



Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una  
columna fraccionadora de alimentación a los reactores de  
coquización

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A:

ROBERTO DE JESUS GONZÁLEZ COLÍN



DIRECTOR DE TESIS:

Dr. M. JAVIER CRUZ GÓMEZ

ASESOR TÉCNICO:

Dr. NÉSTOR NOÉ LÓPEZ CASTILLO



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## ***Agradecimiento***

### ***A Dios***

*Por acompañarme en todo lo que hago, por ser mi fortaleza y llenarme de bendiciones.*

### ***A mis padres Salvador y Marcela***

*Por apoyarme en todo momento, por guiarme, por haberme dado la oportunidad de estudiar y por todo lo que han hecho por mí.*

### ***A mi hermano Julio***

*Por siempre cumplir con ser mi hermano mayor y poner el ejemplo en todo lo que hace.*

### ***A mí querida Tania J.***

*Por estar conmigo incondicionalmente, por ser mi motivación, por todo por su amor y comprensión y por ser mi compañera.*

### ***A mis tías: Elvira, Rosalba, Eulalia y a mi prima Paola***

*Por siempre cuidarme y estar pendiente de mí.*

### ***A mis amigos de la facultad:***

*Diego A., H. Iván, Gerardo, Gamaliel G., Irving Por haber compartido las aulas y brindarme su amistad, especialmente a Francisco X. por estos 5 años de amistad, apoyo y consejos.*

### ***A mis amigos:***

*Carlos A., José L., J. Daniel y Samir por su apreciable amistad.*

### ***A la honorable Universidad***

*Por haberme dado una educación íntegra. ¡Es un honor ser de la UNAM!*

### ***A la FES Zaragoza***

*Por haberme brindado conocimiento, amistades y valores.*

### ***A la Escuela Nacional Preparatoria***

*Por haberme abierto las puertas de la universidad.*

***Al honorable jurado***

*Por haberse tomado el tiempo de revisar este trabajo y hacer valiosas observaciones.*

***Al Grupo CEASP<sup>4</sup>A de la Facultad de Química***

*Por haberme abierto las puertas al mundo laboral y motivarme a hacer este trabajo, especialmente al Dr. Néstor Noé y al Dr. M. Javier, por todo su tiempo y paciencia*

***A los profesores de la FES Zaragoza***

*Por desempeñar su trabajo de una manera profesional y honesta en especial al profesor Thomas Vargas, a la profesora Dominga Ortiz, al profesor Fausto Calderas, al profesor Cuauhtémoc Lagos, al profesor Rene de la Mora, al profesor Eduardo Loyo, al profesor Alejandro Juvenal, y al profesor Genaro Altamirano, por sus magníficos cursos. ¡Muchas gracias!*

***Por mi raza hablará el espíritu.***



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

\*ZARAGOZA\*

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/ 348/14

ASUNTO: Asignación de Jurado

Alumno (a): **González Colín Roberto de Jesus**

**PRESENTE**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>PRESIDENTE</b>	<b>M. en M. GENARO ALTAMIRANO GARCÍA</b>
<b>VOCAL</b>	<b>DR. M. JAVIER CRUZ GÓMEZ*</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>DR. NÉSTOR NOÉ LÓPEZ CASTILLO</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>M. en I. CUAUHTÉMOC LAGOS CHÁVEZ</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>DR. FAUSTO CALDERAS GARCÍA</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**  
México D.F. a 19 de junio de 2014

**JEFE DE CARRERA**

**DR. ROBERTO MENDOZA SERNA**



## Tabla de contenido

<b>Abreviaturas</b> .....	<b>III</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>IV</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>V</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>VI</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>VII</b>
<b>Objetivo general</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Objetivos particulares</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Capítulo 1 Marco Teórico</b> .....	<b>1-1</b>
1.1 Generalidades del petróleo .....	1
1.2 Obtención del petróleo .....	2
1.3 Importancia de la industria petrolera en México. ....	6
1.4 Coquización .....	6
1.5 Coquización fluida. ....	7
1.6 Coquización retardada. ....	8
1.7 Reacciones químicas. ....	11
1.8 Generalidades del proceso a analizar. ....	13
1.9 Descripción del proceso del sistema a analizar .....	14
1.10 Seguridad industrial. ....	16
1.11 Integridad mecánica .....	16
1.12 Riesgo, peligro y accidente. ....	17
1.13 Análisis de riesgos .....	17
1.14 Antecedentes históricos de los análisis de riesgos. ....	18
1.15 Clasificación de los análisis de riesgos .....	19
1.16 Métodos cualitativos. ....	20



1.16.1	<i>Métodos comparativos</i> .....	20
1.16.1.1	Manuales técnicos o códigos y normas de diseño.....	20
1.16.1.2	Lista de comprobación (Safety Check List).....	20
1.16.1.3	Análisis histórico de accidentes.....	21
1.16.1.4	Análisis preliminar de riesgos, APR [ Preliminary Hazard Analysis ,(PHA)]. .....	21
1.16.2	<i>Métodos generalizados</i> .....	21
1.16.2.1	Análisis What if...? : ¿Qué pasa si...?.....	22
1.16.2.2	Análisis HAZOP.....	22
1.17	Métodos Semicualitativos.....	30
1.18	GUÍA DG-SASIPA-SI-02741.....	30
<b>Capítulo 2.</b>	<b>Aplicación del análisis</b> .....	<b>2-2</b>
2.1	Selección del método.....	35
2.2	Aplicación del HAZOP.....	35
2.2.1	<i>Recopilación de información</i> .....	35
2.2.2	<i>Selección de nodos</i> .....	35
2.2.3	<i>Palabras guía y parámetros para cada nodo</i> .....	36
2.3	Análisis de integridad mecánica.....	46
<b>Capítulo 3</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>3-3</b>
	Resultados .....	47
<b>Capítulo 4</b>	<b>Análisis de resultados</b> .....	<b>4-4</b>
	Análisis de resultados.....	66
	<b>Conclusiones</b> .....	71
	<b>Bibliografía</b> .....	73
	<b>Anexo "A" Planos Utilizados</b> .....	74
	<b>Anexo "B" Análisis HAZOP completo</b> .....	98



## **Abreviaturas.**

ANSI: American National Standards Institute.

ALK: Alquiler.

APR: Análisis Preliminar de Riesgos.

API: American Petroleum Institute.

ASME: American Society for Testing and Materials.

DFP: Diagrama de Flujo de Proceso.

DTI: Diagrama de Tuberías e instrumentación.

FCC: Fluid Catalytic Cracking.

FMEA: Failure Modes and Effects Analysis.

HAZOP: Hazard Operability.

HCGO: Gasóleo de Coque Pesado.

ISO: International Organization for Standardization.

LCGO: Gasóleo de Coque Ligero.

LAL: Level Alarm Low.

LAH: Level Alarm High.

PAL: Pressure Alarm High.

PAH: Pressure Alarm Low.

PSV: Pressure Safety Valve.

PLG: Plano de Localización General.

TAH: Temperature Alarm High.

TAL: Temperature Alarm Low.

VAAR: Válvula de Acción Remota.

HV: Válvula de corte.

XV: Válvula Automática.



## Índice de tablas

<i>Tabla 1.1 Palabras guía.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 1.2 Parámetros de desviaciones posibles para flujo.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 1.3 Parámetros de desviaciones posibles para el nivel.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 1.4 Parámetros de desviaciones posibles para la presión.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 1.5 Parámetros de desviaciones posibles para la temperatura.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 1.6 Parámetros de desviaciones posibles para el material incorrecto.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 1.7 Formato de recopilación HAZOP:.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 1.8 Significado de las columnas del formato de recopilación del HAZOP.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 1.9 Clasificación de los riesgos (matriz de riesgos).....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 1.10. Ocurrencia de los eventos.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 1.11. Clasificación de las recomendaciones.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 2.1. Pruebas mecánicas.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 3.1. Descripción de los nodos.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 3.2. Descripción del nodo 1.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 3.3. Análisis de escenario de la desviación 1.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 3.4. Análisis de escenario de la desviación 2.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 3.5. Análisis de escenarios de la desviación 3.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 3.6. Análisis de escenario de la desviación 4.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 3.7. Análisis de escenario de la desviación 5. (Resumen).....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 3.8. Análisis de Escenario para el nodo 6.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 3.9. Análisis de escenario de la desviación 7.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 3.10. Análisis de escenario de la desviación 8.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 3.11. Análisis de escenario de la desviación 9.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 3.12. Análisis de escenario de la desviación 10.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 3.13. Análisis de escenario de la desviación 11.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 3.14. Análisis de escenario de la desviación 12.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 3.15. Análisis de escenario de la desviación 13.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 3.16. Análisis de escenario de la desviación 14.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 3.17. Análisis de escenario de la desviación 15.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 3.18. Análisis de escenario de la desviación 16.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 3.19. Descripción del nodo 2.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 3.20. Análisis de escenario de la desviación 1.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 3.21. Análisis de escenario de la desviación 2.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 3.22. Análisis de escenario de la desviación 3.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 3.23. Análisis de escenario de la desviación 4.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 3.24. Análisis de escenario de la desviación 5.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 3.25. Análisis de escenario de la desviación 6.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 3.26. Análisis de escenario de la desviación 7.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 3.27. Análisis de escenario de la desviación 8.....</i>	<i>63</i>



<i>Tabla 3.28. Análisis de escenario de la desviación 9.....</i>	63
<i>Tabla 3.29. Análisis de escenario de la desviación 10.....</i>	63
<i>Tabla 3.30. Análisis de escenario de la desviación 11.....</i>	64
<i>Tabla 3.31. Análisis de escenario de la desviación 12.....</i>	64
<i>Tabla 3.32. Análisis de escenario de la desviación 13.....</i>	64
<i>Tabla 3.33. Análisis de escenario de la desviación 14.....</i>	65
<i>Tabla 3.34. Pruebas aplicadas a la torre fraccionadora.....</i>	65
<i>Tabla 4.1. Resumen del análisis.....</i>	66
<i>Tabla 4.2. Recomendaciones para los riesgos tipo B (parte1).....</i>	67
<i>Tabla 4.3. Recomendaciones para los riesgos tipo B (parte 2).....</i>	67
<i>Tabla 4.4. Recomendaciones para los riesgos tipo B (Parte 3).....</i>	68

## Índice de figuras

<i>Figura 1.1 Diagrama general de la refinación del petróleo.....</i>	5
<i>Figura 1.2 México cuenta con abundantes recursos energéticos.....</i>	6
<i>Figura 1.3 Diagrama general de la coquización fluida.....</i>	7
<i>Figura 1.4. Coquización retardada.....</i>	10
<i>Figura 1.5. Reacción de craqueo.....</i>	12
<i>Figura 1.6. Reacción de polimerización.....</i>	13
<i>Figura 1.7. Ciclo de vida de un activo.....</i>	16
<i>Figura 1.8. Matriz para la estimación del índice de riesgo.....</i>	33
<i>Figura 2.1. Diagrama simplificado de la planta con nodos identificados.....</i>	37
<i>Figura 2.2 Interfaz HAZOP Wizard.....</i>	38
<i>Figura 2.3. Datos base para el análisis.....</i>	38
<i>Figura 2.4. Palabras guía / parámetros a analizar.....</i>	39
<i>Figura 2.5. Sesiones HAZOP.....</i>	40
<i>Figura 2.6. Fondo de la torre fraccionadora (imagen tomada del DTI 10-19).....</i>	41
<i>Figura 2.7. Análisis de escenario.....</i>	41
<i>Figura 2.8. Análisis de escenario.....</i>	42
<i>Figura 2.9. Frecuencia de las causas analizadas.....</i>	42
<i>Figura 2.10. Consecuencias para los trabajadores.....</i>	43
<i>Figura 2.11. Consecuencias para la comunidad.....</i>	43
<i>Figura 2.12. Consecuencias para el medio ambiente.....</i>	43
<i>Figura 2.13. Consecuencias para los intereses de la planta.....</i>	44



## Resumen

La industria petrolera en el país ha sido de gran importancia desde hace más de 50 años, esta es el sustento del país mediante la explotación, refinación y producción de productos derivados del petróleo.

El petróleo es un producto energético y la naturaleza de los procesos de refinación y producción de este son muy riesgosas, por lo tanto, la seguridad industrial toma un papel de gran importancia teniendo como finalidad acotar y minimizar los riesgos a los que se expone el personal, el ambiente y sobre todo la población.

Las plantas coquizadoras se ubican dentro de las refinerías de petróleo, estas plantas suelen ser las más grandes dentro de las instalaciones y suelen representar un gran riesgo, el cual debe de ser acotado para prevenir accidentes.

Este trabajo tiene como objetivo realizar un análisis de riesgo e integridad mecánica a la sección de alimentación a los reactores de coquización de la planta coquizadora, el análisis de riesgo parte desde qué análisis de riesgos es el más conveniente, ver sus ventajas y desventajas de los métodos de análisis disponibles y el análisis de integridad mecánica parte de identificar las principales pruebas y ensayos aplicados en cada fase de la ingeniería, para asegurar el correcto funcionamiento de la torre durante la vida de la planta, hasta determinar que pruebas fueron aplicadas.

Además se elige una metodología con base a la normatividad DG-SASIPA-SI-02741, y se determina que la metodología HAZOP es la adecuada, esta es una metodología sistemática, la cual requiere de un equipo de trabajo con experiencia suficiente para poder evaluar los escenarios de riesgo.

El presente análisis HAZOP se expone desde la perspectiva y experiencia que se tuvo como líder del equipo de trabajo, en donde las principales funciones fueron:

1. Recopilación de información, en donde se seleccionó y se administró el material disponible para un análisis más dinámico.
2. Se determinó el área del proceso a estudiar, y
3. Se dividió en dos nodos que fueron identificados en los DTI's disponibles.
4. Coordinar las sesiones HAZOP.

Con ayuda del software HAZOP Wizard que está diseñado con base en la normatividad antes mencionada se procedió a las sesiones HAZOP, el programa tuvo como función organizar la información, ayudar a determinar las desviaciones del proceso y los escenarios a evaluarse, para las sesiones HAZOP se necesitó ayuda de un grupo multidisciplinario el cual evaluó el riesgo, determinó las salvaguardas y finalmente se hicieron las recomendaciones que se consideraron adecuadas.



Como se mencionó antes, la base de la metodología HAZOP es la experiencia del equipo de trabajo, por lo tanto este trabajo se enfocó en la introducción y aplicación de la metodología.

Por otra parte se muestra un breve análisis de integridad mecánica de la torre fraccionadora, en el cual se identificaron las principales pruebas que fueron aplicadas en cada fase de ingeniería.

## **Introducción**

La administración del riesgo es reconocida como una parte integral de las buenas prácticas de las actividades relacionadas con el análisis, evaluación y control de los riesgos que están sujetos a una empresa, con el fin de acotarlos y minimizar los efectos a la población, al ambiente y a los intereses de la empresa, dentro de la administración del riesgo se involucran diversas actividades como diseño, operación, mantenimiento y seguridad que pueden alterar un riesgo.

Una parte importante de la seguridad industrial es la prevención de accidentes y esto se logra con base a análisis de riesgo de procesos, estos se vienen usando desde hace 30 años debido a la relevancia que ha tenido la seguridad al trabajador, a la población y por el creciente interés de mitigar los años al medio ambiente, esta importancia que se le ha dado a la seguridad ha derivado en metodologías sistemáticas de análisis para identificar y minimizar los riesgos, estas técnicas se basan en la experiencia adquirida al paso de los años.

Los análisis de riesgo son disciplinas que combinan la evaluación ingenieril de procesos con técnicas matemáticas que permiten hacer estimaciones de frecuencia y consecuencia de accidentes.

Esta tesis tiene como objetivo aplicar un análisis de riesgos partiendo desde la selección del método, hasta las recomendaciones finales, todo esto desde el punto de vista de líder del equipo de trabajo.

En el primer capítulo se exponen algunas generalidades del petróleo, refinación de éste, además del proceso de coquización retardada y continua, adicionalmente se estudia la integridad mecánica, los tipos de análisis de riesgos y sus aspectos como peligro y accidente, además se muestran cómo se clasifican los tipos de análisis de riesgos, haciendo hincapié en el método elegido de este trabajo que es la metodología HAZOP.

En el capítulo dos se explica el método aplicado del análisis de riesgos, desde el punto de vista del líder de equipo de trabajo, adicionalmente, se muestran los pasos que se fueron siguiendo para poder lograr el análisis, además se expone lo que fue tomado en



cuenta para analizar la integridad mecánica de la torre. En el capítulo tres se muestran los resultados de las sesiones HAZOP realizadas, y con ayuda de un software proporcionado por la Facultad de Química se muestra un listado de los tipos de riesgos encontrados en los procesos analizados, en la parte final del capítulo se muestran las pruebas que fueron identificadas para el análisis de integridad mecánica.

En el capítulo cuatro se muestra un análisis de los resultados arrojados de las sesiones HAZOP, así como las recomendaciones que el grupo de trabajo consideró adecuadas para los riesgos más elevados de la sección analizada, además se analizó la información obtenida del análisis de integridad mecánica.

### **Objetivo general:**

Realizar un análisis de riesgo de procesos e integridad mecánica de una torre fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización, de una planta coquizadora.

### **Objetivos particulares:**

- ✚ Analizar el proceso, y hacer una descripción del proceso a analizar.
  
- ✚ Recopilar y adecuar la información necesaria para hacer más dinámico el análisis de riesgos, dividir el proceso en los nodos que se crea conveniente.
  
- ✚ Identificar las variables de procesos, así como determinar el escenario a analizar durante las sesiones HAZOP.
  
- ✚ Dirigir y llevar por buen rumbo las sesiones HAZOP.
  
- ✚ Analizar la información arrojada del análisis HAZOP.
  
- ✚ Evaluar la integridad Mecánica de la torre fraccionadora



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización.



México 2014

# Capítulo 1 Marco Teórico



## 1.1 Generalidades del petróleo

---

El petróleo es una de las materias primas más importantes de la historia de la humanidad, es poco imaginable la vida actual sin petróleo, ya que es punto de partida de gran parte de los productos que se utilizan hoy en día.

El petróleo crudo proviene del subsuelo, donde los restos de plantas y animales han sido fosilizados, es generalmente de color negro, tiene un olor característico que proviene de la presencia de pequeños compuestos químicos que contienen azufre y nitrógeno, existen diferentes tipos de grados de petróleo, cada grado tiene una composición específica que se determina por la fuente original del compuesto, así como las propiedades del suelo circundante.

El petróleo puede ser dulce o amargo, esto se refiere al grado de azufre contenido, debido a esto, el petróleo debe ser refinado para convertirlo en productos utilizables y relativamente amables para el ambiente. Existen diferentes tipos de procesos de refinación que convierten el petróleo en: combustible, ceras, productos químicos, plásticos y otros productos utilizables en la sociedad moderna.

### *Composición del petróleo.*

El petróleo es una mezcla de compuestos de hidrocarburos que van desde el más pequeño (metano), con un solo átomo de carbono a compuestos que contienen 300 o más átomos de carbono, una parte importante de estos son las parafinas y los naftenos.

Sin embargo, no todos los compuestos contenidos en el petróleo crudo son los hidrocarburos, también contienen impurezas en pequeñas cantidades como el azufre presente en compuestos. Estos compuestos orgánicos están presentes a través de todo el proceso de refinación, estos tienen estructuras similares a la de los hidrocarburos pero en adición con uno o más átomos de azufre (mercaptanos), también se encuentran tiofenos que están en su mayoría en el residuo pesado de la refinación, además de bisulfuros que se encuentran en medio del proceso de refinación.

Las impurezas más comunes de metales que se encuentran en los hidrocarburos son el níquel, vanadio y sodio, estos no son muy volátiles y se encuentran en el residuo, estos son difíciles de eliminar normalmente y son una molestia que afecta al procesamiento de aceites, además de que pueden causar daño en los catalizadores.

(Speight, 2011)



## 1.2 Obtención del petróleo

---

El petróleo es un recurso natural no renovable y actualmente es la principal fuente de energía de todos los países.

### *Extracción.*

El proceso de obtención de los derivados del petróleo comienza con la perforación de pozos, se realizan etapas previas de exploración y desarrollo que en la industria se conoce como upstream. Si la presión de los fluidos es suficiente, forzará la salida natural del petróleo a través del pozo, este se conecta a oleoductos para su tratamiento primario donde se deshidrata y estabiliza eliminando los compuestos más volátiles, posteriormente se envía a refinación, durante la vida del yacimiento la presión descenderá y será necesario usar otras técnicas para la extracción de petróleo.

### *Refinación:*

Una vez descubierto y perforado el pozo, el petróleo se lleva a tierra, donde se transforma en productos industriales y de consumo, los principales procesos en la refinación del petróleo son:

### **Separación, Conversión y Purificación.**

#### *Separación:*

En la primera etapa se lleva a cabo una serie de torres de destilación, con el producto de cada torre se alimenta a la siguiente. Un horno seguido de cada torre de destilación calienta y vaporiza la mezcla de hidrocarburo, la sección de alimentación de la torre en su punto más alto puede llegar a 752°F. Los componentes que son todavía líquidos son el residuo de la torre, los componentes en forma de vapor se elevan hasta el domo de la torre y son condensados.

El rendimiento de las torres varía dependiendo del tipo de crudo alimentado, debido a que el punto de ebullición disminuye a presiones bajas, la destilación final puede ser al vacío.

Los productos de la parte inferior de la torre son muy pesados, líquidos y viscosos, estos requieren un segundo tratamiento para convertirlo en productos útiles.

La destilación separa el petróleo crudo en productos útiles, sin embargo, se obtienen rendimientos muy bajos debido a la calidad del crudo, gran parte del proceso de destilación son compuestos pesados, es por eso que los procesos de conversión son importantes, su propósito es convertir petróleo crudo en gasolina y diesel.



### *Conversión:*

La conversión de hidrocarburos de cadena larga en corta puede ser comparada con el corte de una cadena de acero para tener más pequeñas, esta es la función de las FCC y los hidrocraqueadores.

Además de romper las cadenas, hay ocasiones en los que se requiere cambiar la forma de la cadena, aquí es donde son necesarios los reformadores catalíticos y la alquilación. Cabe resaltar que los catalizadores son de importancia crítica en la mayoría de estos procesos.

Se utiliza un catalizador para convertir el crudo en una mezcla de diésel y gasolina, el catalizador de la FCC promueve la reacción que rompe las cadenas más largas para obtener la mayor cantidad de gasolina posible, inclusive con el catalizador, las reacciones requieren de elevadas presiones y temperaturas (1000°F).

El residuo de la torre de vacío, si se deja enfriar a temperatura ambiente, se convertirá en un sólido, algunos residuos son vendidos como asfalto, además de pesado es muy contaminante para ser procesado en la FCC.

También las refinerías se ayudan de las hidrocraqueadoras que también utilizan grandes presiones y temperaturas. En el hidrocraqueo, el catalizador se mantiene en un lugar fijo y el petróleo pasa sobre el catalizador, mientras que en la FCC, el catalizador es mucho más fino y se mueve junto con el crudo en forma de gas. El hidrocraqueo produce productos con bajas concentraciones de azufre.

En los procesos de conversión discutidos al momento han sido referentes a cadenas largas de hidrocarburos, no obstante hay otras cadenas de hidrocarburos que son demasiado cortas como el butano que es un subproducto. La unidad de alquilación (ALK) combina los butanos convirtiéndolos en una cadena más larga con ayuda de los catalizadores.

El proceso de conversión es la reformación catalítica, que tiene como objetivo aumentar el número de octano en la mezcla de gasolina, las mismas cadenas de carbono pueden tener diferentes números de octanos, las cadenas rectas o parafinas pueden tener un bajo número de octano, mientras que los compuestos aromáticos tienen índices de alto octano.

El catalizador a altas presiones y temperaturas reforma las parafinas en compuestos aromáticos, de ahí el nombre de reformador catalítico.



### *Purificación:*

Una vez que el petróleo crudo ha sido separado y convertido esta listo para su purificación, que es esencialmente la eliminación de azufre. Esto se hace por hidrotratamiento que es un proceso similar al hidrocraqueo, en el tratamiento los productos con impurezas se ponen en contacto con hidrógeno, a alta presión y temperatura en presencia de un catalizador, y da como resultado un sulfuro de hidrógeno y el producto desulfurado.

La eliminación de azufre es esencial para las especificaciones de calidad de los productos, además del cuidado ambiental, en esta área encontramos las hidrodeshulfuradoras de gasóleo, pesado y ligero, de nafta y la hidrodeshulfuradora de diésel. En la figura 1.1 se muestra un diagrama general de la refinación del petróleo.  
(Exxon Mobil, 2011)

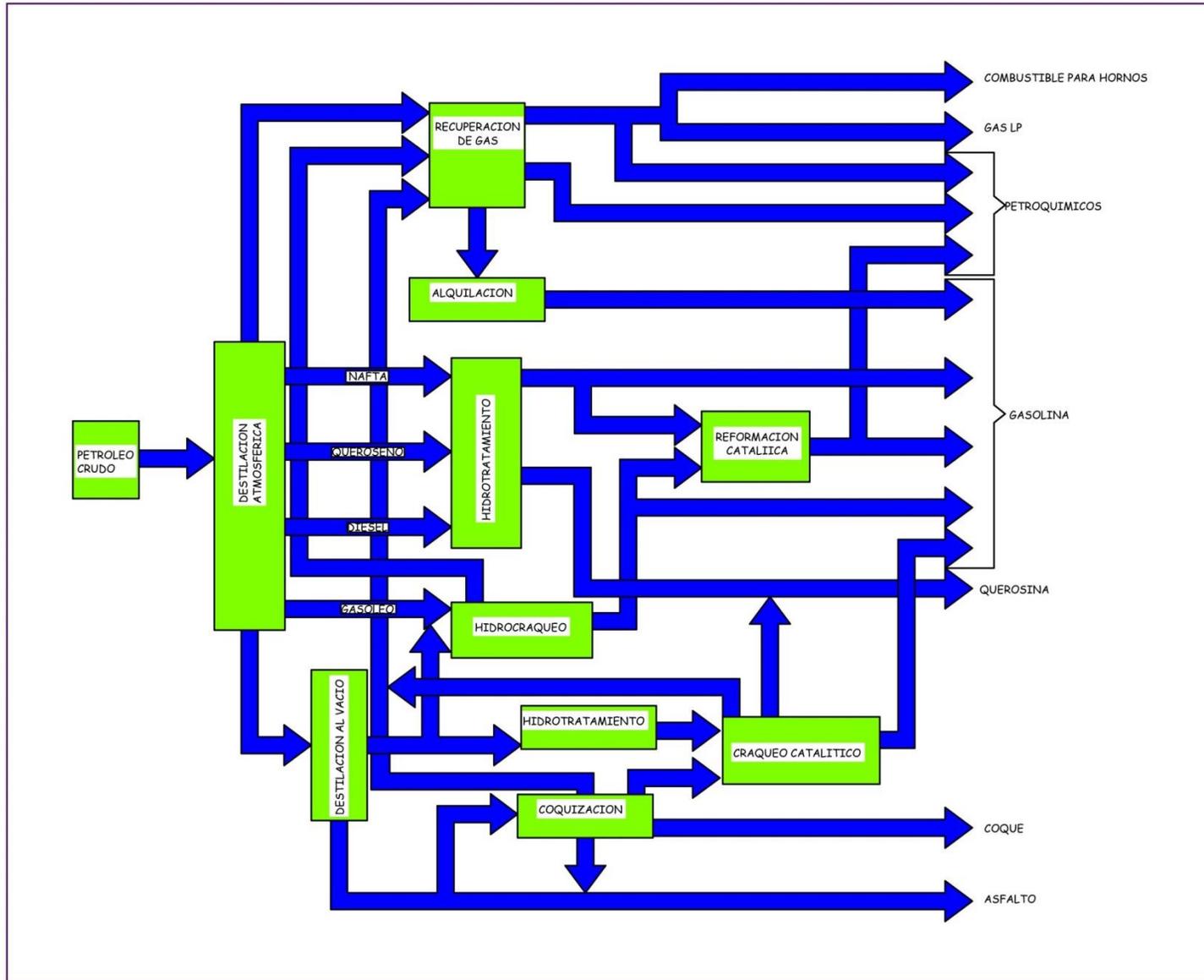


Figura 1.1 Diagrama general de la refinación del petróleo.



### 1.3 Importancia de la industria petrolera en México

---

México es considerado en el mundo como un país con recursos económicos por la posesión de petróleo. Sin embargo, esta riqueza se ajusta al vaivén de los precios internacionales del crudo aunque existe un sentir en todos los sectores del país, que el verdadero problema no son estos precios, si no la gran dependencia que tiene el país en cuanto a los ingresos petroleros; la carga fiscal de petróleos mexicanos debe ser mucho menor que la establecida en la actualidad estimada en 33% del ingreso público total.

Los recursos que México tiene en el crudo son abundantes, (ver figura 1.2) y deberían ser administrados para prever el futuro o para cuando cambien las condiciones económicas de los precios del crudo. Una de las formas de generar riqueza con el crudo es procesándolo ya que por cada peso que se pueda obtener al exportar crudo, se generan alrededor de dieciséis veces, si este se procesa o refina y se obtienen productos con mayor valor agregado.

Sin embargo, de acuerdo con la memoria de labores de PEMEX del año 2000, la tendencia que se observa en la producción de los aceites crudos pesados es mayor la de los ligeros, lo cual representa un reto adicional, por el tipo de procesamiento que se tiene que realizar en el sistema actual de refinación debido a que no fue diseñado para este tipo de crudo. (Rafael Torres Robles, 2002)



**Figura 1.2 México cuenta con abundantes recursos energéticos.**

### 1.4 Coquización

---

En el proceso de coquización se dan las reacciones de craqueo térmico más severas, en donde el residuo de vacío de las torres primarias es convertido en productos como nafta, gasóleos y coque. Este proceso es particularmente útil cuando se cuenta con crudos muy pesados, además de que se debe encontrar un mercado adecuado para el coque, o puede representar costos adicionales para su calcinación.

Hoy en día se encuentran con dos procesos de coquización, el proceso donde la coquización es retardada y otro donde es fluida, sin embargo, la complejidad y el costo del proceso de coquización fluida hace que sea poco conveniente cuando se

busca un proceso sencillo y de bajo costo para convertir los residuos en productos más valiosos. (David S.J.Jones, 2006)

## 1.5 Coquización fluida

La coquización fluida es un proceso desarrollado a mediados de la década de 1950, en la cual se usan sólidos fluidizados que convierte residuos atmosféricos y de vacío en productos de mayor valor. El rendimiento de los productos destilados de coquización fluida se puede mejorar mediante la reducción del tiempo de residencia de los vapores craqueados, la coquización fluida se usa en plantas donde se cuentan con hidrocarburos muy pesados. (Exxon Mobil, 2010)

Proceso (ver figura 1.3).

En el proceso, la materia prima caliente, se pulveriza sobre un lecho fluidizado de partículas de coque finas y calientes, esto permite que las reacciones de coquización se lleven a cabo a temperaturas más altas y tiempos de contacto más cortos que los que se emplean en la coquización retardada.

Estas condiciones dan como resultado la disminución de los rendimientos de coque, el proceso utiliza dos

recipientes: un reactor y un quemador. El reactor contiene un lecho de partículas de coque fluidizado, el vapor se introduce en la parte inferior del reactor para fluidizar el lecho. La materia prima proviene de la parte inferior de la torre de vacío a 500 °F y se inyecta directamente por parte superior del reactor.

La temperatura en el recipiente de coquización va desde 1650 °F a 1922 °F, la presión es cercana a la presión atmosférica, por lo que la alimentación de entrada está parcialmente vaporizada y es parcialmente depositada en las partículas de coque fluidizado.

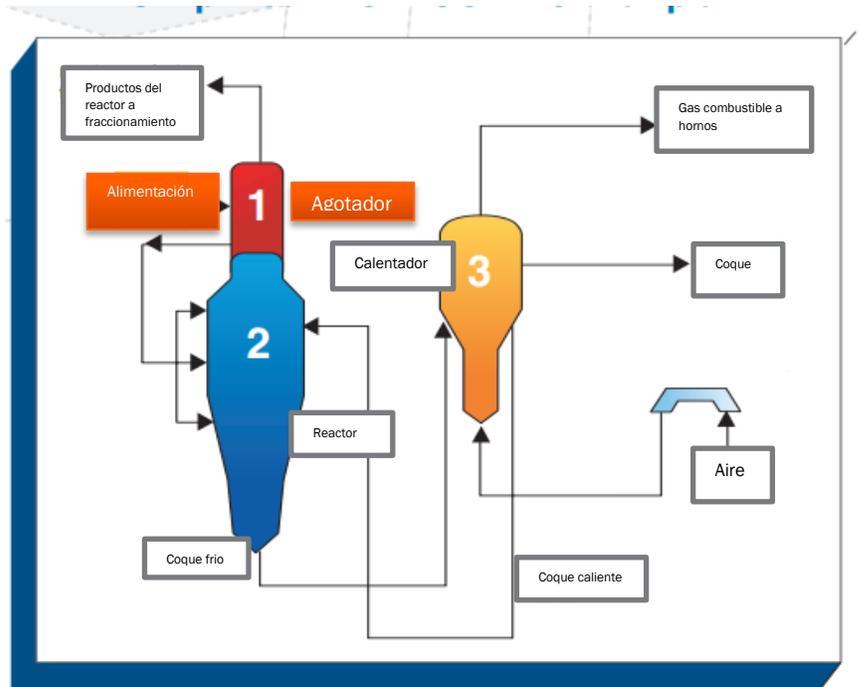


Figura 1.3 Diagrama general de la coquización fluida.



Eventualmente, la alimentación se craquea y vaporiza, dejando un residuo que se seca y forma coque. Los vapores producto pasan a través de ciclones que eliminan la mayor parte de partículas de coque arrastradas.

El vapor se descarga en la parte inferior de un lavador de gases, donde los productos se enfrían para condensar un alquitrán pesado que contiene el polvo de coque, este se recicla al reactor de coquización, la parte superior de la torre de lavado es una zona de fraccionamiento, de la cual se retira el gasóleo y se alimenta a la unidad de craqueo catalítico, la nafta y el gas se extrae por el domo de los condensadores. En el reactor, las partículas de coque fluyen hacia abajo a través del recipiente en una zona de separación, el vapor desplaza a los productos entre las partículas. Se añade vapor a la tubería vertical para reducir la cantidad de sólidos o para inducir el flujo hacia arriba.

La temperatura del lecho en el quemador es de 1095 °F a 1200 °F, se añade aire según la necesidad para mantener la temperatura de combustión. La presión en el horno puede estar entre 5 a 25 psi. Los gases de combustión de la cámara del quemador pasan a través de los ciclones, el coque caliente de la cámara es regresado al reactor.

Los rendimientos de los productos se determinan por las propiedades de la materia prima, la temperatura del lecho fluido y el tiempo de residencia de la materia prima en la cámara. El uso de un lecho fluidizado reduce el tiempo de residencia de los productos en fase vapor en comparación con la coquización retardada. Esto a su vez reduce el agrietamiento que conduce a la reducción de los rendimientos de coque y el aumento del rendimiento de gasóleo y olefinas. Un aumento de 9 °F en la temperatura de funcionamiento del reactor aumenta el rendimiento de gas y de nafta por 1%.

