciones de las corrientes de butano y propano se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 1. CONSTANTES DE ANTOINE

SUSTANCIA	CONSTANTES DE ANTOINE						INTERVALO DE TEMPERATURA (°F)	
	A	B	C	D	E	F	T _{min}	T _{max}
C2	44,01	-2568,8	0	-4,98	1,46E-05	2	-220,27	90,05
C3	52,38	-3490,5	0	-6,11	1,12E-05	2	-198,67	205,97
IC4	58,78	-4136,7	0	-7,02	1,04E-05	2	-162,67	274,90
NC4	66,94	-4604,1	0	-8,25	1,16E-05	2	-153,67	305,69
IC5	66,76	-5059,2	0	-8,09	9,25E-06	2	-63,67	369,05
NC5	63,33	-5117,8	0	-7,48	7,77E-06	2	-108,67	385,61
C6	70,43	-6055,6	0	-8,38	6,62E-06	2	-63,67	453,83

Fuente: <http://proptermodinamicas.blogspot.com/>

4.4. Análisis del proceso ejecutado en la planta de gas de El Centro

Como parte del trabajo se realizó una visita a la planta de gas de El Centro con el propósito de conocer la descripción detallada del proceso allí realizado; en la visita se conocieron las condiciones de operación como temperatura y presión empleadas, la presión de bombeo, estado de las líneas desde la planta hasta la NEGLP, caudal de bombeo y las especificaciones del producto y condiciones de despacho hacia la estación, ver anexo D.

4.5. Análisis hidráulico de las líneas de propano y butano proveniente de El Centro.

Dado el estado de las líneas fue necesario determinar la caída de presión (Ecuación 5) y la velocidad erosiva (Ecuación 3) en estas, este cálculo se logro teniendo en cuenta el diámetro de las líneas durante su trayecto hacia la NEGLP, el caudal, la viscosidad y la densidad de cada uno de los productos, permitiendo conocer el régimen de flujo en la línea a través del numero de Reynolds y posteriormente el hallazgo de la caída de presión.

$$v = \frac{Q}{A} \text{ donde } Q: \text{Caudal } \left[\frac{ft^3}{s} \right] \text{ y } A: \text{Area } [ft^2]$$

Ecuación 3. ECUACIÓN PARA LA VELOCIDAD MEDIA DE FLUJO EN TUBERÍAS

$$Re = \frac{dv\rho}{\mu}$$

donde d : diámetro [in], v : velocidad $\left[\frac{ft}{min}$], ρ : densidad $\left[\frac{lb}{ft^3}\right]$ y μ : viscosidad [centipoise]

Ecuación 4. ECUACIÓN PARA EL NÚMERO DE REYNOLDS DE FLUJO EN TUBERÍAS

$$\Delta P = 6,79 \frac{\mu L Q}{d^4}$$

donde μ : viscosidad [centipoise], L : longitud [m], Q : Caudal [GPM] y d : diámetro [in]

Ecuación 5. ECUACIÓN PARA LA CAÍDA DE PRESIÓN EN TUBERÍAS

Para verificar el resultado obtenido se sometieron las condiciones generales de la línea a una simulación en Inplant que arrojó los valores de caída de presión para cada tramo y que permitió hacer una aproximación de la caída de presión total. Además se desarrollo una simulación de la hidráulica de esta en Hysys la cual fue proporcionada por el ICP, ver Anexo G y Anexo H respectivamente.

4.6. Cambio de condiciones operacionales en la válvula PCV 31605 de la NEGLP.

Con base en el análisis de resultados de las presiones de vapor, se determinó el cambio de set de la válvula contrapresión de recibo de Propano de El Centro cuyo tag es PCV-31605.

Los resultados fueron logrados gracias al seguimiento de la calidad del producto, lo que permitió evidenciar que la presión de vapor estaba por encima del set actual lo que ocasionaba que no se garantizaran las condiciones necesarias para realizar la correcta medición, al aumentar el valor del set al máximo alcanzado por la válvula, 195 psi (1344,478 KPa), se intentaba proporcionar un aumento en la confiabilidad de permanencia del estado líquido del producto durante su recorrido en la línea y en el trayecto a la bala de almacenamiento.

Respecto a esta válvula para proceder a mencionado cambio también se tuvo en cuenta el data sheet de la misma con sus datos de diseño, condiciones de operación y recomendaciones del fabricante.

4.7. Realización de pruebas de medición con el propano proveniente de El Centro.

Las válvulas de contrapresión no estaban cumpliendo su función puesto que su set era inferior al necesario para una correcta operación, por tal razón se decidió hacer pruebas por el by pass, este era abierto entre un 5-10% para asegurar que la línea se mantuviera en la presión adecuada para evitar que el producto se gasificara y además garantizar que la línea no se sobrepresionara.

4.8. Aseguramiento del procedimiento para la toma de muestras y del plan de muestreo de las líneas de recibo de productos blancos y de las balas de almacenamiento ubicadas en la estación.

Para establecer un control sobre las calidades de los productos recibidos en la NEGLP se estableció un plan de muestreo con el laboratorio el cual consta de análisis de composición por cromatografía, corrosión y residuo para cada línea de recibo y despacho de la estación, además del muestreo necesario en cada bala de almacenamiento para lograr la aprobación de visto bueno de producto.

4.9. Recuperación de los tomamuestras ubicados en la NEGLP.

Es importante establecer un control en la calidad tanto de productos recibidos como de los despachados en la NEGLP, esto con el fin de poder liquidar correctamente cada producto.

En la NEGLP se cuenta con un total de 14 tomamuestras, los cuales se encuentran distribuidos como sigue: 8 tomamuestras ubicados en las líneas de recibo (propano Payoa, propano Centro, butano Payoa, Anillo NURC y Anillo Refinería) y despacho (Alquilación, Botes y DOL) y 6 correspondientes a cada bala de producto almacenado. El diagnóstico del estado actual de estos sistemas nos muestra que en su mayoría no tienen la conexión necesaria de venteo hacia la tea, además presentan escapes en algunas de sus conexiones, esta situación obliga a ventear hacia la atmósfera lo que ocasiona un alto

impacto durante la recolección de la muestra puesto que se genera una atmosfera explosiva, riesgo y contaminación del operador con el producto.

La siguiente figura muestra el estado de los tomamuestras ubicados en la NEGLP:

Figura 7. Estado Actual de los Tomamuestras ubicados en la NEGLP



Fuente: El Autor.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO DE LA CORRECTA OPERACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS PRODUCTOS BLANCOS PROCEDENTES DE EL CENTRO

5.1. Identificación y reconocimiento de las líneas de recibo de productos blancos a la entrada de la NEGLP.

Esta actividad permitió conocer la estructura del sistema de recibo de productos blancos provenientes de los campos de producción, se ubicaron los elementos necesarios para un buen funcionamiento, tales como válvulas, medidores, indicadores de presión, temperatura y flujo, y se llevó a cabo la verificación del buen funcionamiento de los mismos.

5.2. Análisis cualitativo de las líneas de recibo de propano y butano procedentes de la planta de gas ubicada en El Centro a la NEGLP.

Luego del seguimiento diario a las cochadas enviadas y de corroborar las longitudes, diámetros y volúmenes totales de la línea se encontró lo siguiente:

- El seguimiento diario hecho a los bombeos permitió identificar cómo se iban trasladando las cochadas a lo largo de la línea y con esto se pudo tener una visión global de lo que pasa en el recorrido.
- Como resultado al estudio de las líneas se logró estandarizar cada una de las longitudes, diámetros y volúmenes totales desde la salida de la Planta de gas en El Centro hasta la NEGLP.

La planta de gas envía propano y butano por cochadas hasta la NEGLP por líneas diferentes cada una con una longitud de 25 Km que se componen de la siguiente manera:

La línea de Propano tiene un primer tramo con una longitud de 3m, un diámetro de 3 pulgadas (0,0762m) y un volumen de llenado de línea de 0,086 bls (0,014 m³); un segundo segmento 80m con un diámetro de 2 pulgadas (0,0508m) y un volumen de

llenado de 1,02 bls (0,162 m³), un tercer tramo con 24.489m de longitud, un diámetro de 3 pulgadas (0,0762m) y un volumen de llenado en la línea de 702,418 bls (111,679 m³) y como segmento final 500m de longitud con un diámetro de 4 pulgadas (0,1016m) y un volumen de llenado de 25,496 bls (4,054 m³) lo que da un volumen total de llenado en la línea de Propano de 729,02 barriles (115,905 m³). El producto es bombeado a una presión de 330 psi (2275,27 KPa).

La línea de butano desde su salida de la planta de gas hasta la llegada a la NEGLP mantiene su diámetro que es de 3 pulgadas (0,0762m) y cuenta con un volumen total de llenado en la línea de 717,075 bls (114,01 m³). El producto es bombeado a una presión de 420 psi (2895,798 KPa).

Estas líneas en su totalidad fueron recorridas a cadena pisada para verificar longitud, diámetros y estado de las mismas garantizando confiabilidad en los datos aportados.

- Con las longitudes de las líneas y la información referente a las condiciones de bombeo en la planta de gas se realizó el seguimiento a la llegada de las cochadas de propano y butano para estimar el tiempo que duraban luego de su bombeo en la línea, lo que permitió una visión global de cómo deberían ser los bombeos.

5.3. Análisis cuantitativo de las presiones de vapor de los productos blancos provenientes de los campos de la planta de gas de El Centro.

Los resultados de cromatografías fueron proporcionados por la planta de gas y con estos análisis se encontró la presión de vapor del propano y del butano, estas presiones fueron usadas para decidir el set de las válvulas de contrapresión para el recibo de campos de la NEGLP, con estos set se garantizaba que a la llegada a los medidores el producto se mantuviese en una sola fase. En las tablas del Anexo E se muestran los resultados de las cromatografías.

Como se puede observar en las tablas 2 y 3, los contenidos de etano en la corriente de Propano son demasiado altos, esto indica una deficiencia en el proceso de separación del

etano en la planta de gas de El Centro, generando un aumento de la presión de vapor y por ende mayor dificultad para mantener el propano en estado líquido, lo mismo ocurre para el butano cuya composición de propano también es elevada, cualquier traza de estos compuestos eleva significativamente la presión de vapor total de cada producto.

Tabla 2. Resultado de Cromatografías Propano ELC

Propano ELC	Abril	Junio	Julio
C2	5,804	6,521	8,188
C3	80,008	81,123	76,392
IC4	8,437	8,055	7,85
NC4	5,643	4,206	6,423
IC5	0,081	0,063	0,733
NC5	0,028	0,031	0,415
C6+	0,000	0	0
Total	100,00	100,00	100,00

Fuente: El Autor.

Tabla 3. Resultado de Cromatografías Butano ELC

Butano ELC	Abril	Junio	Julio
C2	0,000	0	0,207
C3	10,103	9,874	11,667
IC4	23,659	27,71	28,179
NC4	47,005	54,134	52,866
IC5	14,363	6,803	5,95
NC5	4,869	1,179	1,131
C6+	0,000	0	0
Total	100,00	99,70	100,00

Fuente: El Autor.

5.4. Análisis del proceso ejecutado en la planta de gas de El Centro

Los gases recibidos por la planta provienen de los campos de producción Lizama, Opón y La Cira Infantas. El gas Lizama viene a una presión natural de 750 psi (5171,068 KPa) y un flujo entre 10 y 12 millones de ft³ (283.168,466 y 339.802,159 m³), el gas del Opón viene a una presión de 1200 psi (8273,709 KPa) por lo tanto ingresa al slug catcher donde se le baja la presión aproximadamente a 500 psi (3447,379 KPa) que es la presión de entrada de los gases al proceso y llega un flujo entre 1 y 2 millones de ft³ (28316,846 y 56633,693 m³) y

el gas de La Cira viene a -5 psi (-34,474 KPa) por lo tanto ingresa a un compresor de múltiples etapas que le elevan la presión hasta alcanzar el valor óptimo de entrada al proceso.

