

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PURIFICACIÓN DE PROPILENO EN EL LADO
FRIO DE LA UNIDAD ORTHOFLOW EN LA REFINERÍA DE
BARRANCABERMEJA

ALEXANDER MARIN FERREIRA

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

2012

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PURIFICACIÓN DE PROPILENO EN EL
LADO FRIO DE LA UNIDAD ORTHOFLOW EN LA REFINERÍA DE
BARRANCABERMEJA

ALEXANDER MARIN FERREIRA

Trabajo de grado en la modalidad de practica industrial, presentado para
optar el título de Ingeniero Químico

Director:

JOSÉ ANDRÉS PÉREZ MENDOZA

Ingeniero Químico

Tutor

JOHNY LEONARDO JEREZ BARAJAS

Ingeniero Químico

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

2012

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a mis Padres, Reynaldo Marín y Esmeralda Ferreira, gracias a ellos soy un persona formada en base a buenos valores y que además me han brindado muchas enseñanzas para poder elegir el mejor camino por el cual pueda llevar mi vida. A mis hermanos Oscar Reynaldo Marín y Nini Johanna Marín, por todos los momentos que hemos compartido juntos. Estas personas que conforman mi familia son el apoyo más grande para realizar cualquier meta.

A ECOPETROL y los integrantes de la Coordinación de Programación de la Producción, encabezados por la Ingeniería Liliana Patricia Angulo, quienes me acogieron de forma muy agradable durante mis seis meses de práctica empresarial y me brindaron todas las facilidades para llevar a cabo este proyecto. Especial agradecimiento al Ingeniero Johny Leonardo Jerez por guiarme en el desarrollo de este trabajo y también en el desarrollo de mi práctica.

Al Profesor José Andrés Pérez por su generosa colaboración y su plena disposición para ayudarme con cualquier inquietud. También agradezco a la PhD. María Paola Maradei quien siempre me ha brindado una gran confianza.

A mis amigos y compañeros de la Universidad con los cuales he compartido la mayor parte de mi carrera, de ellos aprendí muchas cosas valiosas y fueron cuantiosos los momentos agradables que compartimos.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2. ANTECEDENTES.....	15
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. Principal	16
1.3.2. Específicos.....	16
1.4. ALCANCE.....	17
1.5. MARCO TEORICO	17
2. METODOLOGÍA.....	22
2.1. OBTENCION DE LA INFORMACION SUMINISTRADA A LOS MODELOS.....	23
2.1.1. Corrientes de alimentación a las simulaciones	23
2.1.2. Bases de cálculo	25
2.2. DESARROLLO DEL CASO DE ESTUDIO, SIMULACIÓN DE LA TORRE T-564. 27	
2.2.1. Metodología de la simulación.....	28
2.3. SIMULACIÓN DE LAS TORRES T-563, T-561 Y T-560	29
2.3.1. Metodología de las simulaciones	29
2.4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS	31
2.5. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVA PARA MEJORAR LOS RESULTADOS	32
2.6. ESTIMACIÓN DE AHORROS	32

2.7.	PAQUETE TERMODINAMICO.....	33
3.	RESULTADOS	35
3.1.	SIMULACIÓN TORRE T-564.....	35
3.2.	SIMULACIONES TORRES T-564, T-561 Y T-560	36
3.2.1.	Escenarios	38
3.3.	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS	40
3.4.	ALTERNATIVA DE MEJORAMIENTO DE LOS RESULTADOS	42
3.4.1.	Metodología de la alternativa	42
3.4.2.	Resultados de la alternativa	44
3.5.	ESTIMACIÓN DE AHORROS	45
4.	CONCLUSIONES.....	48
5.	BIBLIOGRAFIA	50
	ANEXOS	53

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del estudio de Turboexpander.....	15
Tabla 2. Equipos estudiados.....	22
Tabla 3. Corrientes de alimentación.	24
Tabla 4. Datos de diseño.	26
Tabla 5. Datos suministrados.....	27
Tabla 6. Datos operaciones para la torre T-564.....	28
Tabla 7. Bases de cálculo económicas.	33
Tabla 8. Resultados simulación de la torre T-564.....	35
Tabla 9. Resultados simulación torres T-563, T-561 y T-560	37
Tabla 10. Caso Base	43
Tabla 11. Información de los Casos Propuestos.....	45
Tabla 12. Bases de cálculo para la estimación de ahorros.....	46
Tabla 13. Resultados de la estimación de ahorros	46

LISTADO DE GRAFICAS

Gráfico 1. Derivados del Propileno	18
Gráfico 2. Sistema de recuperación de gases de la Unidades Cracking	19
Gráfico 3. Desarrollo del estudio.....	23
Gráfico 4. Metodología para determinar la máxima carga.	30
Gráfico 5. Escenarios evaluados	38
Gráfico 6. Resultados de los escenarios evaluados	39
Gráfico 7. Configuración conjunta en el Lado Frio	41
Gráfico 8. Esquema de producción de Propileno.....	41
Gráfico 9. Metodología de la alternativa	43
Gráfico 10. Resultados de la alternativas.....	44

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A. BALANCE VOLUMETRICO T-564.....	53
ANEXO B. DATASHEETS TORRES T-564.....	56
ANEXO C. DATASHEETS TORRES T-563.....	59
ANEXO D. DATASHEETS TORRES T-561.....	62
ANEXO E. INFORMACION DE LOS PLANOS MECANICOS T-560.....	64
ANEXO F. DATASHEET INTERCAMBIADORES.....	65
ANEXO G. COMPARACIÓN TORRES T-563 Y T-564.....	72
ANEXO H. EJEMPLIFICACIÓN DE CASO PROPUESTO	73

RESUMEN

Título:

Estudio de factibilidad de purificación de Propileno en el Lado Frio de la Unidad Orthoflow en la refinería de Barrancabermeja*

Autor:

MARIN FERREIRA Alexander**

Palabras Claves:

Propileno, PGR, purificación, destilación, torres de destilación, simulación, Aspen HYSYS.

En este estudio se observó la factibilidad de realizar la purificación de Propileno Grado Refinería (PGR), utilizando las torres de destilación T-563, T-561 y T-560 presentes en el lado frío de la Unidad Cracking Orthoflow. Para ello fue necesario realizar las simulaciones estos sistemas de separación mediante el simulador de procesos (comercial) Aspen HYSYS V.7.1, con la finalidad de establecer las capacidades máximas de procesamiento de Propileno Grado Refinería y conocer su comportamiento ante la separación de Propano - Propileno, teniendo en cuenta parámetros operaciones y de diseño de mecánico.

Inicialmente se planteó que los sistemas evaluados imitaran una operación similar, en cuando a rendimiento, a la torre purificadora de Propileno que opera actualmente en la refinería, la torre T-564. Posteriormente se planteó una alternativa con condiciones menos exigentes de separación y se determinó su impacto en la pureza final en las balas de almacenamiento de Propileno. Los resultados mostraron una capacidad de procesamiento en las torres del lado frío de 2675 Barriles Por Día (BPD), con un aumento del 8.62% en la pureza final del Propileno en las balas de almacenamiento. Finalmente estas mejoras podrían representar un ahorro de \$US 3'512837.82 por año, únicamente en los costos implicados en el transporte del producto.

*Trabajo de grado

**Faculta de Ingenierías Fisico-Quimicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Ing. Químico PÉREZ MENDOZA José Andrés. Tutor: Ing. Químico. JEREZ BARAJAS Johny Leonardo.

ABSTRACT

Title:

Feasibility study of Propylene purification in the Cold Side of the Orthoflow Unit in Barrancabermeja refinery *

Author:

MARIN FERREIRA Alexander**

Keywords:

Propylene, RGP, purification, distillation, distillation tower, simulation, Aspen HYSYS.

This study showed the feasibility to perform the purification of Refinery Grade Propylene (RGP), using the distillation towers (T-563, T-561 and T-560) present in the cold side of the Orthoflow Cracking Unit in Barrancabermeja refinery. It was necessary to simulate the separation systems using Aspen HYSYS V. 7.1 process simulator (commercial simulator), in order to establish the maximum capacity of RPG feed and know their behavior to the Propane - Propylene separation, considering mechanical designs and operations conditions.

Initially, it was proposed that the evaluated systems imitated the same yields of the currently purifying tower of Propylene, the T-564 tower, also present in this cold side of Orthoflow Cracking Unit. Subsequently, it was necessary to propose an alternative with less demanding separation conditions and it determined impact on the final purity in Propylene Storage bullets. The results showed a processing capacity in the towers of the cold side of Orthoflow Cracking Unit of 2675 Barrels Per Day (BPD) and increase of 8.62% in the final purity of Propylene in the storage bullets. Finally, these improvements could represent a savings of \$US 9624.21 per day, this represents \$US 3'512837.82 per year, only in the cost involved in transporting the product (RGP).

* Undergraduate Thesis

**Physical – Chemical Engineering College. Chemical Engineering Department. Advisors: Che. Ing. PÉREZ MENDOZA José Andrés. Co-advisor: Che. Ing. JEREZ BARAJAS Johny Leonardo.

1. INTRODUCCIÓN

El Propileno es uno de los productos más importantes de la petroquímica debido a la variedad de derivados que se pueden obtener de él con aplicaciones relevantes en la industria textil, automotriz, de solventes, entre otras. Para el 2017, se espera un aumento de más de 20 millones de toneladas en la demanda mundial de Propileno, esta demanda está siendo impulsada por el consumo creciente en los países asiáticos y del oriente de Europa. Debido a esta creciente expectativa, a futuro se plantea que la producción de Propileno haría parte de las oportunidades para mejorar los márgenes en cuanto al procesamiento de crudo se refiere, es por eso que las refinerías buscan alternativas para obtener mayores rendimientos de este producto, centrando su atención en las Unidades de Crackeo Catalítico Fluidizadas (FCC), las cuales son las que proveen cerca del 29% del Propileno producido en el mundo [Goldhammer et al., 2011]. Estas alternativas van desde cambios en las condiciones de operación, pasando por adiciones en sus catalizadores hasta modificaciones estructurales en sus unidades (revamping).

ECOPETROL ha visto la necesidad de ampliar sus horizontes en el mercado del Propileno y de su principal derivado el Polipropileno, prueba de ello es la adquisición de PROPILCO en el año 2007, una de las empresas Petroquímicas más grandes de Colombia y principal proveedora de Polipropileno del país. Para aquel entonces, ECOPETROL invirtió un total de 32 millones de dólares en sus complejos de Barrancabermeja y Cartagena [Gutiérrez, 2008], para poder suplir adecuadamente las necesidades de materia prima de PROPILCO. Pero esto no se ha quedado ahí, en los últimos años en la refinería de Barrancabermeja se han hecho intentos por mejorar las cantidades de Propileno con la adición de aditivos en los catalizadores [Gómez et al., 2009], así como también la de obtener un producto más puro, mediante los sistemas de control avanzado existentes y la

evaluación de equipos de otras unidades como purificadores de Propileno [Castro et al., 2011]. Aunque en este último ítem los resultados no han sido los deseados, con el desarrollo de este trabajo se pretenden seguir en la evaluando unidades que puedan servir para realizar esta labor. En esta ocasión se fija la atención en las torres de separación perteneciente al lado frío de la Unidad Orthoflow, las cuales muestran un potencial debido a sus dimensiones y a la capacidad de separación de hidrocarburos livianos, ya que fueron originalmente diseñados para esta operación. La importancia de obtener resultados positivos en esta clase de estudio radica en hacer más eficiente la operación de la refinería y optimizar la obtención de este valioso producto derivando todo en la generación de márgenes de ganancias más beneficios para la compañía.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de los productos producidos por la Refinería de Barrancabermeja, se encuentra el Propileno Grado Refinería (PGR), el cual es vendido a PROPILCO con un contenido aproximado del 70% en Propileno. En la planta de PROPILCO, una Splitter de Propano-Propileno se encarga de producir un Propileno con pureza del 99.5% (Propileno Grado Polímero). Al realizar la separación, el Propano separado del Propileno es retornado a la Chimita (Santander) donde entra a formar parte del pool de GLP producido por ECOPETROL. Los costos implicados en el transporte, tanto de envío del PGR como del retorno del Propano, corren por cuenta de la Refinería, lo que reduce las ganancias de producir este producto.

Actualmente la Refinería de Barrancabermeja (GRB), cuenta entre sus unidades con equipos de separación que no están prestando servicio alguno, estos equipos se encuentran ubicados en el lado frío correspondiente a la unidad de Ruptura Catalítica Orthoflow. Se plantea la oportunidad de hacer uso de estos activos no

utilizados con la finalidad de obtener un Propileno con mayor grado de Pureza, ya que de esta forma se pueden reducir los costos implicados en el transporte.

1.2. ANTECEDENTES

A principios del año 2011, el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) realizó un estudio sobre la posibilidad de poner en servicio las torres T-2451 y T-2452 de la Unidad TURBOEXPANDER (U-2450) para realizar la purificación del PGR. Los principales resultados y conclusiones realizadas por los autores fueron las siguientes [Castro et al., 2011]:

Tabla 1. Resultados del estudio de Turboexpander.

	T-2451	T-2452
Carga Máxima [BPD]	89.62	362
Flujo de Cima [BPD]	57.62	245.2
Pureza en la Cima [%Mol]	80	85

Fuente: Autor

- Las torres demetanizadora T-2451 y desetanizadora T-2452 son aptas para el servicio de fraccionamiento del PGR producido en la refinería de Barrancabermeja (GRB).
- La torre Desetanizadora T-2452 tiene la capacidad para cargar hasta 362 Barriles por día (BPD) de PGR, entre tanto la torre Demetanizadora puede

procesar 89 BPD. Lo que significa que configurándolas en paralelo se pueden tratar hasta 448 BPD de PGR.

- La separación de las mezclas de Propano y Propileno son poco eficientes debido a que los puntos de burbuja de estos componentes se diferencian en 15 °F. Para obtener mejores recuperaciones de Propano y Propileno se requieren columnas con mayor número de platos a los que tienen las torres T-2451 y T-2452, las cuales fueron diseñadas para separaciones menos rigurosas en cuanto a complejidad termodinámica de los componentes de carga.

Con este tipo de estudio se demuestra que hay una necesidad clara de producir un PGR de mayor calidad, aunque como se mostró, estos resultados son pocos alentadores ya que las capacidades de procesamiento en comparación con las cantidades de PGR producido en las unidades Cracking (5500 BPD), es muy baja. Como parte de estas necesidades que plantea ECOPETROL, de purificar el Propileno, se propone este trabajo de investigación con los siguientes objetivos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Principal: Realizar un estudio que permita establecer la factibilidad de obtener un Propileno con mayor grado de Pureza mediante el uso de los sistemas de separación existentes en el Lado Frio de la Unidad Orthoflow en la Refinería de Barrancabermeja.

1.3.2. Específicos: Evaluar el comportamiento de las torres de destilación presentes en el lado frio de la Unidad Orthoflow en un escenario en el cual separe el Propano- Propileno mediante el uso del simulador de procesos Hysys.

- Analizar los resultados obtenidos en los modelos de simulación para determinar las cantidades de PGR procedentes de la Unidad de Cracking UOP II que es posible separar en este conjunto de elementos estudiados y sugerir alternativas para aumentar la producción de Propileno con un mayor grado de Pureza.
- Proponer un nuevo esquema de producción de Propileno, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, en el cual se contemplen las unidades evaluadas.
- Realizar una evaluación económica que permita conocer los potenciales beneficios de obtener un PGR con mayor contenido de Propileno.

1.4. ALCANCE

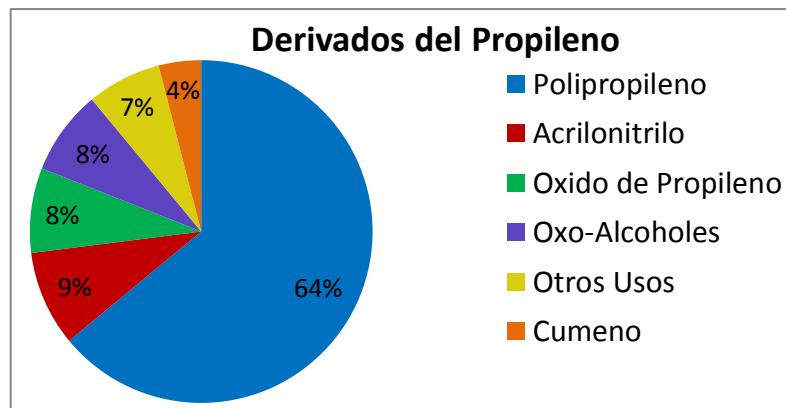
Se desea sentar unas bases técnicas que sean confiables para posteriormente realizar estudios más detallados que permita poner en servicio este activo no usado en la refinería con el propósito de obtener un Propileno con mayor grado de calidad, generando de este modo un ahorro en los costos de entrega del producto. Para realizar este estudio se pretende analizar el comportamiento y posibles limitantes de las unidades evaluadas mediante escenarios recreados en modelos de simulación, los cuales brindaran resultados acerca de las capacidades de procesamiento que permitirá definir la factibilidad de realizar esta operación.

1.5. MARCO TEORICO

El Propileno es una olefina liviana que posee tres carbonos y seis hidrógenos ($\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$). Comercialmente, el Propileno es vendido como una mezcla con Propano a distintos grados de pureza, siendo clasificado como Propileno Grado

Refinería (PGR), Propileno Grado Químico (PGQ) y Propileno Grado Polímero (PGP) con contenido de Propileno mayores del 65 %Vol, 92 %Vol y 99.5 %Vol, respectivamente. La importancia del Propileno radica en sus usos como materia prima para fabricar de distintos productos, se estima que los usos que se le dan al Propileno, están distribuida de la siguiente manera [Goldhammer, 2011]:

Gráfico 1. Derivados del Propileno



Fuente: Autor

El Polipropileno es el segundo polímero más utilizado en la industria, solo superado por el Polietileno, y con aplicaciones de gran auge, como en la fabricación de componentes automotrices. Principalmente hay dos formas de obtener el Propileno, ya sea mediante crackeo con vapor o por medio de los gases producidos en las unidades FCC de las refinerías, en ambos casos, es un subproducto que viene acompañado de otros hidrocarburos livianos y que es recupera generalmente mediante destilación. En la refinería de Barrancabermeja, se producen aproximadamente 5500 BPD de Propileno y este es obtenido mediante la recuperación de los gases livianos provienes de tres de sus Unidades de Crackeo Catalico, las cuales son: la Unidad Cracking Orthoflow, la Unidad

En la práctica, la destilación fraccionada consiste en un tránsito de líquido y vapor a través de una columna dispuestas de múltiples etapas. El vapor que transita por arriba de la zona de alimentación es puesto en contacto con una corriente líquida descendente para eliminar los compuestos de menor volatilidad. Este flujo de líquido descendente es una porción del vapor que es condensado después de salir por la cima de la torre, el cual presenta una alta concentración de los compuestos con mayor volatilidad. Para la parte inferior del lugar de alimentación a la torre, el líquido va eliminando sus componentes de mayor volatilidad mediante el vapor ascendente que procede de la evaporación parcial del líquido en el rehervidor o calderín de la torre. Dado que en la destilación se busca que exista un estrecho contacto entre el líquido y el vapor, se puede decir que la fuerza impulsora para que se pueda llevar a cabo esta operación, es la diferencia de potencial químico entre ambas fases, por lo cual la transferencia de masa y el equilibrio de fases juega un papel importante en este tema.