Las desventajas de quemar el coque para generar calor en el proceso es que el azufre químicamente consolidado dentro del coque es liberado como dióxido de azufre. La corriente de gas del quemador también contiene monóxido de carbono ( $CO$ ), bióxido de carbono ( $CO_2$ ) e hidrógeno ( $N_2$ ) (Speight, 2011)

## **1.6 Coquización retardada**

---

La coquización retardada es una reacción endotérmica en la que el horno suministra el calor necesario para la reacción (ver figura 1.4). El mecanismo exacto de la coquización es tan complejo que no es posible determinar todas las reacciones químicas que ocurren. Sin embargo, hay tres pasos característicos que tienen lugar:



- Vaporización parcial y ruptura (visco reducción) de la alimentación en su paso por el horno.
- Ruptura o craqueo del vapor de hidrocarburo a su paso por el reactor de coquización o también conocido como tambor.
- Ruptura o craqueo sucesivo y polimerización del líquido atrapado en el tambor hasta que se convierte en vapor y coque.

Los rendimientos y calidad de los productos están directamente relacionados con tres variables de proceso.

- Temperatura
- Presión
- Relación de alimentación

Se define relación de alimentación a la relación que existe entre la alimentación líquida total al horno de coque y la alimentación fresca total que entra a la planta o límite de batería. (David S.J.Jones, 2006)

### *Proceso*

La coquización retardada es un proceso semicontinuo, en el cual se calienta la carga de residuo de vacío y se transfiere a los tambores de coque, y en ellos se tiene el tiempo de residencia necesario para permitir las reacciones de craqueo se lleven a cabo, se utilizan largos tiempos de reacción de la fase líquida para convertirlos en hidrocarburos ligeros y coque. El coque es un producto altamente aromático, que también contiene azufre, nitrógeno y metales. (McKinney, 1992)

En este proceso, la materia prima se introduce en la columna fraccionadora, donde se calienta y se fracciona en hidrocarburos ligeros y se retiran lateralmente de la columna, los fondos de esta fraccionadora pasan a un horno donde se calientan a una temperatura de 896 °F, y pasan a un par de tambores de coque, donde las reacciones de craqueo continúan. Los productos craqueados dejan como una forma de gases y un depósito de coque en la superficie inferior del tambor, para permitir el fraccionamiento continuo, se utilizan dos tambores, mientras que uno esta en funcionamiento, el otro esta siendo decoquizado, el ciclo de operación de tambor es típicamente de 48 hrs.

Para la decoquización de los tambores se sigue el siguiente procedimiento:

1. Se enfría el coque con agua.
2. Uno de las tapas del tambor se retira para permitir la perforación en el centro del depósito.

3. A continuación, se procede al cortado de coque con un sistema hidráulico, que utiliza agua a alta presión, se corta el coque y se manda a una fosa.

Los productos obtenidos en el domo de la torre de fraccionamiento son gases combustibles de bajo peso molecular inclusive etano, propano, propileno, butano, butileno, nafta, además se obtiene gasóleo pesado y gasóleo ligero por el costado de la torre fraccionadora. Los rendimientos y calidad de los productos pueden variar ampliamente dependiendo de la alimentación, por ejemplo hay una disminución en el rendimiento con aumento del contenido de asfaltenos en la alimentación.

En el pasado muchos procesos de coquización retardada fueron diseñados para proporcionar la conversión completa de los residuos de las torres atmosféricas a nafta, queroseno y otros productos de bajo punto de ebullición. Sin embargo recientemente algunas coquizadoras han sido diseñadas para minimizar la cantidad de coque y producir gasóleo pesado de coque que se puede modificar catalíticamente.

La coquización retardada tiene un papel cada vez más importante en la refinación del petróleo (ver figura 1.4), ya que el proceso puede manejar hasta el más pesado de los residuos y debido a su flexibilidad permite a las refinerías procesar una amplia variedad de residuos, incluyendo los que contienen altas concentraciones de azufre.

La coquización de baja presión es un proceso diseñado para una sola etapa, el funcionamiento a baja presión es un proceso similar a la coquización retardada, excepto que no se usa la parte

de reciclaje y las condiciones de operación son diferentes; la coquización excesiva es inhibida por la adición de agua al material de alimentación con el fin de apagar y restringir otras reacciones de los medios reactivos.

La coquización a alta presión es un proceso semicontinuo diseñado para convertir residuos asfálticos a gasóleo y coque como productos primarios. En el proceso, el material de alimentación se transporta al calentador a 698 °F y finalmente, a la

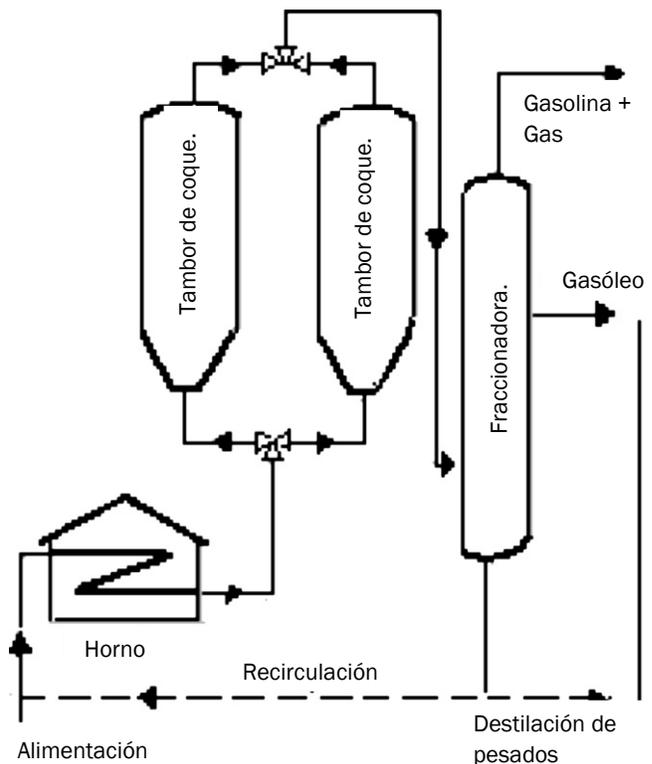


Figura 1.4. Coquización retardada



unidad de coquización donde la temperatura puede ser tan alta que puede llegar a los 2000 °F. Los materiales volátiles se fraccionan, y después de que el ciclo se ha completado, el coque se recoge para la eliminación de azufre antes de almacenarlo. (Speight, 2011)

## **1.7 Reacciones químicas**

---

La coquización retardada es esencialmente una reacción química de dos etapas, consiste en un rompimiento (craqueo) térmico y una polimerización. Estas dos reacciones tienen en común que ambas requieren altas temperaturas, generalmente sobre los 750 °F, pero se diferencia en el que el craqueo térmico es favorecido a bajas presiones (20-70 psig) y cortos periodos de residencia. El craqueo térmico es el mecanismo a través del cual las moléculas de alto peso molecular en la alimentación son quebradas en moléculas más pequeñas y livianas que son fraccionadas en productos definidos anteriormente

La reacción, principalmente el rompimiento o fractura de los enlaces químicos de carbon-carbon, es altamente endotérmica. El horno de coque suministra el calor necesario para iniciar la primera etapa de la reacción y mantenerla en los tambores de coque donde la primera y segunda etapa de coquización es completada.

La temperatura del horno y el tiempo de residencia deben ser estrictamente controladas para minimizar la coquización, es decir, que se puede duplicar por cada 18 °F-25 °F de incremento de temperatura.

Una reacción de craqueo típica para un componente molecular de residuo de vacío, puede dar como resultado los siguientes componentes (ver figura 1.5):



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización.

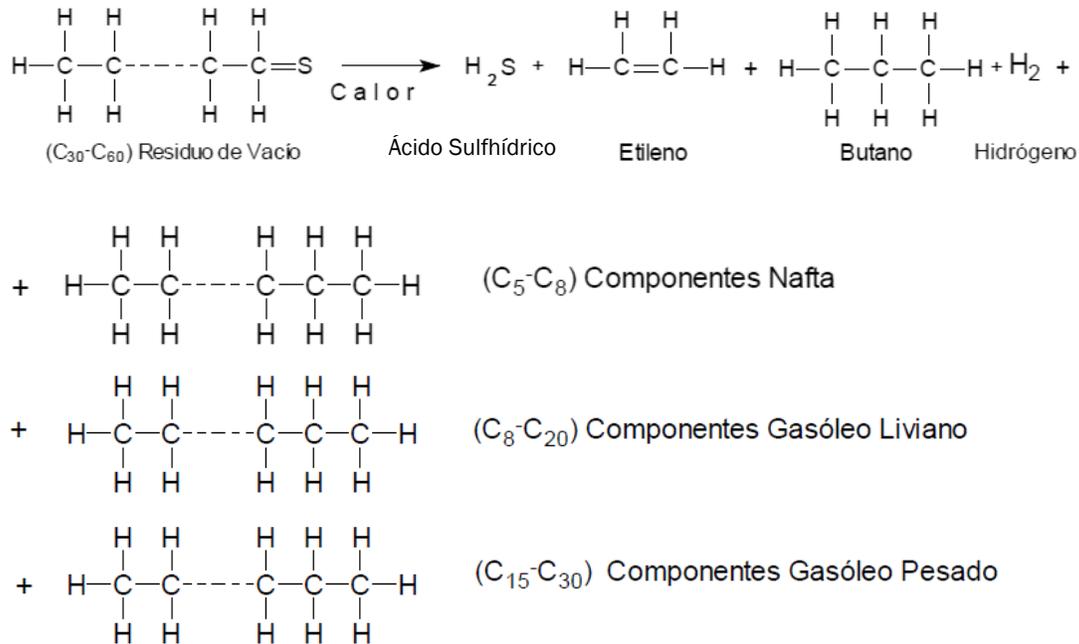
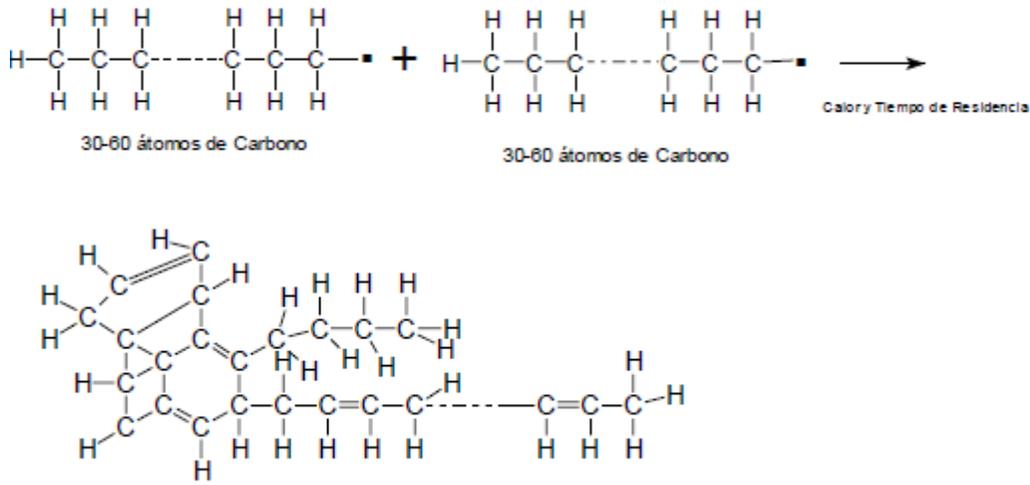


Figura 1.5. Reacción de craqueo.

Además de la reacción de craqueo térmica primaria, las reacciones secundarias ocurren entre las moléculas de carbón y átomos inorgánicos como el nitrógeno y azufre. Estas reacciones reducen la concentración de compuestos de nitrógeno y azufre encontrados en los productos líquidos. Los componentes inorgánicos son convertidos en compuestos gaseosos tal como el ácido sulfhídrico o amoniaco.

La polimerización es una reacción endotérmica (ver figura 1.6), a través de la cual muchas moléculas pequeñas de hidrocarburos son combinadas para formar una sola molécula grande de mayor peso molecular. El último resultado de esta reacción es la formación de coque, las reacciones de polimerización requieren un tiempo de reacción más largo del que requieren las reacciones de craqueo y los tambores de coque proporcionan el tiempo necesario de residencia para que estas reacciones se completen. El craqueo térmico y las reacciones de polimerización combinados toman horas para completarse.



**Figura 1.6. Reacción de polimerización.**

Todas las reacciones de craqueo producen el rompimiento de las moléculas y la generación de radicales libres, que dependiendo de su tamaño y las condiciones que las rodea; ellas podrán reaccionar con otros hidrocarburos; descomponerse en olefinas, combinarse con otros radicales o reaccionar con otros elementos. (McKinney, 1992)

## 1.8 Generalidades del proceso a analizar

El fraccionamiento es simplemente un proceso de destilación a través del cual una corriente de líquido es separada en fracciones con diferentes rangos de ebullición, usando el principio de que los componentes más pesados y más livianos del líquido hacen ebullición a diferentes temperaturas.

El vapor que sale del domo de la fraccionadora, está compuesto por hidrocarburos con rango de ebullición de la nafta (350 °F) y más livianos. Mientras que las fracciones más pesadas caen al fondo como reflujo interno. Una parte de la fracción liviana que sale por el domo de la fraccionadora es enfriada y regresada al fraccionador como reflujo externo. El reflujo es esencial para controlar la separación y la remoción de calor del sistema.

Los componentes más pesados se separan aún más utilizando las corrientes de extracción liviana y pesada. Los platos dentro del fraccionador proporcionan la residencia necesaria para asegurar un buen contacto entre los líquidos y los vapores. La cantidad de separación alcanzada en el fraccionador se controla



básicamente por la temperatura del domo para el caso de la nafta, para controlar la temperatura del gasóleo pesado y ligero se usan cantidades de calor enfriando o calentando en la fraccionadora.

Los productos del fraccionador son gasóleo pesado de coque, gasóleo ligero de coque, nafta y propano y butano del domo.

### ***1.9 Descripción del proceso del sistema a analizar***

---

El residuo de vacío es entregado desde los límites de batería al intercambiador de calor E-31001 A-D que usa como medio de calentamiento una corriente de gasóleo pesado de coque (HCGO) procedente de la torre fraccionadora, la alimentación es entregada a 550 °F y presión de 140 psig, después de un precalentamiento la alimentación entra bajo control de flujo al fondo de la columna fraccionadora V-31006 a una temperatura de 593 °F, la alimentación fresca se combina con los fondos de la torre y esta mezcla se recircula con la bomba P-31001/31002, utilizando las mismas bombas, la mezcla del fondo de la fraccionadora es enviada a control de flujo hacia los hornos de coque H-31001/31002.

La mezcla se calienta rápidamente hasta llegar a una temperatura de 925 °F y una presión de 70 psig para que se forme coque en los reactores de coquización V31001/31002/31003/31004 respectivamente, la planta coquizadora posee dos pares de tambores y cada par está asociado a un horno.

El efluente del horno fluye hacia cada par de tambores de coque, en donde bajo las condiciones adecuadas de temperatura y presión, el líquido atrapado se convierte en coque y los vapores en hidrocarburo ligero.

El vapor del domo de los tambores de coque fluye a la columna fraccionadora V-31006 a una temperatura de 840 °F, esta línea que sale de cada tambor posee un sistema que permiten que HCGO sea inyectado el cual tiene como función enfriar los vapores de los tambores hasta una temperatura de 800 °F para minimizar la formación de coque en estas líneas, una vez enfriados los vapores estos entran a la fraccionadora por debajo de las bandejas deflectoras S-1. Estos vapores al pasar a través de esta sección se lavan por reflujo inducido y se condensa una parte que pasa al fondo de la torre y se combina con la alimentación.

Adicionalmente, la mezcla del fondo de la fraccionadora se extrae una corriente de recirculación, la cual suministra agitación y remoción de partículas, esta pasa por los filtros V-31016/31039 y se regresa a la torre mediante las bombas P-31011/31012.



Los vapores se elevan dentro de la columna fraccionadora en donde se lavan con un reflujo caliente de HCGO que condensa los materiales pesados.

Los hidrocarburos dentro de la torre fraccionadora fluyen por gravedad, sobre la sección de lavado de la torre fraccionadora donde existe un plato de retiro total de HCGO (P-2), de donde se extrae una corriente y esta se divide en dos, en la primera el gasóleo pesado de coque es usada como medio de intercambio de calor ya sea para calentamiento o enfriamiento la cual llamaremos gasóleo pesado de coque circulante y la segunda corriente es enviada como HCGO producto, la cual es separada con vapor en el agotador V-31008.

La corriente de HCGO circulante se envía con la bomba de circulación P-31011/31012, esta se divide en dos partes, la primera corriente también se divide en dos la primera es enviada a los filtros V-31019/31020 y retorna a la torre fraccionadora como reflujo caliente a la sección de lavado, la segunda corriente se hace pasar por los filtros V-31026/31027 y esta se utiliza para enfriar los vapores que salen de los tambores de coque en servicio.

La corriente de HCGO circulante restante se hace pasar por el intercambiador de alimentación a la fraccionadora E-31001 A-D a una temperatura de 604 °F, produciendo vapor de media presión en el generador de vapor E-31006 a una temperatura de 590 °F, suministra calor para el rehedidor de la despropanizadora E-31502 a una temperatura de 546 °F y en el rehedidor de la desbutanizadora E-31505 a una temperatura de 465 °F, finalmente retorna a la torre fraccionadora V-31006 a 465 °F.

La corriente de HCGO producto entra al agotador V-31008 a 637 °F, donde los componentes ligeros son separados con vapor, salen por el domo del agotador a una temperatura de 632 °F y son devueltos a la torre fraccionadora. El HCGO producto de la separación se va al fondo del agotador y se envía una corriente como recirculación con la bomba P-31009/31011, más adelante esta corriente se divide en dos, la primera corriente se usa para producir vapor en E-31007 a una temperatura de 450 °F y la segunda corriente se usa para precalentar la alimentación de agua a la caldera E-31007 en el intercambiador E-31002, finalmente se unen estas dos corrientes a una temperatura de 347 °F y una parte es enviada a tratamiento fuera de límite de batería y otra parte es enviada a almacenamiento previamente enfriada en los aereofriadores AC-31005 A-D hasta una temperatura de 150 °F.



## 1.10 Seguridad industrial

La seguridad industrial ha sido de gran importancia durante los últimos años ya que ha ayudado a mejorar el control de las situaciones peligrosas y de alto riesgo dentro de las instalaciones industriales de diferentes ramas, la industria petrolera en México es la más importante y soporte de la economía del país, debido a esto, es de vital importancia la seguridad industrial en las instalaciones petroleras.

En el reglamento federal de seguridad "seguridad industrial" está definida como:

- Procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los centros de trabajo, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que intervienen en los procesos y actividades de trabajo, con el objeto de establecer medidas y acciones para la prevención de accidentes o enfermedades de trabajo, a fin de conservar la vida, salud e integridad física de los trabajadores, así como evitar cualquier posible deterioro a las instalaciones de trabajo. (Diario oficial de la federación, 1997)

## 1.11 Integridad mecánica

La integridad mecánica está definida como: Conjunto de actividades interrelacionadas para asegurar el correcto funcionamiento de equipos y tuberías, que cubre desde la fase de diseño, construcción, operación, mantenimiento y disposición final, para garantizar que cumplen las condiciones de funcionamiento requeridas, con el propósito de proteger a los trabajadores, instalaciones de los centros de trabajo y el medio ambiente. (PEMEX, 2012)

Además la integridad mecánica se enfoca en evitar las pérdidas de contención de fluidos peligrosos o energía, mediante la aplicación sistemática de lineamientos generales en todas las etapas del ciclo de vida del activo, para garantizar que los equipos o sistemas se encuentren aptos para el servicio que demanda cada aplicación.

El Ciclo de vida de un activo (línea o equipo) se puede ver en la figura 1.7.

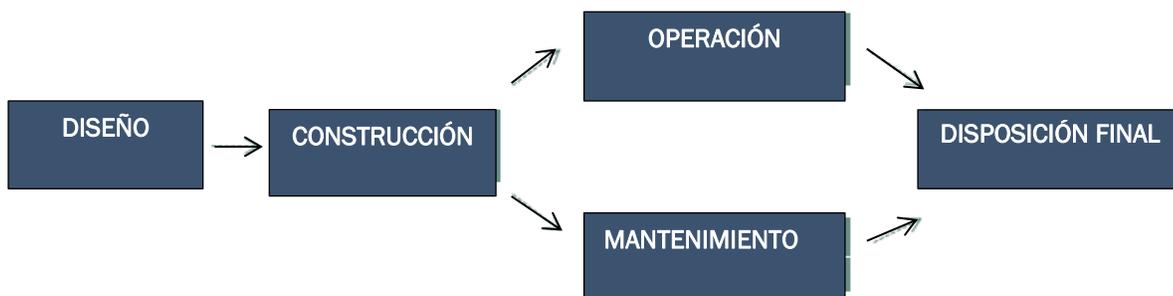


Figura 1.7. Ciclo de vida de un activo.



## **1.12 Riesgo, peligro y accidente**

---

Toda actividad productiva tiene riesgos, y si bien estos no pueden ser eliminados completamente, hay técnicas que permiten identificarlos, acotarlos y minimizarlos.

(Freedman, 2003)

Existen varias definiciones sobre riesgo, pero son similares, unificando algunas definiciones desde el enfoque de evaluación de riesgo y considerando que pueden ser cuantificado, Se puede decir que el riesgo es la medida de pérdida o daño hacia las personas, a la propiedad, a los bienes y al medio que lo rodea.

Los términos riesgo y peligro suelen usarse indistintamente, pero su concepción es diferente y se complementan entre sí. El peligro se define como la característica física o química inherente al sistema, material, proceso, planta que tiene la capacidad de producir un daño a las personas, la instalación y medio ambiente. (Murillo, 2009)

Un accidente se puede describir como cualquier suceso o acontecimiento que altera o interrumpe repentinamente el equilibrio entre el hombre y el trabajo, y que es respuesta a una desviación intolerante sobre las condiciones de diseño de un sistema cuyos efectos repercuten en las personas, medio ambiente y/o las instalaciones. (Kolluru, 199)

## **1.13 Análisis de riesgos**

---

Desde hace 30 años se han realizado análisis de riesgos de manera formal, a través de los años, los análisis han sido llamados de diferente nombre, aunque todos son sinónimos.

Un análisis de riesgos es una disciplina que combina la evaluación ingenieril de procesos con técnicas matemáticas que permiten hacer estimaciones de frecuencia y consecuencia de accidentes.

En los últimos años se ha logrado un gran avance en la gestión de programas de análisis de riesgos, este crecimiento ha sido provocado por:

1. Dar prioridad a los principales accidentes de trabajo.
2. El aumento de iniciativas legislativas y reglamentarias de seguridad de procesos.
3. La evolución y publicación de programas de gestión de riesgos por varias organizaciones industriales.



Eventualmente la mayor conciencia y el propio interés de las empresas por realizar una gestión, ya que a largo plazo, operar una planta de manera segura conduce a un rendimiento empresarial más rentable y una mejor relación con la comunidad y con los organismos reguladores.

La implementación de una gestión de riesgos puede ayudar a una organización a administrar el riesgo de las instalaciones durante la vida útil de estas, los analistas deben ser capaces de desarrollar y mejorar la comprensión de los factores que contribuyen al riesgo en el funcionamiento de las instalaciones; para la comprensión del riesgo se deben plantear tres cuestiones:

1. ¿Qué puede salir mal?
2. ¿Qué probabilidades existen?
3. ¿A qué impactos conducen?

Los analistas de riesgo primero deben usar la experiencia y la intuición para comprender el riesgo al que se enfrenta. Por otro lado, si no se cuenta con la experiencia necesaria, se usan las técnicas analíticas para encontrar las repuestas a las tres preguntas y así cumplir satisfactoriamente la gestión.

La importancia de un análisis de riesgos radica en el empleo de criterios, herramientas metodológicas, las cuales deben ser correctamente aplicadas a los proyectos en estudio, los documentos de ingeniería que son requeridos para realizar un análisis de riesgos son:

1. Bases de diseño.
2. Manual de operación.
3. Diagrama de Flujo de Procesos (DFP).
4. Diagrama de Tuberías e Instrumentación (DTI).
5. Plano de Localización General (PLG).
6. Hojas de diseño mecánico.
7. Mapeo de soldaduras.
8. Hojas de datos de equipos.
9. Especificaciones de materiales.
10. Balances de Materia y Energía.
11. Datos históricos de accidentes. (AIChE, 2008)

### ***1.14 Antecedentes históricos de los análisis de riesgos***

---

Los primeros métodos de análisis de riesgos en operaciones industriales hacen su aparición entre 1910 y 1920, producto de experiencias adquiridas a través de accidentes ocurridos. El primer análisis de riesgos se conoce como investigación



de accidentes, este método tiene su principio en la definición de las causas básicas que darán lugar a los accidentes. Este método dio origen a la generación de códigos y normas en donde se establecen parámetros generales aceptados para riesgos reconocidos.

El segundo método desarrollado e implementado fue inspecciones planeadas y no planeadas y se complementa con el uso de listas de verificación, a través de estas se pretende identificar los riesgos, la revisión al diseño de los procesos puede ser llamada verificación primaria de seguridad.

Posteriormente se introdujeron algunas formas de revisiones de seguridad secundaria tal como el método “ What If...?”, el cual empezó a utilizarse por grupos multidisciplinarios en la revisión de factores no detectables para la identificación de riesgos.

A principios de los 60's, se desarrolló la metodología conocida como Failure Modes and Effects Analysis (FMEA, análisis de modos de falla y efectos), la cual es una simple formalización del método What if...?, este método puede ser aplicado a procesos y sistemas complejos.

En 1962 Laboratorios Bell desarrolló el método Fault Tree Analysis (análisis de árbol de fallas), el cual consiste en el análisis y cuantificación de un diagrama lógico en el que se identifica la secuencia de todos los eventos que pueden dar como resultado una falla.

Dentro de Mond de ICI, la cual es una empresa química de origen británico, fue creado otro método que se conoce como Hazard Operability Studies (HAZOP), el cual originalmente se aplicaba en el diseño de nuevas unidades operativas o modificativas a las existentes. (Murillo, 2009)

### ***1.15 Clasificación de los análisis de riesgos***

---

Hay muchos métodos de análisis de seguridad disponibles y se pueden aplicar a un diseño de las instalaciones o en un proyecto, las metodologías pueden ser cualitativas o semicualitativas.

El método HAZOP Y What if...? son los métodos más usados en la industria petroquímica, juntos abarcan el 80 % de los análisis de riesgos contra un 20 % del árbol de fallas, causa efecto, etc., en su definición el método HAZOP y What if...? son un ejercicio de comunicación donde la información es presentada, discutida y analizada.



## 1.16 Métodos cualitativos

---

Se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos, pueden ser métodos comparativos y métodos generalizados.

### 1.16.1 Métodos comparativos

Son aquellos que se basan en la utilización de técnicas obtenidas de la experiencia adquirida en equipos e instalaciones similares existentes, así como en análisis de sucesos que hayan ocurrido en establecimientos parecidos al que se analiza. Principalmente son cuatro métodos.

#### 1.16.1.1 Manuales técnicos o códigos y normas de diseño

Consisten en la elaboración de manuales internos de carácter técnico que especifican las características de diseño, la instalación, operación y utilización de los equipos existentes en un determinado establecimiento. Estos manuales se deben basar en las normas y códigos internacionales de diseño. Para completar el análisis se deben realizar periódicamente auditorías de seguridad que permitan juzgar el estado de los materiales, procedimientos, operaciones, emergencias que se han establecido.

Las normas y los códigos de diseño son elaboradas por organismos internacionales de reconocido prestigio en el campo de la normalización. A nivel mundial, la organización internacional más importante es la international organization for standarization, (ISO, por sus siglas en inglés).

Otros organismos reglamentadores son:

American National Standards Institute (ANSI, por sus siglas en inglés).

American Society for Testing and Materials (ASTM por sus siglas en inglés).

American Petroleum Institute (API por sus siglas en inglés).

#### 1.16.1.2 Lista de comprobación (Safety Check List)

Se utilizan para determinar la adecuación de los equipos, procedimientos, materiales, etc, a un determinado procedimiento o reglamento establecido por la propia organización industrial basado en la experiencia y en los códigos de diseño y operación. Se puede aplicar a cualquier fase del proyecto o modificación de la planta: diseño, construcción, puesta en marcha, operación y paro.

Este análisis permite comprobar con cierto detalle la adecuación de las instalaciones y constituye una buena base de partida para ser complementada con



otros métodos de identificación que tienen un alcance superior al cubierto por los reglamentos e instrucciones técnicas.

### **1.16.1.3 Análisis histórico de accidentes**

Consiste en el estudio de los accidentes registrados en el pasado en las plantas similares o con productos idénticos o de la misma naturaleza que los que se esté analizando. La principal ventaja radica en que se refiere a accidentes que ya han ocurrido, por los que el establecimiento de hipótesis de posibles accidentes se basa en casos reales. No obstante, en los bancos de datos existentes no se cubren todos los casos posibles, sino solos los que se han dado, además de que los datos de los que se dispone pueden no ser completo.

Este análisis se basa en diferentes tipos de informaciones:

- Bibliografía especializada.
- Bancos de datos de accidentes.

### **1.16.1.4 Análisis preliminar de riesgos, APR [ Preliminary Hazard Analysis ,(PHA)]**

Desarrollado por las fuerzas armadas de E.U., este método fue el precursor de análisis más complejos y es utilizado únicamente en la fase de desarrollo de la instalación y para caso en los que no existen experiencias anteriores, sea del proceso o del tipo de instalación.

El análisis selecciona los productos peligrosos existentes y los equipos principales de la planta y revisa los puntos en los que se piensa que se puede liberar energía de forma incontrolada en: materias, equipos de planta, componente de sistema, procesos, operaciones, instalaciones, equipos de seguridad, etc. Los resultados del análisis incluyen recomendaciones para reducir o eliminar estos peligros, siempre de forma cualitativa.

Este análisis requiere relativamente poca inversión en su realización: 2 ó 3 peritos con experiencia en seguridad, códigos de diseño, especificaciones de equipos y materiales, por lo tanto este método es adecuado para examinar los proyectos de modificaciones o plantas nuevas si está en su fase inicial.

### **1.16.2 Métodos generalizados**

Los métodos generalizados de un análisis se basan en un estudio de las instalaciones y procesos más estructurados desde el punto de vista lógico-deductivo que los métodos comparativos. Normalmente siguen un procesamiento lógico de deducción de fallas, errores, desviaciones en equipos, instalaciones,



procesos, operaciones, etc. Que trae como consecuencia la obtención de determinadas soluciones para este tipo de eventos. Existen varios métodos generalizados y los más importantes son:

### **1.16.2.1 Análisis What if...? : ¿Qué pasa si...?**

Consiste en el planteamiento de las posibles desviaciones en el diseño, construcción, modificaciones y operación de una determinada instalación industrial, utilizando la pregunta que da origen al nombre del procedimiento ¿qué pasaría si...? Requiere un conocimiento básico del sistema y cierta disposición mental para combinar o sintetizar las desviaciones posibles, por lo que normalmente es necesaria la presencia de personal con amplia experiencia para poder llevarlo a cabo.

Se puede aplicar a cualquier instalación, área o proceso; instrumentación de un equipo, seguridad eléctrica, protección contra incendios, almacenamiento, sustancias peligrosas, etc. Las preguntas se formulan y aplican tanto al proyecto como a plantas en operación, siendo muy común ante cambios en instalaciones ya existentes.

El equipo de trabajo lo forman 2 ó 3 personas especialistas en el área a analizar con documentación detallada de la planta de procesos, equipos, procedimientos, etc.

El resultado es un listado de posibles escenarios o sucesos incidentales, sus consecuencias y las posibles soluciones para la reducción del riesgo.

### **1.16.2.2 Análisis HAZOP**

El HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. Por tanto, ya sea que se aplique en la etapa de diseño, como en la etapa de operación, la sistemática consiste en evaluar, en todas las causas y en todos los escenarios las consecuencias posibles, en todas las unidades de proceso, tanto si es continuo como discontinuo. La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de “palabras guía”.

El método surgió en 1963 en la compañía Imperia Chemical Industries, ICI, que utilizaba técnicas de análisis crítico en otras áreas. Posteriormente, se generalizó y formalizó, y actualmente es una de las herramientas más utilizadas internacionalmente en la identificación de riesgos en una instalación industrial.



La realización de un análisis HAZOP consta de las etapas que se describen a continuación:

### *1. Definición del área de estudio*

Consiste en delimitar las áreas a las cuales se aplica la técnica. En una determinada instalación de proceso, considerada como el área objeto de estudio, es definida para mayor comodidad una serie de subsistemas o líneas de proceso que corresponden a entidades funcionales propias; líneas de carga a un depósito, separación de un disolvente, reactores, etc.

### *2. Definición de nodos*

En cada uno de estos subsistemas se deberán identificar una serie de nodos o puntos claramente localizados en el proceso, sin embargo, no existe una metodología o una guía que indique como identificar nodos, estos se identifican basándose en la experiencia del equipo de trabajo.

Los nodos pueden ser, por ejemplo, tubería de alimentación de una materia prima a un reactor, impulsión de una bomba, depósito de almacenamiento, etc.

Cada nodo deberá ser identificado y numerado correlativamente dentro de cada subsistema, y en el sentido del proceso para mejorar la comprensión.

La técnica HAZOP se aplica a cada uno de estos puntos. Cada nodo vendrá caracterizado por variables de proceso: presión, temperatura, flujo, nivel composición, viscosidad, etc.

La factibilidad de utilización de esta técnica requiere reflejar en esquemas simplificados de diagramas de flujo todos los subsistemas considerados y su posición exacta.

Los documentos que actúan como soporte principal del método son: el diagrama de flujo de proceso y los diagrama de tuberías e instrumentación.

### *3. Aplicación de las palabras guía*

Las “palabras guía” se utilizan para indicar el concepto que representan a cada uno de los nodos definidos anteriormente que entran o salen de un elemento determinado. Se aplican tanto a acciones (reacciones, transferencias, etc.) como a parámetros específicos (presión, flujo, temperatura, etc.). La tabla 1.1 representa algunas palabras guía.



**Tabla 1.1 Palabras guía.**

Palabra guía	Significado	Ejemplo de desviación	De causas originadoras.
<b>NO</b>	Ausencia de la variable a la cual se aplica.	No hay flujo en la línea.	Bloqueo; falla de bombeo; válvula cerrada o atascada; fuga; válvula abierta; falla de control.
<b>MÁS</b>	Aumento cuantitativo de una variable.	Más flujo	Presión de descarga reducida; succión presurizada; controlador saturado; fuga; lectura errónea de instrumentos/
		Más temperatura.	Fuegos exteriores; puntos calientes; explosión en reactor; reacción descontrolada.
<b>MENOS</b>	Disminución cuantitativa de una variable.	Menos flujo.	Falla de bombeo; fuga; bloqueo parcial; sedimento en línea; falta de carga; bloqueo de válvulas.
		Menos temperatura.	Pérdidas de calor; vaporización; venteo bloqueado; falla de sellado.
<b>INVERSO</b>	Analiza la inversión en el sentido de la variable. Se obtiene el efecto contrario al que se pretende	Flujo inverso.	Falla de bomba; sifón hacia atrás; inversión de bombeo; válvula anti retorno que falla o se está instalada en la tubería de forma incorrecta.
<b>ADEMÁS DE</b>	Aumento cualitativo. Se obtiene algo más que las intenciones de diseño.	Impurezas o una fase extraordinaria.	Entrada de contaminantes del exterior como aire, agua o aceites; productos de corrosión; falla de aislamiento; presencia de materiales por fugas interiores; fallas de puesta en marcha.
<b>PARTE DE</b>	Disminución cualitativa. Parte de lo que debería ocurrir, sucede según lo previsto	Disminución de la composición en una mezcla	Concentración demasiado baja en la mezcla; reacciones adicionales; cambio de alimentación.
<b>DIFERENTE DE</b>	Actividades distintas respecto a la operación normal	Cualquier actividad	Puesta en marcha y parada, pruebas e inspecciones; muestreo; mantenimiento; activación del catalizador; eliminación de tapones; falla de energía; emisiones indeseada, etc.