Los gases Lizama y La Cira se prefiltran y son mezclados con el gas Opón para ingresar al SE-211 donde se les retira agua y condensados, los cuales son extraídos manualmente. La mezcla de gases ingresa a la torre de platos de burbujeo conocida como C1, en esta torre se realiza el proceso de absorción en contracorriente pues el gas entra por el fondo y el solvente en este caso JP (Jet A1, turbosina) ingresa por la cima, las corrientes de entrada a esta torre van a temperatura ambiente, es decir, entre 80-100°F (26,67-37,78°C). Terminada la absorción por el fondo de la torre sale el aceite enriquecido y por la cima sale metano que es enviado a la GRB.

El aceite enriquecido ingresa a la torre C2, la cual es una absorbidora-fraccionadora también llamada desetanizadora a la que entra el aceite rico que es bañado por aceite pobre para desprender el etano que sale por la cima, la composición en esta torre es de 80% aceite rico y un 20% aceite pobre. El aceite libre de etano va a unos intercambiadores donde se le eleva la temperatura para ingresar a C3. Este equipo trabaja a 150 psi (1034,213 KPa).

El aceite rico presente en C3 va al horno donde se le incrementa la temperatura hasta 550°C para retornar a C3 donde sale el propano, el butano y las gasolinas por la cima y el aceite pobre por el fondo. Al aceite pobre se le retiran impurezas y se le inyecta vapor para ser recirculado al sistema de aceite el cual es cerrado.

Los productos de cima de C3 entran al drum D7 donde pasan por rehervidores para ingresar a la torre de destilación de propano C4 para de ahí ir a C5 donde se retira el butano y las gasolinas, donde estas últimas salen por el fondo de la torre.

Cada producto al cumplir su ciclo en el proceso va hacia almacenamiento sea en balas para el caso del propano y el butano o tanques para el caso de las gasolinas para de ahí ser enviados hacia la GRB, ver diagrama de flujo de la planta en el Anexo F.

La planta presenta inconvenientes operacionales los cuales se evidencian en el alto contenido de etano en la corriente de propano y así mismo el elevado contenido de propano en la de butanos. Además hay problemas en el sistema de bombeo pues no alcanzan una presión alta de descarga que permita mantener los productos en estado líquido en su recorrido hacia la NEGLP provocando dificultades en los medidores pues los productos no llegan en condiciones para ser contabilizados por este.

Dados los problemas operacionales plenamente identificados en la planta de gas los cuales se reflejan en la torre C2 (desetanizadora) la cual se encuentra trabajando por debajo de su temperatura de operación (435°F ó 223,89°C), razón que hace necesario un incremento en la temperatura del equipo para mejorar la separación buscando alcanzar una composición próxima al 2% de etano en la corriente de propanos que llega a la estación, esta acción disminuiría la presión de vapor entre 20 y 25 psi (137,895 y 172,369 KPa). Esta recomendación se hace producto de la simulación en HYSYS de la planta de gas ELC y de los cálculos en los que se suponen composiciones próximas al 2% de etano en la corriente de propano.

5.5. Análisis hidráulico de las líneas de Propano y Butano proveniente de El Centro.

Tabla 4. Análisis Hidráulico del propano y butano de ELC.

PARÁMETRO	PROPANO				BUTANO
	Tramo 1 (d=3 pulg)	Tramo 2 (d=2 pulg)	Tramo 3 (d=3 pulg)	Tramo 4 (d=4 pulg)	(d=3 pulg)
Caudal	0,125 ft ³ /s				0,208 ft ³ /s
VELOCIDAD EROSIVA	2,54 ft/s (0,77 m/s)	5,71 ft/s (1,740 m/s)	2,54 ft/s (0,77 m/s)	1,43 ft/s (0,44 m/s)	4,23 ft/s (1,29 m/s)
Reynolds	580,35	869,77	580,35	435,64	18817,9
Caída de Presión	128,031 psi (882,743 KPa)				

Fuente: El Autor.

La tabla 4 muestra los datos arrojados por el análisis hidráulico realizado en las líneas de butano y propano, los cuales se pueden comparar con los resultados de la simulación en Inplant (Anexo G). La caída de presión es alta y su cálculo se realizó despreciando los cambios de altura, teniendo en cuenta solo las pérdidas por tubería.

Además la simulación proporcionada por el ICP (Anexo H) dice con respecto a las líneas de butanos y propanos de El Centro, que el simulador no logra reproducir las condiciones operacionales reales de llegada a la NEGLP, posiblemente debido a factores externos que no se pueden simular en el software y que se están presentando en el recorrido de estas líneas desde su punto de partida hacia las estaciones. Sin embargo al analizar termodinámicamente estas líneas en sus condiciones reales de llegada a las estaciones, se puede observar que la línea de propano de El Centro hacia la NEGLP está presentando problemas de formación de dos fases, ya que como puede observarse en las Tablas H.1 y H.2 del anexo H la presión operacional real de llegada está por debajo de las presión de burbuja para esta línea.

5.6. Cambio de condiciones operacionales en la válvula PCV 31605 de la NEGLP.

Las condiciones de operación de la válvula contrapresión de recibo de propano de El Centro fueron cambiadas con base en el estudio de las composiciones de los productos recibidos, su set fue cambiado de 150 a 190 psi (1034,213 a 1310,004 KPa), con el propósito de garantizar la fase del producto manteniendo la línea presionada.

5.7. Realización de pruebas de medición con el propano proveniente de El Centro.

La prueba fue realizada para la línea de recibo de propano de ELC, la primera acción que se ejecutó fue el cambio de set a la PCV 31605 a 190 psi (1310,004 KPa), máximo valor alcanzado por el resorte actual de la válvula, este cambio se realizó para garantizar el estado líquido del producto aunque lograr este valor no fue suficiente puesto que no supera la presión de vapor del propano proveniente de El Centro (193,82 psi – 1336,342 KPa).

Como no se evidenció cambio alguno en la presión de la línea ni en el estado del producto, se procedió con la realización de nuevas pruebas que permitieran asegurar la cuantificación del propano ELC, estas pruebas consistieron en restringir gradualmente el flujo en la válvula ubicada aguas arriba de la PCV 31605 para que esta actuara como una válvula contrapresión, con lo que se logró un incremento en la presión del sistema que permitió un

registro de flujo en el computador de la NEGLP. La presión alcanzada fue de 205 psi (1413,425 KPa). Durante las pruebas se mantuvo un control constante de la presión dado que los límites de batería tienen una ventana operativa de 220 psi (1516,846 KPa) para el caso de la línea de GLP Centro.

La tabla 6 muestra el evidente aumento de presión en los PT's y PI's a medida que el flujo es restringido. Cabe resaltar que debido a la baja velocidad de bombeo aproximadamente 70 BPH ($3,089 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$) ocurre un flasheo que desencadena una fluctuación del producto cuantificado en el medidor lo que demuestra la presencia de propano gasificado.

Tabla 5. Comportamiento de la Presión aguas arriba y debajo de la PCV 31605 durante un bombeo

02/08/2010 Propano ELC				
HORA	PI aguas arriba		PI aguas abajo	
	Psi	KPa	Psi	KPa
07:15	100	689,5	103	710,2
07:35	100	689,5	103	710,2
07:55	100	689,5	103	710,2
08:15	100	689,5	103	710,2
08:35	100	689,5	103	710,2
08:55	100	689,5	103	710,2
09:15	100	689,5	103	710,2

02/08/2010 Butano ELC				
HORA	PI aguas arriba		PI aguas abajo	
	Psi	KPa	Psi	KPa
07:15	98	675,7	65	448,2
07:35	98	675,7	65	448,2
07:55	98	675,7	65	448,2
08:15	98	675,7	65	448,2
08:35	98	675,7	65	448,2
08:55	98	675,7	65	448,2
09:15	98	675,7	65	448,2

Fuente: El Autor

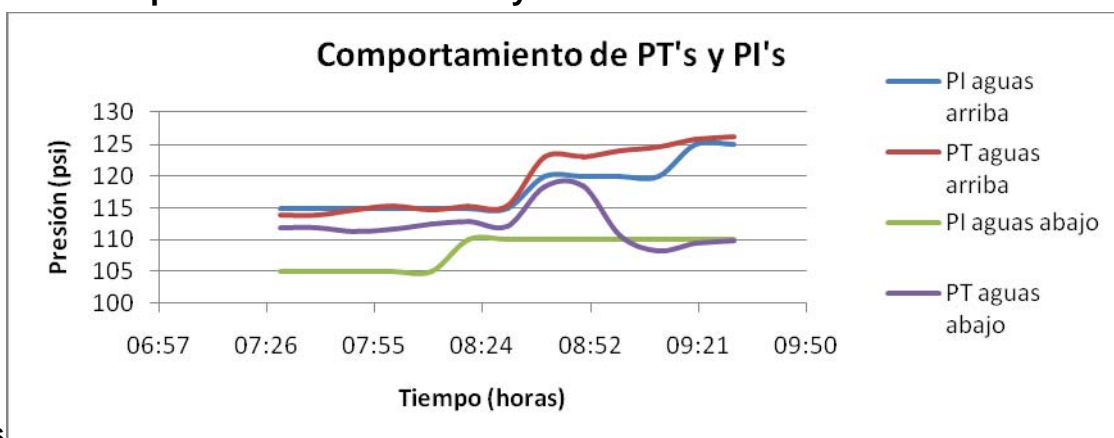
Tabla 6. Variación de la presión de acuerdo a la apertura de la Válvula

17/08/2010 Propano ELC									
HORA	PI aguas arriba		PT aguas arriba		PI aguas abajo		PT aguas abajo		% Apertura
	Psi	KPa	Psi	KPa	Psi	KPa	Psi	KPa	
07:30	115	792,9	113,8	734,6	105	723,9	111,9	771,5	100
07:40	115	792,9	113,8	734,6	105	723,9	111,9	771,5	50
07:50	115	792,9	114,8	791,5	105	723,9	111,3	767,4	50
08:00	115	792,9	115,3	794,9	105	723,9	111,6	769,4	50
08:10	115	792,9	114,8	791,5	105	723,9	112,4	774,9	40
08:20	115	792,9	115,3	794,9	110	758,4	112,9	778,4	40
08:30	115	792,9	115,4	795,6	110	758,4	112,1	772,9	40

08:40	120	827,4	123	848,1	110	758,4	118,4	816,3	30
08:50	120	827,4	123,1	848,7	110	758,4	118,5	817,1	30
09:00	120	827,4	124,1	855,6	110	758,4	110,7	763,2	30
09:10	120	827,4	124,6	859,1	110	758,4	108,3	746,7	20
09:20	125	861,8	125,8	867,4	110	758,4	109,4	754,3	20
09:30	125	861,8	126,3	870,8	110	758,4	109,9	757,7	20

Fuente: El Autor

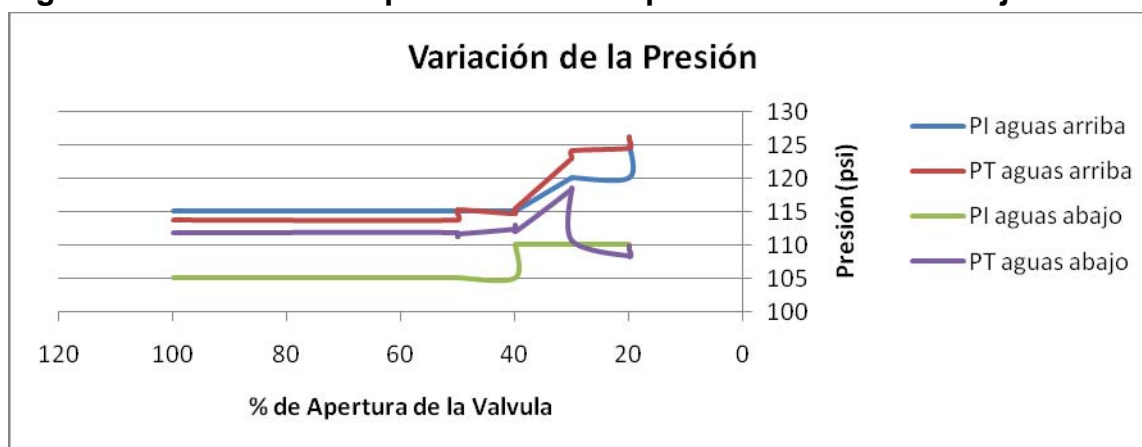
Figura 8. Comportamiento de los PI's y



PT's

Fuente: El Autor

Figura 9. Variación de la presión ocurrida por la restricción de flujo



Fuente: El Autor

5.8. Aseguramiento del procedimiento para la toma de muestras y del plan de muestreo de las líneas de recibo de productos blancos y de las balas de almacenamiento ubicadas en la estación.

