



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

**IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA HAZOP EN UNA
PLANTA FRACCIONADORA DE HIDROCARBUROS**

TESINA
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

GUILLERMO OSUNA RAMÍREZ



MÉXICO, D.F.

2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: ROJO Y DE REGIL EDUARDO

VOCAL: SANDOVAL GONZALEZ REYNALDO

SECRETARIO: ORTIZ RAMIREZ JOSE ANTONIO

1° SUPLENTE: MILLAN VELASCO EZEQUIEL

2° SUPLENTE: ZANELLI TREJO ALEJANDRO

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: EDIFICIO E, FACULTAD DE QUÍMICA.

ASESOR DEL TEMA: REYNALDO SANDOVAL GONZÁLEZ

SUSTENTANTE: GUILLERMO OSUNA RAMÍREZ

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Objetivo Principal	3
Objetivos Particulares	3
Definiciones	4
CAPÍTULO I GENERALIDADES	7
Importancia socio-económica del etano como materia prima	7
Procesamiento industrial del gas natural	8
Análisis de riesgos en la industria.....	11
Análisis de peligros y operabilidad (HAZOP).....	12
CAPÍTULO II CASO DE ESTUDIO	21
Descripción del proceso de la Planta Fraccionadora de Hidrocarburos.	21
Sección de fraccionamiento de hidrocarburos ligeros	21
Torres Desetanizadoras DA-1101 A,B	21
Torre Desbutanizadora DA-1102.....	23
Torre Despropanizadora DA-1103.....	25
Sección de fraccionamiento de hidrocarburos pesados	26
Primera Repasadora DA-1104.....	26
Segunda Repasadora DA-1105.....	28
Sección de refrigeración	30
Sección de endulzamiento y compresión de etano.....	31
Endulzamiento de etano	31
Circuito de Dietanolamina (DEA).....	32
Compresión de etano.....	34
Relación de nodos identificados	36

CAPITULO III RESULTADOS	44
TABLAS DE RESULTADO DEL ANÁLISIS DE HAZOP	45
Resumen de resultados de análisis de riesgos HAZOP	53
CAPITULO IV DISCUSIÓN	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS	62

Índice de Tablas

Definiciones.....	4
Terminología usada en un análisis de HAZOP.....	13
Palabras guía utilizadas frecuentemente en un análisis de HAZOP.....	13
Parámetros de proceso y desviaciones.....	14
Clasificación de gravedad.....	16
Clasificación de frecuencia.....	17
Lista de nodos en planta fraccionadora de hidrocarburos.....	36
Combinación palabras guía – parámetros.....	44
Condiciones de estabilidad atmosférica	58

Índice de Figuras

Esquema de los derivados de etano y etileno.....	8
Diagrama de procesamiento de gas natural.....	10
Matrices para la estimación de riesgo.....	18
DFP de la sección de fraccionamiento de hidrocarburos ligeros.....	39
DFP de la sección de fraccionamiento de hidrocarburos pesados.....	40
DFP de la sección de refrigeración de etano.....	41
DFP de la sección de endulzamiento y compresión de etano.....	42
DTI correspondiente al Nodo No. 1. Carga a la torre desetanizadora.....	43
Matriz de riesgos al personal para la planta fraccionadora.....	53
Matriz de riesgos a la comunidad para la planta fraccionadora.....	54
Matriz de riesgos al ambiente para la planta fraccionadora.....	54
Matriz de riesgos a las instalaciones para la planta fraccionadora.....	55

INTRODUCCIÓN

La industria en general y la industria química en particular han experimentado una rápida evolución tecnológica y como consecuencia un gran crecimiento, provocando así un aumento de la probabilidad de que ocurran accidentes con un notable impacto sobre personas, medio ambiente e infraestructura¹. Como ejemplo tenemos a la industria de procesamiento de hidrocarburos. En este tipo de procesos se vuelve importante generar una mayor conciencia sobre la seguridad industrial, teniendo como objetivo la reducción de riesgos y accidentes durante el procesamiento de hidrocarburos. Razón por la cual la ingeniería química ha mejorado el análisis, la administración, la supervisión y el control de procesos.

Como consecuencia de lo anterior, se está haciendo obligatorio el análisis de riesgos en la industria, entendiéndose como riesgo, *una medida de la pérdida económica o del daño a las personas tanto en probabilidad del incidente como en la magnitud del daño o lesión*².

Existen diversas técnicas de identificación y evaluación de riesgos, las cuales se agrupan en tres categorías: *métodos comparativos* que se basan en la utilización de técnicas obtenidas de la experiencia adquirida en equipos e instalaciones similares existentes, así como en el análisis de sucesos que hayan ocurrido en establecimientos parecidos al que se analiza, como por ejemplo: Códigos, estándares y normas (CEN), Lista de verificación (LV), Análisis histórico de

¹ Casal Fabrega J. (1999): Análisis del riesgo en instalaciones industriales.

² Perry R. H. y D. W. Green (2003): Manual del ingeniero químico.

accidentes (AHA), Revisión de seguridad (RS) y Auditorias de seguridad (AS); *índices de riesgo* los cuáles son métodos que proporcionan valores numéricos que permiten identificar áreas o instalaciones de un establecimiento industrial en las que existe un riesgo potencial y valora su nivel de riesgo, como por ejemplo: Índice DOW (ID) e Índice Mond (IM); y por último están los *métodos generalizados* basados en estudios de las instalaciones y procesos mucho más estructurados desde el punto de vista lógico-deductivo, como por ejemplo: Análisis de peligros y operabilidad (HAZOP), Análisis de modo de falla y efectos (AMFE), Análisis de árbol de fallas (AAF), Análisis de árbol de éxitos (AAE), Análisis “Qué pasa sí...” (“What if”, WI), Análisis de causa-efecto (ACE), Análisis de confiabilidad humana (ACH) y Análisis de consecuencias (AC)^{3 4}.

Estas técnicas han demostrado ser eficientes en la práctica desde hace varios años y difieren en su forma de identificar y evaluar riesgos.

Dentro del grupo de los métodos generalizados encontramos una técnica cualitativa, conocida como **AFO** (Análisis Funcional de Operabilidad) (en inglés, **HAZOP**, Hazard and Operability Studies), la cual sigue un procedimiento lógico de deducción de fallos, errores, desviaciones en equipos, instalaciones, procesos, operaciones, etc. con el fin de obtener determinadas soluciones para eventos definidos.

Dada la importancia que el estudio de HAZOP tiene en la implementación de los sistemas de administración de seguridad, en el presente trabajo se plantean los siguientes objetivos.

³ Secretaría de Energía, República de Argentina.

⁴ Perry R. H. y D. W. Green (2003): Manual del ingeniero químico.

Objetivo Principal

Identificar y evaluar los riesgos asociados con la seguridad de proceso, operación y puesta en marcha del acondicionamiento de la planta Fraccionadora de Hidrocarburos No. 2 en el Complejo Procesador de Gas Nuevo Pemex en Tabasco, durante la etapa de Ingeniería de Detalle, Procura, Construcción y Puesta en Marcha como parte del proyecto Etileno XXI, con la finalidad de emitir recomendaciones que permitan la operación segura de las plantas, eviten la ocurrencia de incidentes y minimicen las consecuencias derivadas de los mismos.

Objetivos Particulares

1. Identificar mecanismos potenciales de falla dentro del proceso, considerando las posibles desviaciones de la operación normal de la planta, así como, la intención de diseño de las áreas a rehabilitar, como parte del proyecto Etileno XXI.
2. Identificar y recomendar acciones necesarias para reducir el riesgo y minimizar la posibilidad de que ocurran incidentes en la planta.
3. Priorizar las recomendaciones resultantes a través de la aplicación de las matrices de riesgos de acuerdo con la normatividad aplicable.
4. Identificar y caracterizar los escenarios potenciales de riesgo, documentar las protecciones aplicables y en su caso, generar las recomendaciones necesarias para mejorar la seguridad.

Definiciones

Las definiciones que se indican a continuación, se refieren a los términos utilizados en este reporte, los cuales tienen un significado específico dentro del contexto del mismo.

Tabla 1. Definiciones

Término	Definición
Accidente	Evento inesperado o secuencia de eventos que pueden causar muertes, heridos o daños a la población, al medio ambiente y afectación a la producción.
Elementos	Cada una de las partes individuales de una instalación (Ej. Bridas, boquillas, intercambiadores, reactor, compresor, entre otros), que desempeñan un papel importante por sí mismos, pero que interconectados dan forma al Sistema.

Término	Definición
<p>Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos</p>	<p>Conjunto de personas de distintas especialidades, enfocado al análisis sistemático de una instalación, con la finalidad de identificar aquellos puntos que ponen en peligro al personal, a la instalación y al medio ambiente. En el caso del estudio de HAZOP, debe incluir a personal con conocimiento y experiencia en ingeniería y operación de procesos, con conocimiento específico del proceso a ser evaluado y con conocimiento de la metodología específica a ser empleada. También es importante considerar como parte del grupo de Análisis de Riesgos, al personal de operación de la planta, ya que su experiencia y conocimiento de la operación, es básica para cumplir con el objetivo del estudio de HAZOP.</p>
<p>HAZOP (Hazard and Operability Study)</p>	<p>Estudio de Peligro y Operabilidad: Es una técnica de análisis de seguridad del proceso, desarrollada para identificar los problemas de tipo operativo y los peligros implícitos dentro de los procesos de plantas químicas y petroquímicas.</p>
<p>Recomendación</p>	<p>Es la acción que deberá ser tomada para mejorar las condiciones reportadas en los resultados del Análisis de Riesgo, los cuales son jerarquizados acorde a su impacto a la vida, a la salud, al medio ambiente y a los programas operativos.</p>

Término	Definición
ALARP	<p>ALARP, acrónimo del inglés "<i>As Low As Reasonably Practicable</i>", (en español, "tan bajo como sea razonablemente factible"), es un término común en el campo de la seguridad laboral y en particular la seguridad de sistemas críticos. El principio ALARP es que el riesgo residual debe ser tan bajo como sea razonablemente factible.</p>

Fuente: Análisis de riesgos de procesos (ARP): Un esquema de mejora de la técnica "Hazop".

CAPÍTULO I GENERALIDADES

Importancia socio-económica del etano como materia prima

El etano es importante tanto como materia prima para el etileno por craqueo térmico.

El etileno constituye una importante materia prima de la petroquímica, pudiéndose obtener más de 100 productos a partir de él. El polietileno, procedente de la polimerización del etileno, es el más conocido dado su empleo entre los productos provenientes del etileno. El óxido de etileno se obtiene por oxidación directa, y éste se transforma en etilenglicol, etanolaminas, acrilonitrilo, etc.

El alcohol etílico o etanol se obtiene por hidratación catalítica del etileno o por absorción de etileno en ácido sulfúrico, produciendo una mezcla de sulfatos de etilo que se hidroliza para dar alcohol etílico. Es empleada como anticongelante, como solvente y agente de extracción; constituyendo la materia prima para el acetaldehído. El etilbenceno, obtenido por reacción del etileno y benceno, se emplea para la producción de estireno, que constituye la base de la industria del caucho sintético y del poliestireno. El Cloruro de etileno y el dicloruro de etileno son otros importantes productos petroquímicos procedentes del etileno⁵.

⁵ Secretaría de Energía, Republica de Argentina.