#### 4. Definición de las desviaciones a estudiar

Para cada nodo se plantea de forma sistemática las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad. Para realizar un análisis exhaustivo, se deben aplicar todas las combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso, descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nodo determinado.

Paralelamente a las desviaciones se deben indicar las causas posibles de estas desviaciones y posteriormente la consecuencia de estas desviaciones algunos parámetros de desviaciones posibles son. Para flujo (ver tabla 1.2).

**Tabla 1.2 Parámetros de desviaciones posibles para flujo.**

<b>Alto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la capacidad de bombeo.</li> <li>- Aumento de la presión de succión.</li> <li>- Mayor densidad del fluido.</li> <li>- Fugas en los tubos de los intercambiadores de calor.</li> <li>- Placas de orificio no instaladas.</li> <li>- Conexión cruzada de los sistemas.</li> <li>- Fallas de control.</li> <li>- Cambio de los internos de las válvulas.</li> <li>- Operación de varias bombas.</li> </ul>
<b>Bajo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bloqueo de filtros.</li> <li>- Enrutamiento equivocado.</li> </ul>



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización.



Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bombas defectuosas.</li> <li>- Ensuciamiento de recipientes, válvulas, placas de orificio.</li> <li>- Cambio de la densidad / viscosidad.</li> <li>- Cavitación.</li> <li>- Drenaje con fugas.</li> <li>- Válvula no completamente abierta.</li> </ul>
No hay	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enrutamiento equivocado.</li> <li>- Bloqueo.</li> <li>- Modo de válvulas inverso.</li> <li>- Ruptura de tuberías o recipientes.</li> <li>- Fallas en equipos.</li> <li>- Diferencial de presión incorrecta.</li> <li>- Bloqueo de gas.</li> </ul>
Inverso	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modo de válvulas inverso.</li> <li>- Efecto sifón.</li> <li>- Diferencial de presión incorrecto.</li> <li>- Flujo de dos vías.</li> <li>- Ventilación de emergencia.</li> <li>- Operación incorrecta.</li> <li>- Falla de las bombas.</li> <li>- Bombas invertidas.</li> </ul>

Para nivel (ver tabla 1.3).

**Tabla 1.3 Parámetros de desviaciones posibles para el nivel.**

Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salidas aisladas o bloqueadas.</li> <li>- Flujo de entrada mayor que la salida.</li> <li>- Medición de nivel defectuoso.</li> <li>- Inundación.</li> <li>- Golpes de ariete.</li> <li>- Corrosión.</li> <li>- Presencia de lodo.</li> </ul>
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se detiene el flujo a la entrada.</li> <li>- Fugas.</li> <li>- Falla de control.</li> <li>- Medición de nivel defectuosa.</li> <li>- Inundación.</li> <li>- Corrosión.</li> <li>- Presencia de lodo.</li> </ul>

Para presión (ver tabla 1.4).

**Tabla 1.4 Parámetros de desviaciones posibles para la presión.**

Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conexión a alta presión.</li> <li>- Aumento de gas.</li> <li>- Cantidad inadecuada de venteos.</li> <li>- Presión de venteos incorrecta.</li> <li>- Válvulas de alivio bloqueadas.</li> <li>- Sobrepresión térmica.</li> <li>- Bombas de desplazamiento positivo.</li> <li>- Líquidos hirviendo.</li> <li>- Congelación.</li> <li>- Descomposición química.</li> <li>- Formación de espuma.</li> </ul>
------	---



Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condensación.</li> <li>- Sedimentación.</li> <li>- Liberación de gas.</li> <li>- Implosión.</li> <li>- Fuego exterior.</li> <li>- Condiciones climáticas.</li> <li>- Cambios de densidad / viscosidad.</li> </ul>
Baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación de vacío.</li> <li>- Condensación.</li> <li>- Gas disuelto en líquido.</li> <li>- Línea de la bomba / compresor bloqueada.</li> <li>- Fuga no detectada.</li> <li>- Cavitación.</li> <li>- Líquidos hirviendo.</li> <li>- Congelación.</li> <li>- Descomposición química.</li> <li>- Vaporización.</li> <li>- Sedimentación.</li> <li>- Formación de espuma.</li> <li>- Liberación de gas.</li> <li>- Implotación.</li> <li>- Condiciones climáticas.</li> <li>- Cambios en densidad / viscosidad.</li> </ul>

Para temperatura (ver tabla 1.5)

**Tabla 1.5 Parámetros de desviaciones posibles para la temperatura.**

Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones ambientales.</li> <li>- Tubos de los intercambiadores ensuciados o con fallas.</li> <li>- Falla en el agua de enfriamiento.</li> <li>- Válvula de control defectuosa.</li> <li>- Falla en el control del calentador.</li> <li>- Fuego interno.</li> <li>- Fallas en el control de reacción.</li> <li>- Falla de la instrumentación y control.</li> </ul>
Baja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones ambientales.</li> <li>- Presión reducida.</li> <li>- Tubos de los intercambiadores sucios o con fallas.</li> <li>- Pérdidas de calor.</li> <li>- Efecto Joule-Thompson.</li> <li>- Falla de la instrumentación y control.</li> </ul>

Para material incorrecto (ver tabla 1.6)

**Tabla 1.6 Parámetros de desviaciones posibles para el material incorrecto.**

Material incorrecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificación de material incorrecta.</li> <li>- Operación incorrecta.</li> <li>- Falla en la entrega del material.</li> </ul>
---------------------	--



## 5. Sesiones HAZOP

Las sesiones HAZOP tienen como objetivo la realización sistemática del proceso descrito anteriormente, analizando las desviaciones en todas las líneas o nodos seleccionados a partir de las palabras guía aplicadas a determinadas variables de proceso. Se determinan las posibles causas, las posibles consecuencias, las respuestas que se proponen, así como las acciones a tomar.

Toda esta información se presenta en forma de tabla que sistematiza la entrada de datos y el análisis posterior. A continuación se presenta el formato de recopilación del HAZOP aplicada a un proceso continuo (ver tabla 1.7).

**Tabla 1.7 Formato de recopilación HAZOP**

<b>Planta:</b>								--
<b>Sistema:</b>								--
<b>Nodo</b>	<b>Palabra guía</b>	<b>Posibles causas</b>	<b>Consecuencias</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Señalización</b>	<b>Acciones a tomar</b>	<b>Comentarios</b>	

El significado de cada columna es el siguiente (ver tabla 1.8).

**Tabla 1.8 Significado de las columnas del formato de recopilación del HAZOP.**

<b>Columna</b>	<b>Contenido</b>
<b>Posibles causas</b>	Describe las distintas causas que pueden conducir a la desviación.
<b>Consecuencias</b>	Para cada una de las causas planteadas, se indica con la consiguiente correspondencia en la numeración las consecuencias asociadas.
<b>Respuesta del sistema.</b>	Se indicará en este caso: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los mecanismos de detección de la desviación planteada según causas o consecuencias: por ejemplo, alarmas.</li> <li>2. Los automatismos capaces de responder a la desviación planteada según las causas: por ejemplo, lazo de control.</li> </ol>
<b>Acciones a tomar</b>	Propuesta preliminar de modificaciones a la instalación en vista de la gravedad de la consecuencia identificada o a una desprotección flagrante de la instalación.
<b>Comentarios.</b>	Observaciones que complementan o apoyan algunos de los elementos reflejados en las columnas anteriores.

En el caso de procesos discontinuos, el método HAZOP sufre algunas modificaciones, tanto en su análisis como en la presentación de los datos finales.



Las sesiones HAZOP se llevan a cabo por un equipo de trabajo, multidisciplinario cuya composición se describe más adelante.

## 6. Informe final

El informe final consta de los siguientes documentos:

- Esquemas simplificados con la situación y numeración de los nodos de cada subsistema.
- Formatos de recopilación de las sesiones con indicación de las fechas de realización y composición de los equipos de trabajo.
- Análisis de los resultados obtenidos. Se pueden llevar a cabo una clasificación cualitativa de las consecuencias identificadas.
- Listado de las medidas a tomar. Constituye una lista preliminar que debería ser debidamente estudiada en función de otros criterios (costo, otras soluciones técnicas, consecuencias en la instalación, etc.) y cuando se disponga de más elementos de decisión.
- Lista de los sucesos indicadores identificados.

### *Ámbito de aplicación.*

La mayor utilidad del método se realiza en instalaciones de proceso de relativa complejidad o en áreas de almacenamiento con equipos de regulación o diversidad de tipos de trasiego.

Es uno de los métodos más utilizados que depende en gran medida de la habilidad y experiencia de los miembros del equipo de trabajo para identificar todos los riesgos posibles.

En las plantas nuevas en fase de diseño, pueden ayudar en gran medida a resolver problemas no detectados inicialmente. Además, las modificaciones que puedan seguir como consecuencia del estudio pueden ser más fácilmente incorporadas al diseño. Por otra parte, también puede aplicarse en fase de operación y en particular ante posibles modificaciones.

### *Recursos necesarios.*

El grupo de trabajo estable será constituido por un mínimo de cuatro personas y máximo de siete. Podrá invitarse a asistir a determinadas sesiones a otros especialistas.

Se designará al coordinar/director del grupo experto en HAZOP, y que podrá ser el técnico de seguridad y no necesariamente una persona vinculada al proceso.



Aunque no es imprescindible que lo conozca a profundidad, si debe estar familiarizado con la ingeniería de procesos en general.

*Funciones del coordinador del grupo.*

- Recoger la información escrita necesaria de apoyo.
- Planificar estudio.
- Organizar las sesiones de trabajo.
- Dirigir los debates, procurando que nadie quede en segundo término o superditado a opiniones de otros.
- Cuidar que se aplica correctamente la metodología, dentro de los objetivos establecidos, evitando la tendencia innata de proponer soluciones aparentes al problema sin haberlos analizado suficientemente.
- Recoger los resultados para su presentación.
- Efectuar el seguimiento de aquellas cuestiones surgidas del análisis y que requieren estudios adicionales al margen del grupo.

El grupo debe incluir a personas con buen conocimiento y experiencia en las diferentes áreas que confluyen en el diseño y explotación de la planta.

Una posible composición del grupo podría ser la siguiente:

- Director del grupo-Técnico de seguridad.
- Ingeniero de proceso-ingeniero del proyecto.
- Químico- investigador.
- Ingeniero de instrumentación.
- Supervisor de mantenimiento.
- Supervisor de construcción.

Ventajas y desventajas del método.

El método, principalmente cubre los objetivos para los que se ha diseñado además de:

- Ser una buena ocasión para contrastar distintos puntos de vista de una instalación.
- Ser una técnica sistemática que puede crear, desde el punto de vista de la seguridad, hábitos metodológicos útiles.
- El coordinador mejore su conocimiento del proceso.
- No requiere prácticamente recursos adicionales, con excepción del tiempo de dedicación.
- Se puede analizar una combinación de fallas.



### Desventajas:

- Al ser una técnica cualitativa, aunque sistemática, no hay una valoración real de la frecuencia de las causas que producen una determinada consecuencia, ni tampoco el alcance de la misma.
- Las modificaciones que haya que realizar en una determinada instalación como consecuencia de un HAZOP. Deben analizarse con mayor detalle además de otros criterios, como los económicos.
- Los resultados que se obtienen dependen en gran medida de la calidad y capacidad de los miembros del equipo de trabajo.
- Depende mucho de la información disponible, hasta tal punto que puede omitirse un riesgo si los datos de partida son erróneos o incompletos.

(international labour office Geneva, 1991)

### **1.17 Métodos Semicualitativos**

---

Son aquellos que introducen una valoración cuantitativa respecto a las frecuencias de ocurrencia de un determinado suceso y se denominan métodos para la determinación de frecuencia, o bien se caracterizan por recurrir a una clasificación de las áreas de una instalación con base a una serie de índices que cuantifican daños.

### **1.18 GUÍA DG-SASIPA-SI-02741**

---

La guía para realizar un análisis de riesgo tiene como objetivo establecer los lineamientos y criterios generales para realizar análisis de riesgo de procesos en instalaciones de PEMEX refinación, con el propósito de evaluar y administrar los riesgos que puedan ser la causa de accidentes, e implementar acciones tendientes a reducir las afectaciones a trabajadores, medio ambiente, instalaciones y a la producción.

La norma describe las etapas de un análisis de riesgo, establece las responsabilidades del personal y áreas involucradas, los requisitos de comunicación y evaluación del personal.

Las recomendaciones contenidas en la guía, son de aplicación general y de observancia obligatoria en todos los centros de trabajo de PEMEX Refinación, que cuenten con instalaciones industriales y que manejen sustancias peligrosas.



*Matrices de riesgo.*

La guía cuenta con una escala de valores de riesgo para contar con una medida de comparación entre diversos riesgos. Aunque un sistema de este tipo puede ser relativamente simple, la escala debe representar valores que tengan un significado para la organización y que pueda apoyar la toma de decisiones.

Las matrices de riesgos son gráficas de dos dimensiones en cuyos ejes se presenta la categoría de frecuencia de ocurrencia y la categoría de severidad de las consecuencias sobre el personal, la población, el medio ambiente y el negocio. Esas matrices están divididas en regiones que representan los riesgos tolerables, y los no tolerables.

Para esta norma los riesgos se clasifican del 1-6 como se puede ver en la tabla 1.9, además, se clasifican los daños al personal, población, impacto ambiental y los intereses de la planta

**Tabla 1.9 Clasificación de los riesgos (matriz de riesgos).**

Categoría de consecuencia	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción [Millones de USD]	Daños a la instalación [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	Mayor de 50
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	De 15 a 50
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	De 5 a 15
3	Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización a gran escala.	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en algunas horas	De 0.500 a 5	De 0.500 a 5



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización.



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 de 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 0.250 a 0.500	De 0.250 a 0.500
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 0.250	Hasta 0.250

Para estimar la frecuencia de ocurrencia de los eventos ver tabla 1.10.

**Tabla 1.10. Ocurrencia de los eventos.**

Clasificación	Tipo	Descripción de la frecuencia de ocurrencia
6	Muy Frecuente	Ocurre una o más veces por año.
5	Frecuente	Ocurre una vez en un periodo entre 1 y 3 años.
4	Poco frecuente	Ocurre una vez en un periodo entre 3 y 5 años.
3	Raro	Ocurre una vez en un periodo entre 5 y 10 años.
2	Muy raro	Ocurre solamente una vez en la vida útil de la planta.
1	Extremadamente raro	Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registró.

Como se puede ver en las matrices de riesgo de la norma, los daños a la población son los considerados más severos, seguidos por daños al personal, medio ambiente y al final las instalaciones, (Ver figura 1.8).



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización.

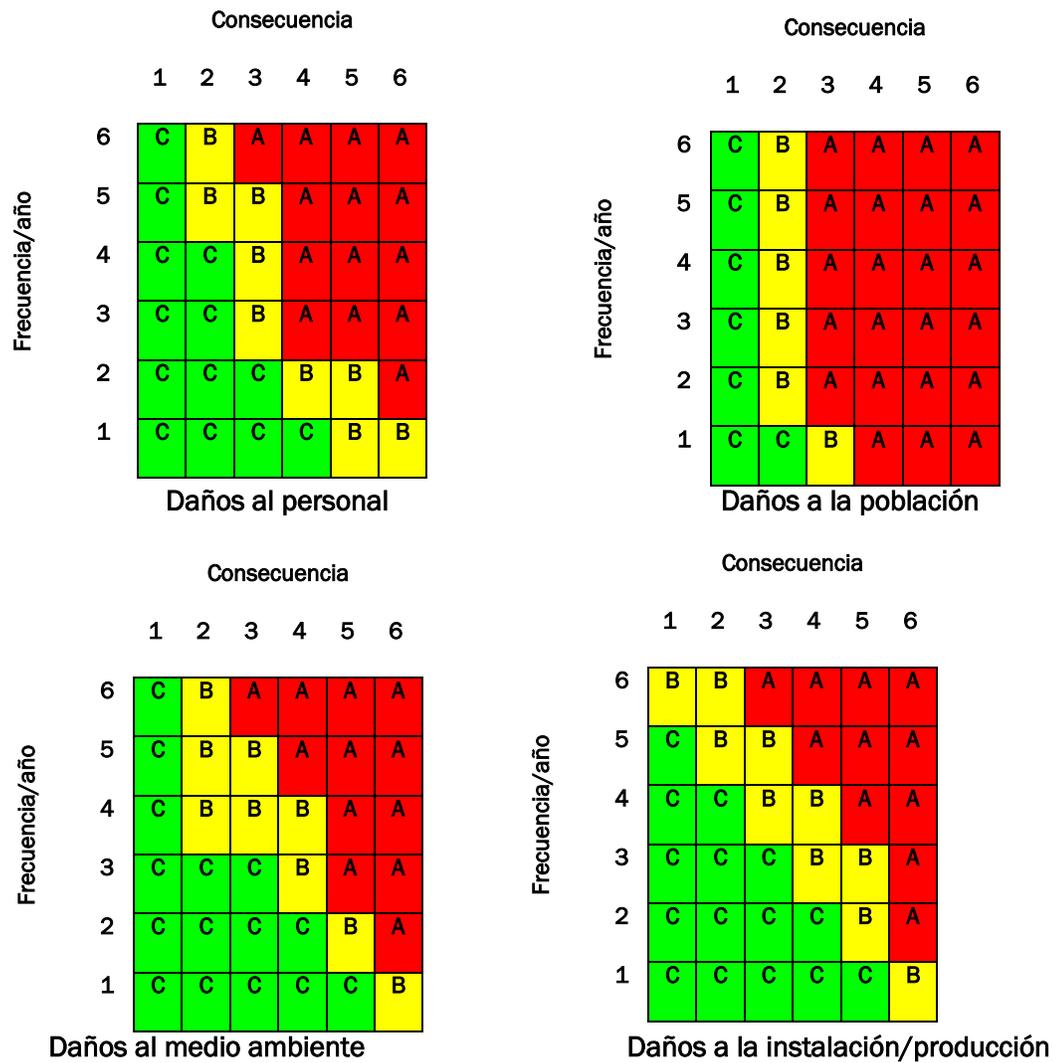


Figura 1.8. Matriz para la estimación del índice de riesgo.



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización.



Las acciones diseñadas deben ser la prioridad con la cual deben ejecutarse, observando los criterios dispuestos en la tabla 1.11.

**Tabla 1.11. Clasificación de las recomendaciones.**

CLASIFICACIÓN DE RECOMENDACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	<b>Región de Riesgo No Tolerable</b> (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 <b>Controles Temporales Inmediatos</b> .
B	<b>Región de Riesgo ALARP</b> (As Low As Reasonably Practicable - Tan bajo como sea razonablemente práctico), (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 implanten recomendaciones que permitan reducirlos a la región de riesgo tolerable.
C	<b>Región de Riesgo Tolerable</b> (región “verde”): El riesgo es de bajo impacto y es tolerable, aunque pudieran tomarse acciones para reducirlo. Se debe continuar con las medidas preventivas que permiten mantener estos niveles de riesgo en valores tolerables.

## Capítulo 2 Aplicación del análisis



## **2.1 Selección del método**

---

Con base en la norma DG-SASIPA-SI-02741 Rev. 3 se seleccionó el método, esta norma toma en cuenta la etapa de desarrollo del proyecto, que en este caso es "operación rutinaria", y en la guía se sugiere que se pueden aplicar cualquier tipo de análisis, sin embargo, la metodología más recomendada es la HAZOP por sus características antes mencionadas.

## **2.2 Aplicación del HAZOP**

---

Como se vio en el punto 1.15.2.2, el método HAZOP es un proceso sistemático, en el cual el primer paso es la definición del sistema, para este trabajo se decidió que se trabajaría con la sección que pudiera representar más riesgos, se analizó la planta coquizadora y se determinó que tanto la alimentación a la columna fraccionadora junto con los tambores de coquización y los hornos son la sección que maneja condiciones de operación más riesgosas, además de que la torre fraccionadora maneja todos los componentes que pasan por la planta.

Teniendo definido el sistema se definieron los límites del proceso a analizar dentro de la planta, esto se determinó preguntando ¿hasta dónde llegarían las fallas de esta parte de la sección de fraccionamiento de la planta?.

### **2.2.1 Recopilación de información**

Una parte fundamental del análisis de riesgo es buscar y elegir la información más útil con el fin de hacer más dinámico el análisis, para esto, se identificaron los nodos en el plano simplificado y de ahí se identificaron en los DFP's para tener un mejor panorama del análisis y finalmente, se identificaron en los DTI's que es donde se trabajó, (los planos se pueden consultar en el Anexo A de este trabajo) principalmente para el análisis, adicionalmente se hizo una descripción del proceso a analizarse.

### **2.2.2 Selección de nodos**

Como se vio en el punto 1.15.2.2 no hay una metodología exacta para la selección de nodos, sin embargo, también se menciona que deben ser claros e identificados según el sentido del proceso, por lo tanto, para el sistema a analizar en este trabajo se identificaron dos nodos el primero contiene la parte de alimentación a la fraccionadora, carga a los hornos y tambores de coquización.

Y el segundo nodo toma en cuenta los vapores de los domos de los tambores que son enviados a la torre fraccionadora y como estos son enfriados con una



corriente de gasóleo pesado procedente de la torre fraccionadora, se determinó que también se analizaría el circuito de gasóleo pesado de la planta. Los nombres de los nodos fueron los siguientes:

**Nodo1:** *Alimentación a la torre fraccionadora y carga a los tambores de coquización.*

**Nodo 2:** *Fraccionamiento de gasóleo.*

Los dos nodos se identificaron en el diagrama simplificado de la planta (ver figura 2.1), adicionalmente se establecieron los nodos en los DFP's y DTI's del proceso a analizar, que se encuentran en el Anexo "A" de este trabajo.

### 2.2.3 Palabras guía y parámetros para cada nodo

Con la información disponible hasta el momento, se utilizó el Software HAZOP Wizard desarrollado en la FAQ, el cual es una herramienta valiosa para este trabajo (ver figura 2.2), este está basado en los principios básicos de la metodología HAZOP. Éste software fue programado mediante Microsoft Office Access® en ambiente Windows, debido a que sus herramientas de administración de base de datos son muy útiles, para elaborar las hojas de estudio HAZOP.

Lo primero que se hizo en el programa fue proporcionar los datos base en la sección de Realizar/editar estudio HAZOP, se proporcionó información como número de nodo, nombre del nodo, diagramas a utilizar, productos manejados, etc. (ver figura 2.3).

Teniendo esta información se procedió a seleccionar las variables de proceso y con ellas las palabras guía a analizarse. Para elegir las variables se procuró tomar en cuenta todos los equipos involucrados en los nodos, además de analizarles todas sus variables posibles y lógicas, en el caso del flujo, se tomaron en cuenta los controles de este y las entradas principales. (ver figura 2.4).

Cabe señalar que las variables de proceso se escogen de acuerdo a la importancia que tienen en la sección o equipo analizado, por ejemplo, si se analiza un calentador, las variables usadas serán temperatura, presión del gas combustible, etc. Otros ejemplos de variables de proceso que se podrían seleccionar, dependiendo el caso, son: flujo, nivel, viscosidad, composición, separación, reacción, mezcla, corrosión, etc.

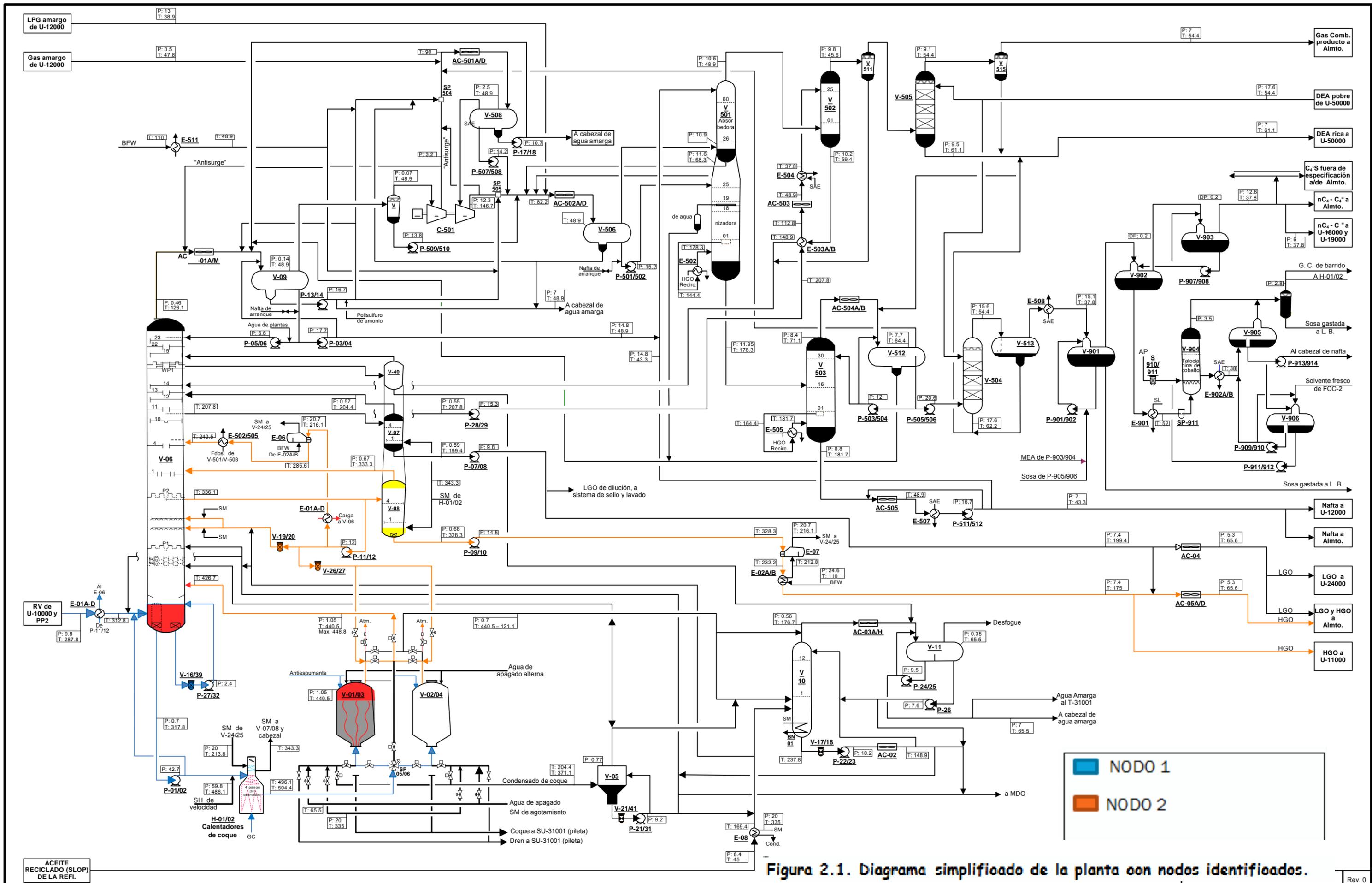


Figura 2.1. Diagrama simplificado de la planta con nodos identificados.



Figura 2.2 Interfaz HAZOP Wizard.

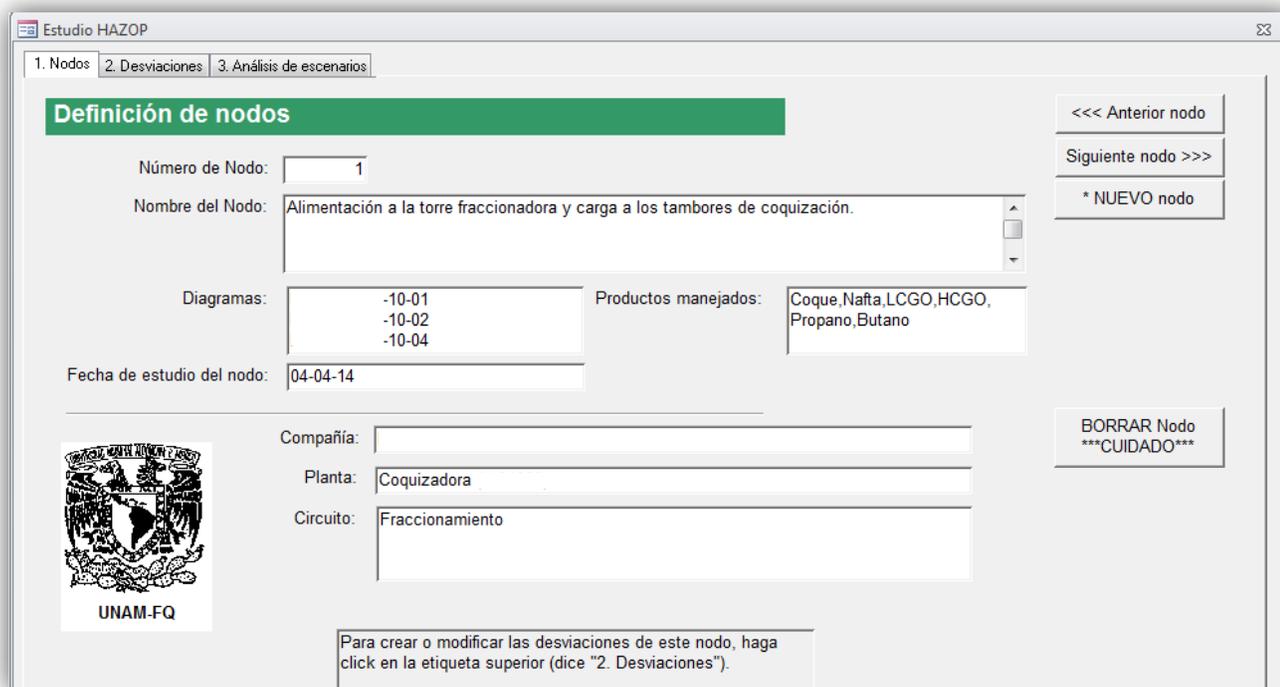


Figura 2.3. Datos base para el análisis.



Teniendo esta información se dio paso a seleccionar las palabras guía para los parámetros a analizar durante las sesiones HAZOP.

Estudio HAZOP

1. Nodos 2. Desviaciones 3. Análisis de escenarios

Nodo: 1. Alimentación a la torre fraccionadora y carga a los tambores de coquización.

**Desviaciones de los parámetros de proceso del nodo**

Num	Parámetro	Palabra Guía	Desviación
1	Nivel	Más/alto	Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006
2	Nivel	Más/alto	Menos nivel en la torre fraccionadora V-31006
3	Nivel	Menos/bajo	Menos nivel en los tambores V-01/04
4	Nivel	Menos/bajo	Alto nivel en los tambores V-01/04
5	Temperatura	Menos/bajo	Menos temperatura en el horno H-01/02
6	Temperatura	Más/alto	Más temperatura en el horno H-01/02
7	Temperatura	Más/alto	Mas temperatura en la fraccionadora V-31006
8	Presión	Más/alto	Mas presion en el horno H-01/02
9	Presión	Menos/bajo	Menos presion en el horno H-01/02
10	Presión	Más/alto	Mas presion en los tambores V-01/04
11	Presión	Menos/bajo	Menos presion en los tambores V-01/04
12	Flujo	Más/alto	Alto flujo en el horno H-01/02
13	Flujo	Menos/bajo	Bajo flujo en los hornos H-01/02
14	Flujo	Inverso	Flujo inverso de alimentacion a la torre
15	Flujo	No/ninguno	No hay flujo en la alientacion a la fraccionadora V-31006
16	Flujo	Más/alto	Mas flujo en la torre fraccionadora V-31006
17	Flujo	Menos/bajo	Menos flujo en la torre fraccionadora V-31006
* 0			

Figura 2.4. Palabras guía / parámetros a analizar.

## 2.2.4 Sesiones HAZOP

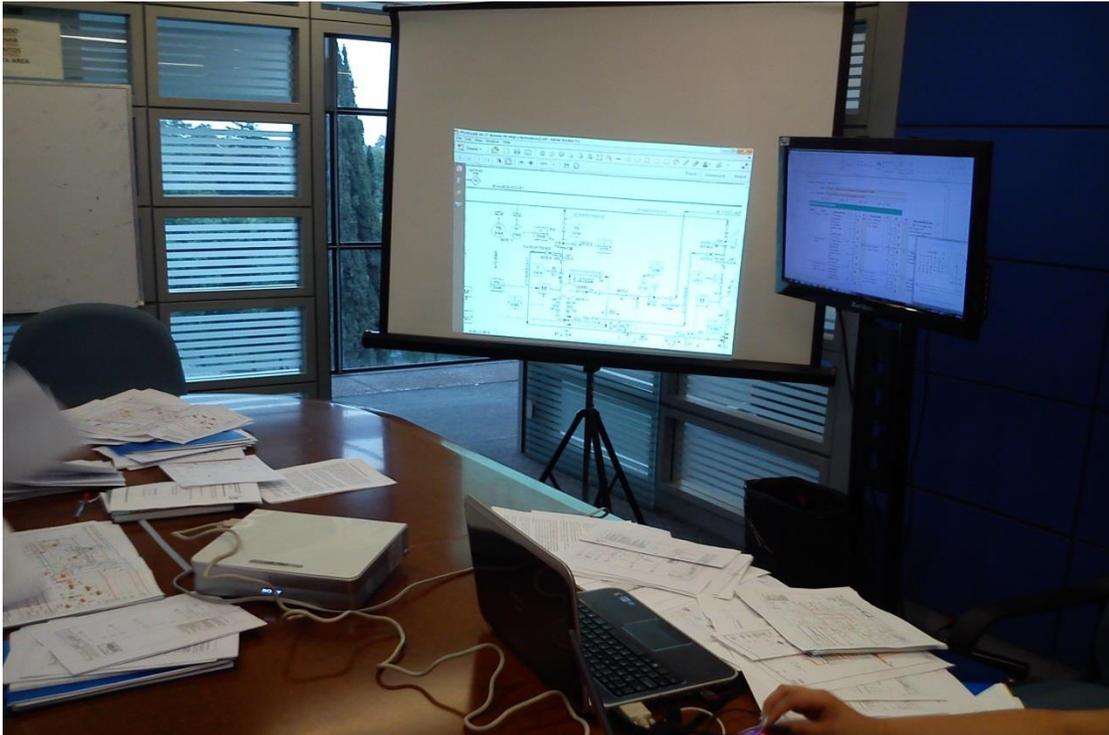
Se efectuaron diferentes sesiones HAZOP y se contó con el siguiente personal:

- 1- Líder del análisis HAZOP.
- 2- Secretario.
- 3- Ingeniero especialista en procesos.
- 4- Ingeniero especialista en procesos e instrumentación.
- 5- Ingeniero especialista en procesos e instrumentación.

Al fungir con la responsabilidad de ser líder de este análisis, a cada integrante del grupo se le entregó con anticipación los documentos necesarios para poder participar en el estudio, se les entregó una carpeta que incluía: descripción del proceso, diagramas, DFP's y DTI's marcados con los nodos establecidos.



En la primera sesión efectuada en marzo del 2014 en la torre de ingeniería (UNAM) se analizó el proceso con el fin de que todos los integrantes no tuvieran ninguna duda de este, adicionalmente se discutió sobre las variables y parámetros a utilizarse por cada nodo, estando claros estos puntos anteriores se prosiguió al análisis HAZOP (ver figura 2.5).