El modelo más simple utilizado para determinar las propiedades más importantes en el equilibrio de fases, es el modelo de la Ley de Raoult [Smith, 2007].

$$y_i P = x_i P_i^{sat} \quad (i = 1, 2, 3 \dots N)$$

La ley de Raoult considera a la fase vapor como un gas ideal y a la fase líquida como una solución ideal, lo cual reduce los cálculos implicados en el equilibrio líquido-vapor representando de forma adecuada sistemas en donde las presiones sean bajas o moderadas y las especies que conforman dicho sistema sean químicamente semejantes. Para casos en donde los comportamientos tanto de la fase líquida como de la fase vapor se alejan modernamente de lo ideal, es

necesario recurrir a otro tipo de modelos que consideren estas desviaciones. Para estos casos se recurre al coeficiente de fugacidad (ϕ) [Smith, 2007].

$$y_i \Phi_i^V = x_i \Phi_i^L \quad (i = 1, 2, 3 \dots N)$$

Los valores de los coeficientes de fugacidad son encontrados a partir de las ecuaciones de estado, que predicen más acertadamente los comportamientos en los sistemas reales. Las ecuaciones más comúnmente utilizadas son las ecuaciones de Soave-Redlich-Kwong (SRK), Peng-Robinson (PR), Benedict-Webb-Rubin (BWR) y sus respectivas modificaciones. El uso de estas expresiones para predecir los equilibrios supone una cantidad de cálculos considerables y que resultan casi imposibles de resolver de forma inmediata, a no ser que se disponga de alguna herramienta computacional. Una de estas herramientas computacionales, son los simuladores de procesos, que permiten construir y resolver modelos detallados que no solo contemplan relaciones de equilibrio, sino que también tenga en cuenta los balances de masa y de energía, para que de esta forma se realice la síntesis o el análisis de un proceso de forma rápida. Además de obtener la información para realizar una evaluación o tomar decisiones acerca de un proceso, los simuladores también pueden ser usados para buscar alternativas que lleve a un proceso a operar de forma óptima. La relativa facilidad con que se obtiene los resultados por medio de una simulación, es en parte gracias a la utilización de los métodos numéricos, los cuales permiten solucionar mediante algoritmos complejas expresiones matemáticas que involucran ecuaciones no lineales, geometrías complejas y grandes sistemas de ecuaciones acopladas [Luque y Vega, 2005], que están presentes en los modelos que representan a un proceso.

2. METODOLOGÍA

Para poder realizar las evaluaciones de factibilidad, es necesario realizar simulaciones que permite conocer el comportamiento de las unidades ante la separación de Propano-Propileno. Los equipos involucrados en el estudio serán los correspondientes al Lado Frio de la Unidad Orthoflow. El estudio se centrara principalmente en los equipos de fraccionamiento presentes en dicha Unidad, los cuales son los siguientes:

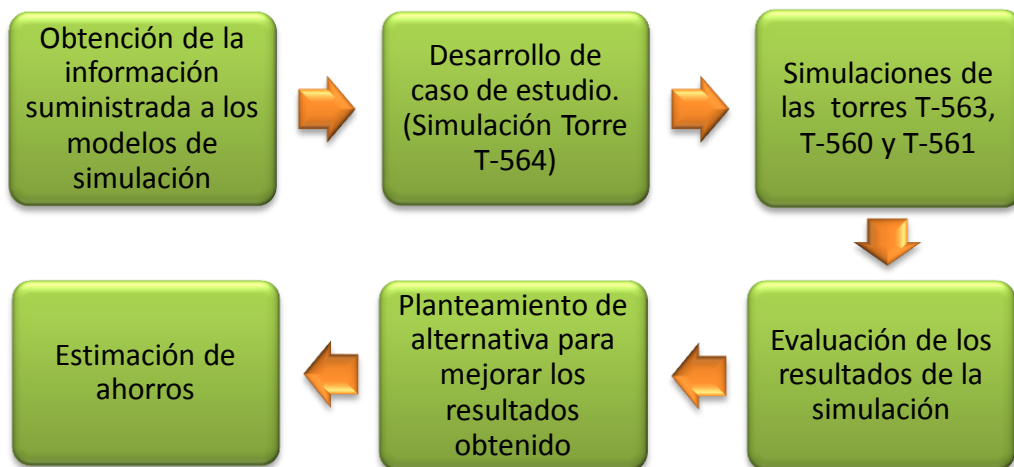
Tabla 2. Equipos estudiados.

	T-560	T-561	T-563	T-564
Función original	Separar el metano de los demás gases livianos	Separar los etanos de los demás gases livianos	Separar el Etileno del Etano	Separar el Propileno del Propano
No. de Platos	23	31	78	69
Diámetro	Rectificación: 2' 8" Despojo: 3' 6"	3' 6"	4'	5'
Plato de Alimentación	5	12	56	56
Tipo de Plato	Perforado	Perforado	Perforado	Perforado
Condensador	E-586	E-588	E-597	E-544 A
Bomba de Reflujo	P-564 A/B	P-565 A/B	P-568 A/B	P-567 A/B
Rehervidor	E-587	E-589	E-592	E-550

Fuente: Autor

Secuencialmente, el desarrollo de este estudio de se podría describir de la siguiente manera:

Gráfico 3. Desarrollo del estudio



Fuente: Autor

El software utilizado para realizar las simulaciones fue el simulador de procesos Aspen HYSYS en su versión 7.1.

2.1. OBTENCION DE LA INFORMACION SUMINISTRADA A LOS MODELOS

2.1.1. Corrientes de alimentación a las simulaciones: Dado de que el estudio se central en purificación del PGR, es necesario conocer las corrientes de PGR que se producen en la refinería. Estas corrientes proceden de las Unidades de Crackeo Catalítico UOP I, UOP II y Orthoflow.

Tabla 3. Corrientes de alimentación.

COMPUESTO	ALIMENTACIÓN UOP I [%Vol]	ALIMENTACIÓN UOP II [%Vol]	ALIMENTACIÓN ORTHOFLOW [%Vol]
Metano	0	0	0
Etano	0,8866	0,2671	0,2567
Etileno	0,0521	0,0188	0,0037
Propano	31,5975	32,3106	24,4964
Propileno	67,2703	67,0306	72,4964
Isobutano	0,1452	0,1443	1,5039
N-Butano	0,0016	0,0308	0,2206
Tr-2-Butano	0,0018	0,0188	0,0526
1-Buteno	0,0123	0,0316	0,3068
Isobutileno	0,0235	0,0364	0,6002
Cis-Buteno	0,0005	0,0117	0,0182
1,3-Butadieno	0,0043	0,0043	0,0433
Propadieno	0	0,0019	0,0019
CONDICIONES	TEMPERATURA: 115°F PRESIÓN: 276 PSIG	TEMPERATURA: 100°F PRESIÓN: 260 PSIG	TEMPERATURA: 100°F PRESIÓN: 230 PSIG

Fuente: Autor

Corrientes de PGR procedentes de las Unidades Cracking UOP I y UOP II:

Para efectos de la simulación se toma el promedio de las composiciones volumétricas de las corrientes de PGR que se producen en estas dos unidades, en un periodo de tiempo que comprende entre el 1ero de Enero del 2011 y el 21 de

Septiembre del 2011. Estos valores medios fueron extraídos del Sistema de Información de Laboratorio Industrial (CDLAB) de la refinería de Barrancabermeja. Las condiciones de presión y temperatura corresponden a las condiciones promedio a la cual se encuentra el PGR a la salida de la planta.

Corriente de PGR procedente de la Unidad Cracking Orthoflow: El PGR producido en Orthoflow es el alimento a la torre T-564, para obtener la información de esta corriente fue necesario partir de las cromatografías de cima y de fondos de dicha torre, y mediante un balance (Ver Anexo 1) se encontró los valores aproximados de la composición. Las condiciones de presión y temperatura fueron suministradas por los operadores de la planta.

2.1.2. Bases de cálculo: Las bases de cálculo corresponden a la información que será introducida en el simulador o a la que servirá como punto de comparación para ajustar los modelos. Estas bases de cálculo se dividieron en tres tipos:

Datos Operacionales: Son obtenidos mediante el sistema de datos en línea PI, que dispone la refinería de Barrancabermeja. Este sistema actualiza sus datos cada cinco minutos y presenta facilidades para obtener los datos promedio de operación diarios de las distintas plantas con antigüedad no superior a 8 años. Para conseguir los datos operacionales se tomó el valor promedio diario registrado durante el periodo de tiempo comprendido entre el 1ero de Octubre del 2010 hasta el 2 de Octubre del 2011. Estos datos de operación fueron filtrados con el fin de obtener una mayor confiabilidad en la información suministrada al modelo. El primer filtro corresponden a la eliminación de los datos en los cuales las planta

estaba fuera de servicio (Shutdown), el segundo filtro corresponden a datos cuyos valores se encuentran fuera del intervalo considerado como confiable.

$$X - 2S < \text{Datos Confiables} < X + 2S, \text{ donde } X \equiv \text{media } S \equiv \text{Desviacion estandar}$$

Datos Diseño: Corresponde a datos mecánicos de los Datasheets (hoja de información del equipo), manuales o planos mecánicos de los distintos equipos involucrados en la simulación (Ver anexos 2, 3, 4, 5, 6). Para todas las simulaciones los datos utilizados fueron los siguientes:

Tabla 4. Datos de diseño.

Diámetro de la Torre [Ft]	Espaciamiento entre platos [In]	Tipo de Plato
Downcomer Clearance [In]	Tipo de Downcomer	Ancho Downcomer [In]
Diámetro Perforaciones [In]	Área Perforada [Ft ²]	Tipo de Derramadero
Altura Derramadero [In]	Calor de Diseño Rehervidor [Btu/Hr]	Temperatura de diseño [°F]
Temperatura de trabajo [°F]	Presión de Diseño [PSIG]	Presión de trabajo [PSIG]

Fuente: Autor

Datos Suministrados: Son los datos suministrados por parte de Operarios, Ingenieros de Proceso de la Planta o tomados de heurísticas. Estos valores se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Datos suministrados.

NOMBRE	UNIDAD	VALOR
Caída de Presión en la Torre	[PSI]	5*
Caída de Presión Condensador	[PSI]	4
Caída de Presión Rehervidor	[PSI]	0.25
Eficiencia	[%]	90
Inundación	[%]	75

Fuente: Autor

* El valor de 5 psig fue tomado únicamente para las torres T-564 Y T-563, para las torres T-561 y T-560 fue de 3 y 2 psig respectivamente.

2.2. DESARROLLO DEL CASO DE ESTUDIO, SIMULACIÓN DE LA TORRE T-564.

La construcción del modelo de la torre T-564, que actualmente opera como separadora de Propano-Propileno, permite adquirir un conocimiento previo para realizar posteriormente simulaciones de otros sistemas de separación en las cuales no se disponen de la totalidad de la información como son las torres T-563, T-561 y T-560, además permite evaluar el paquete termodinámico escogido.

Para ello se estableció un modelo que permitiera obtener resultados similares a los que se tiene de la planta en operación actualmente. Específicamente los datos operacionales utilizados para realizar esta simulación, fueron las siguientes:

Tabla 6. Datos operaciones para la torre T-564.

DATOS	NOMBRE	UNIDAD	VALOR
Operacionales	Carga a la columna	[BPD]	1011.4
	Flujo Destilado (Propileno)	[BPD]	738.75
	Flujo Fondos (Propano)	[BPD]	350.44
	Reflujo	[BPD]	8597.22
	Temperatura Cima	[°F]	105.35
	Temperatura Condensado	[°F]	94.45
	Temperatura Plato 62	[°F]	110.7
	Temperatura Fondos	[°F]	117.8
	Temperatura Salida Rehervidor	[°F]	118.98
	Presión del Fondo	[PSIG]	230.88
	Composición Propileno Destilado	[%Vol]	97.08

Fuente: Autor

2.2.1. Metodología de la simulación: A fin de realizar la simulación, se tomó la corriente de PGR procedente de la Unidad Orthoflow, en la torre de destilación se fijó dos variables, para este caso, el flujo de destilado por la cima y el calor del rehervidor. Los datos de diseño, fueron introducidos en la herramienta Tray Sizing de HYSYS, en su modo evaluación (Rating), con el fin de tener en cuenta la Hidráulica de la Torre dentro del modelo. Los resultados del modelo se evaluarán respecto a los valores promedio de las variables medidas mediante el siguiente intervalo:

$$X - 1.5S < \text{Datos Confiables} < X + 1.5S$$

Con la idea de juzgar al modelo con mayor rigidez, se admite valores de más o menos 1.5 desviaciones estándar sobre la media.

Con esta simulación, además de conocer cómo se comporta la torre en la separación de Propano-Propileno, hay datos que se pueden extrapolar hacia modelos en los cuales no se dispongan de toda la información, uno de estos datos es la recuperación que se definido como:

$$\text{Recuperacion} = \frac{\text{Flujo de Destilado} * \text{Composicion Propileno Destilado}}{\text{Flujo de Alimentacion a la Torre}}$$

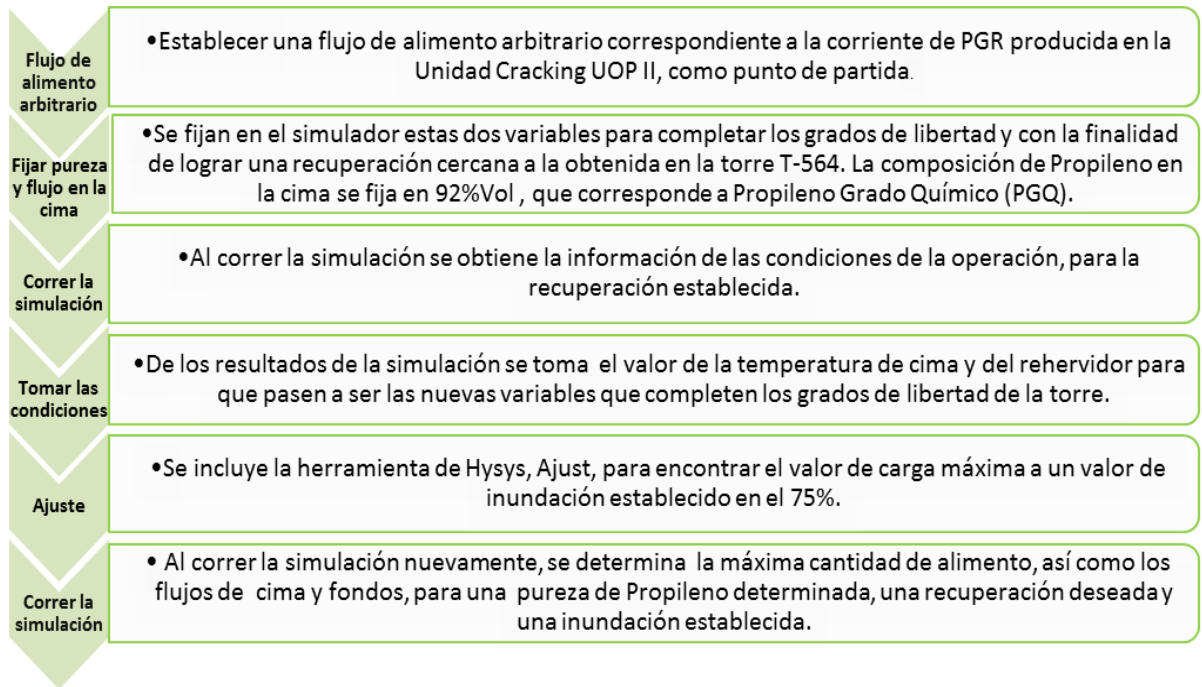
2.3. SIMULACIÓN DE LAS TORRES T-563, T-561 Y T-560

El objetivo principal de estas simulaciones es determinar la máxima carga de Propileno Grado Refinería (PGR), que pueden alimentarse a estas unidades para obtener un Propileno con un determinado grado de pureza.

Debido a que estas torres nunca han funcionado como purificadora de PGR, no se dispone de datos operacionales para este tipo de servicio. Los datos suministrados van a ser los mismos anteriormente nombrados, pero además se incluyen el valor de la recuperación como requisito de cumplimiento. El valor de la recuperación va depender de los resultados de la simulación de la torre T-564.

2.3.1. Metodología de las simulaciones: La metodología utilizada para esta simulación fue la siguiente:

Gráfico 4. Metodología para determinar la máxima carga.



Fuente: Autor

Los datos de diseño respectivos a cada torre fueron tenidos en cuenta de igual manera a como se mencionó anteriormente. Para estos casos, si el simulador no llega a converger, es necesario realizar ajustes en el valor de la recuperación hasta encontrar un valor que permitiera una convergencia de los resultados.

La anterior metodología, deriva de la utilizada por los autores del estudio de la unidad Turboexpander [Castro et al., 2011] en cuanto a que se contempla a la inundación como parámetro de control para encontrar las cantidades de PGR que puede procesar la unidad. Pero para este caso se incluyó una modificación con el fin de que los sistemas de separación evaluados logren rendimientos similares al alcanzado por la torre T-564.

2.4. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para la evaluación se consideró dos aspectos técnicos importantes, el primero de ellos es la cantidad total de PGR proveniente de la Unidad Cracking UOP II que se puede procesar en las torres (T-563, T-561 y T-560) del lado frío de la Unidad Orthoflow. El otro aspecto es el aumento en la pureza de Propileno en las balas de almacenamiento.

Estos dos aspectos están relacionados entre sí, si se logra procesar mayores cantidades PGR en esta torres bajo las condiciones establecidas, mas Propano se van a despojar de esta corriente por lo cual la pureza final del Propileno en las balas va a aumentar. Las balas de almacenamiento son el punto de despacho del producto, por lo cual, tener un PGR con mayor contenido de Propileno en las balas se ve traducido en beneficios a la hora de transportar el producto, ya que se enviaría más cantidad de Propileno por carrotanque remitido hacia el punto de venta.