La calidad de los productos necesita un seguimiento continuo para dar cumplimiento a los clientes, por lo tanto para el caso particular de los productos blancos recibidos de campos el establecer un plan de muestreo semanal con el laboratorio contribuye a mantener el control sobre la presión de vapor de los productos a la llegada al sistema de medición. El programa de muestreo se puede observar en el Anexo I.

5.9. Recuperación de los tomamuestras ubicados en la NEGLP.

La recuperación del sistema de muestreo de la NEGLP es una parte fundamental en el seguimiento de la operación puesto que se podrá confirmar el estado en el que se reciben y despachan los productos así como también se podrá garantizar el muestreo de las balas para mejorar la disponibilidad de producto dentro de especificaciones para entregar a clientes.

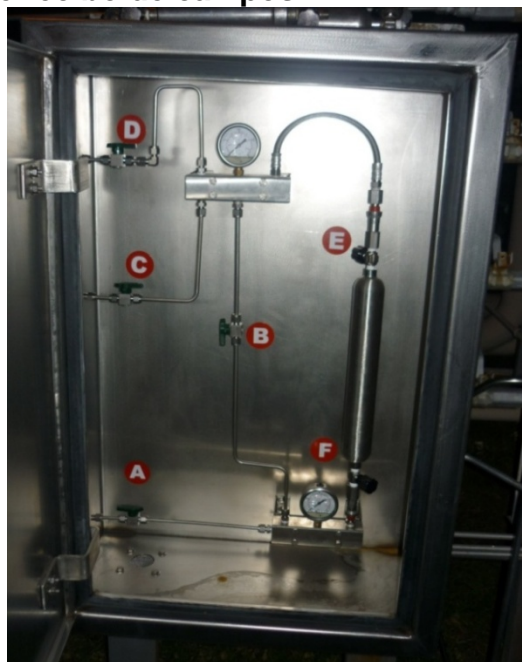
En la adecuación de los tomamuestras se logró la instalación de 3 equipos de muestreo completamente nuevos en las líneas de recibo de campos con el fin de hacer seguimiento a las calidades de los productos, además se adquirió el material necesario para la recuperación de los equipos restantes, solicitud que se encuentra en el estado presentado en la tabla 7 y también se recuperaron 8 balas de muestreo para cromatografías y 2 para muestras de corrosión que se encontraban en la bodega de casa de bombas 8 las cuales se entregaron acompañadas de un memorando al laboratorio de la GRB. Además se desinstalaran 5 tomamuestras ubicados en la vieja estación de GLP para ser instalados en las restantes líneas de recibo y despacho, la puesta en marcha de esta acción está pendiente por la llegada de unas bridas para cerrar el sistema donde se encuentran estos tomamuestras.

Figura 10. Balas de muestreo recuperadas de la bodega de casa de bombas 8.



Fuente: El Autor.

Figura 11. Tomamuestras recuperados de la bodega de casa de bombas 9 e instalados en las líneas de recibo de campos.



Fuente: El Autor.

Tabla 7. Estado de la solicitud para la adquisición de los componentes necesarios para la adecuación de los tomamuestras de la NEGLP

Cantidad	Componente	Código	Valor Unitario	Observación
10	Válvula de rosca macho para bala SS-14DKM4	1061472	US \$ 92,82	Disponible en Bodega, Retirar
12	Conector hembra SS-400-	762112	US \$ 13,64	Disponible en Bodega,

	7-4			Retirar
14	Manguera SS-FM4 PM4PM4-12	4312815	US \$ 79,81	Solped tratada, en proceso de compra
20	Conector rápido Base Hembra SS-QC4-B-4PF	1006360	US \$ 48,51	Proveedor: INCLICOL VÁLVULAS Y CONEXIONES S; Fecha de entrega: 04/10/2010.
10	Conector Rápido Espiga Hembra ¼ SS-QC4-D-4PF	1006337	\$ 100.349	Proveedor: INCLICOL VÁLVULAS Y CONEXIONES S; Fecha de entrega: 04/10/2010.
8	Conector Rápido Espiga Macho ¼ SS-QC4-D-4PM	1006345	\$ 73.391	Proveedor: INCLICOL VÁLVULAS Y CONEXIONES S; Fecha de entrega: 04/10/2010.
4	INDICADOR DE PRESIÓN 0-400 psi	4192670	\$ 170.000	En Proceso de compra

Fuente: El Autor.

CONCLUSIONES

- El análisis operacional es un indicador importante en el desarrollo continuo de la operación, es por esta razón que la implementación de la herramienta elaborada para tal fin contribuirá con el seguimiento y desarrollo de los diversos procesos ejecutados en cada uno de los sitios de trabajo. Además permitirá al personal que haga uso de ella optimizar el tiempo de desarrollo de sus actividades y facilitará la toma de decisiones puesto que permite prever no conformidades.

El sistema de medición de la Nueva Estación de GLP presentará una mejora en su desempeño siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- La presión de operación de las válvulas de la NEGLP debe ser superior a las presiones de vapor del producto que contiene cada línea, por ejemplo, para las líneas de recibo de Propano y Butano de campos debe ser de 190-210 psi (1310,004 – 1447,899 KPa) y 60-80 psi (413,685 – 551,58 KPa) respectivamente.
- La calidad de los productos bombeados por los campos de producción debe ser estándar y continua, para mantener en control la presión de vapor, dado que el elevado contenido de etano en la corriente de propano proveniente de la planta de gas ELC aumenta este parámetro; por esta razón si el porcentaje de etano presente en la corriente se reduce aproximadamente al 2% se reducirá la presión de vapor entre 20 y 25 psi (137,895 y 172,369 KPa) favoreciendo las condiciones necesarias para dar confiabilidad al proceso de contabilización de GLP.
- El seguimiento al volumen de llenado de la línea, el programa de muestreo, el protocolo de muestreo, la comunicación entre dependencias y las corridas de calibración de los medidores debe ser parte del compromiso diario de los involucrados en la transferencia de producto.

- Las cláusulas contractuales deben cumplirse estrictamente para hacer sostenible la contabilización del producto recibido en la GRB como evidencia del proceso de optimización de la medición aquí realizado.
- Las recomendaciones producto de este trabajo, deben cumplirse como han sido establecidas para alcanzar una contabilización confiable y sostenible del producto recibido en la NEGLP.

RECOMENDACIONES

- Tener en servicio los probadores de las diferentes casa de bombas para permitir la calibración de los medidores de flujo, puesto que el daño o la no calibración de estos equipos afecta de manera directa los balances e inventarios de los productos.
- Asegurar que la toma de muestras se haga de acuerdo a las normas establecidas para tal fin, puesto que un error en la rotulación de estas puede ocasionar decisiones erróneas debido a la importación de datos equivocados que afectaran los resultados del análisis operacional.
- Incrementar y mantener la temperatura en el fondo de la torre C2 en 400°F (204,44°C), esto se logra garantizando que la corriente de salida del horno alcance 577°F (302,78°C) evitando mediante aislamiento las pérdidas de calor en el camino hacia C3, lo que permitirá que las corrientes que llegan a los intercambiadores E5 mejoren la transferencia de calor haciendo que las corrientes intermedias de C2 mantengan la temperatura en el fondo de la torre con el propósito de garantizar que la presencia de etano sea próxima al 2% en las corrientes de propano con lo que se logra una disminución significativa en la presión de vapor y facilita la consecución de una medición confiable puesto que reduce la presión que se debe alcanzar para garantizar el producto en una sola fase.
- Cambiar la válvula actual puesto que no está cumpliendo su función de restringir el flujo lo que se evidencia en una diferencia nula entre los indicadores de presión aguas arriba y aguas abajo de esta, es decir, no hay caída de presión por un posible pase en la válvula, el cambio se debe realizar por una válvula de contrapresión con las siguientes características:

Serial: J51135	Serial: 14664055
Type: AR	Size: N/A
Size: 3"	Type: 1BR
Port Size: 3"	Press Units: PSI
Rating: CL300/740 PSI	Range: 120-195 actual
CWP	195-230 Nuevo
Plug: 316SST/OK OPM	Casing Press: 700
Stem: 316SST	Max Diaph Diff: 500

Cuando haya aire de instrumentos en la NEGLP se recomienda adquirir una válvula de control para el tren de medición.

Con base al análisis hidráulico de la línea se hacen las siguientes recomendaciones:

- Las pérdidas por fricción solo por tubería son de aproximadamente 128 psi (882,53 KPa), es decir, que las ondulaciones presentes en el trayecto ocasionan diferencia de altura en el recorrido de la línea lo que esta compensando esa caída y por esto se recibe el producto a tan baja presión puesto que si el terreno fuese llano la caída de presión seria mayor. Por esta razón se sugiere un cambio en el impulsor de la bomba para alcanzar mayor presión en la descarga o anexar una bomba al recorrido de la línea hacia la NEGLP.
- Cambiar todos los tramos de la tubería a un solo diámetro que permita disminuir las pérdidas de presión por tubería y que como es evidente en este caso no favorezca el flasheo del producto puesto que hay tramos en los que se amplía el diámetro de la línea generando expansiones que contribuyen a la gasificación del producto.
- Instalar en todas las tuberías aéreas de entrada (500 m) a la estación de GLP aislamiento térmico para minimizar el efecto de la temperatura ambiente en la medición del GLP por presencia de fase vapor. Este aislamiento térmico puede ser MCO-R Material desarrollado por el ICP y cuya aplicación puede ser similar a la instalada en Apiay en línea de apiasol que presentaba alta evaporación por efecto de la temperatura ambiente. [6]
- Realizar recorridos de manera continúa al propano ducto Centro para asegurar el estado óptimo de la línea, es decir, evitar que taponamientos con sustancias ajenas al proceso causen caídas de presión que afectaran finalmente la presión necesaria para lograr la cuantificación de producto como ya ocurrió. La sustancia presente en la línea de propano ELC se envió al ICP para realizar la respectiva caracterización pero

se sospecha es producto de la corrosión por azufre contenido en el H₂S, la sustancia es conocida como Pirrotita (Fe₇O₈).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Grupo de Excelencia Operacional. Manual de Descripción de Procesos de la Unidad de Materias Primas y Productos. Documento Interno de Ecopetrol. 2009
- [2] Gómez, Ernesto Alfonso. Departamento de Materias Primas y Productos. Ecopetrol. Presentación en Power Point. 2009
- [3] Vicepresidencia de Suministro y Mercadeo. Manual de Medición de Hidrocarburos. Documento Interno de Ecopetrol. 2008.
- [4] ONLINE: <http://www.osinerg.gob.pe:8888/SPH/html/glosario/p.htm>
- [5] API MPMS Capítulo 5, Sección 6. Measurement of Liquid Hydrocarbons by Coriolis Meters.
- [6] Instituto Colombiano del Petróleo. Ingeniería Conceptual para la Solución Problemática de Medición de GLP en GCB. Unidad de Disciplinas Especializadas. 2008.
- [7] RAMÍREZ, Gabriel y ROSALES, Víctor. Medición de Hidrocarburos Líquidos. Colombia, 2008.
- [8] ONLINE: <http://es.wikipedia.org/wiki/butano>
- [9] ONLINE: http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n_de_vapor
- [10] ONLINE:
http://www.emersonprocess.com/Micromotion/tutor/old_tutor/spanish/02_whatisaflowmeter.htm
- [11] ONLINE: <http://aitunexpo.blogspot.com/2007/05/principio-de-funcionamiento.html>
- [12] ONLINE: <http://laboratorio-quimico.blogspot.com/2009/05/termometros.html>
- [13] ONLINE: <http://www.monografias.com/trabajos60/instrumentacion-basica-metrologia/instrumentacion-basica-metrologia2.shtml>
- [14] FISHER, Control Valve Handbook. Fisher controls international. 2005.
- [15] TREYBAL, Robert. Operaciones de Transferencia de Masa. Editorial McGraw Hill. Segunda Edición. México. Capítulo 9. Destilación.