**Figura 2.5. Sesiones HAZOP.**

Para efectuar el análisis se propuso trabajar con cada una de las desviaciones establecidas anteriormente durante la sesión, y se proporcionan los datos de LOI (límite de operación inferior), LOS (límite de operación superior), LSI (límite de seguridad inferior) y LSS (límite de seguridad superior), estos datos son específicos para cada equipo y variable y se obtienen de los mismos planos, especificación de los equipos o de reglas heurísticas.

Por ejemplo, la primera desviación para el nodo uno fue “alto nivel en la torre fraccionadora” y para determinar los niveles en la desviación “alto nivel en la torre fraccionadora V-31006” se consideraron la altura de las alarmas de la torre como se puede ver en la figura 2.6. Para los límites de operación se tomaron en cuenta dos puntos entre los límites indicados en el diámetro interno, se consideró un LOI de 6’8” y un LOS de 8’, y como se había mencionado antes los límites de seguridad fueron determinados por las alturas dadas en el DTI así que quedó un LSI de 8” y LSS de 12’8”.

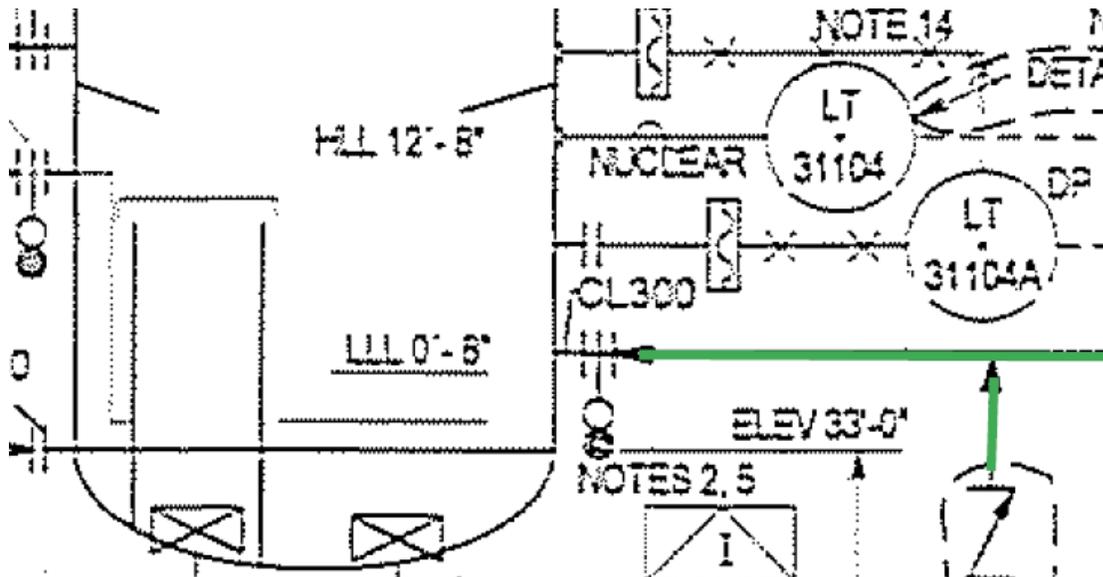


Figura 2.6. Fondo de la torre fraccionadora (imagen tomada del DTI 10-19).

Una vez seleccionados los límites de operación y seguridad, se analizaron los planos buscando las posibles causas de esa desviación, la mecánica establecida fue que cualquier integrante del grupo podía proponer una causa y se revisaba con el resto del equipo, una vez que fuera consensada por el grupo de trabajo se determinaban las consecuencias sin tomar en cuenta las salvaguardas, estas son determinadas con base a la experiencia del grupo de trabajo. Continuando, con el ejemplo de la figura 2.7, se muestra que la primera causa que se determinó para el alto nivel en la torre fraccionadora V-31006 era una falla en la HV-31247, esta es una válvula que se controla independiente del proceso y si esta se cerrara por cualquiera que fuera el motivo una de las bombas de la torre fraccionadora dejaría de alimentar los hornos y en consecuencia el nivel de la torre fraccionadora aumentaría (ver figura 2.8).

Estudio HAZOP

1. Nodos 2. Desviaciones 3. Análisis de escenarios

Nodo: 1. Alimentación a la torre fraccionadora y carga a los tambores de coquización.

Desviación: 2. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.

LOI: 6' 8" LOS: 8' LSI: 8" LSS: 12.75'

**Análisis de escenarios**

Num	Causa	Consecuencias	F	C	R	Protecciones	FP	CP	RP	Recomendaciones
1	Falla en HV-31247	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de	4	1 1 1 4	B	1.LAH-31104-B1 2.LAH-31104-A1 3.PAL-31440	4	1 1 1 1	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

Figura 2.7. Análisis de escenario.

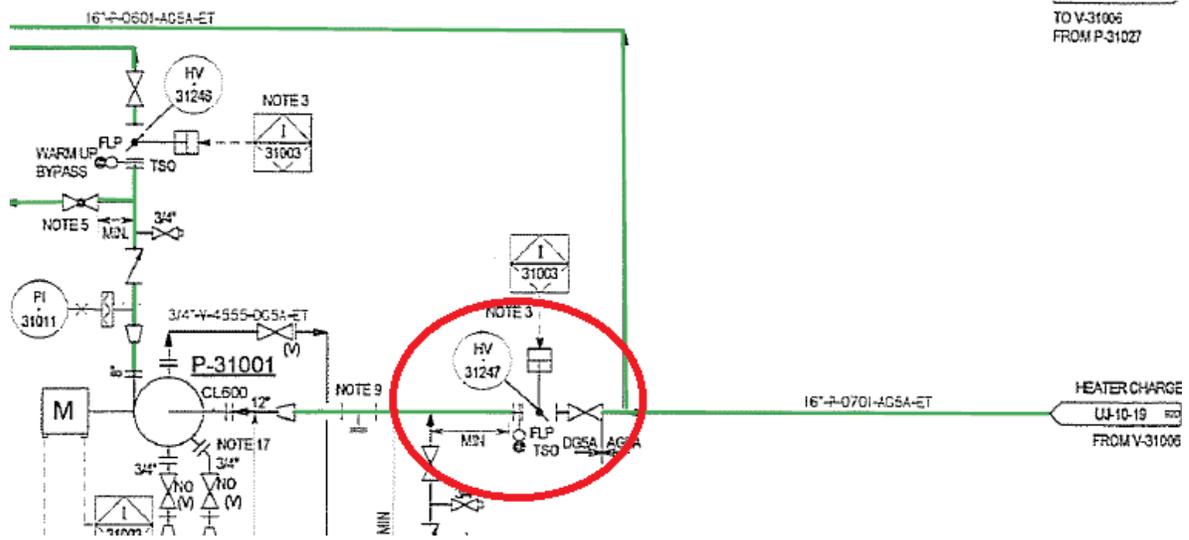


Figura 2.8. Análisis de escenario.

El siguiente punto era determinar la frecuencia de la causa analizada. El software está diseñado con base a la norma DG-SASIPA-SI-02741 Rev. 3 y da las opciones que se pueden ver en la figura 2.9

1	Extremadamente raro	Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha existe ningún re
2	Muy raro	Ocurre solamente una vez en la vida útil de la planta
3	Raro	Ocurre una vez en un periodo entre 5 y 10 años
4	Poco frecuente	Ocurre una vez en un periodo entre 3 y 5 años
5	Frecuente	Ocurre una vez en un periodo entre 1 y 3 años
6	Muy frecuente	Ocurre una o más veces por año

Figura 2.9. Frecuencia de las causas analizadas.

El siguiente punto es evaluar las consecuencias tanto para los trabajadores, la comunidad, el medio ambiente y para los intereses de la planta. Para esto el Software sigue algunas opciones (ver figura 2.10, 2.11, 2.12 y 2.13)

Para los trabajadores:

1		B	1.LAH-31104-B1 2.LAH-31104-A1	4	1		C	1.Vigilar el c del programa
1	No se esperan heridas o daños físicos.							
2	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios.							
3	Heridas o daños físicos que generan incapacidad médica							
4	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades.							
5	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades.							
6	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 15 fatalidades.							

Figura 2.10. Consecuencias para los trabajadores.

Para la comunidad:

1		3.PAL-31449	1		mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1	No se esperan heridas o daños físicos. Ruidos, olores e impacto visual imperceptibles.				
2	Heridas o daños físicos reportables y/o que se atienden con primeros auxilios. Evento que requiere de evacuación. Ruidos, olor				
3	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización a gran escala.				
4	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades.				
5	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 15 a 100 fatalidades.				
6	Heridas o daños físicos que pueden resultar en más de 100 fatalidades.				

Figura 2.11. Consecuencias para la comunidad.

Para el medio ambiente:

1		1	
1	No hay fuga o derrame externo.		
2	Fuga o derrame externo que se puede controlar en menos de una hora (incluyendo el tiempo para detectar)		
3	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en algunas horas		
4	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en un día.		
5	Fuga o derrame externo que se pueda controlar en una semana.		
6	Fuga o derrame externo que no se pueda controlar en una semana.		

Figura 2.12. Consecuencias para el medio ambiente.



Para los intereses de la planta:

4	▼	☰
1	▼	☰
1	Daños a instalaciones o pérdidas de producción hasta 0.25 millones de USD	
2	Daños a instalaciones o pérdidas de producción de 0.25 a 0.5 millones de USD	
3	Daños a instalaciones o pérdidas de producción de 0.5 a 5 millones de USD	
4	Daños a instalaciones o pérdidas de producción de 5 a 15 millones de USD	
5	Daños a instalaciones o pérdidas de producción de 15 a 50 millones de USD	
6	Daños a instalaciones o pérdidas de producción mayores de 50 millones de USD	

Figura 2.13. Consecuencias para los intereses de la planta.

Para este ejemplo se determinó que la frecuencia de la falla de un instrumento y las HV sería de un factor de 4 (que es poco frecuente, que ocurra una vez en un periodo de 3-5 años), al evaluar la frecuencia y las consecuencias sin tomar en cuenta las salvaguardas el programa basado en la norma nos indica que existe un índice de riesgo tipo B que como se vio en el capítulo 1.16 es una zona de riesgo (ALARP tan bajo como sea razonablemente posible).

Evaluando los daños se determinó que estos serían:

1. Daño a los internos de la torre fraccionadora: ya que se inundaría dañando los instrumentos, bandejas deflectoras, aspersores, etc.
2. Productos fuera de especificación: ya que al inundarse la torre no se podría clasificar esta mezcla.
3. Paro de la planta. Debido a que se tendría que vaciar la torre, lavar y evaluar los daños, el paro de la planta sería indefinido.
4. Daño a la bomba: ya que al no tener alimentación podría cavitarse.

Para los daños evaluados en el ejemplo se determinó que los daños al personal no serían graves ya que en esta parte del proceso no hay grandes presiones ni temperaturas, por lo que se le dio una puntuación de “1” también se determinó que las consecuencias para la comunidad no sería de gravedad ya que se consideró que no hay ningún riesgo de derrame, ni de explosión, etc. por lo que también se le dio una puntuación de “1” por lo mismo que se evaluó que no existiría derrame, no se consideró daño al medio ambiente por lo que también se le dio una puntuación de “1”. Por otra parte se consideró una consecuencia de nivel 4 en cuanto a los intereses de la planta ya que habría pérdidas en la producción, habría que cambiar posiblemente las dos bombas, cambiar los internos de la torre, etc.



Una vez evaluadas las consecuencias, se procedió a identificar las salvaguardas, si es que se contaba con estas, así como se iban identificando se iban enumerando en el programa (ver figura 2.7).

Para el ejemplo se enlistaron tres protecciones:

- ✓ LAH-31104-B1
- ✓ LAH-31104-A1
- ✓ PAL-31449

Utilizando los DTI's (20-19), se identificaron las alarmas por alto nivel instalados en el fondo de la torre fraccionadora, además de una alarma por baja presión instalada a la descarga de las bombas de la torre fraccionadora.

Posteriormente se evaluaba la frecuencia pero ahora contemplando las salvaguardas, se consensó junto con el equipo que sería la misma ya que inicialmente es un peligro y ya con las protecciones se convierte en un riesgo menor, y las protecciones no influyen en la incidencia de una causa.

Posteriormente se evaluaron las consecuencias esta vez contemplando las salvaguardas, las cuales reducen en gran medida los peligros, para el ejemplo se propuso que las consecuencias serían:

- Daño al personal: 1
- Daño a la comunidad: 1
- Daño al medio ambiente: 1
- Daño a los intereses de la planta: 1

Finalmente, se hizo la recomendación esta es consensada por todo el grupo de trabajo y se emite en base a la experiencia con la que cuente el personal.

Para el ejemplo se recomendó:

1. *Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)*

Esta metodología se aplicó para ambos nodos y se obtuvo un listado de cada variable con la que se trabajó, junto con sus recomendaciones.



### 2.3 Análisis de integridad mecánica

Para aplicar el análisis de integridad mecánica, se identificaron las pruebas que comúnmente se utilizan en cada etapa del diseño de equipo (ver tabla.2.1).

Tabla 2.1. Pruebas mecánicas.

FASE	PRUEBA
Diseño.	El equipo de proceso debe de ser conformado conforme a códigos y normas de diseño.
Construcción.	Identificación de materiales, Correctos procedimientos de soldadura. Inspección visual antes de soldar.
Operación.	Pruebas no destructivas. (radiografiado, pruebas neumáticas e hidrostáticas, prueba de partículas magnéticas, examen ultrasónico.)
Mantenimiento.	Programa de medición de espesores,
Desmantelamiento.	Apegarse a las normas establecidas.

*México 2014*

## Capítulo 3 Resultados



## Resultados

Con lo que respecta al análisis de riesgos.

Como se vio en el capítulo 2, se seleccionaron dos nodos, en la tabla 3.1 se puede ver la descripción y los planos utilizados para cada nodo.

**Tabla 3.1. Descripción de los nodos.**

NODO	DESCRIPCION	DFP´s	DTI´s			
1	<i>Alimentación a la torre fraccionadora y carga a los tambores de coquización.</i>	10-01 10-02 10-06	20-05			
			20-06			
			20-07			
			20-08			
			20-09			
			20-10			
			20-13			
			20-14			
			20-15			
			20-16			
			20-17			
			20-19			
			20-23			
			2	<i>Fraccionamiento de Gasóleo.</i>	10-01 10-02 10-06 10-07 10-09 10-13 10-14	20-05
						20-07
						20-08
20-09						
20-10						
20-15						
20-18						
20-19						
20-20						
20-21						
20-22						
20-24						
20-25						
20-26						
20-69						
20-70						

Del primer nodo se analizaron 16 desviaciones y un total de 374 diferentes escenarios y se emitieron recomendaciones que generalmente tienen que ver con el mantenimiento, a continuación se enlistan los escenarios en la tabla 3.2.

Análisis HAZOP: escenarios.

**Tabla 3.2. Descripción del nodo 1.**

Compañía	Nombre de la compañía
Área de proceso	Planta Coquizadora
Fecha de las sesiones	14,15,16/04/2014,
Nodo 1	Alimentación a la torre fraccionadora y carga a los tambores de coquización.
Producto	Coque, Nafta, LCGO, HCGO, Propano, Butano



**Tabla 3.3. Análisis de escenario de la desviación 1.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.</b>	1.Falla en HV-31247	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Falla en el FIC-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Falla en la VAAR-31021	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5. Falla en la FV-31047 abierta.	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6.Falla en el directo de la FV-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de m preventivo e inspección (MPI)
	7.Falla en LT-3104	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	8.Falla en la bomba P-01/02	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	9.Falla de la HV-31246	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	10.Falla de la HV-31244	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	11.Falla de las bombas P-09/10	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.4. Análisis de escenario de la desviación 2.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>2. Menos nivel en la torre fraccionadora V-31006.</b>	1.Falla en el FIC-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Taponamiento de FE-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3. Falla en la FV-31047 cerrada.	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Falla en LT-3104	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5.Falla en LT-3104A	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	Falla en la bomba P-01/02	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



**Tabla 3.5. Análisis de escenarios de la desviación 3.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>3. Menos nivel en los tambores V-01-04</b>	2.Falla de la XV-31006A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
	3.Falla de las bombas P-01/02	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Agregar una línea directa.
	4.Falla de la XV-31006B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
	5.Falla de la XV-31006	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
	6.Falla de la XV31006-C	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
	7.Falla de la XV31006-D	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
	16. Falla del lazo de control F-31035	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	17. Falla del lazo de control F-31036	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	18. Falla del lazo de control F-31037	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.6. Análisis de escenario de la desviación 4.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>4.Menos nivel en los tambores V-01-04</b>	1.Falla en la XV-31006	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación..
	2.Falla de la XV-31006A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
	3.Falla de las bombas P-01/02	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Agregar una línea directa.
	4.Falla de la XV-31006B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
	5.Falla de la XV-31006	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
	6.Falla de la XV31006-C	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización



<b>4. Menos nivel en los tambores V-01-04</b>	7. Falla de la XV31006-D	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
	8. Falla del lazo de control F-31030	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	9. Falla del lazo de control F-31031	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	10. Falla del lazo de control F-31032	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	11. Falla del lazo de control F-31033	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	12. Falla del lazo de control F-31034	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	13. Falla del lazo de control F-31035	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	14. Falla del lazo de control F-31036	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.7. Análisis de escenario de la desviación 5. (Resumen)**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>5. Menos temperatura en el horno H-01/02</b>	1. Falla de TT-31164A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2. Falla de TT-31165A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3. Falla de HS-31165A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4. Falla del TIC-31165A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5. Falla del PIC-31348A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7. Falla de PY-31348E	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	8. Falla de la PV-31348A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	9. Falla del PT-31353A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	10. Falla de la XV-31346A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	11. Taponamiento del FE-31347 <sup>a</sup>	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



**Tabla 3.8. Análisis de Escenario para el nodo 6.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>6. Más temperatura en la torre fraccionadora V-31006</b>	1.Falla de la bomba P-11	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Falla de la bomba P-12	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Taponamiento del FT-31102A-C	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Falla en el horno H-01	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5.Falla en el horno H-02	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6.Falla del lazo de control F-31130	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.9. Análisis de escenario de la desviación 7**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>7. Más presión en el horno H-01/02</b>	1.Rompimiento de FE-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Falla en FT-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3. Falla en el FIC-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Falla en la FV-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5.Falla en la bomba P-01	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6.Falla en la bomba P-02	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7.Rompimiento de FE-31030	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	8.Falla del FT-31030	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	9.Falla de la FV-31030	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	10.Rompimiento de FE-31031	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	11.Falla del FT-31031	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



<b>7. Más presión en el horno H-01/02</b>	12.Falla de la FV-31031	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	31.Falla en los directos de las válvulas FV-313030/31037	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	32.Falla de la válvula XV-31005	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
	33.Falla de la válvula XV-31006 <sup>a</sup>	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse a las rutinas operacionales.
	34.Falla de la válvula XV-31006 <sup>a</sup>	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.

**Tabla 3.10. Análisis de escenario de la desviación 8.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>8.Menos presión en el horno H-01/02</b>	2.Falla de la HV-31247	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Falla de la HV-31246	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Falla de la HV-31246	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5.Falla de la HV-31244	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6.Falla de la HV-31245	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7.Falla en FE-31248	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	8.Falla en FT-31248	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	9.Falla en FIC-31248	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	10.Falla en la FV-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	11.Falla en el directo de la FV-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	12.Taponamiento del FE-31030	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



<b>8. Menos presión en el horno H-01/20</b>	20. Falla en el FT-31030	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	28. Falla en el FIC-31030	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	36. Falla en la FV-31030	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	44. Falla en los directos de las válvulas FV-31030/31037	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.11. Análisis de escenario de la desviación 9.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>9. Menos presión en los tambores V-01/04</b>	1. Falla del lazo de control F-31130	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	9. Falla de la XV-31001A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	10. Falla de la XV-31002A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	11. Falla de la PSV-31000A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	12. Falla de la PSV-31000B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	13. Falla de la PSV-31000C	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	14. Falla de la XV-31001B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	15. Falla de la XV-31002B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	16. Falla de la PSV-31001A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	17. Falla de la PSV-31001B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	18. Falla de la PSV-31001C	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
20. Falla de la XV-31002C	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)	
21. Falla en la PSV-31002 <sup>a</sup>	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)	



**Tabla 3.12. Análisis de escenario de la desviación 10.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>10. Menos presión en los tambores V-01/04</b>	1.Falla del lazo de control F-31030	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Falla del lazo de control F-31031	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Falla del lazo de control F-31032	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Falla del lazo de control F-31033	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5.Falla del lazo de control F-31034	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6.Falla del lazo de control F-31035	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7.Falla del lazo de control F-31036	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	8.Falla del lazo de control F-31037	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.13. Análisis de escenario de la desviación 11.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>11.Alto flujo en el horno H-01/02</b>	1.Falla en FE-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Falla en la FV-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Rompimiento de FE-31030	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5.Falla del FT-31030	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6.Falla en el FIC-31030	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7.Falla en la FV-31030	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	36.Falla de la bomba P-01	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



**Tabla 3.14. Análisis de escenario de la desviación 12.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>12. Bajo flujo en el horno H-01/02</b>	1. Falla de la VAAR-31020	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse a las rutinas de operación
	2. Falla de la HV-31247	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4. Falla de la HV-31246	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5. Falla de la bomba P-02	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6. Falla de la HV-31245	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7. Falla de la HV-31244	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	8. Taponamiento del FE-31148	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	9. Falla en el FT-31148	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	10. Falla en el FIC-31148	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	11. Falla de la FV-31148	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	13. Falla del FE-31030	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	20. Falla del FT-31030	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	27. Falla del FT-31036	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
28. Falla en el FIC-31030	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)	

**Tabla 3.15. Análisis de escenario de la desviación 13.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>Alimentación a la torre fraccionadora V-31006</b>	1. Operación incorrecta de las bombas P-01/02	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Vigilar el cumplimiento del EPO
	2. Efecto sifón en las bombas P-01/02	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. vigilar el cumplimiento del EPO



**Tabla 3.16. Análisis de escenario de la desviación 14.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>14. No hay flujo en la alimentación a la torre fraccionadora V-31006</b>	1.Bloqueo en el FT-31102 <sup>a</sup>	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Bloqueo en el FT-31102B	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Bloqueo en el FT-31102D	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Bloqueo en el FT-31102C	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5.Falla de los directos de LOS FT-31102A/D	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6.Taponamiento del FE-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7.Falla del FT-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	8.Falla del FIC-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	9.Falla de la FV-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.17. Análisis de escenario de la desviación 15.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>15. Más flujo en la torre fraccionadora V-31006</b>	1.Tamponamiento del FE-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Falla del FT-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Falla del FIC-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5.Falla del directo de la FV-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6.Falla del LT-31104	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7.Falla del LI-31104B1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización



<b>15. Más flujo en la torre fraccionadora V-31006</b>	8.Falla del HS-31104	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	9.Falla del LT-31104 <sup>a</sup>	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	10.Falla del LI-31104A1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	11.Ruptura del FE-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	12.Falla del FT-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	13.Falla del FIC-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	14. Falla de la FV-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	15.Falla del directo de la FV-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	16.Falla de la XV-31001 <sup>a</sup>	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	17.Falla de la XV-001B	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
18.Falla de la XV-31001C	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)	
19.Falla de la XV-31001D	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)	
20.Falla del HS-31104	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)	

**Tabla 3.18. Análisis de escenario de la desviación 16**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>16. Menos flujo en la torre fraccionadora V-16006</b>	1.Taponamiento del FE-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Falla del FT-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Falla del FIC-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Falla de la FV-31047	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización



<b>16. Menos flujo en la torre fraccionadora V-16006</b>	5.falla del LT-31104	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6.Falla del LT-31104A	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7.Falla del HS-31104	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	9.Falla de la bomba P-31001	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	10.Tapomamiento del FE-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	11.Falla del FT-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	12.Falla del FIC-31148	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	13.Falla de la XV-31001A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse a las rutinas operacionales...
	14.Falla de la XV-31002A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) . 2. Apegarse a las rutinas operacionales.
	15.Falla de la XV-31006	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse a las rutinas operacionales.

Para el nodo 2, se contemplaron 14 desviaciones y un total de 156 posibles escenarios, los resultados se pueden ver en las siguientes tablas (ver tabla 3.19).

**Tabla 3.19. Descripción del nodo 2.**

Compañía	Refinería
Área de proceso	Coquizadora
Fecha de las sesiones	14,15,16/04/2014,
Nodo 2	Fraccionamiento de Gasóleo.
Producto	Coque, Nafta, LCGO, HCGO, Propano, Butano

**Tabla 3.20. Análisis de escenario de la desviación 1.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>1.Alto nivel en V-31008</b>	1.Falla de la bomba P-09	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Falla de la bomba P-10	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización



<b>1. Alto nivel en V-31008</b>	3. Taponamiento del FE-31046	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3. Falla de la LV-31103	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4. Falla del TIC-31180	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5. Falla en el TT-31180	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6. Taponamiento del FE-31044	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7. Falla en el FIC-31140	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	8. Falla en la FV-31140	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	9. Falla en el FIC-31104	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	10. Falla en el FT-31104	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	11. Falla en el TT-31173	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	12. Falla en el TIC-31173	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	13. Falla en el PT-31610	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	14. Falla en el PIC-31610	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	15. Obstrucción en los tubos del intercambiador E-07	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.21. Análisis de escenario de la desviación 2.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>3. Menos nivel en V-31008</b>	1. No hay alimentación en V-31006	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2. Falla en la bomba P-09	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3. Falla en la bomba P-10	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4. Falla en la TT-31180B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización



3. Menos nivel en V-31008	5. Falla en el TIC-31180	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6. Falla en la TV-31180B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7. Falla en a TV-31180 <sup>a</sup>	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.22. Análisis de escenario de la desviación 3.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
3. Más temperatura en el intercambiador E-01A-D	1. Falla del FE-31047	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2. Falla del FT-31047	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3. Falla del FIC-31047	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4. Falla de la FV-31047	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5. Falla del TT-31173	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6. Falla del TIC-31173	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7. Falla de la TV-31173	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.23. Análisis de escenario de la desviación 4.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	1. Falla del FE-31047	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	1. Falla de TT-31164A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2. Falla del TIC-31173	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3. Falla del TIC-31173	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3. Falla de HS-3165A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4. Falla en TIC-3165A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4. Falla del TT-31173	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



## Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización



4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	5. Falla de la FV-31047	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5. Falla en el PIC-31348A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6. Falla del FIC-31047	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6. Falla en PT-31348A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7. Falla del FIC-31047	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7. Falla en la PV-31348A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	8. Falla del FT-31047	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	8. Falla en PY-31348E	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	9. Rompimiento de FE-31347A	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	10. Falla de TT-31164B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	11. Falla de TT-31165B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	13. Falla en TIC-3165B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	14. Falla en el PIC-31348B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	15. Falla en PT-31348B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	16. Falla en la PV-31348B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	17. Falla en PY-3148F	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	18. Rompimiento de FE-31347B	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	19. Falla de TT-31164C	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



**Tabla 3.24. Análisis de escenario de la desviación 5.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
5.Mas temperatura en el intercambiador E-502	2.Falla del Tic-31180	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Falla de la TV-31180A	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.25. Análisis de escenario de la desviación 6.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
6.Menos temperatura en el intercambiador E-502	1.Falla del TT-31180	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Falla del TIC-31180	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Falla de la TV-31180	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Falla del FE-31530	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5.Falla del FT-31530	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6.Falla del FIC-31530	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7.Falla de la FV-31530	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.26. Análisis de escenario de la desviación 7.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
7.Mas temperatura en el intercambiador E-07	1.Rompimiento del FE-31044	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Falla del FT-31044	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3. Falla del FIC-31044	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Falla de la FV-31044	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5.Falla del directo de la FV-31044	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6.Falla del TT-31173	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7.Falla del TIC-31173	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



**Tabla 3.27. Análisis de escenario de la desviación 8.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>8. Menos temperatura en el intercambiador E-07</b>	1. Taponamiento del FE-31044	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2. Falla del FT-31044	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3. Falla del FIC-31044	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4. Falla de la FV-31044	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5. Falla del TT-3173	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6. Falla del TIC-31173	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7. Falla de la TV-31173	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.28. Análisis de escenario de la desviación 9.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>9. Más temperatura en el intercambiador E-505</b>	2. Falla del FIC-31180	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4. Falla de la FV-31533	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6. Falla del TT-31180	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	8. Falla del TT-31180	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.29. Análisis de escenario de la desviación 10.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>10. Menos temperatura en el intercambiador E-505</b>	2. Falla del FIC-31180	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3. Falla del FT-31533	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5. Falla de la FV-31533	C	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



**Tabla 3.30. Análisis de escenario de la desviación 11.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>11. Menos presión en V-31008</b>	1.Falla de la bomba P-11	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Falla del bomba P-12	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Falla del FIC-31140	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Falla de la FV-31040	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5.Taponamiento del FE-31042	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	6.Falla del FT-31042	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	7.Falla del FIC-31042	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	8.Falla de la FV-31042	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.31. Análisis de escenario de la desviación 12.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>12. Más presión en V-31008</b>	1.Ruptura del FE-31042	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Falla del FT-31042	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Falla de la FV-31042	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Falla del FIC-31042	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

**Tabla 3.32. Análisis de escenario de la desviación 13.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
<b>13. Alta diferencial de presión en el filtro V-16/39</b>	1.Taponamiento del filtro V-39	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Taponamiento del filtro V-16	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Falla de las válvulas que van a CHMDO desechos	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	4.Falla del PDT-31290	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	5.Falla del PDT-31190	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



**Tabla 3.33. Análisis de escenario de la desviación 14.**

Desviación	Escenario	Riesgo	Recomendación
15.Baja diferencial de presión en el filtro V-16/39	1.Falla del PDT-31290	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	2.Falla del PDT-31190	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
	3.Falla del medio filtrante del V-39	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)

Para ver el análisis completo, consultar el Anexo "B" de este trabajo, donde se especifican las protecciones y los peligros

Por otra parte para el análisis de integridad mecánica se logró constatar que pruebas fueron aplicadas en cada fase de ingeniería.

**Tabla 3.34. Pruebas aplicadas a la torre fraccionadora.**

FASE	PRUEBA
<b>Diseño.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se diseñó en base al código ASME VIII div. 1,</li> <li>➤ Manual de Diseño por viento,</li> <li>➤ Manual de Diseño por sismo,</li> </ul>
<b>Construcción.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Certificado satisfactorio de composición de materiales mediante análisis térmico.</li> <li>➤ Inspección visual aprobada,</li> <li>➤ Procedimiento de soldadura en base al código ASME div. IX</li> </ul>
<b>Operación.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Radiografía de soldaduras,</li> <li>➤ Tratamiento térmico a 920 °C.</li> <li>➤ Calibración de los instrumentos.</li> </ul>
<b>Mantenimiento.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Implementación de programa de medición de espesores en marzo del 2014.</li> </ul>
<b>Desmantelamiento.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No se encontró ningún programa de desmantelamiento</li> </ul>

## Capítulo 4 Análisis de resultados



## Análisis de resultados

En lo que refiere al análisis HAZOP se obtuvo que sin contemplar las salvaguardas en el nodo 1 se encontraron 19 riesgos tipo B que como se vio en el capítulo 1.16 estos riesgos debían estudiarse a detalle mediante un análisis de tipo costo-beneficio para que puedan tomarse decisiones en cuanto a, si se debe tolerar el riesgo, o si se deben implementar las recomendaciones que permitan reducir los riesgos a la región tolerable, sin embargo, al evaluar las salvaguardas, estos riesgos se redujeron a tipo C, por lo tanto se obtuvieron 374 riesgos tipo C que es una región de riesgo tolerable, esta es de bajo impacto y se deben continuar con las medidas preventivas que permiten mantener estos niveles de riesgo tolerables.

Tabla 4.1. Resumen del análisis

Tipo de riesgo	B	C
Nodo1	0	374
Nodo2	0	142

Estos 19 riesgos de tipo B se ubicaron claramente en algunas áreas del proceso (válvulas, o instrumentos) y están puntualmente localizado, a continuación se enlistan estos riesgos y las recomendaciones en las tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4.

Como se puede ver en la tabla 4.2, algunos de los riesgos tipo B identificados se sitúan en las líneas independientes y de suma importancia como en la de alimentación a la fraccionadora, que es donde se encuentra la válvula de control FV-31047, En consecuencia, si la válvula de la línea falla, el riesgo es alto y de graves consecuencias, no obstante, si se llegara a presentar algún fallo de ésta válvula, la línea cuenta con un bypass y con una línea alterna directa a la torre, además de las alarmas por alto y bajo nivel del LT-31104 la torre fraccionadora.

Otro riesgo tipo B con las mismas características fue ubicado en caso de que fallara la válvula de acción remota VAAR-31120, esta válvula está situada en la línea sale por el fondo de la torre y que alimenta a los hornos de coquización, de ahí su relevancia, sin embargo, en caso de que esta fallara, en el manual de operación se encontró que estas válvulas se pueden operar manualmente por lo tanto el riesgo está bien acotado



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización.



y no se debe de agregar un bypass por que las válvulas de acción remota se usan para cerrar en caso de emergencia.

Así mismo también se puede ver en la tabla 4.2 que los transmisores de nivel LT-31104/A ubicados en la parte inferior de la torre son de gran importancia ya que para prevenir altos o bajos niveles de la torre fraccionadora solo se depende de estos transmisores, inclusive se podría parar la planta, por esto se evaluaron con un riesgo tipo B sin contemplar las salvaguardas, no obstante, estos medidores cuentan con sus respectivas alarmas lo cual reduce el riesgo a clasificación C.

Tabla 4.2. Recomendaciones para los riesgos tipo B (parte1).

Desviación	# escenario	Daño	Recomendaciones
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6.Falla en el directo de la FV-31047	1. Daño a los internos de la torre. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta.	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Asegurarse que la válvula manual del directo permanezca cerrada.
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	7.Falla en LT-3104	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta.	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
12. Bajo flujo en el horno H-01/02	1.Falla de la VAAR-31020	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Paro de la planta. 4. Daño a los internos del horno. 5. Daño a las bombas P-01/02.	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.

Adicionalmente, se recomendó vigilar el mantenimiento preventivo en las válvulas HV-31246/244, estas válvulas están situadas a la descarga de las bombas que alimentan de la torre fraccionadora a los hornos, de ahí su importancia.

Tabla 4.3. Recomendaciones para los riesgos tipo B (parte 2)

Desviación	# escenario	Daño	Recomendaciones
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	9.Falla de la HV-31246/31244	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta. 4. Daños a la bomba.	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI).

Otra parte del proceso donde se pueden encontrar riesgos tipo B sin evaluar las salvaguardas es en las líneas que van del horno hacia los tambores de coquización, algunas de estas válvulas se mencionan varias veces en el análisis debido a su importancia, por ejemplo la válvula XV-31006 se contempló tanto para la desviación de menos/más nivel en los tambores de coquización, se recomendaría agregar una línea directa a las válvulas de corte XV, justificando que aunque sean válvulas de corte son operadas independientemente del proceso, estas pueden fallar en algún



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización.



momento, por lo tanto se recomendaría agregar válvulas manuales, ya que si las válvulas de corte fallaran podrían causar un daño quizá irreparable , ya que se evaluó que en caso de que fallen por ejemplo la XV-31006, que es la válvula de alimentación a los reactores de coquización, se podría sobrepresionar la línea hasta que esta falle, además de que se presurizarían los hornos y podrían explotar, causando daño a los trabajadores, ambiente, y sobre todo un posible daño a la comunidad, el mismo caso para la XV-31006 A/B/C/D, XV-31005, Sin embargo, estas válvulas de corte XV como se mencionó antes están ubicadas en la salida de los hornos a los tambores de coquización y en caso de que fallará alguna de estas válvulas, el fluido se puede desviar al siguiente tambor, además de que en caso de falla, estas válvulas son fácilmente desmontables y el proceso de coquización dura aproximadamente 8 hrs, tiempo suficiente para maniobrar en caso de algún contratiempo.