La cantidad total de PGR procesado se determinara sumando las cantidades máximas de Propileno que puede procesar cada torre según una configuración conjunta que se va a establecer. El efecto en el aumento de pureza se termina tomando cada una de las cantidades de PGR producido en cada unidad Cracking, con sus respectivas purezas, a estas se le suma la corriente de Propileno purificada que se obtuvo en el Lado Frío y se realizara un mezclado de las corrientes con el fin de emular la pureza final del Propileno en las balas de almacenamiento.

2.5. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVA PARA MEJORAR LOS RESULTADOS

Dado el caso de los resultados obtenidos anteriormente no lleguen a ser satisfactorios, es necesario plantear una alternativa para mejorarlos. Para proponer esta alternativa, se debe considerar alguna solución que no complete una inversión, como es el caso de modificar alguna estructura existente o comprar algún equipo de alto costo.

2.6. ESTIMACIÓN DE AHORROS

Con el propósito de comparar de forma razonable los efectos que tiene la purificación del Propileno, se decidió establecer una formula en la cual se evaluara las ganancias en base únicamente a las entregas de Propileno Contenido que se hacen diariamente, de esta forma, la formula permitirá determinar la diferencia de costos involucrados tanto en el transporte del PGR como en el retorno del GLP.

$$\mathbf{MARGEN = \$Propileno * Cantidad Propileno Contenido - \$TTECartegena * CantidadPGR - \$TTEChimita * CantidadGLP}$$

Las Bases de cálculo utilizadas para la estimación de los ahorros se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Bases de cálculo económicas.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	[\$Col/Gal]	[\$Us/BL]
\$Propileno	Precio del Propileno Contenido	-	101.39
\$TTECartagena	Precio del transporte de PGR desde la GRB hasta Cartagena	540.15	11.8
\$TTEChimita	Precio del Transporte del GLP desde Cartagena hasta Chimita	295.93	6.46

Fuente: Autor

El precio del Propileno corresponde al índice internacional ICIS del mes de Diciembre del 2011, considerando al Propileno como Grado Polímero. Los precios de Transporte, son los establecidos por ECOPETROL y PROPILCO, para realizar sus facturas de ventas de PGR, en el último trimestre del 2011 (información fue suministrada el Departamento de Economía y Gestión de la GRB). Para hacer las conversiones se utilizaron los siguientes valores de 42 Gal/Bl y 1922.27 \$Col/\$Us (precio dólar a la fecha de la evaluación).

2.7. PAQUETE TERMODINAMICO

La elección de un paquete termodinámico adecuado para realizar la simulación es importante para asegurar una confiabilidad en los resultados obtenidos.

Basado en la poca polaridad de los compuestos que conforman la mezcla y a las condiciones moderadas a las que se realiza la separación, las desviaciones de la idealidad no deberían ser considerables por lo cual modelos basados en ecuaciones de estado se ajustan bien para esta simulación. Dentro de este grupo

de paquetes, el método escogido fue Soave-Religh-Known (SKR), ya que además es recomendado para aplicaciones con procesamientos de gases, de refinería o petroquímicos.

3. RESULTADOS

3.1. SIMULACIÓN TORRE T-564

A continuación se presenta la comparación de los datos operaciones promedios de la planta con los resultados de la simulación.

Tabla 8. Resultados simulación de la torre T-564

NOMBRE	UNIDAD	PLANTA PROM	SIMULACION	Límite Inferior	Limite Superior
				X-1.5S	X+1.5S
Flujo Alimentación a la Torre	[BPD]	1011,4	1020	908,51	1114,29
Flujo Destilado (Propileno)	[BPD]	738,75	625	605,69	871,81
Flujo Fondos (Propano)	[BPD]	350,44	395	257,12	443,76
Reflujo	[BPD]	8597,22	9908	7440,24	9754,2
Temperatura Cima	[°F]	105,35	102,3	104,33	106,38
Temperatura Condensado	[°F]	94,45	94,75	89,22	99,69
Temperatura Plato 62	[°F]	110,7	109,5	109,22	112,19
Temperatura Fondos	[°F]	117,8	113,5	111,57	124,18
Temperatura Salida Rehervidor	[°F]	118,98	115,7	110,83	127,14
Presión del Fondo	[PSIG]	230,88	230	228,75	233,01
Composición Propileno Destilado	[%Vol]	97,08	95,41	95,09	99,06
Calor Rehervidor	[Btu/hr]	11935000	11050000	-	-
Máxima Inundación	[%]	-	89,18	-	-

Fuente: Autor

De acuerdo con la información presentada, solo dos variables no están dentro del intervalo para ser consideradas como ajustadas, la primera de ellas es el reflujo y la segunda es la temperatura de cima. Estas diferencias pueden ser originadas debido a la existencia de errores en las mediciones de las variables reales o a que los modelos utilizados por el simulador siempre tienden a tener una desviación de los comportamientos reales [Krister y Daniel, 2002]. Otro resultado que llama la atención, es el alto valor de la inundación, se recomienda por heurística que la inundación en las torres pueden rondar por valores entre el 65% y el 85% [Aspen Tech, 2009]. Algunos los platos de esta torre, presentan altos valores de inundación, el más alto valor de inundación se encuentra en el Plato 55 con un porcentaje del 89.18%.

Considerando que la mayor parte de las variables se encuentra dentro del intervalo de ajuste y aquellas que no están en este intervalo presentan poca desviación, se puede considerar que el modelo establecido en la simulación refleja el comportamiento real de la torre.

La simulación de la torre T-564, no solo permitió hacerse a una idea del modo de operación de una Separadora de Propano-Propileno, sino que también brindo un parámetro de referencia, como la recuperación, la cual fue del 58.3% y que va ser tomada en cuenta para los modelos de las torres T-563, T-560 y T-561.

3.2. SIMULACIONES TORRES T-563, T-561 Y T-560

Los resultados para de los modelos de simulación realizados para las torres T-563, T-561 y T-560, se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Resultados simulación torres T-563, T-561 y T-560

NOMBRE		UNIDAD	VALOR T-563	VALOR T-561	VALOR T-560
MAXIMA CARGA		[BPD]	631,4	143,1	60,84
DESTILADOS	Flujo	[BPD]	396,5	82,16	30,72
	%Propileno	[%Vol]	92,24	88,95	85,76
	%Propano	[%Vol]	7,3	10,54	13,66
	Temperatura	[°F]	100,3	113,9	112,9
	Presión	[PSIG]	231	258	254
FONDOS	Flujo	[BPD]	234	60,89	30,12
	%Propileno	[%Vol]	24,91	37,48	51,38
	%Propano	[%Vol]	74,6	61,74	47,95
	Temperatura	[°F]	118,5	124	120,8
	Presión	[PSIG]	240,3	265,3	260,3
Máxima Inundación	[%]	Plato 77 - 75%	Plato 7 -75%	Plato 3 - 75%	
Recuperación	[%]	57,92	51,07	43,03	
Calor Condensador	[Btu/Hr]	5,10E+06	4,20E+06	1,66E+06	
Calor Rehervidor	[Btu/Hr]	5,13E+06	4,18E+06	1,67E+06	

Fuente: Autor

De las tres torres evaluadas, la torre T-563 es la única que puede cumplir con los requisitos propuestos de pureza y recuperación, con un valor de inundación máxima del 75%.

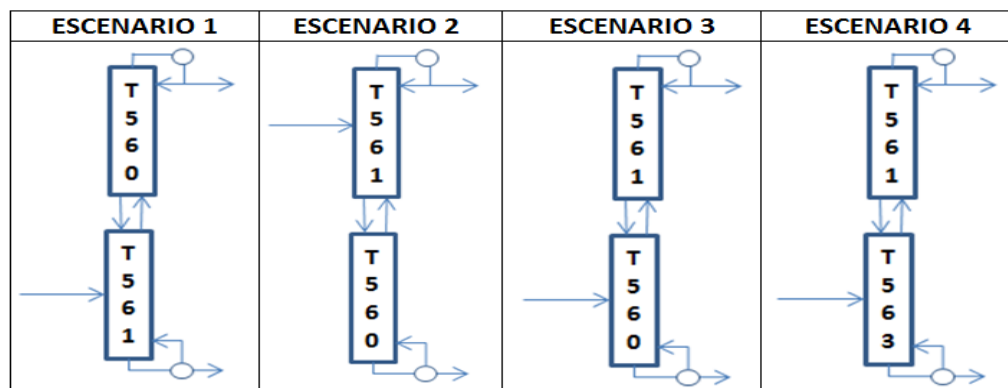
Si se compara la Torre T-563 y la T-564 (Ver anexo 7), hay razones para creer que se pueden llegar a valores de carga similares, pero a pesar de que la Torre T-563 tiene un número de platos mayor a la Torre 564, su separación entre platos

así como su diámetro (Ver anexo 2,3) son menores a esta, por lo que su valor de carga se restringe a 631.4 BPD.

Ahora, para alcanzar la convergencia de la simulación, en las torres T-560 y T-561, fue necesario reducir los valores de recuperación y pureza. La razón por la que no se llega a los valores propuesto se debe a que, tanto los diámetros como las etapas de estas torres son reducidas para llevar a cabo una separación de dos compuestos que tienen temperaturas de burbuja muy cercanos entre sí. Dada esta situación, se plantea una serie de escenarios donde las torres T-560 y T-561 operen como si fueran una sola torre compuesta de una sección de 23 Platos y otra sección de 31 Platos. Igualmente, con la expectativa de mejorar la cantidad de PGR procesado en la Torre T-563, se plantea que la torre T-561 fuera una sección adicional la torre T-563.

3.2.1. Escenarios: Los escenarios evaluados fueron los siguientes:

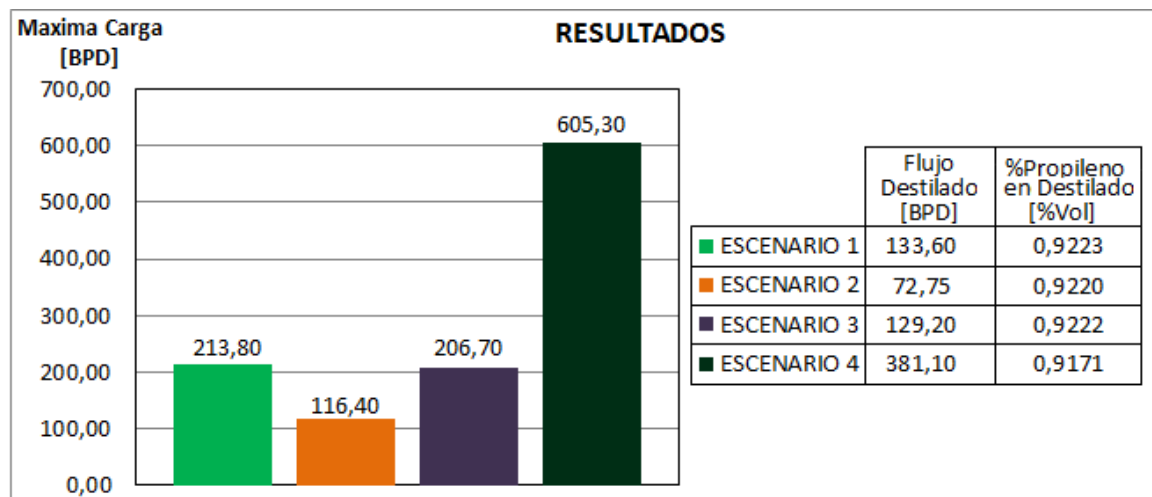
Gráfico 5. Escenarios evaluados



Fuente: Autor

Debido a que se busca aumentar la capacidad de procesamiento de PGR, el criterio escogido para determinar el mejor arreglo fue el de encontrar el escenario que permitiera una mayor carga de alimento siguiendo la metodología empleada para realizar las simulaciones de la torres T-563, T-561 y T-560. Para considerar al escenario 4 como viable, este debe arrojar un resultado de máxima carga ampliamente superior al que presenta la Torre T-563 en operación independiente dada las condiciones establecidas, ya que eso era lo que se proponía al plantear este escenario.

Gráfico 6. Resultados de los escenarios evaluados



Fuente: Autor

Aunque el escenario que presenta mayor carga es el Escenario 4, hay que recordar que este tiene dentro de su esquema a la Torre T-563, por lo cual se esperaba que tuviera una carga mucho mayor a lo que reporta la torre T-563 por sí

sola, es decir, mayor a 631 BPD. El resultado muestra que la torre T-561 afecta negativamente el aumento de la carga, debido a su hidráulica.

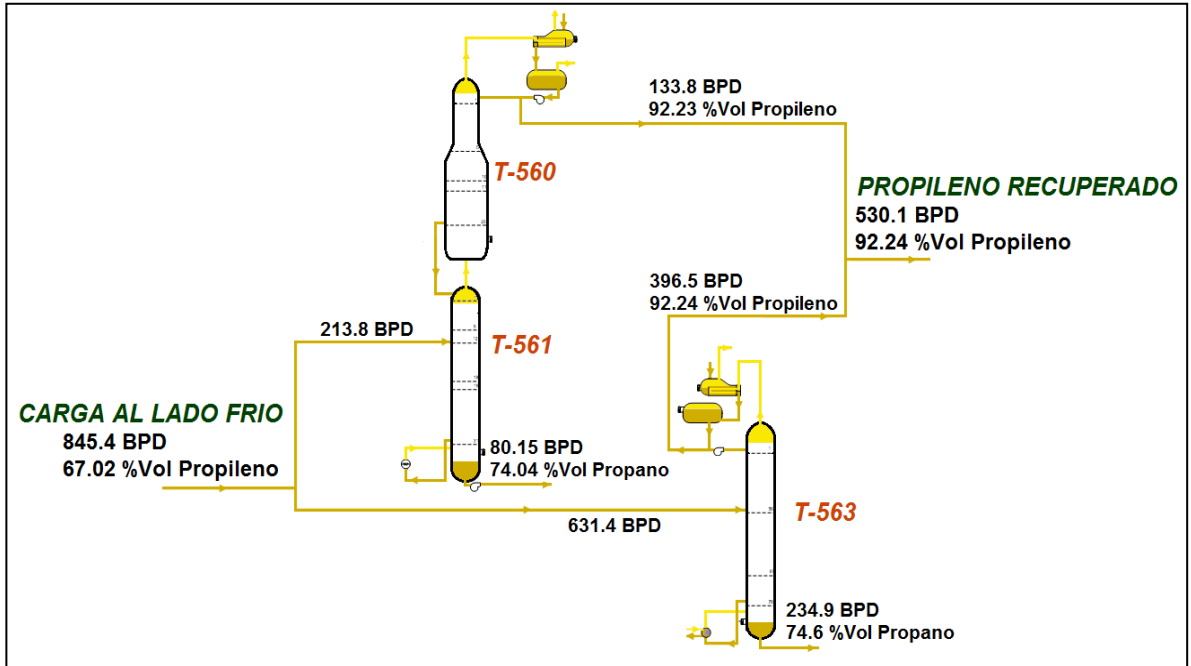
Los escenarios 1, 2, Y 3 poseen dos torres con características mecánicas parecidas, básicamente los escenarios son una variación del plato de alimentación. El escenario 1, es el que presenta mayor carga, esto se debe a la presencia de una zona de rectificación mucho más amplia que los demás escenarios evaluados. El escenario 1 es seleccionado para continuar con el estudio.

3.3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para efectos de realizar la evaluación de los resultados se determina la capacidad total de procesamiento del lado frío de la Unidad Orthoflow teniendo en cuenta los resultados de máxima carga obtenidos tanto en la simulación de la T-563 con en la simulación del Escenario 1 (ver gráfico 7).

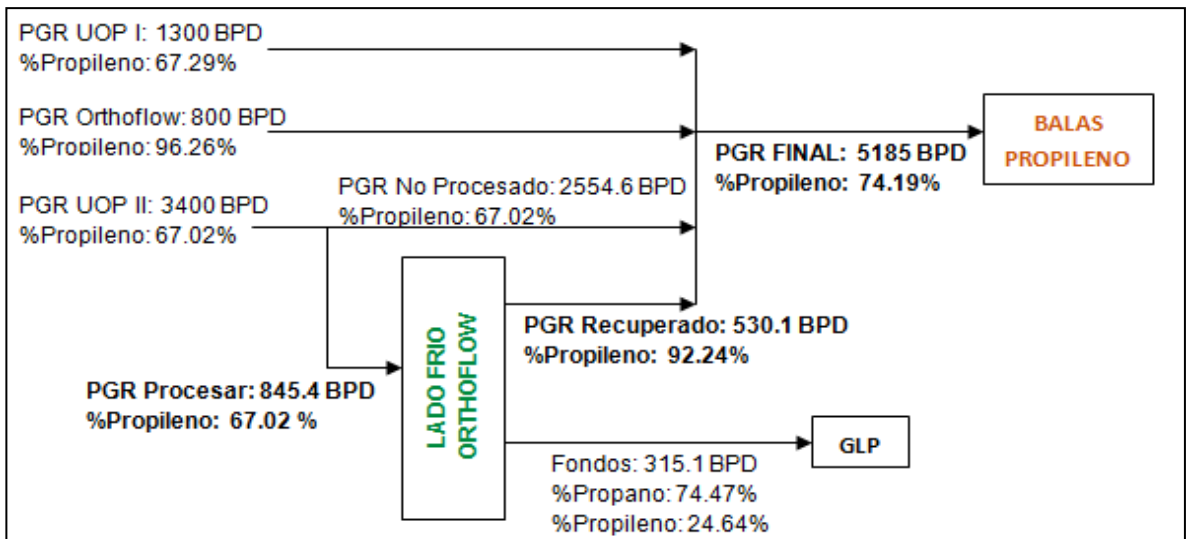
La capacidad de procesamiento total de PGR en el lado frío de la unidad Orthoflow, para obtener un Propileno con pureza del 92.24% y cumpliendo las condiciones establecidas, es de 845.4 BPD, que solo representa el 25% de la cantidad de PGR producido en la unidad UOP II (3400 BPD). En el grafico 9 se propone un esquema de producción de Propileno que contemple las unidades evaluadas anteriormente, para determinar la pureza final en la balas de almacenamiento.