GLOSARIO

A

Aceite Liviano de Ciclo (ALC). Es un material corrosivo para los tejidos; puede causar quemaduras graves como blanqueamiento y pérdida de sensibilidad. La exposición prolongada puede ocasionar irritación del tracto respiratorio, fibrosis y dermatitis. En pruebas de laboratorio realizadas en la piel de animales ha producido cáncer y ha dado resultados positivos en pruebas mutagénicas.

Ácido Sulhídrico (H_2S). El ácido sulhídrico, también denominado sulfuro de hidrógeno (H_2S), es un gas extremadamente tóxico e incoloro que huele a huevos podridos en concentraciones bajas. El H_2S , en pequeñas concentraciones, es irritante a los ojos y vías respiratorias. A una concentración moderada, ocasiona una parálisis respiratoria rápida.

En altas concentraciones, el H_2S obstaculiza el sentido del olfato (fatiga olfativa). Esto quiere decir que pudieran existir riesgos, aun cuando el olor no se detecte. La exposición a concentraciones elevadas puede ser fatal.

Ácido Sulfúrico (H_2SO_4). Es un líquido incoloro corrosivo. La inhalación de su niebla ocasiona sensación de quemazón, tos, dolor de garganta y dificultad respiratoria. El contacto con la piel ocasiona dolor, enrojecimiento y quemaduras cutáneas graves. Su contacto con los ojos produce dolor, enrojecimiento y quemaduras profundas. La exposición por largo tiempo a las neblinas puede causar daños dentales y representa peligro de cáncer.

API. American Petroleum Institute. Instituto Americano del Petróleo de Estados Unidos de Norteamérica, encargado de estandarizar y normalizar bajo estrictas especificaciones de control de calidad, diferentes materiales y equipos para la industria petrolera. Igualmente establece normas para diseño, construcción y pruebas en instalaciones petroleras, incluyendo diseño de equipos y pruebas de laboratorio para derivados del petróleo.

Asfalto. El efecto de la exposición a vapores de asfalto líquido o diluido depende del tipo de solvente en que se haya agregado. Puede irritar las membranas mucosas del tracto respiratorio. Por ingestión puede causar disturbios gastrointestinales. En algunas personas puede causar dermatitis, inflamación por contacto o quemaduras graves. Los humos de asfalto pueden causar irritación en los ojos. Por exposición durante largos períodos de tiempo, es posible la formación de carcinomas locales.

AVGAS (Gasolina de Aviación Grado 100). La inhalación excesiva de vapores ocasiona dolor de cabeza, mareo, visión borrosa, somnolencia, confusión mental y falta de coordinación; en casos severos, coma, edema pulmonar y posiblemente la muerte. Su inhalación por periodos prolongados puede causar anemia, irritabilidad y lesiones en los nervios de las extremidades. Su ingestión produce irritación en la boca, garganta y estómago; tos, náuseas, vómito, somnolencia, estupor, convulsiones y posible daño renal. Si se produce vómito, la sustancia puede ser aspirada lo que ocasionaría una lesión inmediata con peligro de muerte por edema pulmonar. El contacto frecuente y prolongado con la piel puede producir resequedad, escamas y agrietamiento. El contacto con los ojos causa irritación y ardor, pero generalmente su efecto es temporal.

B

Bala. Tanque cilíndrico, utilizado para almacenar o transportar gases licuados.

Base Nafténica Media, Base Nafténica Pesada. Sus vapores causan irritación del tracto respiratorio. Si es ingerido ocasiona náuseas, vómito, dolor de cabeza e irritación gastrointestinal. El contacto con los ojos y piel puede causar irritación. Puede contener trazas de hidrocarburos aromáticos, los cuales, debido al contacto prolongado, producen cáncer.

Base Parafínica Liviana, Base Parafínica Mediana, Base Parafínica Bright Stock. Los vapores causan irritación del tracto respiratorio. Si es ingerido puede ocasionar náuseas, vómito, dolor de cabeza e irritación gastrointestinal. El contacto prolongado puede irritar los ojos y la piel. Puede contener trazas de hidrocarburos aromáticos, los cuales debido al contacto prolongado producen cáncer.

Benceno. Los vapores pueden producir un efecto semejante al de un anestésico. Los síntomas más comunes son: euforia seguida de insomnio, desvanecimiento, vómito, temblores, alucinaciones, delirio e inconsciencia. También se presenta cefalea, taquicardia, disnea y convulsiones. Produce irritación a nivel de la boca, nariz, garganta, pulmones; la irritación se acompaña de un edema agudo de la zona. La exposición a grandes cantidades de vapores puede producir bronquitis y neumonía. El contacto directo con la piel produce vasodilatación, enrojecimiento, resequedad, irritación y agrietamiento. La exposición prolongada puede producir dermatitis crónica. En los ojos produce prurito, lagrimeo e irritación. La exposición prolongada, aún a concentraciones relativamente bajas, puede resultar en desordenes del sistema circulatorio, problemas de coagulación, anemia y leucemia (cáncer).

Butano, GLP, Propileno. Estas sustancias son asfixiantes y todos los efectos experimentados se deben a la falta de oxígeno. Su inhalación en cantidades moderadas puede ocasionar dolor de cabeza, somnolencia, mareo, excitación, salivación excesiva,

vomito. La exposición prolongada puede producir inconsciencia y hasta la muerte. Si el líquido entra en contacto con la piel, los ojos o se ingiere, puede presentarse quemaduras.

C

Calibración. El conjunto de operaciones que tiene por finalidad determinar los errores de un instrumento para medir y, de ser necesario, otras características metrológicas.

Calibración de Medidores. Es la comparación entre un volumen patrón y el medido por un medidor, a condiciones de referencia, con el fin de obtener un factor del medidor.

Calidad. Grado en el que un conjunto de características inherentes de un producto proceso o sistema, cumple con los requisitos, necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria, la calidad de un hidrocarburo está definida en el contrato que firman las partes.

Combustóleo Liviano, Combustóleo Pesado. Por inhalación, puede causar irritación del tracto respiratorio, excitación, euforia, dolor de cabeza, desvanecimiento, somnolencia, visión borrosa, fatiga, convulsiones, pérdida de la conciencia, dificultad respiratoria y hasta la muerte. Su ingestión, puede producir irritación, náuseas, vómito y diarrea. El contacto repetido o prolongado puede resultar en pérdida de las grasas naturales, enrojecimiento, picazón, inflamación, agrietamiento y posible infección secundaria; en algunas personas puede causar reacciones alérgicas. En exposiciones repetidas, prolongadas o excesivas, en particular bajo condiciones de poca higiene, puede ocasionar el desarrollo de verrugas que pueden degenerar en cáncer en la piel. Si entra en contacto con los ojos pueden presentarse irritaciones leves.

Crudo-Petróleo Crudo. El petróleo crudo es normalmente un líquido espeso de un color que oscila entre amarillo oscuro a café ó negro verdoso. El petróleo crudo “agrió” contiene ácido sulfhídrico (H₂S) y es extremadamente peligroso. El petróleo crudo también contiene benceno, el cual es reconocido como cancerígeno y que puede ocasionar trastornos sanguíneos serios. Es un líquido inflamable que en forma de vapor puede encenderse rápidamente cuando se expone a calor, chispas, flama abierta, u otras fuentes de ignición.

D

Densidad de fluidos. Se refiere a la masa por unidad de volumen. La densidad relativa (densidad del gas/densidad del aire) se usa para la medición del gas usando varios métodos los cuales miden parte del proceso o en forma continua. Se clasifican en discretos

(Hidrómetro atmosférico, de presión, Balanza de Westphal, Picnómetro) y continuos (Elementos de vibración, balanceo, peso continuo, capacitancia, nuclear, acústico).

Densidad. Es la relación entre la masa por unidad de volumen de un líquido o un gas, en el sistema internacional su unidad es el kilogramo por metro cúbico.

Densitómetro. Es un transductor asociado a un equipo que permite convertir la densidad de un fluido en una señal electrónica.

Diesel, Diesel Marino. El aspirar gases puede causar náuseas, dolor de cabeza, mareo e inconsciencia. La exposición por periodos prolongados causa irritación del aparato respiratorio; las concentraciones elevadas deprimen del sistema nervioso central, causando euforia, excitación, dolor de cabeza, desvanecimiento, somnolencia, visión borrosa, fatiga, temblores, convulsiones, pérdida de conciencia, coma, paro respiratorio y hasta la muerte. Su ingestión puede causar náuseas, vómito, diarrea y disturbios gastrointestinales. El contacto repetido o prolongado con la piel resulta en pérdida de las grasas naturales, enrojecimiento, inflamación, comezón, agrietamiento y posible infección secundaria. Los vapores, humos o nieblas; pueden causar irritación en los ojos. Esta sustancia contiene productos aromáticos que se ha comprobado causan cáncer en la piel bajo condiciones deficientes de higiene personal y por contacto repetido y prolongado.

Disolventes 1, 2, 3 y 4. La permanencia prolongada en una atmósfera saturada de disolventes causa trastornos fisiológicos, presentándose asfixia y lesiones en los tejidos pulmonares. Los vapores tienen un grado bajo de toxicidad, pero las nieblas pueden causar neumonitis química (inflamación de los pulmones o dificultad respiratoria). Por ingestión oral tiene un orden bajo de toxicidad. Sin embargo, si se produce vómito, se puede aspirar la sustancia, lo que ocasionaría una lesión inmediata con peligro de muerte por edema pulmonar. El contacto prolongado y repetido con la piel puede irritarla causando dermatitis. Es irritante a los ojos. En concentraciones altas, los vapores irritan las mucosas y son anestésicos.

G

Gasóleo. Por inhalación, puede causar irritación del tracto respiratorio, excitación, euforia, dolor de cabeza, desvanecimiento, somnolencia, visión borrosa, fatiga, convulsiones, pérdida de la conciencia, dificultad respiratoria y la muerte. Si es ingerido, puede producir irritación, náuseas, vómito y diarrea. El contacto repetido o prolongado puede resultar en pérdida de las grasas naturales, enrojecimiento, picazón, inflamación, agrietamiento y posible infección secundaria; en algunas personas puede causar reacciones alérgicas. En exposiciones repetidas, prolongadas o excesivas, en particular bajo condiciones de poca higiene, puede ocasionar el desarrollo de verrugas que pueden degenerar en cáncer en la piel. Si entra en contacto con los ojos pueden presentarse irritaciones leves.