Otro riesgo tipo B ubicado fue en caso de que las bombas P-01/02 fallaran ya que son las que transportan el residuo de vacío de la torre fraccionadora a los hornos de coquización, por esta misma razón se cuentan con dos bombas, para que en caso de falla la planta pudiera seguir operando al menos a la mitad de su capacidad.

Tabla 4.4. Recomendaciones para los riesgos tipo B (Parte 3).

Desviación	# escenario	Daño	Recomendaciones
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	1.Falla en la XV-31006	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02. 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño a los tambores V-01/02.	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2.Apegarse al manual de operación.
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	2.Falla de la XV-31006 <sup>a</sup>	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02. 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño al tambor V-01.	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	4.Falla de la XV-31006B	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02. 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño al tambor V-02	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	5.Falla de la XV-31005	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02. 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño a los tambores V-03/04.	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	6.Falla de la XV31006-C	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02. 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño a los tambores V-04.	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	7.Falla de la XV31006-D	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02. 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño a los tambores V-03.	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
4. Alto nivel en los tambores V-01/04	1.Falla de la XV-31005	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a los tambores de coque V-01/02. 3. Paro de la planta.	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización.



<b>4. Alto nivel en los tambores V-01/04</b>	2.Falla de la XV-31006 <sup>a</sup>	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a los tambores de coque V-01/02. 3. Paro de la planta.	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
<b>4. Alto nivel en los tambores V-01/04</b>	3.Falla de la XV-31006B	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a los tambores de coque V-01/02. 3. Paro de la planta.	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
<b>4. Alto nivel en los tambores V-01/04</b>	4.Falla de la XV-31006	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a los tambores de coque V-03/04. 3. Paro de la planta.	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
<b>4. Alto nivel en los tambores V-01/04</b>	5.Falla de la XV-31006C	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a los tambores de coque V-03/04. 3. Paro de la planta.	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
<b>4. Alto nivel en los tambores V-01/04</b>	6.Falla de la XV-31006D	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a los tambores de coque V-03/04. 3. Paro de la planta.	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
<b>3. Menos nivel en los tambores V-01/04</b>	3.Falla de las bombas P-01/02	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02. 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre	1. Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.

En resumen se encontraron 19 riesgos tipo B sin contemplar las salvaguardas y una vez contempladas se redujeron los riesgos a clasificación C, por lo tanto, sugiere seguir con el programa de mantenimiento y contar personal técnico capacitado que se apegue al manual de operación, para intervenir en caso de alguna falla, ya que los riesgos están bien acotados.

Por otra parte, para el Nodo 2, no se identificó algún riesgo tipo B sin salvaguarda, como se mencionó antes se analizaron 156 escenarios y todos se clasificaron con un riesgo tipo C, que se refiere a riesgo de bajo impacto y es tolerable, aunque pudieran tomarse acciones para reducirlo. Se debe continuar con las medidas preventivas que permitan mantener estos niveles de riesgo en valores tolerables.

En este nodo, todas las recomendaciones se refieren a un mantenimiento preventivo, debido a que no se manejan altas condiciones de operación, por ejemplo, el agotador V-31008 opera a 10 psi, los posibles daños son a las instalaciones y pérdida en producción por no más de 0.5 mdd, al igual que los intercambiadores de calor E-01A/D, E-06,- E07 E-502 y E-505 que en caso de que llegaran a fallar, los daños que ocasionarían serían mínimos como pérdidas en la producción y a las instalaciones por menos de 0.5 mdd.

Por otro lado, en el Análisis de integridad mecánica se mencionó anteriormente que las etapas de ingeniería se apegaron a las normas y códigos de diseño, y estos a su vez garantizan mayor calidad de la integridad mecánica de la torre, la planta cuenta con todos los certificados de pruebas mencionadas en la tabla 3.34, de los cuales se cuenta con:

1. Certificado de autenticidad de materiales.
2. Certificado de diseño en base al código ASME.



3. Certificado de radiografiado de soldaduras.
4. Reporte de tratamientos térmicos.
5. Certificado de inspección visual.
6. Reporte de pruebas de pintura.

Además de que debido a que la planta fue reconfigurada recientemente, no se contaba con un sistema de medición de espesores que evalúe la rapidez de desgaste, la vida útil remanente y cuando debe ser emplazada la torre fraccionadora.

Con lo que respecta a que no se encontró información sobre los procedimientos para el desmantelamiento de la torre fraccionadora, no quiere decir que no se cuente con estos. Como es conocido, las fases de la ingeniería son muy amplias y están contenidas en documentos impresos y/o electrónicos y estas suelen ser extensas, debido a esto, puede ser que no se haya podido ubicar este documento, sería importante revisar si se cuenta con este aunque no haya planes de un futuro desmantelamiento.

## **4.2 Recomendaciones**

Sobre el análisis HAZOP, a continuación se recomiendan algunos puntos, estos pueden ser útiles para aquellos profesionistas que les interese iniciar el estudio de los análisis de riesgos:

1. Descripción del proceso: Definir el sistema a analizarse y hacer una descripción del proceso particular. Tomar la descripción del proceso general como guía.
2. Definir los nodos: La mejor forma de definir los nodos, es la que permite que todos los miembros del equipo le entiendan y esto se logra con parámetros sencillos como (alimentación, fondo, carga, etc.).
3. Mostrar un plano general que represente los nodos a utilizarse: este punto es base, ya que si se cuenta con este el análisis será muy práctico.
4. No saturar a los miembros del grupo con información: se recomienda sintetizar al máximo la información ya que algunos planos resultan repetitivos.
5. Hacer una lista con los equipos (tanques, torres, bombas, etc.), esto facilitará el siguiente punto, además de que dará un mejor panorama del análisis.
6. Identificar el máximo y el número de escenarios posibles a analizarse, esto hará más dinámicas las sesiones, y no se perderá tiempo valioso durante las sesiones.
7. Apoyarse de un Software que organice la información ya que durante las sesiones se requiere que sean dinámicas.



Por otra parte se recomiendan algunos puntos sobre los Análisis de integridad mecánica.

1. Sería muy útil tener una base de datos sólo de las pruebas aplicadas al activo y que en esta base de datos se ubiquen los documentos de acuerdo a la etapa de vida del activo.
2. Por lo general las etapas de diseño y construcción están apegadas a las más estrictas normas y códigos de calidad y fiabilidad del activo, por lo tanto se sugiere tener un cuidado especial a la fase de operabilidad del activo ya que es donde ocurre el desgaste y cambian las propiedades mecánicas.

### **Conclusiones.**

Se cumplió el objetivo general aunque en un principio se pensaba evaluar toda la torre fraccionadora, sin embargo al ser la torre parte fundamental del proceso de coquización, el panorama del análisis se ampliaba demasiado y se determinó que serían alrededor de 1500 diferentes escenarios, por lo que se determinó que solo se trabajaría con la sección de alimentación a los tambores de coquización.

Por otra parte, se logró cumplir con los objetivos particulares del análisis de riesgos, como el de definir el área de proceso, hacer la descripción adecuada, además de identificar los nodos, estos fueron identificados de una forma sencilla y entendible, se logró trabajar con documentos de ingeniería y adecuarlos para un análisis exitoso, al tratarse de una planta tan grande, esta parte del trabajo se volvió extensa.

Dado que los análisis de riesgos se basan en la experiencia cabe mencionar que el análisis de riesgos presente tiene las limitaciones que todo principiante puede tener, por lo tanto, las recomendaciones del análisis aplicado son un tanto acotadas, sin embargo, se logró dirigir y aplicar el análisis identificando un total de 516 diferentes escenarios para ambos nodos.

De los 516 posibles escenarios se identificaron preliminarmente 19 de riesgo tipo B, los cuales se redujeron a tipo C al evaluar las salvaguardas, en caso de que no hubiesen sido minimizados durante el análisis, se procede a estudiarse cada uno de estos en un análisis beneficio-costos, para determinar en cuanto tiempo se deben llevar a cabo las recomendaciones.

En general las recomendaciones se refieren al mantenimiento preventivo, operar los equipos correctamente y apegarse al manual de operación.



Análisis de riesgos de proceso e integridad mecánica de una columna fraccionadora de alimentación a los reactores de coquización.



La dirección del trabajo es fundamental para un buen análisis, y se tuvo la experiencia de trabajar desde esa perspectiva, por lo tanto, este trabajo puede ser una guía para futuros trabajos.

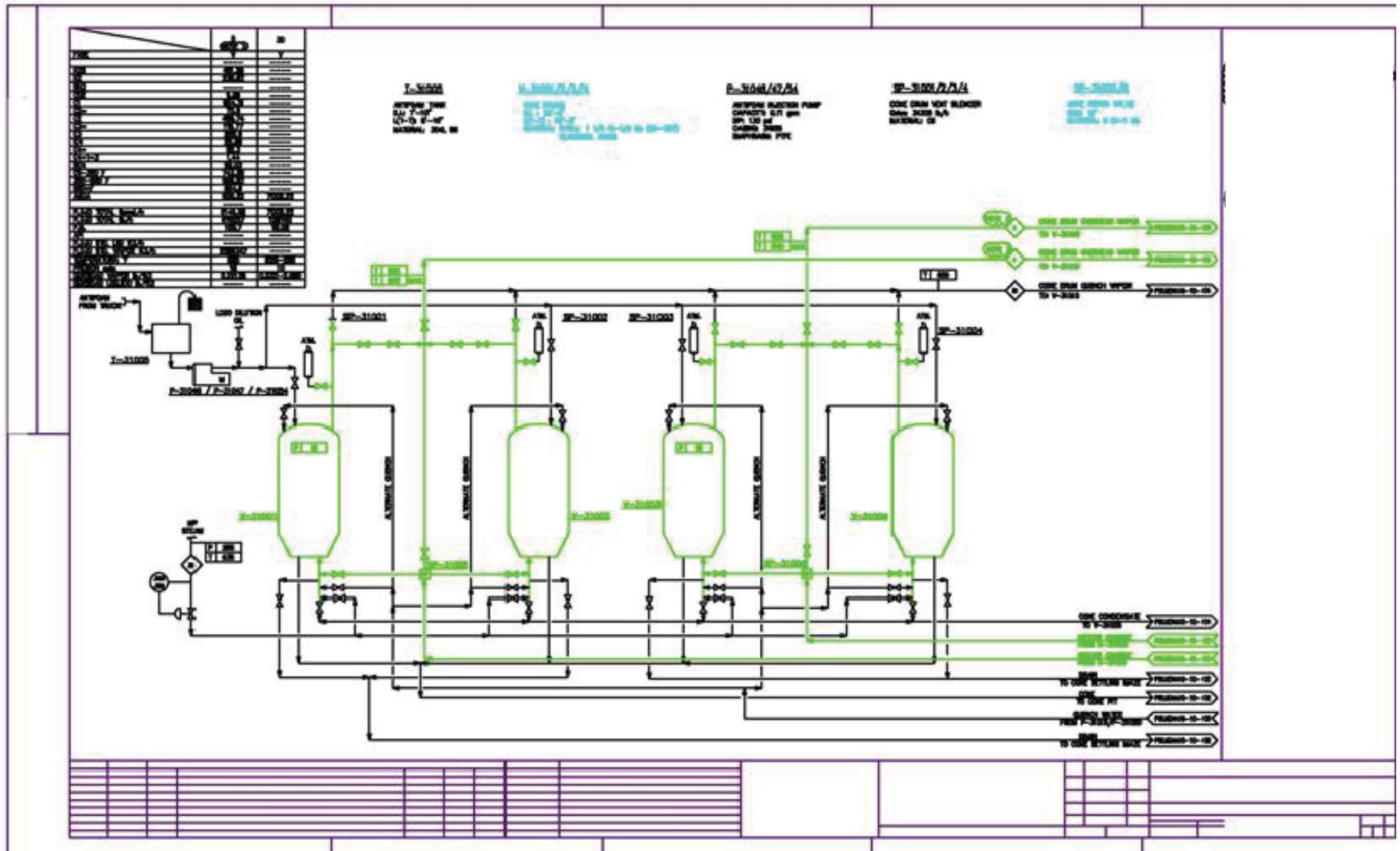
Además también se cumplió con el objetivo particular de evaluar la integridad mecánica de la torre y se concluye que está garantizada la integridad mecánica de la torre, ya que se identificaron las principales pruebas que fueron aplicadas en cada fase de la ingeniería y se consiguió la información específica de cada prueba, es importante seguir con los planes de mantenimiento preventivo y correctivo para asegurar la fiabilidad de la torre fraccionadora.



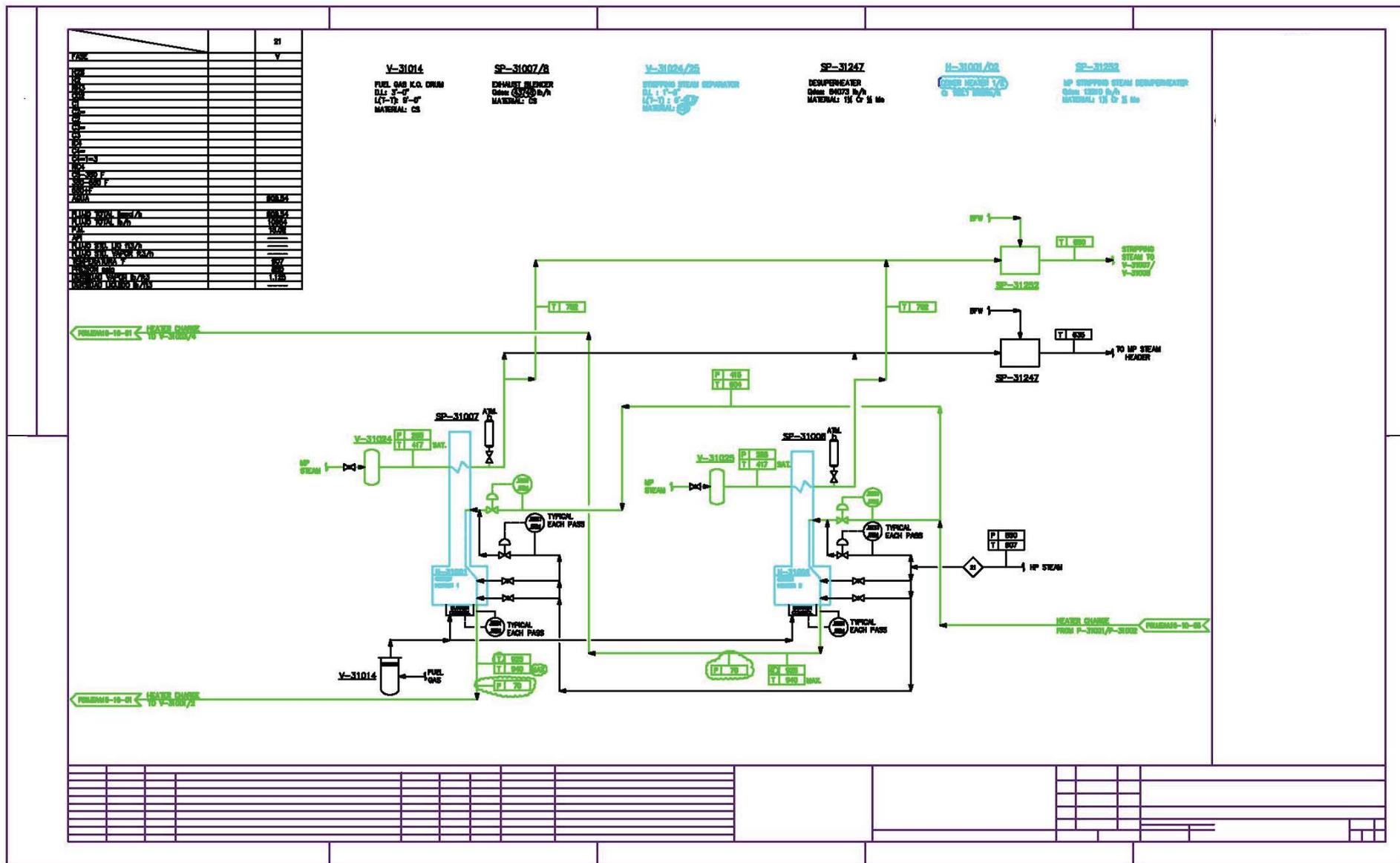
## Bibliografía

- [1] AIChE. (2008). *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*. New York, USA.
- [2] David S.J.Jones, P. R. (2006). *Handbook of Petroleum Processing*. Illinois, USA: Springer.
- [3] Dennis P. Nolan, P. (1994). *Aplication of HAZOP and WHAT-IF safety reviews to the petroleum, petrochemical and chemical industries*. NEw Jersey, E.U.:
- [4] Departament of energy, E.U. (2004). *Chemical Process Hazards Analysis*. Washington.
- [5] Diario oficial de la federación. (21 de Enero de 1997). Reglamento federal de segurard higiene y medio ambiente de trabajo. *Diario oficial de la federación*.
- [6] Exxon Mobil. (2010). Fluid Coking conversion Technology. *Exxon Mobil Research and Engineering*.
- [7] Exxon Mobil. (2011). A Simple Guide to Oil Refining. *Exxon Mobil*.
- [8] Freedman, P. (2003). HAZOP como metodología de análisis de riesgos. *Petrotecnia*.
- [9] Institute for Health Care Improvement. (2004). Failure Modes and Effects Analisys FMEA.
- [10] international labour office Geneva. (1991). *Prevention of major industrial accidents*. Geneva, Suiza.
- [11] kolluru, R. B. (199). *Manual de evaluación y administración de riesgos*. México: McGraw-Hill.
- [12] McKinney, J. (1992). *Petroleum Processing Handbook*. New York, USA: Mercel Dekker.
- [13] Murillo, R. M. (2009). *Metodolohgía para el desarrollo de algoritmos de evaluación de riesgo en estaciones de bombeo de hidrocarburos*. D.F. México.
- [14] PEMEX. (25 de Marzo de 2011). Guia para realizar análisis de riesgos.
- [15] Rafael Torres Robles, J. C. (2002). *Análisis y simulación de Procesos de Refinación del Petróleo*. México, D.F.: Alfaomega.
- [16] Speight, J. (2011). *The Refinery of the Future*. Burlington, MA: EL SEVIER.
- [17] Vladimir Popovic, B. V. (2008). *Review of Hazard Analysis Methods and Their Basic Characteristics*. Belgrade, Serbia.

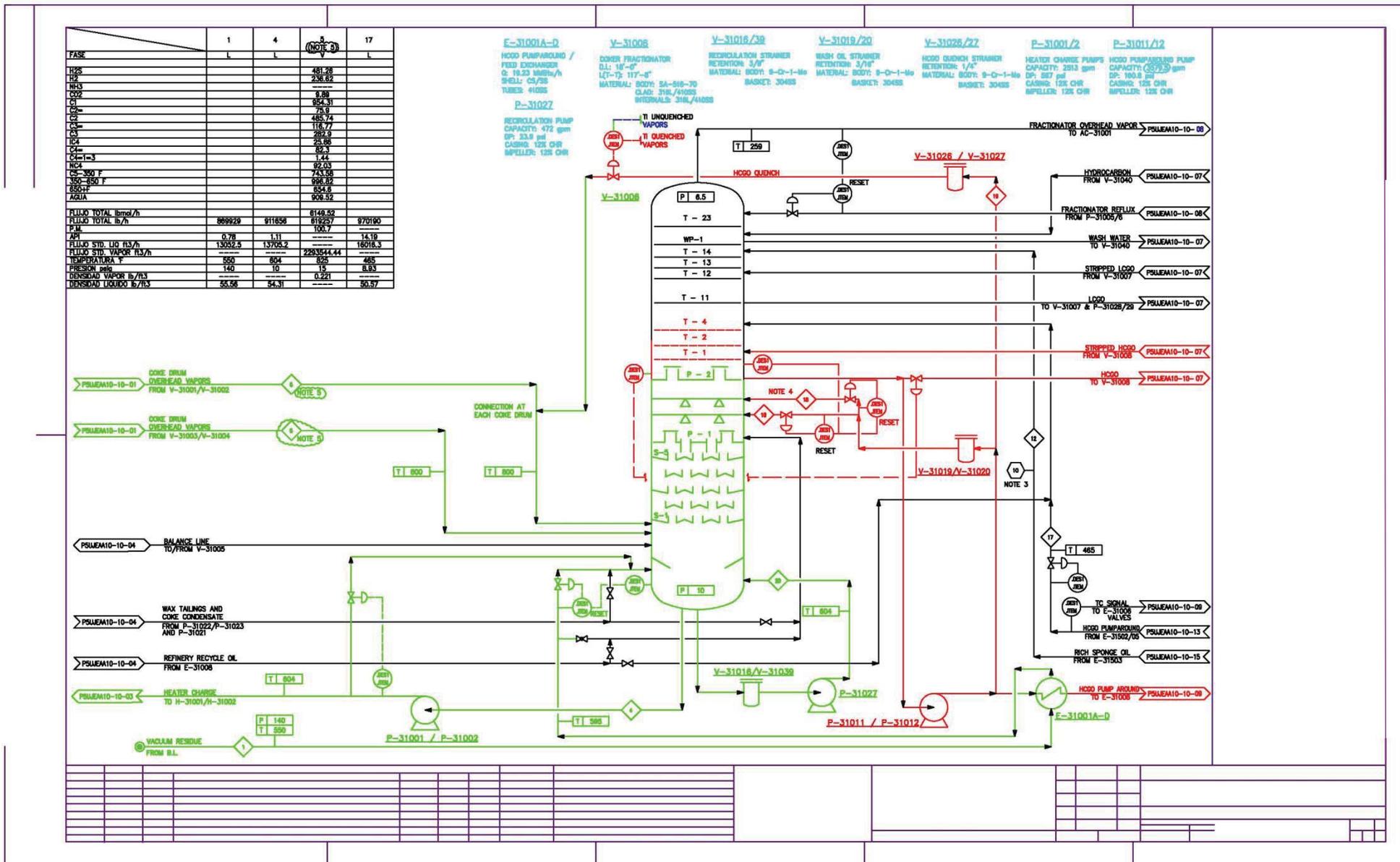
# ANEXO "A" Planos utilizados



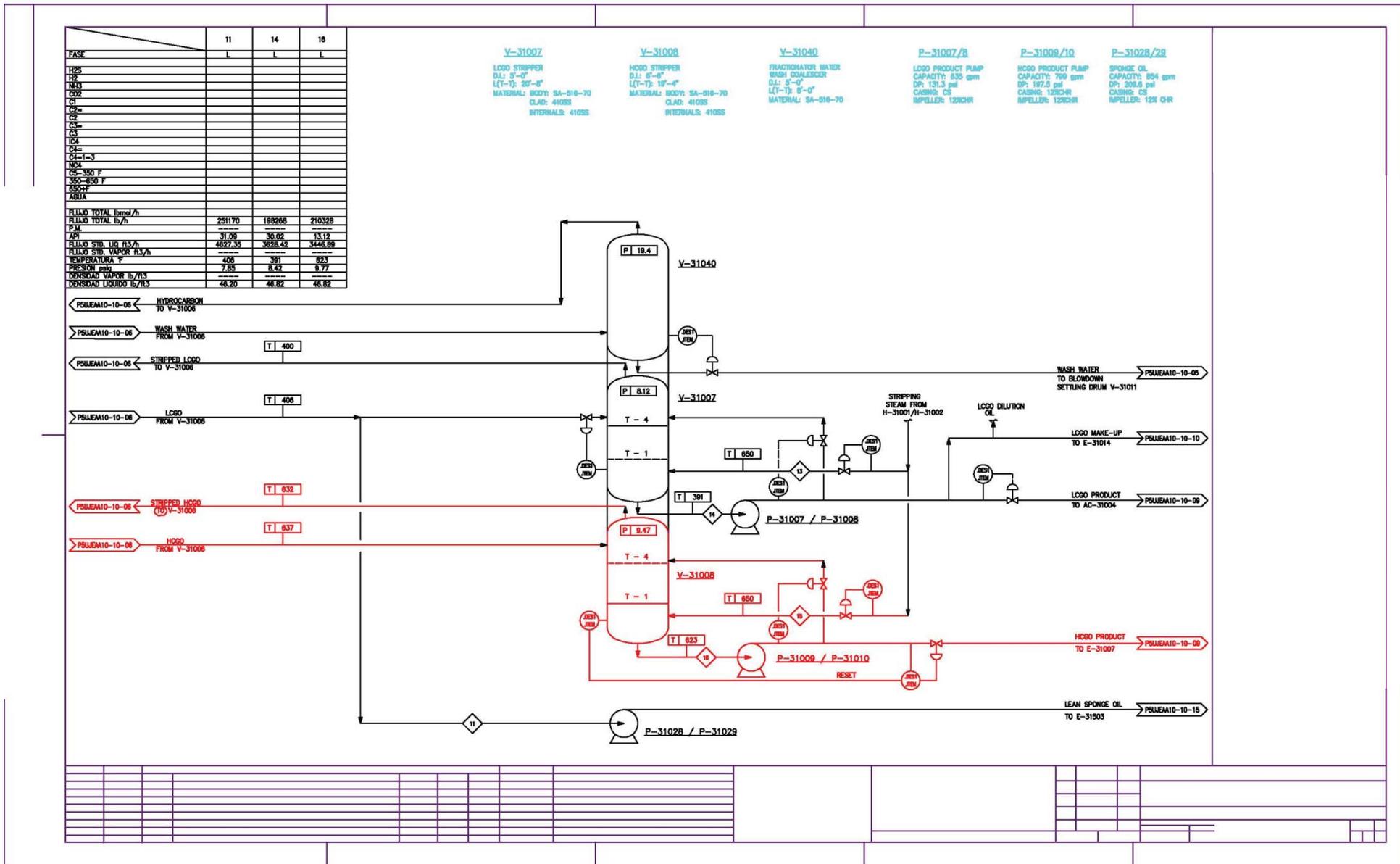
# ANEXO "A" Planos utilizados



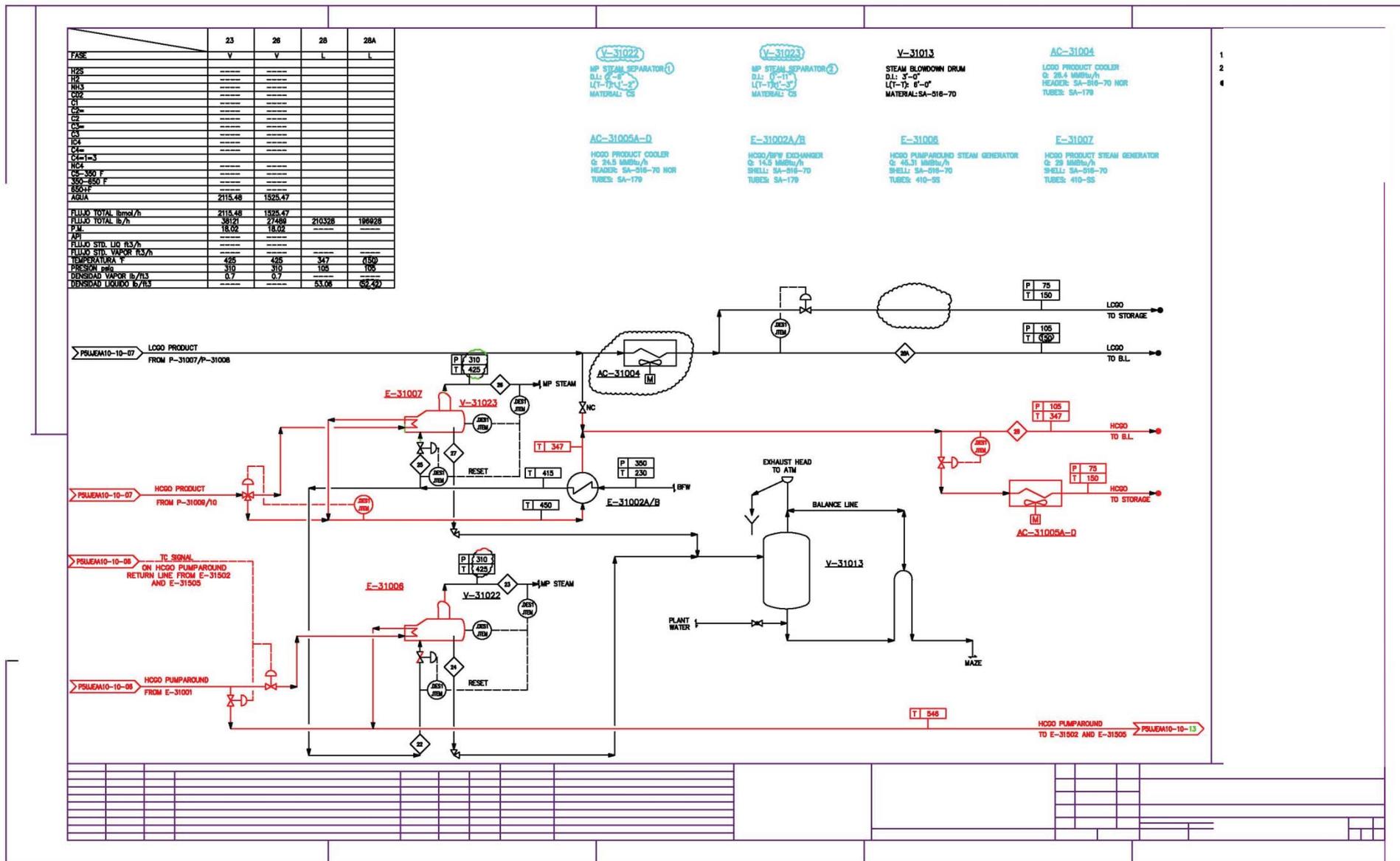
# ANEXO "A" Planos utilizados



# ANEXO “A” Planos utilizados



# ANEXO "A" Planos utilizados



# ANEXO "A" Planos utilizados

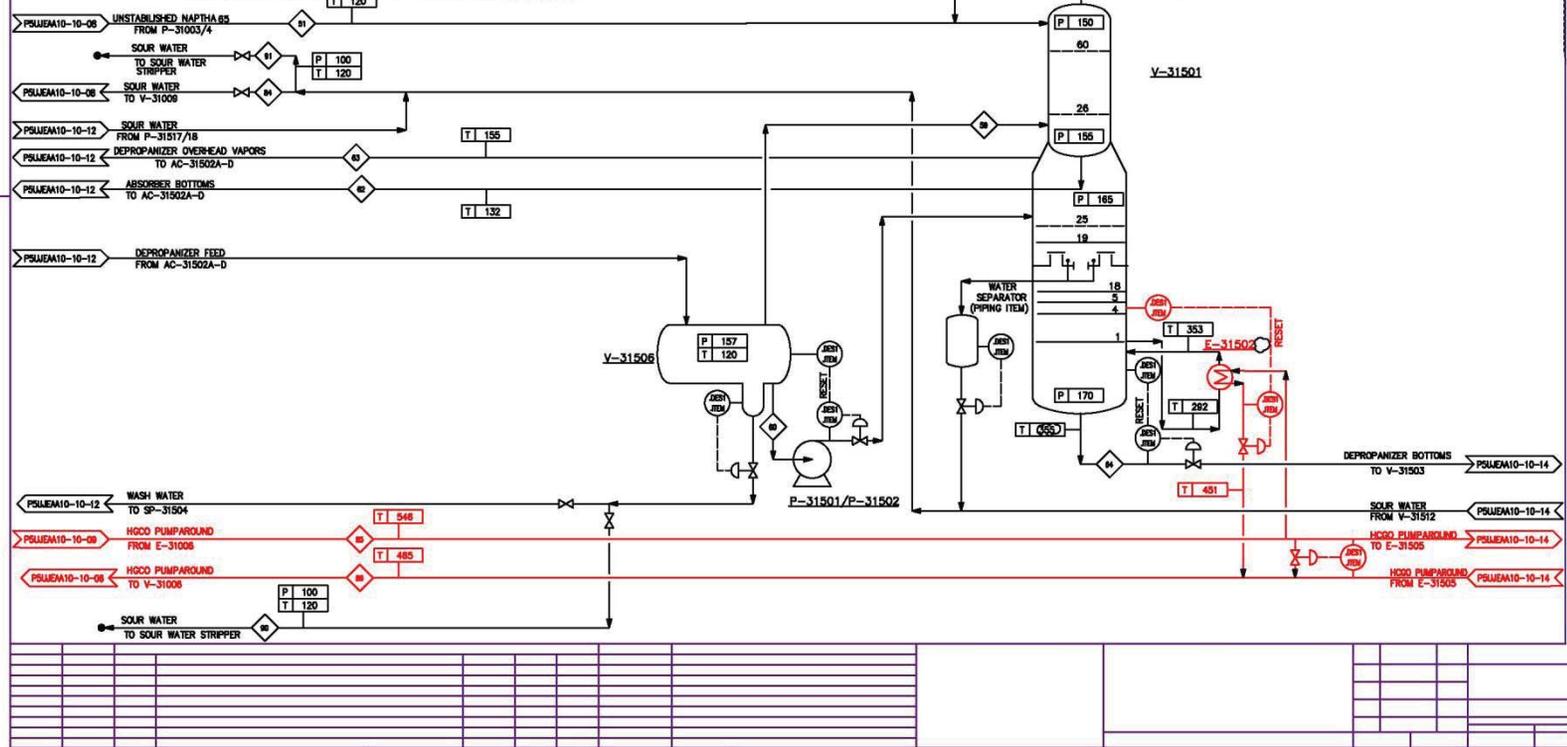
FASE	51 NOTA 4.5	52 NOTA 5	60 NOTA 5	61 NOTA 3.5	64 NOTA 5.6	65	90	91
	L	L	L	L	L	L	L	L
H2S	1.89	887.09	156.54	593.35	0.04		18478 (sepm)	30289 (sepm)
H2	0.01	493.64	2.91	421.71				
NH3		13.54	5.06	10.54	0.01		7367 (sepm)	8266 (sepm)
CO2	0.01	11.48	1.02	10.85				
Cl	0.38	1000.54	37.81	978.98				
C2	0.1	88.44	10.39	82.15				
C3	0.82	804.10	101.99	543.01				
C4	0.83	203.76	80.51	151.48	1.40			
C5	1.8	638.35	273.45	361.05	8.49			
IC4	0.37	35.36	30.87	13.99	24.50			
IC5	1.34	84.47	109.43	27.28	75.79			
C6+to-3	0.33	1.43	1.83	0.44	1.38			
NC4	1.85	85	128.20	19.84	88.54			
CS+	280.48	145.77	1890.81	202.29	1841.53	1113		
DEA							758.3	1530.55
AGUA	0.49	40.65	4.14	38.58				
FLUJO TOTAL lmpd/h	295.28	3985.63	2854.09	3478.54	2033.68	1113	758.3	1530.55
FLUJO TOTAL l/h	33584	117989	229788	95284	196364	110635	13777	27776
P.M.	54.19	28.7		28.5				
API	702.3		9208.18		4317.38	2399	221	445.46
FLUJO STD. LIQ. l3/h		1506900		1317100				
FLUJO STD. VAPOR l3/h								
TEMPERATURA °F	120	120	120	145	385	110	120	120
PRESION psig	150	157	157	150	170	210	100	100
DENSIDAD VAPOR lb/ft3		0.81975		0.7299				
DENSIDAD LIQUIDO lb/ft3	46.1		41.95		34.52	44.95	61.8	61.8