Gráfico 7. Configuración conjunta en el Lado Frio



Fuente: Autor

Gráfico 8. Esquema de producción de Propileno



Fuente: Autor

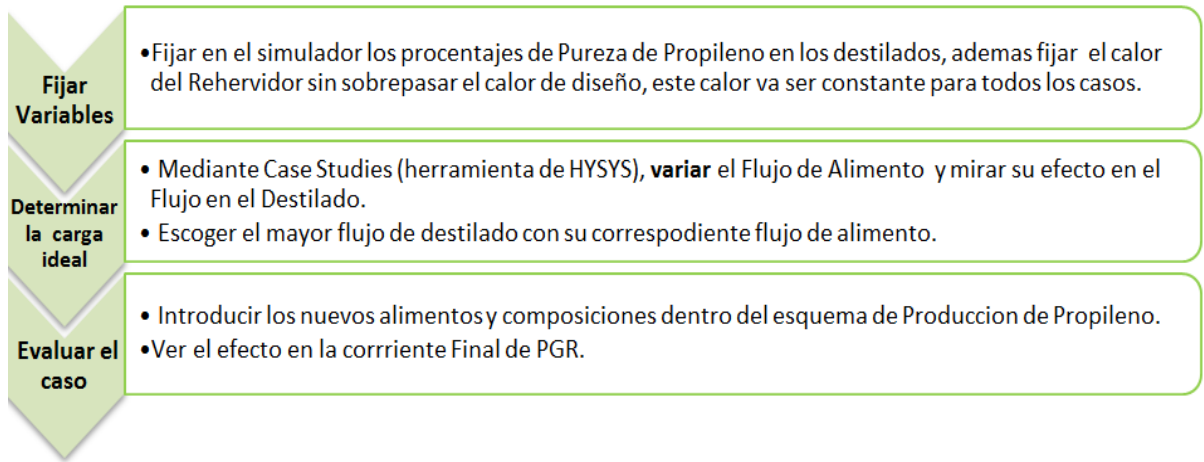
Si se considera que la pureza final en la balas solo reporta un valor del 74.19 %Vol de Propileno, 3 puntos porcentuales sobre el valor medio del último año (71%), y que además hay una baja capacidad de procesamiento en el lado frío, se llega al consenso de que no es recomendable separar Propileno utilizando este conjunto de torres bajo estas condiciones establecidas.

3.4. ALTERNATIVA DE MEJORAMIENTO DE LOS RESULTADOS

Como consecuencia de los resultados anteriores, es necesario plantear una alternativa para aumentar la pureza final del Propileno en las Balas. Si se observa la gráfica 8, se puede detectar que la principal razón de que no se logre un aumento mayor a la pureza, es debido a la cantidad de PGR proveniente de UOP II que no es procesado. La alternativa planteada consiste en atacar este punto, es decir, aumentar la cantidad de PGR de UOP II que se puede procesar en el lado frío de Orthoflow. Para lograr este objetivo es necesario reducir la pureza de Propileno en las cimas tanto de la torre T-563 con la del Escenario 1.

3.4.1. Metodología de la alternativa: En el simulador se evaluarán los diferentes grados de pureza en la cima de la torres del lado frío, siguiendo la metodología de la gráfica 9. A los distintos grados de pureza se le van a llamar casos. Los casos propuestos son los siguientes: 92.5%, 90%, 87.5%, 85%, 82.5% y 80%.

Gráfico 9. Metodología de la alternativa



Fuente: Autor

Para saber hasta qué valor se puede bajar la pureza es necesario establecer un caso base, que servirá como punto de referencia ante el cual se compararán los casos propuestos. El caso base corresponde a las entregas diarias de PGR necesarias para cumplir con el compromiso anual de entregas a PROPILCO. Para el año 2012, las entregas diarias trazadas están en:

Tabla 10. Caso Base

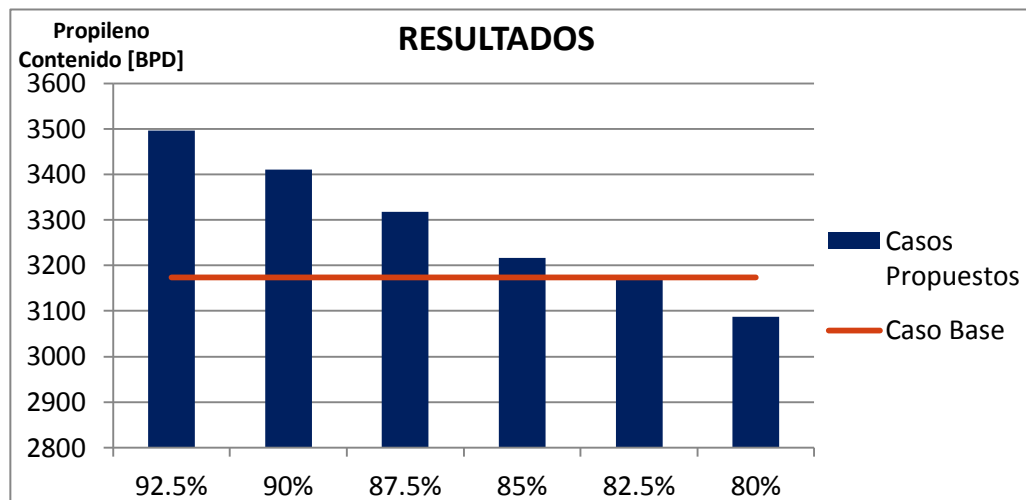
CASO BASE		
NOMBRE	UNIDADES	VALOR
PGR Entregado	[BPD]	4600
% Propileno	[%Vol]	69
Propileno Contenido Entregado (%Propileno*PGR Entregado)	[BPD]	3174

Fuente: Autor

Mediante la metodología anterior se pretende encontrar el caso propuesto que iguale al caso base en cuanto a la cantidad de Propileno Contenido Entregado, suponiendo que el PGR que llega a las balas es el mismo que va ser entregado a PROPILCO. En el Anexo 8 se ejemplifica uno de los casos propuestos siguiendo la metodología establecida.

3.4.2. Resultados de la alternativa: En la gráfica 10, se aprecia que el caso propuesto que igualó al caso base en cuanto a cantidad de Propileno contenido es el que corresponde a un pureza del 82.5% en la cimras de las torres del lado frio. La tabla 11 detalla más información de los casos propuestos.

Gráfico 10. Resultados de la alternativas



Fuente: Autor

Tabla 11. Información de los Casos Propuestos

CASOS PROPUESTOS	PGR PROCESADO EN EL LADO FRIO [BPD]	PGR FINAL (Enviado a Balas) [BPD]	%PROPILENO EN BALAS [%VOL]	PROPILENO CONTENIDO (Enviado a Balas) [BPD]
92.5%	1510	4622	75.65	3496.54
90%	1805	4468	76.32	3409.97
87.5%	2100	4316	76.87	3317.71
85%	2420	4156	77.39	3216.33
82.5%	2675	4095	77.62	3177.72
80%	3070	3957	78.03	3087.62

Fuente: Autor

Con el caso propuesto es posible reducir la cantidad de PGR entregado pero se aumenta la pureza del Propileno en las balas y de esta forma se logra igualar la cantidad de Propileno Contenido entregado a PROPILCO. La diferencia de pureza de Propileno del caso base con relación al caso propuesto es de 8.62%, mientras que la cantidad de PGR enviado a balas disminuye de 4600 BPD a 4095 BPD. Además la cantidad de PGR procesado en el lado frío de Orthoflow aumenta a 2675 BPD, lo que representa un 78.67% de los 3400 BPD producidos en la unidad cracking UOP II. Con estos nuevos resultados es razonable estimar los posibles ahorros implicados de realizar esta purificación de Propileno.

3.5. ESTIMACIÓN DE AHORROS

Tomando los datos de los resultados de los casos y de los precios utilizados, se calcula el margen mediante la fórmula vista en la metodología.

Tabla 12. Bases de cálculo para la estimación de ahorros

	CASO BASE	CASO PROPUESTO
Cantidad PGR [BL/Día]	4600	4095
%Propileno [%VOL]	69	77.6
Cantidad Propileno [BL/Día]	3174	3177.72
Cantidad GLP [BL/Día]	1426	917.28
\$Propileno [\$Us/BL]	101,85	
\$TTECartagena [\$US/BL]	11.8	
\$TTEChimita [\$US/BL]	6.46	

Fuente: Autor

$$MARGEN_{BASE} = 101.85 \frac{\$Us}{Bl} * 3174 \frac{Bls}{Dia} - 11.8 \frac{\$Us}{Bls} * 4600 \frac{Bls}{Dia} - 6.46 \frac{\$Us}{Bl} * 1426 \frac{Bls}{Dia}$$

$$MARGEN_{BASE} = 259779,94 \frac{\$Us}{Dia}$$

$$MARGEN_{Prop} = 101.85 \frac{\$Us}{Bl} * 3177.72 \frac{Bls}{Dia} - 11.8 \frac{\$Us}{Bls} * 4095 \frac{Bls}{Dia} - 6.46 \frac{\$Us}{Bl} * 917.28 \frac{Bls}{Dia}$$

$$MARGEN_{Prop} = 269404,15 \frac{\$Us}{Dia}$$

Tabla 13. Resultados de la estimación de ahorros

	CASO BASE	CASO PROPUESTO
MARGEN [\$US/Día]	259779.94	269404.15
Diferencia [\$US/Día]	9624.21	
Diferencia [\$US/Año]	3512837.82	

Fuente: Autor

La tabla anterior muestra que hay un ahorro de \$US 9624.21 al día, lo que al año pasa a ser de \$US 3'5128373.82. En la realidad, estos ahorros corresponderían a la disminución del número de carrotanques que se enviarían hacia PROPILCO con PGR y que se retornaría de Cartagena hacia chimita con GLP. Con el esquema propuesto, se estaría entregando la misma cantidad de Propileno Contenido pero enviando 4065 BPD de PGR en lugar de 4600 BPD, es decir, que se dejaría de enviar a PROPILCO una cantidad de 535 BPD de lo que en realidad es GLP, y que posteriormente esa misma cantidad no tendría retornar de Cartagena a Chimita. Si cada carrotanque puede cargar aproximadamente 220 Barriles de PGR, al día se dejaría de enviar y retornar casi 5 carrotanques.

4. CONCLUSIONES

El modelo de simulación obtenido de la Torre T-564, es un modelo confiable, riguroso y que se acerca de forma adecuada a la operación promedio real de la planta. Este modelo puede ser utilizado para realizar otro tipo de estudios más avanzados.

La torre T-563, si es capaz de asumir una operación similar a la T-564 pero solo lograr un valor de carga de PGR de 631,4 BPD. Mientras que las torres T-560 y T-561, no son capaz de hacerlo en forma individual, esto es debido a sus limitantes mecánicas pero si se establece un modo de operación conjunta de ambas torres, se puede llegar a cumplir con las condiciones impuestas para la simulación y alcanzar a procesar una cantidad de 213,8 BPD de PGR.

Las torres T-563, T-561, y T-560 son aptas para prestar el servicio de Purificadoras de Propileno bajo las condiciones de lograr un destilado con 92% Vol de Propileno y obtener una recuperación del aproximada de 58% sin sobrepasar el valor de inundación del 75%, pero a causa de los bajos volúmenes de procesamiento, tan solo 845.1 BPD, que representa un 25% del PGR producido en la Unidad UOP II, es necesario plantear condiciones de separación menos severas.

Al reducir las pretensiones de pureza en las cimas las torres del lado frio de Orthoflow, se logra procesar cantidades más significativas de PGR, aumentando la pureza final del Propileno en las balas. La evaluación económica muestra un

ahorro anual aproximado de \$US 3.5 millones solo en costos de transporte, este ahorro es suficiente para cubrir, por ejemplo, los costos implicados en la reparación de una alguna unidad pequeña de la refinería. Por lo expuesto anteriormente se puede decir que si hay una factibilidad de purificar Propileno utilizando estos sistemas de separación.

5. BIBLIOGRAFIA

ASPEN TECH. Aspen Physical Property System: Physical Property Methods. V7.0. Burlington: Aspen Technology; 2008. p.64-65.

ASPEN TECH. Unit Operations Guide. V7.1. Burlington: Aspen Technology; 2009. p.214-215.

CARSON C.E. Don't gamble with physical properties for simulations. En: Chemical Engineering Process. CEP. 1996, Octubre: p. 36-46.

CASTRO J. A., LIZACANO J. y SUAREZ D. Evaluación mediante simulación en PRO II de uso de T-2451 y T-2452 como splitter de PGR. Estudios Técnicos de Proyectos ECOPETROL- ICP. Piedecuesta; 2011, Mayo.

CHEMICAL INDUSTRY NEWS & CHEMICAL MARKET INTELLIGENCE, ICIS. Propylene. Prices, markets & analysis [Online]. [Citado 3 de Enero 2012]. Disponible en: <http://www.icis.com/chemicals/propylene/>

ECOPETROL. Cracking Orthoflow, Manual de operaciones: Unidad Etileno I, Lado Frio. Barrancabermeja; 1999. p. 16-20.

ECOPETROL. Manual de Descripción del Proceso de la Unidad: GCB – Unidad de Cracking FCCU ORTHOFLOW Barrancabermeja: RWD Technologies; 2007. Capítulo 3.

ECOPETROL. Manual de Descripción del Proceso de la Unidad: GCB – Unidad de Cracking UOP 1 (URC/VRU). Barrancabermeja: RWD Technologies; 2007. Capítulo 3.

ECOPETROL. Manual de Descripción del Proceso de la Unidad: GCB – Unidad de Cracking UOP 2 (URC/URU/UREE). Barrancabermeja: RWD Technologies; 2007. Capítulo 3.

GARCIA J. M. La simulación de procesos en Ingeniería Química. En: Revista de Investigación Científica. 2008, Vol 4, No 2.

GEANKOPLIS C.J. Procesos de transporte y operaciones unitarias. 3 ed. México: Editorial Continental S.A.; 1998. p.426.

GOLDHAMMER B., WEBER C., YEUNG S., et al. Future of opportunity crudes processing. En: Petroleum Technology Quarterly. 2011. Q4: p. 33-41.

GOMEZ M., VARGAS C, LIZCANO J. Petrochemical Promoters in Catalytic Cracking. EN: Ciencia, tecnología y Futuro. 2009, Vol. 3, No 5, p. 143-158.

GUTIERREZ E. ...Y hubo química. En: Carta Petrolera Edición 119. Ecopetrol. 2008, Agosto. Disponible en: http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera119/rev_refinacion.htm

KNIGHT J., MEHLBERG R. Maximize propylene from your FCC Unit. En: Hydrocarbon Processing. 2011, Septiembre: p.91-95.

KRISTER Z.H, DANIEL F. Can we believe the simulation Results?. En: Chemical Engineering Process. CEP. 2002, Octubre: p. 52-58.

LUQUE S., VEGA A. Simulación y optimización avanzadas en la Industria Química y de Procesos: HYSYS. 3 ed. España; 2005. p. 13

MCCABE W., SMITH J., HARRIOT P. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. 4 ed. Madrid: Editorial McGraw-Hill; 1991. p.555-566.

NIJHAWAN S., ANDRZEJEWSKI D., PALMER E. A financial analysis for the recovery of high purity Propylene for Refinery LPG [Online]. Mustang Engineerss

and Constructors. INC. Houston. 1998, Marzo. Disponible en:

<http://www.mustangeng.com/AboutMustang/Publications/Publications/EDLPG.pdf>

OSISOFT. The PI System [Online]. Disponible en: http://www.osisoft.com/software-support/what-is-pi/What_Is_PI.aspx

TECHNICAL ARTICLES & REPORTS ON PLASTIC INDUSTRY. Dynamic development of global propylene demand to lead to increase of over 20 mln tons by 2017 [Online]. 2011, Agosto. Disponible en: http://www.plastemart.com/Plastic-Technical-Article.asp?Lite_raptureID=1656&Paper=dynamic-development-of-global-propylene-demand-to-lead-to-increase-of-over-20-mln-tons-by-2017

TREYBAL R. Operaciones de transferencia de masa. 2 ed. México: Editorial McGraw-Hill. p.379.

SMITH J.M., VAN NESS H.C., ABBOTT M.M. Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química. 7 ed. México: Editorial McGraw-Hill; 2007. p. 330, 557

WEISSERMEI K., ARPE HJ. Química orgánica industrial. Barcelona: Editorial Reverte S.A.; 1981. p. 63-64.