Gasolina. (Alquilato, Gasolina Corriente, Gasolina Extra, Naftas Importadas, Nafta de Cracking, Nafta Virgen, Nafta de Viscosreductora, Platformado, Poligasolina). La inhalación de los vapores produce dolor de cabeza, mareo, visión borrosa, somnolencia, confusión mental e incoordinación, en casos severos coma, edema pulmonar y hasta la muerte. La inhalación repetitiva de los vapores de la gasolina (exposición crónica) puede causar anemia, irritabilidad y lesiones en los nervios de las extremidades. Su ingestión produce: irritación en boca, garganta y estómago, tos, náuseas, vómito, somnolencia, estupor; en casos extremos, convulsiones y daño renal. Durante el vómito se corre el riesgo de aspirar la gasolina dentro de los pulmones en donde causa una lesión inmediata con peligro de muerte por edema pulmonar. El contacto frecuente y prolongado con la piel produce resequedad, escamas y agrietamiento. La manifestación de estos síntomas depende del grado de sensibilidad del individuo. Su contacto con los ojos causa irritación y ardor, pero generalmente, su efecto es temporal.

GLP: Gas Licuado de Petróleo. Es una mezcla de hidrocarburos livianos constituida principalmente por propano C3's (propano y componentes de este) y C4's (butano y compuestos derivados de este), en proporciones variables que a condiciones atmosféricas es gaseosa y al comprimirla pasa a estado líquido. Puede producirse en plantas de procesamiento de gas natural o en refinerías, especialmente en las plantas de ruptura catalítica.

H

Hidrocarburo: Se denomina hidrocarburo a los compuestos orgánicos que contiene únicamente carbono e hidrogeno en sus moléculas. Conforman una estructura de carbono a la cual se unen átomos de hidrogeno. Los hidrocarburos se clasifican en dos clases principales: hidrocarburos aromáticos los cuales tienen al menos un anillo aromático

(conjunto planar de seis átomos de carbono) y los hidrocarburos alifáticos los cuales se unen en cadenas abiertas, ya sea lineales o ramificadas.

J

Jet A1. La inhalación del vapor irrita el tracto respiratorio y puede causar efectos tales como dolor de cabeza, desvanecimientos, náuseas, convulsiones o pérdida de la consciencia, dependiendo de las concentraciones y del tiempo de exposición. Su ingestión irrita la boca, garganta y el tracto digestivo. La broncoaspiración puede producir neumonía por acción local. Por ingestión es levemente tóxico ya que puede causar únicamente disturbios gastrointestinales. Por contacto prolongado causa pérdida de las grasas naturales e irritación mientras que las exposiciones repetidas o prolongadas pueden ocasionar dermatitis. Causa irritación por contacto con los ojos.

R

Rata de Flujo: Término que expresa la velocidad del fluido. Ejemplo: barriles por hora, galones por minuto, metros cúbicos por hora, etc.

S

Slurry. Es un material corrosivo para los tejidos. Puede causar quemaduras graves con blanqueamiento y pérdida de sensibilidad. La exposición prolongada puede ocasionar irritación del tracto respiratorio, fibrosis y dermatitis. En pruebas de laboratorio, ha producido cáncer en la piel en animales y ha dado resultados positivos en pruebas mutagénicas.

T

Toma – Muestras. Recipientes metálicos o de vidrio apropiados para la extracción de muestras para el caso de tanques o aparato extractor insertado en la tubería en el caso de muestreo en línea.

Transferencia de custodia. Es el hecho a través del cual se traslada a otra área o un tercero el deber del cuidado y la conservación del hidrocarburo, derivada de la entrega y recibo

entre áreas o la entrega y recibos de terceros ya sea a título de tenencia o a título de propiedad.

V

Virginoil. La permanencia prolongada en una atmósfera saturada de disolventes causa trastornos fisiológicos, presentándose asfixia y lesiones en los tejidos pulmonares. Los vapores tienen un grado bajo de toxicidad, pero las nieblas pueden causar neumonitis química. Por ingestión oral tiene un orden bajo de toxicidad. Sin embargo, si se produce vómito, la sustancia se puede aspirar, lo que ocasiona una lesión inmediata con peligro de muerte por edema pulmonar. El contacto prolongado y repetido con la piel puede irritarla causando dermatitis. Es ligeramente irritante a los ojos, pero no daña sus tejidos. En concentraciones altas, los vapores irritan las mucosas y son anestésicos.

ANEXOS

ANEXO A. GUÍA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS OPERACIONAL BASADO EN LA HERRAMIENTA DE SEGUIMIENTO OPERATIVO

Figura A.1. Presentación de la Guía para el Análisis Operacional

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1				VICEPRESIDENCIA DE REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA					
2				Gerencia Refinería Barrancabermeja	Fecha de aprobación:				
3				Departamento de Materias Primas y Productos	Versión:	1			
4									
5									
6	Unidad Nro.				Definición de la tarea				
7	PPD				PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ANALISIS OPERACIONAL				
8					Precondiciones				
9	PLAN:				<ol style="list-style-type: none"> 1 CONTAR CON UN EQUIPO CON ACCESO A PI 2 EL USUARIO DEBE TENER ACCESO AUTORIZADO A PI 3 POSEER LA HERRAMIENTA DE ANALISIS OPERACIONAL DEL PPD 4 OPERADOR DEBE POSEER CONOCIMIENTOS BASICOS OPERATIVOS DEL DPTO <p>NOTA: En caso de NO conocer el contenido de los tanques que se encuentran cargando a las unidades Topping, consultar dicha información en el correo de PLP o con los operadores de CB8.</p> <p>Equipo de protección personal diferente al estándar:</p>				
10	1 SEGUIMIENTO A POOL DE CRUDOS								
11	2 SEGUIMIENTO A POOL ACPM-DIESEL								
12	3 SEGUIMIENTO A POOL GASOLINA								
13	4 SEGUIMIENTO A POOL COMBUSTOLEO								
14	5 SEGUIMIENTO A POOL JET								
15	6 SEGUIMIENTO A POOL ASFALTO								
16	7 SEGUIMIENTO A CARGA URC's								
17	8 SEGUIMIENTO A FONDOS								
18	9 SEGUIMIENTO A POOL ALQUILATO Y AVGAS								
19	10 SEGUIMIENTO A POOL DISOLVENTES								
20	11 SEGUIMIENTO A POOL AROMATICOS, BASES Y ACIDO								
21	12 SEGUIMIENTO A POOL PROPILENO								
22	13 SEGUIMIENTO A POOL GLP								
23	14 SEGUIMIENTO A VENTAS								
24									

Fuente: El Autor.

ANEXO B. GENERALIDADES DEL GLP Y SU MEDICIÓN

Conceptos Básicos

GAS LICUADO DEL PETRÓLEO (GLP)

El GLP es una mezcla de hidrocarburos livianos cuyos componentes principales son Propano (C3) y Butano (C4) y otros componentes en menor proporción, en condiciones normales es gaseoso pero al comprimirlo pasa a estado líquido.

En la Nueva Estación de GLP la composición de la mezcla propano-butano es de alrededor 40% de Propano y 60% de Butano, aunque esas cantidades pueden variar según la producción de campos y el consumo en las unidades de proceso.

PROPANO

Es un combustible hidrocarburo producido en el país. Su símbolo químico es C₃H₈ y es un subproducto del procesamiento del gas natural y de la refinación del petróleo. En condiciones ambientales el propano incoloro e inodoro. Se convierte en líquido bajo presión moderada y es almacenado y provisto en su estado líquido. El propano es 270 veces más denso como líquido que como vapor.

BUTANO

El butano también llamado n-butano, es un hidrocarburo saturado, parafínico o alifático, inflamable, gaseoso que se licúa a presión atmosférica a -0,5 °C, formado por cuatro átomos de carbono y por diez de hidrógeno, cuya fórmula química es C₄H₁₀.

Como es un gas incoloro e inodoro, en su elaboración se le añade un odorizante (generalmente un mercaptano) que le confiere olor desagradable. Esto le permite ser detectado en una fuga, porque es altamente volátil y puede provocar una explosión.

El butano comercial es un gas licuado, obtenido por destilación del petróleo, compuesto principalmente por normal butano (60%), propano (9%), isobutano (30%) y etano (1%).

PRESIÓN DE VAPOR

La presión de vapor o más comúnmente presión de saturación es la presión a la cual para una temperatura dada, la fase líquida y el vapor se encuentran en equilibrio dinámico; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas.

Cada una de las fases en equilibrio recibe el nombre de líquido saturado y vapor saturado. Esta propiedad es inversamente proporcional a las fuerzas de atracción intermoleculares, debido a que cuanto mayor sea el módulo de las mismas, mayor deberá ser la cantidad de

energía entregada (ya sea en forma de calor u otra manifestación) para vencerlas y producir el cambio de estado.

El factor más importante que determina el valor de la presión de saturación es la propia naturaleza del líquido, encontrándose que en general entre líquidos de naturaleza similar, la presión de vapor a una temperatura dada es tanto menor cuanto mayor es el peso molecular del líquido. [4]

En términos de derivados del petróleo la presión de vapor es la presión absoluta medida en libras por pulgada cuadrada (psia) la cual es ejercida por los vapores de un líquido el cálculo de la presión de vapor para hidrocarburos se determina según la norma ASTM D323, Método estándar de Prueba de Presión de Vapor de Productos de Petróleo (NFPA30). [5]

MEDICIÓN DINÁMICA

Para este efecto se desarrollaron y se vienen utilizando los siguientes medidores de flujo:

- Medidores de Orificio
- Medidores de Desplazamiento Positivo
- Medidores de Turbina
- Medidores Mássicos tipo Coriolis

Inicialmente la medición fue exclusivamente realizada por medidores volumétricos, pero debido a las características intrínsecas del producto y de sus mezclas, fue necesario desarrollar el densímetro, lo que eliminó la necesidad de conocer con precisión las condiciones PVT de la mezcla al momento de la medición, así como sus efectos sobre la densidad y por consiguiente en la validez de la medida. De esta forma se combinaron los volúmenes entregados por los medidores con las densidades obtenidas por los densitómetros, para obtener mediciones en masa que resultaran satisfactorias para los distintos agentes involucrados. Es quizás por esta razón que el mercado mundial de GLP tiende a expresar sus volúmenes de venta en toneladas métricas.

Hoy en día la electrónica juega un papel muy importante tanto en la recolección y corrección de los datos a las condiciones de base, como para el conteo e interpretación de pulsos y revoluciones generadas por el paso del fluido a través de un elemento sensor. Esta misma tecnología ha sido utilizada exitosamente para el desarrollo de densímetros con niveles de exactitud muy altos y que, correlacionados a unidades de volumen equivalentes a las condiciones de base, permiten obtener lecturas precisas y confiables, tanto por masa como por volumen.

Factores que afectan la medición de GLP

CONTRAPRESIÓN

Todo medidor, ya sea en unidades de volumen o de masa, debe operar con relación a una fase única, bien sea líquido o vapor. Estos hidrocarburos, con fácil tendencia a coexistir simultáneamente en dos fases diferentes, deberán ser trasegados a presiones superiores a la presión de vapor, determinada en cada caso por su composición química.

Al respecto, y a manera de ejemplo, API recomienda utilizar una presión de 1,25 veces la presión de equilibrio de vapor a la máxima temperatura, más dos veces la caída de presión a través del medidor a su máximo flujo. Por esta razón en la mayoría de las instalaciones de instrumentos de medida, se requiere de una válvula de contrapresión que no permita el paso del fluido, hasta tanto no se logre esta contrapresión.