**V-31501**  
 ABSORBER DEPROPANIZER  
 D.I.: 9'-0"  
 L(T)-10'-0" x 25'-0"  
 MATERIAL: BODY, SA-516-70 KILLED  
 INTERVALS: 410SS

**V-31506**  
 ABSORBER DEPROPANIZER FEED DRUM  
 D.I.: 9'-0"  
 L(T)-10'-0" x 25'-0"  
 MATERIAL: SA-516-70 KILLED

**E-31502**  
 DEPROPANIZER REBOILER  
 D: 31.8 1000W/8  
 SHELL: SA-516-70  
 TUBES: SA-213

**P-31501/2**  
 DEPROPANIZER FEED PUMP  
 CAPACITY: 685 gpm  
 DP: 80.4 psf  
 CASING: CS  
 IMPELLER: 12X CHR

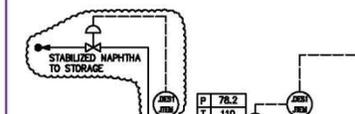


# ANEXO "A" Planos utilizados

FASE	84	86	73	74	76	76A
	(NOTA 3)	L	L	V	L	L
H2S	0.039			1.31	0.12	24.24
HCN	0.002					
CO2						
C1						
C2						
C3	0.004			0.17	0.02	0.03
C4	0.192			19.72	1.78	3.47
C5	0.927			122.95	10.95	21.95
IC4	12.49	0.38	0.89	231.79	20.84	40.83
IC5	82.98	1.39	3.48	810.98	72.21	142.92
C6+1-3	1.13	0.03	0.08	14.99	1.3	2.87
HC4	84.39	3.39	8.86	910.73	81.11	160.41
HC5	1838.18	733.86	1828.43	28.66	2.64	5.63
DEA						
AGUA						
FLUJO TOTAL lbmol/h	2006.28	758.53	1836.53	2141.82	190.75	401.25
FLUJO TOTAL lb/h	195369	74379	180014	121105	10786	22153
P.H.				96.54		
API						
FLUJO STD. LIQ. ft <sup>3</sup> /h	4408.80	1609.84	4004.83		297.83	811.79
FLUJO STD. VAPOR ft <sup>3</sup> /h				759938.25		
TEMPERATURA °F	363	110	359	160	148	148
PRESION psig	170	78.2	125	120	110	110
DENSIDAD VAPOR lb/ft <sup>3</sup>				1.189		
DENSIDAD LIQUIDO lb/ft <sup>3</sup>	33.71	44.95	35.98	1.1	31.84	32.48

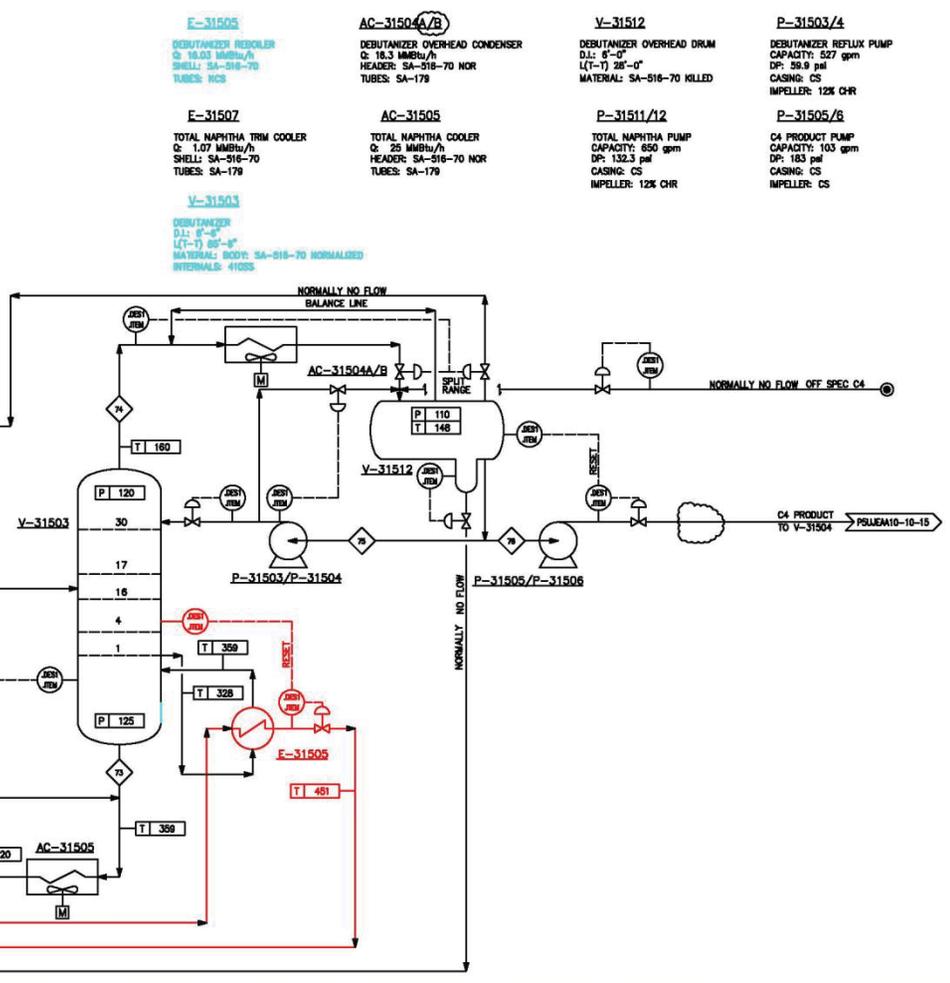
VENT GAS  
TO AC-31501

DEPROPANIZER BOTTOMS  
FROM V-31501



NAPHTHA  
FROM P-31511/12

- PSUEM10-10-13 H2O PUMP/AROUND FROM E-31508
- PSUEM10-10-13 H2O PUMP/AROUND TO V-31008
- PSUEM10-10-13 SOUR WATER TO V-31009/SOUR WATER STRIPPER



E-31505

DEBUTANIZER REBOILER  
Q: 18.03 MMBtu/h  
SHELL: SA-516-70  
TUBES: RCS

E-31507

TOTAL NAPHTHA TRIM COOLER  
Q: 1.07 MMBtu/h  
SHELL: SA-516-70  
TUBES: SA-179

V-31503

DEBUTANIZER  
D.I.: 8'-0"  
L(T-1): 20'-0"  
MATERIAL: SAE 516-70 NORMALIZED  
INTERNAL: 410SS

AC-31504A/B

DEBUTANIZER OVERHEAD CONDENSER  
Q: 18.3 MMBtu/h  
HEADER: SA-516-70 NCR  
TUBES: SA-179

AC-31505

TOTAL NAPHTHA COOLER  
Q: 25 MMBtu/h  
HEADER: SA-516-70 NCR  
TUBES: SA-179

V-31512

DEBUTANIZER OVERHEAD DRUM  
D.I.: 8'-0"  
L(T-1): 20'-0"  
MATERIAL: SA-516-70 KILLED

P-31503/4

DEBUTANIZER REFLUX PUMP  
CAPACITY: 527 gpm  
DP: 59.9 psf  
CASING: CS  
IMPELLER: 12X CHR

P-31511/12

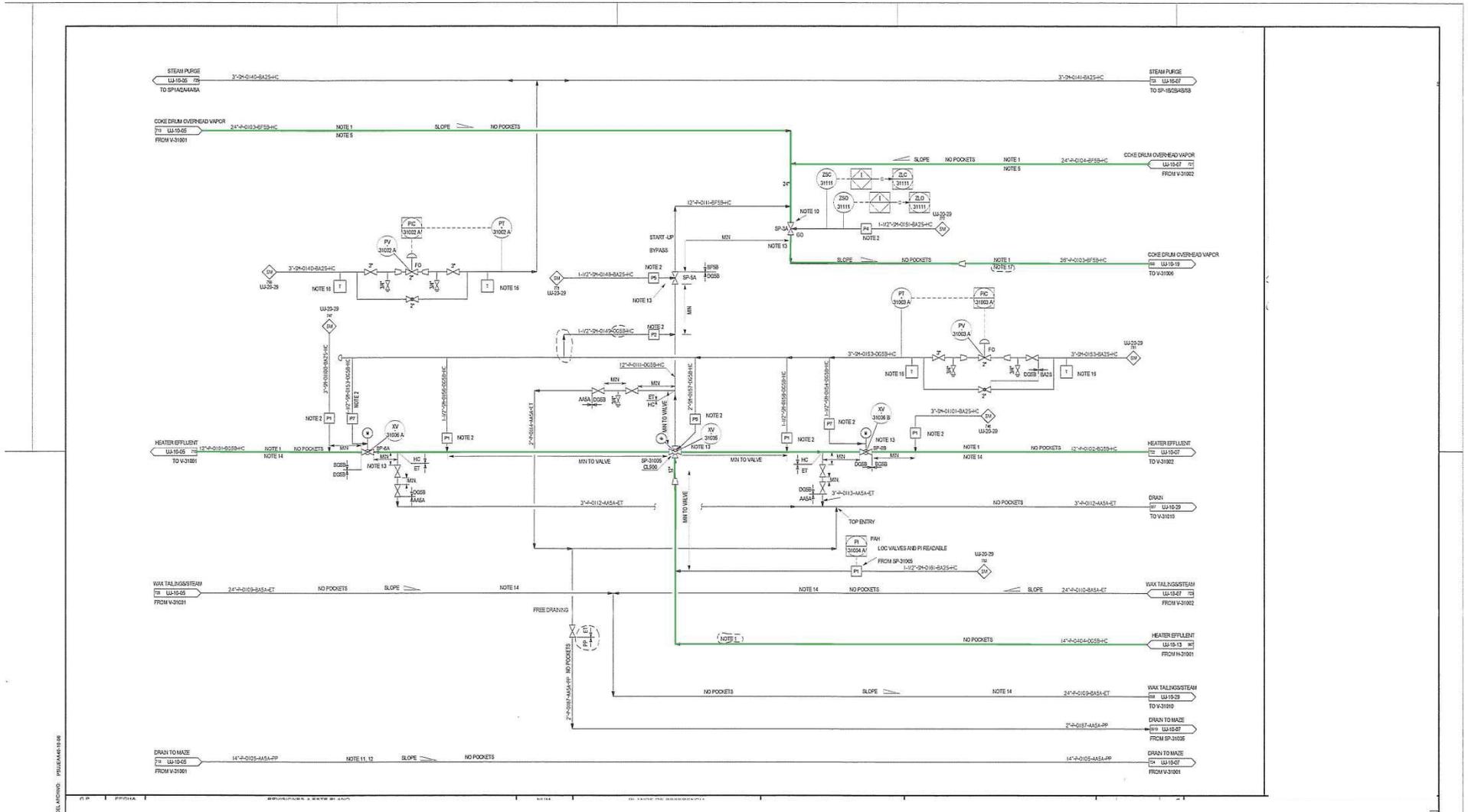
TOTAL NAPHTHA PUMP  
CAPACITY: 650 gpm  
DP: 132.3 psf  
CASING: CS  
IMPELLER: 12X CHR