ZYGULAT., KOLMETZ K., BAHRA J. Desing Guidelines for Propylene Splitters [Online]. BASF Corp. 2011, Marzo. Disponible en: <http://kolmetz.com/pdf/articles/Design%20Guidelines%20for%20Proplyene%20Splitters%20-%20Rev%20in.pdf>

ANEXO A. BALANCE VOLUMETRICO T-564

$$\text{Composicion Alimento} = \frac{\text{Comp. Cima} * \text{Flujo Cima} + \text{Comp. Fondo} * \text{Flujo Fondos}}{\text{Flujo Cima} + \text{Flujo Fondos}}$$

	CIMA							
	13/04/2011 16:06	15/04/2011 16:15	02/05/2011 15:29	04/05/2011 14:34	06/05/2011 15:36	25/05/2011 14:11	11/07/2011 14:19	05/09/2011 16:49
	U550-FI_55091	U550-FI_55091	U550-FI_55091	U550-FI_55091	U550-FI_55091	U550-FI_55091	U550-FI_55091	U550-FI_55091
FLUJO [BPD]	684,82	761,45	643,9	713,89	872,56	800,94	408,01	728,11
METANO	0	0	0	0	0	0	0	0
ETANO	1,1628	0,5787	0,5463	0,2366	0,1324	0,4096	0,1929	0,1423
ETILENO	0,0085	0,007	0,0054	0,0037	0,0016	0,0053	0,0033	0,0028
PROPANO	3,0097	1,3651	2,054	1,4691	2,5376	3,532	1,7338	2,1926
PROPILENO	95,819	98,0488	97,3931	98,2898	97,3212	96,0502	98,0692	97,6623
ISOBUTANO	0	0,0002	0,0005	0,0004	0,0025	0,0016	0,0004	0
N-BUTANO	0	0	0,0002	0	0,0014	0,0011	0	0
PROPADIENO	0	0	0	0	0	0	0	0
TRANS-2-BUTENO	0	0	0,0001	0,0001	0,0009	0	0,0001	0
1-BUTENO	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0	0,0001	0
ISOBUTILENO	0	0	0,0002	0,0001	0,0015	0	0,0002	0
CIS-2-BUTENO	0	0	0,0001	0	0	0	0	
ISOPENTANO	0	0	0	0	0	0	0	0
N-PENTANO	0	0	0	0	0	0	0	0
1,3-BUTADIENO	0	0	0	0	0	0	0	0

	FONDOS							
	13/04/2011 16:06	15/04/2011 16:15	02/05/2011 15:29	04/05/2011 14:34	06/05/2011 15:36	25/05/2011 14:11	11/07/2011 14:19	05/09/2011 16:49
	U550-FI_55092	U550-FI_55092	U550-FI_55092	U550-FI_55092	U550-FI_55092	U550-FI_55092	U550-FI_55092	U550-FI_55092
FLUJO [BPD]	438,52	638,01	250,47	431,13	102,57	716,56	557,59	692,53
METANO	0	0	0	0	0	0	0	0
ETANO	0	0	0	0	0	0	0	0
ETILENO	0	0	0	0,0186	0	0	0	0
PROPANO	60,9416	45,7497	71,3231	60,4316	73,7159	64,796	54,4082	57,1598
PROPILENO	24,8306	42,1051	22,5345	33,0831	24,9972	34,8592	36,1995	40,7956
ISOBUTANO	8,6788	7,0871	3,631	0,0636	0,6318	0,2083	6,1532	1,3326
N-BUTANO	0,1477	0,1675	0,1034	3,9016	0,1157	0	0,1805	0,029
PROPADIENO	0	0	0	0	0	0	0	0
TRANS-2-BUTENO	0,2349	0,2494	0,1265	0,1236	0,0671	0	0,1816	0,042
1-BUTENO	1,5911	1,4393	0,6984	0,7775	0,1143	0,047	0,9532	0,2119
ISOBUTILENO	3,1878	2,8514	1,4149	1,4952	0,2175	0,0896	1,8128	0,3778
CIS-2-BUTENO	0,0778	0,0879	0,0459	0,0361	0,0405	0	0,0631	0,0155
ISOPENTANO	0	0	0	0	0	0	0	0
N-PENTANO	0	0	0	0	0	0	0	0
1,3-BUTADIENO	0,2882	0,2627	0,1041	0	0	0	0,1271	0,0246

RESULTADOS BALANCE DE MASA									
ALIMENTO									
	13/04/2011 16:06	15/04/2011 16:15	02/05/2011 15:29	04/05/2011 14:34	06/05/2011 15:36	25/05/2011 14:11	11/07/2011 14:19	05/09/2011 16:49	
FLUJO [BPD]	1123,35	1399,46	894,37	1145,02	975,13	1517,5	965,6	1420,63	PROMEDIO
METANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETANO	0,7089	0,3149	0,3933	0,1475	0,1185	0,2162	0,0815	0,0729	0,2567
ETILENO	0,0052	0,0038	0,0039	0,0093	0,0014	0,0028	0,0014	0,0014	0,0037
PROPANO	25,6247	21,5998	21,4527	23,6699	10,0247	32,4608	32,1509	28,9879	24,4964
PROPILENO	68,1071	72,5444	76,4291	73,7379	89,7135	67,1559	62,3422	69,9411	72,4964
ISOBUTANO	3,388	3,2311	1,0172	0,0242	0,0687	0,0992	3,5534	0,6496	1,5039
N-BUTANO	0,0576	0,0764	0,0291	1,469	0,0135	0,0006	0,1043	0,0141	0,2206
PROPADIENO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRANS-2-BUTENO	0,0917	0,1137	0,0355	0,0466	0,0078	0	0,1049	0,0205	0,0526
1-BUTENO	0,6211	0,6562	0,1957	0,2928	0,0129	0,0222	0,5505	0,1033	0,3068
ISOBUTILENO	1,2444	1,2999	0,3964	0,5631	0,0242	0,0423	1,0469	0,1842	0,6002
CIS-2-BUTENO	0,0304	0,0401	0,0129	0,0136	0,0043	0	0,0365	0,0075	0,0182
ISOPENTANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-PENTANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,3-BUTADIENO	0,1125	0,1197	0,0291	0	0	0	0,0734	0,012	0,0433

ANEXO B. DATASHEETS TORRES T-564

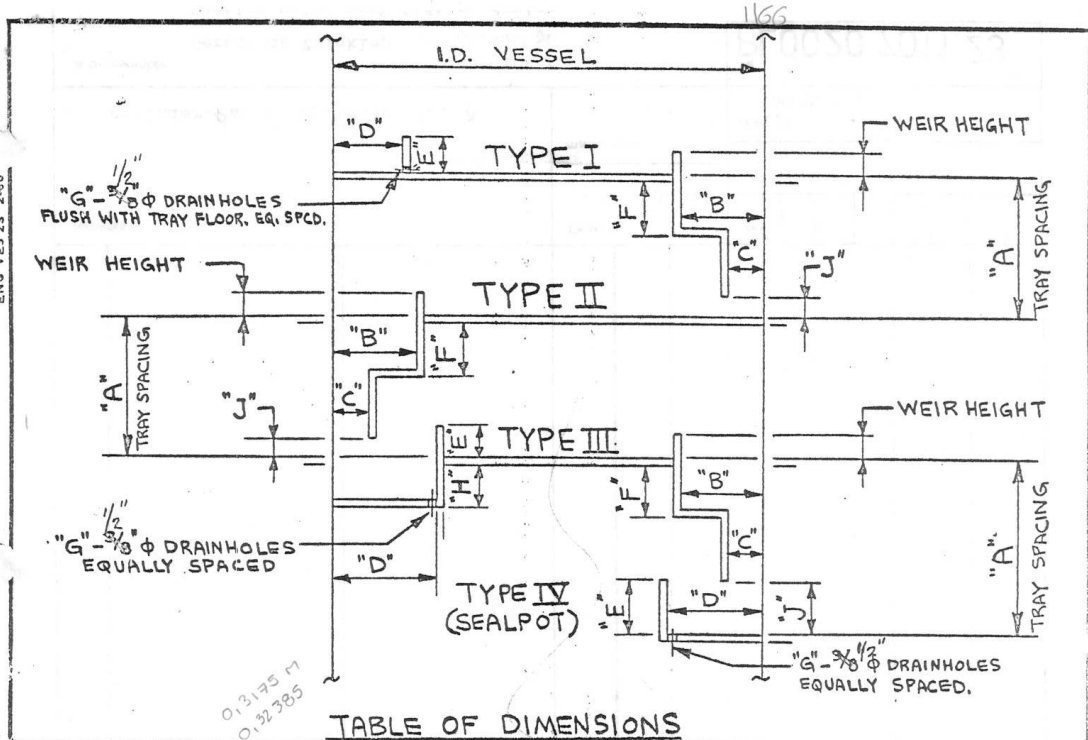
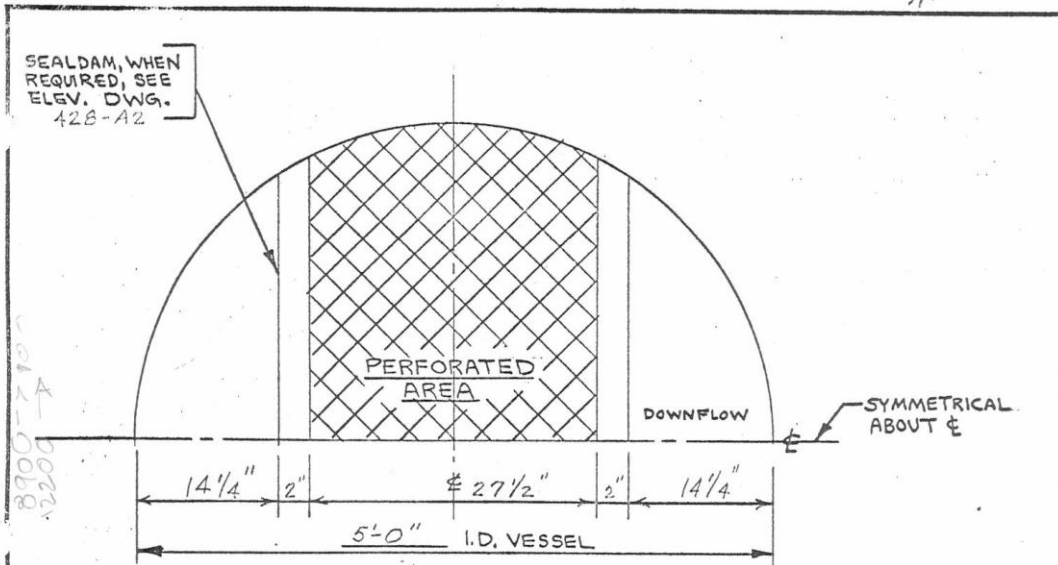


TABLE OF DIMENSIONS

TRAY NO.	TYPE TRAY	WEIR HGT.	A	B	C	D	E	F	G	H	J	SPECIAL FEATURES REF. DWG.
1	I	1 1/2"	18"	14 1/4"	14 1/4"	14 1/4"	8	-	2	-	2 1/4"	
2-5, 7-10, 12-15, 17-20	II											
22-25, 27-30, 32-35												
37-40, 42-45, 47-50												
52-55												
8, 11, 16, 21, 26, 31, 36	II	2 1/2"										
41, 46, 51, 56												
57-60, 62-64, 66-68	II	1 3/4"	24"		8 3/4"			9			2 3/4"	
61, 65	II		27"		8 3/4"			9				
69	II		34"		8 3/4"			9				
SP #1	IV					14 1/4"	6		2			

23 - 075 - 018				ANAL: C.S. ANAL APRVD: <i>[Signature]</i> DATED: 10/2/62 PROD. CHKD: <i>[Signature]</i> PROD. APRVD: <i>[Signature]</i> ISSUED FOR FABRICATION 10-26-62 ISSUED FOR CONSTRUCTION 11/17/62		THE M. W. KELLOGG CO. A DIVISION OF HOLLMAN INCORPORATED SINGLE FLOW TRAY ELEVATION VIEW ECOPETROL, COLOMBIA			
NO.	DESCRIPTION	DATE	BY	CHK.	T-564	52.60	42B-A2	DRAWING NO.	
REVISIONS					CLASS & ITEM	AREA	JOB NO.	DRAWING NO.	

A
1/4 X 11



PLAN VIEW

NOTE: TRAY SUPPORTS TO BE CONSIDERED REPLACEABLE

NOTE: THE PERFORATED AREA SHALL BE UNIFORMLY PERFORATED WITH 1/2 IN. DIA. HOLES. THE HOLE AREA SPECIFIED BELOW SHALL NOT BE OBSTRUCTED BY SUPPORT RINGS, SUPPORT BEAMS, TRAY JOINTS, ETC. THE MAXIMUM WIDTH OF ANY SUPPORT BEAM IN THE PERFORATED AREA SHALL BE 2". THE AREA TAKEN UP BY OBSTRUCTIONS WITHIN THE PERFORATED AREA SHALL BE NO GREATER THAN 2.10 FT.²

VENDOR'S DESIGN DATA				TRAY DIMENSIONS ^{c/d = 0.85}	
TRAY NUMBER	1-56	57-69	(FOR M.W. KELLOGG USE ONLY)		
MATERIAL OF TRAYS	CARBON STEEL	CARBON STEEL	TOP DOWNFLOW AREA	3.55	FT ²
MATERIAL OF SUPPORTS WELDED TO SHELL	NOTE: CARBON STEEL	CARBON STEEL	FREE AREA	12.54	FT ²
TRAY DESIGN TEMPERATURE	170 OF	170 OF	EFF. WEIR LENGTH	47.0	IN.
VESSEL CORROSION ALLOWANCE	1/8 IN.	1/8 IN.			
HOLE AREA, ± 5%	1.28 FT ²	1.35 FT ²			
LIVE LOAD FOR DEFLECTION & STRESS	20 LBS./FT ²	20 LBS./FT ²			
LIQUID LOAD FOR STRESS ONLY	20 LBS./FT ²	20 LBS./FT ²			
SUPPORT METHOD(S) AS DESCRIBED IN TRAY SPEC. NO.	E 201 A OR	E 201 B			
NOTE: ALL TRAY PARTS SHALL BE DESIGNED TO PASS THROUGH A 24 IN. DIAMETER MANHOLE.			ADJUSTABLE WEIR DETAIL	BY VENDOR	
FIELD NOTE: LEVELING & TESTING TO BE PERFORMED IN ACCORDANCE WITH M.W. KELLOGG SPECIFICATION E20-1P, METHOD A.			SINGLE FLOW TRAY ELEVATION	428-112	
			TITLE	NUMBER	
			REFERENCE DRAWINGS		
23-075-018			THE M. W. KELLOGG CO.		
REVISED HOLE AREA FOR TRAYS 1-56 5-17-65 RF SW			A DIVISION OF LULLIAN INCORPORATED		
ADD. MAT'L TRAY SUPPLY'S & NOTICED 10-26-69 FM M			PERFORATED		
			SINGLE FLOW TRAY		
NO.	DESCRIPTION	DATE	BY	CHK.	ISSUED FOR CONSTRUCTION
					T-564
REVISIONS			CLASS	AREA	JOB NO.
					DRAWING NO.
					5260 428-A1

**DPTO APOYO TECNICO A LA PRODUCCION
 REPORTE DE INSPECCION-INFORMACION GENERAL**

EQUIPO: ST-564	SERVICIO: SEPARADORA DE PROPILENO
ZONA:	INSPECTOR:
FECHA:	VEL.DE CALIBRACION:
	PIM-Z2-4927

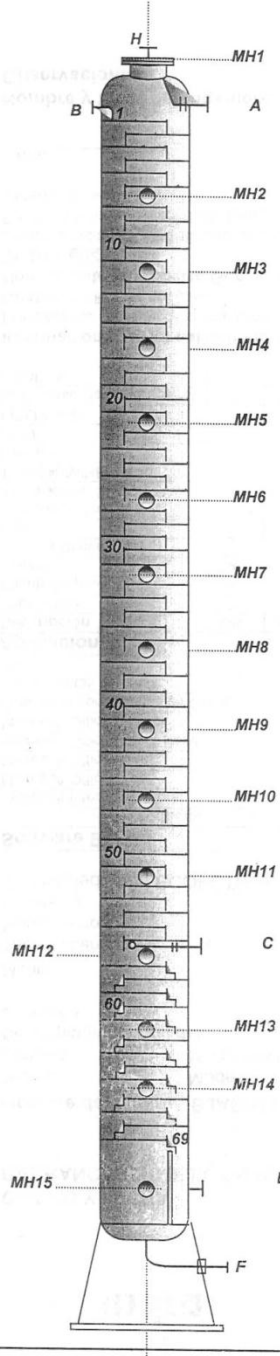
ESPESORES			
CAP. SUP.	CASCO	CAP.INF	CONO
5/8"		1 1/16"	

DESIGN DATA	
WORKING PRESSURE	245 PSIG
DESIGN PRESSURE	275 PSIG
WORKING TEMP	120°F
DESIGN METAL TEMP	170°F
CORROSION ALLOWANCE	1/8 IN

INTERNOS	
MALLA	NO
ROCIADORES	A-106 GR.B
PLATOS	A-283 GR.C
BAJANTES	A-283 GR.C
VIGAS	A-283 GR.C
TORNILLERIAS	Perno:A.193 Gr.B7,B16 Tuerca:A-194 Gr 2H
CHIMENEA	NO
COCAS	NO

INFORMACION DE DISEÑO	
FLUIDO	PROPILENO
MATERIAL CASCO	A 212 GRB.FBQ TO A 300CLASS I
MATERIAL CAPS	A 212 GRB.FBQ TO A 300CLASS I

TABLA DE BOQUILLAS			
No.	DIAMETRO	SERIE	SERVICIO
MH1-15	24"	300# SO- RF	MANHOLE
A	10"	300# SO- RF	SALIDA DE VAPOR
B	3"	300# SO- RF	ENTRADA DE REFLUJO
C	1 1/2"	300# SO- RF	ENTRADA DE CARGA
E	10"	300# SO- RF	REHERVIDOR DE RETORNO
F	8"	300# SO- RF	SALIDA DE FONDO
G	1 1/2"	300# SO- RF	PURGA
H	3"	300# SO- RF	RESPIRADERO
AG	1"	300# SO- RF	LG
BG	1"	300# SO- RF	LG



ANEXO C. DATASHEETS TORRES T-563

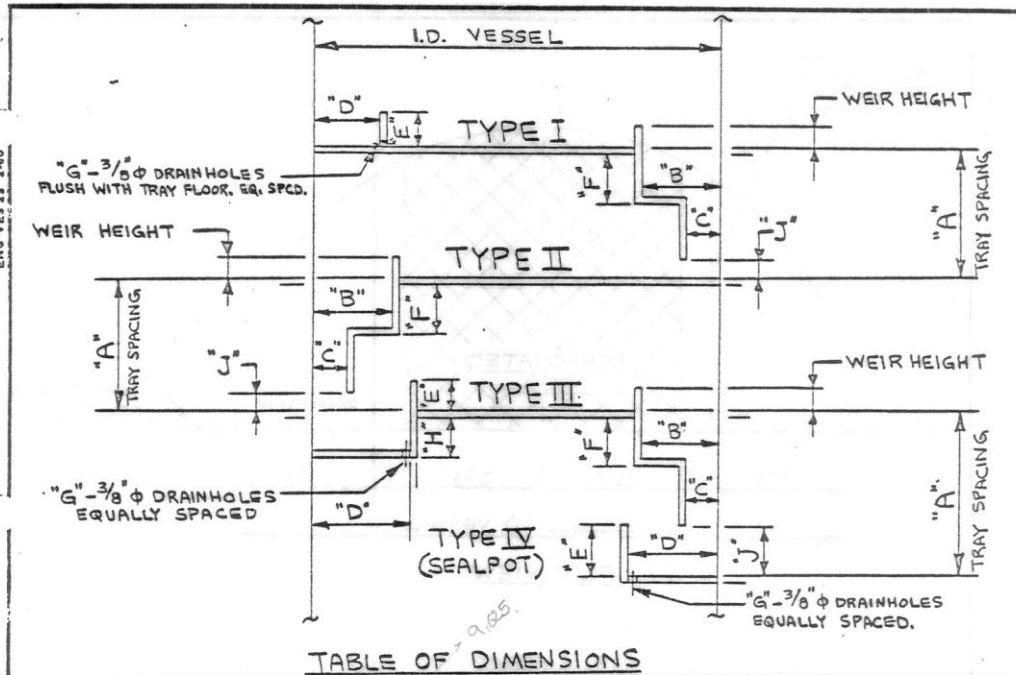
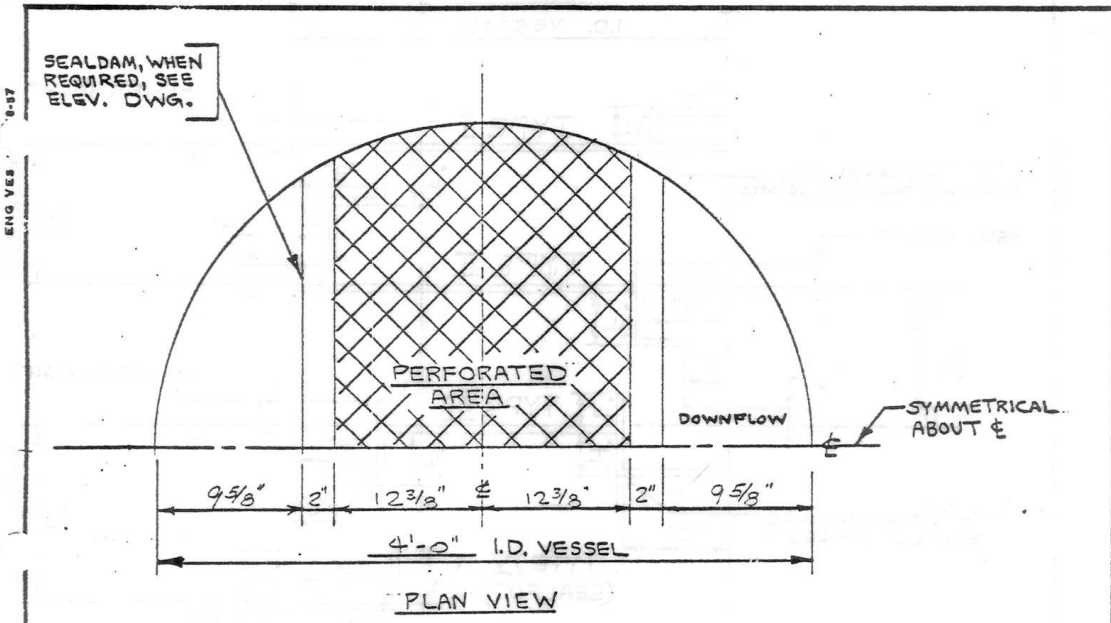


TABLE OF DIMENSIONS

TRAY NO.	TYPE TRAY	WEIR HGT.	A	B	C	D	E	F	G	H	J	SPECIAL FEATURES REF. DWG.
1	I	1 1/2"	15"	9 5/8"	9 5/8"	9 5/8"	6"	-	2	-	13/4"	
2-7-9-15-17-23	II		15"									
8, 16, 24			27"									
25-31-33-39			15"									
32, 40			27"									
41-47-49-54			15"									
48, 55			27"									
56-62-64-70			15"									
63, 71			27"									
72-77			15"									
78			24"									
SP-I	TV	-	-	-	-	16"	6"	-	2	-	-	427-A3

	ANAL: DAV	THE M. W. KELLOGG CO.
	ANAL APRVD: [Signature]	SINGLE FLOW TRAY
	DATED: 10/17/64	ELEVATION VIEW
	PROD. CHKD: [Signature]	
	PROD. APRVD: [Signature]	
	ISSUED FOR FABRICATION 10/26/64	
NO.	DESCRIPTION	DATE BY CHK.