COMPRESIBILIDAD

Siempre se consideró que los líquidos eran incompresibles y con un bajo coeficiente de expansión. Sin embargo, en los hidrocarburos livianos, la presión y el coeficiente de expansión térmica, generan factores que llegan a ser significativos al momento de realizar la corrección volumétrica.

Para presiones relativamente constantes en hidrocarburos pesados, los efectos de la compresibilidad no llegan a ser importantes. En términos generales, si la temperatura absoluta del flujo es menor que el 70% de la temperatura crítica absoluta de la mezcla, a presiones de operación de 300 psig (2068,43 KPa) y menores, los factores de compresibilidad son despreciables. Sin embargo, a medida que se aumentan las presiones y la composición del producto se puede ubicar en el área de los hidrocarburos más livianos, la medición de la presión se convierte en un factor crítico en la exactitud de la corrección volumétrica.

TEMPERATURA

Este es el factor más incidente e importante a tener en cuenta en el momento de realizar la corrección de volúmenes. Como se mencionó anteriormente, se considera que el coeficiente de compresibilidad es usualmente despreciable. La expansión del volumen de un líquido por cada grado celsius o fahrenheit de incremento de temperatura, de otra parte, se denomina coeficiente de expansión. En el caso del propano su comportamiento es no lineal, y varía entre 0,0020 a 120°F (48,89°C) a 0,0014 a -30°F (-34,44°C), o visto desde otro ángulo, un cambio de temperatura o un error de medición de 1°F (-17,22°C), puede llegar a representar una diferencia de $\pm 0,34\%$ en volumen, para una temperatura y composición determinadas.

Por lo tanto, la medición de temperatura adquiere una importancia preponderante en lo relativo a la lectura y sensibilidad de los instrumentos de medición de la misma. Por este motivo, las características de instalación de los termopozos, su aislamiento, y ubicación (sol o sombra), deben ser considerados y orientados a minimizar los efectos perjudiciales de la conducción y radiación del calor a través de las paredes del recipiente.

COMPOSICIÓN

La variación en la composición hace más complejo el problema de estimar los efectos de la presión y la temperatura, ya que no existen leyes físicas que permitan predecir dichos efectos, o al menos alguna que sea considerada aceptable por la industria.

DENSIDAD

La densidad del fluido que acompaña las mediciones de temperatura, presión, gravedad específica y compresibilidad de la mezcla, es una propiedad crítica. La medición de la densidad debe realizarse en un punto específico del instrumento de medida, bien sea este en el plano del medidor de orificio, en el rotor de la turbina o en las cámaras de un medidor de desplazamiento positivo, pero en todos ellos se afectará la operación del medidor. Es por ello que los fabricantes de los instrumentos de medición de la densidad, buscan que el punto de prueba esté en idénticas condiciones a los mencionados. De nuevo, los más afectados son los hidrocarburos livianos, debido a su baja densidad y por lo tanto su mayor inestabilidad o tendencia a alterarse.

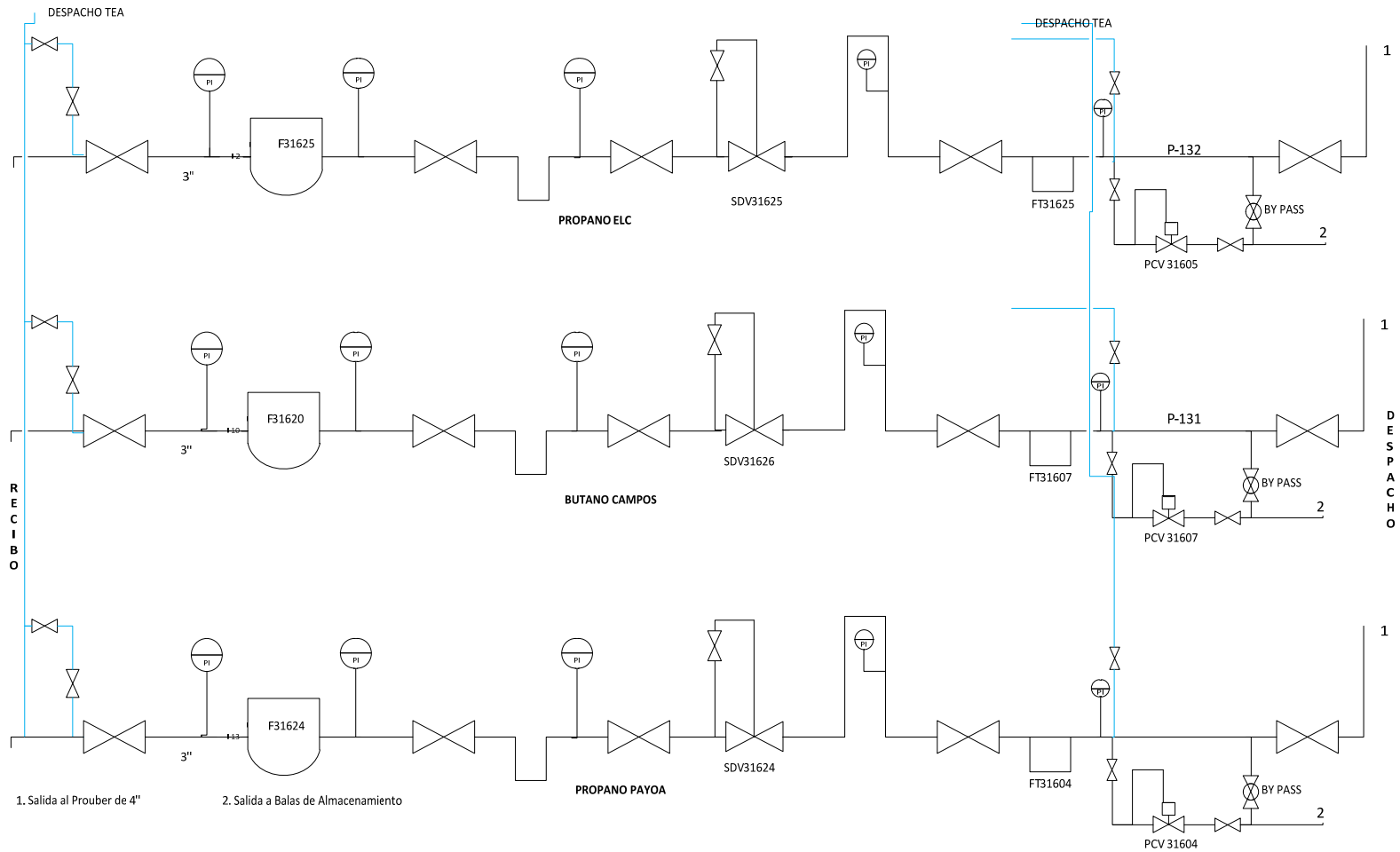
La densidad, entendida como la relación de una masa y su volumen, se mide con un densímetro. Si se mide la gravedad específica, o densidad relativa, entendida como la relación entre el peso específico del líquido que fluye a las condiciones del sistema de conducción (presión y temperatura del flujo) y el peso de un volumen igual de agua a 60°F (15,56°C), la medición se realiza con un gravitómetro para líquidos. Ambas lecturas serán a las que corresponden a las condiciones de presión y temperatura observadas y se requerirá, por lo tanto, realizar la respectiva corrección para remitirlas a las condiciones estándar de referencia.

PATRÓN DE FLUJO

Algunos tipos de medidores, especialmente los de turbina, son especialmente sensibles al patrón de flujo. El más recomendado es el patrón de flujo turbulento, pero alimentado en línea recta. Por esta razón, los fabricantes recomiendan mecanismos que mantienen recto el flujo, o que la tubería, aguas arriba del medidor, sea recta por un tramo cuya longitud está determinada por el diámetro de la misma. Este concepto está asociado básicamente a las instrucciones particulares de montaje que especifica cada fabricante de medidores.

ANEXO C. ESQUEMA DE LAS LINEAS DE RECIBO DE PROPANO Y BUTANO PROCEDENTE DE CAMPOS

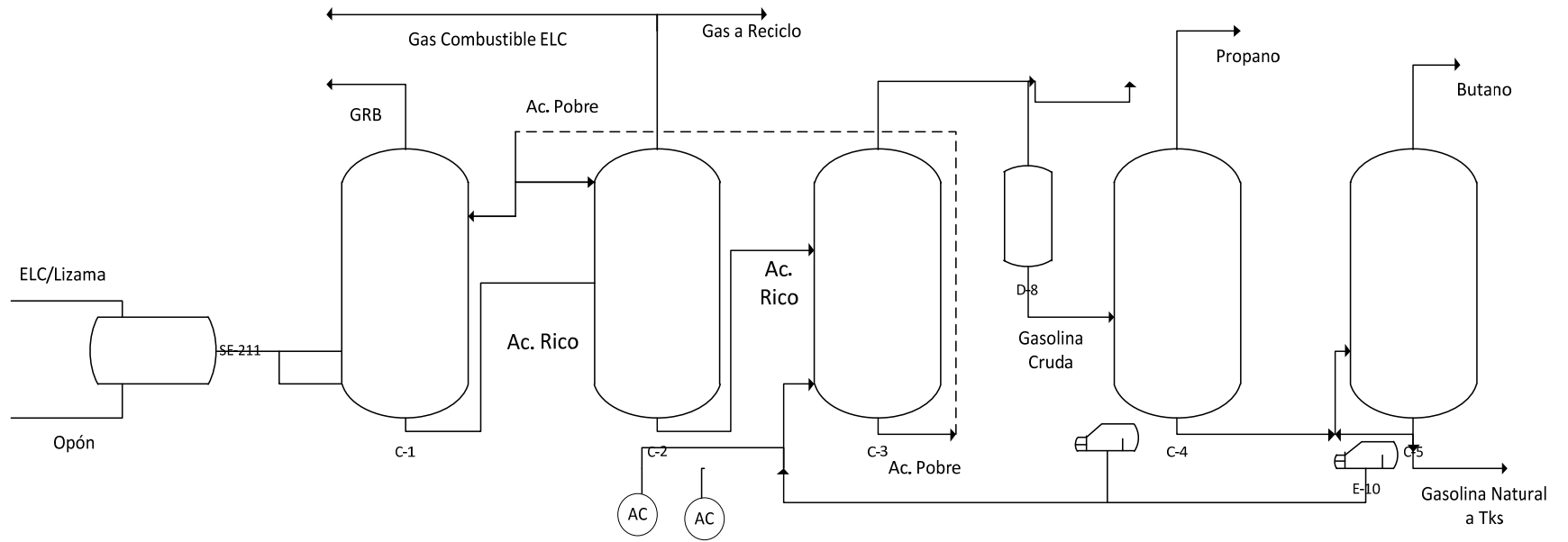
Figura C.1. Líneas de Recibo de Productos Blancos provenientes de Campos



Fuente: El Autor.

ANEXO D. DIAGRAMA GENERAL DE PROCESO DE LA PLANTA DE GAS DE EL CENTRO

Figura D.1. Diagrama de flujo general del proceso realizado en la Planta de Gas ELC



Fuente: El Autor.

ANEXO E. ANÁLISIS CROMATOGRÁFICOS DE LOS PRODUCTOS BLANCOS DE LA PLANTA DE GAS ELC.