P-31505/6

C4 PRODUCT PUMP  
CAPACITY: 103 gpm  
DP: 183 psf  
CASING: CS  
IMPELLER: CS

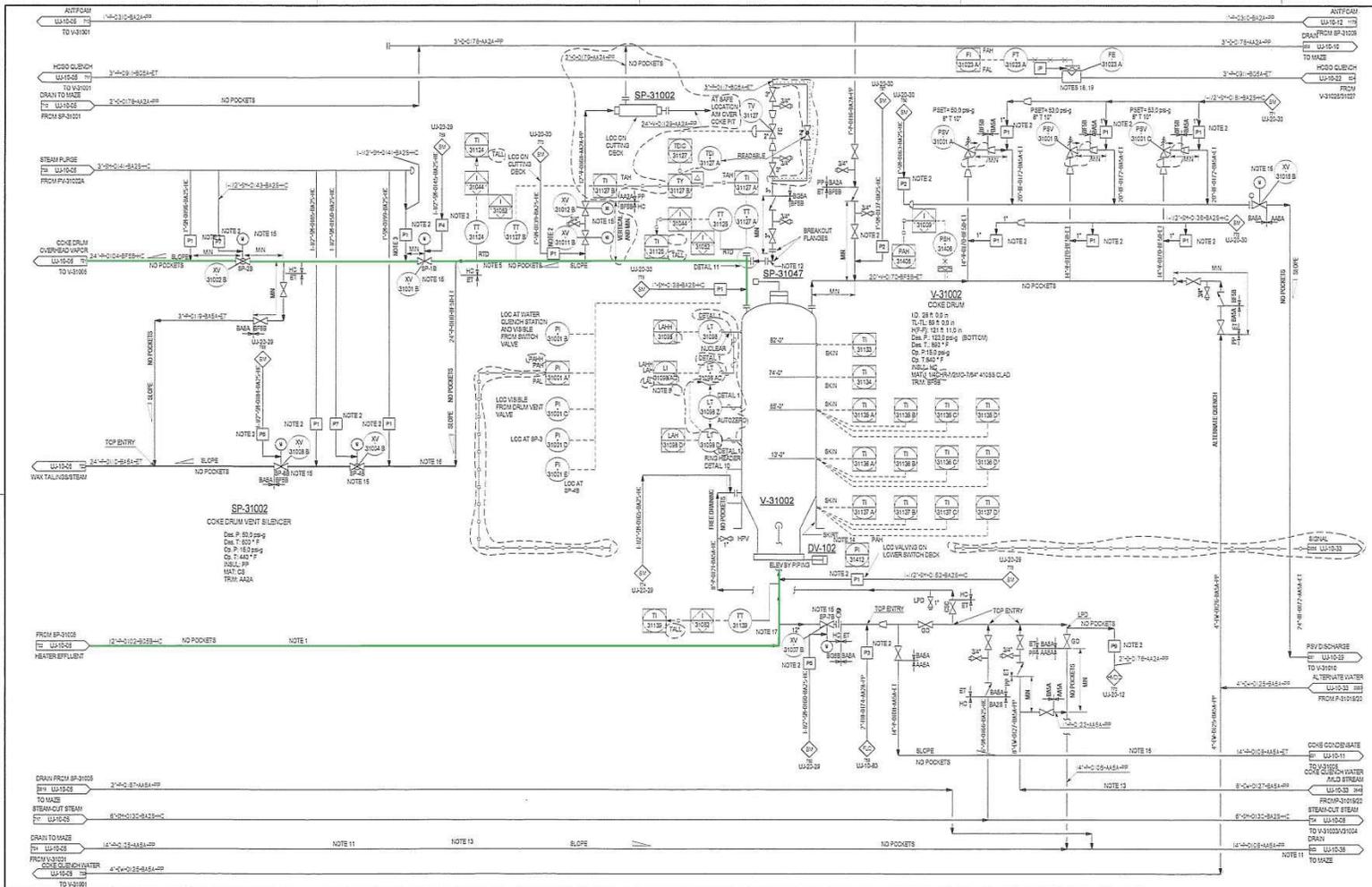


# ANEXO "A" Planos utilizados

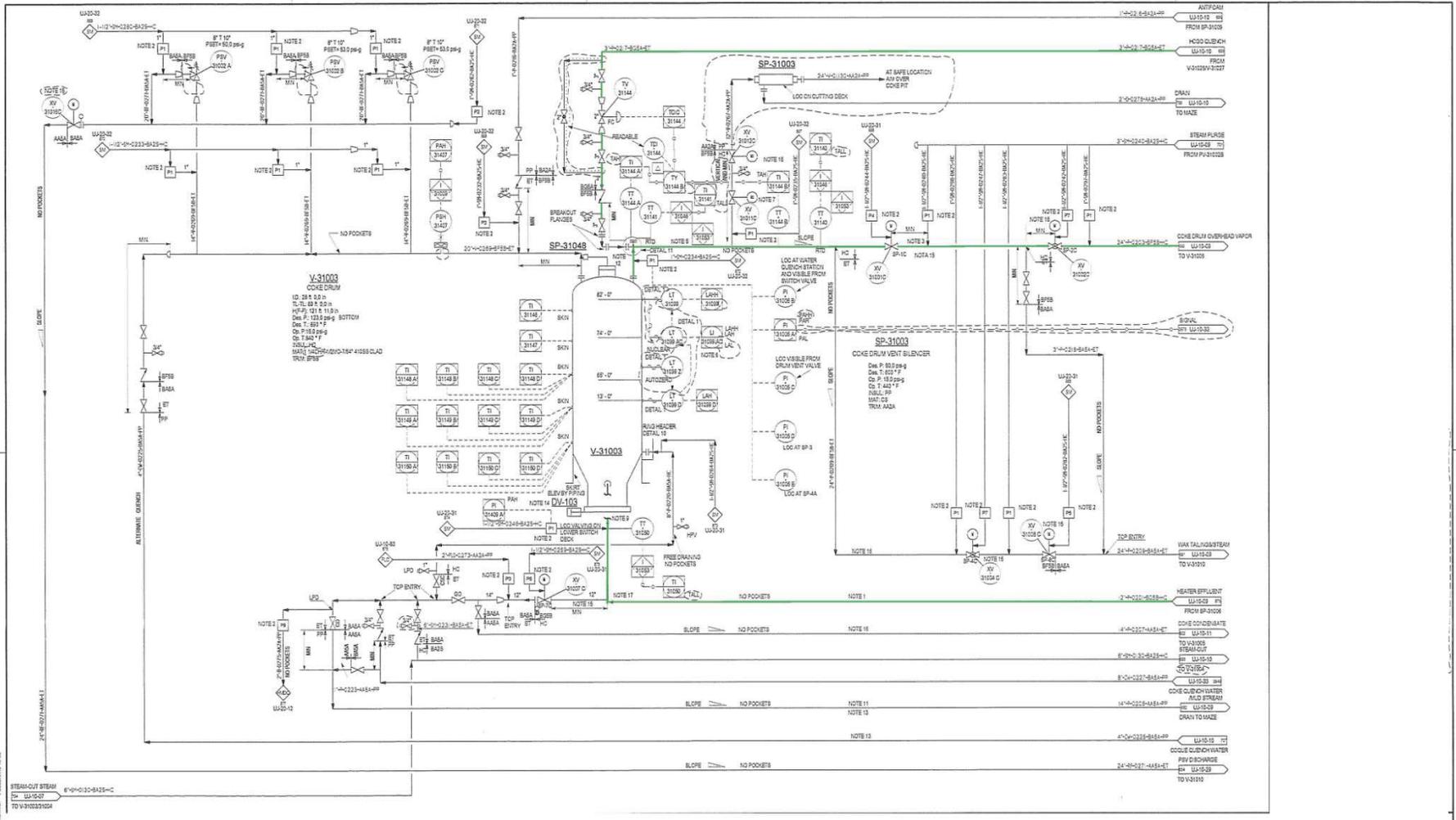


DTI-20-06

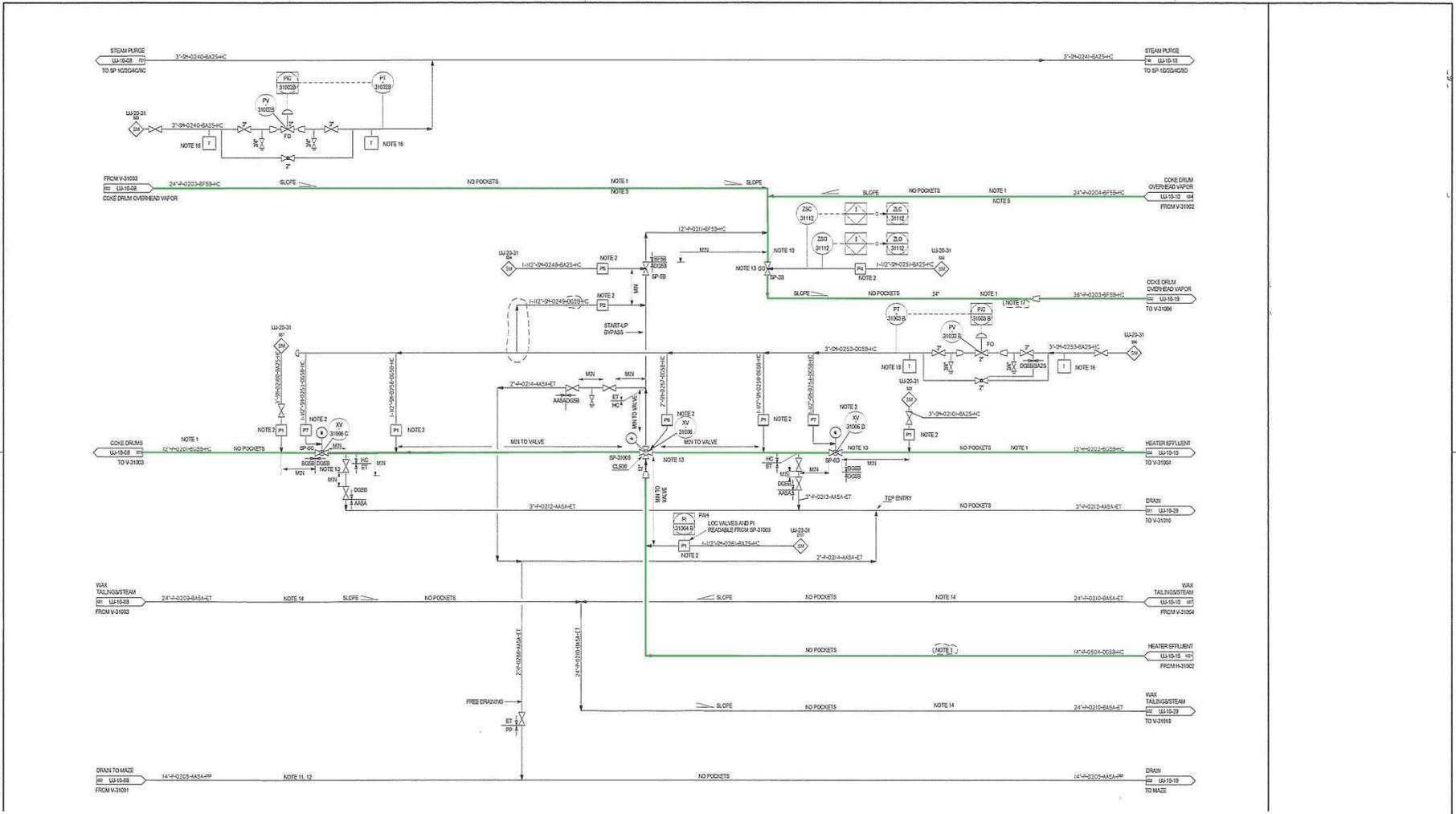
# ANEXO "A" Planos utilizados



# ANEXO "A" Planos utilizados

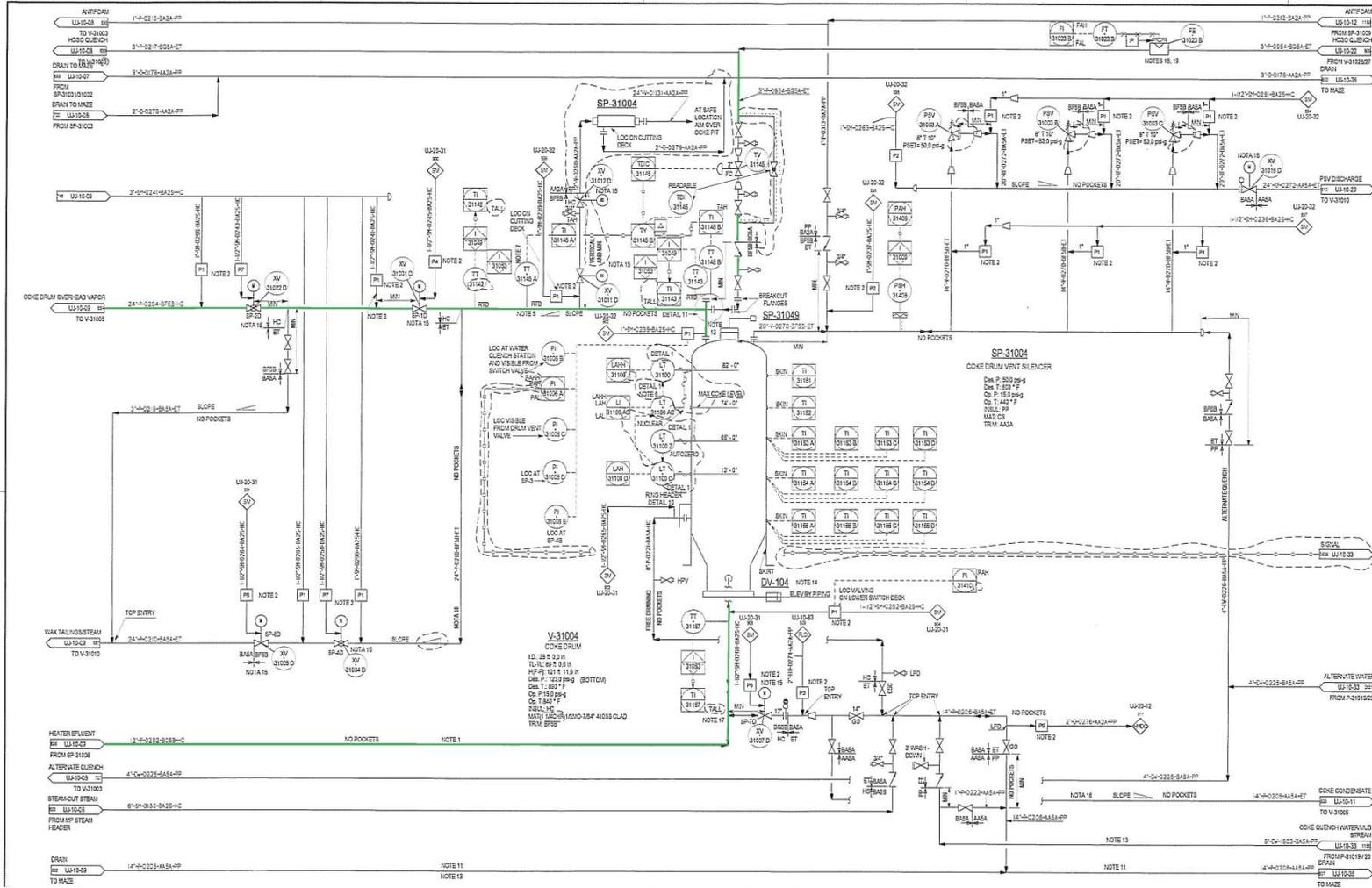


# ANEXO "A" Planos utilizados



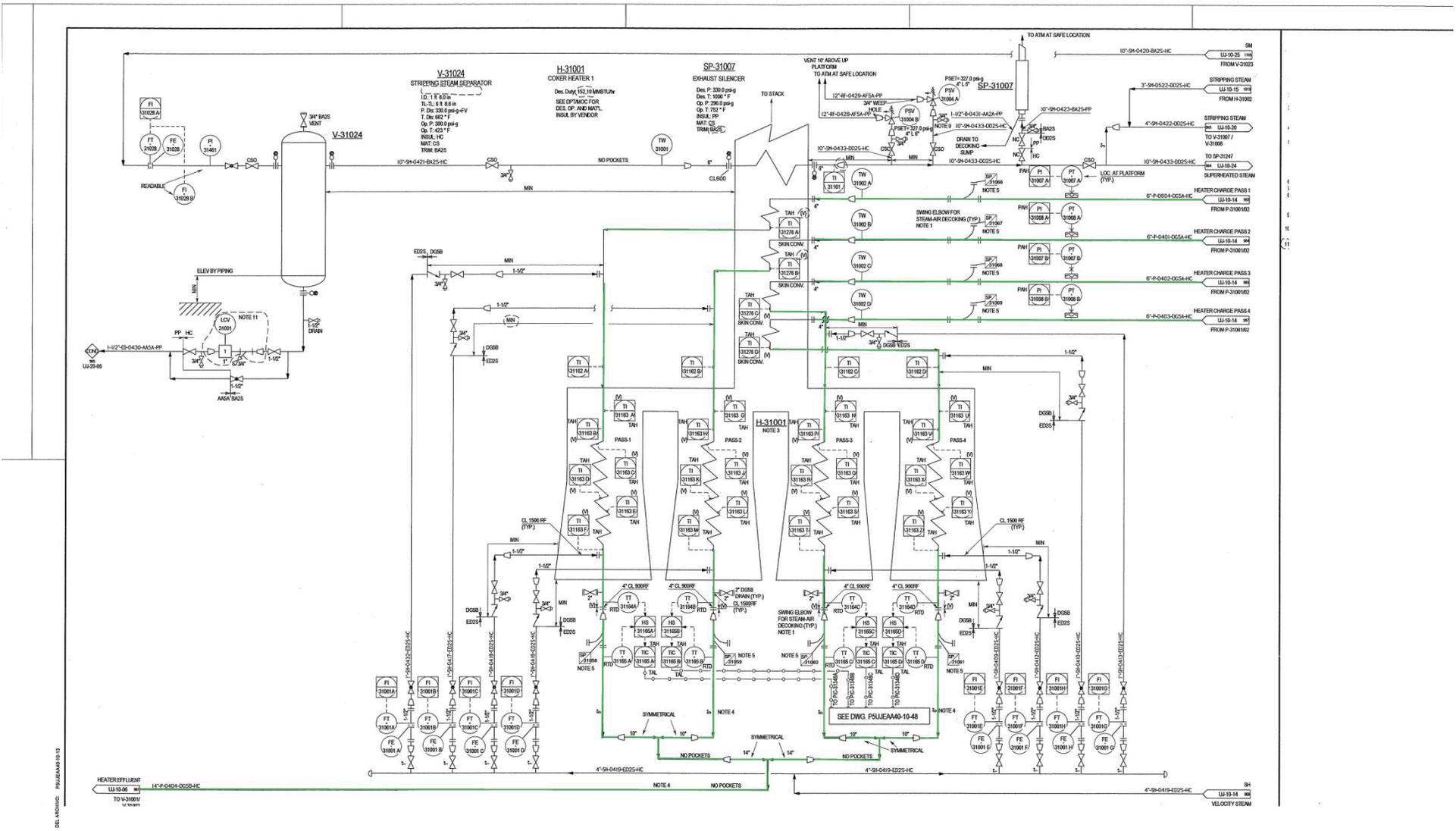
DTI-20-09

# ANEXO "A" Planos utilizados



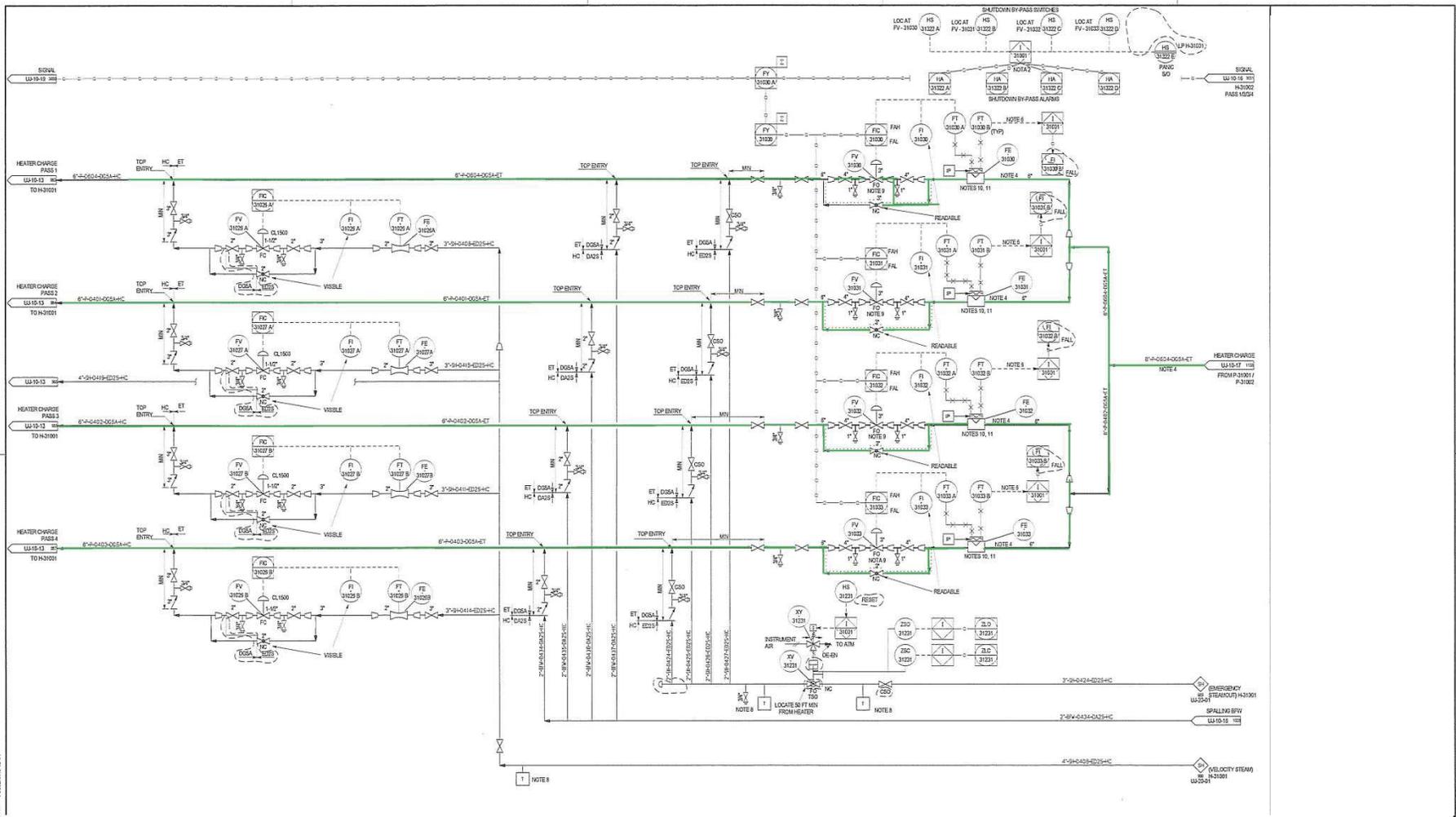
DTI-20-10

# ANEXO “A” Planos utilizados



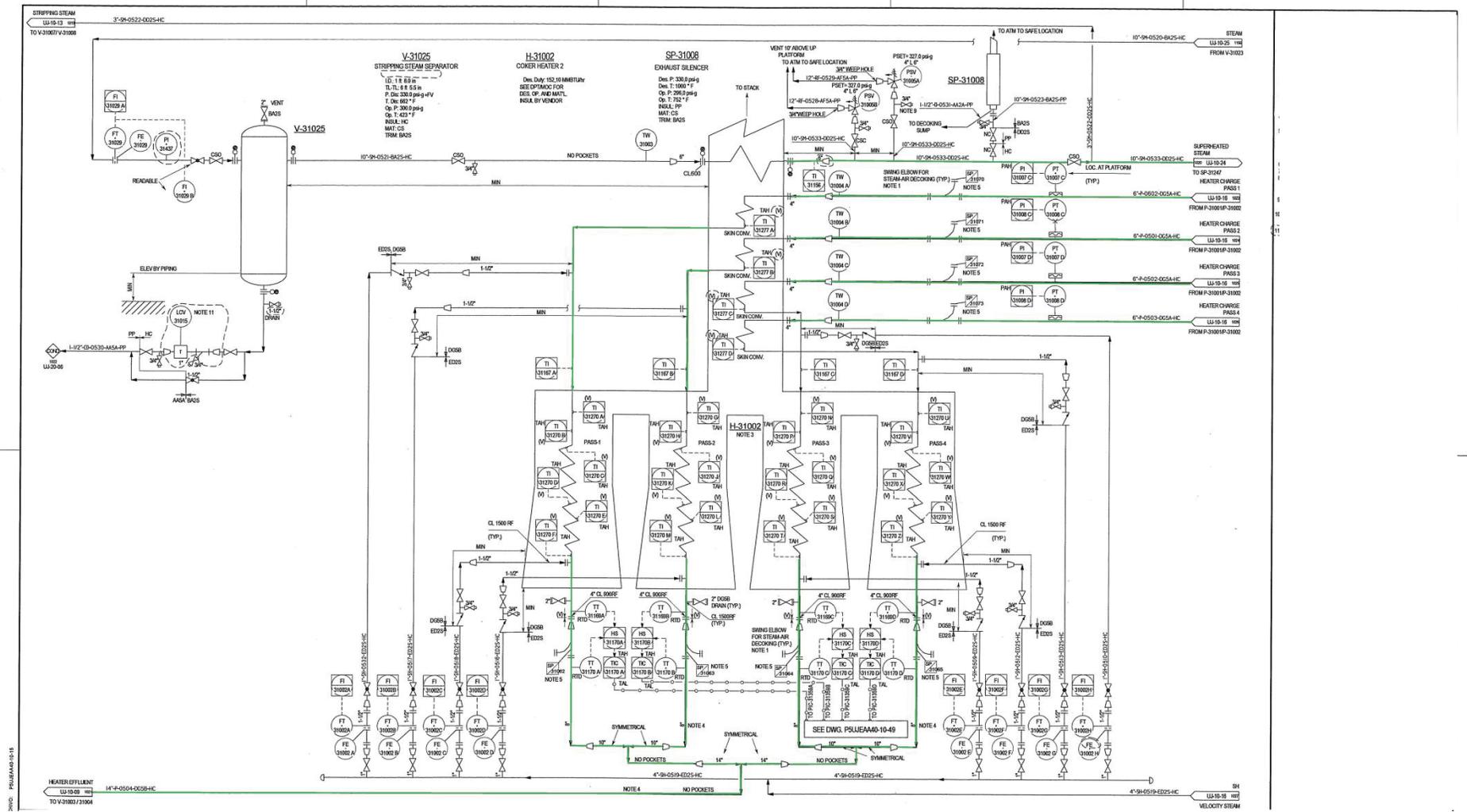
DTI-20-13

# ANEXO "A" Planos utilizados



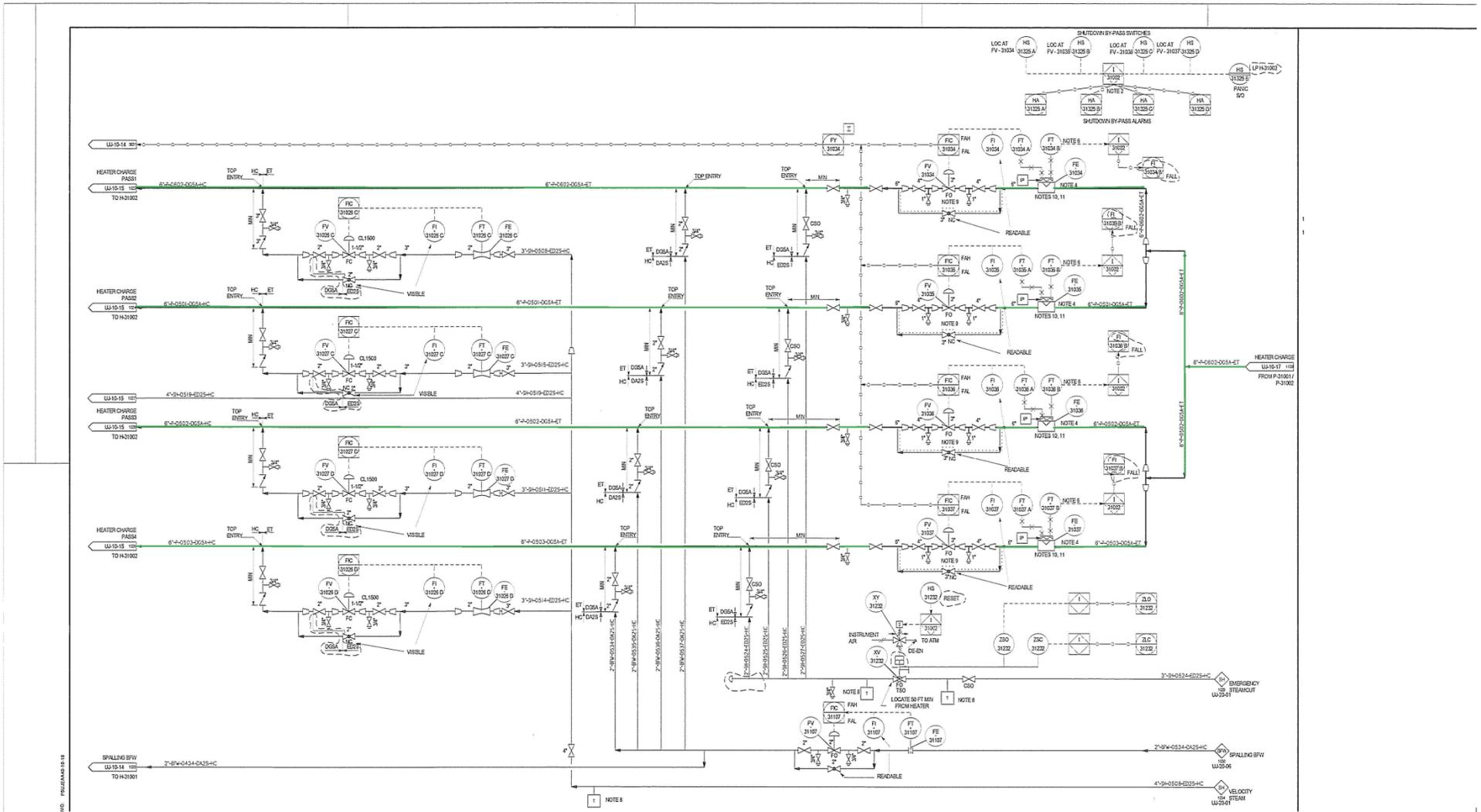
DTI-20-14

# ANEXO "A" Planos utilizados



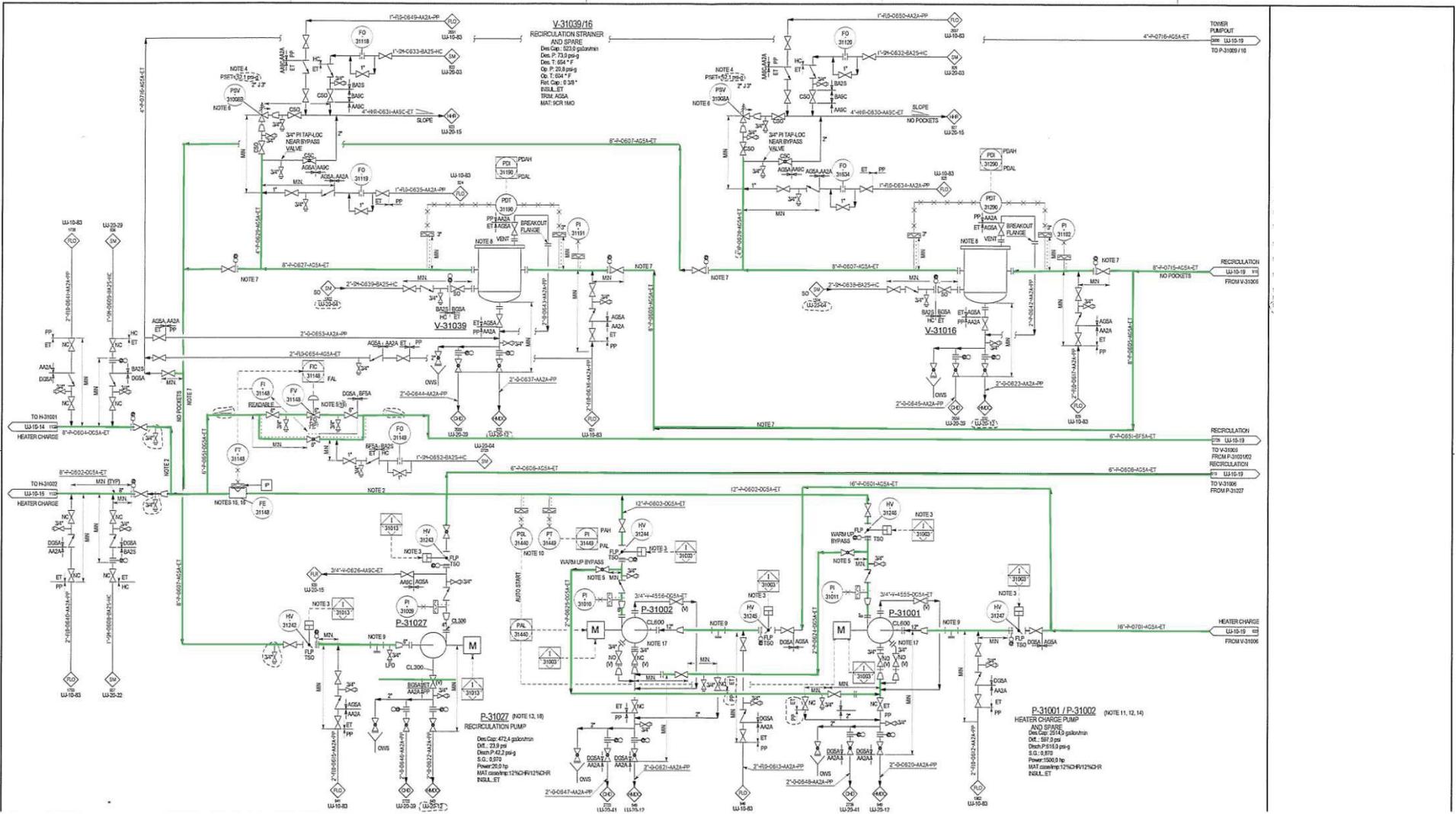
DTI-20-15

# ANEXO "A" Planos utilizados



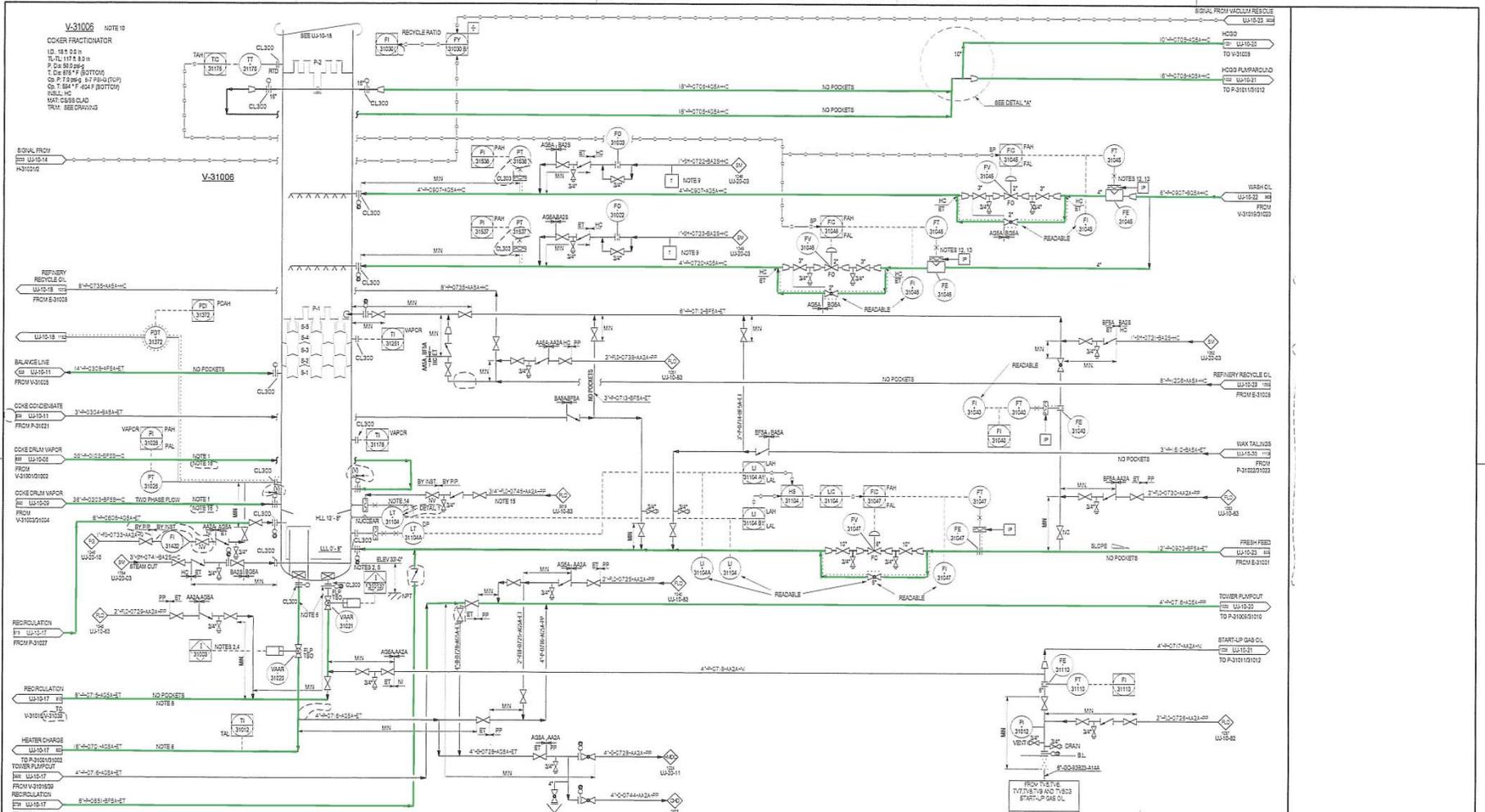
DTI-20-16

# ANEXO "A" Planos utilizados

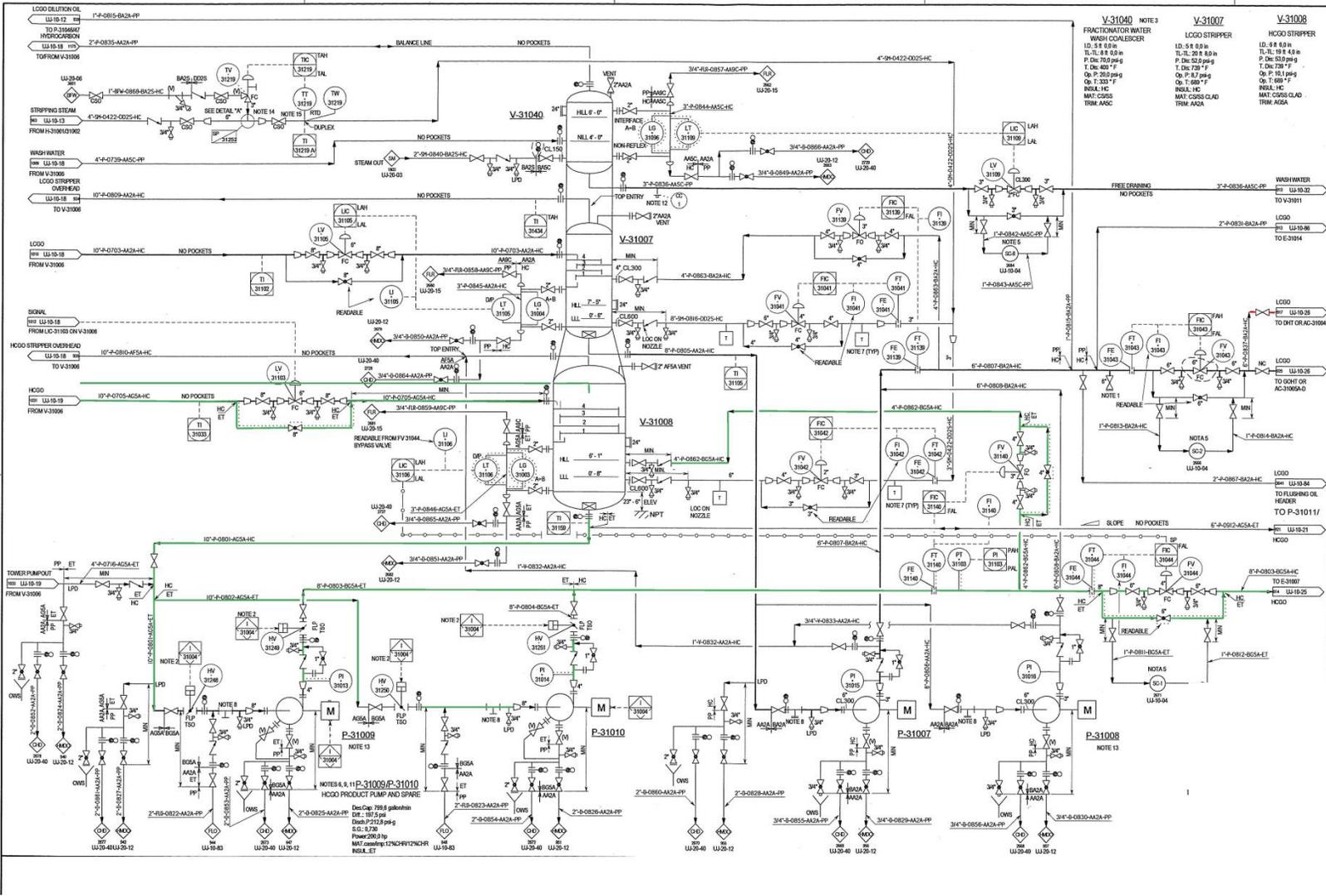




# ANEXO "A" Planos utilizados

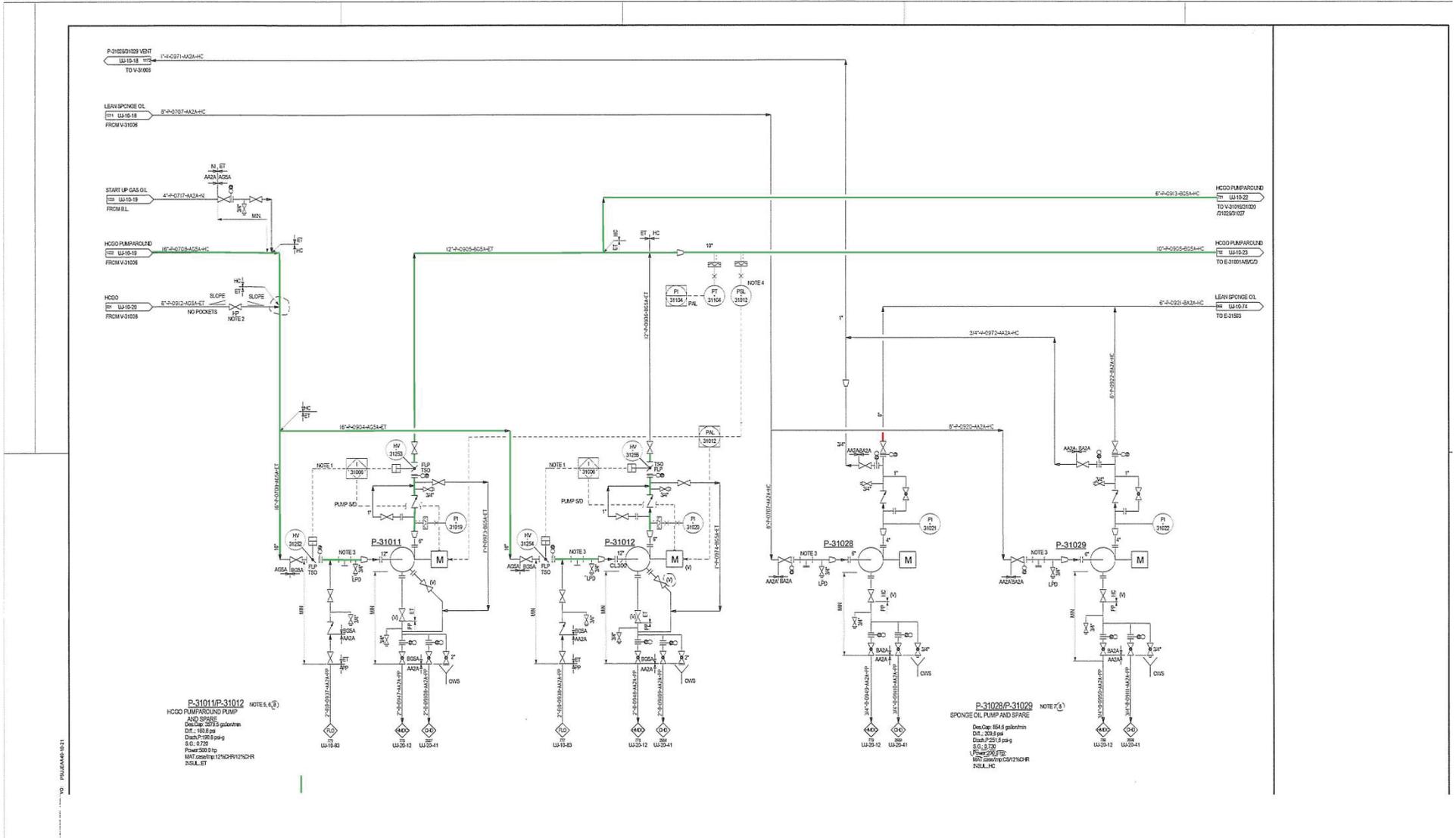


# ANEXO "A" Planos utilizados



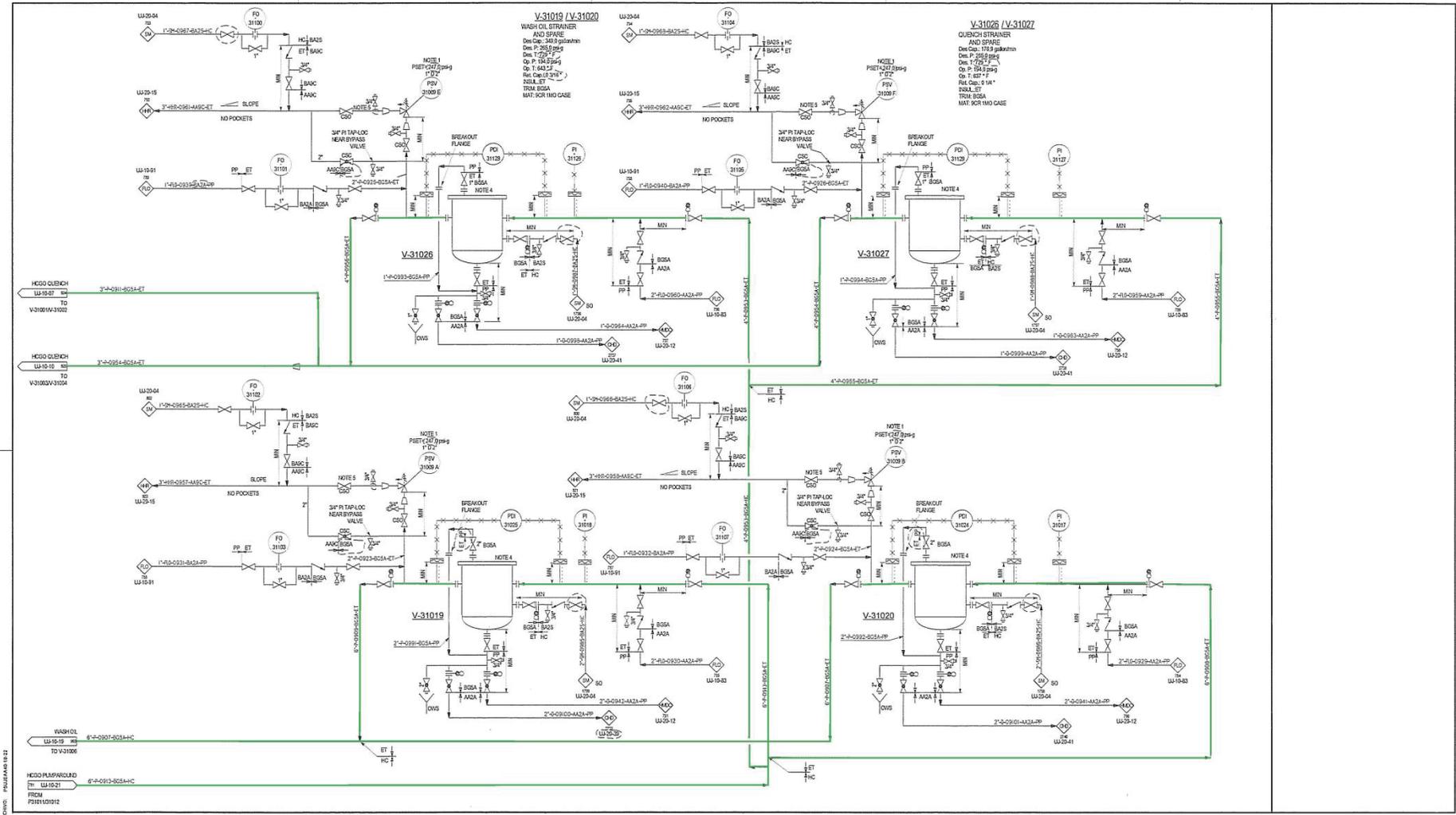
DTI-10-20

# ANEXO "A" Planos utilizados



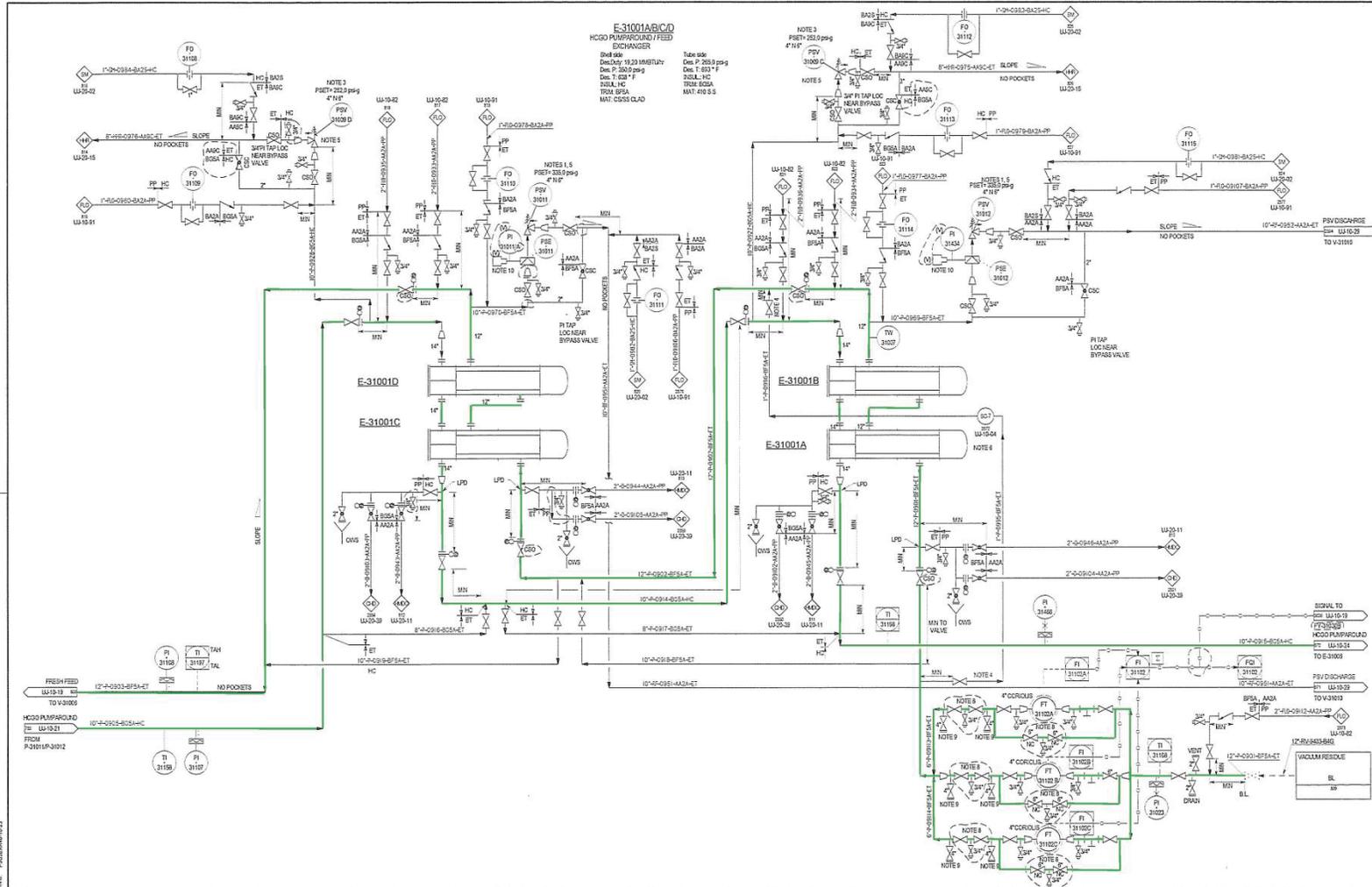
DTI-20-21

# ANEXO "A" Planos utilizados



NOMBRE DEL ARCHIVO: P310A0010-02

# ANEXO "A" Planos utilizados



DTI-20-23

Anexo B Análisis HAZOP completo.

Desviación	LOI	LOS	LSI	LSS	Causa	Consecuencias	Protección	Riesgo			Recomendación
								Frecuencia	Gravedad	Riesgo	
<b>Nodo 1. Alimentación a la torre fraccionadora y carga a los tambores de coquización.</b>											
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	1.Falla en HV-31247	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta. 4. Daño a la bomba	1.LAH-31104-B1 2.LAH-31104-A1 3.PAL-31449	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	2.Falla en el FIC-31047	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta.	1.LAH-31104-B1 2.LAH-31104-A1	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	3.Rompimiento de la placa de orificio FE-31047	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta.	1.FAH-31047 2.FAL-31047 3.LAH-31104-B1 4.LAH-31104-A1	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	4.Falla en la VAAR-31021	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta. 4.-Daño a la bomba.	1.LAH-31104-B1 2.LAH-31104-A1 3.I-31021	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	5.Falla en la FV-31047 abierta.	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta.	1.LAH-31104-B1 2.LAH-31104-A1	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	6.Falla en el directo de la FV-31047	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta.	1.FAL-31047 2.LAH-31104-B1 3.LAH-31104-A1	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	7.Falla en LT-3104	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta.	1.LT-3104A 2.LAH-31104-B1 3.LAH-31104-A1	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 4	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	8.Falla en la bomba P-01/02	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta.	1.PAL-31449 2.LAH-31104-B1 3.LAH-31104-A1 4.FAL-31148 5. Bomba de reelevo 4.I-31003	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	9.Falla de la HV-31246/31244	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta. 4. Daños a la bomba	1.LAH-31104-B1 2.LAH-31104-A1 3.PAL-31449 4. P-31002	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	10.Falla de la HV-31244	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta. 4. Daños a la bomba	1.LAH-31104-B1 2.LAH-31104-A1 3.PAL-31449 4. P-31001	1	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	11.Falla de las bombas P-09/10	1. Daño físico a las bandejas deflectoras. 2. Se obtiene producto fuera de especificación. 3. Paro de planta. 4. Daños a la bomba	1.LAH-31104-B1 2.LAH-31104-A1 3.PAL-31449 4. P-31001	1	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
2. Menos nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	1.Falla en el FIC-31047	1. Daños a la bomba P-27/32. 2. Daños a la bomba P-01/02. 3. Se obtiene producto fuera de especificación. 4. Paro de planta.	1.LAH-31104-B1 2.LAH-31104-A1	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
2. Menos nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	2.Taponamiento de FE-31047	1. Daños a la bomba P-27/32. 2. Daños a la bomba P-01/02. 3. Se obtiene producto fuera de especificación. 4. Paro de la planta.	1.FAH-31047 2.FAL-31047 3.LAH-31104-B1 4.LAH-31104-A1	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
2. Menos nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	3.Falla en la FV-31047 cerrada.	1. Daños a la bomba P-27/32. 2. Daños a la bomba P-01/02. 3. Se obtiene producto fuera de especificación. 4. Paro de la planta.	1.LAH-31104-B1 2.LAH-31104-A1	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
2. Menos nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	4.Falla en LT-3104	1. Daños a la bomba P-27/32. 2. Daños a la bomba P-01/02. 3. Se obtiene producto fuera de especificación. 4. Paro de la planta.	1.LT-3104A 2.LAH-31104-B1 3.LAH-31104-A1	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
2. Menos nivel en la torre fraccionadora V-31006.	6' 8"	8'	8"	12.75'	5.Falla en LT-3104A	1. Daños a la bomba P-27/32. 2. Daños a la bomba P-01/02. 3. Se obtiene producto fuera de especificación. 4. Paro de la planta.	1.LT-3104 2.LAH-31104-B1 3.LAH-31104-A1	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	13'	82'	74'	74'	1.Falla en la XV-31006	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño a los tambores V-01/02	1.FAL-31030/B 2.FAL-31031/B 3.FAH-31032/B 4.FAH-31033/B 5.TAH-31165A 6.TAH-31165B 7.TAH-31165C 8.TAH-31165D	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 2 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	13'	82'	74'	74'	2.Falla de la XV-31006A	1. Daño a los internos de los hornos 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los internos de la torre 5. Daño al tambor V-01	1.XV-31006 2.TAH-31165A 3.TAH-31165B 4.TAH-31165C 5.TAH-31165D	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 2 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	13'	82'	74'	74'	3.Falla de las bombas P-01/02	1. Daño a los internos de los hornos 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los internos de la torre 5. Daño al tambor V-01	1.XV-31006 2.TAH-31165A 3.TAH-31165B 4.TAH-31165C 5.TAH-31165D	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 2 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	13'	82'	74'	74'	4.Falla de la XV-31006B	1. Daño a los internos de los hornos 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño al tambor V-02	1.XV-31006 2.TAH-31165A 3.TAH-31165B 4.TAH-31165C 5.TAH-31165D	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 2 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	13'	82'	74'	74'	5.Falla de la XV-31006	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño a los tambores V-03/04	1.FAH-31034/B 2.FAH-31035/B 3.FAH-31036/B 4.FAH-31037/B 5.TAH-31165A 6.TAH-31165B 7.TAH-31165C 8.TAH-31165D	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 2 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	13'	82'	74'	74'	6.Falla de la XV31006-C	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño a los tambores V-04	1.XV-31006 2.TAH-31165A 3.TAH-31165B 4.TAH-31165C 5.TAH-31165D	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 2 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	13'	82'	74'	74'	7.Falla de la XV31006-D	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño a los tambores V-03	1.XV-31006 2.TAH-31165A 3.TAH-31165B 4.TAH-31165C 5.TAH-31165D	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 2 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	13'	82'	74'	74'	8.Falla del lazo de control F-31030	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño a los tambores V-01/02	1.FAL-31030/B 2.FAL-31031/B 3.FAL-31032/B 4.FAL-31033/B	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
3. Menos nivel en los tambores V-01/04	13'	82'	74'	74'	9.Falla del lazo de control F-31031	1. Daño a los internos de los hornos. 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Productos fuera de especificación. 4. Daño a los internos de la torre. 5. Daño a los tambores V-01/02	1.FAL-31030/B 2.FAL-31031/B 3.FAL-31032/B 4.FAL-31033/B	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)









Anexo B Análisis HAZOP completo.