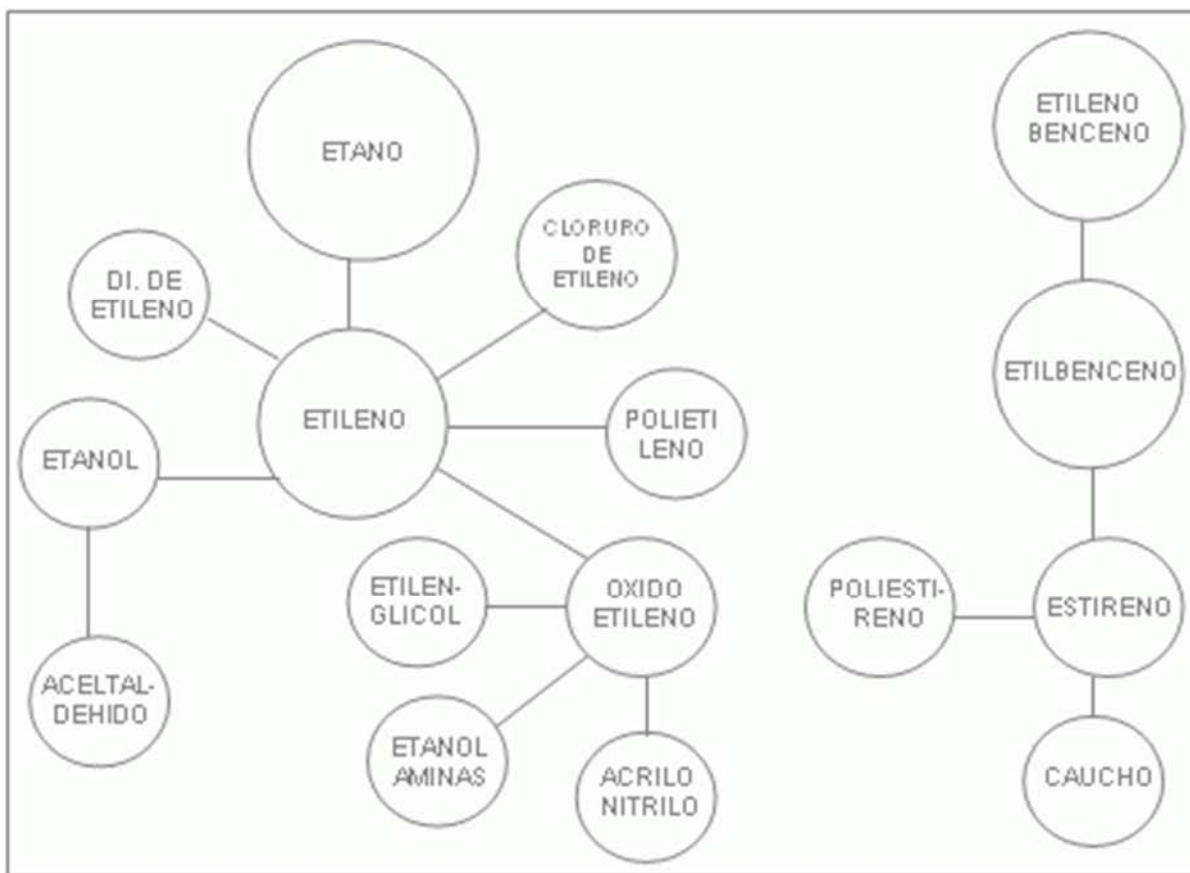


Figura 1. Esquema de los derivados de etano y etileno

Fuente: Secretaría de Energía, Republica de Argentina, www.energia3.mecon.gov.ar

Procesamiento industrial del gas natural

El gas natural que se obtiene principalmente en baterías de separación está constituido por metano con proporciones variables de otros hidrocarburos (etano, propano, butanos, pentanos) y de contaminantes diversos.

El gas natural representa aproximadamente el 47% de los combustibles utilizados en el país y el 72% de nuestra petroquímica se deriva del metano y etano contenido en el gas, de ahí la importancia de este recurso como energético y petroquímico.

Su procesamiento consiste principalmente en:

- La eliminación de compuestos ácidos (H_2S y CO_2) mediante el uso de tecnologías que se basan en sistemas de absorción-agotamiento utilizando un solvente selectivo. El gas alimentado se denomina “amargo”, el producto “gas dulce” y el proceso se conoce generalmente como “endulzamiento”.
- La recuperación de etano e hidrocarburos licuables mediante procesos criogénicos (uso de bajas temperaturas para la generación de un líquido separable por destilación fraccionada) previo proceso de deshidratación para evitar la formación de sólidos.
- Recuperación del azufre de los gases ácidos que se generan durante el proceso de endulzamiento.
- Fraccionamiento de los hidrocarburos líquidos recuperados, obteniendo corrientes ricas en etano, propano, butanos y gasolina; en ocasiones también resulta conveniente separar el isobutano del n-butano para usos muy específicos.

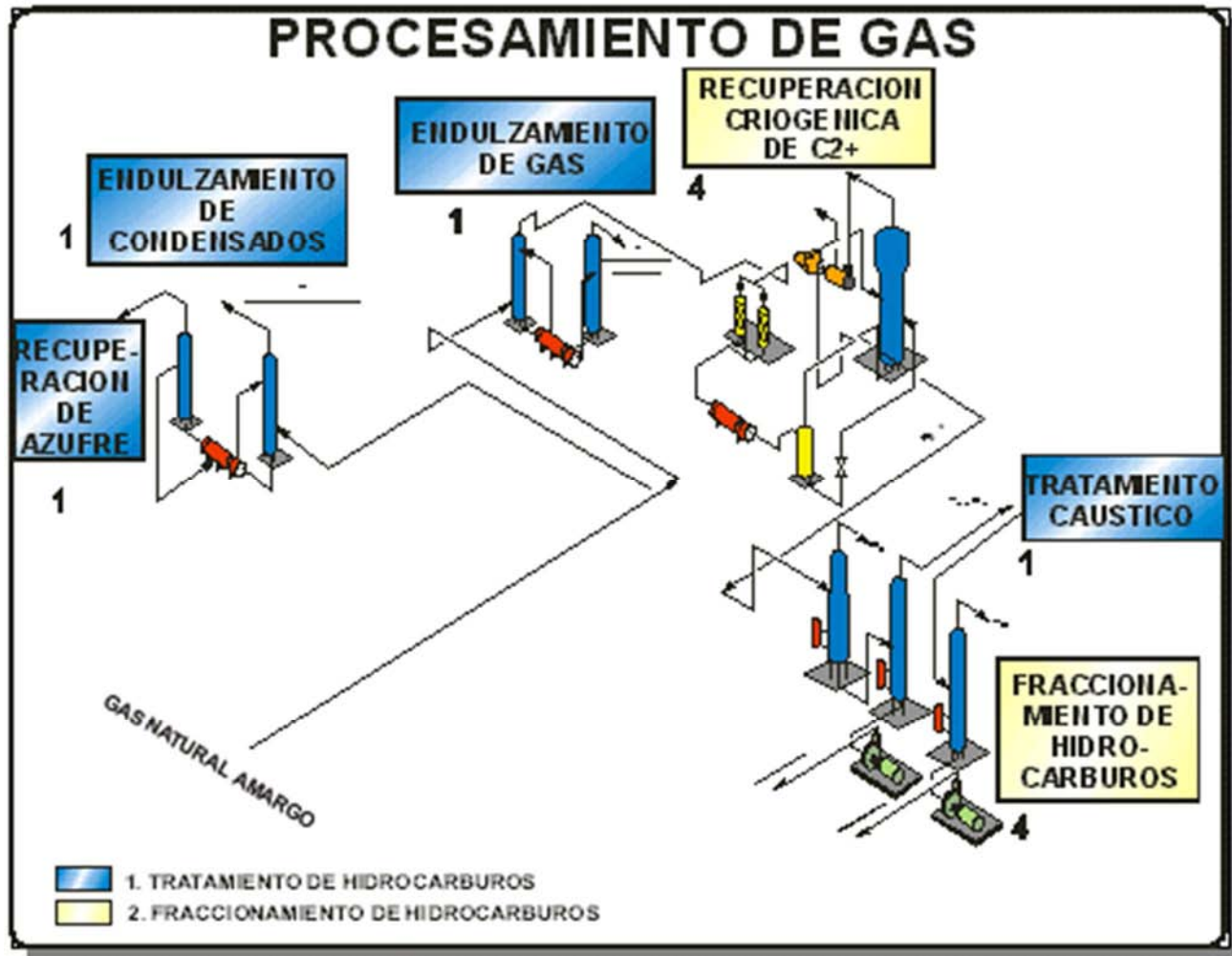


Figura 2. Diagrama de procesamiento de gas natural [3]

Fuente: Secretaría de Energía, Republica de Argentina. www.energia3.mecon.gov.ar

Análisis de riesgos en la industria

Las instalaciones industriales de proceso que almacenan, procesan y generan sustancias peligrosas, tienen asociado un determinado nivel de riesgo, dado que existe la posibilidad de inducir consecuencias adversas sobre receptores vulnerables (personas, bienes materiales y medio ambiente), como resultado de los efectos dañinos (térmicos, físicos y/o químicos) originados por sucesos incontrolados en sus instalaciones.

Estos riesgos potenciales exigen que estas plantas adopten estrictos criterios tanto en el diseño de las instalaciones y equipos, como en la adopción de medidas de seguridad. Las medidas de seguridad más adecuadas a adoptar en las instalaciones se derivarán de la elaboración de un análisis de riesgos específico en las mismas, mediante la aplicación de una o varias técnicas de identificación de riesgos.

Como se mencionó en la introducción existen una gran variedad de técnicas de identificación de riesgos. La técnica de identificación seleccionada dependerá de los propósitos perseguidos con la identificación de riesgos, así como de los datos y recursos disponibles⁶.

En este sentido, la metodología HAZOP se presenta como una de las técnicas más rigurosas y estructurada para la identificación de los peligros asociados a la operación de una planta de proceso.

⁶ Secretaría de Energía, Republica de Argentina.

Análisis de peligros y operabilidad (HAZOP)

La técnica de análisis de peligros y operabilidad conocida como “HAZOP”, por sus siglas en inglés (Hazard and Operability), se desarrolló a principios de la década de los 60 por ingenieros de prevención de pérdidas y confiabilidad de la empresa Imperial Chemical Industries, ICI, de Gran Bretaña, después de aceptar que las causas de los accidentes potenciales ocurridos en el mundo pueden evitarse o que su gravedad o frecuencia puede reducirse y cuando se detectó que los equipos con control automático cada vez más complejo funcionaban la mayor parte del tiempo sin la supervisión de los operadores.

Un estudio HAZOP involucra una examinación sistemática y metodológica de documentos de diseño en una instalación. El estudio es realizado con un equipo multidisciplinario para identificar los problemas de riesgos y de operabilidad que pueden terminar en un accidente. Las desviaciones de cada valor de diseño o parámetros clave son estudiados usando palabras guías para el control de la evaluación. Esto asegura que los valores de diseño de flujo, temperatura, y otras variables de proceso son inherentemente seguras y operables.

Un estudio HAZOP puede ser realizado en cualquier momento durante el diseño u operación de la planta y puede proveer un verdadero método analítico de identificación de riesgos.

El método de análisis HAZOP utiliza terminología (Tabla) que en ocasiones es única.

Tabla 2. Terminología usada en un análisis de HAZOP

Termino	Definición
Nodo	Línea, equipo o sección a analizar con límites perfectamente definidos.
Palabra guía	Palabra usada para calificar o cuantificar un parámetro.
Parámetro	Característica física o química usada para describir la condición de un proceso (ejemplo: flujo, presión, temperatura, etc.)
Desviación	La combinación de una palabra guía y un parámetro que resultan en una lista a revisar por el equipo (ejemplo: no flujo, más temperatura, menor presión, etc.)
Causa	La razón de que una desviación pueda ocurrir. Estas pueden ser por falla del software, error humano, causas externas, etc.
Consecuencias	Es el resultado de una desviación (ejemplo: fuga de material tóxico)
Salvaguarda	Sistema o control diseñado para prevenir la causa o mitigar las consecuencias de una desviación (ejemplo: alarmas, interlocks, procedimientos, etc.)