A

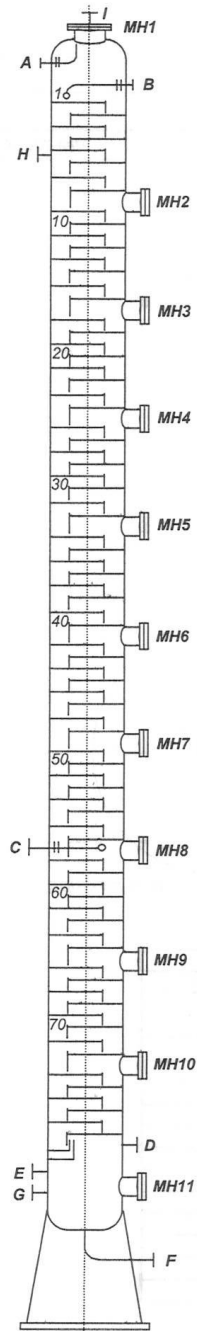


NOTE: THE PERFORATED AREA SHALL BE UNIFORMLY PERFORATED WITH $\frac{1}{2}$ IN. DIA. HOLES. THE HOLE AREA SPECIFIED BELOW SHALL NOT BE OBSTRUCTED BY SUPPORT RINGS, SUPPORT BEAMS, TRAY JOINTS, ETC. THE MAXIMUM WIDTH OF ANY SUPPORT BEAM IN THE PERFORATED AREA SHALL BE 2". THE AREA TAKEN UP BY OBSTRUCTIONS WITHIN THE PERFORATED AREA SHALL BE NO GREATER THAN 1.50 FT.^2

⓪ TRAY SUPPORTS TO BE CONSIDERED NON-REPLACEABLE

VENDOR'S DESIGN DATA		TRAY DIMENSIONS $\phi_D = 0.80$	
TRAY NUMBER	1-7B	(FOR M.W. KELLOGG USE ONLY)	
MATERIAL OF TRAYS	CARBON STEEL	TOP DOWNFLOW AREA	1.79 FT ²
MATERIAL OF SUPPORTS WELDED TO SHELL NOTE ⓪	⓪ CARBON STEEL	FREQ AREA	8.98 FT ²
TRAY DESIGN TEMPERATURE	-30 °F	EFF. WEIR LENGTH	34.4 IN.
VESSEL CORROSION ALLOWANCE	1/8 IN.		
HOLE AREA, $\pm 5\%$	0.50 FT ²		
LIVE LOAD FOR DEFLECTION & STRESS	20 $\frac{\text{LBS.}}{\text{FT.}^2}$		
LIQUID LOAD FOR STRESS ONLY	20 $\frac{\text{LBS.}}{\text{FT.}^2}$		
SUPPORT METHOD(S) AS DESCRIBED IN TRAY SPEC. No. E20-1F2	E201A E201B		
NOTE: ALL TRAY PARTS SHALL BE DESIGNED TO PASS THROUGH A 24 IN. DIAMETER MANHOLE.		ADJUSTABLE WEIR DETAIL	BY VENDOR
FIELD NOTE: LEVELING & TESTING TO BE PERFORMED IN ACCORDANCE WITH M.W. KELLOGG SPECIFICATION E20-1P, METHOD A		SINGLE FLOW TRAY ELEVATION	427-A2
		TITLE	NUMBER
		REFERENCE DRAWINGS	
		THE M. W. KELLOGG CO.	
		a division of Pullman Incorporated	
		O.D. PERFORATED	
		SINGLE FLOW TRAY	
		T-563	5260 427-A1
NO.	DESCRIPTION	DATE	BY
	ADD MAT'L TRAP SUPPORTS NOTE ⓪	10-26-64	FM
			CHK.

**DPTO APOYO TECNICO A LA PRODUCCION
 REPORTE DE INSPECCION-INFORMACION GENERAL**



EQUIPO: ST-563	SERVICIO: SEPARADORA DE ETILENO
ZONA:	INSPECTOR:
FECHA:	VEL.CALIBRACION:
	PIM-Z2- 3807

DESIGN DATA	
WORKING PRESSURE	238 PSIG
DESIGN PRESSURE	268 PSIG
WORKING TEMP	Minus 30°F
DESIGN METAL TEMP	Minus 30°F
CORROSION ALLOWANCE	1/8 IN
RADIOGRAPHING REQUERED	FULL
LONG JOIN EFFICIENCY	100%
HEAD EFFICIENCY	100%
ALLOW STRESS	17500
SHOP HYDRO TEST PRESSUR	425 PSIG
ERECTION WEIGHT	18600 LB
OPERATING WEIGHT	136820 LB
WEIGHT FULL OF WATER	197870 LB

INFORMACION DE DISEÑO	
TW	-30°F
PW	238 PSIG
MATERIAL CASCO	A 212 GRB.FBQ TO A 300CLASS I
MATERIAL CAPS	A 212 GRB.FBQ TO A 300CLASS I

ESPESORES			
CAP. SUP.	CASCO	CAP.INF	CONO
1/2"			

C.A	1/8"
ALIVIO DE ESFUERZOS	SI
R.X	FULL
PRESION AJUSTE VALVULA DE SEGURIDAD	268 PSIG

INTERNOS	
MALLA	NO
ROCIADORES	A- 333 GR-C
PLATOS	A-283 GR.C
BAJANTES	A-283 GR.C
VIGAS	A-283 GR.C
ZAPATAS/ARANDELAS	SS-410
TORNILLERIAS	LG TP-L7
CHIMENEA	NO
COCAS	NO

ANEXO D. DATASHEETS TORRES T-561

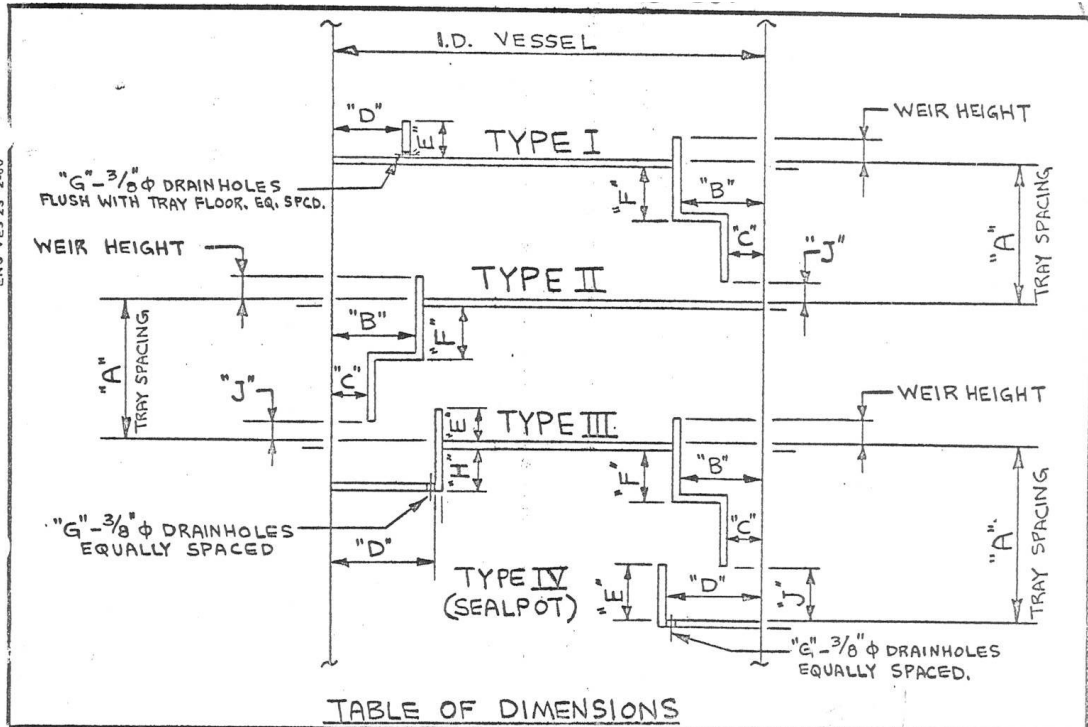


TABLE OF DIMENSIONS

TRAY NO.	TYPE TRAY	WEIR HGT.	A	B	C	D	E	F	G	H	J	SPECIAL FEATURES REF. DWG.
1	I	1 1/2"	18"	11 7/8"	11 7/8"	11 7/8"	6"	-	2	-	1 3/4"	
2 THRU 7	II	1 1/2"	18"	11 7/8"	11 7/8"	-	-	-	-	-	1 3/4"	
8	II	1 1/2"	30"	11 7/8"	11 7/8"	-	-	-	-	-	1 3/4"	
9 & 10	II	1 1/2"	21"	11 7/8"	11 7/8"	-	-	-	-	-	1 3/4"	
11	II	1 1/2"	28"	11 7/8"	11 7/8"	-	-	-	-	-	1 3/4"	
12 THRU 15 17 THRU 20 21 THRU 30	II	1"	21"	11 7/8"	11 7/8"	-	-	-	-	-	1 3/4"	
16, & 24	II	1"	27"	11 7/8"	11 7/8"	-	-	-	-	-	1 3/4"	
31	II	1"	24"	11 7/8"	11 7/8"	-	-	-	-	-	1 3/4"	
SEAL POT * 1	IV	-	-	-	-	11 7/8"	6"	-	-	-	1 3/4"	

5C-F0-F-576

THE M. W. KELLOGG CO.

SINGLE FLOW TRAY

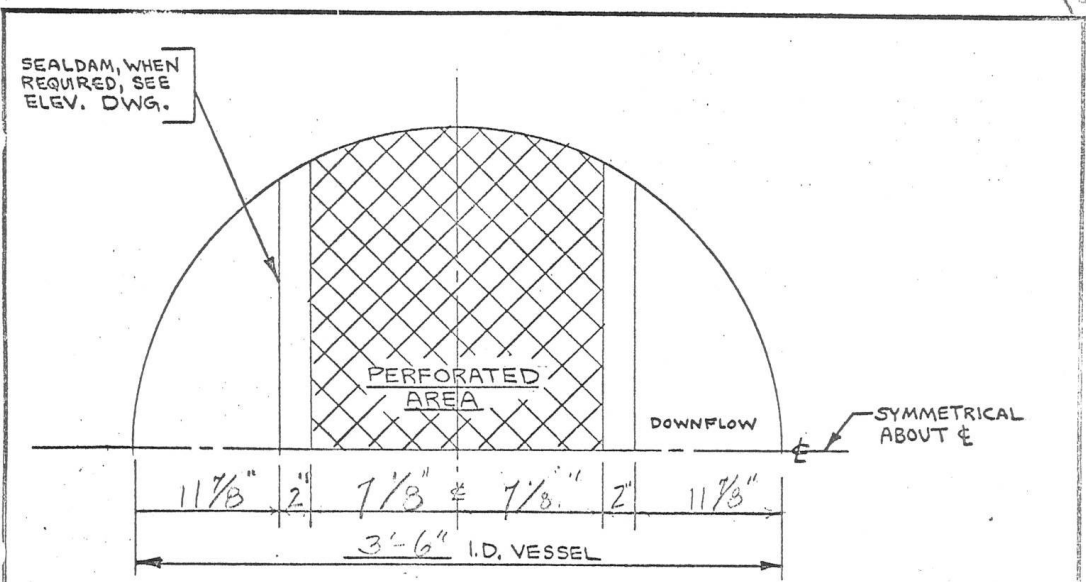
ELEVATION VIEW

ECOPETROL

	ANAL: REF				ISSUED FOR FABRICATION
	ANAL APRVD: <i>WV</i>				ISSUED FOR CONSTRUCTION
	DATED: 10/1/64				
	PROD. CHKD: <i>WV</i>				
	PROD. APRVD: <i>WV</i>				
REVISIONS NO. DESCRIPTION DATE BY CHK.	1/26/65 10-26-64	AS FM	WV WV	10/1/64 10/1/64	7-561 5260 485-A2

A
4X11

ENG VES 8-57



PLAN VIEW

P1027504

NOTE: THE PERFORATED AREA SHALL BE UNIFORMLY PERFORATED WITH $\frac{1}{2}$ " IN. DIA. HOLES. THE HOLE AREA SPECIFIED BELOW SHALL NOT BE OBSTRUCTED BY SUPPORT RINGS, SUPPORT BEAMS, TRAY JOINTS, ETC. THE MAXIMUM WIDTH OF ANY SUPPORT BEAM IN THE PERFORATED AREA SHALL BE 2". THE AREA TAKEN UP BY OBSTRUCTIONS WITHIN THE PERFORATED AREA SHALL BE NO GREATER THAN 1.32 FT.²

⓪ TRAY SUPPORTS TO BE CONSIDERED NON-REPLACEABLE ⓪

VENDOR'S DESIGN DATA				TRAY DIMENSIONS $\gamma_b = 0.90$			
TRAY NUMBER	1-31			(FOR M.W. KELLOGG USE ONLY)			
MATERIAL OF TRAYS	CARB. STEEL			TOP DOWNFLOW AREA	2.25 FT ²		
MATERIAL OF SUPPORTS WELDED TO SHELL NOTE ⓪	CARBON STEEL			FREE AREA	4.66 FT ²		
TRAY DESIGN TEMPERATURE	-5° ± 187°F			EFF. WEIR LENGTH	33.4 IN.		
VESSEL CORROSION ALLOWANCE	1/8 IN.						
HOLE AREA, ± 5%	0.453 FT ²						
LIVE LOAD FOR DEFLECTION & STRESS	20 $\frac{LBS.}{FT^2}$						
LIQUID LOAD FOR STRESS ONLY	20 $\frac{LBS.}{FT^2}$						
SUPPORT METHOD(S) AS DESCRIBED IN TRAY SPEC. No.	E 201-A E 201-B			5C-F0-F-575			
NOTE: ALL TRAY PARTS SHALL BE DESIGNED TO PASS THROUGH A 18" IN. DIAMETER MANHOLE.				ADJUSTABLE WEIR DETAIL			
FIELD NOTE: LEVELING & TESTING TO BE PERFORMED IN ACCORDANCE WITH M.W. KELLOGG SPECIFICATION E20-1P, METHOD A.				SINGLE FLOW TRAY ELEVATION			
				TITLE			
				NUMBER			
				REFERENCE DRAWINGS			
				THE M. W. KELLOGG CO.			
				O.D. PERFORATED			
				SINGLE FLOW TRAY			
				T-561			
				5260			
				425-111			
				CLASS AREA JOB NO. DRAWING NO.			