Tabla E.1. Resultados Cromatografías Propano-Butano ELC en el mes de Abril

PROPANO-ABRIL												
	05/04	06/04	08/04	15/04	19/04	20/04	21/04	22/04	26/04	27/04	28/04	29/04
C2	5,861	1,759	4,858	5,458	5,350	4,466	9,940	7,635	6,548	6,081	2,722	8,964
C3	73,079	73,945	89,257	80,141	80,284	83,682	73,143	84,141	72,548	81,330	87,526	81,020
IC4	10,722	13,607	3,602	8,444	9,134	8,011	8,645	5,924	10,022	8,172	8,123	6,836
NC4	10,209	10,660	2,251	5,958	5,233	3,841	8,188	2,299	9,849	4,416	1,629	3,181
IC5	0,101	0,028	0,021	0,000	0,000	0,000	0,069	0,000	0,747	0,000	0,000	0,000
NC5	0,028	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,016	0,000	0,286	0,000	0,000	0,000
C6+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
BUTANO-ABRIL												
	06/04	07/04	08/04	15/04	19/04	20/04	22/04	26/04	27/04	28/04	29/04	
C2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C3	13,391	16,574	10,799	10,447	10,100	7,149	11,467	7,226	7,849	8,670	7,461	
IC4	23,104	20,905	22,292	24,917	23,756	22,965	23,548	21,269	24,875	26,690	25,930	
NC4	48,272	43,685	43,654	49,316	48,492	48,097	48,693	41,833	48,242	46,327	50,449	
IC5	10,190	11,612	14,216	13,574	14,768	17,688	13,749	20,355	14,917	14,469	12,459	
NC5	5,043	7,224	9,039	1,747	2,884	4,101	2,543	9,317	4,117	3,845	3,701	
C6+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: El Autor.

Tabla E.2. Resultados Cromatografías Propano-Butano ELC en el mes de Junio

PROPANO-JUNIO							BUTANO-JUNIO						
	01/06	02/06	03/06	08/06	09/06	10/06		01/06	02/06	03/06	08/06	09/06	10/06
C2	5,019	8,631	8,351	7,554	3,215	6,358	C2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C3	83,922	83,675	80,763	82,314	77,711	78,356	C3	5,634	8,493	11,845	11,065	11,641	10,564

IC4	7,540	5,891	7,591	7,293	11,103	8,911	IC4	28,905	26,674	27,695	28,273	27,398	27,316
NC4	3,520	1,803	3,295	2,839	7,405	6,376	NC4	56,408	51,854	53,077	53,860	55,656	53,950
IC5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,379	0,000	IC5	7,166	9,586	6,227	5,813	4,566	7,459
NC5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,188	0,000	NC5	1,888	3,392	1,156	0,988	0,738	0,711
C6+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	C6+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: El Autor.

Tabla E.3. Resultados Cromatografías Propano-Butano ELC en el mes de Julio

PROPANO-JULIO															
	02/07	06/07	07/07	09/07	12/07	13/07	14/07	15/07	16/07	21/07	22/07	23/07	26/07	27/07	30/07
C2	8,013	10,690	8,990	8,599	6,333	8,631	5,990	10,263	6,848	10,213	5,885	9,916	8,761	9,079	4,787
C3	81,626	76,459	85,014	89,934	67,963	83,675	80,446	81,016	81,404	79,112	65,987	64,675	66,768	70,108	75,378
IC4	7,137	7,291	3,895	1,302	9,674	5,891	8,567	6,414	7,917	6,888	11,663	10,280	10,167	9,251	10,171
NC4	3,224	5,381	2,020	0,165	12,236	1,803	4,997	2,307	3,832	3,787	12,801	11,791	11,190	9,225	9,653
IC5	0,000	0,128	0,057	0,000	2,365	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,354	2,137	1,993	1,496	0,010
NC5	0,000	0,051	0,024	0,000	1,429	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	1,310	1,200	1,121	0,840	0,000
C6+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
BUTANO-JULIO															
	02/07	06/07	07/07	09/07	12/07	13/07	14/07	15/07	16/07	21/07	22/07	23/07	26/07	27/07	30/07
C2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,316	0,000	0,000
C3	12,672	9,387	8,921	7,086	21,379	9,142	7,519	8,512	3,828	3,563	2,939	5,024	62,764	5,915	9,860
IC4	25,950	26,398	29,568	33,400	29,157	28,403	28,721	29,045	29,447	28,079	31,898	28,363	13,230	29,152	28,678
NC4	48,341	52,899	55,605	54,606	48,961	55,642	57,364	55,659	58,964	57,573	56,724	57,016	15,693	56,303	55,360
IC5	8,961	9,240	5,469	4,713	0,477	5,904	5,650	5,842	6,617	8,844	7,647	8,140	3,171	7,789	5,451
NC5	4,076	2,076	0,436	0,194	0,026	0,909	0,746	0,942	1,144	1,941	0,793	1,457	1,826	0,842	0,651
C6+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: El Autor.

— Presión de Vapor
 — Promedio Presión de Vapor
 — Clausula Contractual
 Fuente: El Autor.

Figura E.1. Presión de Vapor mensual del Propano ELC

Figura E.2. Presión de Vapor mensual de Butano ELC

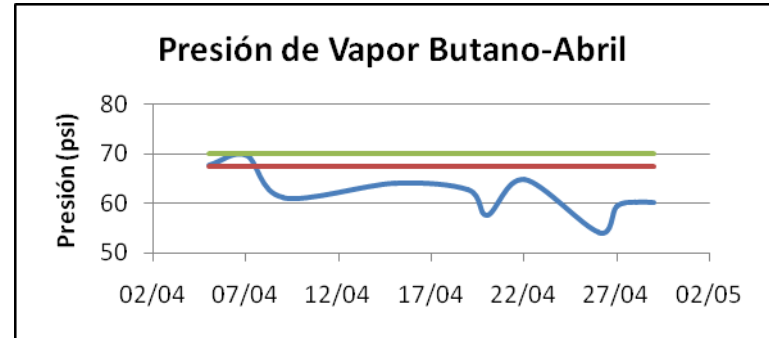
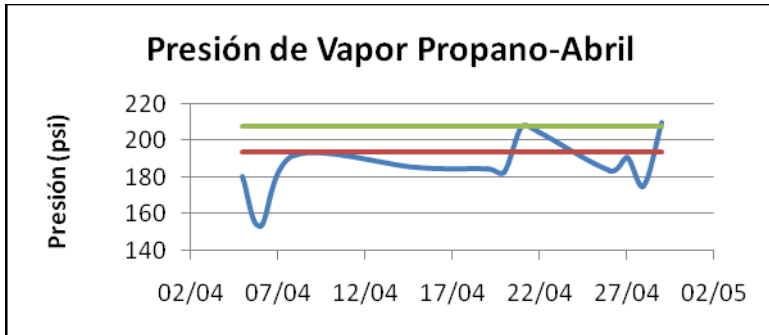


Figura E.1.a. Presión de Vapor Propano mes de Abril

Figura E.2.a. Presión de Vapor Butano mes de Abril

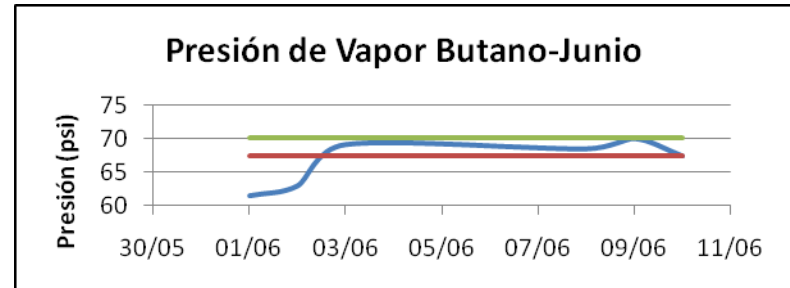
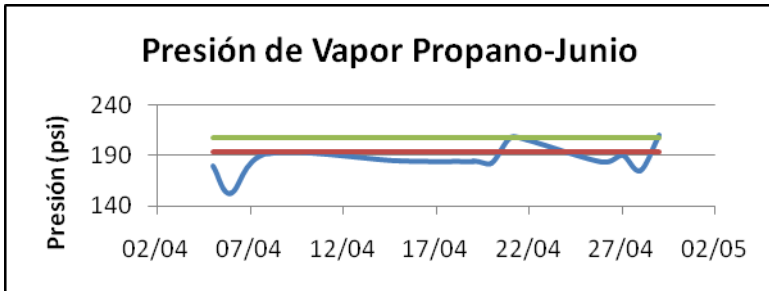


Figura E.1.b. Presión de Vapor Propano mes de Junio

Figura E.2.b. Presión de Vapor Butano mes de Junio

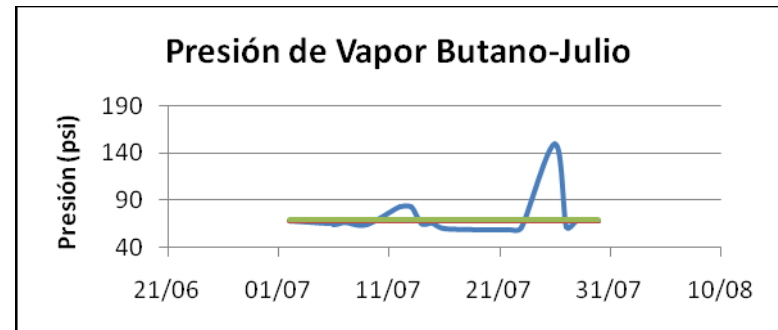
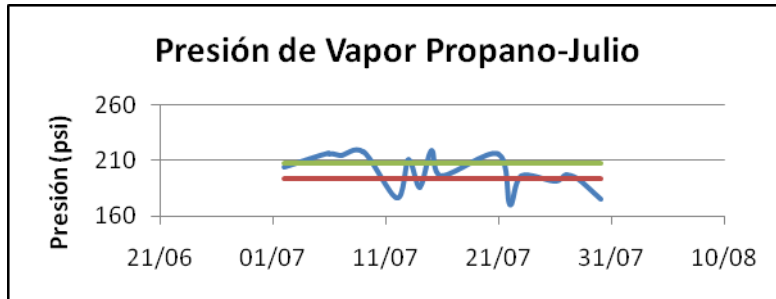
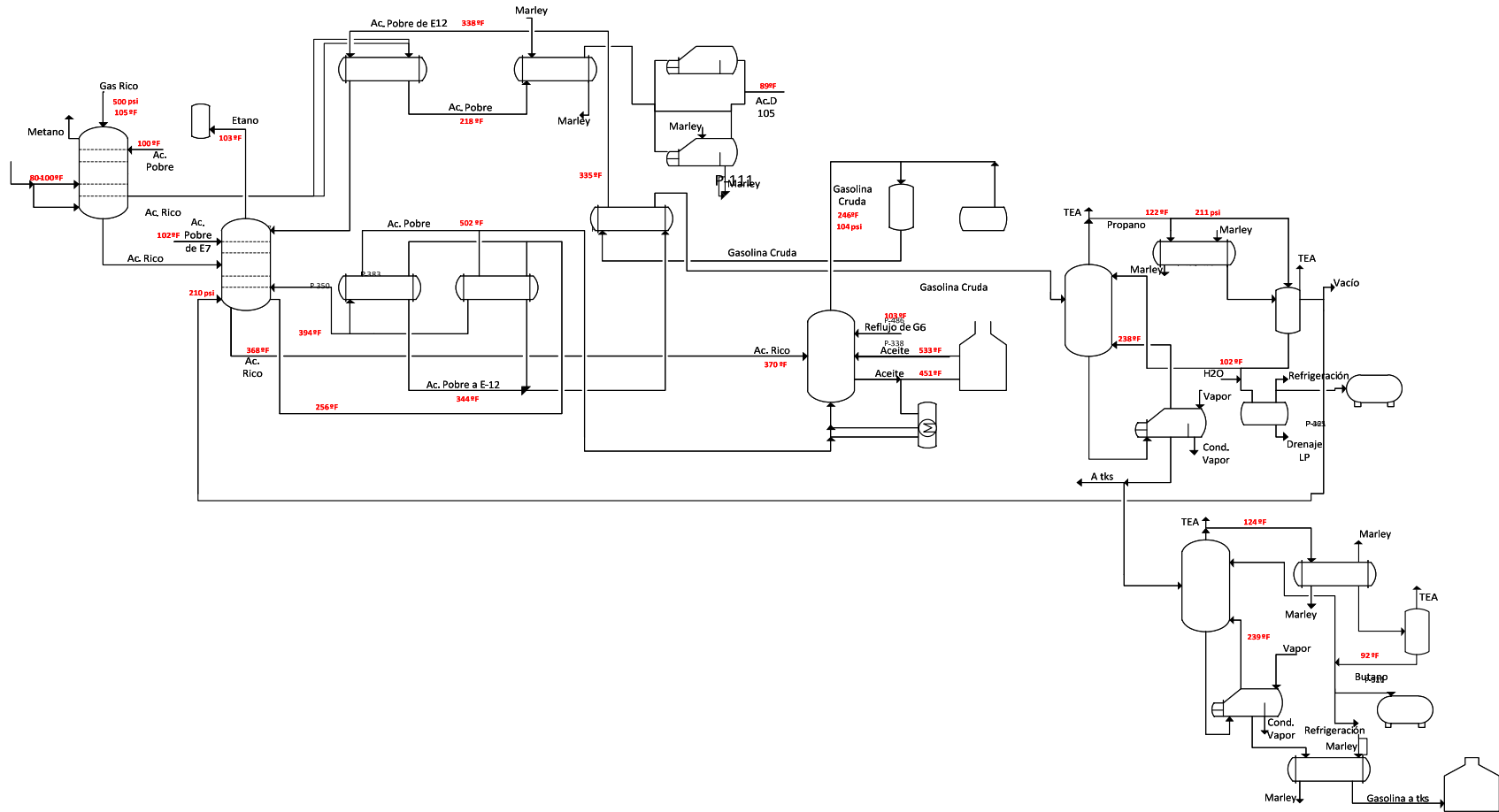