Fuente: PEMEX, Norma de Referencia NRF-018-PEMEX-2007

Las palabras guía (Tabla) se enfocan a desviaciones de los parámetros de operación normales o de diseño. Algunas empresas han modificado estas listas para que resulten más específicas en procesos u operaciones.

Tabla 3. Palabras guía utilizadas frecuentemente en un análisis HAZOP.

Palabra Guía	Desviación	Ejemplos
No	Se plantea para analizar la ausencia de la variable a la cual se aplica.	No hay flujo hacia el proceso cuando debe existir.
Más	Incremento cuantitativo de la variable.	Se refiere a cantidades y propiedades físicas que cuantitativamente pueden definirse

Palabra Guía	Desviación	Ejemplos
		como presión, flujo, temperatura, viscosidad, etc.
Menos	Disminución cuantitativa de la variable.	Se refiere a cantidades y propiedades físicas que cuantitativamente pueden definirse como presión, flujo, temperatura, viscosidad, et.
Parte de	Disminución cualitativa de la variable.	La composición de diseño no se alcanza. Composición de multicomponentes incorrecta.
Así como	Incremento cualitativo de la variable.	Actividad adicional a la considerada en el diseño. Contaminación o la transferencia de más de una fuente.
Inverso	Lógica opuesta.	Secuencia del proceso se desarrolla en orden inverso. Flujo inverso.
Con excepción de	Substitución completa.	Cambios con respecto a una operación normal. Válvulas mal alineadas por el operador.

Fuente: Análisis de riesgos de procesos (ARP): Un esquema de mejora de la técnica "Hazop".

Los parámetros de proceso y las desviaciones usadas típicamente en un estudio de HAZOP se muestran en la Tabla. Los parámetros de proceso adicionales pueden ser agregados si son necesarios. Un propósito de las palabras de guía es asegurar que todas las desviaciones relevantes de parámetros de proceso están evaluadas.

Tabla 4. Parámetros de proceso y desviaciones.

Parámetro	Desviación
Flujo	No flujo, Alto flujo, Bajo flujo y Flujo inverso
Flujo	Mucho flujo y Poco flujo

Parámetro	Desviación
Presión	Alta presión y Baja presión
Temperatura	Alta temperatura y Baja temperatura
Nivel	Alto nivel/sobreflujo y Bajo nivel/vacío

Fuente: Trabajo realizado por el autor.

La información fundamental requerida para realizar un análisis de HAZOP, son los diagramas de flujo de proceso, los diagramas de tubería e instrumentación, el arreglo de equipo de la instalación y la descripción del proceso. Así mismo, este análisis puede ser utilizado en las etapas de diseño, construcción y operación.

Un análisis HAZOP sigue una lista estructurada de pasos que permiten un análisis detallado. La siguiente lista describe las principales etapas.

1. Delimitar un nodo dentro del circuito que se ha seleccionado para el estudio HAZOP y explicar sus intenciones de diseño.
2. Seleccionar los parámetros importantes del proceso con una palabra guía.
3. Identificar las posibles desviaciones con la combinación de los parámetros y palabras guía.
4. Identificar la causa que afecta la intención de diseño y determinar su frecuencia (Tabla 6).
5. Identificar las consecuencias sin salvaguardas y determinar su gravedad (Tabla 5).
6. Listar todas las salvaguardas existentes del nodo.
7. Determinar el índice de riesgo sin salvaguardas y con salvaguardas usando la matriz de índice de riesgo.
8. Verificar, evaluar y decidir si se acepta o no se acepta el riesgo.

9. Elaborar un plan de trabajo basándose en la lista de recomendaciones para efectuar las medidas correctivas para mitigar el riesgo.

Una vez que el propósito y alcance del análisis de HAZOP han sido establecidos. Los parámetros de la matriz de clasificación se establecen y las clasificaciones deben ser asignadas. El ejemplo básico de la asignación de la clasificación es la siguiente:

Tabla 5. Clasificación de gravedad.

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Daño a las instalaciones
1	No se esperan heridas o daños físicos.	No se esperan heridas o daños físicos. Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles.	No hay fuga o derrame externo.	Hasta 0.25 millones de USD
2	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios.	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios. Evento que requiere evacuación. Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar.	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en menos de una hora (incluyendo el tiempo para detectar).	De 0.25 a 0.5 millones de USD.
3	Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica.	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades. Evento que requiere hospitalización a gran escala.	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en algunas horas.	De 0.5 a 5 millones de USD.

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Daño a las instalaciones
4	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades.	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades.	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en un día.	De 5 a 15 millones de USD.
5	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades.	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 15 a 100 fatalidades	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en una semana	De 15 a 50 millones de USD.
6	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 15 fatalidades.	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 100 fatalidades.	Fuga o derrame externo que no se pueda controlar en una semana.	Mayor de 50 millones de USD.

Fuente: PEMEX, Norma de Referencia NRF-018-PEMEX-2007

Tabla 6. Clasificación de frecuencia.

Nivel	Frecuencia	Descripción
1	Extremadamente raro	Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe algún registro
2	Muy raro	Ocurre solamente una vez en la vida útil de la planta
3	Raro	Ocurre una vez en un período entre 5 y 10 años
4	Poco frecuente	Ocurre una vez en un período entre 3 y 5 años
5	Frecuente	Ocurre una vez en un período entre 1 y 3 años
6	Muy frecuente	Ocurre una o más veces por año

Fuente: PEMEX, Norma de Referencia NRF-018-PEMEX-2007

La frecuencia de la causa y la gravedad de las consecuencias las establecerán el Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos, de acuerdo con su experiencia. Si se combinan los valores de frecuencia y consecuencia, se obtiene una matriz, a la que se le denomina Matriz para la estimación del índice de riesgo y que se muestra en la Figura 2.

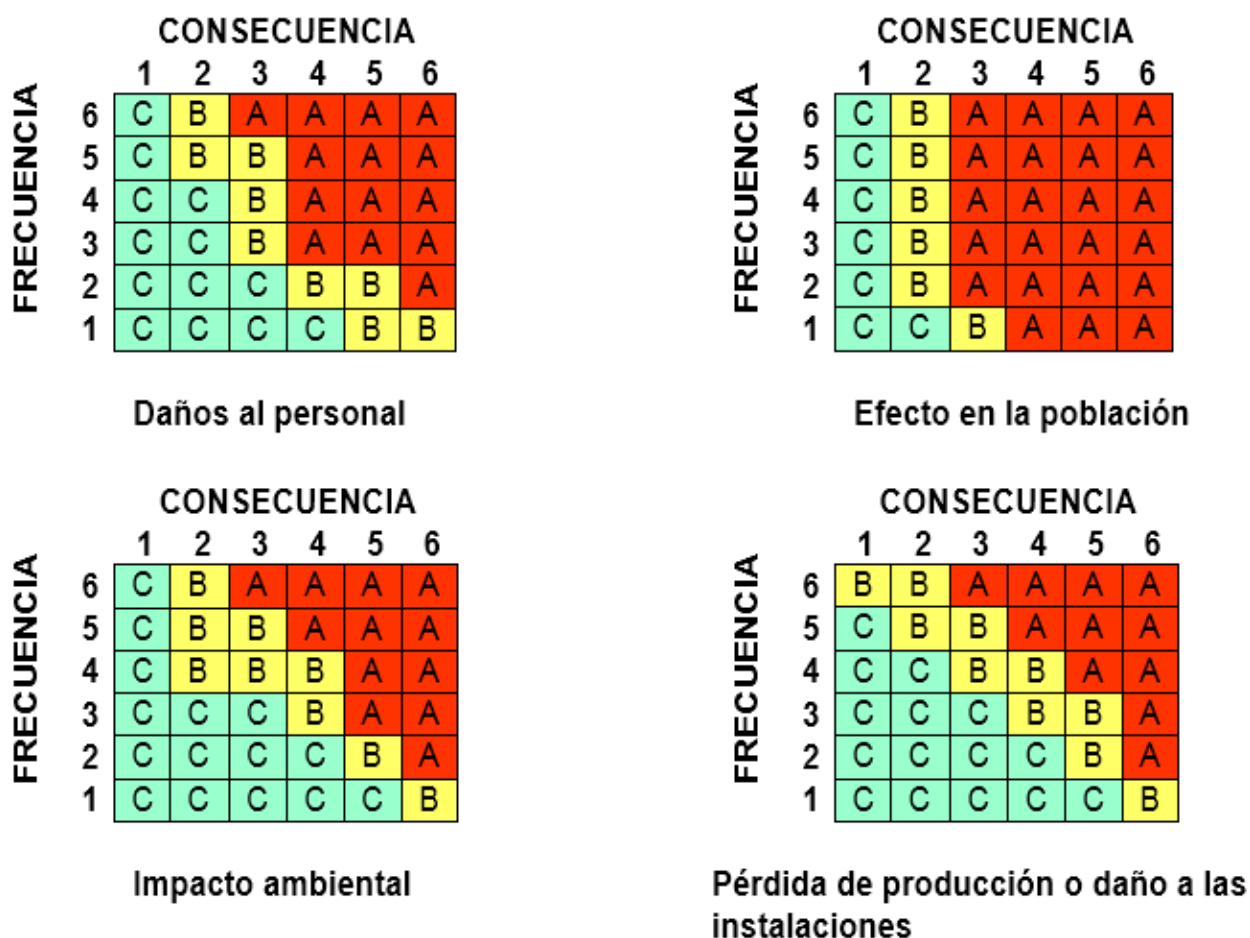


Figura 3. Matrices para la estimación de riesgo

Fuente: PEMEX, Norma de Referencia NRF-018-PEMEX-2007

En esta matriz, se aprecia que la frecuencia y la consecuencia de los incidentes juegan un papel importante al valorar los índices o niveles de riesgo, por lo tanto,

entre mayor sea la exactitud con lo cual se evalúen la frecuencia y la gravedad de los accidentes, la calidad del análisis será mayor.

Esta matriz, permite tomar decisiones sobre la aceptabilidad o no del riesgo, o bien, determinar las prioridades de las acciones recomendadas asignándoles una letra de la A-C, en dónde:

- **Tipo A – Riesgo no tolerable (región roja):** Los riesgos de este tipo deben provocar acciones inmediatas para implantar las recomendaciones generadas en el análisis de riesgos. El costo no debe ser una limitación y el hacer nada no es una opción aceptable. Estos riesgos representan situaciones de emergencia y deben establecerse **Controles temporales inmediatos**. Las acciones deben reducirlos a una región de riesgo ALARP y en el mejor de los casos, hasta riesgo tolerable.
- **Tipo B – Riesgo ALARP (región amarilla):** Los riesgos que se ubiquen en esta región deben estudiarse a detalle mediante análisis de tipo costo- beneficio para que pueda tomarse una decisión en cuanto a que se tolere el riesgo o se implementen recomendaciones que permitan reducirlos a la región de riesgo tolerable.
- **Tipo C – Riesgo tolerable (región verde):** El riesgo es de bajo impacto y es tolerable, aunque pueden tomarse acciones para reducirlo. Se deben mantener las medidas preventivas que permiten mantener estos niveles de riesgo en valores tolerables.

Las protecciones que se requieran adicionar al sistema deben cumplir con alguno de los siguientes objetivos:

- I. Reducir la frecuencia o probabilidad de las causas de los posibles accidentes, para lo cual se deben aplicar medidas preventivas para evitar que ocurran accidentes o reducir su frecuencia.
- II. Reducir las consecuencias de los posibles accidentes, para lo cual se deben aplicar medidas correctivas, que disminuyan los efectos de posibles fugas, derrames, incendios y explosiones.

Y mientras que lo primero es lo preferido, no es siempre posible. De cualquier modo, siempre se trata de eliminar la causa, y únicamente donde sea necesario, tratar de mitigar las consecuencias.