Desviación	LOI	LOS	LSI	LSS	Causa	Consecuencias	Protección	Riesgo			Recomendación
								Frecuencia	Gravedad	Riesgo	
6. Mas temperatura en la torre fraccionadora V-31006	594	875	594	594	4.Falla en el horno H-01	1. Daño a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificacion 3. Daños al horno H-01 4. Daños a las bombas P-01/02 5. Daños a los tambores de coquizacionV-3/4	1. TAH-31165 A/D 2. Venteo de las bombas 3. TAH-31163A-Z 4. TAH-31276A-D	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 2 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
6. Mas temperatura en la torre fraccionadora V-31006	594	875	594	594	5.Falla en el horno H-02	1. Daño a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificacion 3. Daños al horno H-02 4. Daños a las bombas P-01/02 5. Daños a los tambores de coquizacionV-3/4	1.TAH-31270A-Z 2.Venteo de las bombas 3. TAH-31276A-D 4. TAH-31170A/D	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 2 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
6. Mas temperatura en la torre fraccionadora V-31006	594	875	594	594	6.Falla del lazo de control F-31130	1. Daño a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificacion 3. Daños al horno H-01 4. Daños a las bombas P-01/02	1. FAL-31030 2. FALL-31030B 3. TAH-3163A/F 4. TAH-31165A 5. XV-31005-1	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
6. Mas temperatura en la torre fraccionadora V-31006	594	875	594	594	7.Falla del lazo de control F-31131	1. Daño a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificacion 3. Daños al horno H-01 4. Daños a las bombas P-01/02	1. FAL-31031 2. FALL-31031B 3. TAH-3163G/M 4. TAH-31165B 5. XV-31005-1	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
6. Mas temperatura en la torre fraccionadora V-31006	594	875	594	594	8.Falla del lazo de control F-31132	1. Daño a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificacion 3. Daños al horno H-01 4. Daños a las bombas P-01/02	1. FAL-31032 2. FALL-31032B 3. TAH-3163N/T 4. TAH-31165C 5. XV-31005-1	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
6. Mas temperatura en la torre fraccionadora V-31006	594	875	594	594	9.Falla del lazo de control F-31133	1. Daño a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificacion 3. Daños al horno H-01 4. Daños a las bombas P-01/02	1. FAL-31033 2. FALL-31033B 3. TAH-3163U/Z 4. TAH-31165D 5. XV-31005-1	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
6. Mas temperatura en la torre fraccionadora V-31006	594	875	594	594	10.Falla del lazo de control F-31134	1. Daño a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificacion 3. Daños al horno H-02 4. Daños a las bombas P-01/02	1. FAL-31034 2. FALL-31034B 3. TAH-31270A/F 4. TAH-31170A 5. XV-31005-2	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
6. Mas temperatura en la torre fraccionadora V-31006	594	875	594	594	11.Falla del lazo de control F-31135	1. Daño a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificacion 3. Daños al horno H-02 4. Daños a las bombas P-01/02	1. FAL-31034 2. FALL-31034B 3. TAH-31220G/M 4. TAH-31170B 5.XV-31005-2	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
6. Mas temperatura en la torre fraccionadora V-31006	594	875	594	594	12.Falla del lazo de control F-31136	1. Daño a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificacion 3. Daños al horno H-02 4. Daños a las bombas P-01/02	1. FAL-31036 2. FALL-31036B 3. TAH-31270N/T 4. TAH-31170C 5. XV-31005-2	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
6. Mas temperatura en la torre fraccionadora V-31006	594	875	594	594	13.Falla del TT-31180	1. Daños internos a la torre 2. Daño al intercambiador 3. Productos fuera de especificacion	1. TAL-31598 2. FAL-31533 3. FAL-31039	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	1.Rompimiento de FE-31148	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02 4. Daños a los internos de la torre	1. FALL-31148A 2. FAH-31030 3. FAH-31031 4. FAH-31032 5. FAH-31033 6. FAH-31034 7. FAH-31035 8. FAH-31036 9. FAH-31037 10. PAH-31007 11. PAH-31007A 12. PAH-31008 13. PAH-31008A 14. Venteo de las bombas.	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	2.Falla en FT-31148	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02 4. Daños a los internos del a torre	1. FALL-31148A 2. FAH-31030 3. FAH-31031 4. FAH-31032 5. FAH-31033 6. FAH-31034 7. FAH-31035 8. FAH-31036 9. FAH-31037 10.PAH-31007 11. PAH-31007A 12. PAH-31008 13. PAH-31008A 14. Venteo de las bombas.	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	4.Falla en la FV-31148	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31030 3. FAH-31031 4. FAH-31032 5. FAH-31033 6. FAH-31034 7. FAH-31035 8. FAH-31036 9. FAH-31037 10.PAH-31007 11. PAH-31007A 12. PAH-31008 13. PAH-31008A 14. Venteo de las bombas.	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	5.Falla en la bomba P-01	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31030 3. FAH-31031 4. FAH-31032 5. FAH-31033 6. HV-31246 7. PAH 31249 8.Venteo de la bomba de relevo.	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	6.Falla en la bomba P-02	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31030B 3. FAH-31031 4. FAH-31032 5. FAH-31033 6. HV-31244 7. PAH-31249 8.Venteo de la bomba.	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	7.Rompimiento de FE-31030	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31030 3. FAH-31031 4. FAH-31032 5. FAH-31033 6. Venteo de las bombas.	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	8.Falla del FT-31030	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31030 3. FAH-31031 4. FAH-31032 5. FAH-31033 6. Venteo de las bombas.	1	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	9.Falla de la FV-31030	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31030 3. FAH-31031B 4. FAH-31032 5. FAH-31033 6. Venteo de las bombas.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



Anexo B Análisis HAZOP completo.

Desviación	LOI	LOS	LSI	LSS	Causa	Consecuencias	Protección	Riesgo			Recomendación
								Frecuencia	Gravedad	Riesgo	
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	25.Rompimiento de FE-31036	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31034B 3. FAH-31034 4. FAH-31035B 5. FAH-31035 6. FAH-31036 7. FAH-31036B 8. FAH-31037 9. Venteo de las bombas.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	26.Falla del FT-31036	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31034B 3. FAH-31034 4. FAH-31035B 5. FAH-31035 6. FAH-31036 7. FAH-31036B 8. FAH-31037 9. Venteo de las bombas.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	27.Falla de la FV-31036	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31034B 3. FAH-31034 4. FAH-31035B 5. FAH-31035 6. FAH-31036 7. FAH-31036B 8. FAH-31037 9. Venteo de las bombas.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	28.Rompimiento de FE-31037	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31034B 3. FAH-31034 4. FAH-31035B 5. FAH-31035 6. FAH-31036 7. FAH-31036B 8. FAH-31037 9. Venteo de las bombas.	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	29.Falla de la FV-31037	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31034B 3. FAH-31034 4. FAH-31035B 5. FAH-31035 6. FAH-31036 7. FAH-31036B 8. FAH-31037 9. Venteo de las bombas.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	30.Falla del FT-31037	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31034B 3. FAH-31034 4. FAH-31035B 5. FAH-31035 6. FAH-31036 7. FAH-31036B 8. FAH-31037 9. Venteo de las bombas.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	31.Falla en los directos de las valvulas FV-313030/31037	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02	1. FALL-31148A 2. FAH-31030B 3. FAH-31030 4. FAH-31031B 5. FAH-31031 6. FAH-31032 7. FAH-31032B 8. FAH-31033 9. FAH-31033B 10. PAH-31007 11. PAH-31007A 12. PAH-31008 13. PAH-31008A 14. Venteo de las bombas.	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	32.Falla de la vavula XV-31005	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02 4. Daños a la columna	1. TAH-31165A 2. TAH-31165B 3. TAH-31165C 4. TAH-31165D 5. VAAR-31020	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Apegarse al manual de operación.
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	33.Falla de la valvula XV-31006A	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02 4. Daños a la columna	1. TAH-31165A 2. TAH-31165B 3. TAH-31165C 4. TAH-31165D 5. VAAR-31020	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Agregar un directo en la valvula.
7. Más presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	34.Falla de la valvula XV-31006A	1. Daños a los internos del horno. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a las bombas P-01/02 4. Daños a la columna	1. TAH-31165A 2. TAH-31165B 3. TAH-31165C 4. TAH-31165D 5. VAAR-31020	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Agregar un directo en la valvula.
8. Menos presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	2.Falla de la HV-31247	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Daños a los internos del horno.	1. FAL3114 2. FAH31030 3. FAH31031 4. FAH31032 5. FAH31033 6. FAH31034 7. FAH31035 8. FAH31036 9. FAH31037	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
8. Menos presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	3.Falla de la HV-31246	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Daños a los internos del horno.	1. FAL3114 2. FAH31030 3. FAH31031 4. FAH31032 5. FAH31033 6. FAH31034 7. FAH31035 8. FAH31036	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
8. Menos presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	4.Falla de la HV-31246	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Daños a los internos del horno.	1. FAL3114 2. FAH31030 3. FAH31031 4. FAH31032 5. FAH31033 6. FAH31034 7. FAH31035 8. FAH31036	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
8. Menos presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	5.Falla de la HV-31244	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Daños a los internos del horno.	1. FAL3114 2. FAH31030 3. FAH31031 4. FAH31032 5. FAH31033 6. FAH31034 7. FAH31035 8. FAH31036	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
8. Menos presión en el horno H-01/02	607	850	607	607	6.Falla de la HV-31245	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a las bombas P-01/02 3. Daños a los internos del horno.	1. FAL3114 2. FAH31030 3. FAH31031 4. FAH31032 5. FAH31033 6. FAH31034 7. FAH31035 8. FAH31036	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)















Anexo B Análisis HAZOP completo.

Desviación	LOI	LOS	LSI	LSS	Causa	Consecuencias	Protección	Riesgo			Recomendación
								Frecuencia	Gravedad	Riesgo	
12. Bajo flujo en el horno H-01/02	41029	455823	41029	41029	36.Falla de la FV-31030	1. Daños a los internos de la torre. 2.Productos fuera de especificación 3. Daño a los internos del horno. 5. Daño a las bombas P-01/02	1. LAL-31104A1 2. LAL-3114B1 3. Bomba de reelevo. 4. FAL-31148 5. FAL-31030/B 6. FAL-31031/B 7. FAL-31032/B 8. FAL-31033/B	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
12. Bajo flujo en el horno H-01/02	41029	455823	41029	41029	37.Falla de la FV-31031	1. Daños a los internos de la torre. 2.Productos fuera de especificación 3. Daño a los internos del horno. 5. Daño a las bombas P-01/02	1. LAL-31104A1 2. LAL-3114B1 3. Bomba de reelevo. 4. FAL-31148 5. FAL-31030/B 6. FAL-31031/B 7. FAL-31032/B 8. FAL-31033/B	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
12. Bajo flujo en el horno H-01/02	41029	455823	41029	41029	38.Falla de la FV-31032	1. Daños a los internos de la torre. 2.Productos fuera de especificación 3. Daño a los internos del horno. 5. Daño a las bombas P-01/02	1. LAL-31104A1 2. LAL-3114B1 3. Bomba de reelevo. 4. FAL-31148 5. FAL-31030/B 6. FAL-31031/B 7. FAL-31032/B 8. FAL-31033/B	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
12. Bajo flujo en el horno H-01/02	41029	455823	41029	41029	39.Falla de la FV-31033	1. Daños a los internos de la torre. 2.Productos fuera de especificación 3. Daño a los internos del horno. 5. Daño a las bombas P-01/02	1. LAL-31104A1 2. LAL-3114B1 3. Bomba de reelevo. 4. FAL-31148 5. FAL-31030/B 6. FAL-31031/B 7. FAL-31032/B 8. FAL-31033/B	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
12. Bajo flujo en el horno H-01/02	41029	455823	41029	41029	40.Falla de la FV-31034	1. Daños a los internos de la torre. 2.Productos fuera de especificación 3. Daño a los internos del horno. 5. Daño a las bombas P-01/02	1. LAL-31104A1 2. LAL-3114B1 3. Bomba de reelevo. 4. FAL-31148 5. FAL-31030/B 6. FAL-31031/B 7. FAL-31032/B 8. FAL-31033/B	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
12. Bajo flujo en el horno H-01/02	41029	455823	41029	41029	41.Falla de la FV-31035	1. Daños a los internos de la torre. 2.Productos fuera de especificación 3. Daño a los internos del horno. 5. Daño a las bombas P-01/02	1. LAL-31104A1 2. LAL-3114B1 3. Bomba de reelevo. 4. FAL-31148 5. FAL-31034/B 6. FAL-31035/B 7. FAL-31036/B 8. FAL-31037/B	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
12. Bajo flujo en el horno H-01/02	41029	455823	41029	41029	42.Falla de la FV-31036	1. Daños a los internos de la torre. 2.Productos fuera de especificación 3. Daño a los internos del horno. 5. Daño a las bombas P-01/02	1. LAL-31104A1 2. LAL-3114B1 3. Bomba de reelevo. 4. FAL-31148 5. FAL-31034/B 6. FAL-31035/B 7. FAL-31036/B 8. FAL-31037/B	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
13. Flujo inverso en la alimentación a la torre fraccionadora V-31006					1.Operación incorrecta de las bombas P-01/02	1. Daño a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a los internos del hornos. 4. Paro de la planta	1. Rutinas operacionales. 2. valvulas check	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. Vigilar el cumplimiento del EPO
13. Flujo inverso en la alimentación a la torre fraccionadora V-31006					2.Efecto sifón en las bombas P-01/02	1. Daño a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daños a los internos del hornos. 4. Paro de la planta	1. Rutinas operacionales. 2. valvulas check	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI) 2. vigilar el cumplimiento del EPO
14. No hay flujo en la alimentación a la torre fraccionadora V-31006					1.Bloqueo en el FT-31102A	1. Daño a los intercambiadores E-01A/C 2.Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-01/02 4.Daño a los hornos H-01/0	1. El directo del FT-31102A 2. FT-31102B 3. FT-31102C 4. FT-31102D 5. TAH-31197 6. FAL-31047 7. LAL-31104A1 8. LAL-31104B1	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
14. No hay flujo en la alimentación a la torre fraccionadora V-31006					2.Bloqueo en el FT-31102B	1. Daño a los intercambiadores E-01A/C 2.Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-01/02 4.Daño a los hornos H-01/0	1. El directo del FT-31102B 2. FT-31102A 3. FT-31102C 4. FT-31102D 5. TAH-31197 6. FAL-31047 7. LAL-31104A1	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
14. No hay flujo en la alimentación a la torre fraccionadora V-31006					3.Bloqueo en el FT-31102D	1. Daño a los intercambiadores E-01A/C 2.Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-01/02 4.Daño a los hornos H-01/0	1. El directo del FT-31102D 2. FT-31102A 3. FT-31102B 4. FT-31102C 5. TAH-31197 6. FAL-31047 7. LAL-31104A1	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
14. No hay flujo en la alimentación a la torre fraccionadora V-31006					4.Bloqueo en el FT-31102C	1. Daño a los intercambiadores E-01A/C 2.Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-01/02 4.Daño a los hornos H-01/0	1. El directo del FT-31102C 2. FT-31102A 3. FT-31102B 4. FT-31102D 5. TAH-31197 6. FAL-31047 7. LAL-31104A1	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
14. No hay flujo en la alimentación a la torre fraccionadora V-31006					5.Falla de los directos de LOS FT-31102A/D	1. Daño a los intercambiadores E-01A/C 2.Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-01/02 4.Daño a los hornos H-01/0	1. FT-31102A 2. FT-31102C 3. FT-31102D 4. TAH-31197 5. FAL-31047 6. LAL-31104A1	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
14. No hay flujo en la alimentación a la torre fraccionadora V-31006					6.Taponamiento del FE-31047	1. Daño a los intercambiadores E-01A/C 2.Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-01/02 4.Daño a los hornos H-01/0	1. TAH-31197 2. FAL-31047 3. LAL-31104A1	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
14. No hay flujo en la alimentación a la torre fraccionadora V-31006					7.Falla del FT-31047	1. Daño a los intercambiadores E-01A/C 2.Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-01/02 4.Daño a los hornos H-01/0	1. TAH-31197 2. FAL-31047 3. LAL-31104A1	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
14. No hay flujo en la alimentación a la torre fraccionadora V-31006					8.Falla del FIC-31047	1. Daño a los intercambiadores E-01A/C 2.Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-01/02 4.Daño a los hornos H-01/0	1. TAH-31197 2. FAL-31047 3. LAL-31104A1	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
14. No hay flujo en la alimentación a la torre fraccionadora V-31006					9.Falla de la FV-31047	1. Daño a los intercambiadores E-01A/C 2.Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-01/02 4.Daño a los hornos H-01/0	1. TAH-31197 2. FAL-31047 3. LAL-31104A1 4. Directo de la valvula	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
15. Mas flujo en la torre fraccionadora V-31006	826432	869923	826432	826432	1.Tamponamiento del FE-31047	1. Daño a los internos de la torre 2. Productos fuera de especificación 3. Daño al intercambiador E-01A/D 4.Paro de la planta	1. LAH-31104A1 2. LAH-31104B1 3. FAH-31047	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
15. Mas flujo en la torre fraccionadora V-31006	826432	869923	826432	826432	2.Falla del FT-31047	1. Daño a los internos de la torre 2. Productos fuera de especificación 3. Daño al intercambiador E-01A/D 4. Paro de la planta	1. LAH-31104A1 2. LAH-31104B1 3. FAH-31047	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
15. Mas flujo en la torre fraccionadora V-31006	826432	869923	826432	826432	3.Falla del FIC-31047	1. Daño a los internos de la torre 2. Productos fuera de especificación 3. Daño al intercambiador E-01A/D 4.Paro de la planta	1. LAH-31104A1 2. LAH-31104B1 3. FAH-31047	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)





Anexo B Análisis HAZOP completo.

Desviación	LOI	LOS	LSI	LSS	Causa	Consecuencias	Protección	Riesgo			Recomendación
								Frecuencia	Gravedad	Riesgo	
1. Alto nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	10.Falla en el FT-31104	1. Daño a los internos del agotador. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-09/10 4.Daño a los internos de la torre	1. LAL-31106 2. FAL-31044 3. PAL-31103. 4. Recirculación. 5. PAL-31103 6. FAL-31140	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	11.Falla en el TT-31173	1. Daño a los internos del agotador. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-09/10 4.Daño a los internos de la torre. 5. Daños al generador de vapor E-07	1. LAL-31106 2. FAL-31044 3. PAL-31103. 4. Recirculación. 5. PAL-31103 6. FAL-31140 7. TAL-31173 8. PAL-31610	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	12.Falla en el TIC-31173	1. Daño a los internos del agotador. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-09/10 4.Daño a los internos de la torre. 5. Daños al generador de vapor E-07	1. LAL-31106 2. FAL-31044 3. PAL-31103. 4. Recirculación. 5. PAL-31103 6. FAL-31140 7. TAL-31173 8. PAL-31610	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	13.Falla en el PT-31610	1. Daño a los internos del agotador. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-09/10 4.Daño a los internos de la torre. 5. Daños al generador de vapor E-07	1. LAL-31106 2. FAL-31044 3. PAL-31103. 4. Recirculación. 5. PAL-31103 6. FAL-31140 7. TAL-31173 8. PAL-31610	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	14.Falla en el PIC-31610	1. Daño a los internos del agotador. 2. Productos fuera de especificación. 3. Daño a las bombas P-09/10 4.Daño a los internos de la torre. 5. Daños al generador de vapor E-07	1. LAL-31106 2. FAL-31044 3. PAL-31103. 4. Recirculación. 5. PAL-31103 6. FAL-31140 7. TAL-31173 8. PAL-31610	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	15.Obstruccion en los tubos del intracambiador E-07	1. Daño a los internos del agotador. 2. Productos fuera de especificación. 3. daño a la bomba de reelevo. 4.Daño a los internos de la torre	1. LAL-31106 2. FAL-31044 3. PAL-31103. 4. Recirculación. 5. PAL-31103 6. FAL-31140 7. TAL-31173 8. PAL-31610	5	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	16.Falla en el TT-31180	1. Daño a los internos del agotador. 2. Productos fuera de especificación. 3. daño a la bomba de reelevo. 4.Daño a los internos de la torre	1. LAL-31106 2. FAL-31044 3. PAL-31103. 4. Recirculación. 5. PAL-31103 6. FAL-31140 7. TAL-31173 8. PAL-31610 9. Linea directa	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
1. Alto nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	17.Falla en el TIC-31180	1. Daño a los internos del agotador. 2. Productos fuera de especificación. 3. daño a la bomba de reelevo. 4.Daño a los internos de la torre	1. LAL-31106 2. FAL-31044 3. PAL-31103. 4. Recirculación. 5. PAL-31103 6. FAL-31140 7. TAL-31173 8. PAL-31610 9. Linea directa	2	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
2. Menos nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	1.No hay alimentacion en V-31006	1. Daño a los internos del separador. 2. Daño a las bombas P-09/10 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los intenos de la columna fraccionadora. 5. Daño a los intercambiadores E-07/E-02A-B	1. FAL-31047 2. LAL-31104A1 3. LAL-31104B1 4. LAL-31106 5. PAL-31012 6. PAL-31103 7. FAL-31044 8. PDAL-31282 9. Recirculacion al separador	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
2. Menos nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	2.Falla en la bomba P-09	1. Daño a los internos del separador. 2. Daño a las bombas P-09/10 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los intenos de la columna fraccionadora. 5. Daño a los intercambiadores E-07/E-02A-B	1. FAL-31047 2. LAL-31104A1 3. LAL-31104B1 4. LAL-31106 5. PAL-31012 6. PAL-31103 7. FAL-31044 8. PDAL-31282 9. bomba de relevo. 10. HV-31249 11. HV-31252 12. recirculacion al separador.	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
2. Menos nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	3.Falla en la bomba P-10	1. Daño a los internos del separador. 2. Daño a las bombas P-09/10 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los intenos de la columna fraccionadora. 5.Daño a los intercambiadores E-07/E-02A-B	1. FAL-31047 2. LAL-31104A1 3. LAL-31104B1 4. LAL-31106 5. PAL-31012 6. PAL-31103 7. FAL-31044 8. PDAL-31282 9. bomba de relevo. 10. recirculacion al separador	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
2. Menos nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	4.Falla en la TT-31180B	1. Daño a los internos del separador. 2. Daño a las bombas P-09/10 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los intenos de la columna fraccionadora. 5.Daño a los intercambiadores E-07/E-02A-B	1. PAL-31223 2. LAL-31106 3. PAL-31103 4. FAL-31044 5. linea directa	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
2. Menos nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	5.Falla en el TIC-31180	1. Daño a los internos del separador. 2. Daño a las bombas P-09/10 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los intenos de la columna fraccionadora. 5.Daño a los intercambiadores E-07/E-02A-B	1. PAL-31223 2. LAL-31106 3. PAL-31103 4. FAL-31044 5. linea directa	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
2. Menos nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	6.Falla en la TV-31180B	1. Daño a los internos del separador. 2. Daño a las bombas P-09/10 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los intenos de la columna fraccionadora. 5.Daño a los intercambiadores E-07/E-02A-B	1. PAL-31223 2. LAL-31106 3. PAL-31103 4. FAL-31044 5. linea directa	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
2. Menos nivel en V-31008	8"	6'1"	8"	8"	7.Falla en a TV-31180A	1. Daño a los internos del separador. 2. Daño a las bombas P-09/10 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los intenos de la columna fraccionadora. 5.Daño a los intercambiadores E-07/E-02A-B	1. PAL-31223 2. LAL-31106 3. PAL-31103 4. FAL-31044 5. linea directa	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
3. Mas temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	1.Falla del FE-31047	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a los internos de la torre 3. Daño a los ontercambiadores de calor 4. Daño a las bombas P-01/02 5. Daño a los hornos H-01/02	1. FAL-31047 2. LAL-31104A1 3.LAL-31104B1 4. linea directa	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
3. Mas temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	2.Falla del FT-31047	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a los internos de la torre 3. Daño a los ontercambiadores de calor 4. Daño a las bombas P-01/02 5. Daño a los hornos H-01/02	1. FAL-31047 2. LAL-31104A1 3.LAL-31104B1 4. linea directa	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
3. Mas temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	3.Falla del FIC-31047	1. Productos fuera de especificación. 2. Daño a los internos de la torre 3. Daño a los ontercambiadores de calor 4. Daño a las bombas P-01/02 5. Daño a los hornos H-01/02	1. FAL-31047 2. LAL-31104A1 3.LAL-31104B1 4. linea directa	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 3	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)









Anexo B Análisis HAZOP completo.

Desviación	LOI	LOS	LSI	LSS	Causa	Consecuencias	Protección	Riesgo			Recomendación
								Frecuencia	Gravedad	Riesgo	
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	55.Falla de TT-31169C	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359C 3. HA-31366C 4. FAL-31358C 5. TAH-31270N 6. TAH-31270P 7. TAH-31270Q 8. TAH-31270R 10.TAH-31270S	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	59.Falla en el PIC-3159C	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359C 3. HA-31366C 4. FAL-31358C 5. TAH-31270N 6. TAH-31270P 7. TAH-31270Q 8. TAH-31270R 10.TAH-31270S	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	60. Falla en PT-3159C	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359C 3. HA-31366C 4. FAL-31358C 5. TAH-31270N 6. TAH-31270P 7. TAH-31270Q 8. TAH-31270R 10.TAH-31270S	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	62.Falla en PY-31159G	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359C 3. HA-31366C 4. FAL-31358C 5. TAH-31270N 6. TAH-31270P 7. TAH-31270Q 8. TAH-31270R 10.TAH-31270S	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	63.Falla en la PV-31359C	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359C 3. HA-31366C 4. FAL-31358C 5. TAH-31270N 6. TAH-31270P 7. TAH-31270Q 8. TAH-31270R 10.TAH-31270S	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	64.Rompimiento de FE-31358C	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359C 3. HA-31366C 4. FAL-31358C 5. TAH-31270N 6. TAH-31270P 7. TAH-31270Q 8. TAH-31270R 10.TAH-31270S	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	65.Falla de TT-31169D	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359D 3. HA-31366D 4. FAL-31358D 5. TAH-31270U 6. TAH-31270V 7. TAH-31270W 8. TAH-31270X 10.TAH-31270Y	1	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	66.Falla de TT-31170D	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359D 3. HA-31366D 4. FAL-31358D 5. TAH-31270U 6. TAH-31270V 7. TAH-31270W 8. TAH-31270X 10.TAH-31270Y	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	67.Falla de HS-3170D	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359D 3. HA-31366D 4. FAL-31358D 5. TAH-31270U 6. TAH-31270V 7. TAH-31270W 8. TAH-31270X 10.TAH-31270Y	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	68.Falla en TIC-3170D	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359D 3. HA-31366D 4. FAL-31358D 5. TAH-31270U 6. TAH-31270V 7. TAH-31270W 8. TAH-31270X 10.TAH-31270Y	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	69.Falla en el PIC-3159D	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359D 3. HA-31366D 4. FAL-31358D 5. TAH-31270U 6. TAH-31270V 7. TAH-31270W 8. TAH-31270X 10.TAH-31270Y	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	70. Falla en PT-3159D	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359D 3. HA-31366D 4. FAL-31358D 5. TAH-31270U 6. TAH-31270V 7. TAH-31270W 8. TAH-31270X 10.TAH-31270Y	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
4. Menos temperatura en el intercambiador E-01A-D	638	693	638	638	73.Rompimiento de FE-31358D	1. Daños a los internos de la torre. 2. Productos fuera de especificación. 3. Pérdida de contención. 4. Daños a los internos del horno	1. PAH-31359C 2. PAL-31359D 3. HA-31366D 4. FAL-31358D 5. TAH-31270U 6. TAH-31270V 7. TAH-31270W 8. TAH-31270X 10.TAH-31270Y	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
5. Mas temperatura en el intercambiador E-502	485	620	485	485	3.Falla de la TV-31180A	1. Daños internos a la torre 2. Daño al intercambiador 3. Productos fuera de especificación	1. PAH-31223 2. TAH-31588 3. FAH-31530 4. FAH-31039	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
6. Menos temperatura en el intercambiador E-502	385	500	385	385	1.Falla del TT-31180	1. Productos fuera de especificación 2. Daño a los intercambiadores E-01A/D 3. Daño al intercambiador E-502 4. Daño a los internos de la despropanizadora.	1. FAH-31515 2. TAH-31529 3. LAL-31104A1 4. LAL 31104B1 5. FAL-31530 6. TAL-31588	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)



Anexo B Análisis HAZOP completo.

Desviación	LOI	LOS	LSI	LSS	Causa	Consecuencias	Protección	Riesgo		Recomendación	
								Frecuencia	Gravedad		
11. Menos presión en V-31008	10	53	10	10	1.Falla de la bomba P-11	1. Daño al separador V-31008 2. Daño a las bombas P-11/12 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los internos de la torre 5. Productos fuera de especificación	1. HV-31246 2. HV-31249 3. bomba de reelevo 4. recirculación 5. PAH-31103 6. FAL-31140 7. FAL-31044 8. LAL-31106	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
11. Menos presión en V-31008	10	53	10	10	2.Falla del bomba P-12	1. Daño al separador V-31008 2. Daño a las bombas P-11/12 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los internos de la torre 5. Productos fuera de especificación	1. HV-31250 2. HV-31251 3. bomba de reelevo 4. recirculación 5. PAH-31103 6. FAL-31140 7. FAL-31044 8. LAL-31106	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
11. Menos presión en V-31008	10	53	10	10	3.Falla del FIC-31140	1. Daño al separador V-31008 2. Daño a las bombas P-11/12 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los internos de la torre 5. Productos fuera de especificación	1. PAL-31103 2. FAL-31140 3. FAL-31044 4. LAL-31106	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
11. Menos presión en V-31008	10	53	10	10	4.Falla de la FV-31040	1. Daño al separador V-31008 2. Daño a las bombas P-11/12 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los internos de la torre 5. Productos fuera de especificación	1. PAL-31103 2. FAL-31140 3. FAL-31044 4. Directo de la valvula. 5. LAL-31106	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
11. Menos presión en V-31008	10	53	10	10	5.Taponamiento del FE-31042	1. Daño al separador V-31008 2. Daño a las bombas P-11/12 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los internos de la torre 5. Productos fuera de especificación	1. LAL-31106 2. PAL-31103 3. FAL-31044 4. FAL-31140	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
11. Menos presión en V-31008	10	53	10	10	6.Falla del FT-31042	1. Daño al separador V-31008 2. Daño a las bombas P-11/12 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los internos de la torre 5. Productos fuera de especificación	1. LAL-31106 2. PAL-31103 3. FAL-31044 4. FAL-31140	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
11. Menos presión en V-31008	10	53	10	10	7.Falla del FIC-31042	1. Daño al separador V-31008 2. Daño a las bombas P-11/12 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los internos de la torre 5. Productos fuera de especificación	1. LAL-31106 2. PAL-31103 3. FAL-31044 4. FAL-31140	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
11. Menos presión en V-31008	10	53	10	10	8.Falla de la FV-31042	1. Daño al separador V-31008 2. Daño a las bombas P-11/12 3. Productos fuera de especificación 4. Daño a los internos de la torre 5. Productos fuera de especificación	1. LAL-31106 2. PAL-31103 3. FAL-31044 4. FAL-31140 5. Directo de la Fv	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
12. Mas presión en V-31008	10	53	10	10	1.Ruptura del FE-31042	1. Daño al separador V-31008 2. productos fuera de especificación 3. Daño a los internos de la torre 4. Daño a los intercambiadores E-07, E-02A/B	1. LAL-31106 2. FAH-31039 3. venteo	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
12. Mas presión en V-31008	10	53	10	10	2.Falla del FT-31042	1. Daño al separador V-31008 2. productos fuera de especificación 3. Daño a los internos de la torre 4. Daño a los intercambiadores E-07, E-02A/B	1. LAL-31106 2. FAH-31039 3. venteo	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
12. Mas presión en V-31008	10	53	10	10	3.Falla de la FV-31042	1. Daño al separador V-31008 2. productos fuera de especificación 3. Daño a los internos de la torre 4. Daño a los intercambiadores E-07, E-02A/B	1. LAL-31106 2. FAH-31039 3. venteo	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
12. Mas presión en V-31008	10	53	10	10	4.Falla del FIC-31042	1. Daño al separador V-31008 2. productos fuera de especificación 3. Daño a los internos de la torre 4. Daño a los intercambiadores E-07, E-02A/B	1. LAL-31106 2. FAH-31039 3. venteo	3	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 1	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
13. Alta diferencial de presión en el filtro V-16/39	20	73	20	20	1.Taponamiento del filtro V-39	1. Productos fuera de especificación 2. Daño a la bombas P-27/32 3. Productos fuera de especificación	1. filtro de relevo 2. PDHA-31290 3. PDHA-31190	4	Pers: 2 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
13. Alta diferencial de presión en el filtro V-16/39	20	73	20	20	2.Taponamiento del filtro V-16	1. Productos fuera de especificación 2. Daño a la bombas P-27/32 3. Productos fuera de especificación	1. filtro de relevo 2. PDHA-31290 3. PDHA-31190	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
13. Alta diferencial de presión en el filtro V-16/39	20	73	20	20	3.Falla de las valvulas que van a CHMDO deschos	1. Productos fuera de especificación 2. Daño a la bombas P-27/32 3. Productos fuera de especificación	1. filtro de relevo 2. PDHA-31290 3. PDHA-31190	4	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
13. Alta diferencial de presión en el filtro V-16/39	20	73	20	20	4.Falla del PDT-31290	1. Productos fuera de especificación 2. Daño a la bombas P-27/32 3. Productos fuera de especificación	1. filtro de relevo 2. PDHA-31290 3. PDHA-31190	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
13. Alta diferencial de presión en el filtro V-16/39	20	73	20	20	5.Falla del PDT-31190	1. Productos fuera de especificación 2. Daño a la bombas P-27/32 3. Productos fuera de especificación	1. filtro de relevo 2. PDHA-31290 3. PDHA-31190	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
13. Alta diferencial de presión en el filtro V-16/39	20	73	20	20	6.Falla de la bomba P-27	1. Productos fuera de especificación 2. Daño a la bombas P-27/32 3. Productos fuera de especificación	1. filtro de relevo 2. PDHA-31290 3. PDHA-31190 4. HV-31242 5. HV-31243	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
14. Baja diferencial de presión en el filtro V-16/39	20	73	20	20	1.Falla del PDT-31290	1. Productos fuera de especificación 2. Daño a la bombas P-27/32 3. Productos fuera de especificación	1. PDAL-31290 2. PDAL-31190 3. Filtro de relevo 4. PSV-31008A	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 12	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
14. Baja diferencial de presión en el filtro V-16/39	20	73	20	20	2.Falla del PDT-31190	1. Productos fuera de especificación 2. Daño a la bombas P-27/32 3. Productos fuera de especificación	1. PDAL-31290 2. PDAL-31190 3. Filtro de relevo 4. PSV-31008B	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)
14. Baja diferencial de presión en el filtro V-16/39	20	73	20	20	3.Falla del medio filtrante del V-39	1. Productos fuera de especificación 2. Daño a la bombas P-27/32 3. Productos fuera de especificación	1. PDAL-31290 2. PDAL-31190 3. Filtro de relevo 4. PSV-31008B	3	Pers: 1 Com: 1 Amb: 1 Inst: 2	C	1.Vigilar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo e inspección (MPI)