NO.	DESCRIPTION	DATE	BY	CHK.
1	REV. TRAY LAYOUT	10/15/69	FM	MW
2	ADD. MAT'L TRAY SUPPTS & NOTE ⓪	10-26-69	FM	MW

APPROVED: *[Signature]*
 DATED: 10/11/69
 ISSUED FOR FABRICATION: 10-26-69
 ISSUED FOR CONSTRUCTION: 11/11/69

REVISIONS

ANEXO E. INFORMACION DE LOS PLANOS MECANICOS T-560

Platos	Separación	DC Clearance	DC Width	DC Type
1-3	18"	1,89"	3/4"	Vertical
4	48"	1,89"	-	Inclinado
5-9,11-15, 17-22	19"	2,64"	11,87"	Vertical
10 y 16	30"	2,64"	11,87"	Vertical

Plato 4	DC Width
Parte superior	3/4"
Parte Inferior	11,87"

Diámetro Torre en la Cima	2'-8"
Diámetro Torre en el Fondo	3'-6"
Tipo de Plato	Perforado
Diámetro Perforaciones	1/2"

ANEXO F. DATASHEET INTERCAMBIADORES

INTERCAMBIADOR E-550

THE M. W. KELLOGG COMPANY
 a division of Pullman Incorporated

CUSTOMER EMPRESA COLOMBIANA de PETROLEAS
 ADDRESS _____
 PLANT LOCATION BARRANCABERMEJA, COLOMBIA

JOB NO. 5260-P
 DATE 12-10-64
 ISSUE (C1) 3-10-65

EXCHANGER SPECIFICATION SHEET

GENERAL			
SERVICE OF UNIT	C ₃ SPLITTER REBOILER	ITEM NO.	E-550
SIZE	23/44'-6-120 TYPE	CONNECTED IN	
SURFACE PER UNIT	595 SHELLS PER UNIT	MIN. SURFACE PER SHELL	595

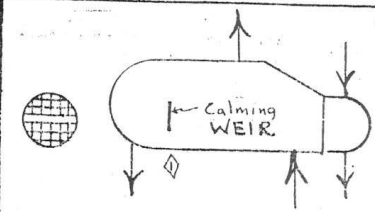
PERFORMANCE OF ONE UNIT

	SHELL SIDE	TUBE SIDE
FLUID CIRCULATED	HC	STEAM
TOTAL FLUID ENTERING #/HR.	100,690	12,190
VAPOR		
LIQUID	100,690	
STEAM		12,190
NON-CONDENSABLES		
FLUID VAPORIZED OR CONDENSED	94,642 VAPORIZED	
STEAM CONDENSED		12,190
GRAVITY - LIQUID	0.40 IN & OUT	
VISCOSITY - LIQUID		
MOLECULAR WEIGHT - VAPOR	43	18
TEMPERATURE IN °F	119	420
TEMPERATURE OUT °F	120	292
OPERATING PRESSURE PSIG	245	45
NUMBER OF PASSES	1	2
VELOCITY FT./SEC.		
PRESS. DROP - ALLOWABLE CALC. PSIG	1/4	3/4
FOULING RESISTANCE	.002	.0005
HEAT EXCHANGED - B.T.U./HR.	11,963,000	176,6
TRANSFER RATE - SERVICE	114	M.T.D. (CORRECTED) CLEAN

CONSTRUCTION

DESIGN PRESSURE PSIG	300	150
TEST PRESSURE PSIG	450	225
DESIGN TEMPERATURE °F	200	450
TUBES	STEEL NO. 150-U'S O.D. 3/4" BWG. 14 M LENGTH 10'-0" S.T.L. PITCH 1" SQUARE	
SHELL	STEEL I.D. 44" ± D. 23" PORT THICKNESS	
SHELL COVER	STEEL INTEGRAL FLOATING HEAD COVER	
CHANNEL	STEEL - BONNET TYPE CHANNEL COVER	
TUBE SHEETS - STATIONARY	STEEL FLOATING	
BAFFLES - CROSS	TYPE	THICKNESS
BAFFLES - LONG	TYPE	THICKNESS
TUBE SUPPORTS	STEEL THICKNESS	
GASKETS - FLT.G COVER	SHELL STEEL DBL JKTD ASB CHANNEL STEEL DBL JKTD ASB.	
CONNECTIONS - SHELL-IN	8" OUT 10" V ; 2 1/2" L SERIES 300 # R.F.	
CHANNEL-IN	6" OUT 1 1/2" SERIES 150 # R.F.	
CORROSION ALLOWANCE - SHELL SIDE	1/8" TUBE SIDE 1/8"	
JOB SPECIFICATION	5260 CLASS "C" PURCHASING DATA SHEET	

REMARKS: MANUFACTURER SHALL GUARANTEE THAT SURFACE OFFERED WILL MEET OPERATING CONDITIONS SHOWN.
 DESUPERHEAT DUTY = 1,070,000
 CONDENSING DUTY = 10,890,000
 Provide the following connections:
 2-1" Flgd - Gauge Glass
 2-1 1/2" Flgd - Liquid Level Control



RATED	M
THERMAL CHECK	WEC
JOB LEADER	JAL
MECH. CHECK	OAS
APPROVED	[Signature]

INTERCAMBIADOR E-592

THE M. W. KELLOGG COMPANY

CLIENT: EMPRESA COLOMBIANA de PETROLEOS JOB NO. 5260-P
 ADDRESS: _____ DATE 12-30-64
 PLANT LOCATION: BARRANCABERMEJA COLOMBIA ISSUE (C2) 3-10-65


EXCHANGER SPECIFICATION SHEET
SC # 13

GENERAL			
1 SERVICE OF UNIT	<u>C₂ SPLITTER REBOILER</u>		ITEM NO. <u>E-592</u>
2 SIZE	<u>48-6-240</u>	TYPE <u>BHU</u>	CONNECTED TO _____
3 SURFACE PER UNIT	<u>6530</u>	SHELLS PER UNIT <u>1</u>	MIN. SURFACE PER SHELL <u>6530</u>

PERFORMANCE OF ONE UNIT 5C-G0-F-191

	SHELL SIDE	TUBE SIDE
4 FLUID CIRCULATED	<u>HYDROCARBONS</u>	<u>PROPYLENE</u>
5 TOTAL FLUID ENTERING <u>g/hr.</u>	<u>44,919</u>	<u>29,010</u>
6 VAPOR		<u>29,010</u>
7 LIQUID	<u>44,919</u>	
8 STEAM		
9 NON-CONDENSABLES		
10 FLUID VAPORIZED OR CONDENSED	<u>36,077 (V)</u>	<u>29,010 (C)</u>
11 STEAM CONDENSED		
12 GRAVITY - LIQUID <u>5.6 @ T</u>	<u>.43</u>	<u>.56</u>
13 VISCOSITY - LIQUID <u>CS - °F</u>		<u>.25 OUT</u>
14 MOLECULAR WEIGHT - VAPOR	<u>30</u>	<u>42</u>
15 TEMPERATURE IN °F	<u>10</u>	<u>40</u>
16 TEMPERATURE OUT °F	<u>10</u>	<u>18</u>
17 OPERATING PRESSURE PSIG	<u>338</u>	<u>55</u>
18 NUMBER OF PASSES	<u>DOUBLE SPLIT</u>	<u>6</u>
19 VELOCITY FT./SEC.		
20 PRESS. DROP - ALLOWABLE CALC. PSIG	<u>.25</u>	<u>1.5</u>
21 FOULING RESISTANCE	<u>.002</u>	<u>.002</u>
22 HEAT EXCHANGED - B.T.U./HR.	<u>5,325,000</u>	<u>8,56</u>
23 TRANSFER RATE - SERVICE	<u>25.2</u>	<u>CLEAN</u>

CONSTRUCTION

24 DESIGN PRESSURE PSIG	<u>270</u>	<u>150</u>
25 TEST PRESSURE PSIG	<u>405</u>	<u>225</u>
26 DESIGN TEMPERATURE °F	<u>8" @ 200°</u>	<u>18" @ 700°</u>
27 TUBES <u>STEEL</u> NO. <u>789</u> U.S.S. <u>3/4"</u> W.G. NOM. LENGTH <u>20'-0"</u> STRAIGHT PITCH <u>1" SQUARE</u>		
28 SHELL <u>STEEL</u> I.D. <u>48" O.D.</u> THICKNESS _____		
29 SHELL COVER _____ FLOATING HEAD COVER _____		
30 CHANNEL <u>STEEL</u> CHANNEL COVER <u>STEEL</u>		
31 TUBE SHEETS - STATIONARY <u>STEEL</u> FLOATING _____		
32 RAFFLES - CROSS _____ TYPE _____ THICKNESS _____		
33 RAFFLES - LONG <u>STEEL</u> TYPE <u>PERFORATED</u> THICKNESS _____		
34 TUBE SUPPORTS <u>STEEL</u> THICKNESS _____		
35 GASKETS - PLY G COVER _____ SHELL <u>Steel-Double Jack, Ash</u> CHANNEL <u>Steel-Double Jack, Ash</u>		
36 CONNECTIONS - SHELL-IN <u>2-4"</u> OUT <u>2-6"</u> SERIES <u>150 lb RF</u>		
37 CHANNEL-IN <u>1-6"</u> OUT <u>1-2"</u> SERIES <u>150 lb RF</u>		
38 CORROSION ALLOWANCE - SHELL SIDE <u>1/8"</u> TUBE SIDE <u>1/8"</u>		
39 JOB SPECIFICATION <u>5260 CLASS "C" PURCHASING DATA SHEET & C41-1B3 LOW TEMP. SUPPLEMENT</u>		
40 REMARKS: MANUFACTURER SHALL EQUALIZE THIS SURFACE OFFERS WILL MEET OPERATING CONDITIONS SHOWN.		
41		
42 * DEW POINT OF PROPYLENE = <u>18°F</u>		
43 Desuperheat Duty <u>3,325,000 BTU/HR.</u>		
44 Condensing Duty <u>5,000,000 BTU/HR.</u>		
45		
46 Provide <u>1" Threaded Vent on Shell</u>		RATED <u>M</u>
47 Provide <u>1/2" Flgd Drain on Shell</u>		CHECKED <u>CHM</u>
48 Provide <u>1" THREADED CONNECTION IN NEXT TO LAST TUBE PASS</u>		APPROVED <u>K/J</u>
49		

5C-G0-F-191

INTERCAMBIADOR E-597

FORM EXCH. 1A 2-64

CUSTOMER EMPRESA COLOMBIANA de PETROLEOS
 ADDRESS _____
 PLANT LOCATION BARRANCABERMEJA, COLOMBIA

EXCHANGER SPECIFICATION SHEET
SC # 13

JOB NO. 5260-P
DATE 12-30-64
ISSUE (C2) 3-10-65

GENERAL

1 SERVICE OF UNIT	<u>ETHYLENE REFRIGERATION CONDENSER</u>		ITEM NO.	<u>E-597</u>
2 SIZE	<u>50/78-G-240</u>	TYPE	<u>BKU</u>	CONNECTED IN
3 SURFACE PER UNIT	<u>6838</u>	SHELLS PER UNIT	<u>1</u>	RIN. SURFACE PER SHELL
				<u>6838</u>

PERFORMANCE OF ONE UNIT

	SHELL SIDE	TUBE SIDE
4 FLUID CIRCULATED	<u>PROPYLENE</u>	<u>ETHYLENE</u>
5 TOTAL FLUID ENTERING # /HR	<u>45,000</u>	<u>46,833</u>
6 VAPOR	<u>3170</u>	<u>46,833</u>
7 LIQUID	<u>41830</u>	
8 STEAM		
9 NON-CONDENSABLES		
10 FLUID VAPORIZED OR CONDENSED	<u>41830 VAPORIZED</u>	<u>46,833 CONDENSED</u>
11 STEAM CONDENSED		
12 GRAVITY - LIQUID	<u>.60</u>	<u>.45</u>
13 VISCOSITY - LIQUID CS		<u>.19 OUT</u>
14 MOLECULAR WEIGHT - VAPOR	<u>42</u>	<u>28</u>
15 TEMPERATURE IN °F	<u>-40</u>	<u>0</u>
16 TEMPERATURE OUT °F	<u>-40</u>	<u>-30</u>
17 OPERATING PRESSURE PSIG	<u>7</u>	<u>25.0</u>
18 NUMBER OF PASSES	<u>1</u>	<u>6</u>
19 VELOCITY FT./SEC.		
20 PRESS. DROP - ALLOWABLE CALC. PSIG	<u>3/4</u>	<u>1.5</u>
21 FOULING RESISTANCE	<u>.00125</u>	<u>.00125</u>
22 HEAT EXCHANGED - B.T.U./HR.	<u>* 2,470,000</u>	<u>M.T.D. (CORRECTED) 10.98</u>
23 TRANSFER RATE - SERVICE	<u>93.4</u>	<u>CLEAR</u>

CONSTRUCTION 5 -21.1 5C-G0-F-211

24 DESIGN PRESSURE PSIG	<u>75</u>	<u>275</u>
25 TEST PRESSURE PSIG	<u>115</u>	<u>415</u>
26 DESIGN TEMPERATURE °F	<u>-40 & 150</u>	<u>-30 & 150</u>
27 TUBES <u>A-334 GR. 0</u> NO. <u>824</u> O.D. <u>3/4"</u> BWG. <u>14M</u> LENGTH <u>20'-0"</u> S.T.L. PITCH <u>1" SQUARE</u>		
28 SHELL <u>KILLED STEEL</u> I.D. <u>78"</u> O.D. <u>50" ID</u> PORT THICKNESS		
29 SHELL COVER		<u>FLOATING HEAD COVER</u>
30 CHANNEL <u>KILLED STEEL</u>		<u>CHANNEL COVER</u>
31 TUBE SHEETS - STATIONARY <u>KILLED STEEL</u>		<u>FLOATING</u>
32 BAFFLES - CROSS TYPE		<u>THICKNESS</u>
33 BAFFLES - LONG TYPE		<u>THICKNESS</u>
34 TUBE SUPPORTS <u>KILLED STEEL</u>		<u>THICKNESS</u>
35 GASKETS - FLT. COVER	<u>SHELL STEEL DBL JKT'D ASB.</u>	<u>CHANNEL STEEL DBL JKT'D ASB.</u>
36 CONNECTIONS - SHELL IN <u>6"</u> OUT <u>10"</u> SERIES <u>150# RF</u>		
37 CHANNEL IN <u>6"</u> OUT <u>1"</u> SERIES <u>300# RF</u>		
38 CORROSION ALLOWANCE - SHELL SIDE <u>1/8"</u>		<u>TUBE SIDE 1/8"</u>
39 JOB SPECIFICATION <u>5260 CLASS C PURCHASING DATA SHEET E Q&I-1E3 LOW TEMP. SUPPLEMENT</u>		
40 REMARKS: MANUFACTURER SHALL GUARANTEE THAT SURFACE OFFERED WILL MEET OPERATING CONDITIONS SHOWN.		
41 <u>DEW POINT = -30°F</u>		
42 <u>* DESUPERHEAT DUTY = 725,000 Btu/hr</u>	(2)	
43 <u>* CONDENSING DUTY = 6,745,000 Btu/hr</u>	(2)	
44 <u>PROVIDE (2) - 1/2" FLG'D LG CONN'S</u>		
45 <u>" (2) - 1" " LG "</u>		
46 <u>" (1) - 1" Threaded Vout on Shell</u>		
47 <u>" (1) - 1/2" Flgd Drain on Shell</u>		
48		
49		
50		

PROVIDE DEFLECTOR BAFFLE @ INLET

RATED	<u>M</u>
THERMAL CHECK	<u>USEC</u>
JOB LEADER	<u>JL</u>
MECH. CHECK	<u>OAS</u>
APPROVED	<u>L/C</u>

INTERCAMBIADOR E-588

CUSTOMER EMPRESA COLOMBIANA de PETROLEOS
 ADDRESS _____
 PLANT LOCATION BARRANCABERMEJA, COLOMBIA



JOB NO. 5260-P
 DATE 12-30-64
 ISSUE (C3) 4-8-65

EXCHANGER SPECIFICATION SHEET

GENERAL

SERVICE OF UNIT	<u>DEETHANIZER CONDENSER</u>		ITEM NO.	<u>E-588</u>	
SIZE	<u>37/54-6-240</u>	TYPE	<u>BKU</u>	CONNECTED IN	<u>---</u>
SURFACE PER UNIT	<u>3650</u>	SHELLS PER UNIT	<u>1</u>	MIN. SURFACE PER SHELL	<u>3650</u>

PERFORMANCE OF ONE UNIT

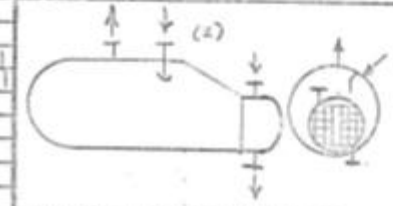
		SHELL SIDE	TUBE SIDE
FLUID CIRCULATED		<u>PROPYLENE</u>	<u>HYDROCARBON</u>
TOTAL FLUID ENTERING	<u>lb/hr.</u>	<u>30800</u>	<u>29400</u>
VAPOR		<u>4650</u>	<u>27400</u>
LIQUID		<u>23950</u>	
STEAM			
NON-CONDENSABLES			
FLUID VAPORIZED OR CONDENSED		<u>23950 VAPORIZED</u>	<u>29400 CONDENSED</u>
STEAM CONDENSED			
DENSITY - LIQUID	<u>@ T-AVG</u>	<u>.581</u>	<u>.435</u>
VISCOSITY - LIQUID	<u>C.S.</u>		<u>.184</u>
MOLECULAR WEIGHT - VAPOR		<u>42</u>	<u>29.5</u>
TEMPERATURE IN	<u>°F</u>	<u>-15</u>	<u>3</u>
TEMPERATURE OUT	<u>°F</u>	<u>-15</u>	<u>-5</u>
OPERATING PRESSURE	<u>PSIG</u>	<u>21</u>	<u>355</u>
NUMBER OF PASSES		<u>1</u>	<u>6</u>
VELOCITY	<u>FT./SEC.</u>		
PRESS. DROP - ALLOWABLE CALC.	<u>PSIG</u>	<u>3/4</u>	<u>4.0</u>
FOULING RESISTANCE		<u>.00125</u>	<u>.00125</u>
HEAT EXCHANGED - B.T.U./HR.	<u>4,470,000</u>		<u>13.61</u>
TRANSFER RATE - SERVICE	<u>30.5</u>		<u>CLEAN</u>

CONSTRUCTION

DESIGN PRESSURE	<u>PSIG</u>	<u>75</u>	<u>285</u>
TEST PRESSURE	<u>PSIG</u>	<u>115</u>	<u>430</u>
DESIGN TEMPERATURE	<u>°F</u>	<u>-15°F and +150°F</u>	<u>-5°F and +150°F</u>
TUBES	<u>STEEL</u>	<u>NO. 448 U.S.S. 3/4" BWG 14M LENGTH 20' STRAIGHT PITCH 1" SQUARE</u>	
SHELL	<u>STEEL</u>	<u>LD. 54" OD 37" PORT</u>	
SHELL COVER			
CHANNEL	<u>STEEL</u>		
TUBE SHEETS - STATIONARY	<u>STEEL</u>		
RAFFLES - CROSS			
RAFFLES - LONG			
TUBE SUPPORTS	<u>STEEL</u>		
GASKETS - PLUG COVER			
CONNECTIONS - SHELL IN	<u>6"</u>	<u>OUT 8"</u>	<u>SERIES 150# RF</u>
CHANNEL IN	<u>6"</u>	<u>OUT 4"</u>	<u>SERIES 305# RF</u>
CORROSION ALLOWANCE - SHELL SIDE	<u>1/8"</u>		<u>1/8"</u>
JOB SPECIFICATION	<u>5260 CLASS 'C' PURCHASING DATA SHEET & C-1-163 LOW TEMP. SUPPLEMENT</u>		

REMARKS: MANUFACTURER SHALL GUARANTEE THAT SURFACE OFFERED WILL MEET OPERATING CONDITIONS SHOWN.