CAPÍTULO II CASO DE ESTUDIO

Descripción del proceso de la Planta Fraccionadora de Hidrocarburos.

El proceso consta de las siguientes secciones:

- Sección de fraccionamiento de hidrocarburos ligeros
- Sección de fraccionamiento de hidrocarburos pesados
- Sección de refrigeración
- Sección de endulzamiento y compresión de etano

Sección de fraccionamiento de hidrocarburos ligeros

Los hidrocarburos de las Plantas Criogénicas 1, 2 y 3, y de las Plantas Endulzadoras 2, 3 y 4 se integran a un cabezal al que eventualmente también se pueden recibir hidrocarburos provenientes del CPG Cd. Pemex; esta mezcla de hidrocarburos se envía al tanque de balance FA-1101 que opera a 27.0 kg/cm²man. y 41°C; la función del FA-1101 es básicamente operar como tanque de balance homogenizando la carga y absorbiendo posibles fluctuaciones en el flujo de alimentación a las Plantas Fraccionadoras. La mezcla de los hidrocarburos del FA-1101 se envía a control de flujo hacia las Torres Desetanizadoras DA-1101 A, B.

Torres Desetanizadoras DA-1101 A,B

La función de las Torres Desetanizadoras DA-1101 A, B es separar el etano de la corriente de hidrocarburos que se alimenta al plato No. 6; cada una de las desetanizadoras cuenta con 5 platos de un paso en la parte superior y los siguientes 15 platos de dos pasos que hacen un total de 20 platos con elementos tipo válvula. Las condiciones de operación del domo de las DA-1101 A, B son -4°C y 15.8

kg/cm²man. y en el fondo 82°C y 16.1 kg/cm²man. La energía necesaria para llevar a cabo el fraccionamiento se suministra por medio de los Rehervidores de las Desetanizadoras EA-1113 A-B del tipo termosifón, que emplean como medio de calentamiento vapor de baja presión. El vapor requerido se suministra a control en cascada temperatura-flujo, que toma su señal en el plato 17 de las Desetanizadoras y la válvula de control de flujo de vapor se localiza a la salida de los EA-1113 A-B. En la línea de salida de vapor de domos de las desetanizadoras, se tiene un punto de inyección de metanol con el objetivo de inhibir la formación de hidratos, esta corriente se condensa parcialmente en el lado de los tubos de los Condensadores de las Desetanizadoras EA-1101 A-B, que operan con propano como refrigerante. La corriente a dos fases proveniente de los condensadores EA-1101 A-B, se recibe en los Acumuladores de Reflujo de Torres Desetanizadoras, FA-1102 A, B, que operan a 12 °C y 15.1 kg/cm²man., efectuándose la separación de fases. La fase líquida del Acumulador FA-1102 A, B, se envía a la Bomba de Reflujo de la Desetanizadora GA-1101 A/AR, B/BR que proporcionará la presión requerida para retornar el líquido, a control de nivel al plato No. 1 de las Desetanizadoras. La fase vapor que se obtiene en los acumuladores FA-1102 A, B se envía a control de presión hacia el Subenfriador de Refrigerante EA-1402 A-F, en donde la corriente intercambia calor con propano proveniente de la Sección de Refrigeración, a fin de poder entregarla a 31 °C y 13.7 kg/cm²man., en la Sección de Endulzamiento y Compresión de Etano. El producto de fondos de las Torres Desetanizadoras, constituido por propano y más pesados se envía a control de nivel de cada Desetanizadora, hacia la Torre Desbutanizadora DA-1102.

Torre Desbutanizadora DA-1102

La corriente procedente del fondo la torre desbutanizadora se alimenta al plato No. 28 de la Desbutanizadora DA-1102. La función de la DA-1102 es separar el propano y los butanos, que se obtienen por el domo de la torre, y las naftas (pentanos y más pesados), obtenidos por el fondo de la DA-1102. La Desbutanizadora cuenta con 26 platos de dos pasos y los siguientes 19 de cuatro pasos haciendo un total de 45 platos con elementos tipo válvula. Las condiciones de operación de la torre son 63 °C y 12.4 kg/cm²man., en el domo y 162 °C y 13.0 kg/cm²man., en el fondo. La corriente líquida que se obtiene por el fondo de la Desbutanizadora se divide en:

1. Una de las corrientes se envía a la succión de la Bomba de Fondos de Torre Desbutanizadora, GA-1104 A, B/R, la descarga de esta bomba se envía a control de flujo al Rehervidor de la Desbutanizadora BA-1101. El BA-1101 (calentador a fuego directo) proporciona a la corriente la energía necesaria para llevar a cabo la separación en la DA-1102. La corriente que retorna a la torre se encuentra parcialmente vaporizada (38%) y se alimenta abajo del último plato de la torre. La cantidad de gas combustible necesario en el Rehervidor será determinado por un control en cascada temperatura-presión, que toma la señal de temperatura en la corriente de salida del BA-1101.
2. El resto de la corriente de fondos de la Torre Desbutanizadora, constituido por pentanos e hidrocarburos más pesados, se envía a control de nivel hacia el Separador de Nafta FA-1105, de la Sección de Fraccionamiento de Hidrocarburos Pesados. Bajo la circunstancia de que llegaran a presentarse para las plantas Fraccionadoras No. 1 o No.2, los Casos de alimentación 1, 2 o 3, de acuerdo con

los casos de operación descritos en las Bases de diseño, se tendrá entonces un excedente de naftas que no podrá ser manejado en la sección de fraccionamiento de hidrocarburos pesados de las plantas fraccionadoras, en esta situación PGPB realizará las adecuaciones para que sólo puedan manejarse un promedio de 22,000 BPD en la sección de repasado de Naftas. Los vapores que salen por el domo de la torre Desbutanizadora DA-1102, (propano y butanos) se condensan al pasar a través del Condensador de la Desbutanizadora EA-1102 A-F y se reciben en el Acumulador de Reflujo de la Desbutanizadora FA-1103. Los vapores del domo de la DA-1102 ayudan a mantener estable la presión en este circuito controlando la presión del FA-1103 en 11.3 kg/cm²man., esto se efectúa mediante un control de rango dividido de tal forma que si la presión en el FA-1103 disminuye, se envían directamente vapores del domo de la Desbutanizadora al acumulador; o bien, si la presión del FA-1103 aumenta, la presión se ajustará al enviar el flujo de vapor excedente hacia el cabezal de desfogue. 55,038 BPD del líquido obtenido en FA-1103, a 44 °C y 11.3 kg/cm²man., se envían a la Bomba de Reflujo de la Desbutanizadora GA-1102/R, que proporciona la presión requerida para enviar la corriente, a control de flujo al plato 1 de la torre, este control de flujo controla en cascada la temperatura en el plato 6 de la torre Desbutanizadora.

El resto del destilado del FA-1103, 47,446 BPD, constituido por propano y butanos, se envían mediante la Bomba de Carga de la Despropanizadora GA-1103/R al Intercambiador Carga/Fondo Despropanizadora EA-1103 para luego enviarse como alimentación a la Despropanizadora DA-1103 o bien se tiene la flexibilidad para que esta corriente pueda enviar a L.B. como LPG.

Torre Despropanizadora DA-1103

40,916 BPD de destilado de la Desbutanizadora DA-1102 son enviados mediante la Bomba de Carga de la Despropanizadora GA-1103/R, a control en cascada nivel- flujo, al lado coraza del Intercambiador Carga/Fondo Despropanizadora EA-1103, en donde la corriente se precalienta, antes de entrar como alimentación a la Despropanizadora DA-1103. La función de la Despropanizadora DA-1103 es separar la mezcla de alimentación (propano-butanos), obteniendo como destilado el propano y por el fondo los butanos. Para llevar a cabo la separación, la carga se alimenta en el plato No. 11 de la DA- 1103, que cuenta con 47 platos de cuatro pasos con elementos de contacto tipo válvula. Las condiciones de operación en la DA-1103 son 18.9 kg/cm²man. y 56°C en el domo, 19.5 kg/cm²man., y 110 °C en el fondo. En la DA-1103 la energía requerida para la separación, es suministrada por los Rehervidores de la Despropanizadora EA-1114 A-B que operan con vapor de baja presión. El flujo de vapor de baja presión requerido será determinado por el control en cascada temperatura-flujo en el fondo de la torre, el cual toma la señal de temperatura abajo del último plato de la Despropanizadora. Los butanos obtenidos en el fondo de la DA-1103, deben ser enfriados para su entrega por lo que intercambian calor con la carga a la Despropanizadora en el Intercambiador de Carga/Fondo Despropanizadora EA-1103 y luego pasan al Enfriador de Butano EA-1106, luego los butanos son enviados a control de nivel con la Despropanizadora, hacia L.B. a 7.4 kg/cm²man. y 38°C

Por su parte, los vapores producidos por el domo de la DA-1103 se condensan en forma total, al pasar a través del Condensador de la Despropanizadora EA-1104 A-F; la corriente de condensado se recibe en el Acumulador de Reflujo de

Despropanizadora FA-1104. Los vapores en el domo de la DA-1103 ayudan a mantener estable la presión en este circuito controlando la presión del FA-1104 en 17.9 kg/cm²man., esto se efectúa mediante un control en rango dividido, de tal forma que si la presión en el FA-1104 disminuye, se envían directamente vapores del domo de la Despropanizadora al acumulador; o bien, si la presión del FA-1104 aumenta, la presión se ajustará al enviar el flujo de vapor excedente hacia el cabezal de desfogue. La corriente de destilado de la Despropanizadora, que se obtiene en el FA-1104 se alimenta a la Bomba de Propano Producto GA-1105x/R y la salida de estas se divide en:

- a. El destilado retorna a la DA-1103, a control de flujo al plato No. 1, como reflujo a la Despropanizadora.
- b. El resto del destilado, reduce su temperatura al pasar por el Enfriador de Propano Producto EA-1105, para después enviarlo a control de nivel del acumulador FA-1104 a L.B. a 17.6 kg/cm²man y 38°C.

Sección de fraccionamiento de hidrocarburos pesados

Primera Repasadora DA-1104

El diseño original de la Sección de Fraccionamiento de Hidrocarburos Pesados consideraba una capacidad de diseño de 20,000 BPD. Los cambios en el esquema de procesamiento requeridos para asegurar la carga de etano para el proyecto Etileno XXI se estima que podrían llegar a obtener, dependiendo de la carga alimentada a la planta por las endulzadoras aproximadamente un promedio de 22,000 BPD de naftas de la corriente de los fondos de la Torre Desbutanizadora DA-1102 enviándose al FA-1105 de la sección de fraccionamiento de hidrocarburos 2 pesados y en caso de existir

el excedente de naftas quedará a disposición de PGPB. La alimentación a la Sección de Fraccionamiento de Hidrocarburos Pesados, se recibe en el FA-1105 donde se lleva a cabo una primera separación de la nafta ligera (en su mayoría pentanos). El FA-1105 opera a 103 °C y 2.9 kg/cm²man. La corriente de vapores producidos en el FA-1105 se envía a control de presión al Tanque de Balance de Nafta FA-1107, previo enfriamiento en el Condensador de Nafta EA-1109X. Los líquidos recuperados del FA-1105, se envían hacia la succión de la Bomba de Carga de la Primera Repasadora (GA-1106A,B/R en la Fraccionadora No. 1 y GA- 1106 A,B/XR en la Fraccionadora No. 2), que proporcionará la presión requerida para enviarlos, a control de nivel con el tanque FA-1105, como alimentación a la Primera Repasadora DA-1104. La función de la Primera Repasadora DA-1104 es la de separar la mayor cantidad de hidrocarburos ligeros que aún continúan en la corriente de alimentación, lográndose de esta manera concentrar la corriente de fondos que pasa a la Segunda Repasadora DA-1105. La torre DA-1104 consta de 28 platos de un paso con elementos de contacto tipo válvula. Las condiciones de operación de la DA-1104 son: 75°C y 1.5 kg/cm²man., en el domo y 124°C y 2.4 kg/cm²man., en el fondo. La alimentación a la DA-1104 se recibe en el plato No. 20. La energía requerida para llevar a cabo la separación en la DA-1104 se suministra por medio de los Rehervidores de la Primera Repasadora, EA-1108 A/B los cuales utilizan como medio de calentamiento los vapores del domo de la Segunda Repasadora DA-1105. La cantidad de calor intercambiado en los Rehervidores EA-1108 A/B se controla en base a la temperatura del plato No. 24 de la DA-1104. La corriente que sale del EA-1108A/B lado coraza y retorna parcialmente vaporizada alimentándose por debajo del plato No. 28 de la DA-1104. Los vapores producidos por