Figura E.1.c. Presión de Vapor Propano mes de Julio

Figura E.2.c. Presión de Vapor Butano mes de Abril

ANEXO F. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE GAS EL CENTRO CON SUS CONDICIONES ACTUALES DE OPERACIÓN.

Figura F.1. Diagrama de flujo de la Planta de Gas de El Centro



Fuente: El Autor.

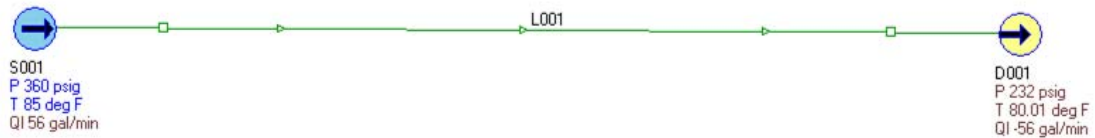
ANEXO G. SIMULACIÓN EN INPLANT DEL PROPANODUCTO CENTRO

Tabla G.1 Variables para el cálculo de la caída de presión

Tramo	1	2	3	4	
D	3	2	3	4	
V	2,54	5,71	2,54	1,43	
Q (BPH)	80	80	80	80	
Q (GPM)	56	56	56	56	
Densidad (lb/ft³)	29,45	29,45	29,45	29,45	
Viscosidad (cp)	0,095	0,095	0,095	0,095	
Reynolds	2,93E+05	4,39E+05	2,93E+05	2,20E+05	
Factor de fricción Tubería Ac	0,0189	0,0198	0,0189	0,0182	
Longitud de tubería (m)	3	80	24417	500	
Longitud de tubería (ft)	9,84251969	262,467192	80108,2677	1640,41995	
K=f*L/D	0,74409449	31,1811024	6056,18504	89,5669291	
HI (perdidas por fricción) (ft)	0,07461375	15,8287748	607,281338	2,84173474	Total
Perdidas en psi	0,01525955	3,23720429	124,197468	0,58117422	128,031106

Fuente: El Autor.

Figura G.1 Simulación en Inplant del Propanoducto ELC



Fuente: El Autor.

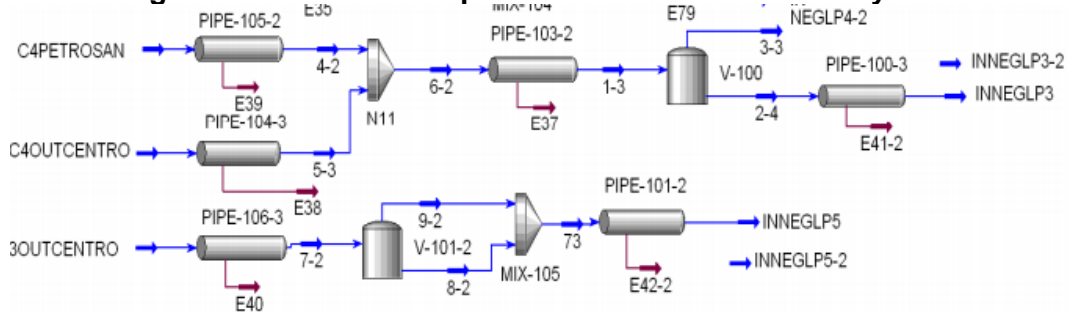
Figura G.2. Resultados producto de la Simulación en Inplant

Resultados para el Caso Base							
Link Name	Device Name	Device Type	Seg 1 Mixture Flow Rate	Inlet Pressure	Outlet Pressure	Inlet Temperature	Outlet Temperature
			GAL/MI N	PSI G	PSI G	DEG F	DEG F
L001	P001	PI PE	56, 41	360, 00	359, 99	85, 00	85, 00
L001	P002	PI PE	56, 41	359, 99	356, 72	85, 00	84, 93
L001	P003	PI PE	56, 39	356, 72	232, 61	84, 93	80, 01
L001	P007	PI PE	56, 28	232, 61	232, 02	80, 01	80, 01

Fuente: El Autor.

ANEXO H. SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LAS LÍNEAS DE GLP EN GRB

Figura H.1 Red de Transporte de GLP entre El Centro y la NEGLP



Fuente: Instituto Colombiano del Petróleo – ICP. [6]

Tabla H.1. Rangos operacionales de las líneas de transporte

Línea	Entradas	Condiciones de operación			Salidas	Condiciones de operación	
		P (Psig)	T (F)	Q (BPD)		P (Psig)	T (F)
1	OUT NEGLP	360-450	100	800-1100	INVIT	400	100
2	OUT NEGLP6	350-450	90-100	2400	INVEGLP2	100-150	84-94
3	OUT BOTESGLP	150-200	90-100	7200	INVEGLP3	120-140	84-94
4	OUT BOTESNC4	150-200	90-100	7200	INVEGLP3-3	120-130	84-94
5	C3PETROSAN1	150 - 180	90	805.14	INVEGLP	130-150	84-94
6	C3PETROSAN2	150 - 180	90	805.14	INNEGLP4	130-170	86-99
7	C4PETROSAN	100 - 140	90	1103.4	INNEGLP3	60-80	86-99
7	C4OUTCENTRO	420	73	250-500	INNEGLP3	60-80	86-99
8	C3OUTCENTRO	420	80	200-400	INNEGLP5	110-140	86-99
9	OUT NPA T-4563	80	93	1500	INVEGLP1	40-45	84-94
10	OUTVEGLP-GLP	300 - 400	90-100	19200-24000	INNEGLP6	250-300	86-99
11	OUT VEGLP-NC4	260 - 310	90-100	19200-24000	INNEGLP6-3	150-220	86-99
12	OUT BOTES-GLP	150-200	90-100	6000-7200	INVEGLP4	100-150	84-94
13	OUT BOTESNC4	150-200	90-100	6000-7200	INVEGLP4-3	120-130	84-94
14	OUT VEGLP	180-250	90-100	19200-24000	INBOTES	120-130	XX

Fuente: Instituto Colombiano del Petróleo – ICP. [6]


Tabla H.2. Condiciones operacionales simuladas

Línea	Entradas	Condiciones de operación				Salidas	Condiciones de operación			
		P (Psig)	T (F)	Pb (Psig)	VF		P (Psig)	T (F)	Pb(Psig)	VF
1	OUT NEGLP	425,46	100	112,7	0	INVIT	400	97,6	108,8	0
2	OUT NEGLP6	350	100	111,1	0	INVEGLP2	100	92,9	100,6	0,015
3	OUT BOTESGLP	150	100	111,1	0	INVEGLP3	120	89,8	95,8	0
4	OUT BOTESNC4	150	100	51,5	0	INVEGLP3-3	120	90	42,2	0
5	C3PETROSAN1	160.8	90	163,6	0.133	INVEGLP	130	76.6	134.4	0.247
6	C3PETROSAN2	155.7	90	163,6	0.572	INNEGLP4	130	78.3	137.8	0.619
7	C4PETROSAN	100	90	35,6	0	INNEGLP3*	93.33	88,4	33,9	0
7	C4OUTCENTRO	119.2	73	21,9	0	INNEGLP3*	93.33	88,4	33,9	0
8	C3OUTCENTRO	159	80	139,5	0	INNEGLP5*	150.9	85.5	151.43	0.015
9	OUT NPA T-4563	51.4	93	32.2	0	INVEGLP1	40	88.02	28.5	0
10	OUTVEGLP-GLP	396	100	111,9	0	INNEGLP6	250	99,09	110,5	0
11	OUT VEGLP-NC4	301.9	100	40,0	0	INNEGLP6-3	150	99,4	39,51	0
12	OUT BOTES-GLP	122.2	100	111,9	0	INVEGLP4	100	93.03	100,7	0.011
13	OUT BOTESNC4	142.4	100	51,5	0	INVEGLP4-3	120	96.86	48.51	0
14	OUT VEGLP	125.7	100	40,03	0	INBOTES	120	99.1	39.29	0

Fuente: Instituto Colombiano del Petróleo – ICP. [6].

ANEXO I. PLAN DE MUESTREO PARA LA NEGLP

Figura I.1 Programa de muestreo para la Nueva Estación de GLP-NEGLP

 GERENCIA GENERAL REFINERIA BARRANCABERMEJA COORDINACION INSPECCION DE CALIDAD PROGRAMA DE ANALISIS PLANTA NUEVA ESTACION DE GLP - NEGLP / 2010 ANALISIS BASICOS											CID-CID-PN-001												
											ACT 4												
UNIDAD	MUESTRA	ANALISIS	LUNES			MARTES			MIERCOLES			JUEVES			VIERNES			SABADO			DOMINGO		
GLP NUEVA ESTACION	ANILLO DE REFINERIA GLP	ASTM D2158 RESIDUO EN GLP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		ASTM D1838 CORROSION GLP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	PROPANO DE PAYOA	ASTM D2163 CROMATOGRAFÍA	2																				
	PROPANO DE PROVINCIA	ASTM D2163 CROMATOGRAFÍA	2																				
	PROPANO DE EL CENTRO	ASTM D2163 CROMATOGRAFÍA	2																				
	BUTANO DE PAYOA	ASTM D2163 CROMATOGRAFÍA	2																				
	BUTANO DE PROVINCIA	ASTM D2163 CROMATOGRAFÍA	2																				
	BUTANO DE EL CENTRO	ASTM D2163 CROMATOGRAFÍA	2																				
	ANILLO NURC GLP	ASTM D2158 RESIDUO EN GLP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		ASTM D1838 CORROSION GLP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1: Una vez en el turno correspondiente

2: Serán enviadas dos (2) veces por semana pero no simultáneamente y no obedecen a un día específico porque dependen del programa de "recibos" el cual es discontinuo

Nota: Le corresponde a la Estación sincronizar la toma de las muestras con el día y turno en que se realiza el analisis de laboratorio

Fuente: Laboratorio de la GRB.