- PROVIDE (2) - 1/2" FLANGED LG. CONNS
- (2) - 1" LG "
 - (1) - 1" Threaded Vent on Shell
 - (1) - 1/2" Flad. Drain on Shell
 - (2) - 1" Threaded Vents in Bonnet - one under each horizontal partition plate.



RAYCO	<u>WCL</u>
THERMAL CHECK	<u>OK</u>
JOB LEADER	<u>WCL</u>
MECH. CHECK	<u>OAS</u>
APPROVED	<u>WCL</u>

PROVIDE DEFLECTOR BAFFLE AT INLET

INTERCAMBIADOR E-589

ENG EXCH 1A 2-64

THE W. W. KELLOGG COMPANY
a division of Phillips Incorporated

CUSTOMER Empresa Colombiana de Petroleos
ADDRESS _____
PLANT LOCATION Barrancabermeja, Colombia



JOB NO. 5260-P
DATE 12-10-64

ISSUE (C) 2-19-65

EXCHANGER SPECIFICATION SHEET SC # 13

GENERAL

1 SERVICE OF UNIT	<u>Deethanizer Reboiler</u>		ITEM NO.	<u>E-589</u>	
2 SIZE	<u>18-6-96</u>	TYPE	<u>BGU</u>	CONNECTED IN	<u>-</u>
3 SURFACE PER UNIT	<u>236</u>	SHELLS PER UNIT	<u>1</u>	MIN. SURFACE PER SHELL	<u>236</u>

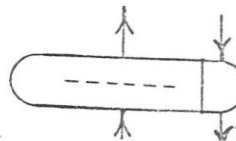
PERFORMANCE OF ONE UNIT

	SHELL SIDE	TUBE SIDE
4 FLUID CIRCULATED	<u>HC</u>	<u>STEAM</u>
5 TOTAL FLUID ENTERING #/HR	<u>44,536</u>	<u>4250</u>
6 VAPOR		
7 LIQUID	<u>44,536</u>	
8 STEAM		<u>4250</u>
9 NON-CONDENSABLES		
10 FLUID VAPORIZED OR CONDENSED	<u>32,771 VAPORIZED</u>	
11 STEAM CONDENSED		<u>4250</u>
12 GRAVITY - LIQUID	<u>.466</u>	
13 VISCOSITY - LIQUID		
14 MOLECULAR WEIGHT - VAPOR	<u>44.8</u>	<u>18</u>
15 TEMPERATURE IN °F	<u>129</u>	<u>420</u>
16 TEMPERATURE OUT °F	<u>137</u>	<u>292</u>
17 OPERATING PRESSURE PSIG	<u>257</u>	<u>45</u>
18 NUMBER OF PASSES	<u>SPLIT</u>	<u>2</u>
19 VELOCITY FT./SEC.		
20 PRESS. DROP - ALLOWABLE CALC. PSIG	<u>1/4</u>	<u>1/2</u>
21 FOULING RESISTANCE	<u>.0045</u>	<u>.0005</u>
22 HEAT EXCHANGED - B.T.U./HR.	<u>4,160,000</u>	<u>159</u>
23 TRANSFER RATE - SERVICE	<u>111</u>	<u>CLEAN</u>

CONSTRUCTION

24 DESIGN PRESSURE PSIG	<u>285</u>	<u>125</u>
25 TEST PRESSURE PSIG	<u>430</u>	<u>190</u>
26 DESIGN TEMPERATURE °F	<u>200</u>	<u>450</u>
27 TUBES	<u>Steel</u>	<u>NO. 75U, O.D. 3/4" B.W.G. 14n LENGTH 8'-0" str PITCH 1" square</u>
28 SHELL	<u>Steel</u>	<u>22.18" O.D.</u>
29 END COVER	<u>Steel</u>	
30 CHANNEL	<u>Steel</u>	
31 TUBE SHEETS - STATIONARY	<u>Steel</u>	
32 BAFFLES - CROSS		
33 BAFFLES - LONG	<u>STEEL</u>	<u>TYPE PERFORATED</u>
34 TUBE SUPPORTS	<u>Steel</u>	
35 GASKETS - FLT G COVER		
36 CONNECTIONS - SHELL IN	<u>4"</u>	<u>OUT 6" SERIES 300 #RF</u>
37 CHANNEL IN	<u>3"</u>	<u>OUT 1 1/2" SERIES 150 #RF</u>
38 CORROSION ALLOWANCE - SHELL SIDE	<u>1/8"</u>	<u>TUBE SIDE 1/8"</u>
39 JOB SPECIFICATION	<u>5260-P</u>	

REMARKS: MANUFACTURER SHALL GUARANTEE THAT SURFACE OFFERED WILL MEET OPERATING CONDITIONS SHOWN.



5C-G0-F-177

RATED	<u>WPEC</u>
THERMAL CHECK	<u>2/11/65</u>
JOB LEADER	<u>Doc</u>
MECH. CHECK	<u>JAS</u>
APPROVED	<u>2/1/65</u>

INTERCAMBIADOR E-586

MWK P. 529 REV. 12-55 **C-560** THE M. W. KELLOGG COMPANY 155. "C": 8-19-65-13
 P-2(SC-13 & SC-50) 3/5/6
 CUSTOMER Empresa Colombiana de Petroleos JOB No. 5260-F
 ADDRESS _____ REFERENCE No. _____
 PLANT LOCATION Barrancabermeja, Colombia THE M. W. KELLOGG COMPANY INQUIRY No. 6
 a division of Pullman Incorporated DATE 9-14-64

GENERAL EXCHANGER SPECIFICATION SHEET P-1(SC-13) 1-18-65
 GENERAL REVISION

1	SERVICE OF UNIT	Demethanizer Overhead Condenser	ITEM NO.	E-586
2	TYPE OF UNIT		NO. REQUIRED	

PERFORMANCE OF ONE UNIT

	Base	SC-13 & SC-50	Base	SC-13 & SC-50
4	FLUID CIRCULATED		Demethanizer Feed	
5	TOTAL FLUID ENTERING		Ethylene	
6	31568	29560	50850	56580
7	VAPOR		0	0
8	LIQUID		50850	56580
9	STEAM			
10	NON-CONDENSABLES			
11	FLUID VAPORIZED OR CONDENSED		634(C)	6140(C)
12	STEAM CONDENSED		8475(V)	9430(V)
13	GRAVITY-LIQUID		0.63 in	0.47 out
14	VISCOSITY-LIQUID		0.20 @ -145°F	0.15 @ -145°F
15	MOLECULAR WEIGHT-VAPOR		17.7 in	16.4 out
16	TEMPERATURE IN		-90	-90 °F
17	TEMPERATURE OUT		-140	-138 °F
18	OPERATING PRESSURE		445	450 PSIG
19	NUMBER OF PASSES		5	5 PSIG
20	VELOCITY			FT./SEC.
21	PRESSURE DROP-ALLOWABLE CALCULATED		3	3 PSIG
22	FOULING RESISTANCE		0.001	0.001
23	HEAT EXCHANGED-B. T. U./HR.		1,642,000	1,825,000 M.T.D. (CORRECTED)
24	TRANSFER RATE-SERVICE			CLEAN

5C-GO-F-162

CONSTRUCTION

24	DESIGN PRESSURE	600	PSIG	150	PSIG
25	TEST PRESSURE		PSIG		PSIG
26	DESIGN TEMPERATURE	-140°F	+150°F °F	-150°F	+150°F °F
27	BRAZED ALUMINUM PHYSICAL DATA				
28	NO. CORES	IN-PARALLEL	IN SERIES	TYPE	
29	CORE SPECS: WIDTH	LENGTH	HEIGHT	NO. PASSAGES	
30	PARTING SHEET THK.	OUTSIDE SHEET THK.		NO. DUMMY LAYERS	
31	STREAM				
32	NO. PASSAGES	32		64	
33	EFF. PASSAGE WIDTH				
34	FINS: TYPE	1/8 LANCED		11.5% PF	
35	FIN HEIGHT X THICKNESS	0.250 X 0.020		.200 x .008	
36	FIN SPACING PER INCH	14		14	
37	EFF. PASSAGE LENGTH	48		48	
38	DISTRIBUTOR				
39	MISCELLANEOUS DATA				
40	HEAT TRANSFER SURF.				
41	HEAT TRANSFER RATE				
42	FREE FLOW AREA				
43	PRESSURE DROP				
44	CONN. TYPE	304SS LFP JOINT FLANGE (UN)		304SS LFP JOINT FLANGE	
45	CONN. SIZE	1N3 OUT 4" 60"		1N-12" 150" OUT 6" 150"	
46	Remarks: Manufacturer shall guarantee that surface offered will meet operating				
47	conditions shown and shall also guarantee the equipment mechanically for design				
48	pressure and temperature conditions. M.W.K. Purch. Spec CPF applies				
49	Vendor to Design for Controlling Case				
50	Vendor may take less pressure drop to improve MTD at				
51	the rate of 1.7°F/1psi. See sketch No RS-1				

INTERCAMBIADOR E-587

THE M. W. KELLOGG COMPANY

CUSTOMER EMPRESA COLOMBIANA de PETROLEOS JOB NO. 5260-P
 ADDRESS _____ DATE 12-30-64
 PLANT LOCATION BARRANCABERMEJA, COLOMBIA ISSUE (C-1) 2-19-65

EXCHANGER SPECIFICATION SHEET

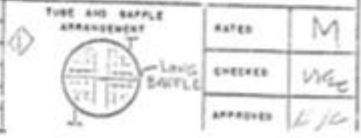
GENERAL			
1 SERVICE OF UNIT	<u>DEMETHANIZER REBOILER</u>		ITEM NO. <u>E-587</u>
2 SIZE	<u>39-G-240</u>	TYPE <u>BHU</u>	CONNECTED IN _____
3 SURFACE PER UNIT	<u>4108</u>	SHELLS PER UNIT <u>1</u>	WT. SURFACE PER SHELL <u>4108</u>

PERFORMANCE OF ONE UNIT

	SHELL SIDE	TUBE SIDE
4 FLUID CIRCULATED	<u>HC</u>	<u>PROPYLENE</u>
5 TOTAL FLUID ENTERING #/HR.	<u>55,005</u>	<u>22,510</u>
6 VAPOR		<u>22,510</u>
7 LIQUID	<u>55,005</u>	<u>22,510</u>
8 STEAM		
9 NON-CONDENSABLES		
10 FLUID VAPORIZED OR CONDENSED	<u>22,304 VAPORIZED</u>	<u>22,510 CONDENSED</u>
11 STEAM CONDENSED		
12 GRAVITY - LIQUID	<u>.41</u>	<u>.41</u>
13 VISCOSITY - LIQUID CS		
14 MOLECULAR WEIGHT - VAPOR	<u>32.2</u>	<u>0.2 OUT</u>
15 TEMPERATURE IN °F	<u>65</u>	<u>42</u>
16 TEMPERATURE OUT °F	<u>82</u>	<u>102</u>
17 OPERATING PRESSURE PSIG	<u>447</u>	<u>90</u>
18 NUMBER OF PASSES	<u>DOUBLE SPLIT</u>	<u>185</u>
19 VELOCITY FT./SEC.		<u>6</u>
20 PRESS. DROP - ALLOWABLE GALE. PSIG	<u>.25</u>	<u>1.5</u>
21 FOULING RESISTANCE	<u>.005</u>	<u>.002</u>
22 HEAT EXCHANGED - B.T.U./HR.	<u>3,900,000</u>	<u>18.2</u>
23 TRANSFER RATE - SERVICE	<u>52.1</u>	<u>CLEAN</u>

CONSTRUCTION

24 DESIGN PRESSURE PSIG	<u>495</u>	<u>210</u>
25 TEST PRESSURE PSIG	<u>750</u>	<u>315</u>
26 DESIGN TEMPERATURE °F	<u>150</u>	<u>400</u>
27 TUBES	<u>STEEL NO. 503 U.S.G. 3/4" DIA. 14 M. LENGTH 20'-0" FITCH 1" SQUARE</u>	
28 SHELL	<u>STEEL 18" DIA. 1/2" THICK</u>	
29 SHELL COVER	THICKNESS _____	
30 CHANNEL	FLOATING HEAD COVER _____	
31 TUBE SHEETS - STATIONARY	CHANNEL COVER _____	
32 RAFFLES - CROSS	TYPE _____ THICKNESS _____	
33 RAFFLES - LONG	TYPE _____ THICKNESS _____	
34 TUBE SUPPORTS	TYPE _____ THICKNESS _____	
35 GASKETS - PL. YR. COVER	THICKNESS _____	
36 CONNECTIONS - SHELL IN	SHELL <u>STEEL DR. JKT. ASS.</u> CHANNEL <u>STEEL DR. JKT. ASS.</u>	
37 CHANNEL IN	<u>2-4" IN</u>	<u>2-6" IN</u> SERIES <u>300" RF</u>
38 CORROSION ALLOWANCE - SHELL SIDE	<u>4"</u>	<u>2 1/2"</u> SERIES <u>150" RF</u>
39 JOB SPECIFICATION	<u>5260 CLASS 'C' PURCHASING DATA SHEET.</u>	
40 REMARKS:	MANUFACTURER SHALL GUARANTEE THAT SURFACE OFFERED WILL MEET OPERATING CONDITIONS SHOWN.	
41	<u>DEW POINT = 90°</u>	
42	<u>DESUPERHEAT DUTY = 820,000</u>	
43	<u>A CONDENSING DUTY = 3,080,000</u>	
44	<u>Provide 1 Threaded Vent on Shell</u>	
45	<u>Provide 1" Threaded Connection IN NEXT TO LAST TUBE PASS.</u>	
46		
47		
48		
49		



50-G0-E-167

ANEXO G. COMPARACIÓN TORRES T-563 Y T-564

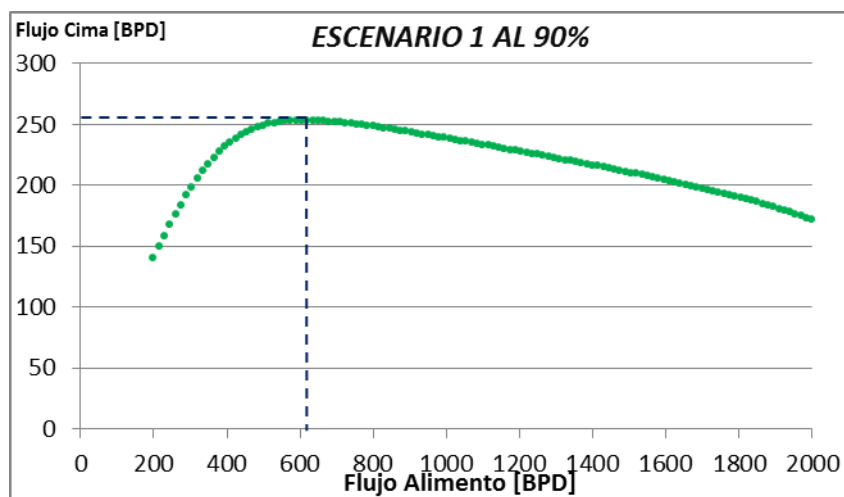
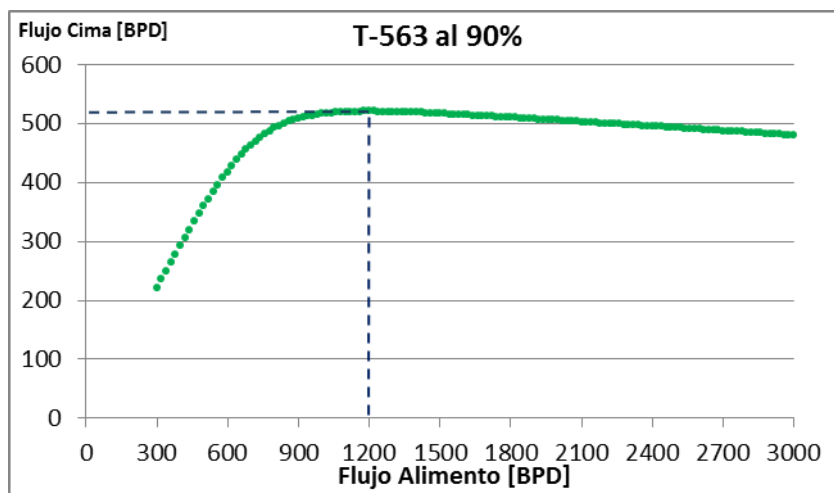
	SPLITTER PROPILENO T564	SPLITTER ETILENO T563
	Datos Diseño	
Numero de Platos	69	78
Diámetro de la torre [Ft]	5	4
Presión de Trabajo [PSIG]	245	238
Presión de Diseño [PSIG]	275	268
Temperatura de Trabajo [°F]	120	-30
Desing Metal Temp [°F]	170	-30
Tolerancia a la Corrosión [IN]	1/8	1/8
	Información de diseño	
Material Casco	A-212 GRB.FBQ To A 300CLASS I	A-212 GRB.FBQ To A 300CLASS I
Material Caps	A-212 GRB.FBQ To A 300CLASS I	A-212 GRB.FBQ To A 300CLASS I
	Internos	
Platos	A-283 GR.C	A-283 GR.C
Rociadores	A-106 GR.B	A-283 GR.C
Bajantes	A-283 GR.C	A-283 GR.C
Vigas	A-283 GR.C	A-283 GR.C
	Platos	
Material de Diseño	Acero al Carbón	Acero al Carbón
Diámetro Hoyos [In]	0.5	0.5
Área Perforada +/- 5% [Ft2]	1.28	0.5
Live Load for Deflaction Streess [LBS/Ft2]	20	20
Liquid Load For Streets Only [LBS/Ft2]	20	20
Área Libre [Ft2]	12.54	8.98
Top Downflow Área	3.55	1.79
	Boquillas	
Diam. Salida de Vapor [In]	10	8
Dim. Entrada reflujo [In]	3	3
Dim. Entrada de Carga [In]	1.5	2.5
Retorno rehervidor [In]	10	6
Salida Fondos [In]	8	4

ANEXO H. EJEMPLIFICACIÓN DE CASO PROPUESTO

FIJAR VARIABLES: Se fija en el simulador, la composición en la cima y calor del rehervidor.

VARIABLES	T-563	ESCENARIO 1
%Propileno por la cima [%Vol]	90	90
Calor de Rehervidor [Btu/Hr]	5,32E+06	3,10E+06

DETERMINAR LA CARGA IDEAL: Mediante la herramienta Databook de HYSYS y su aplicación Case Studies, se realiza una variación del flujo de alimento para encontrar el mayor flujo de destilado por las cimas.



	Escenario 1	T-563
Max Flujo Destilados [BPD]	253.45	520.26
Alimentación [BPD]	605	1200

EVAULAR CASO