el domo de la torre DA-1104 se condensan al pasar a través del Condensador de la Primera Repasadora EA-1107 y se reciben en el Acumulador de Reflujo de la Primera Repasadora FA-1108, el cual opera a 59°C y 1.1 kg/cm²man. El control de presión de la DA-1104, se mantiene controlando la presión del FA- 1108 a 1.0 kg/cm²man., por medio de un control en rango dividido. En caso de que la presión disminuya, se envía una parte de la corriente de vapores directamente al acumulador. En el caso de que la presión se incremente, se enviará el exceso de vapores al desfogue. Del líquido obtenido en el FA-1108 y que se extrae mediante de la Bomba de Reflujo de la Primera Repasadora GA-1107/R; 1,886 BPD se utilizan como reflujo de la Primera Repasadora DA-1104, para lo cual se retornan al plato No. 1 a control de flujo. El resto de la corriente líquida de FA-1108, 4,190 BPD, se integra con la corriente proveniente del separador FA-1105 para enviarse al Tanque de Balance de Nafta FA-1107 a control de nivel (con el FA-1108), como parte de la nafta ligera que se enviará a L.B. Los fondos de la DA-1104 se alimentan a la Segunda Repasadora DA-1105, a control de nivel, mediante la Bomba de Fondos de la Primera Repasadora (GA-1108 A, B/R en la Fraccionadora No. 1 y GA-1108A,B/xR en la Fraccionadora No. 2).

Segunda Repasadora DA-1105

La función de la Segunda Repasadora DA-1105 es la de llevar a cabo la rectificación final de la nafta. La Segunda Repasadora DA-1105 tiene 40 platos de un paso con elementos de contacto tipo válvula y opera a 140 °C y 3.0 kg/cm²man., en el domo; 185°C y 3.4 kg/cm²man., en el fondo. La alimentación a la DA-1105 se recibe en el plato No. 35. La energía requerida para llevar a cabo la separación en la DA-1105 se suministra por medio del Rehervidor de la Segunda Repasadora, BA-1102 (calentador

a fuego directo con gas combustible). La corriente de gas de domos de la DA-1105, intercambia calor en el Rehervidor de la Primera Repasadora, EA-1108A/B, para después pasar a través del Condensador de la Segunda Repasadora EA-1112X. Los líquidos producidos se reciben en el Acumulador de Reflujo de la Segunda Repasadora FA- 1109, que opera a una temperatura de 114°C y una presión de 2.0 kg/cm²man. Los gases del domo de la DA-1105 ayudan a mantener estable la presión en este circuito, esto, manteniendo la presión del acumulador de reflujo a la torre (FA-1109) en 2.0 kg/cm²man., de tal forma que si la presión en el FA-1109 disminuye se envían los vapores del domo de la DA-1105 directamente hacia el FA-1109.

El líquido proveniente del Acumulador de Reflujo de la Segunda Repasadora FA- 1109 se divide en:

- a) Una parte de la corriente constituirá el reflujo requerido en la DA-1105, la Bomba de Reflujo de la Segunda Repasadora GA-1110/R proporcionará la presión necesaria para enviar la corriente al plato No. 1 de la torre, este reflujo en control en cascada, la temperatura-flujo con el plato No. 8 de la torre DA- 1105.
- b) El exceso de destilado en el FA-1109 se extrae a control de nivel, previo paso por el enfriador de nafta EA-1111 para enviarse a L.B. a 38°C y 6.3 kg/cm²man.

El líquido proveniente del Tanque de Balance FA-1107 es enviado a la Bomba de Nafta Ligera Producto GA-1109A, B/R, para unirse a la corriente de destilado proveniente del Acumulador de Reflujo de la Segunda Repasadora, FA-1109. Después de pasar por el Enfriador de Nafta Ligera EA-1111, la corriente de nafta ligera se envía L.B. a 38°C y 6.3 kg/cm²man., para su almacenamiento fuera de la planta. Los fondos de la

Segunda Repasadora, constituidos por nafta pesada se envían a la Bomba de Fondos de Segunda Repasadora GA-1111/R y se dividen en:

- a) Una parte se envía a L.B. previo paso por el Enfriador de Nafta Pesada EA- 1110, a 38 °C y 5.6 kg/cm²man.
- b) La mayor parte de la corriente de fondos de la Segunda Repasadora, circulan, a control de flujo, hacia el Rehervidor de la Segunda Repasadora BA-1102, en donde se les suministrará la energía requerida para la separación en la DA-1105. La corriente que sale del BA-1102 retorna a la torre parcialmente vaporizada (17%) y se alimenta en el fondo de la torre.

Sección de refrigeración

La sección de refrigeración tiene la finalidad de ayudar a separar el etano y la DA-1101A,B debido al requerimiento de temperatura por debajo de 0°C, que permite utilizarlo en el equipo de intercambio térmico de los domos de las Torres Desetanizadoras para condensar el etano requerido como reflujo para éstas. El propano refrigerante se recibe en L.B. y se almacena en el Acumulador de Refrigerante FA-1401, que opera a 36°C y 15.1 kg/cm²man. La corriente de propano proveniente del acumulador FA-1401 y la corriente de etano proveniente del Acumulador de Reflujo de la Desetanizadora, FA-1102A,B (Sección de Fraccionamiento de Hidrocarburos Ligeros) intercambian calor en el Subenfriador de Refrigerante EA-1402 A-F, lo que ocasiona que el propano se subenfrie hasta una temperatura de 31°C. La corriente de propano, es enviada a los Condensadores de las Desetanizadoras EA-1101 A, B (sección de Fraccionamiento de Ligeros), en donde intercambiará calor con la corriente de etano del domo de las Torres Desetanizadoras DA- 1101A, B, la cual saldrá del

equipo con una temperatura de -14°C que es el nivel de refrigeración necesario para condensar el etano requerido como reflujo en las Torres DA-1101 A, B. La corriente de propano refrigerante proveniente de los condensadores EA-1101 A,B se alimenta al FA-1402 A,B Tanques de Succión del Compresor GB-1401A,B que opera a -16°C y $1.7 \text{ kg/cm}^2\text{man}$. El vapor formado en el tanque FA-1402 A, B es succionado por los Compresores de Refrigerante GB-1401 A, B, de donde la corriente sale a una presión de $15.9 \text{ kg/cm}^2\text{man}$. Posteriormente, la corriente de refrigerante pasa por el Condensador de Refrigerante EA-1401A-D, de donde sale en estado líquido y es enviado al Acumulador de Refrigerante FA-1401. Parte de la corriente que sale del Compresor GB-1401 A, B es utilizada para mantener la temperatura de los Tanques de Succión del Compresor FA-1402 A,B en -16°C , y enviarse posteriormente al Acumulador de Refrigerante FA-1401. La corriente líquida de los tanques FA-1402 A,B es bombeada por la Bomba de Vaciado de Refrigerante GA-1401, que suministra la presión necesaria para integrarla a la línea de salida del Acumulador de Refrigerante FA-1401.

Sección de endulzamiento y compresión de etano

Endulzamiento de etano

La función de esta sección, es eliminar los componentes ácidos de la corriente de etano, producto de las Desetanizadoras, los cuales contienen ácido sulfhídrico y bióxido de carbono; para este propósito se utiliza el proceso Girbotol mediante una solución con Dietanolamina (DEA) al 20 % en peso. La corriente de etano proveniente de las Torres Desetanizadoras DA-1101 A,B de la Sección de Fraccionamiento de Hidrocarburos Ligeros, se alimenta abajo del plato No. 23 de la Torre de Absorción

DA-1202, a 30 °C y 13.67 kg/cm²man. Por su parte, la solución de DEA al 20% en peso es alimentada en el plato No. 4 de la DA-1202. La DA-1202 de diseño original contaba con 23 platos de un paso con elementos de contacto tipo válvula y opera en el domo a 32°C y 11.6 kg/cm²man., en base a la simulación rigurosa se determinó la sustitución de los platos del 4 a la 8 por el equivalente a 8 platos de alta eficiencia. En la Torre de Absorción DA-1202 se lleva a cabo un contacto a contracorriente con la solución de DEA al 20% en peso. El etano se obtiene por el domo de la DA- 1202 y la solución de DEA, rica en componentes amargos, se obtiene por el fondo. Los tres platos superiores son utilizados para lavar el gas etano y evitar arrastres de solución de DEA, proveniente del plato no. 4 de la DA-1202. Se utilizan 189.6 litros por minuto agua de lavado proveniente de la Bomba de Agua de Lavado de torre absorbadora GA-1206x/xR, a una presión de 12.2 kg/cm²man. La corriente de etano tratada, con 300 ppm mol de CO₂ y 4 ppm mol de H₂S como máximo, sale por el domo de la Torre de Absorción a control de presión y se envía al Tanque de Succión del Compresor FA-1201, localizado en la Sección de Compresión de Etano.

Circuito de Dietanolamina (DEA)

La corriente de amina rica del fondo de la Absorbadora DA-1202 es enviada al intercambiador de DEA Rica/ DEA Pobre, EA-1201, en donde es precalentada al intercambiar calor con la corriente de fondos de la torre regeneradora de DEA. La solución de DEA rica se envía a 90°C y 1.5 kg/cm²man, a control de nivel con la DA-1202, hacia la Torre regeneradora DA-1204, donde se alimenta al plato No. 4. La Torre Regeneradora de DEA DA-1204 tiene 23 platos de un paso con elementos de contacto tipo válvulas y sus condiciones de operación son en el domo 119°C y 0.97 kg/cm²man.

y en el fondo 125°C y $1.3 \text{ kg/cm}^2\text{man}$. La energía necesaria para llevar a cabo la regeneración de DEA es proporcionado por el Rehervidor de la Regeneradora EA-1204, tipo caldera (Kettle), que utiliza vapor de baja presión. La corriente obtenida por el domo de la Torre Regeneradora está constituida por gas ácido y vapor de agua. El Condensador de la Regeneradora EA-1203X permite enfriar la corriente a 49°C , condensando el agua presente en la corriente. La corriente que sale del EA-1203X se recibe entonces en el Acumulador de Reflujo de la Regeneradora HA-1203, que opera a 40°C y $0.8 \text{ kg/cm}^2\text{man}$, en donde se efectúa la separación del gas ácido, que es enviado, a control de presión, a L.B., para su tratamiento posterior. Por su parte, el agua separada en el Acumulador HA-1203 pasa a través de la Bomba de Reflujo de la regeneradora GA-1203X/XR, que envía la corriente, a control de nivel (del HA-1203), hacia el plato 1 de la Regeneradora, a fin de utilizarla como reflujo. Por el fondo de la Regeneradora de DEA se obtiene la DEA regenerada, o amina pobre, a una temperatura de 125°C y una presión de $1.3 \text{ kg/cm}^2\text{man}$. La corriente de DEA regenerada pasa por el lado coraza del intercambiador de DEA Rica/ DEA Pobre, EA-1201 y se enfría al ceder calor a la carga de la Regeneradora. La DEA pobre sale del intercambiador a 65°C . Debido a las pérdidas de DEA en las corrientes a L.B., así como a la degradación de la DEA, es necesario efectuar una reposición. Para ello, se utilizará solución proveniente de la Fosa de DEA FE-1201, en donde se preparará la solución de amina a la concentración especificada (20% en peso), a partir de la DEA concentrada usualmente recibida mediante tambores. La Bomba de Reposición de DEA GA-1204X permite bombear la solución de DEA hacia el Tanque de Almacenamiento de DEA FB-1201X o hacia la succión de la Bomba de DEA Pobre

GA-1201X/XR, para integrar la solución de DEA fresca al Circuito de DEA. El tanque de Almacenamiento de DEA, opera a presión atmosférica y temperatura ambiente. La DEA pobre proveniente del EA-1201 es bombeada por GA-1201X/XR, y una parte del flujo total (Aprox. 20% Vol.) pasa a través del Primer Filtro de DEA Pobre FG-1201 A/B, para mezclarse a la salida con el flujo de amina pobre que no paso por los filtros. Dado que la absorción se realiza a baja temperatura, la mezcla total de DEA pobre regenerada y fresca ingresa al Enfriador de DEA Pobre EA-1202, que disminuye la temperatura hasta 40°C. Corriente abajo del intercambiador, se desvía otra parte de la corriente de DEA pobre (aprox 20% vol.) hacia el Segundo Filtro de DEA Pobre, HA-1204 A, B. El objeto del filtrado es remover los productos de degradación y los sólidos suspendidos. Después de ser filtrada, la corriente se reintegra a la corriente de DEA pobre no filtrada y es enviada a 40°C y 12.3 kg/cm²man a la parte superior de la DA-1202, con lo que se cierra el Circuito de DEA.

Compresión de etano

El objetivo de esta sección es entregar en L.B. una corriente de etano de alta presión. La corriente de etano tratada de baja presión proveniente de la Torre de Absorción DA-1202 a 32°C y 11.6 kg/cm²man, se alimenta al Tanque de Succión del Compresor FA-1201, cuyo diseño permite la separación de los líquidos que pudieran estar presentes, mediante un control de nivel, los cuales son enviados a desfogue líquido. Por su parte, la corriente vapor es enviada a la primera etapa del Compresor de Etano GB-1201 A, B. A la salida de la primera etapa, el etano tiene una temperatura de 112°C, por lo que se enfría en el Enfriador Interetapa del Compresor EA-1205 A-D y se envía al Separador Interetapa del Compresor, FA-1202 A, B, en donde se separa el agua

condensada que se envía a desfogue líquido, este último separador opera a 40°C y 34.8 kg/cm²man. El gas etano efluente del separador FA-1202 A, B se envía a la segunda etapa de compresión, en donde se aumenta su presión hasta 77.3 kg/cm²man. Para la entrega al etano ducto el etano gas efluente de los GB-1201 A, B tiene que pasar por una válvula reductora de presión para el caso de operación normal, donde se disminuye hasta 43.8 kg/cm² man. con el fin de tener temperaturas que no condensen el C2 y así alimentarse al Separador de Líquidos de Etano FA- 1207X para recuperar los posibles líquidos condensables del etano, previo paso por el Enfriador para Acondicionamiento de Etano EA-1207 AX-BX y enviarse al Etano ducto a 47°C y 43.8 kg/cm²man. Para el caso de rechazo de carga y/o producto fuera de especificación, el etano efluente del GB-1201 A, B se envía al Enfriador de Etano EA-1206 AX-DX, y por el paso al Separador de Gas Dulce FA-1203 A, B con el fin de separar los líquidos condensables y de ahí salir a línea del gasoducto existente a L.B a 45°C y 76.6 kg/cm²man.

Relación de nodos identificados

De acuerdo con la información proporcionada, los nodos identificados para la planta Fraccionadora de Hidrocarburos se muestran en la Tabla 6, dichos nodos están indicados en los diagramas de flujo de proceso (DFP's) y diagramas de tubería e instrumentación (DTI's).

Tabla 7. Lista de nodos en planta Fraccionadora de Hidrocarburos

NO.	NODO	DIAGRAMAS	PRODUCTO
1	Carga a la torre desetanizadora DA-1101	D-A-001-69A-F2-NP-Rev.6 D-A-321A-F2-NP-Rev.3A D-A-321B-F2-NP-Rev.4A D-A-321C-F2-NP-Rev.4A	MEZCLA DE HIDROCARBUROS
2	Torre desetanizadora DA-1101	D-A-001-69A-F2-NP-Rev.6 D-A-321B-F2-NP-Rev.4A D-A-321C-F2-NP-REV4A D-A-322A-F2-NP-REV3A	ETANO, HIDROCARBUROS
3	Torre desbutanizadora DA-1102	D-A-001-69A-F2-NP-Rev.6 D-A-321B-F2-NP-Rev.4A D-A-321C-F2-NP-Rev.4A D-A-322A-F2-NP-Rev.3A D-A-322B-F2-NP-Rev.3A D-A-322C-F2-NP-Rev.3A	PROPANO, BUTANO, NAFTA
4	Torre despropanizadora DA-1103	D-A-001-69A-F2-NP-Rev.6 D-A-322B-F2-NP-Rev.3A D-A-322C-F2-NP Rev. 3A	PROPANO, BUTANO

NO.	NODO	DIAGRAMAS	PRODUCTO
5	Primera repasadora DA-1104	D-A-001-69A-F2-NP-Rev.6 D-A-001-69B-F2-NP-Rev.5 D-A-322A-F2-NP-Rev.3A D-A-323A-F2-NP-Rev.5A D-A-323B-F2-NP-Rev.3A D-A-323C-F2-NP-Rev.3A D-A-323E-F2-NP-Rev.3A	HIDROCARBUROS LIGEROS
6	Segunda repasadora DA-1105	D-A-001-69B-F2-NP-Rev.5 D-A-323A-F2-NP-Rev.5A D-A-323B-F2-NP-Rev.3A D-A-323C-F2-NP-Rev.3A D-A-323D-F2-NP-Rev.5A D-A-323E-F2-NP-Rev.3A 1524-T01D-108B	HIDROCARBUROS PESADOS
7	Enfriamiento con propano	D-A-001-69A-F2-NP-Rev.6 D-A-001-69C-F2-NP-Rev.4 D-A-327A-F2-NP-Rev.4A D-A-327B-F2-NP-Rev.4A D-A-327C-F2-NP-Rev.3A	PROPANO
8	Torre absorbedora DA-1202	D-A-001-69D-F2-NP-Rev.7 D-A-324A-F2-NP-Rev.4A D-A-324B-F2-NP-Rev.4A D-A-325A-F2-NP-Rev.4A	DEA, AGUA, ETANO
9	Regeneración de DEA	D-A-001-69D-F2-NP-Rev.7 D-A-325A-F2-NP-Rev.4A D-A-325B-F2-NP-Rev.5A	DEA AGUA
10	Compresión de etano	D-A-001-69D-F2-NP-Rev.7 D-A-324A-F2-NP-Rev.4A D-A-326A-F2-NP-Rev.6A D-A-326B-F2-NP-Rev.6A	ETANO

NO.	NODO	DIAGRAMAS	PRODUCTO
11	Acondicionamiento de etano	D-A-001-69D-F2-NP-Rev.7 D-A-326A-F2-NP-Rev.6A D-A-326B-F2-NP-Rev.6A	ETANO
12	UNIDAD DESHIDRATADORA DE GLICOL	D-A-001-69D-F2-NP-REV.7 R-AH0077-1Z-PE-251-0001 R-AH0077-1Z-PE-250-0001 R-AH0077-1Z-PE-250-0002 R-AH0077-1Z-PE-250-0003 R-AH0077-1Z-PE-250-0004 R-AH0077-1Z-PE-250-0005 R-AH0077-1Z-PE-250-0006 R-AH0077-1Z-PE-250-0007	ETANO, GLICOL, GAS

Fuente: Trabajo realizado por el autor

A continuación se muestran los diagramas de flujo de proceso con los cuales se definieron los nodos de estudio para la planta fraccionadora de hidrocarburos.

De igual forma se muestra el diagrama de tubería e instrumentación correspondiente al nodo No. 1 (Carga a la torre desetanizadora DA-1101).

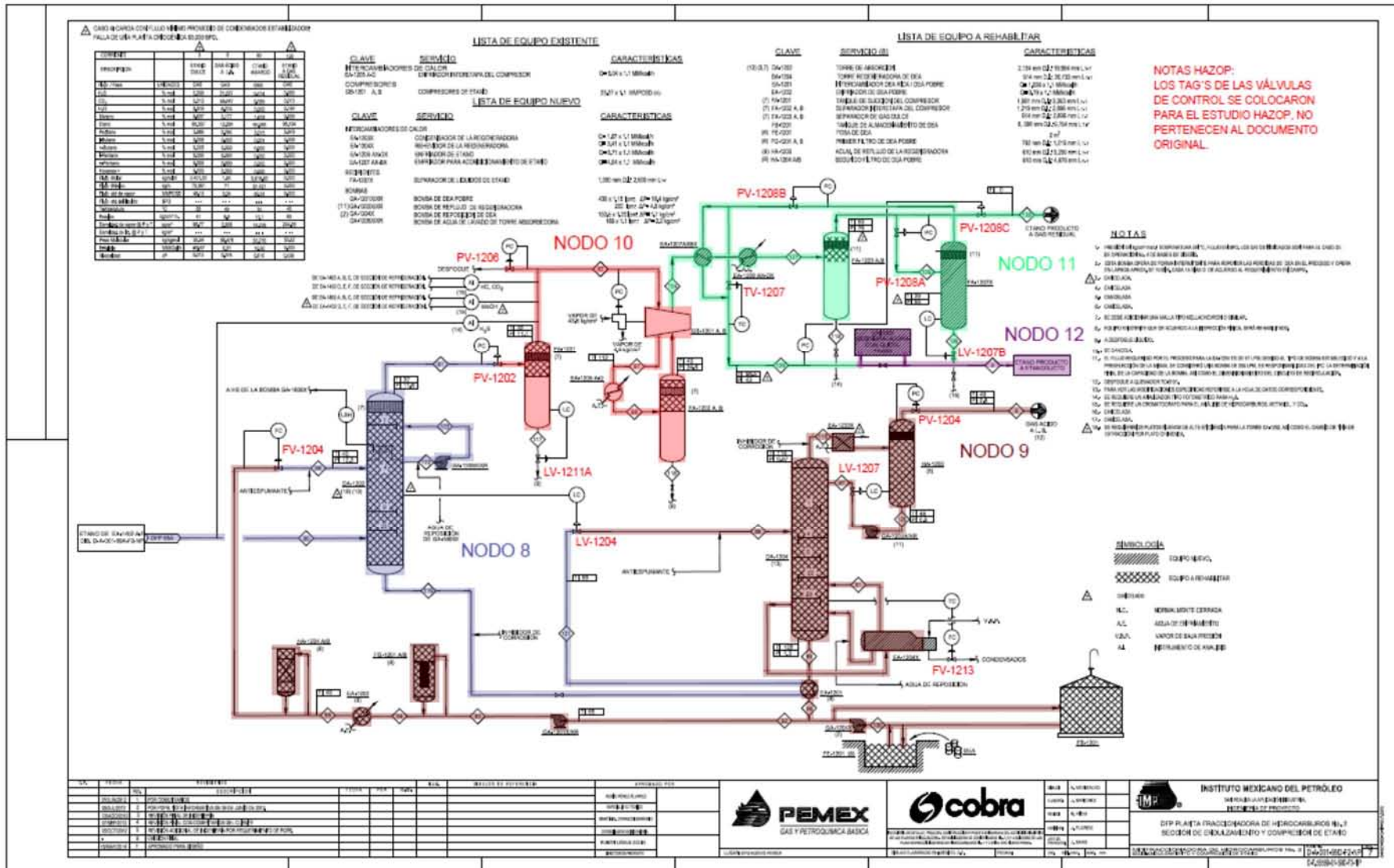


Figura 7. DFP de la sección de endulzamiento y compresión de etano

Fuente: Trabajo realizado por el autor

CAPITULO III RESULTADOS

Como se explicó anteriormente el HAZOP es una herramienta muy poderosa a la hora de identificar y reducir los riesgos de cualquier proceso, ya que es metódico, sistemático y es el método más usado por la mayoría de las empresas.

Se aplica el método HAZOP a los nodos identificados para la planta fraccionadora de hidrocarburos⁷.

A continuación se muestran las posibles combinaciones de palabras guía con parámetros que definen las desviaciones posibles no deseadas para este estudio.

Tabla 8. Combinación palabras guía – parámetros.

		Palabras guía				
		No	Más	Menos	Inverso	De otra forma
Parámetros	Flujo	x	x		x	
	Temperatura		x	x		
	Presión		x	x		
	Nivel		x	x		
	Otros					x

Fuente: Trabajo realizado por el autor

⁷ Para fines de esta tesina, sólo se tomará como ejemplo el nodo No. 1

TABLAS DE RESULTADO DEL ANÁLISIS DE HAZOP

Nodo: 1. Carga a la torre desetanizadora DA-1101

De LB de condensados de endulzadoras, Hidrocarburos de criogénicas, Hidrocarburos de Cd. Pemex, incluyendo FA-1101 hasta válvula FV-1112.

Desviación: 1. Alta presión en FA-1101. **LOI:** 19 kg/cm² **LOS:** 22 kg/cm² **LSI:** **LSS:** 29.17 kg/cm

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones
1	1. Falla de PV-1101 en línea de alimentación de criogénicas 1, 2 y 3, abriendo.	1. Presionamiento en el sistema.	1. PSV-1101 2. PIC-1102 3. PM/PD 4. FAH-1101 5. PAH-1101	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones
2	1. Falla del lazo de control del flujo FV-1112 cerrando.	1. Incremento de nivel en el FA-1101. 2. Menor producción de etano.	1. PSV-1101 2. PIC-1102 3. PM/PD 4. PAH-1101 5. FAL-1112 6. LAH-1101 7. Control y monitoreo de la sección de carga y desetanizado a través del by-pass de FV-1112.	2	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones
3	1. Falla mecánica VAOD-1105 cerrada.	1. Paro de planta. 2. Presionamiento corriente arriba. 3. Alto nivel en FA-1101. 4. Hidrocarburos al sistema de desfogue.	1. FAL-1112 2. FAL-1115 3. LAH-1101 4. IL-1105C 5. PSV-1101. 6. PAH-1102 7. PM/PD.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	Sin recomendación

Nodo:1. Carga a la torre desetanizadora DA-1101

De LB de condensados de endulzadoras, Hidrocarburos de criogénicas, Hidrocarburos de Cd. Pemex, incluyendo FA-1101 hasta válvula FV-1112.

Desviación: 2. Baja presión en FA-1101. **LOI:** 19 kg/cm2 **LOS:** 22 kg/cm2 **LSI:** **LSS:** 29.17 kg/cm

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones
1	Falla mecánica de PV-1101 en línea de alimentación de criogénicas 1, 2 y 3, cerrando.	1. Disminución de la alimentación al FA-1101. 2. Disminución de producción. 3. Rechazo de carga de plantas criogénicas.	1. PAL-1101 2. FAL-1101 3. LAL-1101 4. Control y monitoreo de la sección de carga y desetanizado a través del by-pass de PV-1101. 5. PM/PD.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones
2	Falla mecánica en PV-1102, abierta totalmente.	1. Envío de HC gaseosos al desfogue. 2. Disminución de la alimentación a la sección de desetanizado. 3. Disminución de producción. 4. Aumento de nivel en FA-1101.	1. IL-1102A 2. Control y monitero de la sección de carga y desetanizado a través de valvulas laterales de PV-1102. 3. LAH-1101 4. PAL-1102 5. PM/PD	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones

Nodo:1. Carga a la torre desetanizadora DA-1101

De LB de condensados de endulzadoras, Hidrocarburos de criogénicas, Hidrocarburos de Cd. Pemex, incluyendo FA-1101 hasta válvula FV-1112.

Desviación: 3. Alto nivel en FA-1101. **LOI:** 965 mm **LOS:** 3093 mm **LSI:** 152 mm **LSS:** 3658 mm

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones
1	1. Falla de FV-1102 en la línea de alimentación de HC de plantas endulzadoras 2, 3 y 4, abriendo.	1. Mayor flujo de HC estabilizados al FA-1101. 2. Disminución de la presión en FA-1101.	1. FAH-1102. 2.LAH-1101 3. Control y monitoreo de la sección de carga y desetanizado. 4. By-pass y válvulas laterales de FV-1102. 5. PM/PD	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones
2	1. Falla de la VAOD-1105 cerrada.	1. Paro de planta. 2. Rechazo de cargas. 3. Alta presión en FA-1101.	1. Flexibilidad operativa a Fraccionadora 1 y almacenamiento de productos. 2. FAL-1112 3. FAL-1115 4. PSV-1101 5. IL-1105C 6.LAH-1101. 7. PAH-1102 8. PM/PD	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	Sin recomendaciones.
3	1. Falla de FV-1103 en línea de alimentación de HC de CD Pemex, abierta.	1. Mayor flujo de C2+ Cd. Pemex 2. Alta presión en FA-1101. 3. Rechazo de estabilizados. 4. Presionamiento en el cabezal de alimentación.	1. FAH-1103 2.LAH-1101 3. Control y monitoreo de la sección de carga y desetanizado. 4. By-pass y válvulas laterales de FV-1103 5. PM/PD	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones

Nodo:1. Carga a la torre desetanizadora DA-1101

De LB de condensados de endulzadoras, Hidrocarburos de criogénicas, Hidrocarburos de Cd. Pemex, incluyendo FA-1101 hasta válvula FV-1112.

Desviación: 3. Alto nivel en FA-1101. **LOI:** 965 mm **LOS:** 3093 mm **LSI:** 152 mm **LSS:** 3658 mm

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones
4	Falla de FV-1112 (FIC-1112 cerrando aguas arriba).	1. Disminución de producción. 2. Presionamiento en el tanque FA-1101. 3. Inestabilidad operativa. 4. Posible envío de HC al desfogue.	1. FAL-1112 2. LAH-1101 3. By-pass de FV-1112. 4. Flexibilidad operativa en el manejo de la carga. 5. PAH-1102 6. FAL-1102 7. PM/PD	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones
5	Falla de FV-1115 cerrando (Aguas arriba).	1. Disminución de producción. 2. Presionamiento en el tanque FA-1101. 3. Inestabilidad operativa. 4. Posible envío de HC al desfogue.	1. FAL-1115 2. LAH-1101 3. By-pass de FV-1115. 4. Flexibilidad operativa en el manejo de la carga. 5. PAH-1102 6. FAL-1102 7. PM/PD	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones

Nodo:1. Carga a la torre desetanizadora DA-1101

De LB de condensados de endulzadoras, Hidrocarburos de criogénicas, Hidrocarburos de Cd. Pemex, incluyendo FA-1101 hasta válvula FV-1112.

Desviación: 4. Bajo nivel en FA-1101. **LOI:** 965 mm **LOS:** 3093 mm **LSI:** 152 mm **LSS:** 3658 mm

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones
1	1. Falla de FV-1102 o FIC-1102 cerrando (Hidrocarburos estabilizados).	1. Disminución de producción. 2. Incremento de presión en FA-1101. 3. Rechazo de carga de las plantas endulzadoras.	1. FAL-1102 2. LAL-1101. 3. PAH-1102 4. By-pass de FV-1102 5. Flexibilidad operativa para manejo de HC estabilizados. 6.FAL-1112/1115 7. PM/PD.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones
2	1. Falla de PV-1101 o PIC-1101 cerrando (C2+ de criogénicas local).	1. Disminución de producción. 2. Baja presión en FA-1101. 3. Rechazo de carga de las plantas criogénicas.	1. FAL-1101 2. LAL-1101. 3. PAL-1102 4. By-pass de PV-1101. 5. Flexibilidad operativa para manejo de C2+ de plantas criogénicas. 6.FAL-1112/1115 7. PM/PD.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones

Nodo:1. Carga a la torre desetanizadora DA-1101

De LB de condensados de endulzadoras, Hidrocarburos de criogénicas, Hidrocarburos de Cd. Pemex, incluyendo FA-1101 hasta válvula FV-1112.

Desviación: 5. Mayor flujo de condensados en FA-1101. **LOI:** 699.1 m³/h **LOS:** 699.4 m³/h **LSI:** **LSS:**

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones
1	1. Falla de FV-1102 en la línea de alimentación de HC de plantas endulzadoras 2, 3 y 4, abriendo.	1. Mayor flujo de HC estabilizados al FA-1101. 2. Disminución de la presión en FA-1101.	1. FAH-1102. 2.LAH-1101 3. Control y monitoreo de la sección de carga y desetanizado. 4. By-pass y válvulas laterales de FV-1102. 5. PM/PD	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones
2	1. Falla de FV-1103 en línea de alimentación de HC de CD Pemex, abierta.	1. Mayor flujo de C2+ Cd. Pemex 2. Alta presión en FA-1101. 3. Rechazo de estabilizados. 4. Presionamiento en el cabezal de alimentación.	1. FAH-1103 2.LAH-1101 3. Control y monitoreo de la sección de carga y desetanizado. 4. By-pass y válvulas laterales de FV-1103 5. PM/PD	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones

Nodo:1. Carga a la torre desetanizadora DA-1101

De LB de condensados de endulzadoras, Hidrocarburos de criogénicas, Hidrocarburos de Cd. Pemex, incluyendo FA-1101 hasta válvula FV-1112.

Desviación: 6. Menor flujo de condensados en FA-1101. **LOI:** 699.1 m³/h **LOS:** 699.4 m³/h **LSI:** **LSS:**

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones
1	1. Falla de FV-1102 o FIC-1102 cerrando (Hidrocarburos estabilizados).	1. Disminución de producción. 2. Incremento de presión en FA-1101. 3. Rechazo de carga de las plantas endulzadoras.	1. FAL-1102 2. LAL-1101. 3. PAH-1102 4. By-pass de FV-1102 5. Flexibilidad operativa para manejo de HC estabilizados. 6.FAL-1112/1115 7. PM/PD.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	Sin recomendaciones
2	1. Falla de PV-1101 o PIC-1101 cerrando (C2+ de criogénicas local).	1. Disminución de producción. 2. Baja presión en FA-1101. 3. Rechazo de carga de las plantas criogénicas.	1. FAL-1101 2. LAL-1101. 3. PAL-1102 4. By-pass de PV-1101. 5. Flexibilidad operativa para manejo de C2+ de plantas criogénicas. 6.FAL-1112/1115 7. PM/PD.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	Sin recomendaciones

Nodo:1. Carga a la torre desetanizadora DA-1101

De LB de condensados de endulzadoras, Hidrocarburos de criogénicas, Hidrocarburos de Cd. Pemex, incluyendo FA-1101 hasta válvula FV-1112.

Desviación: 7. Fugas

LOI:

LOS:

LSI:

LSS:

Num	Causa	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones
1	Daño en empaques de bridas, preses de válvulas de control, y conexiones roscadas en instrumentos.	1. Formación de atmósfera explosiva. 2. Posible incendio o explosión. 3. Posible paro de planta.	1. Sistema de detección de mezclas explosivas en FA-1101. 2. Sistema de aspersión en FA-1101. 3. VAOD-1105 4. PM/PD 5. Recorridos operacionales	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones
2	Ruptura de líneas o accesorios. (Durante actividades de mantenimiento)	1. Formación de atmósfera explosiva. 2. Posible incendio o explosión. 3. Posible paro de planta.	1. PGRE 2. Sistema de detección de mezclas explosivas en FA-1101. 3. Sistema de aspersión en FA-1101. 4. VAOD-1105 5. PM/PD 6. Recorridos operacionales	2	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	Sin recomendaciones

Resumen de resultados de análisis de riesgos HAZOP

El análisis de riesgos HAZOP es una herramienta muy útil, que permitió detectar mediante un análisis exhaustivo, los principales problemas de operación, y las salvaguardas con las que cuenta con la finalidad de mitigar los problemas de operación y reducir el nivel de riesgo a lo que están expuestos los trabajadores, el medio ambiente y la infraestructura.

En total se analizaron 259 causas probables, generando 12 recomendaciones Clase B y 33 recomendaciones Clase C.

Una vez evaluados y jerarquizados los escenarios de riesgo identificados en el análisis HAZOP, para la planta Fraccionadora de Hidrocarburos, CPG, Nuevo Pemex, Tabasco en la Figura 9 se muestra la matriz de riesgos al personal para la planta Fraccionadora de Hidrocarburos. De acuerdo con la matriz de riesgos, se observan tres escenarios en la zona ALARP, por lo que las recomendaciones emitidas en dichos escenarios deberán implementarse.

		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencia	6	4	1				
	5	4					
	4	18	1	1			
	3	188	4	1			
	2	31	5	1			
	1						

Figura 9. Matriz de riesgos al personal para la planta Fraccionadora.

Fuente: Trabajo realizado por el autor

La matriz de riesgo para la comunidad se muestra en la Figura 10, los riesgos encontrados para el ambiente se muestran en la matriz de Figura 11 y los riesgos a las instalaciones se muestran en la Figura 12.

		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencia	6	5					
	5	4					
	4	20					
	3	193					
	2	37					
	1						

Figura 10. Matriz de riesgos a la comunidad para la planta Fraccionadora.

Fuente: Trabajo realizado por el autor

		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencia	6	5					
	5	4					
	4	20					
	3	193					
	2	37					
	1						

Figura 11. Matriz de riesgos al ambiente para la planta Fraccioandora.

Fuente: Trabajo realizado por el autor

De los escenarios evaluados en el estudio HAZOP, no se observaron riesgos no tolerables y tampoco riesgos del tipo ALARP, esto de acuerdo con lo observado en las matrices de riesgos a la comunidad y ambiente.

		Consecuencias					
		1	2	3	4	5	6
Frecuencia	6	2	3				
	5	3		1			
	4	16	4				
	3	178	9	1	5		
	2	36	1				
	1						
	1						

Figura 12. Matriz de riesgos a las instalaciones para la planta Fraccionadora.

Fuente: Trabajo realizado por el autor

En la matriz de riesgos a las instalaciones para la planta Fraccionadora de Hidrocarburos, se encontraron 11 escenarios en la zona ALARP, por lo que las recomendaciones emitidas en este estudio deberán implementarse a la brevedad para evitar incidentes en la planta.

CAPITULO IV DISCUSIÓN

En general se considera que la planta estudiada que forman parte del proyecto, en el CPG Nuevo Pemex, muestra un adecuado nivel de seguridad, considerando que se cuenta con protecciones adecuadas y suficientes para la mayor parte de los 259 escenarios de riesgo identificados, particularmente en las secciones de proceso que actualmente se encuentran en operación. En los escenarios donde no se determinó que las protecciones no eran suficientes o adecuadas a los riesgos identificados, se generaron un total de 45 recomendaciones para mejorar la seguridad de las plantas, principalmente identificados en escenarios de riesgo que se consideran tolerables, resultando en un total de 22 recomendaciones clase C y 13 recomendaciones clase B, correspondientes a riesgos localizados en zona ALARP. Cabe destacar que no se identificaron riesgos no tolerables.

La mayor parte del proyecto consiste en rehabilitar y reparar equipo existente en la planta que actualmente se encuentran en operación, sin embargo existen algunos cambios de proceso (en la sección de endulzamiento y acondicionamiento de etano), que no habían sido analizados adecuadamente en etapas previas del proyecto, y que en el presente estudio fueron evaluados utilizando documentos de ingeniería que se encontraban todavía en proceso y en donde no se había integrado la información de proveedores. En estas secciones se identificaron varios escenarios de riesgos y recomendaciones importantes para garantizar una operación segura. Las recomendaciones relativas a estos cambios de proceso deberán analizarse con detalle una vez que se cuente con la documentación de ingeniería final de la planta,

incluyendo la información definitiva APC de los proveedores de los equipos nuevos, previo a su implementación final en la ingeniería de la planta.

Como parte complementaria al estudio de riesgos de análisis HAZOP, se puede establecer el estudio de análisis de consecuencias con la finalidad de dimensionar los efectos que tendrán los escenarios relevantes del análisis HAZOP y simulados mediante un software el cual nos permita determinar los radios máximos de afectación de las zonas de amortiguamiento y alto riesgo.

Los efectos que se pueden considerar incluyen la formación y dispersión de nubes inflamables, explosivas o tóxicas, así como la posible formación de albercas de fuego (“pool fire”), incendio tipo chorro (“jet fire”), flamazos (“flash fire”), bola de fuego (“fire ball”) y explosiones. La zona de amortiguamiento se define como aquella con niveles de radiación térmica entre 1.4 y 5 kW/m² para el caso de incendios, niveles de sobrepresión entre 0.5 y 1 psi en el caso de explosiones y niveles de concentración entre el TLV8 o TLV15 y el ILDH en el caso de dispersión de nubes tóxicas. La zona de alto riesgo está definida por niveles de radiación superiores a los 5 kW/m², sobrepresiones por encima de 1 psi y niveles de concentración de sustancias tóxicas superiores al ILDH. Se pueden considerar tres tipos de casos denominados Caso Más Probable (CMP), Peor Caso (PC) y Caso Alternativo (CA). Para este tipo de análisis se consideran condiciones climáticas como por ejemplo, la menos favorable para la dispersión (estabilidad atmosférica “F” y velocidad de viento 1.5 m/s) y otra considerada como condiciones promedio en la región (estabilidad atmosférica fue “D” y una velocidad de viento de 7.5 m/s).

En la Tabla 9 se describe la clasificación de las condiciones de estabilidad atmosférica que se pueden tomar en cuenta para este análisis.

Tabla 9. Condiciones de estabilidad atmosférica. [11]

Condición de Pasquill	Atmósfera	Condiciones esperadas en el sitio
A	Extremadamente inestable	Totalmente soleado con vientos ligeros
A/B	Inestable	Como A, sólo que menos soleado o con más vientos
B	Inestable	Como A/B, sólo que todavía menos soleado o con más vientos
B/C	Moderadamente inestable	Sol y vientos moderados
C	Moderadamente inestable	Mucho sol y mucho viento, o nublado con vientos ligeros
C/D	Moderadamente inestable	Sol moderado y mucho viento
D	Neutral	Poco sol y mucho viento o nublado con vientos durante la noche
E	Moderadamente estable	Menos nublados y menos vientos durante la noche que en D
F	Moderadamente estable	Noche con nublado moderado y vientos de ligeros a moderados

Fuente: Condiciones meteorológicas al momento de la fuga de la sustancia peligrosa DC0-GD0ESSPA-CT-001

Al término de este análisis se puede considerar que en cada caso analizado se cuenta con protecciones adecuadas y suficientes de acuerdo al HAZOP tomado como base para la selección de escenarios. Se pueden generar recomendaciones adicionales a las ya establecidas en dicho estudio, sin embargo, es importante señalar que para que las protecciones aplicables mantengan su efectividad es necesario aplicar los programas incluidos en los elementos del Sistema de Administración de la Seguridad, Salud y Protección Ambiental (SSPA) de PEMEX y

en particular los del Subsistema de Administración de Seguridad de los Procesos, destacando especialmente los programas y actividades derivadas de los elementos de Integridad Mecánica y Administración del Cambio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio de análisis de riesgos HAZOP, nos da una pauta muy certera para saber el comportamiento de la planta, en cuanto a operación y los riesgos de operabilidad que puede existir por una mala operación y/o una mala ingeniería, tomando en cuenta este estudio se pueden reducir los riesgos al mínimo. En este caso donde una parte de la planta se encuentra en operación y va a sufrir un revamp, el cual permita obtener el producto deseado con las especificaciones necesarias para su comercialización, tiene un poco más de dificultad ya que el área operativa lleva varios años trabajando de una forma, puede haber conflictos entre la parte de ingeniería y la parte operativa, en estos casos, contando con el Grupo Multidisciplinario de Análisis y Evaluación de Riesgos, en donde se incluye la parte operativa, se puede llegar a un acuerdo, donde se mitigue el riesgo y sea, desde la parte operativa, lo más fácil y familiar para el operario.

Por otra parte, las recomendaciones que se hacen para la optimización y operación segura de la planta deben siempre cumplirse para la ingeniería en desarrollo.

La parte de construcción, comisionamiento y arranque de la planta deberá de revisar y confirmar todas las recomendaciones hechas en este estudio de análisis de riesgo, de igual forma, la compañía dueña de las instalaciones, en este caso PEMEX, deberá de dar un seguimiento puntual y reiterativo para el arranque y operación segura de la planta fraccionadora de hidrocarburos.

Como parte de enseñanza en mi vida profesional, es bastante destacado el hecho de participar en un estudio de análisis de HAZOP, ya que te da la oportunidad de ver no sólo el punto de vista de ingeniería, sino el de la parte operativa, que es la

que trabaja diariamente con los diseños e ingeniería generadas en oficinas de trabajo, donde podemos pensar en varias cosas, pero en realidad, la operación se puede complicar por algunas consideraciones hechas, todos estos diseños se pueden estudiar y cambiar en el momento del análisis, gracias a la integración de todo un grupo multidisciplinario.

REFERENCIAS

- [1] Casal Fàbrega J.(1999): *Análisis del riesgo en instalaciones industriales*. España: Univ. Politèc. de Catalunya.
- [2] Perry R. H. y D. W. Green (2003): *Manual del ingeniero químico*. España: McGraw Hill.
- [3] Secretaría de Energía, Republica de Argentina, «www.energia3.mecon.gov.ar» [En línea]. [Último acceso: 05 11 2014]
- [4] Reyes Delgado G. y V. Macías Jaén (2005): *Seguridad funcional en plantas de proceso: sistemas instrumentados de seguridad y análisis SIL*, Inerco.
- [5] Asfahl C. R. y D. W. Rieske (2010): *Seguridad industrial y administración de la salud*. México: Prentice Hall.
- [6] I. M. d. I. Químicos (2000): *Análisis de riesgos de procesos (ARP): Un esquema de mejora de la técnica "HazOp"*. *Tecnología, Ciencia, Educación*, vol. 15, n° 2, pp. 49-60.
- [7] CCPS, *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*, 3rd edition, Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, New York, 2008.
- [8] PEMEX, Norma de Referencia NFR-018-PEMEX-2007, Rev 0, *Estudios de Riesgos*, 05 de Enero de 2008.

- [9] PEMEX, Guía Técnica 800-16400-DCO-GT-75, *Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgos de Proceso*, Rev. 0, 3 de septiembre de 2010.
- [10] PEMEX, COMERI 144, *Lineamientos para realizar Análisis de Riesgos de Proceso, Análisis de Riesgos de Ductos y Análisis de Riesgos de Seguridad Física, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios*, Rev. 2, 2010.
- [11] *Condiciones meteorológicas al momento de la fuga de la sustancia peligrosa DCO-GDOESSSPA-CT-001 Rev. 1*